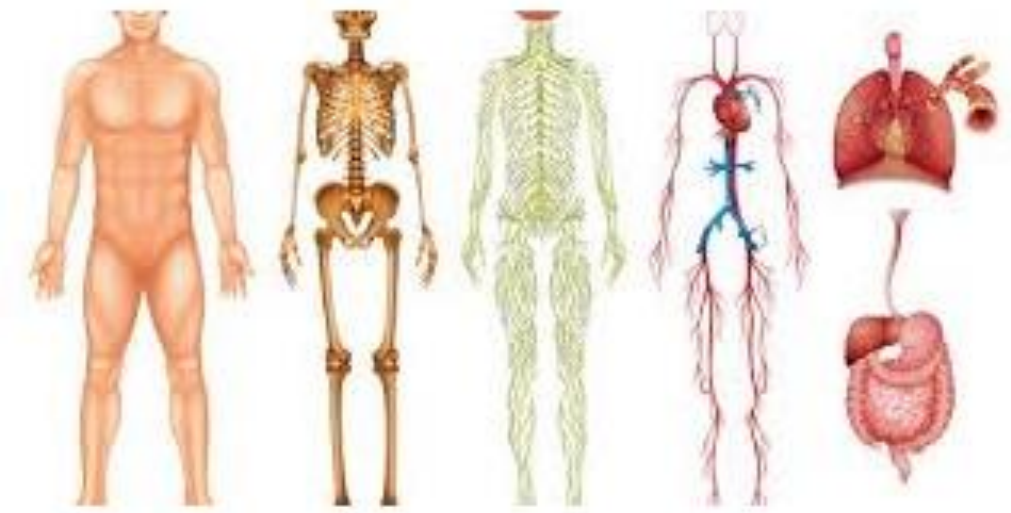


التشريح الوظيفي وميكانيكية الالعاب الرياضية

تأليف

أ.د صريح عبد الكريم الفضلي

كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة - جامعة بغداد

أ.م.د عبد الرزاق جبر الماجدي

كلية الاسراء الجامعة

2018 م

﴿وتلك الأمثال نضربها للناس وما يعقلها إلا العالمون﴾

وقال عز وجل :﴿بل هو آيات بينات في صدور الذين أوتوا العلم﴾

صدق الله العلي العظيم

الفهرست

الموضوع	الصفحه
التقديم	10
الفصل الاول	
اجهزة الانسان الحركية	11
مقدمة في وظائف الجهاز الحركي	12
التداخل في العلوم	14
المصطلحات التشريحية	17
العلامات التشريحية	19
الفصل الثاني	24
الجهاز الحركي الرئيسي-العظام والمفاصل والعضلات	24
الهيكل العظمي	25
الخلية العظمية	25
العظم (الصلب) الكثيف	27
مكونات العظم	28
نمو العظام	29
انواع العظام	30

العمليات الخلوية للعظام	30
المفاصل	40
انواع المفاصل	40
تصنيف المفاصل حسب النشاط الحركي	45
انواع المفاصل المتحركة	48
انواع الربط بين العظام وميكانيكيتها	49
المفاصل الزليلية	53
الفصل الثالث	57
العظام والمفاصل والعضلات	57
العظام	58
الاوضاع التشريحيه للعظم والمفاصل والحركات الخاصه بها	58
العظام والمفاصل	58
العظام في جسم الانسان	60
العضلات	60
النسيج العضلي	65
اشكال العضلات	71
الوحدة الحركية	73

انواع العمل العضلي	84
الفصل الرابع	
الطرف السفلي-التطبيقات الحركية لمفاصل واجزاء الجسم	92
مفصل الورك	93
تركيب مفصل الورك	93
عضلات الورك	96
مفصل الركبة(العضلات والحركة)	112
عضلات مد مفصل الركبة	120
عضلات ثني مفصل الركبة	132
تمارين الاطالة الخاصة بعضلات الفخذ	134
الساق	140
عضلات الساق	140
القدم(مفصل الكاحل -الحركة والعضلات)	147
اقواس القدم	155
عضلات القدم	157
التهاب السمحاق	161
الفصل الخامس	165

مفاصل الطرف العلوي والتطبيقات الحركية	
العمود الفقري	166
عضلات الظهر وطبيعة الحركات لها	182
عضلات البطن في جسم الانسان	195
عضلات التنفس	210
الفصل السادس عضلات الطرف العلوي في الانسان	212
حزام الكتفين(العضلات والحركة)	219
عضلات الذراع والاكتاف في الانسان	227
مفصل المرفق(العضلات والحركة)	233
مفصل الرسغ وعضلات اليد	237
الفقرات العنقية والرأس	242
الفصل السابع ميكانيكية الاعصاب والعضلات	248
التزود العصبي للعضلات	249
الحماية الذاتية للعضلات الارادية	250
التشنج العصبي – العضلي	256

المنعكس الانفعالي العيني	265
الوحدة الحركية للعين	262
عمل جهاز الزيت	265
النشاط العضلي والعزم العضلي	265
وسائل قياس القوة العضلية	267
العوامل المؤثره على القوة والعزم والمدى	277
علاقة انتاج القوة بالزمن	280
علاقة انتاج القوة بطول العضلة	281
علاقة انتاج القوة بالسرعة	282
معايير القوة العضلية	284
المصطلحات العضلية	286
طريقة تقييم الكيمياء الحيوية	294
التقييم الكهربائي EMG	296
التقييم البيوميكانيكي	302
الفصل الثامن الاطالة والمرنة العضلية والحركية	305
تدريب الاطالة والمرنة	306

تشريح وفسيولوجية الاطالة	309
انواع الاطالات	313
فوائد برامج الاطالة	314
الاطالات الثابتة والحركية والبالستية للرياضيين	315
إطالة التيسير العصبي العضلي لمستقبلات الحس العميق (PNF)	316
عزوم القوة والاطالة العضلية	323
العوامل الميكانيكية التي تؤثر على القدرة العضلية	338
العوامل الوراثية ودورها في تدريب القوة	340
الوراثة مقابل التدريب	352
الفصل التاسع المبادئ الميكانيكية الاساسية للالعاب	265
القوة	365
قوانين نيوتن	365
قوة الجاذبية الارضية	372
الاحتكاك	380
مقاومة الموائع	384
القوة الطبيعية	384

اشكال القوة الداخلية	388
مركز ثقل الجسم	404
القصور الذاتي وعزم القصور الذاتي	422
التطبيقات	432
الفصل العاشر نماذج في تمارين التمطية	439
الفصل الحادي عشر نماذج تحليلية ميكانيكية لبعض الالعاب	453
الفصل الثاني عشر مبادئ تنمية القوة	462
الفصل الثالث عشر عرض للعضلات العاملة	491

تقديم

العلم ، نشاط انساني يبحث عن كل ما يتعلق برقي الانسان وخدمته نحو الوصول الى الكمال، واحد هذه العلوم هو علم التشريح وارتباطه بميكانيكية طبائع الكائنات الحية ، بغية الكشف عن القوانين المكنونة في الكون التي اودعها الله عز وجل فيه لتضبط ايقاع هذه الكائنات حتى لاتضطرب الحياة ، وتنكشف الاسرار وتتجلى الخفايا لمن ينشط من البشر ويأخذ بالاسباب مستجيبا لامر الله سبحانه وتعالى الذي خلقه واستخلفه في الارض.

لقد تمكن العديد من العلماء العرب المسلمين في تحديد كثير من المفاهيم الميكانيكية ووصف حركة الاجسام وانواعها والتي نسبت فيما بعد الى علماء الغرب وبيان كفائتهم، وفي المفاهيم حول اجزاء ومكونات الجسم البشري, واشاروا الى اهمية التكامل بين العلوم المختلفة والربط بين اصولها وفروعها.

ان فهم الية الجهاز الحركي للانسان ومكوناته يمكن ان يوسع مدارك المدربين والمدرسين وطلبة الدراسات الاولية والعليا لكليات التربية الرياضية والمهتمين بدراسة هذه العلوم من اجل ان تصبح التكاملية اهم السمات المميزة لفروع العلم المعاصر، و تعدد مجالات اختصاصها ، اذ يتطلب الامر نظرة كلية شاملة لمختلف ظواهر الكون والحياة،وما تحتويه من مختلف القوى الخارجية التي تلقى على جهاز حركة الانسان الذي يفترض ان يكون على كفاءة عالية للتغلب او التاثير المتبادل الايجابي مع هذه القوى، من اجل ان تظهر الحركات على اتم ما يمكن من الية في الاداء، وهذا الامر يتطلب الخوض في دراسة مكونات هذا الجهاز الحركي واجزاؤه دراسة علمية مستفيضة من الناحية التشريحية الوظيفية لمعرفة الواجبات الحركية لكل جزء من اجزاء الجسم وما يحتوية من عضلات واعصاب ومفاصل ، والشروط الميكانيكية التي يجب ان تتحقق عند اداء تلك الحركات,من اجل ان تذوب كل الحواجز الظاهرية بين علوم المعرفة المختلفة، بحيث تحل العلوم البينية والمتداخلة محل العلوم المتعددة والمنفصلة، ومع تطور العلوم المعاصرة وتداخل مشكلاتها ظهر علم البيوميكانيك الذي يرتبط في اكثر من تخصص، بحيث اصبح قاسما مشتركا في عدة علوم ثانية ، كعلم الحركة، والتدريب الرياضي والتعلم الحركي وعلم النفس الرياضي.

والكتاب الذي بين ايدينا في طبعته الثانية ، يعتبر الاول من نوعه في مجال البيوميكانيك التشريحي الوظيفي، نقدمه للمكتبة العربية والعراقية ليستفيد منه طلاب التخصص في الجامعات العراقية والعربية،، والله الموفق

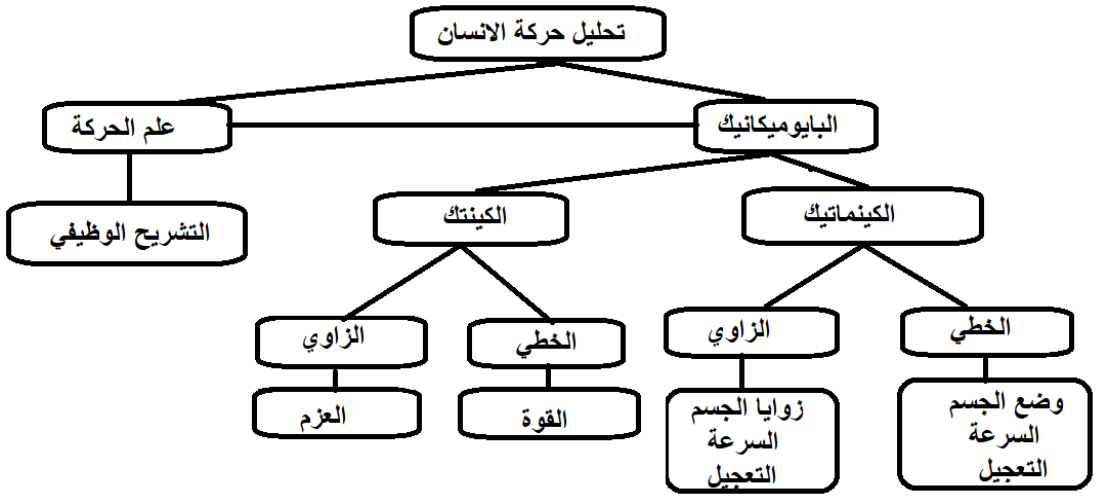
المؤلف

الفصل الاول

اجهزة الانسان الحركية

- مقدمة في وظائف الجهاز الحركي:

إن علـــوم الميكانيكـــا الحيويـــة (Biomechanics)، و التشـــــــريح الـــوظيفي (Functional anatomy)، والحركة (Kinesiology) بمصطلحاتها تتطلب فهم وعمق حيوي ونشـــط خاصـــة عندما نتعامل بهذه العلوم مع حركة الإنسان،والعلم الذي يهتم بتحليلها، إذ أن هذه العلوم تسهل عملية التعليم إذا استخدمها المعلم، وتفعل التدريب إذا اسـتخدمها المدرب، وتسـاعد على العلاج إذا اسـتفاد منها المعـالج ، اذ يكون التعرف من خلال هـذه العلوم الطريقـة لوصـــف التمرينـات والتدريبات لمختلف التشخيصـات، أي التعامل مع كل حالة خاصـة سواء تعليميمة او تدريبية أو مرضية بخصوصية.



شكل (1)

تحليل حركة الإنسان من خلال العلوم المرتبطة

إن معرفة العلوم السابقة معاً تساعد على وصف التمرين والتدريب وتشخيصه بشكل أفضل وبرؤية أوضح.

ومن الممكن أن تخرج من كل هذه العلوم فكرة جديدة لاسـتكشـافها، حيث أن أي حركة لا تتم بالفراغ ولكن بتداخل مع البيئة. ومثال ذلك: المشـــي وتداخله مع الأرض(الرملية، أو الصـــلبة، أو المرتفعة، أو المنحدرة)، الوثب العالي وحركة الاقتراب والانحناء في الركض والتقوس في الظهر، ويمكن أن نرى التداخل أيضـــا

في تقوية العضلات عند رفع الثقل عن جهاز Bench press من وضع الرقود فهناك تأثر بالجهاز. وهناك تصـــميمات مختلفة للأجهزة تختلف عن الأجهزة المعتادة لأنها صـممت على أسـاس التكامل بين الحركة والبيئة المراد اسـتخدامها وكفاءة العضـلة المراد تقويتها أو تحريكها في هذه البيئة مثل الوثب العالي يتم فيه عمل جري على مسار محدد وفوق عارضة.

وكل شـخص ينظر لعلوم الحركة حسـب اختصـاصـه. فنجد مثلاً أن للإطالة العضلية خصوصيتها من حيث: زمن أدائها، ترتيبها وتسلسلها. وقد وجد من حقيقة تجريبية أن بعض المحترفين في كرة السـلة قد لا يعلمون أهميتها وكيف يتم تأديتها، إذ أجريت عليهم تجربة ، وجد أن الإطالة العضلية لمدة 15- 20 دقيقة رفعت من النبض حتى وصل إلى 100 نبضة/ دقيقة. اذ أن العضلة بعد الإطالة (إرادياً نتج عنه نغمة عضلية عالية) يتم بها انقباضات لا إرادية فاندفع الدم إليها، كما تم ملاحظة ميكانيكية العرق حيث ظهر عند 98% من اللاعبين و هذا يدل على إنتاج الحرارة عند العمل بتدريبات الإطالة، كما يعمل الركض عند إحماء العضـــلة ، لكن الإطالة تجهز العضـلة للانقباض والانبسـاط. فيمكن عمل الركض ثم الإطالة للإحماء. حيث تعمل الصـفة المطاطية للعضـلة على إنتاج حرارة من ناحية ميكانيكية أي دون طاقة TPA. وإذا لم تجهز العضـلة فإنها سـوف تتعرض للتمزق، فالإحماء مهم للانقباض والانبساط الصحيح للعضلة.

- **التداخل في العلوم Terminology:**

يوجد تداخل بين العلوم المرتبطة بالحركة وكما يأتي:

علم الحركة علم واســع يتضــمن الجوانب التشــريحية والميكانيكية والبيولوجية وتوضـيح ارتباطها بحركة الانسـان العامة والخاصـة لمختلف المتطلبات الحياتية، اذ تشكل هذه العلوم الاهداف الاساسية لدراسة علم حركة الإنسان.

1. علم الحركة Kinesiology:

كلمة قديمة تتالف من كلمتين: علم حركة من الكلمة اليونانية (Kine: بمعنى حركة، siology: بمعنى يكتشف) وكان يعنى بها دراسة الحركة، لكنه تم استخدامها حديثا بمعنى علم الحركة. وتم تسـمية أقسـام ومعاهد التربية الرياضـية بعلم الحركة لأنها تعد مظلة شـامله لعلوم الحركة المختلفة. فهو العلم الذي يهتم بحركة الكائن الحي نفسـياً واجتماعيا وتشـريحياً وفسـيولوجياً وبالتالي أصـبحت تدل على أقسـام ومعاهد التربية الرياضية في العالم.

يســتخدم في علم الحركة تطبيقات وظائف الجهاز الحركي الذي يتالف من الاجهزة العصبية والمفصلية والعضلية والعظام(أعصاب + مفاصل + عضلات).

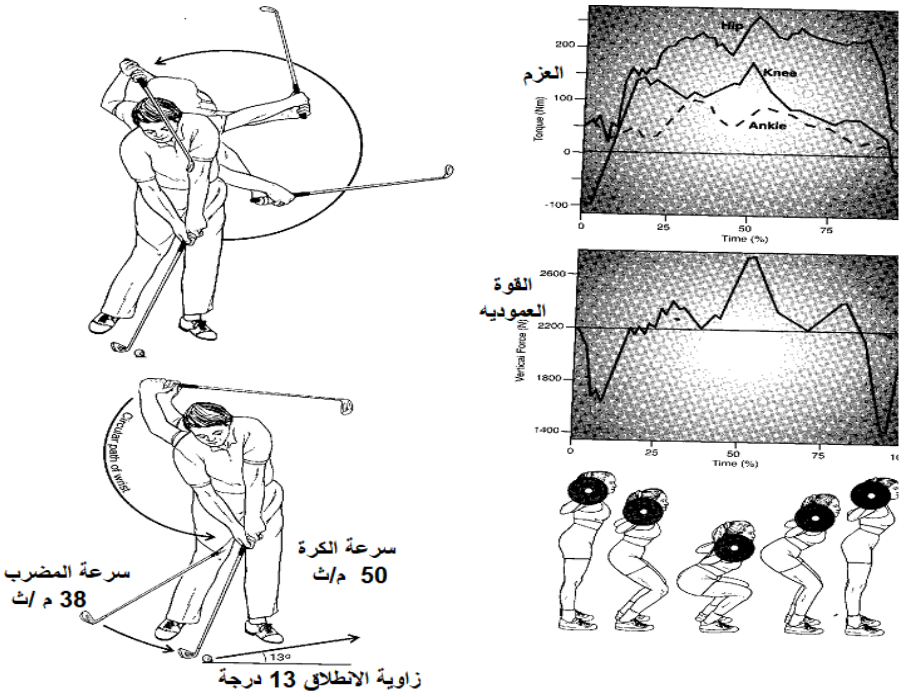
الشكل2
مظلة شامله لعلوم الحركة المختلفة

شكل 3

انواع الحركات التي يدرسها علم الحركة

2. **الميكانيكا الحيوية Biomechanics**:

علم يبحث في تقييم ووصـــف مكونات حركة الكائن الحي من جهة والقوى المؤثره والمسببة في حدوث الحركة سواء كانت قوى داخلية او خارجية من جهة



شكل 4

الميكانيكيا الحيوية بقسميها السببي والوصفي

اخرى. وهذا مثال على قوى تقع على المفاصـل نتيجة قوى جاذبية الارض او قوى عضلية او خارجية تدور عتلات الجسم.

ويطلق علم الكينيماتيكا Kinematics على الميكانيك الوصـــفي والذي يقوم بدراســـة الحركة من حيث المكان والزمان بدون تحري أســـباب الحركة. بينما علم الكيناتيكا Kinetics يطلق على الميكانيكي السببي والذي يقوم بفحص القوى المؤثرة على الجسـم ونحاول من خلاله معرفة وتحديد هذه القوى التي تؤثر على الجسـم. ولا يمكن عادة أن نرى القوى ولكن نشـعر أو نشـاهد تأثيرها، ومثال ذلك أنه كلما كانت القنبلة قوية نرى أثر تدميرها كبيراً. لذلك يجب وجود قياس أســـاســـي لاســـتقراء واستنباط القوى المؤثرة.

3- علم التشريح Anatomy:

هو العلم الذي يبحث تكوين جسـم الانسـان العام. يرتبط علم تشـريح من الجانب الرياضي بـ :

- **التشـــريح الوظيفي Functional anatomy:** وهو العلم الـذي يـدرس مكونات وأجزاء الجســـم اللازمة لإنجاز حركة معينة أو وظيفة معينة من الحركات (حركة مجموعة من العضـلات والمفاصـل التي تقوم بالحركة) في جسـم الكائن الحي. فلا يعني التشـريح الوظيفي معرفة أين توجد العضـلة، بل كيف حركت الجسم وأي مجموعات ساهمت في تحريك جزء معين منه. ومن خلاله يمكن معرفة حركة الإنسان وتطويرها. بمعني أننا إذا أردنا بحث حركة ومفاصـل وعضـلات شـخص يريد الوقوف من الجلوس نبحث في حركته من بدء الحركة حتى نهايتها (علم الحركة من ناحية تشريحية).
- **علم وظائف الأعضاء** :

يرتبط علم وظائف الأعضـــاء بعلم الميكانيكا من جهة والجانب البيولوجي من جهة اخرى لذا فان هذا العلم يدرس كل من:

- **الفسيولوجيا** Physiology: العلم الذي يبحث بوظائف أعضاء جسم الكائن الحي.

- **علم الميكانيكا الحيوية** Biomechanics.

وذلك يعني تطبيق القواعد الفسيولوجية مع الأخذ بعين الاعتبار قواعد الميكانيكا الحيوية المشتقة من قوانين الفيزياء ومعرفة آثار القوى المنعكسة على حركة الكائن الحي والمرتبطة فيه سواء كانت الحركة بها دفع أو سحب.فالقوى الواقعة على المفاصل نتيجة الصدم أثناء رد فعل القوى على الأرض (ميكانيكا حيوية) ممكن من خلال التحدث عن التشريح الوظيفي ووظائف الأعضاء.

- **المصطلحات التشريحية:**

ينبغي عند دراستنا للتحليل التشريحي الوظيفي وارتباطه بباقي العلوم ان نفهم المصطلحات التشريحية التي تتداول مع هذا العلم وهي :

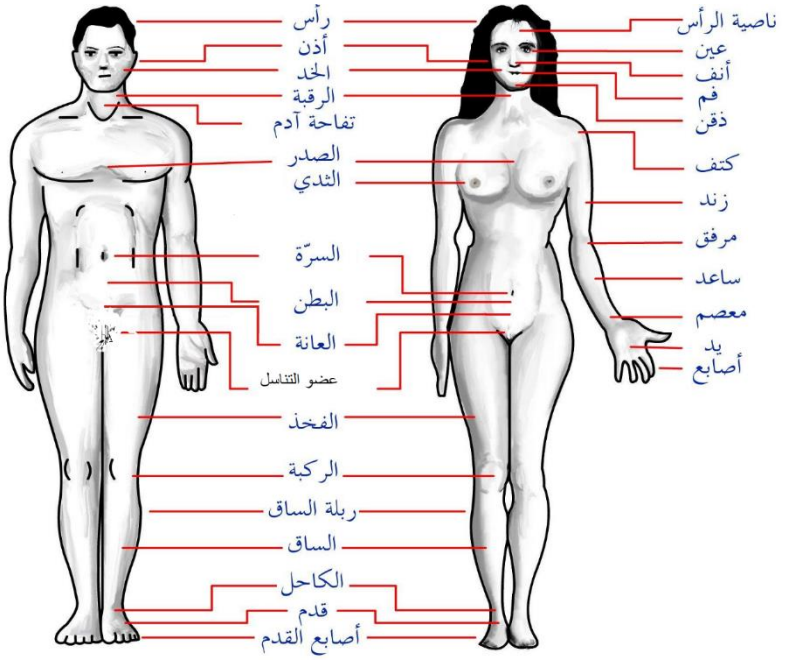
- الوضع الابتدائي التشريحي: يكون وضع الكفين مواجه للخارج في حالة طرح.
- الوضع الابتدائي الرياضي: يكون وضع الكفين بجانب الجسم بحالة كب.
- يستخدم هذان الوضعان كمبدأ أساسي لانطلاق الحركة يكون دائماً منشأ ومرجعية للحركة.
- الجزء الأقرب إلى النقطة المرجعية بجسم الإنسان يسمى Proximal، مثل المرفق يكون أقرب لمفصل الكتف.
- الجزء الأبعد عن النقطة المرجعية بجسم الإنسان يسمى Distal. فإذا كانت المرجعية هي المرفق يكون الكتف أقرب Proximal، والرسغ أبعد Distal .

جدول(1)

نموذج على الجزء الأبعد عن النقطة المرجعية

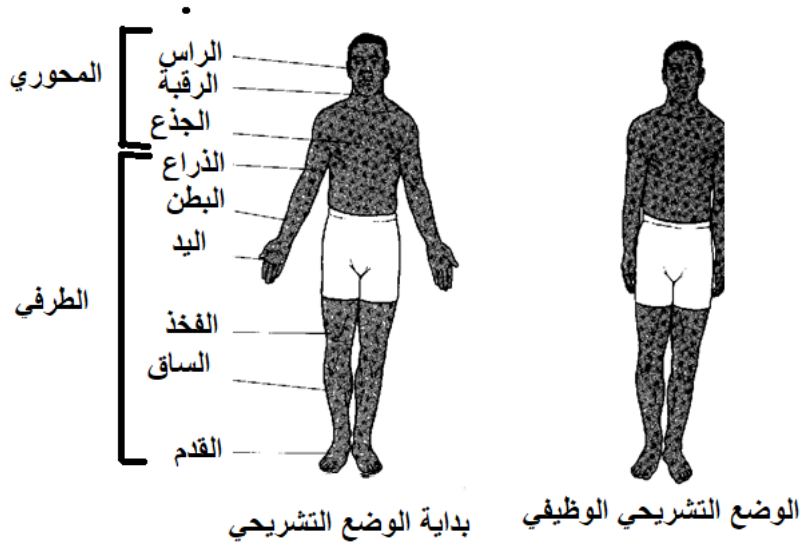
الكتف	**الرسغ**	**المرفق**
الأبعد عن النقطة المرجعية Proximal		**المرجعية reference**
العقب	**الركبة**	**الكاحل**

- الرأس والجذع والرقبة مقاطع تحتوي على معظم أجزاء الجسم وتسمى مقاطع محورية Axial Portions وتشكل أكثر من 50% من وزن الجسم وحركتها أبطأ من الأطراف، أما الأطراف العلوية والسفلية تسمى Appendicular تكون حركاتها أسرع من الجذع والرأس والرقبة مثل الذراع (عضد + ساعد + يد)، الفخذ وعظم الشظية: الساق يتكون من الشظية والقصبة، القدم تتكون من السلاميات.



شكل 5

الوضع الابتدائي التشريحي(جانب اليمين من كل نموذج)، والوضع الابتدائي الرياضي (جانب اليسار من كل نموذج).

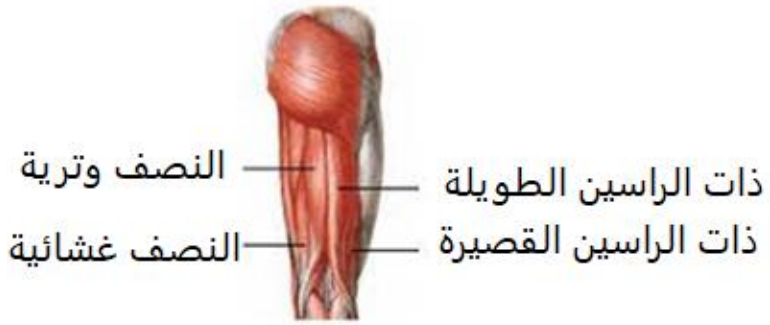


شكل 6
الوضعين التشريحي والوظيفي

- **العلامات التشريحية:**

هي علامات مرجعية نسبية يستدل من خلالها على موقع الاجزاء التشريحية وهي كالاتي:

1. الجزء العلوي superior، مثل الرأس يكون علوياً بالنسبة إلى الجذع.
2. الجزء السفلي inferiore، مثل الفخذ (greater trochanter عظم الفخذ الأعظم) يكون سفلياً بالنسبة إلى الجذع. (مرجعية نسبية).
3. الجزء الأمامي anterior: مثل عضلة الفخذ الرباعية الأمامية Quadriceps تكون أمامية بالنسبة لعظم الفخذ.
4. الجزء الخلفي posterior: مثل العضلة الفخذية الخلفية Hamstrings تكون خلفية بالنسبة لعظم الفخذ.



شكل 7
الجزء الخلفي بالنسبة لعظم الفخذ

5. الجزء الخلفي العكسي ventral dorsal.
6. الثني الظهري العكسي dorsiflexion.
7. الجزء الجانبي القريب ipsilateral. نسبة لمستوى الحركة. الجهة القريبة منه.
8. الجزء الجانبي البعيد Contralateral. نسبة لمستوى الحركة. الجهة البعيدة عنه.

إذا كان الجانب الذي ننظر له هو الجانب الأيمن فيكون الجزء الأيمن من الجسم هو الجانب القريب، والأيسر هو الجانب البعيد.

مثال: يكون الجانب البعيد مهماً عندما تكون الرجل الممرجحة هي القريبة من المشاهد. أو رجل الارتكاز هي الأخرى البعيدة عن المشاهد.

- **تأثير الجاذبية على اجزاء الجسم و نوع الانقباض العضلي المقابل له:**

ما نوع الانقباض العضلي في الحالات التالية لحركة تبعيد وتقريب الكتف:

- تقريب عادي ببطء؟

- انقباض تطويلي : المنظم والمتحكم في الحركة هي العضلة الدالية عن طريق ثبات لا مركزي.
- تقريب سريع جداً(أسرع من الجاذبية)؟

- انقباض تقصيري للتقريب.
- تقريب برمي اليد واستسلامها لقوة الجاذبية؟
- لا يوجد انقباض تقصيري والعمل مع الجاذبية الأرضية.
- تقريب مع وجود مقاومة لأعلى؟
- انقباض تقصيري للتقريب. ويلغى عمل الجاذبية.

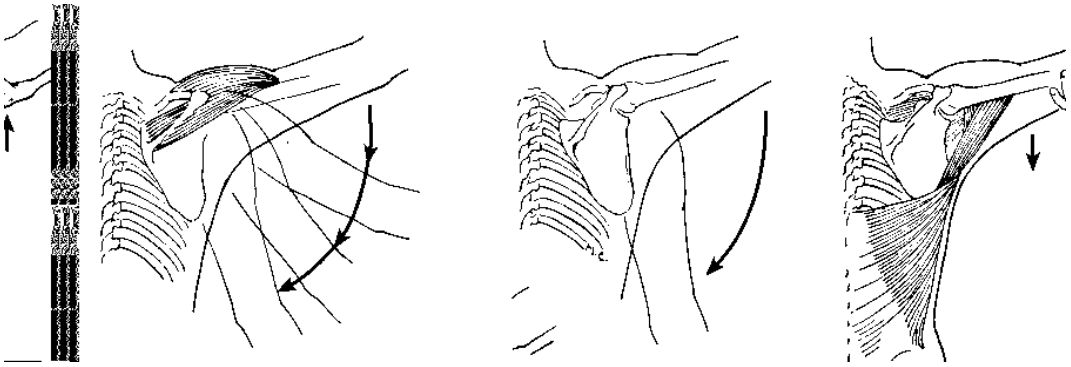
تقريب الكتف: الانقباض التطويلي للتبعيد / العضلة الدالية(يسار)، تقريب مع الجاذبية: لا يوجد انقباض (الوسط)، التقريب مع وجود مقاومة للأعلى: الانقباض التقصيري للتقريب(يمين).

- سـؤال: إذا قمنا بمسـك زنبرك بيدنا وتغلبنا عليه بقوة فما نوع الانقباض العضـلي، وما هي العضـلات العاملة؟ وإذا تغلبت مقاومة الزنبرك على قوتنا، فما نوع الانقباض وما هي العضلات العاملة؟
- عند التغلب على مقاومة الزنبرك يكون الانقباض تقصـيرياً، والعضـلة العاملة هي العضلة ثنائية الرأس العضدية biceps brachii.
- أمّا إذا تغلبت مقاومة الزنبرك على قوة اليد فيكون الانقباض تطويلياً، والعمل لنفس العضلة ثنائية الرأس العضدية biceps brachii.
- سؤال: إذا قمت بمد المرفق بوضع أفقي فما العضلات العاملة؟ وإذا قمت بمده أعلى الرأس فما العضلات العاملة؟
- عند ثني المرفق أفقياً تساعد الجاذبية الأرضية في سحب الساعد.

أمّا إذا مد المرفق من أعلى الرأس تعمل العضلة ثلاثية الرءوس العضدية triceps branchii.

جدول(2)
ملخص نوع الانقباض العضلي نسبة لسرعة الحركة واتجاهها

مقاومة ↓	حركة ↑
المقاومة لأسفل والحركة لأعلى --- الانقباض تقصيري (المقاومة عكس اتجاه الحركة)	
مقاومة ↓	حركة ↓
المقاومة لأسفل والحركة لأسفل --- الانقباض تطويلي (المقاومة بنفس اتجاه الحركة)	
مقاومة ↓	حركة أسرع من المقاومة ↓
المقاومة لأسفل والحركة لأسفل أسرع من المقاومة --- الانقباض تقصيري (مراعاة السرعة)	
مقاومة ↓	حركة مع الجاذبية ↓
المقاومة لأسفل والحركة لأسفل مع الجاذبية --- لا يوجد انقباض عضلي (ألغي عمل العضلات)	



شكل (8)

حركات الكتف

الفصل الثاني

الجهاز الحركي الرئيسي
العظام والمفاصل والعضلات

- **الهيكل العظمي**

شكل 9

الهيكل العظمي للانسان

الهدف من دراسة عظام جسم الإنسان هو إعطاء القارئ المعرفة الأساسية التي يحتاجها للإفادة منها في دراسة موضوع رد فعل العظام نحو الضغوط والالتوائات والاوضاع الميكانيكية التي تواجهها العظام في التمارين والحركات المختلفة وكذلك المساعده في تحليل الإصابات الرياضية وأساليب تجنبها.

يتكون العمود الفقري من أنواع مختلفة من العظام والتي تصنف كما يأتي :

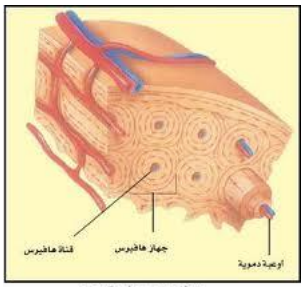
1- عظام قصيرة (مثل الكاحل والرسغ)

2- عظام طويلة (مثل العضد والساعد والفخذ)

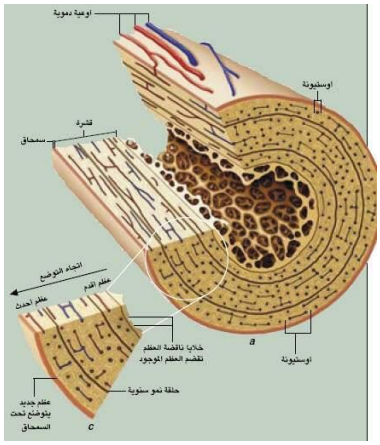
3- عظام مسطحة (مثل عظام الجمجمة والقفص الصدري)

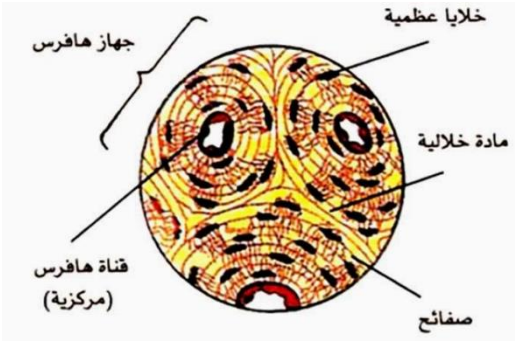
تسمى عملية تكوين العظم بالتعظم (التصلب) لأنها تتكون بمراحل عده ، أما تطور العظام المسطحة فيتم بمرحلة واحدة من النسيج الضام (مثل عظام الجمجمة)، ويسمى هذا النوع من التطور بالتعظم المباشر. عند الولادة تكون عظام الجمجمة

غير ناضـجة بصـورة تامة ، وتسـمى المناطق غير الناضـجة في الرأس باليافوخ ، ويمكن الشعور بها عن طريق الأصابع . تتكون اغلب العظام عن طريق التعظم غير المباشـر (تعظم الغضـروف الداخلي أو الأنسـجة الداخلية)، حيث يتطور الغضـروف في مرحلة الجنين ثم يختفي عند الولادة ليحل محله العظم، تتكون العظام القصـــيرة عن طريق التعظم غير المبـاشـــر ، حيث تموت الخلايـا التي تكون في مركز نمو الغضروف ، وتنتقل الخلايا البانيـــة للعظـــم (خلايا غير ناضجة) من الغشـــاء الذي يحيـط بالغضروف (السمحاق) إلى الفراغات التي خلفتها الخلايا المتهدمة ، وتدريجيا تتحول هذه الخلايا البانية إلى خلايا عظمية (خلايا عاجية). لاحظ إن بعض أجزاء هذه الخلايا الغضروفية البانية للعظم تبقى في شكل غضروف مفصلي.



قطاع في عظم كثيف





الشكل (10)
الخلية العظمية

- **الخلية العظمية**

ان العظم هو صـــلب نســبياً وخفيف ، وتدخل مواد عديدة في تركيبه ، حيث يتكون وبشـــكل رئيســـي من فوســـفات الكالســـيوم . ويكون العظم على نوعين : صـــلب " مضغوط" و أسفنجي . تتكون قشرة العظم من العظم الصلب . العظم المُكون للقشرة يشـــكل 80% من كتلة العظم الكلية للهيكل العظمي في الانســـان البالغ. بســـبب كثافة القشـرة العالية تُعد نسبتها 10% من مسـاحة الجسم السـطحية . اما العظم الاسـفنجي فيحتل مسـاحة سـطحية كبيرة أكثر بعشـرة مرات من العظم المكون للقشـرة ، ويشـكل 02% من المساحة السطحية لجسم الانسان.

تبدأ العظام في التكوين قبل الولادة بفترة طويلة. وتتكون قمة الجمجمة بعظام غشائية التكوين. ويحل النسيج العظمي في هذه العملية محل النسيج الضام الرخو.

وتنشأ العظام الطويلة من عظام غضروفية التكوين، حيث يحل محلَّ النسيج الضام الرخو الغضاريف ويحلّ محلَّ الغضروف العظام وتنمو العظام الطويلة بوساطة تركيب يُسمَّى صفيحة النمو المُشاشي، وهي قرص غضروفي رقيق بين الكردوس والمُشاشة. وتستمر وظيفة صفيحة النمو خلال فترة الطفولة والشباب، وتقف وظيفتها عندما يصل الشخص إلى طول البالغين. ويحلُّ بشكل متتابع محلَّ كل طبقة جديدة من الغضروف طبقة جديدة من العظم في عملية تُسَمَّى التكوين الغضروفي للعظم. وبهذه الطريقة، تنمو صفيحة النمو المُشاشي بعيدًا عن الجزء المركزيّ للعظمة، وينمو طول جسم العظمة تدريجيّا.

- العظم (الصلب)الكثيف :

العظم الكثيف يشمل هيكل صلب يتخلله قناة وسطى تدعى قناة osteonic أو قناة(haversian)، و التي تكون محاطة بحلقات مركزية (lamellae) من الهيكل الصلب. وتقع الخلايا العظمية (أوستوكيتس) بين حلقات الهيكل، في فراغات تدعى الفجوات(lacunae) . وتتفرع قنوات صغيرة(canaliculi) من الفجوات إلى قناة osteonic لإنشاء الممرّات خلال الهيكل الصلب في العظم الكثيف، وتكتظ قنوان haversian باحكام مشكلة ما يبدو كالكتلة الصلبة. تحتوي قنوات osteonic على الأوعية الدموية و التي تسير بصورة متوازية مع محور العظم الطويل. هذه الأوعية الدموية ترتبط، عن طريق قنوات ثاقبة عرضية، بالشرايين على سطح العظم.العظم الإسفنجي(Cancellous) يكون أخف و أقل كثافة من العظم الكثيف ويحتوي على صفائح (trabeculae) ودعامات من العظم مجاورة للتجاويف متناثرة صغيرة التي تحتوي نخاع العظم الأحمر. وتتصل القنوات canaliculi مع التجاويف المجاورة، بدلا من قناة haversian المركزية، للحصول على حاجتها من الدم. ويبدو أن الصفائح trabeculae مرتبة بطريقة عشوائية، لكنها منتظمة لإعطاء

أقصى صلابة بصورة مشابهة للشيّالات التي تستعمل لدعم البناء. وتتبع هذه الصفائح trabeculae العظم الإسفنجي وفقا لاتجاه خطوط الإجهاد الذي يتعرض له العظم ويمكن أن يعاد ترتيبها إذا تغير إتجاه الإجهاد.

وهناك نوعان من العظام:

- ✓ عظامٌ طويلة توجد بالأذرُع والأرجل،
- ✓ عظامٌ قصيرة يوجد معظمها بالجمجمة والسلسلة الفقارية والحوض.

يكون مركز العظم مجوف، ويُسمَّى التجويف النقوي ويملأ إما بالنقي الأصفر أو بالنقي الأحمر. ومعظم النقي العظمي الأصفر من الدهن. ويتكوّن النقي العظمي الأحمر من شبكة من الأوعية الدموية والنسيج الضام وخلايا تكوين الدم. وتصنع خلايا الدم في النقي العظمي الأحمر. وتحتوي العظام كُلها على أوعية دموية وأعصاب.

وتتكون العظام الطويلة من ثلاثة أجزاء:

- ✓ الجَذْل أو جسم العظم وهو جزء طويل بمركز العظمة.
- ✓ جزء متوهج بالقرب من نهاية العظم يُسمَّى الكردوس.
- ✓ المُشاشة النهاية المستديرة.

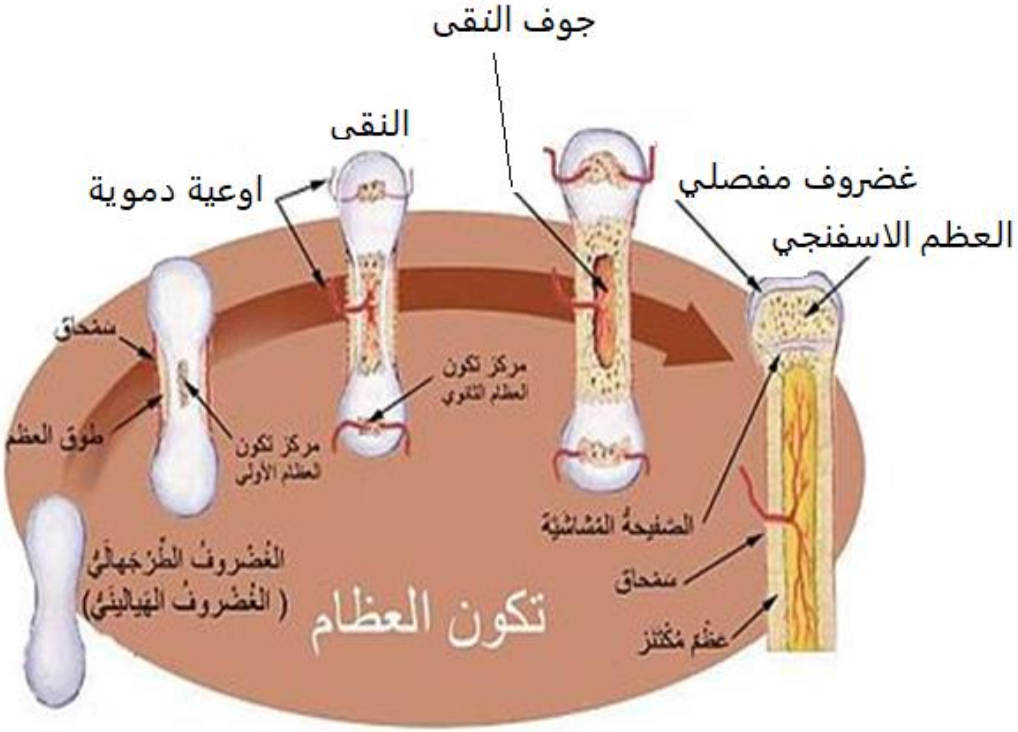
- **مكونات العظم:**

تتكوّن العظام من المعادن التي تشكل ثلثي وزن النسيج العظميّ. مثل الكالسيوم والفوسفات والكربونات. وباقي المكونات مواد عضوية يتكون معظمها من بروتين ليفي يُسمّى الكولاجين. وعندما يغلى الكولاجين في الماء يعطي الهلام. وعند وضع عظمة طويلة في حامض تذوب المواد المعدنية، ويصبح الجزء العضوي رخوًا لدرجة أنه يمكن ربطه في شكل عقدة. وتُسمَّى المعادن والكولاجين معًا مَطْرِق العظم. ويحتوي نسيج العظم على ثلاثة أنواع من الخلايا المتخصصة: الخلايا بانية العظم، وتكوّن مطرقة العظم حولها بوضع ألياف الكولاجين وترسيب المادة المعدنية الصلبة. والخلايا العظمية، وهي خلايا متفرعة توجد مدفونة في مطرِق العظم، وتساعد في

التحكم في توازن المعادن في الجسم، ثم الخلايا ناقضة العظام وتأكل المَطْرِق أثناء الدورة العادية للعظام، وعند إعادة بناء العظام أثناء النمو والتئام الكسور.

- نمو العظام:

تبدأ العظام في التكوين قبل الولادة بفترة طويلة. وتتكون قمة الجمجمة بعظام غشائية التكوين. ويحل النسيج العظمي في هذه العملية محل النسيج الضام الرخو. وتنشأ العظام الطويلة من عظام غضروفية التكوين، حيث يحل محلَّ النسيج الضام الرخو الغضاريف ويحلّ محلَّ الغضروف العظام وتنمو العظام الطويلة بوساطة تركيب يُسمَّى صفيحة النمو المُشاشي، وهي قرص غضروفي رقيق بين الكردوس والمُشاشة. وتستمر وظيفة صفيحة النمو خلال فترة الطفولة والشباب، وتقف وظيفتها عندما يصل الشخص إلى طول البالغين. ويحلُّ بشكل متتابع محلَّ كل طبقة جديدة من الغضروف طبقة جديدة من العظم في عملية تُسَمَّى التكوين الغضروفي للعظم. وبهذه الطريقة، تنمو صفيحة النمو المُشاشي بعيدًا عن الجزء المركزيّ للعظمة، وينمو طول جسم العظمة تدريجيّا.



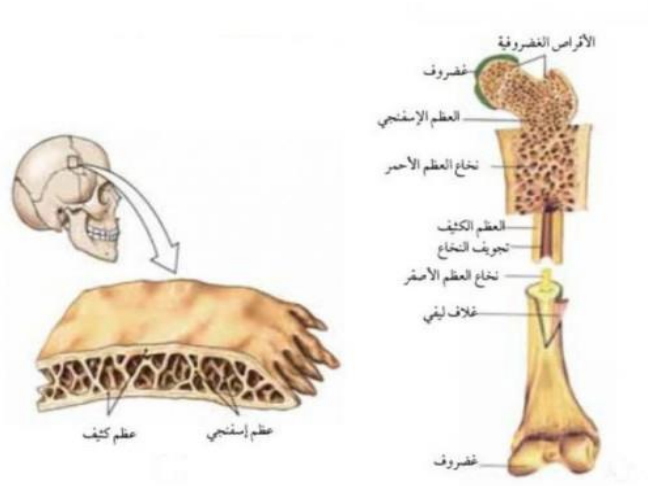
شكل 11
تكوين العظم

● **انواع العظام**

هناك ثلاث انواع من العظام مما يأتي:

أولا- العظام الصفائحية: والتي تتألف من قسمين رئيسيين وهما العظام اللحائية التي تتحمل جميع الضـــغوط التي تتعرض لها، وهي قوية التحمل مثل التي تحيط بالعظام الطويلة.

ثانيا - العظام المســـامية أو الإســـفنجية :وهي الداخلية مثل الموجودة داخل العظام الطويلة وغيرها من العظام وهي ضعيفة التحمل.

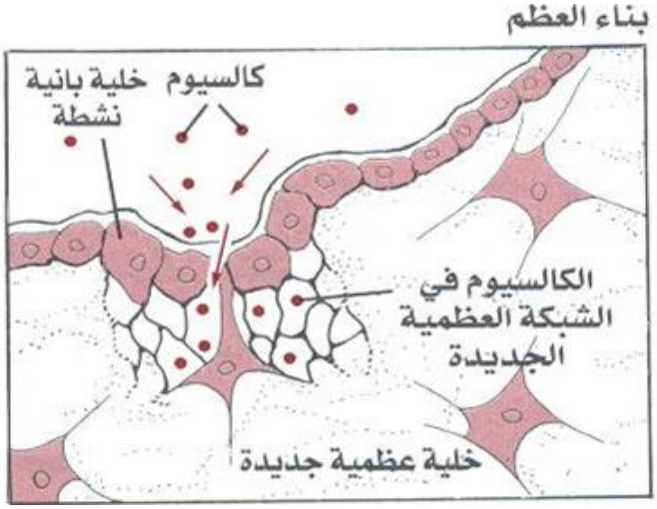


الشكل 12
العظام الإسفنجية

ثالثا- العظام المنســـوجة أو المتموجة : وهي عظام غير مكتملة النمو، وتكون إما بطبيعتها غير بالغة النمو، واما مرضـــية وذلك بوجود مرض في العظام، مما يؤدي إلى عملية التئام عشـــوائية وضـــعيفة النمو(مرنة)، وعند الحديث عن العظام لابد من الحديث عن العمليات الحيوية الخلوية للعظام.

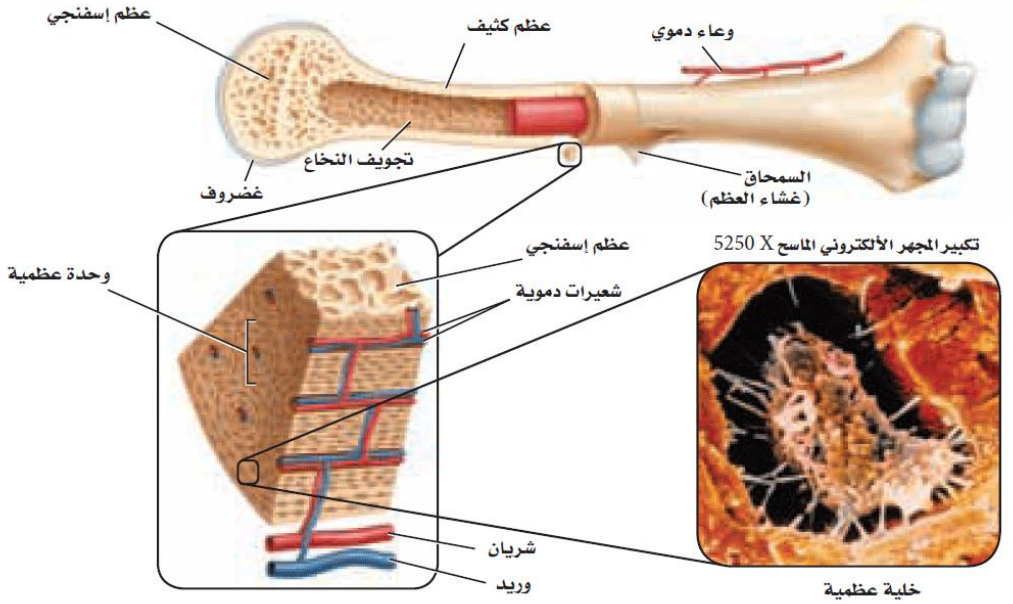
- **العمليات الخلوية الحيوية للعظام:**

أولا: الخلايا البانية للعظم: التي تحتوي على مســـتقبلات خاصـــة بالغدة الجار درقية ومســـتقبلات خاصـــة بالإســـتروجين، وهذه كلها لها أدوار مهمة في العمليات الحيوية اليومية داخل جسم الإنسان ومن ضمنها العظام.



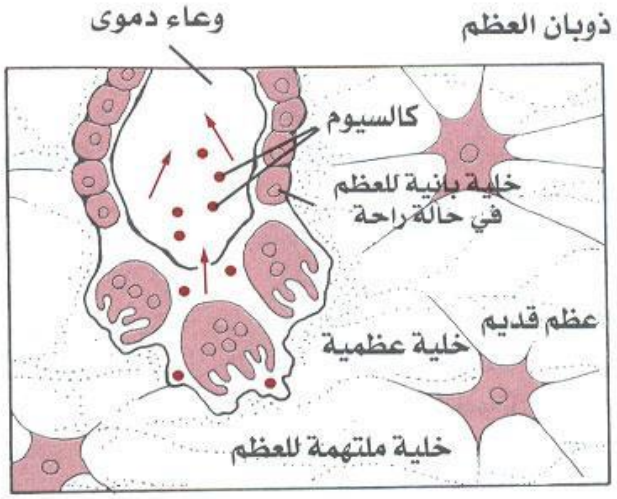
الشكل 13
الخلايا البانية للعظم

ثانيا: الخلايا العظمية : وتشـكل نسـبة 90% من الخلايا في العظام المكتملة النمو ، وتعمل على الاحتفاظ بالعظام، وتقوم بدور مهم في عملية الحفاظ على مستوى تركيز الكالسيوم خارج الخلايا ، وتعمل بواسطة تأثير هرمون الكالسيتونين الموجود داخل الغدة الدرقية (الموجودة أمام الحلق)، ويتوقف عملها بواسـطة تأثير هرمون الغدة الجار درقية.



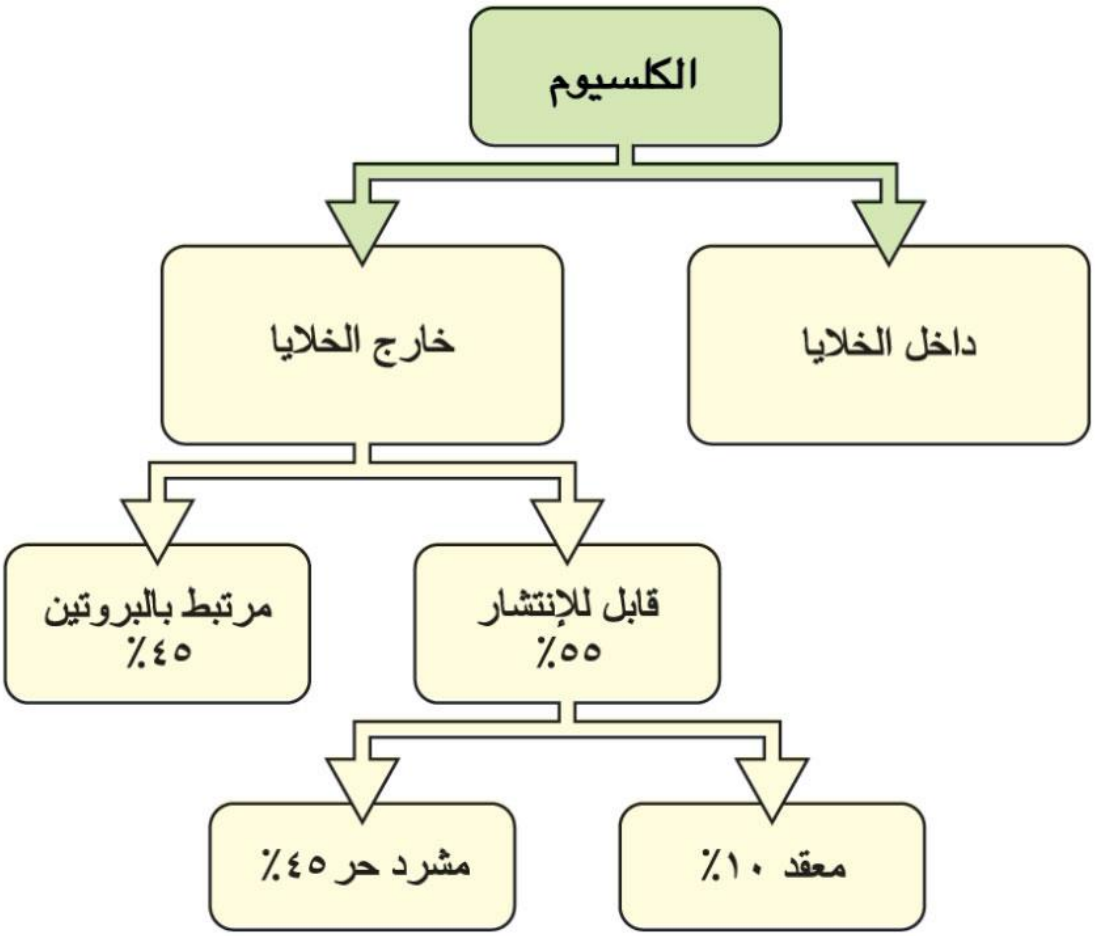
الشكل 13
الخلايا العظمية

ثالثا : الخلايا الناقضـــة للعظم (الملاصـــقة للعظم): تعمل على امتصـــاص العظم، وتحتوي على مستقبلات خاصة بهرمون الكالسيتونين للسماح بعملية تنظيم امتصاص العظم ومسؤولة عن عملية امتصاص العظم في كثير من الأورام التي تصيب العظام.



الشكل 14
الخلايا الناقضة للعظم

وتعتبر العظام مستودعا ضخما لما يقارب من 99% من الكالسيوم، فعمل الكالسيوم لا يقتصـر على العظام فقط، بل يمتد عمله إلى العضـلات والأعصـاب وسـائر خلايا الجسـم، بالإضـافة إلى العمليات الحيوية المهمة داخل الدم، فيتم امتصـاص الكالسـيوم من الأمعاء بمسـاعدة فيتامين (د) المنشـط، كذلك نسـبة كبيرة من الكالسـيوم 98% يتم إعادة امتصـاصـها عن طريق الكليتين، وتجدر الإشـارة إلى إن كمية احتياج الإنسـان للكالسيوم ضمن الغذاء الذي يتناوله تكون حسب الجنس والعمر.



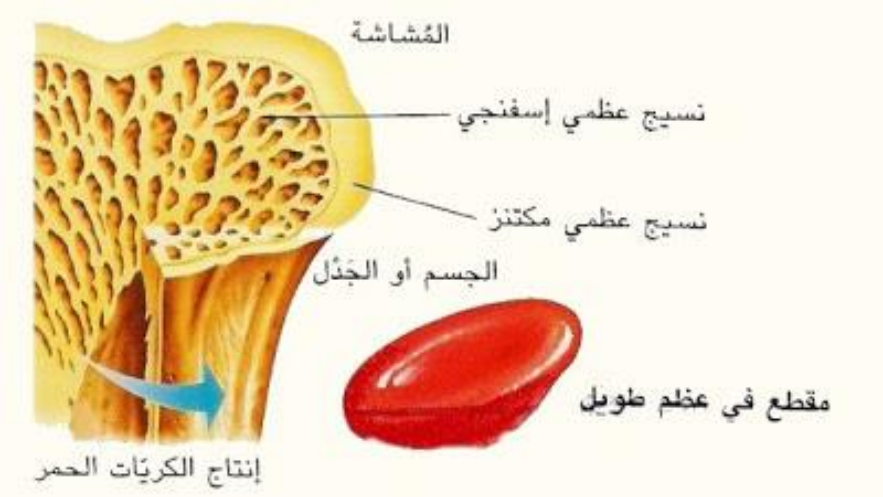
الشكل 14
الكالسيوم والعظم

ويعتبر الفوسفات أحد مكونات العظام الأساسية ويؤدي عملاً مهما في تنظيم الانزيمات والحفاظ على نظام الحموضة والقلوية داخل الجسم، بما يقارب 85% من الفوسفات مخزون في العظام، وتتم عملية إعادة امتصاص الفوسفات بواسطة الكليتين، وجدير بالذكر أن اكتمال العظام في الإنسان 16 و 25 سنة، ويستمر إلى 35 سنة، بعد ذلك يبدأ العد التنازلي في التناقص في فقدان العظام بنسبة 3% - 5% في اليوم الواحد.

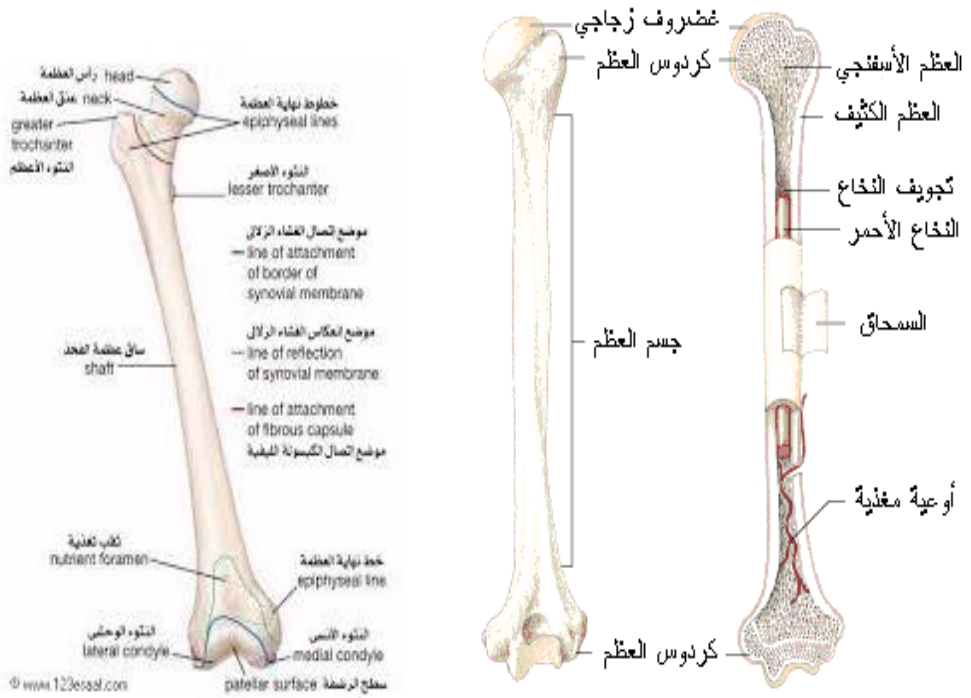
تتكون أيضا العظام الطويلة بواسطة التعظم غير المباشر ، لكن هنا يمكن إيجاد مراكز تعظم عدة . تعظم هذه العظام يتم بوضع صفائح النمو وغضروف المفصل داخل ساق العظم وعند النهايتين(المشاش)، على الأغلب يتعظم غضروف

المشـاش في نهاية مرحلة المراهقة أو عندما يكتمل نمو الشـخص . يمكن تحديد مكان الغضروف في نهاية العظم عند الشباب بمساعدة أشعة X.

التغيرات البيولوجيـة الاعتيـادية تحـدث في صـــفائح النمو نتيجـة التغيرات في هرمونـات النمو ، ويمكن أن تحـدث تغيرات غير اعتيـاديـة نتيجـة التحميـل غير الصـحيح أو الإفراط في التحميل على بعض أجزاء الهيكل العظمي ، لذلك يجب على الرياضيين الشباب النشطين الابتعاد عن التدريب المفرط في القوة خلال سن البلوغ . التوصـــية الجيدة في مرحلة الطفولة وخلال مراحل تطور البلوغ هو اســتعمال وزن جسـمه كحمل عند التدريب . لذا من الضـروري وضـع برامج تدريب القوة بالأثقال وأجهزة المقاومة بعد سن البلوغ فقط.



الشكل (15)
الوصف الخارجي والداخلي للعظم



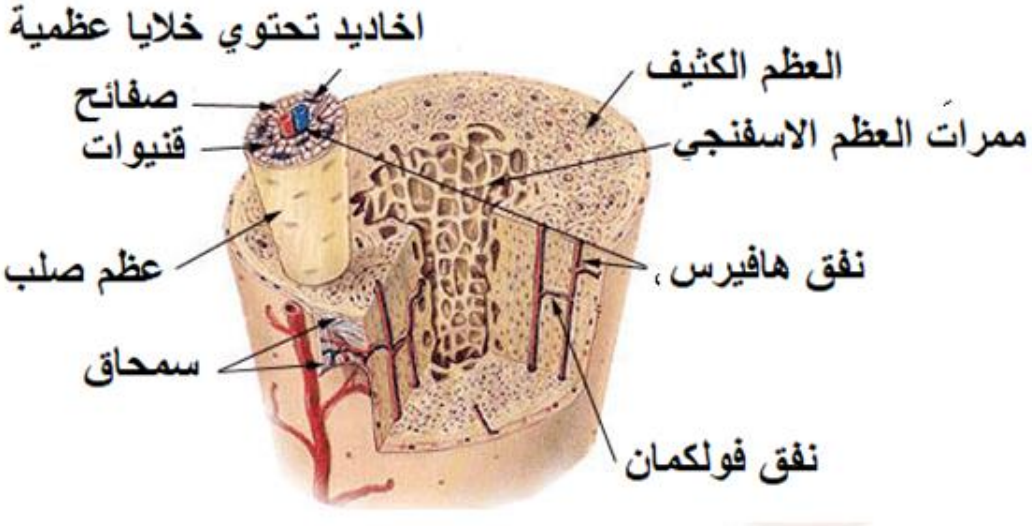
شكل 16
تشريح العظام الطويلة

يوجد بين المفاصـــل المنزلقة المتحركة ســـائل يوفر التغذية اللازمة لغضـــروف المفصـــل، كذلك توفر الأوعية الدموية التي تمر داخل نســـيج العظم والتي تقع تحت صفائح الغضروف المفصلي التغذية اللازمة للغضروف. ينفذ الغذاء من خلال خلايا الغضروف (الذي يتعرض للضغط او من خلال التدليك) ولا ينقل عن طريق الأوعية الدموية الصـــغيرة (الشـــعيرات) . لذلك عند تعرض هذه المفاصـــل إلى ضـــغط معين خلال ســـنوات تطور العظم في مرحلة الطفولة ســـوف تحصـــل على تغذية جيدة مما يؤدي الى زيادة سمك الغضروف ، وبالتالي إعطاءه حماية جيدة ضد أنواع الإصابات التي يسببها ضغط التمرين ، أما المفصل الذي لم يتعرض إلى ضغط مناسب من أي نوع ، او لم يتعرض لضـغوط مناسبة في جميع الاتجاهات ، فان النمو سيكون غير متوازن وهذا يعني أن الغضروف سوف يقل سمكه.

يشـــكو الأطفال دائما بين عمر (10-16 ســـنة) من مرض الام القصـــبة **Osgood Schlatter** ويحدث من جراء الإفراط في الشـــد عند مدغم العضـــلات الباســـطة لمفصـــل الركبة على الحدبة الكعبرية الصـــغيرة لعظم القصـــبة (الحدبة

الضـنبوبية) ، ويحدث من جراء هذا التحفيز لصـفائح النمو تسـارع في النمو ، يمكن مشـاهدة الزيادة في تسـارع النمو عند مقارنته طفل سليم النمو مع طفل مصـاب بمثل هذا المرض،حيث يجد الطفل المصاب صعوبة في ثني مفصل الركبة على السطوح الصلبة.

وبالرجوع الى الشـكل (13) نشـاهد التفاصـيل الكاملة لنمو العظم، إذ تحتوي الخلايا الميكروسـكوبية الصـغيرة البانية للعظم والتي تقع داخل الأنسـجة على ألياف الكولاجين (المادة المكونة للغراء) ، التي لها مقاومة عالية للقوة ، وتحتوي على ملح لاعضـوي (الذي يعطي القسـاوة للعظم) وعلى ملح عضـوي (الذي يعطي المرونة للعظم)، والنسبة بين الملح اللاعضوي والعضوي عند الولادة هي (1:1) ، لكن هذه النسبة تتغير إلى (7:1) عندما يصبح عمر الجسم بعد (60-70) سنة ، وهذا يفسر المرونة في الهيكل العظمي عند الأطفال وسهولة كسر العظام عند تقدم عمر الانسان. يظهر الشكل (17) أيضـا الترتيب الدائري للخلايا العظمية وحولها الطبقات المتعددة التي تسـمى قنوات هافرس (Haversian) ، التي تجري خلالها الأوعية الدموية الصـغيرة ، وتغذي هذه القنوات الدموية الطبقات المدورة المتعددة ، ويسـمى هذا النظام بنظام هافرس ، او نظام وحدة العظم.



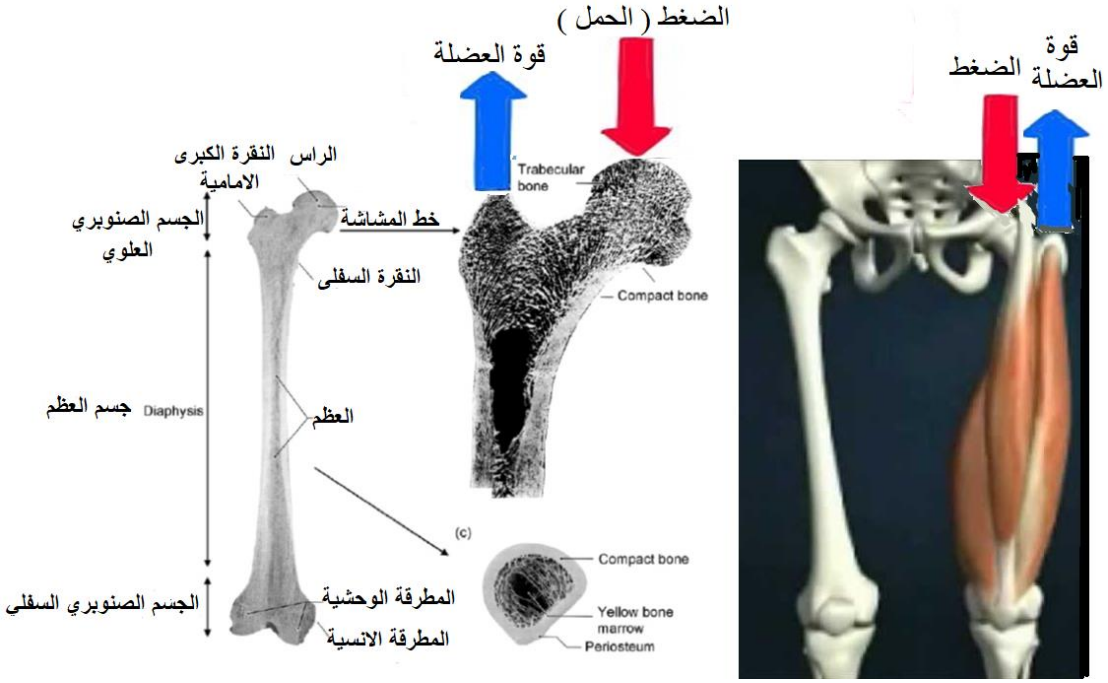
الشكل (17)
مقطع عرضي للعظم

تتكون الطبقات الخارجية من العظم من بناء مكون من صـــفائح طولية وانتشـــار لألياف الكولاجين الصـــلبة باتجاهات مختلفة في كل طبقة، والتي تعزز بدرجة كبيرة من قوة العظم . يتكون العظم داخل الصـفيحة من نظام هافرس والذي يسـمى أيضـا" الوحدة العظمية" ، وعندما يتطور نمو التجويف الداخلي للعظم تتحول الأنســـجة المفصلية إلى مايسمى بالنسيج الأسفنجي و يوجد بينها وبين الأنسجة المفصلية أعمدة او دعامات تعطي للعظم قوته الكبيرة. وتتعرض جميع العظام الى مناطق ضـغط قوة عند تعاملها مع الجسم ككل وعند ارتباطها بالعضلات

و يوضح الشكل (18) مناطق القوة والضغط في رقبة عظم الفخذ مثلا التي تمثل نقاط القوة لتحمل الضغط الكبير التي يتعرض لها هذا الجزء من العظم.

تتصـل أوتار العضـلات والأربطة بالألياف الكولاجينية داخل العظم والتي تنمو من خلال غشاء العظم ومن داخل أنسجة العظم المتصلبة، وعندما يتعرض الوتر إلى ضغط عالي ربما يتحمل هذا الضغط ، لكن اتصاله بالعظم ربما لايتحمل هذا الضغط ، في هذه الحالة يحدث تمزق او خلع الوتر عند منطقة اتصاله بالعظم.

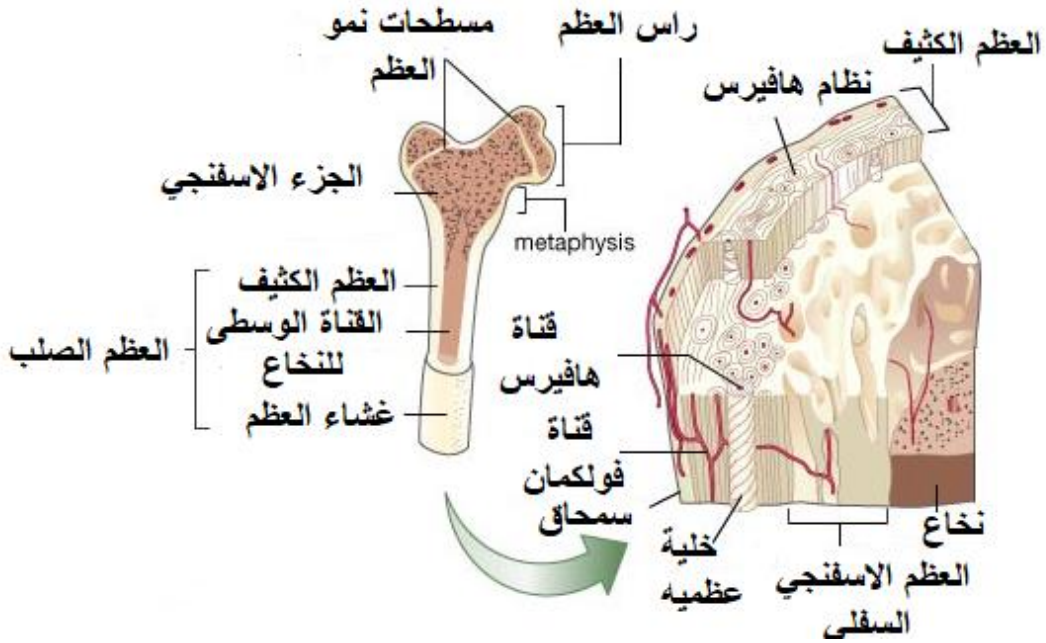
فالضـغط غير المناسب يمكن ان يسبب تهيج في منطقة اتصـال وتر العضـلة مع غشـــاء العظم (الموقع الغني بالأعصـــاب والأوعية الدموية) ويؤدي الى التهاب هذا الغشاء(السمحاق).



الشكل (18)

القوى التي تعمل عند المنطقة العليا لعظم الفخذ

ويوجد في الطبقة العميقة من غشـــاء العظم العديد من الخلايا المكونة للعظم (البانية للعظم) وهى المسؤولة عن أصلاح العظام المكسورة، ويجهز العظم بالغذاء بوساطة العدد الكبير من الأوعية الدموية التي تخترق الأنسجة المتصـــلبة من خلال الممرات الموجودة في غشـاء العظـم كما في الشكل 19.



شكل 19

الخلايا المكونة للعظم

وتتشعب هذه الأوعية الدموية وتصل الى أجزاء مختلفة من خلال قنوات هافرس، وتعتمد قابلية العظم في أصلاح نفسه بدرجة كبيرة على كفاية تجهيز الدم الى المنطقة المصابة. مثال ذلك عندما يصاب عظم من عظام المشط في اليد فأنه يأخذ وقت أطول في الشـفاء لوجود عدد قليل من الأوعية الدموية في هذه المنطقة مقارنة مع تلك التي تصاب بالكسر ويوجد فيها أوعية دموية كثيرة.

أظهرت الدراسـات التي قام بها الباحثون ان عدد الأوعية الدموية الشـعرية التي تجهز العضـلات والعظام تزداد اذا تعرضـت العضـلات والعظام الى الضـغط بانتظام (مثل التدريب) ، ومن المحتمل ان هذا يفسـر الشـفاء السـريع للرياضـي الجيد مقارنة مع الشخص غير المتدرب.

- **المفاصـل**

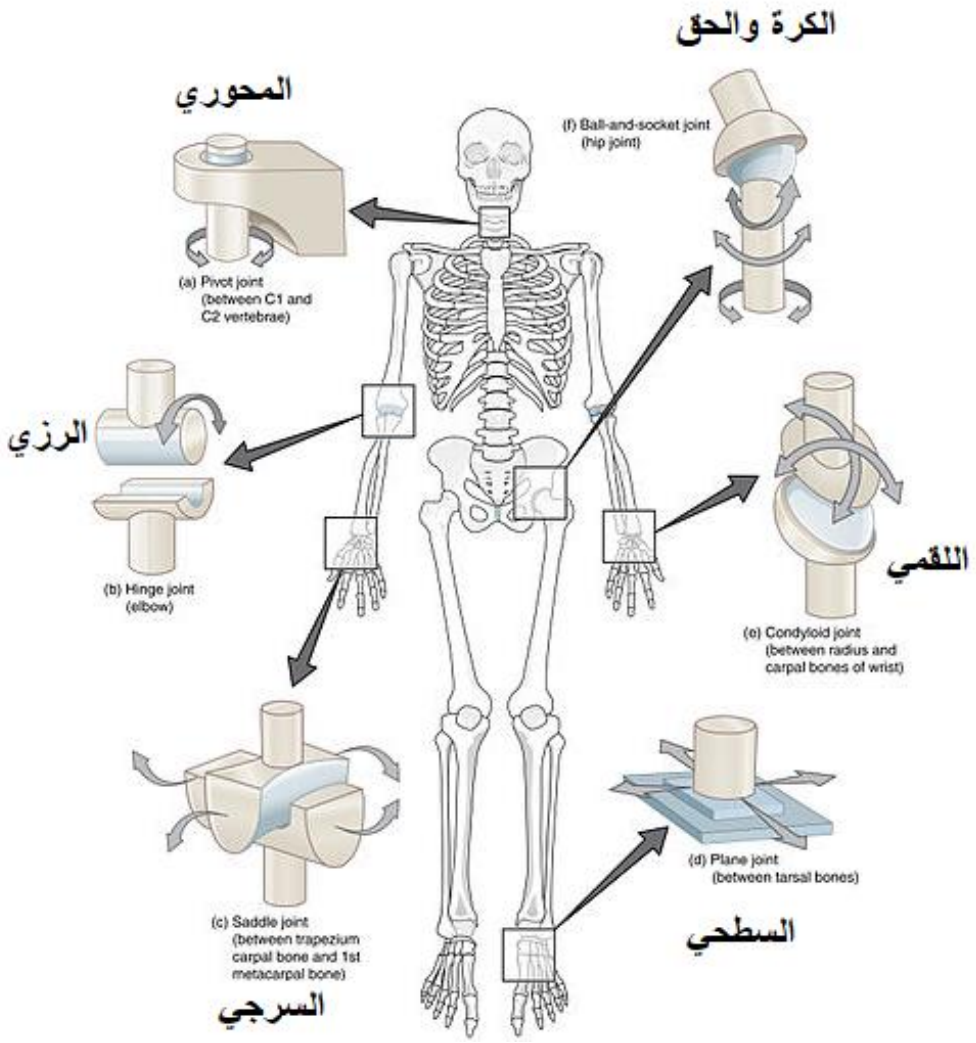
المفصـــل هو مكـان التقـاء عظم بعظم آخر أو بين عظم و غضـــروف أو بين غضـروفين. ويوجد أنواع مختلفة من المفاصـل في مناطق معينة من الهيكل العظمي والتي تختلف فيما بينها من حيث درجة قابليتها للحركة.

وتتصـــل الأجزاء المختلفة من عظام الجســم أما بوســاطة الأغشــية او عن طريق المفاصل، بحيث ترتبط نهايات العظام مع بعضها ببعض بطريقة تسمح لها بالحركة، وهذه الخاصية تساعد عضلات الجسم على تحريك العظام التي ترتبط بها، ويسمى هذا الترابط بين نهايات العظام بالمفاصل.

شكل 20
نقاط التقاء العظام مع بعضها

- **أنواع المفاصل**

تُصنّف المفاصل تصنيفاً هيكلياً و تصنيفاً وظيفياً. فالتصنيف الهيكلي يكون حسب كيفية ارتباط العظام ببعضها البعض ، أما التصنيف الوظيفي فيكون حسب درجة حرية الحركة بين العظام المتمفصلة. وقد يكون التقاء عظم باخر من الاربطة.



شكل 21
انواع المفاصل بجسم الانسان

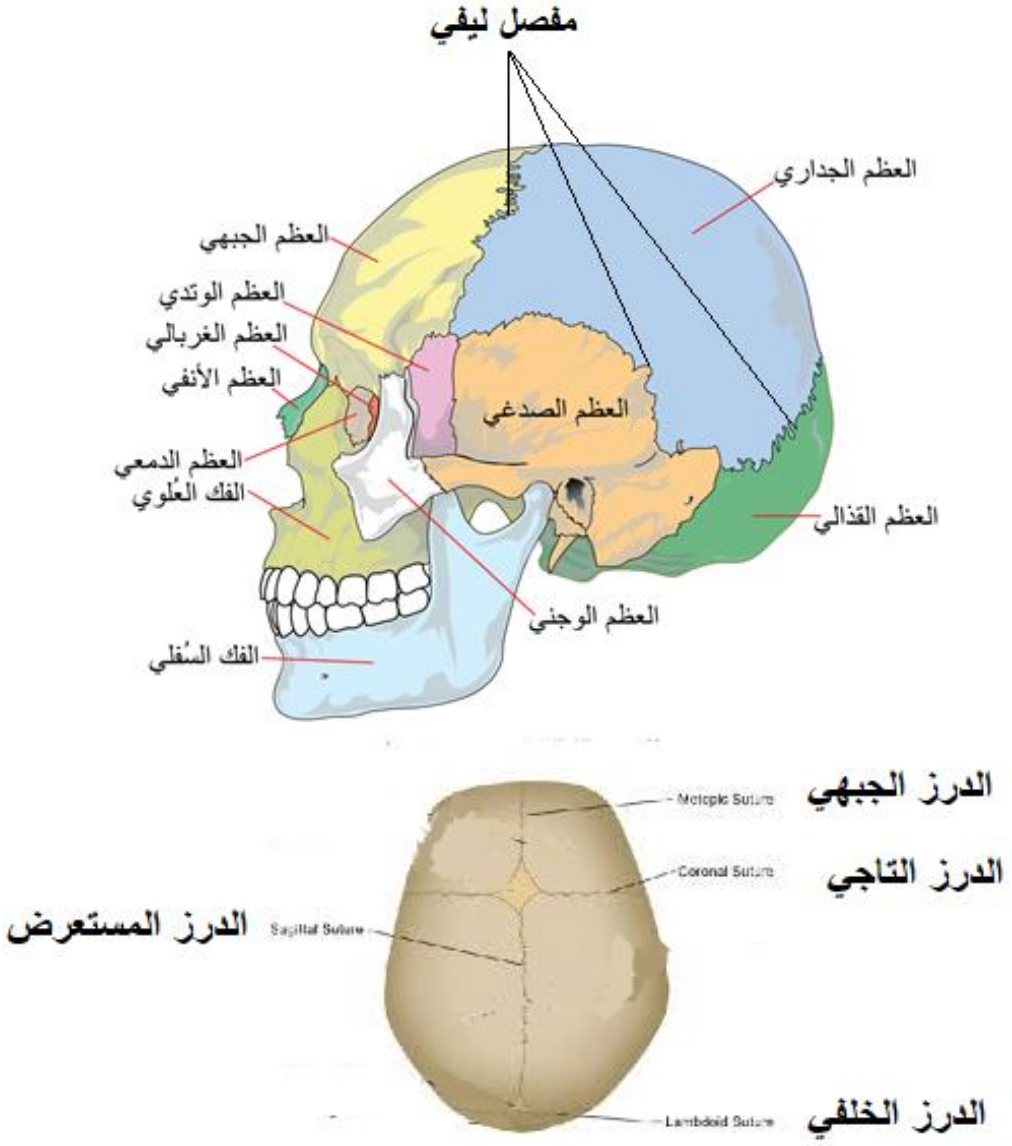
- **فالتصنيف الهيكلي هو التصنيف المتكوّن بين المفاصل وتتولد منها:**

- مفاصل ليفية : fibrous joint.
- مفاصل غضروفية: cartilaginous joint.
- مفاصل زلالية : synovial joint.

- **<u>والتصنيف الوظيفي (الحركة):حسب نوع الحركة :</u>**

اذ يمكن أيضاً تصنيف المفاصل حسب نوع و درجة الحركة التي يسمح بها المفصل وكما يأتي:

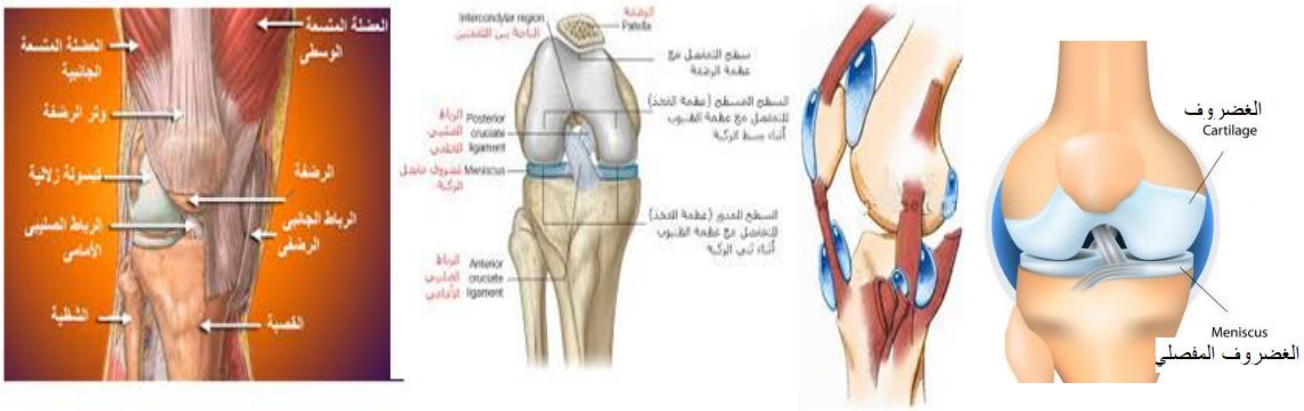
- مفاصل ثابتة غير متحركة وهى **المفاصل اللِيفِيّة: Synarthrosis**: وهي لا تسمح بالحركة ، أو تسمح بقدر ضئيل مثل التحام حواف الجمجمة (درز). وغالبيتها مفاصل ليفية.



شكل 22

مقطع جانبي وامامي للمفاصل الليفية(الدرزية) بين عظام الجمجمة

- مفاصل متحركة وهى **الارتفاق: Amphiarthrosis**:: تسمح بحركة بسيطة ملحوظة ، وغالبيتها مفاصل غضروفية ، مثل مفصل الكتف و مفصل المرفق و مفصل الركبة.

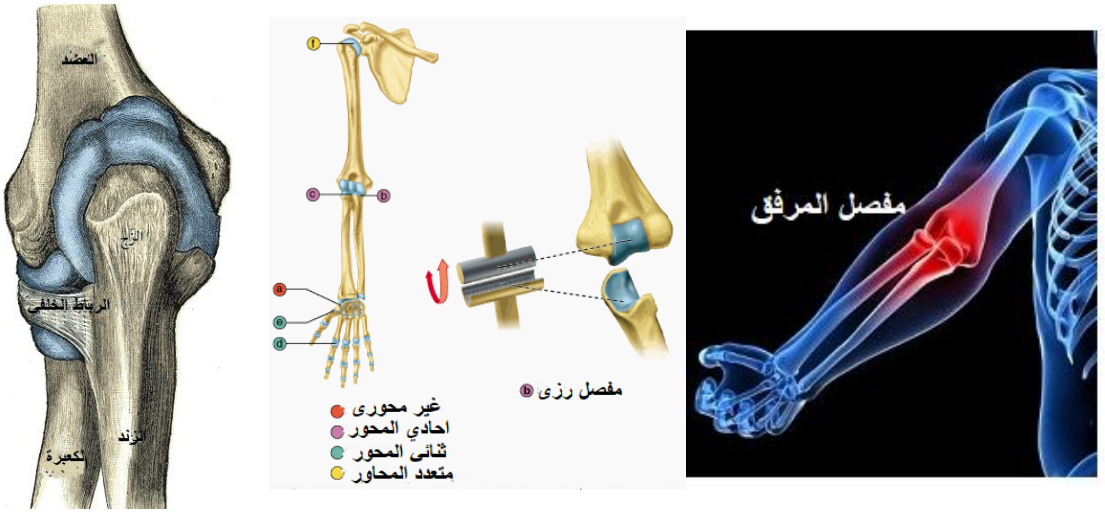


شكل 23

مفصل الركبة(المتماسة الاسطح)

شكل 24

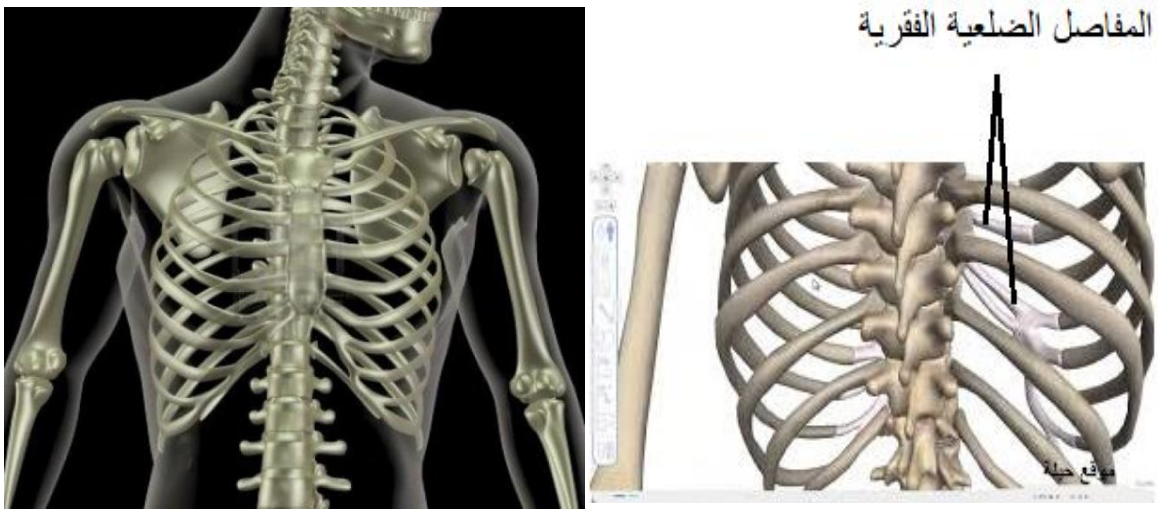
مفصل الكتف



شكل 25

مفصل المرفق

- مفاصل حرة الحركة وهي ال**مفاصل الزليلية: Diarthrosis**: تسمح بحرية الحركة ، وكلها مفاصل زلالية (أي سائل بين المفاصل). وتكون في الأطراف سواء أكانت صدرية أو حوضية. ويسمى مكان تمفصل رأس الضلع مع الفقرة بالمفصل الضلعي الفقري .



شكل 26

المفاصل الضلعية الفقرية

ويمكن أيضاً تصنيف المفاصل حسب عدد محاور الحركة التي يسمح بها المفصل:

- **غير محورية: nonaxial**: (أي انزلاقية مثل التحام عظمة الزند بعظم الكعبرة).
- **أحادية المحور: monoaxial.**
- **ثنائية المحور: biaxial.**
- **متعددة المحاور: multiaxial.**

وهناك تصنيفات أخرى مثل: تصنيف درجة الحرية ، وكذلك التصنيف حسب عدد وأشكال الأسطح المفصلية: مسطّح و مقعّر و محدّب ، ويشمل ذلك الأسطح البَكَرِيَّة.

- **تصنيف المفاصل حسب النشاط الحركي:**

وهي عندما يكون التصنيف حسب التشريح أو حسب الخواص البيولوجيّة الميكانيكِيّة وكالاتي:

- **مَفْصِلٌ بسيط: Simple joint:** مثل مفصل الكتف و مفصل الورك.
- **مَفْصِلٌ مُرَكَّب: Compound joint**: مثل المفصل الرسغي.
- **مَفْصِلٌ مُعَقَّدُ: Complex joint**

- **المفصل الثابت**:

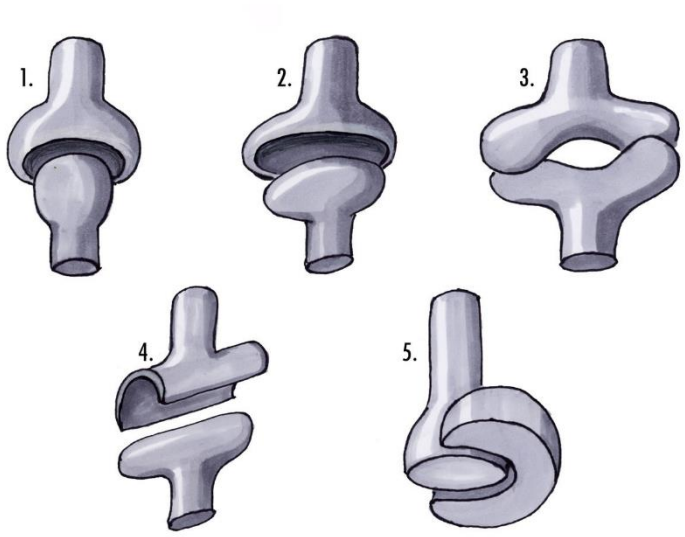
هذا النوع من المفاصل ثابت وغير قابل للحركة أو يسمح بحركة بسيطة جدا قد لا تُلحظ، وفيه تلامس أسطح الالتحام بعضها ببعض بواسطة نسيج ليفي كثيف ليسمح بالحركة (أثناء فترة نمو العظم مثلاً، و أثناء ولادة الطفل مثلاً) ومثال ذلك ترابط عظام الجمجمة المختلفة ببعضها. وبتقدم العمر، تختفي الخيوط الليفية وتتعظم المفاصل ويحل محل الخيوط الليفية أربطة عظمية بحيث تصبح العظام متحدة بعضها ببعض مكونة التحاماً تظهر أثاره علي شكل خيوط رفيعة من النسيج الليفي تقوم بربط حواف العظام المنفصلة، هذا وعلي الرغم من إن تلامس عظام الجمجمة لا يسمح بحركة العظام في الشخص البالغ بعد إن تكون قد أدت وظيفتها إلا إنها في الطفل الوليد تكون متحركة

نسبياً وغير كاملة التكوين مما تضفي درجة من المرونة بحيث يمكن إن يتغير رأس الطفل أثناء الولادة ، وإلا لكان مرور الطفل أمراً بالغ الصعوبة.

- **المفاصل محدودة الحركة:**

تكون الحركة في هذه المفاصل محدودة أو قليلة وتوجد بين سطحي اتصال طبقة غضروفية, وتسمح مرونتها بإحداث حركة بسيطة كما في فقرات العمود الفقري، وتوجد هذه المفاصل بوجه عام علي نوعين هما:

- مفاصل الارتفاق Symphysis : توجد بين فقرات العمود الفقري وفي الارتفاق العاني وبين العجز والحرقفة (المفصل العجزي الحرقفي).
- مفاصل مرتبطة Syndesmoses : يسمح هذا النوع من المفاصل بحركة محدودة ضيقة النطاق، حيث ترتبط العظام فيها بواسطة تركيب ليفي علي شكل حزام أو غشاء, كما المفصل الليفي الموجود بين النهاية السفلية لعظم قصبة الساق و الشظية.



1:مفصل كروي حُقّي. 2:مفصل لقماني (اهليلجي). 3:مفصل سرجي. 4:مفصل رزي. 5: مفصل محوري

شكل 27
انواع المفاصل

- **المفاصل الزلالية: Synovial joints:** هي أهم المفاصل وأكثرها انتشارا في الجسم، وتمتاز بوجود غشاء مصلي ، ويمكنها أن تؤدي جميع انواع الحركات، ولهذا فقد قُسّمت إلى خمسة أنواع ، حسب نوع الحركة التي يؤديها كل مفصل ، وهم:
  - **المفصل الكروي الحقي (Ball and socket joint)**: وهي أكثر المفاصل حرية في الحركة ، في جميع الاتجاهات ، من ثني ومد ورفع وتقريب وتدوير، مثال ذلك مفصل الكتف و مفصل الفخذ.
  - **المفصل السرجي (saddle joint):** تجري فيه الحركات حول محورين اثنين ، فتسمح بحدوث الثني والمد والابعاد والتقريب ، مثل مفصل الرسغ ، ومفاصل بين السلاميات والمشط . توجد هذه المفاصل في مناطق مختلفة من الجسم كما في الكتف ، والمرفق ، والرسغ ، و الفخذ ، والركبة ، و الكعب ،وبين الرأس والفقرة الأولى للعمود الفقري (Atlas). ويعتبر هذا النوع من المفاصل من أهم وأكثر المفاصل انتشاراً في الجسم وتتوقف حركتها علي شكل واتساع السطوح المفصلية, وتركيب الأربطة المتعلقة بالمفصل.
  - **المفصل الرزي (Hinge joint):** يسمح بالحركة في مستوى واحد فقط . أي الثني والمد كما هو الحال في مفصل الكوع والركبة والعقب ومفاصل السلاميات.
  - **المفصل المحوري (Pivot joint):** وهو يسمح بالحركة حول محور واحد فقط . يتكون على شكل دوران ، مثل المفصلين القريب والبعيد ، بين الكعبرة والزند ، وكذلك بين فقرة الأطلس ، ونتوء فقرة المحور .
  - **المفصل المنزلق (Gliding joint):** أو المفصل المسطح (Plane joint): في هذا النوع من المفاصل تنزلق سطوح التمفصل ، فوق بعضها البعض ، مثل مفصل القص – الترقوة ، و الأخرم – الترقوة ، والمفاصل بين عظام الرسغ والعقب .

وتتميز المفاصل الزلالية بما يلي:

- فالمفصل يسمح دائماً بالحركة.
- وبه غضروف مفصلي بين السطوح المفصلية المتقابلة.

- ويحتوي علي تجويف مفصلي يحتوي علي سائل لزج كثيف القوام يسمي السائل الزلالي الذي يليّن المفاصل ويسهل حركة العظام بها.

وترتبط الأجزاء المتفصلة، الداخلة في تكوين المفصل بعضها ببعض بواسطة عدد من الأربطة الموجودة علي الوجه الخارجي للمحفظة المفصلية.

- **التركيب العام للمفاصل الزلالية:**

- سطوح مفصلية Articular Surfaces.
- غضاريف مفصلية: Articular Cartilage.
- محفظة مفصلية: Articular Capsule وتتكون من :
  - غشاء زلالي.
  - غشاء ليفي أو محفظة ليفية.
  - سائل زلالي Synovaial Fluid.
  - تجويف مفصلي Articular Cavity.
  - أربطة Ligaments.

وتسمح المفاصل المتحركة بالقيام بحركات واسعة النطاق مثل:

- حركة زلقية : وهي حركة ينزلق فيها سطح مفصلي مستو تقريباً علي سطح مفصلي مقابل حتى يتطابق معه تماماً.
- حركة زاوية: وتشمل, الانثناء, والبسط، والتقريب, والتبعيد.

- **أنواع المفاصل المتحركة:**

- **مفصل كروي حقي:**

هذا المفصل هو حر الحركة في جميع الجهات بما في ذلك الدوران, إذ يتحرك عظم كروي الشكل في فراغ كأسي لعظم آخر, مثل: مفصل لوح الكتف مع عظم العضد.

- **مفصل منزلق:**

في هذا النوع ينزلق سطح مستو تقريباً علي سطح مفصلي مقابل له ويتطابق معه تماماً، مثل: المفاصل بين النتوءات المفصلية للفقرات.

- **مفصل رزي:**

هذا المفصل محدود الحركة, بسطح واحد، ويتحرك عادة حركة أمامية أو خلفية, أي تتحرك حركة مفصلية نظراً لوجود أربطة قوية, مثل: المرفق ، ومفصل الركبة, و مفاصل الكعب، و مفاصل السلاميات.

- **مفصل سرجي:**

هذه المفاصل قليلة في الجسم، وفيها تم الحركات حول محورين اثنين, تسمح بحدوث الثني والمد والإبعاد والتقريب. وتستقر السطوح المفصلية المقعرة علي السطوح المفصلية المحدبة للعظام المتجاورة.ومثال ذلك: مفصل الرسغ, والمفاصل بين السلاميات والمشط.

- **المفاصل المحورية:**

يتميز هذا النوع بالحركة الدورانية حيث تدور الحلقة حول محور مركزي مثل: تمفصل الفقرة العنقية الأولي مع الفقرة الثانية. وقد يدور المحور ضمن حلقة كما في حال تمفصل رأس الكعبرة مع عظم الزند.

- **أنواع الربط بين العظام وميكانيكيتها:**

يوجد ثلاثة أنواع من الترابط بين المفاصل وهي **الأغشية** و **الأوتار** و**الأقراص** (الدسك). الربط عن طريق الغشاء يشبه الاتصال بين عظمي الساق وهما القصبة (العظم الأكبر والأقوى) وعظم الشظية (الطويل والدقيق) ويمثل وحدة غشائية مؤلفة من أنسجة ليفية كولاجينية ، وهذا الغشاء له وظيفتان الأولى كمصدر لعضلات أسفل الرجل والوظيفة الثانية هي نقل الضغط من عظم القصبة الى عظم الشظية.

مثال ذلك:

عند القفز والهبوط ، تسلط قوة الهبوط العالية على عظم الكاحـل (العظم الكعبي) ثم تنقل القوة للأعلى نحو عظم القصـبة ، وتنقل بعد ذلك الى عظم الشـظية عن طريق الغشاء الذي يقوم بدوره بتخفيف هذه القوة.

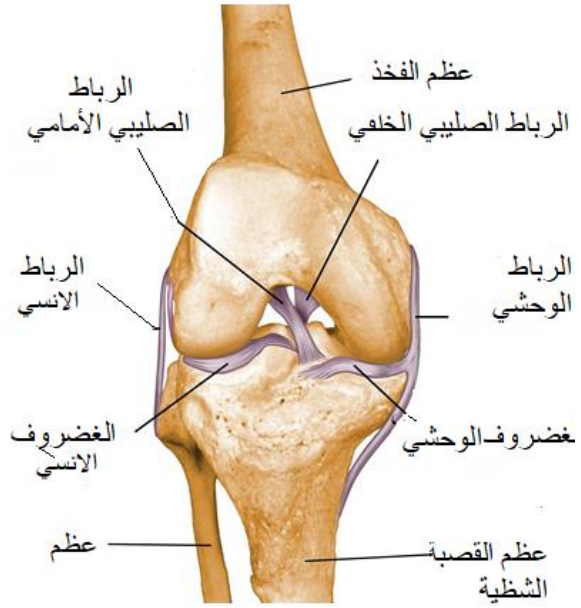
يرتبط أيضا عظم القصبة والشظية بنسيج ليفي مكون من رباطان قويان بالقرب من مفصل الكاحل (عند المنطقة السفلى بين العظم القصبة والشظية) ، ويسمى مثل هذا النوع من الاتصال بالأربطة.

شكل (28)
الغشاء بين عظمى القصبة والشظية

اذا تعرضت القدم الى قوة ضغط كبيرة نحو الأعلى عند منطقة عقب القدم (حركة ثني او مد للقدم) فأن هناك احتمالية دخول العظم الكعبي كالآسفين بين عظم القصـبة والشـظية ، تؤدي في بعض الأحيان مثل هذه القوة الى تمزق الرباطان واحتمالية تمزق الغشاء الموجود بين العظميين.

المثال الآخر: على الأربطة الحرة هي الأربطة الصـليبية او المسـتعرضـة ، وهي الأربطة التي تتقاطع مع بعضها البعض داخل مفصل الركبة.

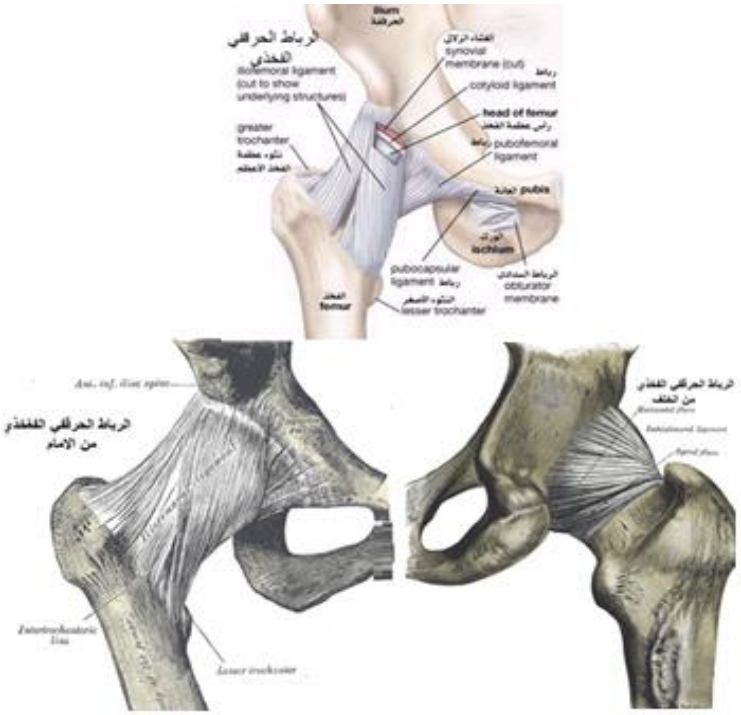
النوع الأخر من الأربطـة يعطي قوة للمحفظـة التي تغلف مفصـــل الركبـة هي الأربطة المسـئولة عن منع الحركات الجانبية بدرجة كبيرة ، وتحدد أيضــا الحركات بالاتجاهات غير المسيطر عليها. (شكل 29)



الشكل (29)

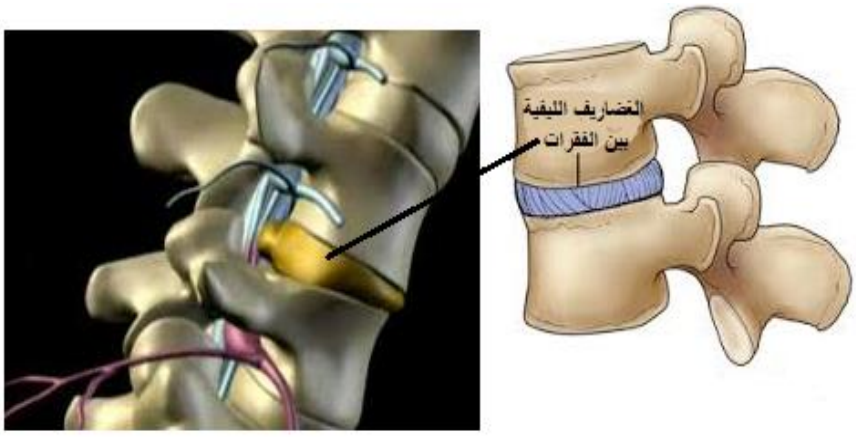
مفصل الركبة بدون عظم الرضفة من الامام

ومن اقوى الأربطة في الجسم هو الرباط المكون من الألياف العضلية والواقع في الجزء الأمامي من مفصل الورك ويعرف بالرباط الحرقفي الفخذي، يحدد هذا الرباط بدرجة كبيرة مرجحة الرجل باتجاه الخلف والامام،ومن الممكن ان تصـــل قوة الضــغط المسـلط على هذا الرباط ما بين (5000-10000) نيوتن/سـم^2 ، ويتحمل ايضا هذا الرباط عند الشخص البالغ قوة تقدر(3000) نيوتن اي ما يعادل (300كغم). يلحظ (شكل 30)



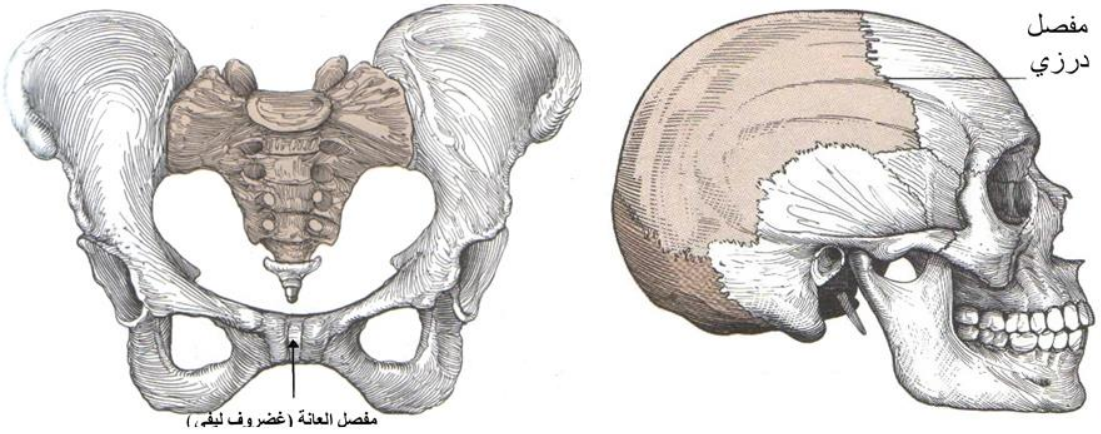
شكل (30)
الرباط الحرققفي الفخذي

ويوجـد نوع آخر من الاربطـة بين فقرات العمود الفقري تتكون من أليـاف كولاجينية وخلايا غضـروفية (الشـكل 31)، وفي مركزها توجد نواة ملسـاء وتسـمى بالمفصل الغضروفي الثانوي ، المثال الاخر لهذا النوع من المفصل الغضروفي هو مفصل العانة وهو موقع ارتباط عظام العانة بالحوض.



شكل 31
المفصل الغضروفي الثانوي بين الفقرات

الأمثلة الإضـافية الأخرى لأنواع المفاصـل تشـمل الغضـروف المشـاشـي (المفصل الغضروفي الثانـــوي) ، ويربط هذا النوع من الألياف المفاصل بين عظام الجمجمة المسطحة (تسمى الدرز) .

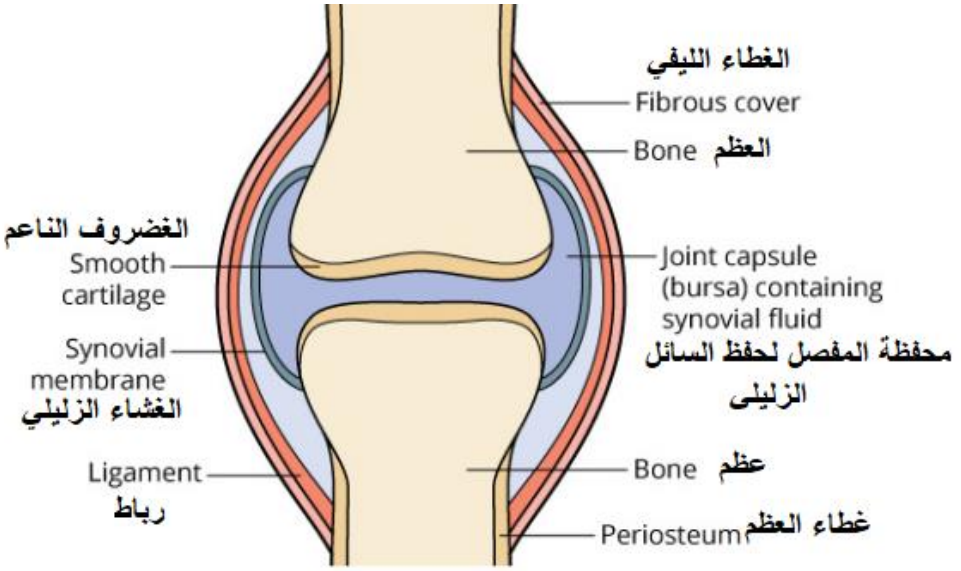


شكل 32
عظام الجمجمة (الدرز) ومفصل العانة(غضروف ليفي)

- **المفاصل الزليلية**

تغلف الأجزاء المتحركة من العظام في المفاصـــل الزليليه بمحفظة تدعى محفظة المفصـــل وتكون مغطاة دائما بغضـــروف مفصـــلي ، وتتكون الطبقة الخارجية من المحفظة من ألياف كولاجينية لها القابلية العالية على مقاومة القوة، ويســـمى جدار المحفظة العالي القوة بالرباط، وتسمى هذه الأربطة طبقا لموقعها او طبقا للعظام التي تتصل معها.

يوجد في الطبقة الداخلية للمحفظة خلايا منتجة لســـائل يحتوي على الألبومين، ويعمل هذا الســائل كمزيت ويزود الخلايا الغضــروفية بالغذاء ، يســمى هذا الســائل أيضــا بالســائل الزليلي والغشــاء الذي يغلف المحفظة بالغشــاء الزليلي ، وتوجد طبقة شحمية رقيقة تفصل بين الطبقة الخارجية والداخلية للمحفظة (الشكل 30).



Structure of the synovial joint

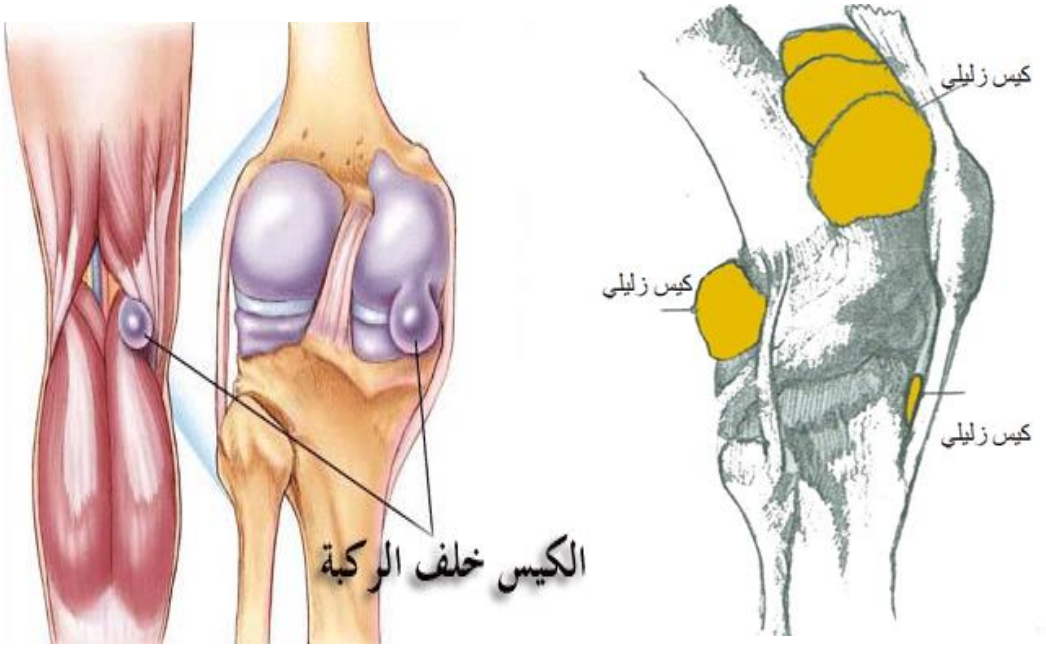
مخطط لمفصل زليلي

شكل(33)

محفظة مفصل الركبة – الخارجي والداخلي

يعتمد سمك غضروف مفصل الركبة على الضغط الطبيعي الذي تتعرض له ، ويمتلك هذا الغضروف المقدرة على امتصاص مواد معينة من السائل الزليلي ويزداد حجمه مؤقتا، وإذا أجرينا قياس لحجم الغضـــروف المفصـــلي بعد فترة الإحماء ، سنلاحظ زيادة سمك هذا الغضروف ، وهذه الزيادة في السمك مؤقتة ، وتستمر لمدة (10-30) دقيقة بعد توقف النشاط الرياضي, زيادة فترة التدريب تسبب زيادة سمك الغضروف عن طريق تكوين خلايا غضروفية إضافية جديدة. بإمكان الجهد العنيف والشديد ان يمزق الغضروف ، وينتج عنه تحديد كبير للحركة في المفصل.

وجدت بعض الأكياس الصغيرة الحاوية على السائل الزليلي في مفاصل معينة من الجسم ، ووجد السائل الزليلي أيضا في محفظة مفصل الركبة (الشكل 34).



شكل (34)

مواقع الأكياس الزليلية في الركبة

يعطي الكيس الزليلي الموجود في الطبقة الداخلية للمفصل (داخل الغشاء الزليلي) بما يشبه الوسادة المنزلقة للتقليل من الاحتكاك ، والواجب الرئيس للكيس الزليلي هو منع تمزق للالياف المختلفة التي تنزلق على بعضـــها البعض ، اذ تنتج هذه الأكياس السائل الزليلي في حالة احتكاكها مع المفصل.

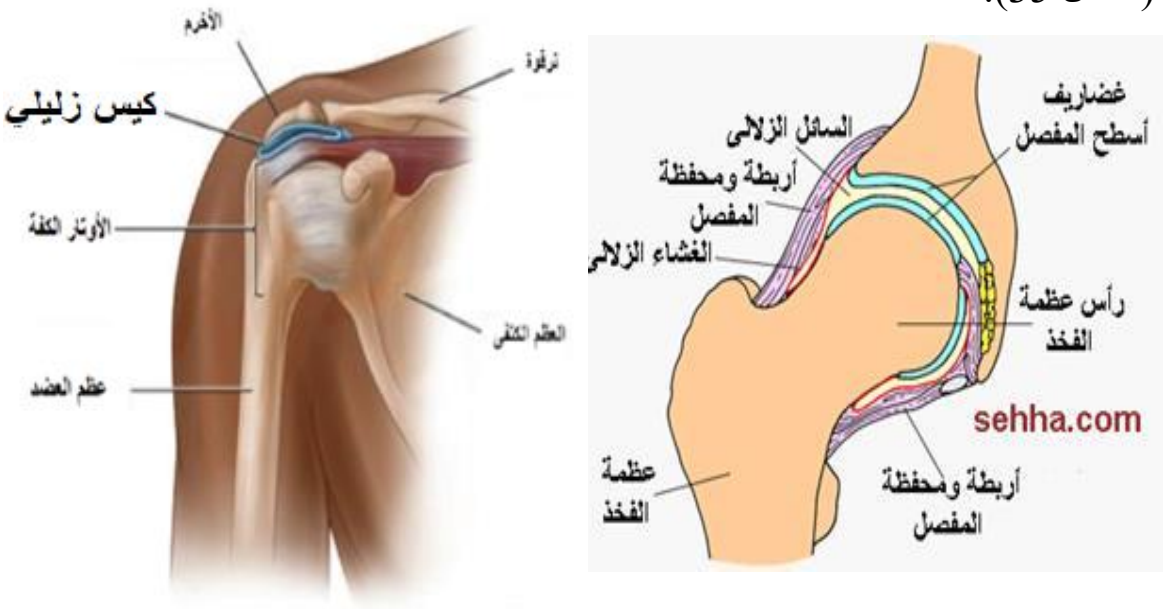
الكيس الأكبر في الجسم يوجد بين عظم الفخذ والعضلات الباسطة لمفصل الركبة (الكيس فوق الرضفة-الشكل 32)، عند تعرض هذا الكيس الى الضغط الشديد يصاب الشخص بألم شديد، ورد فعل هذا الكيس هو أنتاج كميات أضافية من السائل الزليلي , وهذا يسبب انتفاخ في الركبة مما يؤدي الى امتصاص الضغط الإضافي.

تتواجد الأكياس الزليلية في مناطق متعددة من الجسم ، مثال ذلك بين العضلات، وبين الأوتار والعضـــلات ، وبين الأوتار والعظام ، وفي الأماكن التي يحتمل ان يظهر فيها التمزق من جراء الحمل العالي للتدريب.

العظام التي تشـكل المفصـل يتطابق احدهما مع الأخر طبيعيا لكون احد العظميين محدب الرأس والأخر مقعر(التجويف او الحق)، واذا لم تتطابق العظام مع بعضـهما

بصـــورة جيدة، يعدل عدم التطابق هذا عن طريق إضـــافة طبقات من الغضـــروف الليفي، وتدعى هذه الإضـــافة أما بالغضـــروف الهلالي او القرصـــي ، الغضـــروف الهلالي يملئ جزء من فجوة المفصـــل والغضـــروف القرصـــي يملئ جميع فجوة المفصل، ويشار دائما في الإصابات الرياضية الى الغضروف الهلالي الموجود في مفصل الركبة.

ويمكن أيضـا مشـاهدة الغضـاريف الهلالية بين عظام الجسـم الأخرى ، مثال ذلك وجوده بين عظم الترقوة ولوح الكتف ،وبين راس عظم الفخذ والتجويف الحقي (الشكل 35).

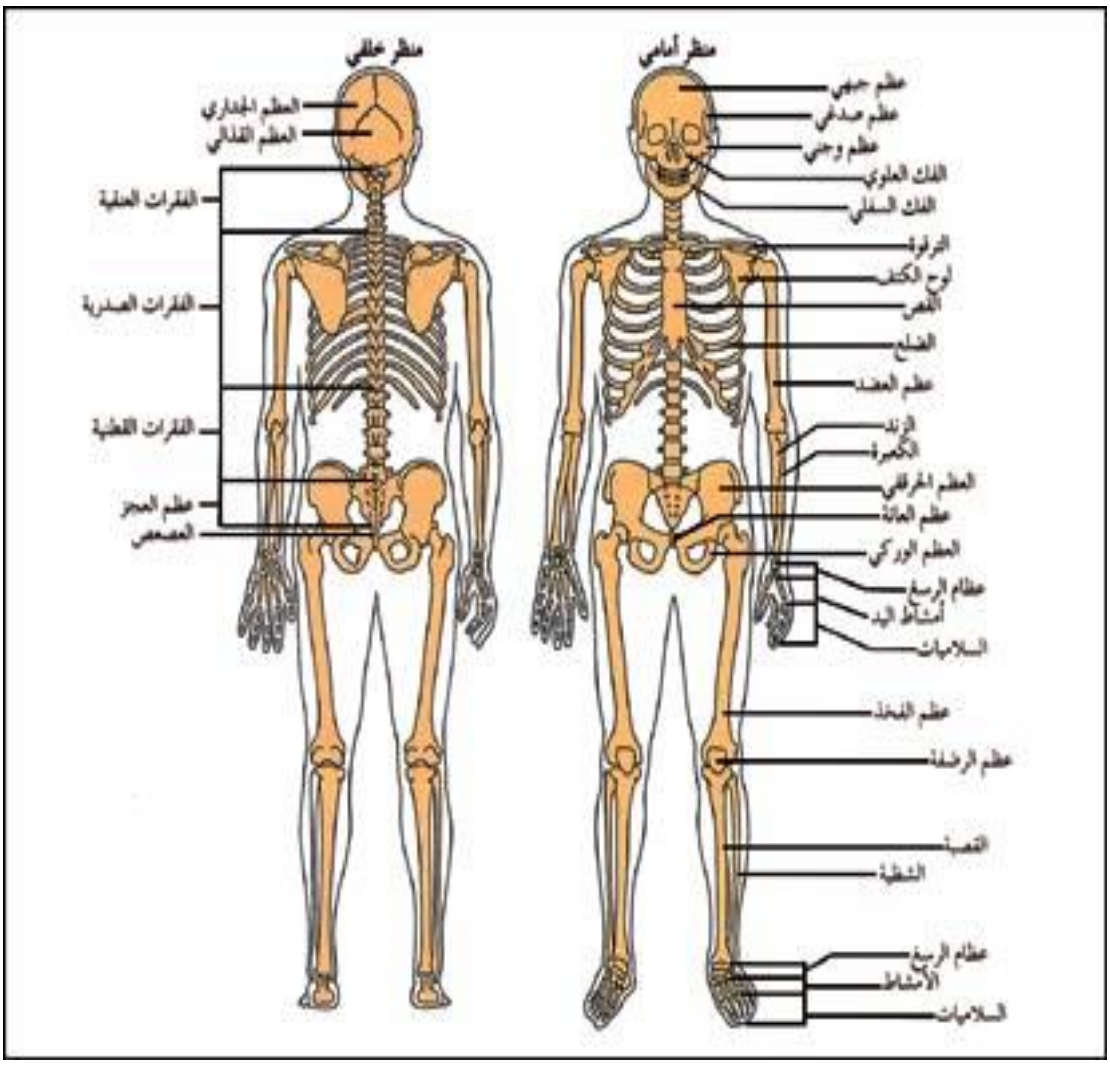


ورك **ترقوة ـ كتف**

شكل 35
الغضاريف والسائل الزليلي لمفاصل الورك والترقوة والكتف

الفصل الثالث

- العظام و المفاصل والعضلات (المديات والعضلات)



العظام: توصف وظيفة المفصل طبقا لتركيب وشكل سطوح التمفصل بين العظام التي تتمفصل ونوع الحركة ، من ناحية ثانية لايوجد تقارب بين النماذج الميكانيكية والهدف الحركي للمفاصل في جسم الإنسان ، حيث سنتكلم عن أنواع المفاصل المختلفة الموجودة في أجزاء من جسم الإنسان ، بالإضافة الى توضيح لنوع الحركة التي تسمح بها هذه المفاصل والعضلات العاملة عليها.

- **الأوضاع التشريحية للعظم والمفاصل والحركات الخاصة بها.:**

من الضروري عند بحث الحركات الخاصة بأجزاء الجسم او الجسم كله ان نتعرف على العظام والمفاصل الرئيسية في جسم الإنسان والتي تعد نقاط تشريحية يمكن أن تستخدم كمرجع لدراسة الحركات الرياضية او عند القيام بأي جهد بدني، وهذه

- **العظام والمفاصل** هي:

- تركيب العظام من الناحية التشريحية والنسيجية:

كسوة العظام الداخلية (البطانة الداخلية) :

السمحاق الخارجي والسمحاق الداخلي Periosteum & Endosteum:

تغطى السطوح الخارجية والداخلية للعظم بطبقات من الخلايا المكونة للعظم والنسيج الرابط والتي تدعى بالسمحاق الخارجي Periosteum والسمحاق الداخلي Endosteum . والسمحاق الخارجي هو غشاء ليفي رقيق ولكنه قوي جدا، يحيط ويغطي ويكسو كامل سطوح العظام عدا المفاصل، وتوفر الأوعية الدموية والسمحاق المغذيات الضرورية فيما تنقل أعصابه إحساسات الألم.

ويتألف السمحاق من طبقة خارجية من ألياف الكولاجين والأرومات الليفية . وإن حزم ألياف الكولاجين السمحاقية Periosteal collagen المسماة بألياف شاربي Sharpey's fibers تخترق ماتركس العظم حيث تربط السمحاق بالعظم خاصة أماكن اتصال الأوتار بالأربطة.

أما الطبقة الداخلية (الأكثر خلوية) من السمحاق فإنها تتألف من خلايا مسطحة لها القابلية على الانقسام الاعتيادي والتمايز لتكوين الخلايا بانية العظم، وتتميز هذه الخلايا السلفية العظمية Osteprogenitor ، وأوضحت دراسات الإشعاع الحديثة أن هذه الخلايا تعلب دورا بارزا في نمو العظم وإصلاحه .

إن الوظائف الأساسية للسمحاق الخارجي والسمحاق الداخلي هي تغذية النسيج العظمي Osseus tissue وتوفير الإمداد المستمر للخلايا لبناء العظم الجديد لغرض إصلاح العظم أو نموه، ولهذه الأسباب لا بد من اتخاذ الاحتياطات اللازمة للمحافظة على السمحاق الخارجي والسمحاق الداخلي في أثناء جراحة العظام او اثناء العلاج من الكسور.

كما أن لها فائدة عظيمة من رحمة الله ، في الأطفال حيث تكسو عظامهم بغلاف سميك، وتحدث مقاومة للعظام وتحيط به من كل الاتجاهات، وإذا قورنت بالسمحاق ، ولعظام الكبار وبذلك إنها مع مرونة العظام في الأطفال تحميهم إلى حد كبير من الإصابات بالكسور الشديدة، وإذا حدثت فتكون بسيطة وتسمى بكسر الغصن الأخضر، وفي حالات التهابات نخاع العظام يقوم الحديد بالضغط والشد على هذا العظيم بنية تنبيه الأم بحدوث آلام لطفلها لسرعة علاجه والذي يساعد على تكوين عظام جديدة قوية.

وللسمحاق أهمية كبيرة في النظام الداخلي ودورها في التئام الكسور ودورها في تغذية مكان الكسر بخلايا العظام البنائية ودورها فيما تحمله من أوعية دموية. وللحفاظ على كسوة العظام بأقل تقنية للتدخل الجراحي . فأماكن تطوير المثبتات الخارجية بدون فتح جراحي أو استخدام مسامير نخاعية بدون ضغط أو تدمير السمحاق الداخلي، أو استخدام شرائح لها بروزات مثل تلك أسفل الحذاء الرياضي، وهذه تقنيات حديثة لتقليل حدوث الضغط على كسوة العظام الداخلية.

الشكل 36
تركيب العظم

-العظام في جسم الانسان

1.الجمجمة	2.الفقرات العنقية	3. الترقوة
4.عظم لوح الكتف	5.عظم العضد	6.الفقرات الصدرية
7.عظم القص	8.الأضلاع	9.عظم الكعبرة
10.عظم الزند	11.الفقرات العنقية	12.عظم الحرقفة
13.العصعص	14.عظم الفخذ	15.الرضفه
16.عظم الساق	17.عظم الشظية	18.أمشاط اليد
19.سلاميات اليد	20.أمشاط القدم	21.سلاميات القدم

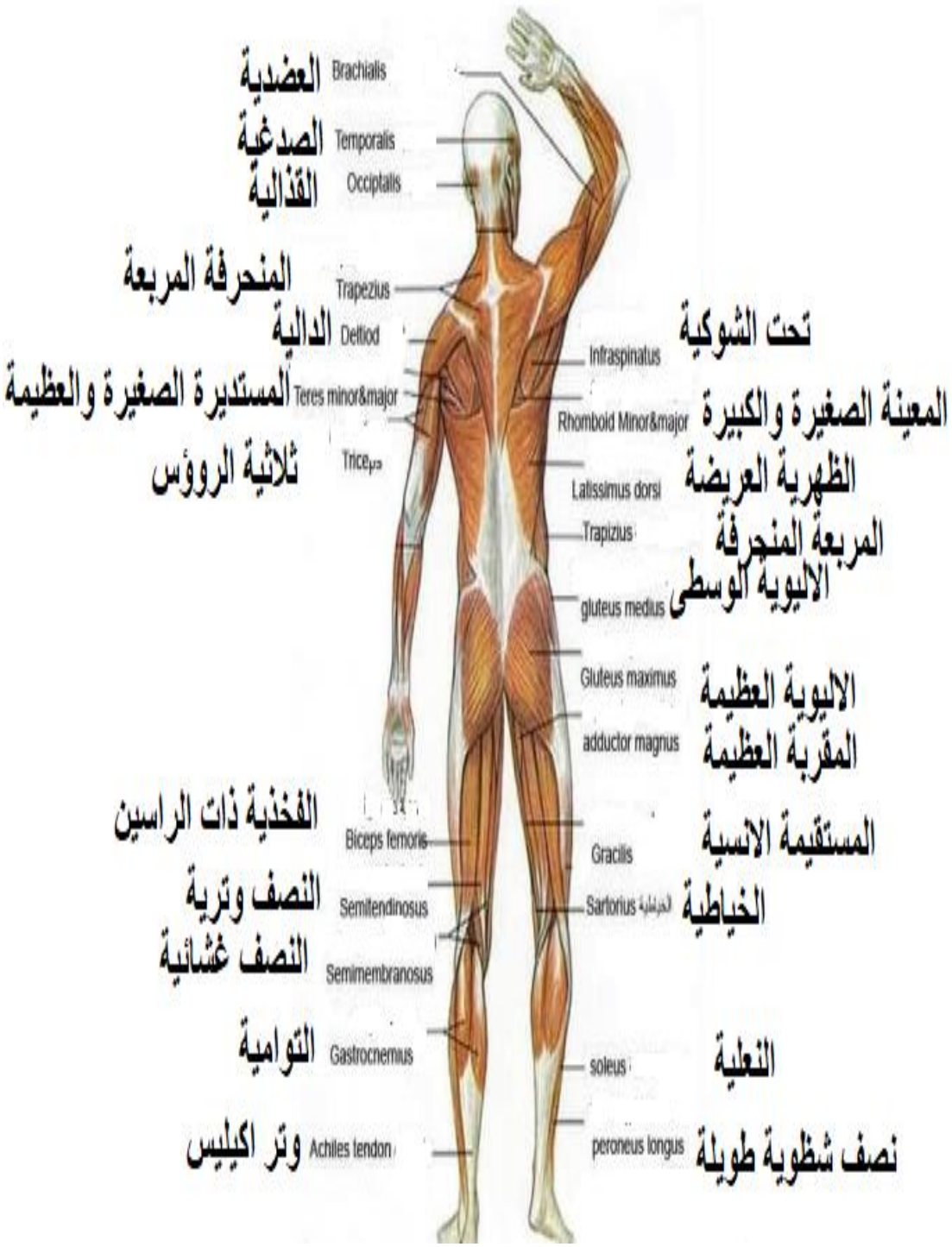
- **العضلات:**

إن الجهاز العضلي هو الذي يهيئ للإنسان اداء الحركة من مشي وركض وقفز وغير ذلك من الحركات التي تحقق إنجاز الأعمال اليومية التي تحتاج إلى مجهودات عضلية سواء كان ذلك في الرياضة ، وكذلك في باقي المجالات، كالصناعة ،

الزراعة، الأعمال الحرفيّة ، الأعمال المكتبيّة أو في قضاء الحاجات الشخصية، فهذه جميعها لا تتمّ إلاّ من خلال الجهاز العضلي.

ويتكون الجهاز العضلي من العضلات الموجود تحت الجلد مباشرة لذلك فهي تشكل غلافا سميكا يكسو العظام وبذلك يقوم الجهاز العضلي بعمل هام للإنسان إذ يحمي عظامه من الصدمات وتسمى هذه العضلات بالعضلات الهيكلية لأنها ترتبط بالجهاز الهيكلي أو العظمى. وتشكّل هذه العضلات نحو 40 % من وزن الجسم وتعطي للإنسان كتلته وشكله، تستطيع أن تنقبض وأن تنبسط فتولد حركات الجسم، هذه الحركات تتمّ بعد أن تصلها الأوامر من الجهاز العصبي عن طريق الأعصاب. ولابد من معرفة العضلات الرئيسية للجسم والتي تلعب دوراً أساسياً في تنفيذ الحركات الرئيسية للإنسان وتطبيق المهارات الرياضية المختلفة.

فالحركة في جسم الإنسان هو جهد بدني ناتج من قوة التقلص العضلي وهذه القوة هي القوة العضلية التي تؤثر في نقطة ما على العظم الذي تحيط به او الذي تدغم فيه النهاية البعيدة للعضلة (وتر العضلة البعيدة عن منشاءها كما ذكرنا سابقا)، وتولد ما يسمى بعتلات جسم الإنسان، وهذه العضلات تتألف من عدد كبير من الوحدات الحركية الصغيرة والتي تتألف من ألياف أو لويفيات عضلية وفروع عصبية، والتي تنتج من خلالها السيطرة في الاستجابة العضلية.



شكل 37 أ

عضلات جسم الانسان من الامام

شكل 37 ب

عضلات جسم الانسان من الخلف

وعدد الازواج من العضلات الهيكلية في اجزاء جسم الانسان هي:

- **52 زوج من العضلات في الإطراف العليا.**
- **52 زوج من العضلات في الأطراف السفلى.**
- **112 زوج من العضلات في الظهر.**
- **52 زوج من العضلات في أعلى الصدر.**
- **8 زوج من العضلات في الخصر.**
- **16 زوج من العضلات في أسفل الصدر.**
- **25 زوج من العضلات في الرأس.**

ونسبة العضلات التي لها قابلية على التقلص من 40 – 60 % في جسم الإنسان وعددها هو 437 عضلة إرادية مختلفة، و أساس عمل الكثير من هذه العضلات هو قابليتها في إنتاج الحركة من خلال تقلصها، وكما ذكرنا سابقا، فأن عمل هذه العضلات على العظام يعطيها ميزة نظام العتلات، وهذا النظام هو السبب في جعل الإنسان قادراً على الوقوف، وتنفيذ حركاته الحياتية اليومية، وتحقيق الحركات الرياضية والمشاركة في الإنجازات الرياضية التي تتطلب كفاءة عاليه جداً في تناسق الانقباض والتقلص العضلي، وهذه الحركات في نظام الجهاز الهيكلي يقررها كل من القوة العضلية والبناء الهيكلي.

وهذا النظام العضلي الهيكلي هو الذي يعطي الحركة للإنسان في تناسق مذهل، أي بما يشبه المعزوفة الموسيقية، حيث ان كل حركة تحتاج إلى مجموعة من هذه العضلات وحسب نوع الأداء، مثل حركة المشي، وكل مفصل ينتج الجزء الخاص به من حركة، وكل جزء من الجسم يتعاقب في تعجيله مع الجزء الذي يليه ، وكل هذه المجاميع العضلية تعمل بانسجام إيقاعي منفرد وجماعي، وتندمج هذه التعقيدات بنوع من البساطة والوضوح والتناغم، والمنسق والموحد لهذه التعقيدات هو الجهاز العصبي المركزي.

- **النسيج العضلي Muscular Tissue:**

تتألف العضلات الهيكلية من مجموعات متراصة من الخلايا الممطولة (تعرف بالألياف العضلية) يشدها معا نسيج ضام ليفي، وتخترق هذا النسيج الضام أوعية شعرية عديدة تبقي العضلات مزودة بكميات وفيرة من الأكسجين والجلوكوز اللازمين لتوليد الطاقة لعملية الانقباض. ويتكون النسيج العضلي من خلايا متخصصة تحتوي على بروتينات متقلصة Contractile proteins .

وإن التركيب الحيوي لهذه البروتينات يولد القوى اللازمة لتقلص الخلية والتي تسوق الحركة ضمن أعضاء معينة وفي الجسم بأكمله، وتتمايز بشكل رئيس من خلال الاستطالة التدريجية التي يرافقها تخليق بروتينات ليفية عضلية.

وقد أمكن تمييز ثلاث أنواع من النسيج العضلي ،هي العضلات الهيكلية والعضلات القلبية والعضلات الملساء، على أساس خصائصها المظهرية والوظيفية، وإن لكل نوع تكيف تركيبي يتناسب مع دوره الفسيولوجي؛ فالعضلة الهيكلية تتألف من حزم من الخلايا الأسطوانية متعددة النوى الطويلة جدا ذات التخطيطات العرضية ،ويكون تقلصها سريعا وقويا ، وعادة ما تكون تحت السيطرة الإرادية.

ويحدث التقلص من خلال انزلاق خيوط الأكتين النحيفة action striations . على خيوط المايوسين السمكية myosin filaments وتتولد القوى الضرورية للانزلاق من خلال التفاعلات الضعيفة في الجسور التي تربط الأكتين بالمايوسين .

تتألف العضلة الهيكلية من ألياف عضلية muscle fibers والتي هي عبارة عن حزم من الخلايا الأسطوانية الطويلة متعددة النوى ، حيث يصل طولها لغاية 30سم وقطرها 10-100 مايكرومتر ، وينشأ تعدد النوى من التحاق أرومات عضلية myoblasts جنينية أحادية النواة.

إن من إحدى الوظائف المهمة للنسيج الرابط هي النقل الميكانيكي للقوى المتولدة من تقلص الخلايا العضلية.

- تنظيم الألياف العضلية الهيكلية:

تظهر المقاطع الطولية للألياف أو الخلايا العضلية المصبوغة بالهيماتوكسلين والأيوسين عند فحصها تحت المجهر الضوئي وجود تخطيطات عرضية لحزم فاتحة light bands تتبادل مع حزم داكنة dark bands ، وتدعى الحزم الداكنة بالحزم A (A bands) ، (Anisotropic متباينة الخواص، أي أنها ثنائية الانكسار للضوء المستقطب)، أما الحزم الفاتحة فتدعى بالحزم I (I bands) ، (Isotropic متساوية الخواص، أي أنها لا تغير الضوء المستقطب) .

وفي المجهر الإلكتروني يمكن ملاحظة أن كل حزمة I تنقسم إلى نصفين بواسطة خط داكن مستعرض يدعى بالخط Z.

وتدعى أصغر وحدة متقلصة بالجزء العضلي (الساركومير) Sarcomere الذي يمتد من خط Z إلى خط Z.

وقد أوضحت دراسات المجهر الإلكتروني بأن نمط الساركومير هذا يعود بشكل رئيس إلى وجود نوعين من الخيوط (السميكة thick والنحيفة thin) والتي تكون موازية للمحور الطولي لليفات العضلية بنمط منسق.

ويلاحظ وسط الحزمة A وجود منطقة فاتحة تدعى بالحزمة H H band)) والتي ترتبط بمنطقة مكونة من أجزاء شبيهة بالقضبان من جزيئة المايوسين . وتنقسم الحزمة H إلى نصفين بواسطة الخط (M line M) والذي يمثل المنطقة التي تحدث فيها ارتباطات جانبية بين الخيوط السميكة المتجاورة .

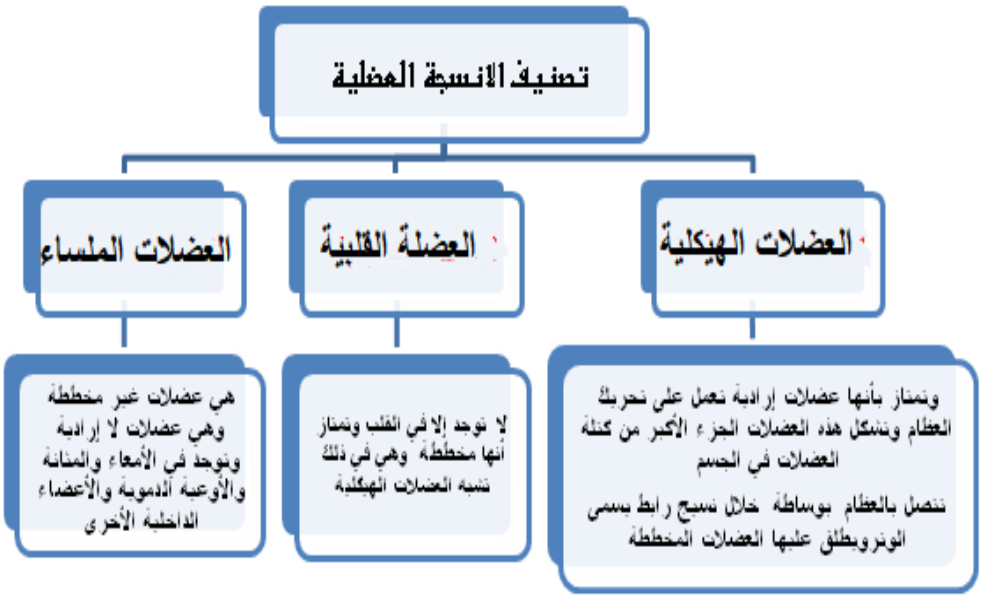
وإن البروتين الرئيس في الخط M هو الكرياتين كاينيز creatin kinas ، ويعمل هذا الإنزيم على نقل مجموعة فوسفات من الفوسفوكرياتين Phosphocreatine (مادة لخزن المجاميع الفوسفاتية) ذات الطاقة العالية إلى الأدينوسين ثنائي الفوسفات ADP وبذلك يوفر الأدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP الضروري لتقلص العضلة.

يعتمد تقلص العضلة على توفر أيونات الكالسيوم، أما ارتخاء العضلة فيرتبط بغياب أيونات الكالسيوم، وتقوم الشبكة الساركوبلازمية بتنظيم جريان الكالسيوم الضروري

في دورات التقلص والارتخاء.اما العضلات الرئيسية في جسم الانسان والتي تقوم بالحركات المختلفة فهي:

ويوجد في جسم الإنسان ثلاثة أنواع رئيسه من العضلات هي: العضلة الملساء، والعضلة القلبية، والعضلة الهيكلية. سوف نتعامل هنا مع النوع الثالث من هذه العضلات ، والتي تسمى أيضا بالعضلة المخططة او الهيكلية لكونها هي الأكثر انتشارا في الجسم واستخداما في جميع الحركات والالعاب الرياضية.

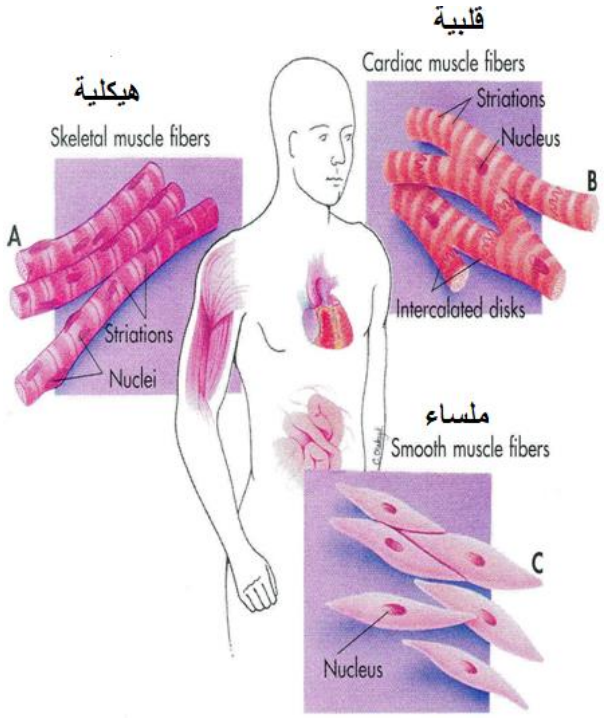
العضلات من الجهة الأمامية:	-أما العضلات من الجهة الخلفية :
العضلة القصية الترقوية	العضلة المربعة المنحرفة
العضلة الدالية	العضلة الظهرية العظمى
العضلة الصدرية العظمى	العضلة الاليوية الوسطى
ذات الرأسين العضدية	العضلة الاليوية العظمى
ذات الثلاث رؤوس العضدية	العضلة الدالية
العضلة البطنية المائلة	ذات الثلاث رؤوس العضدية
العضلة العضدية الكعبرية	ذات الرأسين الفخذية
ثانية الرسغ المائلة	العضلة نصف وترية
العضلة الخياطية	العضلة الرشيقة
ذات الأربع رؤوس الفخذية	العضلة المتسعة الوحشية
العضلة القصبية الأمامية	العضلة التؤامية الساقية
العضلة التؤامية الساقية	وتر اكليس
العضلة المستقيمة الباطنية	ثانية الكاحل الكعبرية



مخطط 1
تصنيف العضلات

ويمكن تسمية هذه العضلات وفقا لواجبها كالاتي:

- العضلات الإرادية.
- العضلات اللاإرادية.
- العضلات القلبية.



شكل 38

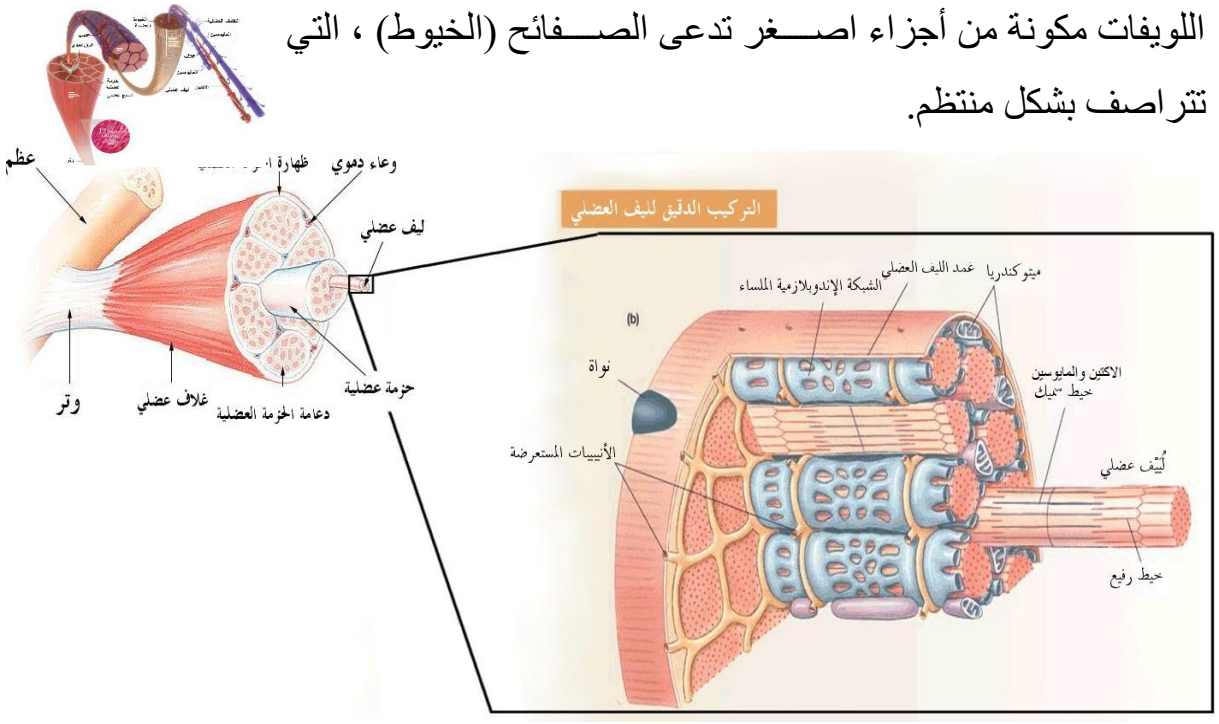
الانواع الرئيسة للعضلات بجسم الانسان

ان حركة العضلات جميعها (انقباضها مركزيا ولامركزيا) انما ترتبط بايعازات الجهاز العصبي للقيام بواجبها الذي يولد حركة الجسم المرتبطة به تلك العضلة ، وغالبا ما يرسل الجهاز العصبي الايعاز نتيجة الاستجابة لمثير حسي تستجيب له العضلة ويتطلب منها انقباضها لتحريك ذلك الجسم او التغلب على مقاومة يجابهها.

يحيط بالعضلة الهيكلية طبقة من النسيج الضام ويشبه بناء هذا النسيج الضام طريقة بناء الطبقة الخارجية من محفظة المفصل ، واجب هذا النسيج الضام هو حماية سطح العضلة من العضلات المحيطة بها عند حركتها ، ويعطي للعضلة شكلها. ويسمى

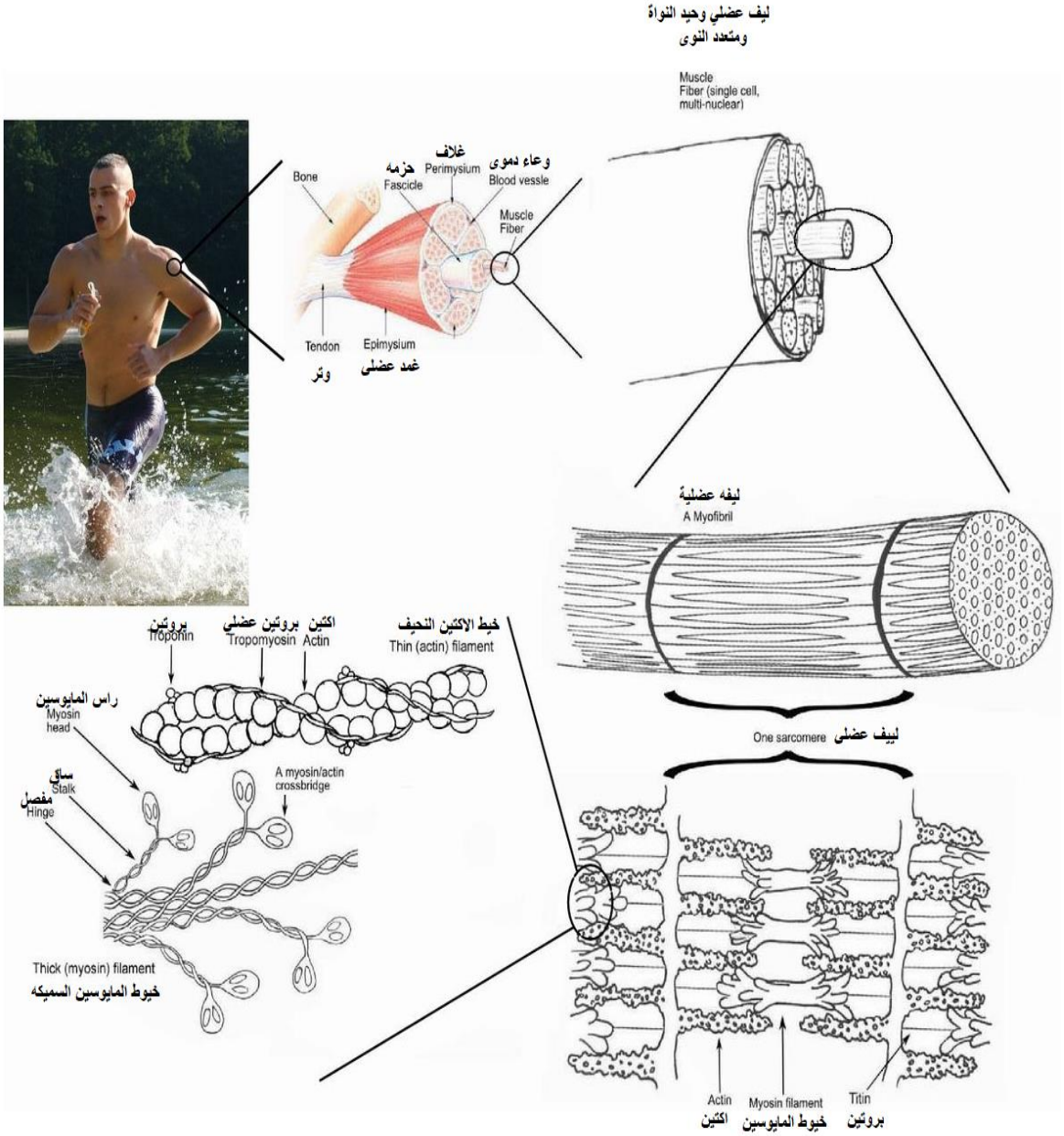
النسيج الضام أيضا باللفاف او الغمد و يتكون بصورة رئيسة من ألياف كولاجينية، وعند النظر بالعين المجردة الى العضلة نشاهد بأنها مكونة من حزم صغيرة (لفائف) و يحيط بهذه الحزمة او اللفافة طبقة رقيقة من النسيج الضام يسمى بلفاف الحزم العضلية ، تحتوى هذه الطبقة من النسيج الضام (التي تتكون من نوعين من الألياف الكولاجينية والمطاطية) على تفرعات عصبية ودموية تمتد حتى تصل نهاياتها الى ألياف العضلة ، ونشاهد تحت المجهر ان كل حزمة تحتوي على عدد من الألياف العضلية ، ويحيط بكل ليفه طبقة رقيقة من النسيج الضام يدعى اندومايوسين (Endo اندو تعني اخيرا و mysium مايوسين تعني عضلة). هذا النسيج الضام يستمر في الامتداد فيغلف العضلة ويغلف أيضا أوتارها. وتسمى الليفة العضلية أيضا بالخلية العضلية ، لذا فأن الليفة العضلية تتكون من خلية منفردة واحدة، و فيما يأتي وصفا مختصرا لتركيب ووظيفة الليفة العضلية.

تتكون الليفة العضلية من مكونات صغيـــرة تدعى اللويفـــات (مايوفايبرز) و تتراصـــف هذه اللويفات بشـــكل متوازي لتعطي للعضـــلة مظهرها المخطط ، وهذه اللويفات مكونة من أجزاء اصـــغر تدعى الصـــفائح (الخيوط) ، التي تتراصف بشكل منتظم.



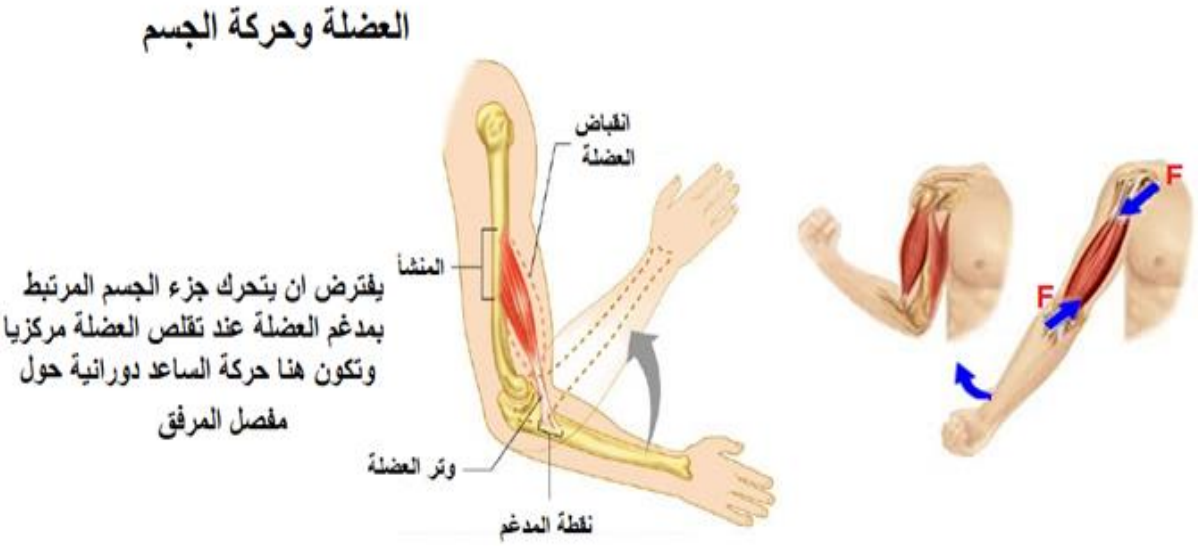
شكل (39)
تركيب العضلة الهيكلية

هذه الصفائح او الخيوط هي عبارة عن سلسلة من الجزئيات البروتينية والمظهر المخطط في العضلة أيضا هو نتيجة وجود نوعين من الخيوط(او الصفائح) وهما بالتحديد **الاكتين** (الذي يكون رقيق و شفاف وذو لون فاتح) و**المايوسين** (الذي يكون سميك وذو اشرطة غامقة اللون).



شكل 40
وصف دقيق لخيوط المايوسين والاكتين

عندما تتقلص العضلة تدخل خيوط الاكتين داخل صفائح المايوسين ، وكنتيجة لهذه التقلص يقل طول الخيوط ويزداد سمكها ، ويحدث من جراء التقلص العضلي قوة تؤثر بالتساوي على منشأ ومدغم العضلة لكن باتجاهين مختلفين كما يظهر في الشكل (41).



شكل 41
القوة والعزم بالعضلة

والعضلات المخططة في الجسم لها أشكال مختلفة وكما تظهر بالشكل (42) الذي يبين هذه الأنواع المختلفة.

-اشكال العضلات

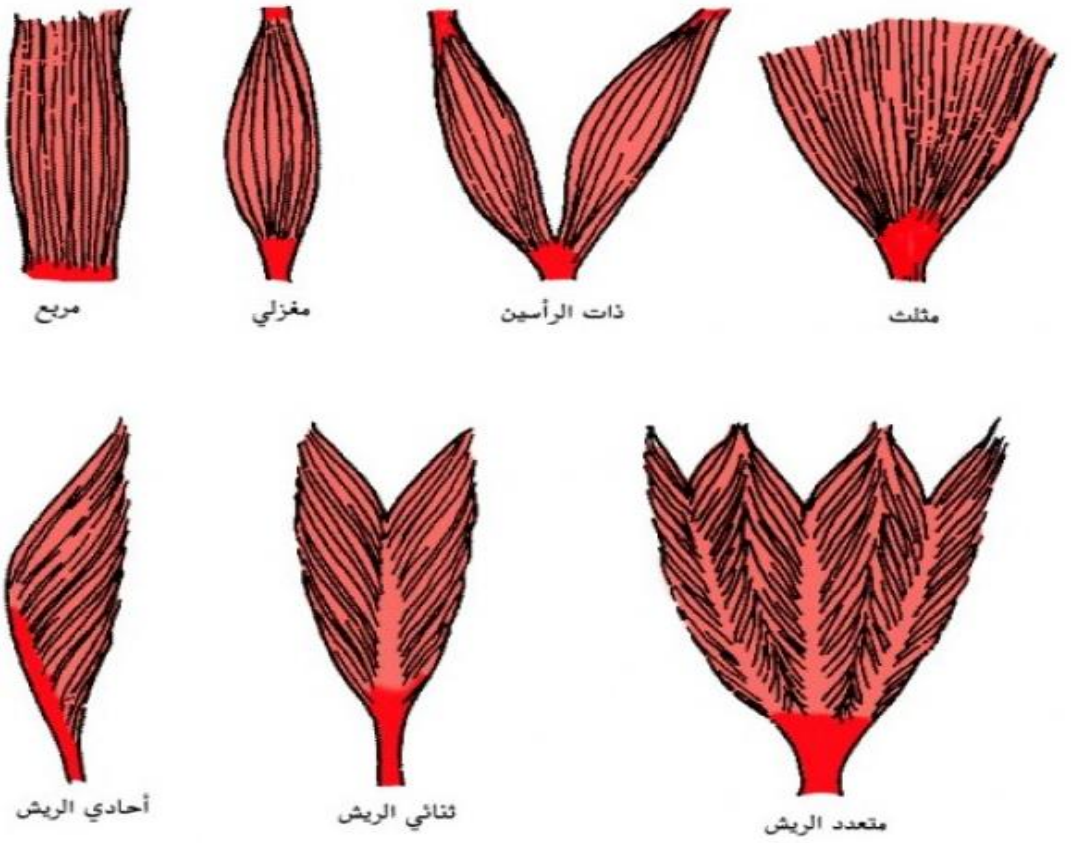
جميع العضلات الهيكيلية ، هي عضلات اراديّة في الجسم، فهي التي تدور الرأس وتثنيه لجميع الجهات، وهي التي تحرّك الكتفين والذراعين والرجلين، وهي والتي تقبض وتبسط اليد والأصابع والقدمين، و هي التي تقوم بثني الجذع وتدويره في كافة الاتجاهات وتقوم بالتحكم بعضلات الفخذين والساقين، وعضلات الفكين.... الخ، من الحركات الارادية المطلوبة سواء في الحياة اليومية وفي جميع الحركات الرياضية على اختلاف انواعها.

وللعضلات الإراديّة عدة أشكال :

- دائرية : كعضلة الجفن والفم وغيرها.

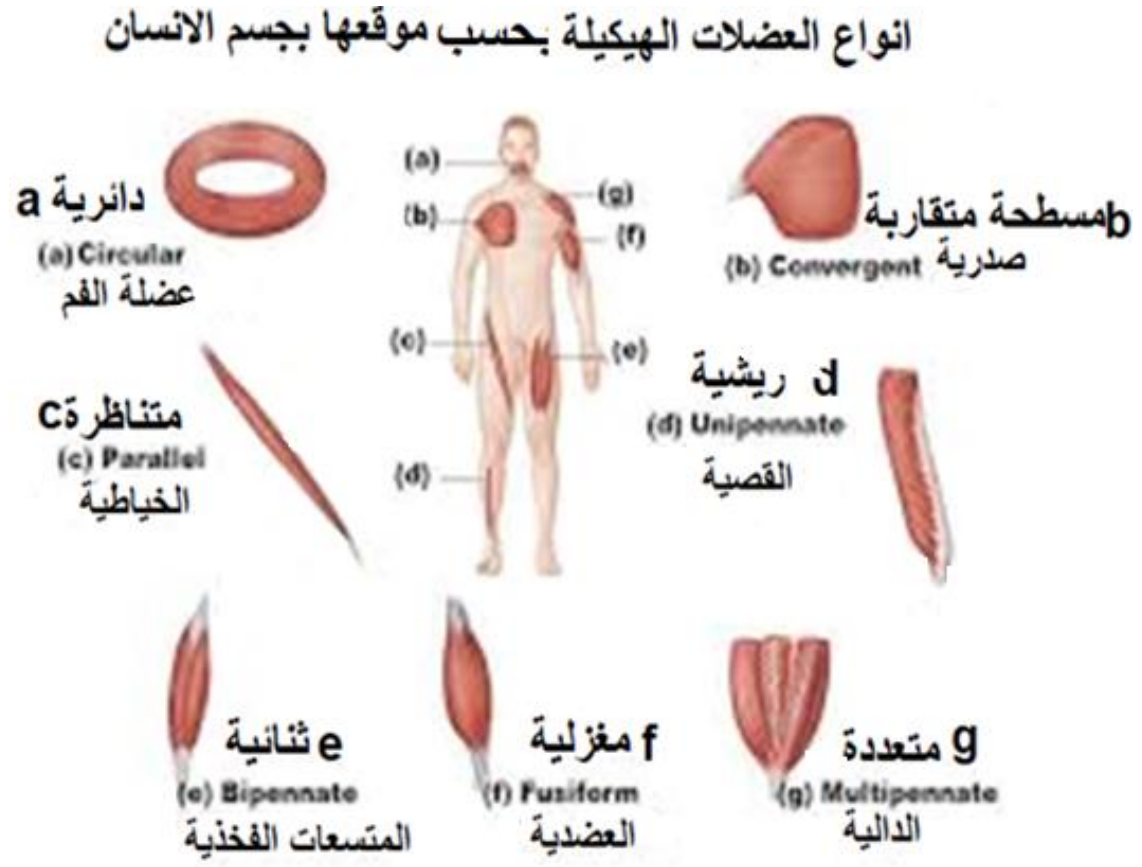
- مسطّحة : كعضلة الصدغ لوح الكتف .

- مغزليّة : كعضلة الرجلين والذراعين **(لاحظ الاشكال 42 و 43)**



الشكل (42)
اشكال العضلات

.



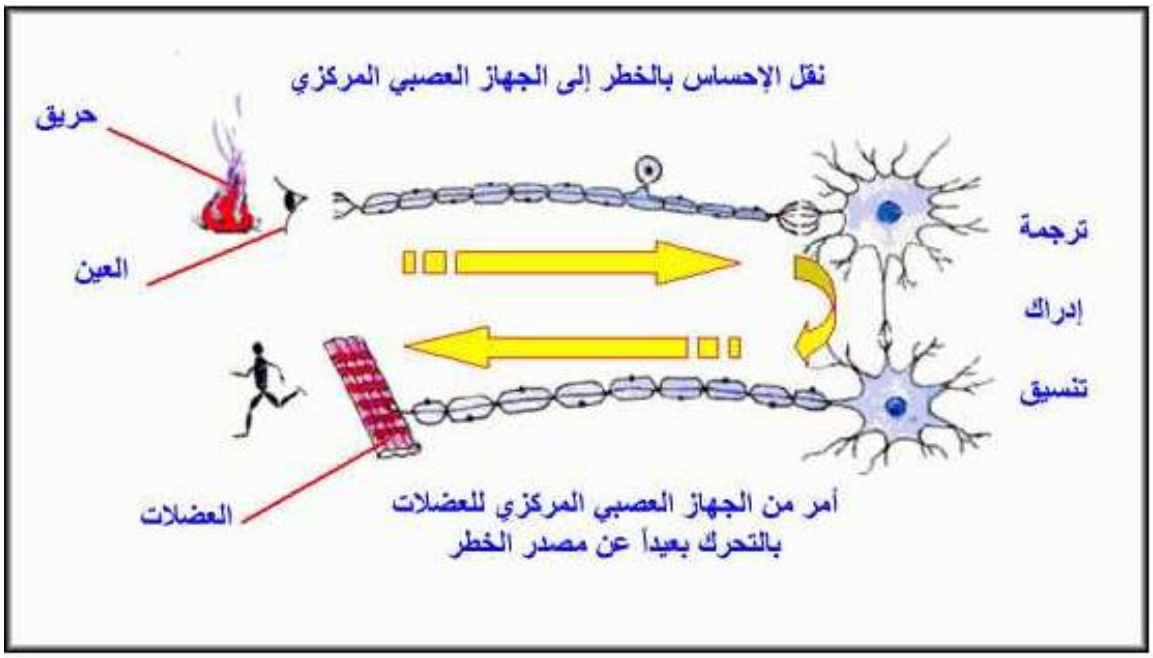
شكل 43
موقع بعض انواع العضلات بالجسم

- **الوحدة الحركية:**

إذا كانت الوحدة البنائية للعضلة هي الليف العضلي، فإن الوحدة الوظيفية هي الوحدة الحركية التي تتكون من الخلية العصبية والألياف العصبية التي تغذي هذه العضلة. والخلية العصبية (العصبون) يكون جسمها في الجهاز العصبي المركزي ويخرج منه محور وسطي طويل يسير مع مئات المحاور العصبية التي تدخل إلى العضلة، وبعد دخولها العضلة يتفرع المحور إلى تفرعات نهائية قد تصل الألفين حتى يصبح لكل ليف عضلي ليف عصبي يغذيه.

وينتهي الليف العصبي " بـ الصفيحة الحركية " التي تشبه القطب الكهربائي وهي تقوم بنقل التأثيرات العصبية من الليف العصبي إلى ساكروبلازم الليف العضلي فيحدث الرجفان العضلي، وجميع الألياف العضلية تستجيب للتأثير العصبي كوحدة واحدة. وعندما ينقبض الليف العضلي فإنه ينقص من طوله بمعدل النصف أو الثلثين،

وهذا يؤدي إلى حقيقة أن معدل الحركة يعتمد على طول الألياف العضلية، وأن القوة الناتجة تعتمد على عدد الوحدات الحركية التي استجابت للتأثير العصبي.



الشكل 44
دورة رد فعل الانسان عند رؤية الخطر

تقوم العضلات الهيكلية (الارداية) بوظائف حركية عديدة وفقا لارتباطه اترتبط بالعظام والمفاصل التي تمر عليها، ويمكن تلخيص الحركات التي تؤديها كما يلي:

- الثَّني.(flexion)
- البسط.(extension)
- التبعيد.(abduction)
- التقريب.(adduction)
- تدوير إنسي.(medial rotation)
- تدوير وحشي.(lateral rotation)

جميع هذه العضلات تخضع لخطوات عامة تؤدي للانقباض الليف العضلي و بنظام واحد للقيام بواجبها البيولوجي والفسيولوجي والحركي.

قبل التعرف على طريقة انقباض الليف العضلي، يجب أن نوضح بعض المصطلحات وهي:

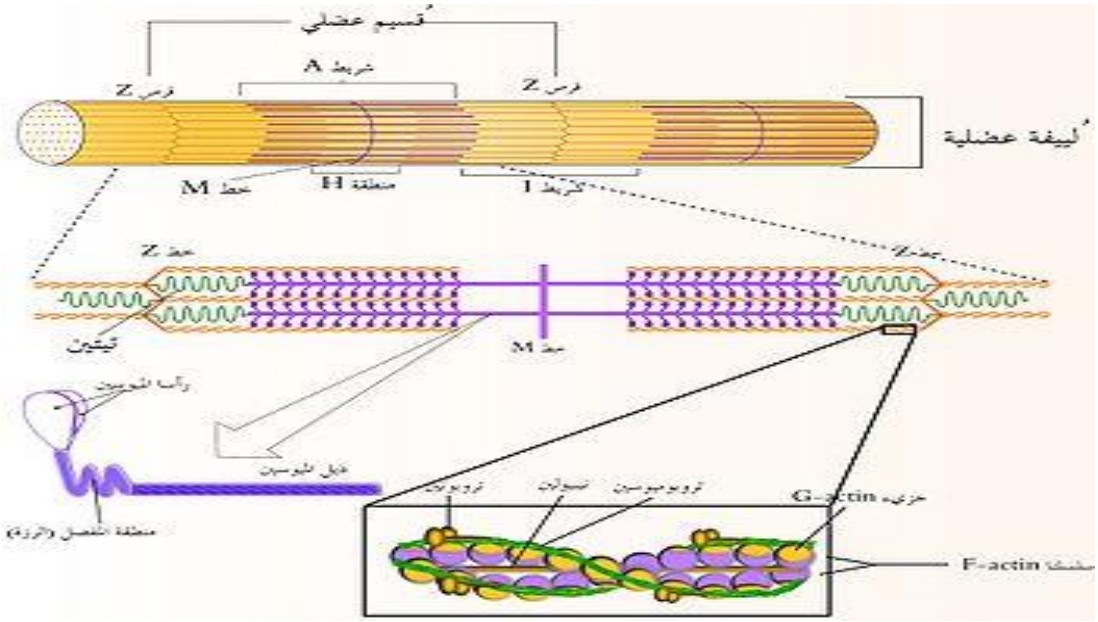
- التوتر(الانقباض)، وهو القوة التي تنتج عن انقباض الليف العضلي.
- الحِمل، وهو الوزن أو القوة التي تقاوم انقباض العضلة.
- الانقباض هو خلق توتر في العضلة، وهو عملية تحتاج للطاقة من الـATP.
- الارتخاء، هو إزالة التوتر الذي تكوّن بفضل الانقباض.

والية تطبيق الخطوات الأساسية في الانقباض الليف العضلي تكون كالاتي:

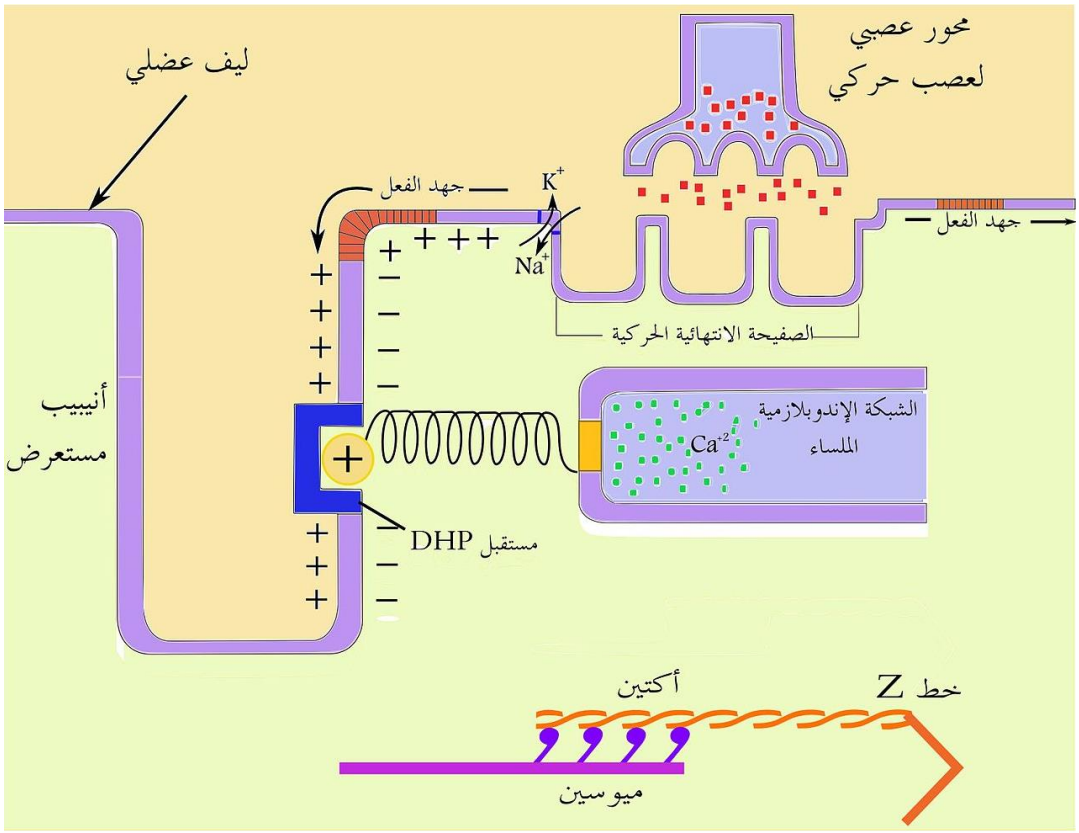
1. تحويل الإشارة الكيميائية القادمة من العصبون إلى كهربائية تستخدم في تحريك العضلة، وهذه العملية تحدث في الموصل العصبي العضلي (المنطقة التي تقع بين نهاية العصبون أو المشبك والليف العضلي). وفيها تكون الإشارة الكيميائية عبارة عن الأسيتِل كولين (Acetil Cholin) والتي عندما تصل غمد الليف العضلي يسري عليه جهد فعل.
2. مقارنة الاسْتِثارَةِ والتَّقَلُّص: ويعني الوصل بين الإثارة التي يسببها جهد الفعل الذي سرى على غمد الليف العضلي وبين انقباض الليف العضلي، وذلك يحدث بأن يتسبب جهد الفعل (الذي سار على الغمد حتى وصل أنيبيبات T(بروتين التيتين(Titin)) في إفراز أيونات الكالسيوم من مصدرها والتي ستتسبب في فتح مواقع ارتباط الميوسين بالأكتين على خيوط الأكتين ومن ثم انقباض الليف العضلي.
3. دورة التقلص- الارتخاء: يمكن تفسيرها على المستوى المجهري بأنها نظرية الخيوط المنزلقة، وعلى المستوى الجاهري تُسمى "اختلاجة". ولنشرح قليلاً عن نظرية الخيوط المنزلقة قبل الخوض في تفاصيل الانقباض.

كان الاعتقاد السائد سابقاً أن العضلات تتكون من جزيئات قابلة للالتفاف وبالتالي يقصر طولها، وقد دعم هذا الافتراض عندما اكتُشف الميوسين القابل للانكماش عند تعرضه للحرارة ولكن وفي عام 1954 قام العالمان هكسلي وهانسون بملاحظة أن

شريط A والذي يمثل خيط الميوسين بشكل رئيس لا يقصر طوله عند انقباض الليف العضلي مما حذا بها إلى التفكير بنظرية غير التي كانت سائدة. أنت عندما تنظر لصورة مجهرية لليف العضلي في حالة ارتخاء سوف ترى خيوط الأكتين بالكاد تتداخل مع بعضها أما عند انقباض الليف العضلي نرى أن الليف عندما ينقبض يقصر طول شريط I ومنطقة H بحيث يكادان يختفيان وسوف ترى أن أقراص Z سوف تقترب من بعضها، وأن خيوط الأكتين تداخلت بشكل واضح مع خيوط الميوسين (انزلقت عليها- ومن هنا جاءت التسمية). فكيف تم التداخل إذاً؟ تم التداخل بأن انزلقت خيوط الأكتين على خيوط الميوسين وذلك بأن ترتبط رؤوس زوائد الميوسين بمواقع ارتباطها على خيوط الأكتين ومن ثم تقوم بعمل ما يسمى قوة التجديف (power stroke) وهو أنّ رأس الميوسين يميل باتجاه الذراع ساحباً خيط الأكتين نحو وسط القسيم العضلي مستخدما طاقة من الـATP. تكوين جهد الفعل على طول غمد الليف العضلي.

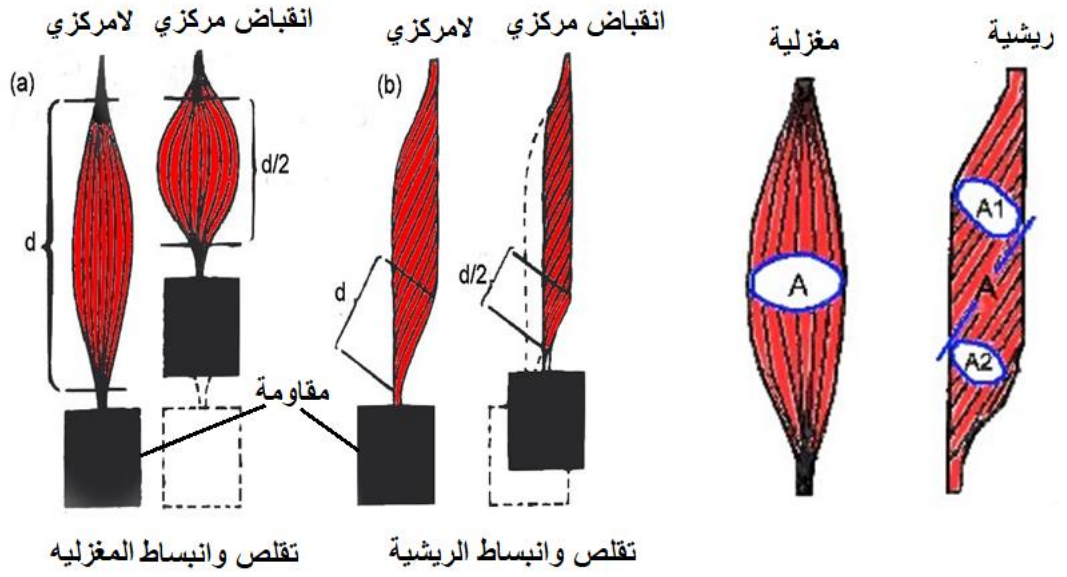


شكل 45
خيوط الاكتين والمايوسين



شكل 46
نظرية الخيوط المنزلقة

يمكن ان تطور العضلة من قوتها القصوى الى حوالي (50) نيوتن لكل سنتمتر مربع من مقطع العرضي للعضلة ، والمقصود بالمقطع العرضي هنا هو الحالة الفسيولوجية ويشرح بالطريقة الآتية : المقطع العرضي الهندسي **A** للعضلة المغزلية في الشكل (58) يعطينا قياساً للمقطع الفسيولوجي للعضلة. فمثلا: اذا كانت مساحة المنطقة **A** للمغزلية هي 6 سم^2 فان القوة القصوى التي ينتجها التقلص هي 6×50=300 نيوتن (10 نيوتن= 1 كغم) . أما اذا كان ترتيب خلايا العضلة للريشية عن الاتجاه الطولي لمحور العضلة ، عندئذ ينبغي قياس المقطع العرضي **A1** و **A2** لأجل حساب القوة القصوى للعضلة وفقا لمساحتها الفسيولوجية.



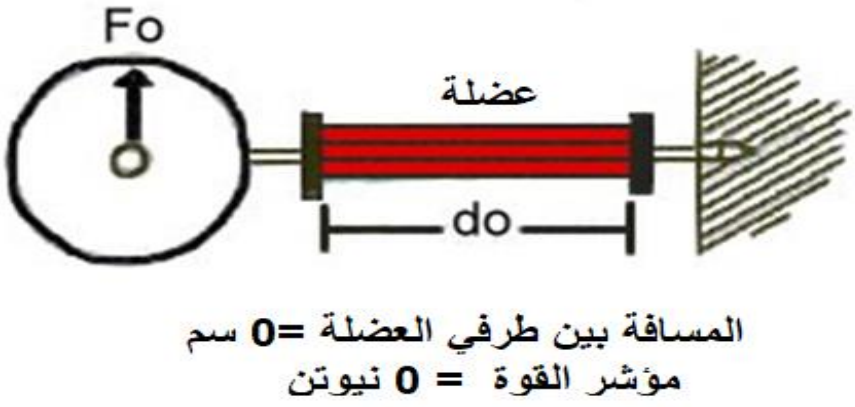
شكل 47

قوة العضلة وفقا لمساحة المقطع الفسيولوجي

يكون تواجد العضلات الريشية (المنحرفة عن الخط الطولي) في الأماكن التي يتطلب فيها تنفيذ حركات بمسافة قليلة مع قوة عالية ، بمعنى آخر ان قوة العضلة يعتمد على مقطعها العرضي الفسيولوجي ، وتعتمد قابلية العضلة في درجة التقلص على قياس طول أليافها ، ولتخمين تأثير العضلة يجب علينا معرفة مكان اتصال العضلة وعلاقتها بالمفصل.

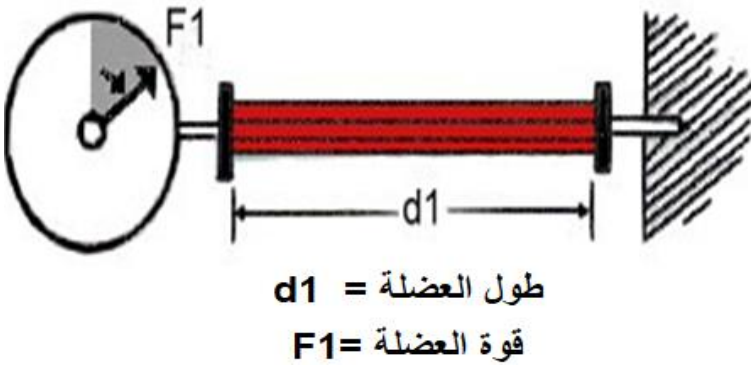
عند تحليل حركة ما من الضروري معرفة ان قوة تقلص العضلة والتي تعتمد على مسافة تقلصها(المسافة من اقصى امتطاط لحظة التحضير الى اقصى انقباض مركزي لحظة القسم الرئيس من الحركة) مقابل طولها وهي في حالة الراحة ، لنفرض إننا أردنا دراسة قوة التقلص لحزمة عضلية واحده، علينا أولا معرفة طول الحزمة العضلية وهي في حالة الراحة(**do** سم **المسافة = صفر سم**) ، واذا ثبتنا احد طرفي الحزمة على سبيل المثال ، وأوصلنا الطرف الآخر بمقياس لحساب القوة (الشكل 48)، يظهر مقياس القوة **Fo** عندما تكون الحزمة في حالة الراحة والمسافة بين الطرفين**do (اي= 0 سم)**.

اذا اثرنا على الحزمة العضلية بالسحب ، فأن مؤشر القوة سوف يستجيب لهذا السحب وتزداد قيمة القوة لوجود مقاومة لهذا السحب من المكونات المطاطية لهذه الحزمة للمحافظة على حالة الراحة **do**، يظهر الخط المتقطع (المنحنى البياني) في الشكل (53) الذي سيأتي لاحقاً ، مقدار القوة التي تحاول العضلة إظهارها للعودة الى طولها الطبيعي (حالة الراحة) قبل ان تتمدد (العضلة في هذه الحالة سلبية أي انها غير متقلصة- لامركزى).



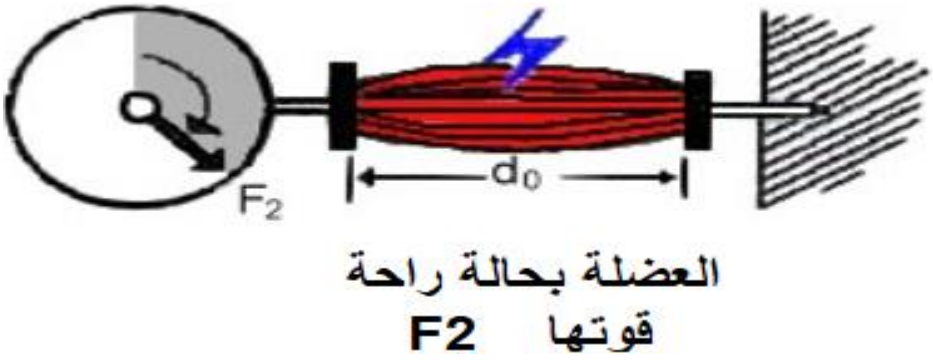
شكل 48
العلاقة بين القوة وطول العضلة وهي في راحة راحة

لو فرضنا ان المسافة بين الطرفين المثبتين للحزمة العضلية زادت الى **d1** عندئذ سوف تزداد مقاومة العضلة القوة السحب وهذه الزيادة تصل الى **F1** (اي يزداد شغل العضلة بزيادة المسافة التي تعمل بها) ، لذا فان زيادة القوة جاءت من زيادة طول العضلة (القوة = الشغل ÷ المسافة) الشكل(49).



شكل 49
العلاقة بين القوة وطول العضلة وهي في حالة استثارة

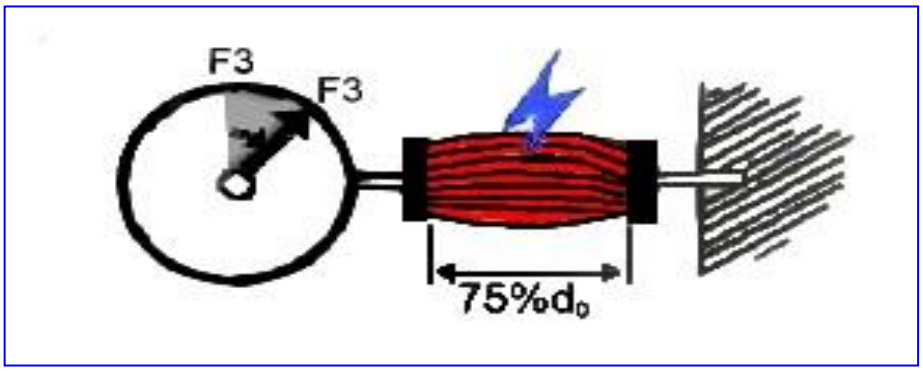
ولمعرفة القوى التي سوف تتطور عند تقلص العضلة، نقوم بعمل الخطوة الآتية: نُعَّرض الحزمة العضـــلية لحافز كهربائية وهي بطولها الحقيقي لحثها على التقلص، ويكون مقدار قوة هذا التقلص F2 (سـوف تعتمد القيمة المطلقة للتقلص على سـمك الحزمة العضلية). اي ان زيادة القوة جاءت من زيادة المثير بثبات المسافة .شكل 50 .



شكل 50

قوة العضلة وهي بطولها الطبيعي وتعريضها لحافز كهربائي

وعند تعريض العضـــلة لحافز (حافز كهربائي) وهي في وضـــع اقل من طولها الحقيقي (تقلص مركزي) (اقل من d=0) عندئذ سـوف تكون قوة العضـلة المسـلطة على الطرفين = **F3** عند تعرضـها لهذا الحافز الكهربائي، وهذه القوة العضـلية هي اقل من **F2** التي تعبر عن القوة وهي في حالة الراحة ،اي نقصـــان بالقوة بقصـــان المسافة.(الشكل 51).

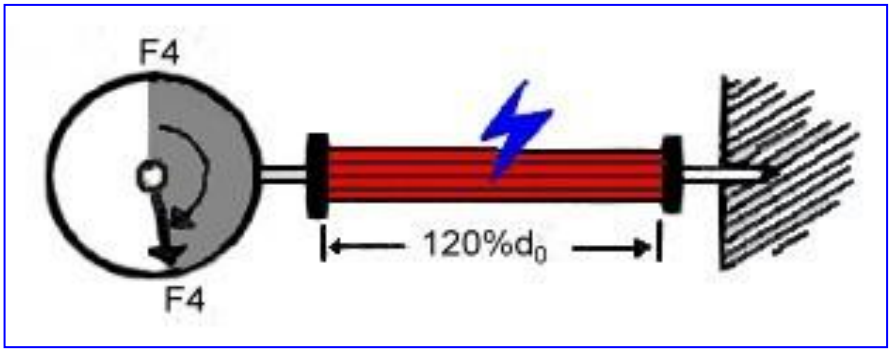


شكل 51

قوة العضلة وهي بطولها الطبيعي وتعريضها لحافز كهربائي

أما اذا قل طول العضلة الى مسافة مساوية لنصف طول الحزمة العضلية وهي في حالة الراحة (50% من do) ، فأن قوتها عند تعرضها لحافز الكهربائي سيكون صفراً .

وعند سحب العضلة ببطء الى مسافة اكبر من طولها وهي في حالة الراحة ثم تعرضت لحافز كهربائي ، عندئذ يلاحظ ان قوة التقلص **(F4)** اكبر من قوة تقلص العضلة وهي في طولها عند الراحة **(F2)** و ان القيمة العالية لهذا التقلص هي نتيجة مزيج من القوى المطاطية وقوة التقلص الناتجة من الحافز الكهربائي. تصل العضلة الى أقصى قوة **(F4)** عندما يصل تمدد العضلة الى 120% من طولها وهي في حالة الراحة. اي زيادة القوة جاءت من زيادة المسافة وزيادة الحافز (الشكل 52).



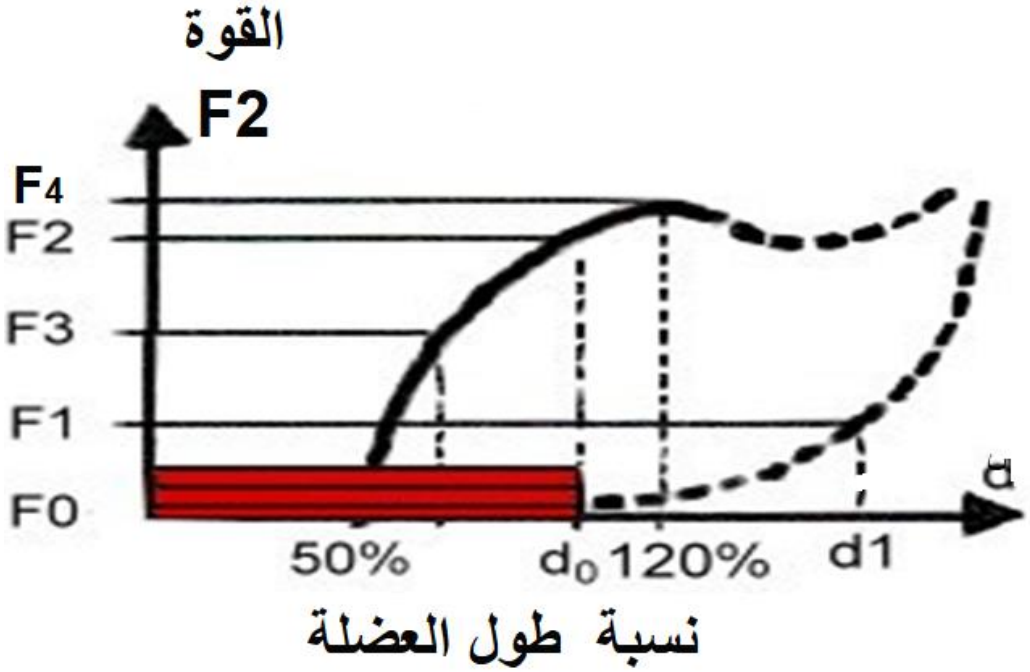
الشكل (52)

تعرض الحزمة لحافز كهربائي وهي في حالة تمطية

اما اذا سحبت العضلة الى مسافة ابعد من 120% من طولها الأصلي ، فأن قوة تقلصها تنخفض مرة ثانية ، وهذا بسبب سحب خيوط اللاكتين والمايوسين بعيدا عن بعضهما مما يؤدي الى انخفاض قابلية التقلص الإرادي للعضلة الى خلف حدود قابلية القوة المطاطية لتقلصها.

عندما نرغب في الحصول على أقصى قوة لحركة ما، فأن الأسلوب الجيد لعمل هذا هو في استخدام العضلات العاملة وتحت أفضل الظروف المناسبة،وكما في المثال الاتي:

العضـــلة التي تســـتخدم في ســـحب الرجل بقوة للخلف هي العضـــلة الألوية الكبرى،حيث لايحتاج الشخص عند المشي على ارض مستوية الى دفع الأرض بقوة كبيرة ، لكن اذا أراد صعود منحدر شديد الميل ، فانه ينحني أوتوماتيكيا للإمام و هذا الانحناء يزيد طول هذه العضـلة مما يولد قوة عالية (كما لاحظنا زيادة طول العضـلة الى 120%).



الشكل (53)

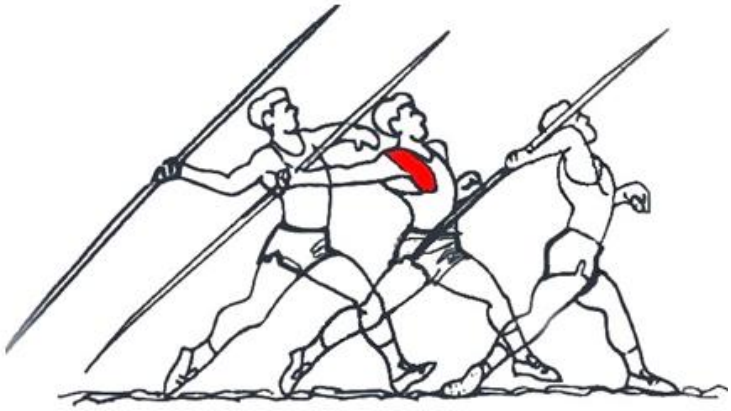
العلاقة بين الطول والقوة في العضلة

تصـور ما الذي يفعله شـخص لزيادة سـرعته عندما يركض او على سـبيل المثال عندما يرغب الرياضـي بتنفيذ ضـربة قوية في كرة القدم، يجب عليه ان يبدأ الحركة بســحب مفصــل الورك الى الخلف ، وذلك لأهمية هذا الوضــع في مد العضــلات الباسـطة للركبة التي تمر فوق مفصـل الورك (لاحظ الشـكل 54) ،أما اذا طلب من العضـلة ان تعطي قوة اكبر، فمن الضـروري ان تكون المسـافة بين المنشـأ والمدغم اكبر من المسافة وهي في حالة الراحة .

الشكل 54

استطالة عضلة الفخذ الامامية خلال اداء بعض المهارات

فيما يخص الانجاز في فعاليات الرمي، من الضـــروري أطالة المجاميع العضلية العاملة ، وبالتحديد العضلة الصدرية العظمى ، وزيادة تمطيه هذه العضـــلة له علاقة بالذراع ومع التدوير الكامل للجذع بالاتجاه المعاكس للرمي ، والشيء المهم الآخر هو توسيع الصدر عن طريق الشهيق العميق.



شكل 55
استطالة العضلة الصدرية العظمى لحظة التحضير للرمي

- **أنواع العمل العضلي**

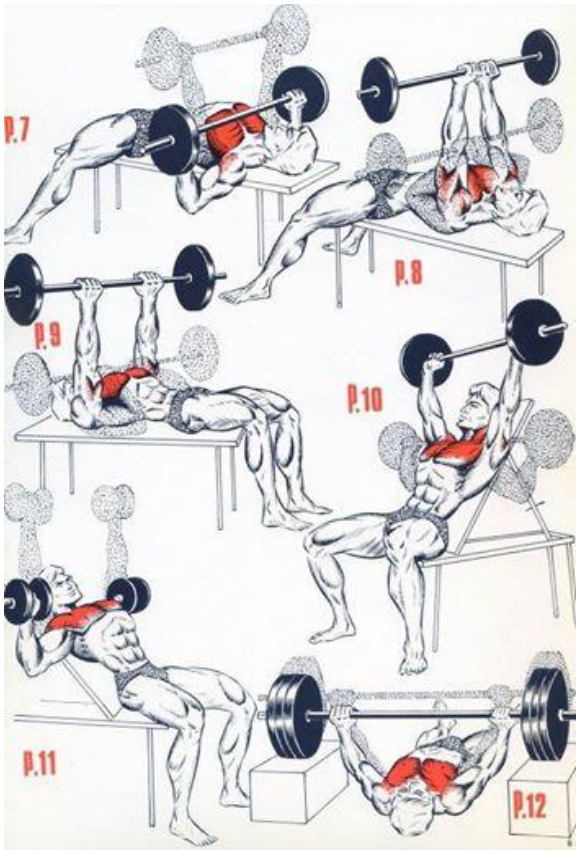
عند مراقبة عمل العضـلات من الضـروري التمييز بين عملها **الحركي** (الديناميكي) وعملها **الثابت** ، العمل الديناميكي يعني ان هناك تأثير قوي على منشأ ومدغم العضلة مما يؤدى إلى أحداث تغير في طول العضـلة اي ان هناك اسـتمرار للانقباضـين العضـليين اللامركزي والمركزي بتبادل وايقاع منتظم لانتاج الحكة حول مفصـل ما او للانتقال بمجمل الجسم ، حيث تسبب القوة العضلية تحريك منشأ ومدغم العضلة باتجاه بعضـهما الآخر ، ويسـمى هذا العمل العضـلي بالتقلص **المركزي** (اى ان العضلة قصر طولها) أما إذا أنتجت العضلة القوة تباعد بين المنشأ والمدغم (يسمى هذا العمل بالتقلص **اللامركزي**)على الرغم من محاولة العضلة على التقصير ، لكن هناك قوى خارجية تحاول أطالتها، وعندما تتقلص العضـلة بدون حدوث اية حركة في المفصل ، وهذين التقلصين العضلين هما النوعان الاساسيان للانقباض العضلي بعضلات جسم الانسان.

شكل 56

انواع التمرينات التي

يحدث فيها تكرار الانقباض

المركزي الثابت والمتحرك

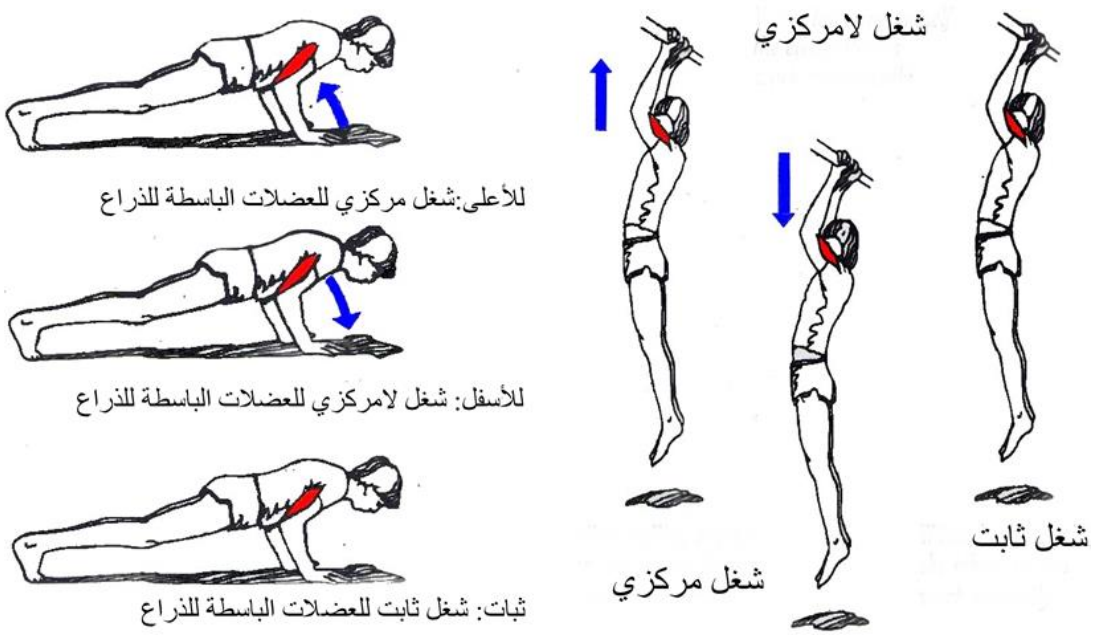


شكل 57

انواع التمرينات التي يحدث فيها

الانقباضي المركزي واللامركزي

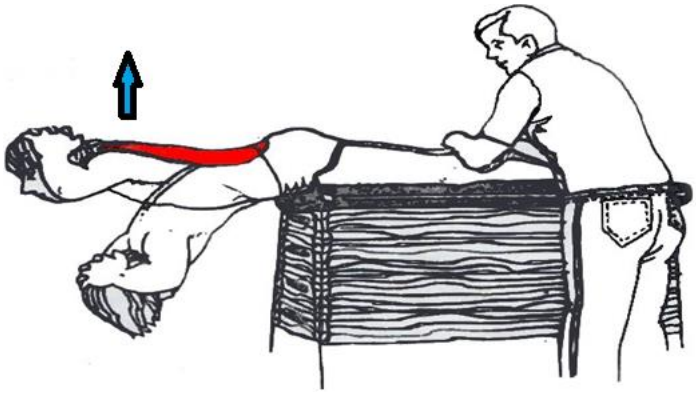
المتحرك



شكل 58

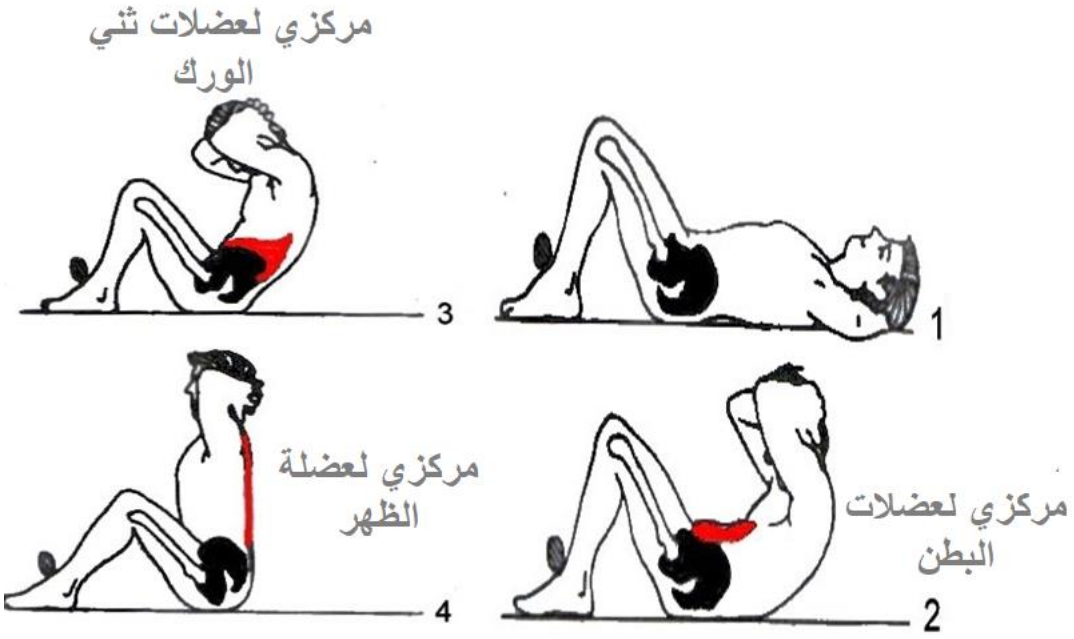
انواع من التقلص المركزي واللامركزي الثابت والمتحرك

يظهر الشكل (59) مثال على العمل العضلي المركزي المتحرك للعضلات القطنية (الحركة التي تحدث في جزء صغير من الظهر وبمدى صغير) ، حيث يوجد عمل لامركزي للعضلات القطنية خلال هبوط الجذع للأسفل في محاوله لإيقاف الحركة الناتجة بفعل الجاذبية ، كذلك حدوث تقلص ثابت في عضلات الرقبة والصدر.



شكل (59)
العمل العضلي المركزي المتحرك للعضلات القطنية

ويظهر الشكل (60) تسلسل العمل العضلي عند جلوس الشخص من وضع الرقود. فالعمل العضلي الرئيس يكون بين الوضعين (1 و2)، هو تقلص مركزي للعضلة البطنية المستقيمة، والعمل العضلي بين الوضعين (2 و 3) ، هو تقلص ثابت لعضلات البطن وتقلص مركزي لعضلات ثني الوركين. وفي الأغلب لا عمل يوجد عضلي بين الوضع 3 و 4 لعضلات البطن ، بل هناك عمل عضلي مركزي في العضلات الثانية للوركين و نوع التقلص في 4 هو تقلص ثابت للعضلات الباسطة للظهر.



الشكل (60)
العمل العضلي في تمرين الجلوس من وضع الرقود

من السهل تحليل الحركات التي يستخدمها الإنسان في التدريب والتمرينات عندما نتعرف على منشأ ومدغم العضلات العاملة والمنفذة لهذه الحركات(في تدريبات القوة وتدريبات المرونة). فقد أظهرت الاختبارات الفسيولوجية أن العضلة لاتتطور قوتها عند عملها على الواجب التحضيري(التقلص الثابت او اللامركزي) في حالة تدريبها فقط على التقلص العضلي المركزي ، والسبب هو ان قابلية العضلة على العمل يعتمد في جزء منه على مساحة مقطعها الفسيولوجي ، وفي جزءه الأخر على تجهيزها بالحافز العصبي ، لذا يجب ان تدريب العضلة على جميع أنواع التقلص العضلي لرفع فعاليتها وكفاءتها. من الضروري ان يكون

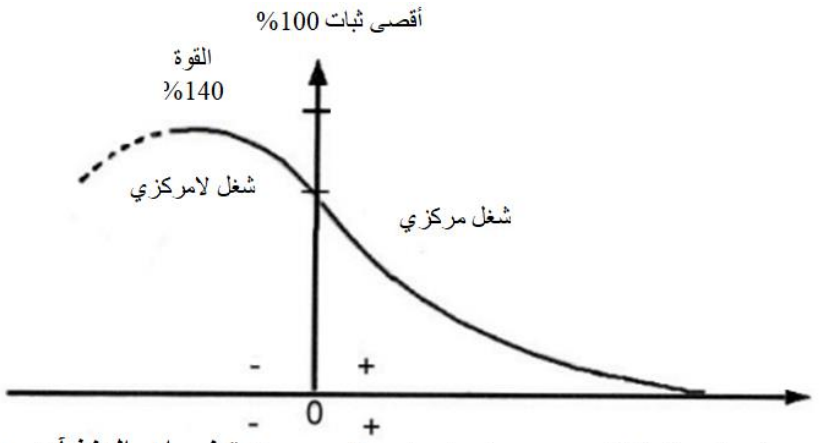
اللاعب الجيد قادر على تحليل الحركات لنوع الرياضـــة التي يمارســـها ويصـــمم التمارين التي تتلائم مع تلك الحركات التي يستخدمها.

الشكل 61

اوضاع مختلفة لتطوير

قابلية وعضلات البطن

عندما يراد تطوير قوة و قابلية العضـــلة ، فإننا نلاحظ ان العضـــلة تتطور قوتها الى حد 40% عندما تؤدي عمل لامركزي قصـــوى مقارنة مع أدائها بعمل مركزي ثابت قصوى ، بسبب انه في التقلص اللامركزي تكون العضلة بأقصى استطالة مما يجعل مجال عملها كبيرا وبالتالي زيادة الشغل وزيادة السرعة التي تعمل بها العضلة مقارنة بالتقلص المركزي(وهذا ما يسـمى بعتبة التعبئة للقوة)، ولهذا السـبب ولأجل بناء شـد عالي في العضـــلة، علينا إجبار العضـــلة على إيقاف الحركة من اجل نقل القوة إلى الجزء الأخر والتي هي فعليا من متطلبات زيادة قوة العضـــلة (يدعى هذا العمل أيضا بالعمل السلبي)(لاحظ الشكل 62).



+ تعني ان المنشأ يسحب باتجاه المدغم – تعني ان المنشأ يسحب بعيدا عن المدغم

0 تعني عدم تغير المسافة بين المنشأ والمدغم

الشكل(62)

المقارنة بانتاج القوة بين التقلصين المركزي واللامركزي

فيما يلي تجربة تظهر هذه الوظيفة: (الشكل63).

1- عندما يكون الجسم بوضع الوقوف والذراعين في الجانب مع ثبات ثني الركبة 90 درجة, فان هذا الوضـــع الثابت هو وضـــع تحضـــيري يتطلب تقلص لامركزي بالعضـــلات الفخذية الخلفية لثني مفصـــل الورك ، والعضـــلات الفخذية الامامية لثني مفغصل الركبة ، لتنفذ القسم الرئيس من حركة القفز للأعلى بدون مرجحة الذراعين ، نحاول ان نخمن ارتفاع القفزة.

2- من وضع الوقوف والذراعين في الجانب مع عدم ثني مفصل الركبة ومن ثم القيام بثني الركبتين ثم القفز للأعلى بدون توقف ، بهذه الأســـلوب يكون القفز أعلى من الحالة الأولى ، وهذا بســـبب الوضـــعية التي تم بها تغير الاتجاه (الحالة الثانية مشابه لوضعية البداية في الحالة الأولى) ، اذ ان في الحالة الثانية العضلات تحفزية لاداء القفز من وضـــع تقلص مركزي (حالة الوقوف) مرورا بالتقلص اللامركزي (ثني الركبتين) ومرورا ايضـــا بالتقلص المركزي من جديد عن طريق إجبارها عند إيقاف الحركة والزاوية في الركبة تقريبا90 درجة.

صورة (1) الحركة صورة (2) القسم التحضيري صورة (3) الإختبار الثابت

تقلص مركزي بعضلات الفخذين المادة عند الوقوف مرورا بتقلص لامركزي بنفس العضلات عند الثني ثم تقلص مركزي عند الدفع

شكل (63)

العمل السلبي

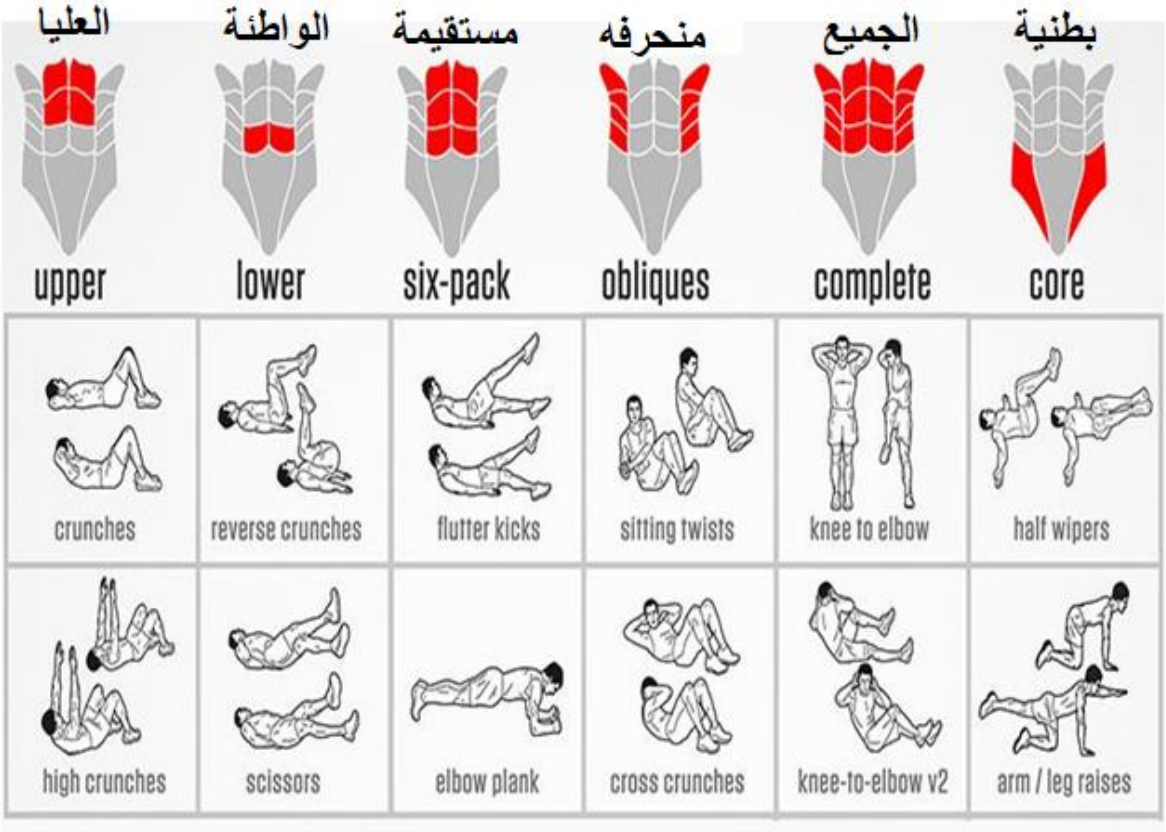
1-القفز من وضع ثني الركبة بزاوية ْ 90

2- القفز من وضع الوقوف مرورا بثني الركبة

تبدأ هاتين الحركتين من وضـع مشـابه لكن باسـتخدام تقلص عضـلي مختلف، ان الحركة المؤثرة تمتلك إيقاع معين، وهذا الإيقاع(التسلسل) يشبه شكل الحركة حيث يتم فيها عمل تحفيز لامركزي لمجاميع عضلية مختلفة لكي تشارك في الحركة.

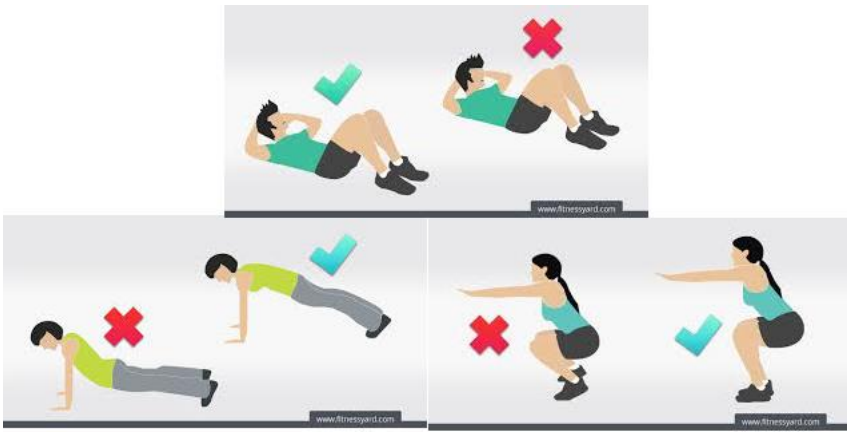
معظم حركات الاسـتعداد او التهيؤ تبدأ بحركات مضـادة مناسـبة(اي بتقلص لامركزي) ، لهذا السـبب فالعضـلات العاملة تتمدد أكثر من طولها وهي في حالة التحضـير (120%) ، طبقا للمبدأ الفسـيولوجي للعضـلة الذي حددناه سـابقا. يقال ان الإرسـال في التنس ، والضـربة السـاحقة في الكرة الطائرة تحتاج إلى التوقيت، والتوقيت هنا يعني الشكل الصحيح للحركة وهو تسلسل استخدام الشغل الأفضل من قبل اللاعب لكل مجموعة عضلية.

ان معرفة منشأ ومدغم العضلة والاحتكاك وكذلك القوى الخارجية التي يمكن ان تتاثر بـــــ (قوة الجاذبية ، الاحتكاك) تساعدنا بتحليل وفهم التمارين المستخدمة في الألعاب الرياضية.



شكل 64

تمارين مختلفة تعتمد على مبدأ التقلص المركزي واللامركزي



شكل 65
الاوضاع الصحيحة والخاطئة في بعض الحركات

الفصل الرابع

الطرف السفلي

التطبيقات الحركية لمفاصل وأجزاء الجسم

في سبيل تحليل الأنواع المختلفة من الحركات بطريقة صحيحة ، علينا أولا دراسة تشريح المنطقة التي نهتم في دراستها ، وتشمل أولا دراسة منشأ(origin) ومدغم (insertion) العضلة ووظيفة العضلات الكبيرة ، وثانيا ألقاء نظرة على المفصل الذي يقوم بالجهد الحركي ومدى حركة كل مفصل.

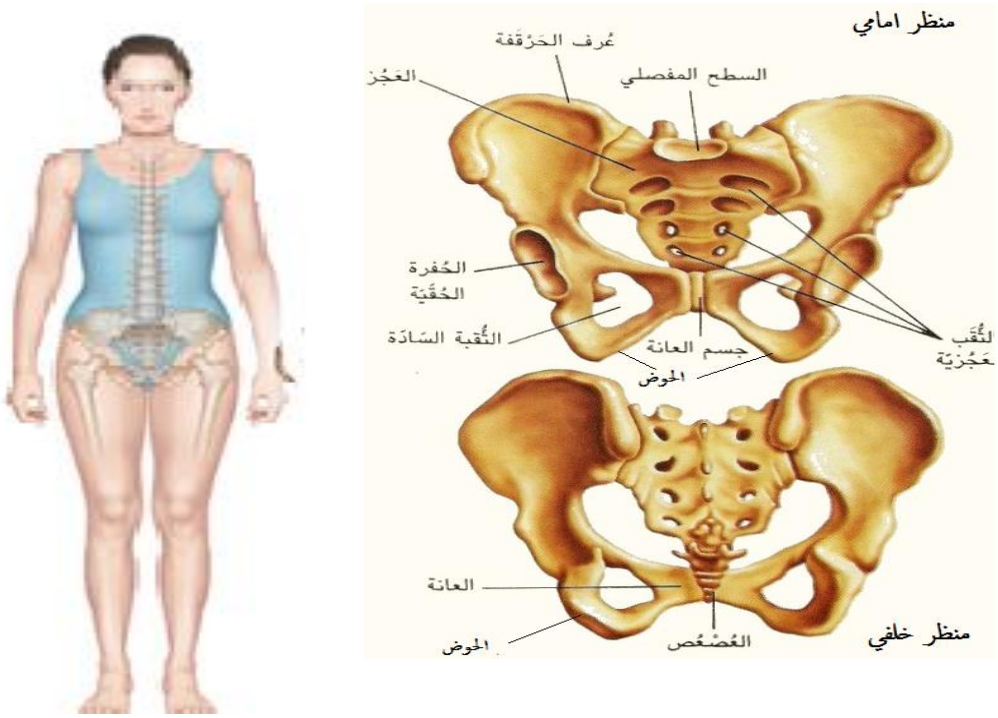
- **مفصل الورك (العضلات والحركة):**
- **تركيب مفصل الورك**

منشأ معظم العضلات في مفصل الورك من عظام الحوض وهو المسؤول عن الحركة ، ومنشأ العضلات الأخرى من منطقة فوق مفصل الركبة ، لذا من الضروري معرفة تركيب الأطراف السفلى للهيكل العظمي الشكل 66.

الورك هو عبارة عن اسم يطلق على الشكل الدائري الذي يتكون من جمع عظمتين من الحوض مع عظم العجز ، والعجز يتكون من خمس فقرات تلتحم عند البلوغ لكي تكون عظم على شكل إسفين مثلث الشكل قاعدته نحو الأعلى ، والجزء الأسفل منه هو عبارة عن التحام الفقرات الأربعة الأخيرة بنفس طريقة التحام الفقرات الخمسة السابقة ويشكل العصعص.

يتكون عظم الورك من ثلاث عظام غير متصلة ويمكن تميزها بالأسماء الآتية:

1- عظم الحرقفة
2- عظم الورك
3- عظم العانة



شكل 66
تشريح عظم الورك

وتوجد فتحات ونتوءات وندوب في الورك تمتلك أسماء مختلفة، وسوف نذكر هنا بعضاً منها والتي لها علاقة مباشرة مع العضلات المهمة.

يسمى مفصل الورك بمفصل الكرة والحق الذي يمتلك القابلية على الحركة في جميع الاتجاهات. توجد محفظة إضافية في تركيب الورك تعطي قوة للمفصل وتمنع الرجل فعليا من المرجحة باتجاه الخلف وباتجاه الخارج. تحدد الحركة باتجاه الخلف من قبل رباط قوي يلتحم بالجزء الحرقفي من عظم الورك والذي يمر نحو الأسفل باتجاه عظم الفخذ ويسمى بالرباط الحرقفي الفخذي ، وتحدد حركة المرجحة باتجاه الخارج بواسطة الرباط العاني الفخذي(لاحظ 67)

شكل 67
مكونات الورك

تعمل العضلات العاملة على الورك للقيام بحركة الرجل على ثلاثة محاور رئيسية عمودية بصورة متبادلة، جميع هذه الحركات تؤدي حول مركز رأس الفخذ، مما يكون ذلك ثلاث زوايا حرة وثلاث أزواج من الاتجاهات الرئيسية:

- الانثناء والمد حول محور افقي (يسار- يمين)
- الدوران الجانبي والدوران الوسطي حول محور طولي (على طول الفخذ)
- الإبعاد والتقريب حول محور عميق (أمام- خلف).

واتحاد هذه الحركات (أي تشكل حركة مركبة حيث يمكن ان نصف حركة الرجل على سطح مخروط غير منتظم). وتجدر الإشارة إلى أن بعض عضلات الورك تعمل أيضاً إما على المفاصل الفقرية أو مفصل الركبة، وفقا لمنشأ العضلات من هذه المناطق ، ويساهم في بعض الاحيان المنشأ لحركة الجزء المرتبط به ، بثبات الجزء الذي يكون فيه مدغم هذه العضلات، وقد تكون الحركة للجزء الذي فيه المدغم بثبات الجزء الذي تنشأ منه هذه العضلات، لذلك تساهم هذه العضلات في حركات مختلفة جداً، وأن مدى الحركة يختلف باختلاف موقعها من مفصل الورك.

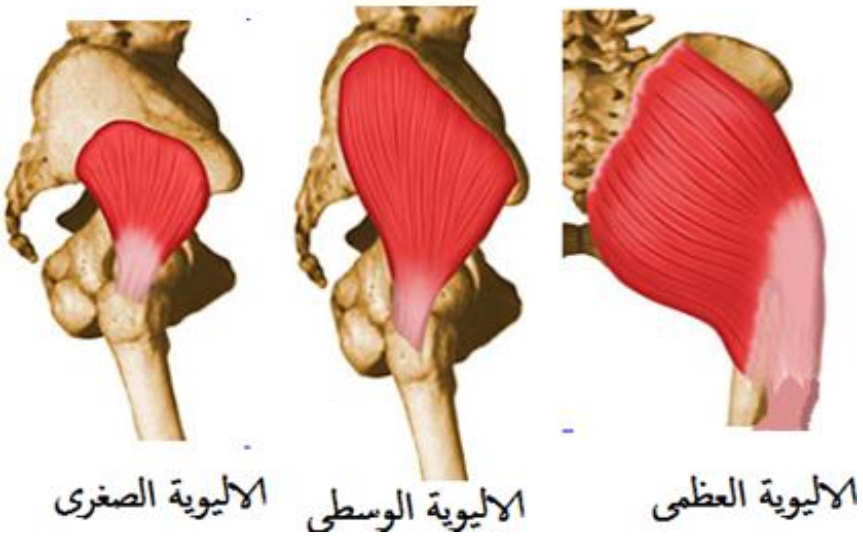
توجد حركتان تمثلان أقصى مرونة لمفصل الورك هما تمرين الفتح على الأرض في الجمناستك ورفع الرياضي لرجليه في القفز الطويل ، اعتياديا لاتظهر الإصابات

في الحركات التي ذكرناها عندما يقوم الشخص بإجراء تمارين التمطية الخاصة بها ، من ناحية أخرى اذا قام شخص ما قليل المرونة بأداء مرجحه برجله الى الخلف عن طريق الإفراط في المد عند المنطقة القطنية من الظهر ، فأنه من المحتمل " سوف يؤذي ظهره " ،بسبب ان التمطية المفرطة تؤدي الى أحداث الم في الظهر وتسبب إصابة المنطقة القطنية.

- **عضلات الورك**

فيما يلي العضلات المهمة التي تمر فوق مفصل الورك:

a) العضلات الأليوية
b) العضلات المقربة (الأربية)
c) العضلات التي تعمل على ثني مفصل الورك



شكل 68
العضلات الاليوية

a) العضلات الأليوية:

تتكون العضلات الأليوية من ثلاث عضلات وهي:

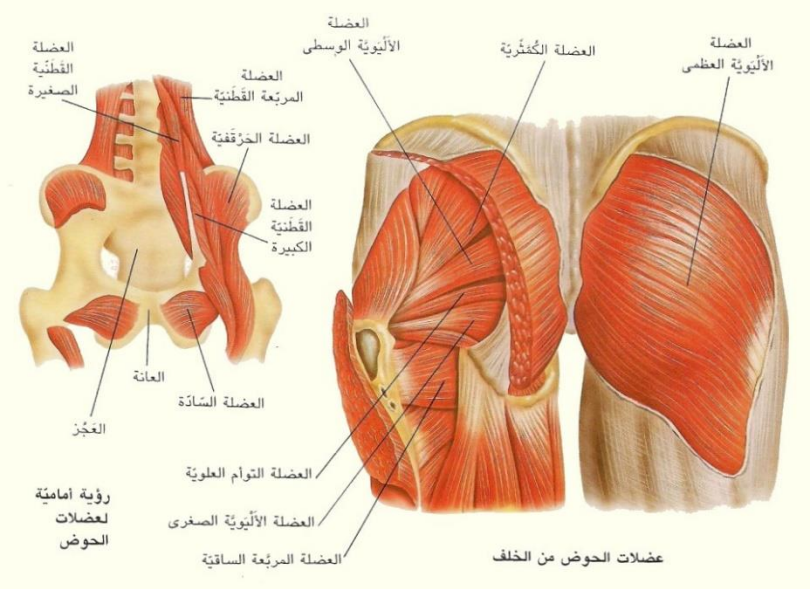
1- العضلة الأليوية العظمى

2- العضلة الأليوية الوسطى

3- العضلة الأليوية الصغرى

تدغم عضلتين من هذه العضلات الثلاث بالمدور الكبير لعظم الفخذ،وهما الألوية الوسطى والصغيرة في سبيل زيادة مساحة المنشأ لكي يستطيعان تحريك عظم الفخذ في جميع الاتجاهات باستثناء الاتجاه الى الداخل نحو خط منتصف الجسم (التقريب), ينشط عمل هذه العضلات في حالة المشي والركض ، وتمتلك هذه العضلات واجب مهم هو تثبيت مفصل الورك عندما تكون القدم في حالة تماس مع الأرض ، هذا التثبيت مهم لمنع الجزء العلوي من الجسم من السقوط للجهة المعاكسة (للأمام) .

تتحمل العضلات الأليوية الجهد الأكبر عندما يركض الشخص نحو مرتفع (العضلة الألوية الكبرى مسؤولة عن قوة سحب الرجل للخلف) أو الهبوط من المنحدر(تحافظ الألوية الوسطى والصغرى على ثبات الورك)، إذن يكون عمل العضلة الألوية الوسطى والصغرى لامركزي ، للمحافظة على الجزء العلوي من الجسم لكي لايسقط نحو الداخل في كل خطوة (الشكل 69) .



شكل 69
العضلات العاملة على الورك

فيما يلي بعض الأمثلة لتمرين العضلات الأليوية :

1- الركض .

2- القفز على رجل واحدة .

3- الوقوف على رجل واحدة ومحاولة رفع وخفض الجانب الآخر من الورك ، بالإضافة الى هذه التمارين هناك تمارين أخرى للعضلة الأليوية الوسطى والصغرى مثل الوضع (a) الاستلقاء على جانب واحد ورفع الرجل العليا للأعلى و (b) رفع الجزء العلوي من الجسم الى الأعلى بأقصى ما يمكن مع تثبيت الرجلين(الشكل 70).

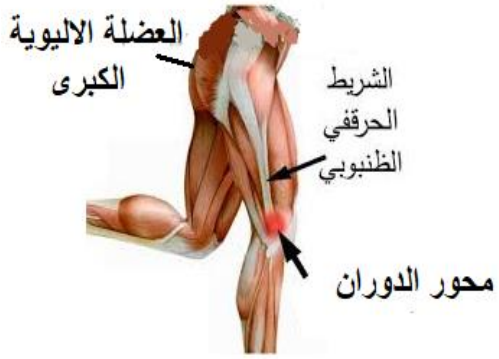
شكل 70

تمارين قوة العضلات الاليوية بثبات الجذع او ثبات الرجل

تستخدم العضلة الأليوية العظمى في مرجحة الرجل باتجاه الخلف بقوة ، وتعمل أيضا كعضلة مساعدة في المحافظة على استقامة مفصل الركبة، بسبب اتصال جزء من هذه العضلة بسطح عظم الفخذ (الحدبة الألوية ، استقامة مفصل الورك) والجزء الآخر من العضلة يتصل عن طريق رباط قوي بالجزء الخارجي من الفخذ (السبيل الحرقفي الظنبوبي) ، حيث يمر هذا الرباط القوي أمام محور حركة الركبة ويندغم في اللقمة الوحشية لعظم القصبة ، يكون شكل هذا الرباط مسطح بعرض 3-4 سم عند الجزء الخارجي من عظم الفخذ ويقع فوق مفصل الركبة مباشرة.

تستطيع العضلة الألوية العظمى أنتاج قوة كبيرة اذا تم ثني مفصل الورك باتجاه الأمام (الشكل 71)، يحدث هذا بسبب زيادة المسافة بين المنشأ والمدغم للعضلة ، اذا احتاج الشخص الى قوة كبيرة يجب عليه الميل أكثر باتجاه الأمام ،ومن أفضل الحركات في تدريب العضلة الألوية العظمى هي التمارين التي تشارك فيها العضلات الباسطة لمفصل الورك والركبة في وقت واحد (الشكل 72).

إن العضلات التي تشارك في مرجحة الرجل باتجاه الخلف (مد مفصل الورك) ومرجحة الرجل للجانب مع العضلة الألوية العظمى ، هي العضلات التي تنشأ من الحدبة الحرقفية ، وتدغم جميع هذه العضلات في الجزء الأسفل الخلفي من عظام الساق، وهذا يعني ان جميعها تعمل على ثني مفصل الركبة.

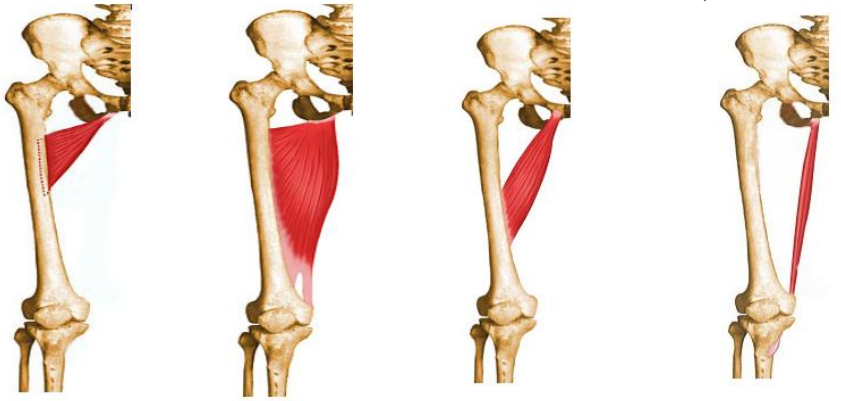


شكل 71
منشأ ومدغم العضلة الاليوية العظمى

شكل 72
حركة مد مفصل الورك

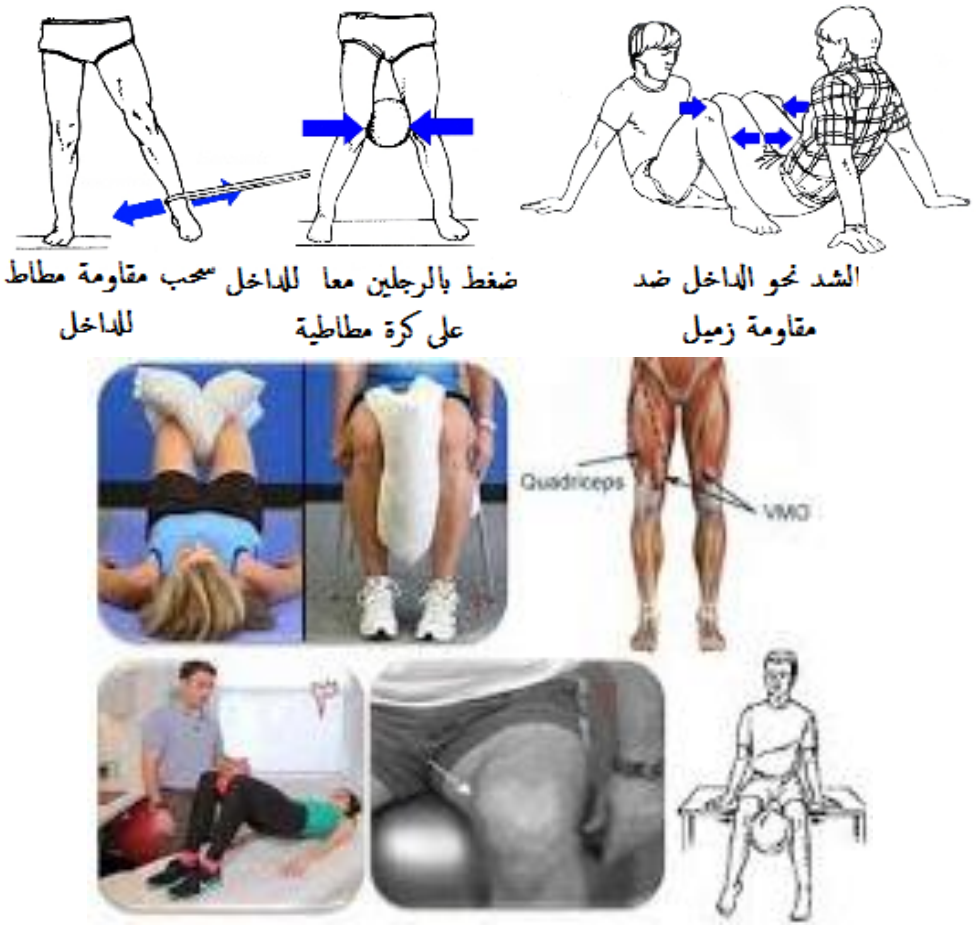
b - العضلات المقربة (العضلات الاربية):

عمل هذه العضلات هو مرجحة الرجل باتجاه خط منتصف الجسم (للداخل)، ويحدد اسم كل عضلة من هذه العضلات طبقا للمنطقة التي تنشأ منها وحجمها ومظهرها(الشكل 73).



شكل 73
عضلات الورك المقربة للفخذ(الاربية)

تنشأ جميع هذه العضلات من عظم العانة وتدغم في السطح العلوي من عظم الفخذ في السطح الخشن الواسع الممتد على طول العظم من الداخل والسطح العلوي للفخذ ، تعمل هذه العضلات بقوة عند الركض في حالة ترك القدم للأرض ، وعند بداية واستمرار باتجاه الأمام ، تساعد هذه العضلات بثني الفخذ باتجاه الاعلى طبقا لحركة مفصل الورك ، بسبب ان العضلات المقربة تغرز في السطح العلوي من عظم الفخذ ، ويظهر الإجهاد الكبير لهذه العضلات عند اداء حركات ركل كرة القدم بقوة الى الأمام او التدريب العنيف على الركض السريع ، مما يسبب عدم الراحة في منطقة منشأ هذه العضلات (إصابات العضلات الاربية). يمكن تجنب إصابة العضلات الاربية بوساطة تطوير قوتها العضلية والاهم من هذا هو زيادة مرونتها ، يظهر (الشكل 74) بعض التمارين التي تطور من قوة هذه العضلات.

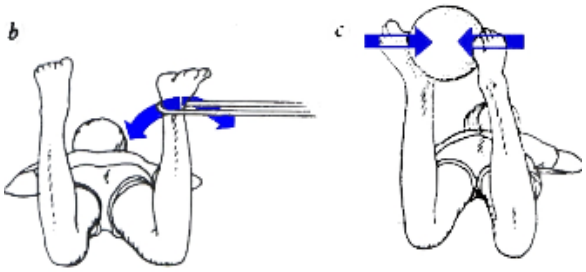


شكل 74
تدريب عضلات ابعاد وتقريب الرجلين

عند السحب للداخل يكون الانقباض مركزي وعند الابعاد يكون لامركزي. وعند الضغط على الكرة يكون التدريب ثابت.

حركة التدوير للخارج تتأثر بعدد من العضلات الصغيرة التي تنشأ من الأجزاء الداخلية الخلفية لعظم للحوض (الشكل 75) وتمر هذه العضلات خلف عظم الفخذ وتدغم في السطح الخارجي للمدور الكبير.

العضلة المقربة للفخذ



شكل 75
تمارين للتدوير للداخل والخارج

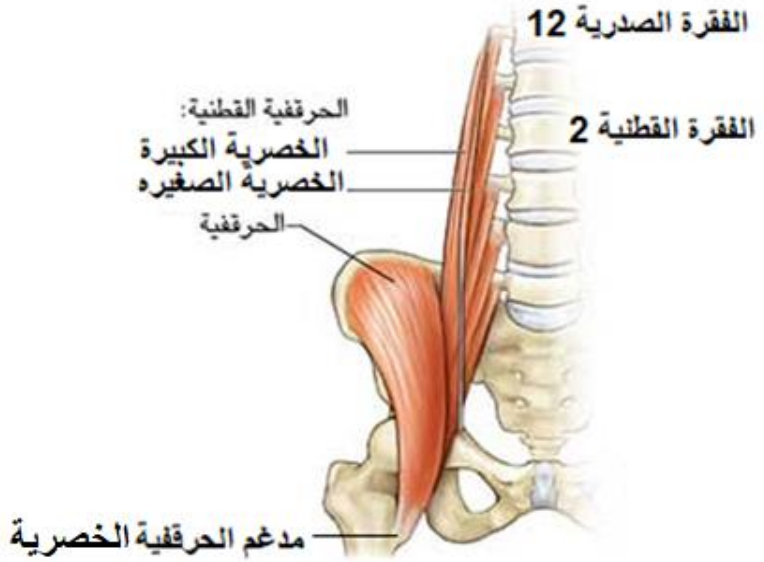
C ـ العضلات التي تعمل على ثني الفخذ حول مفصل الورك:

العضلة الخصرية العظمية والعضلة الحرقفية هما العضلتان المسؤولتان عن الثني القوي في مفصل الورك ، إنهما يمتلكان مناشئ مختلفة لكنهما يتشاركان في مدغم واحد ، يوصفان دوما تحت اسم واحد يجمعهما سوية وهو العضلة الخصرية الحرقفية.فيما يأتي منشأ ومدغم هذه العضلات:

ـ منشأ الحرقفية (الحرف الحرقفي).

ـ منشأ الخصرية العظمى (من الفقرات القطنية).

- المدغم واحد في الحدبة الصغرى لعظم الفخذ الداخلية.



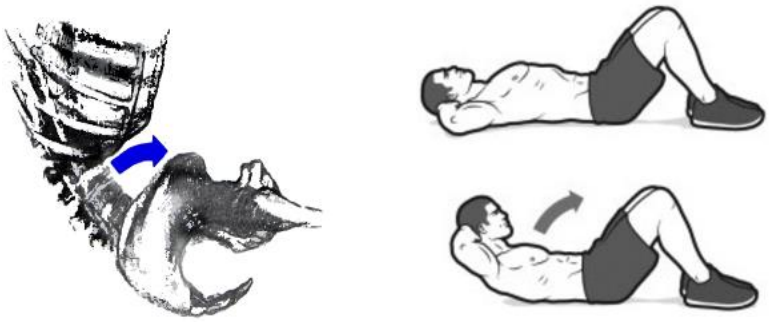
الشكل 76

العضلة الخصرية الحرقفية

عند تقلص العضلات الخصرية الحرقفية تظهر الحركات الآتية:

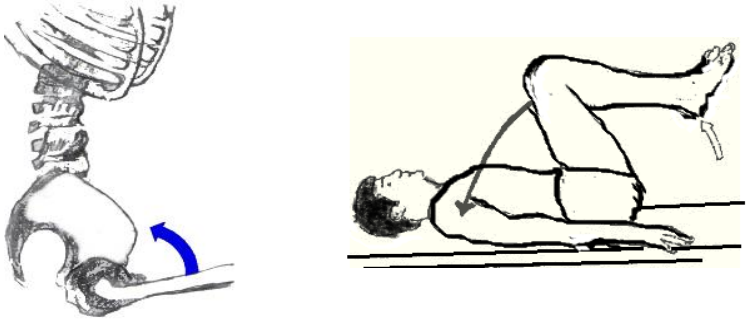
1-اذا كانت الأرجل ثابتة ، سوف يتحرك الجذع نحو الأمام باتجاه الأرجل ، مثال ذلك الجلوس من وضع الاستلقاء (لاحظ الشكل 77) .

2-أذا تم تثبيت الجذع، سوف تتحرك الرجلين باتجاه الجذع، مثال ذلك عند التعلق على العقلة ومحاولة سحب مفصلي الركبة نحو الصدر (الشكل 78).



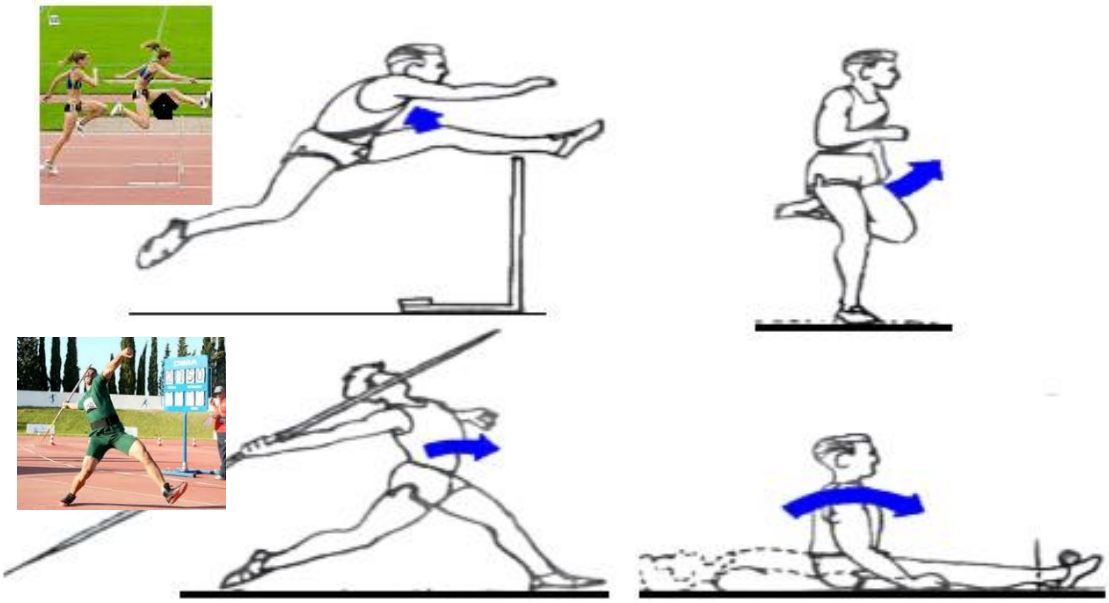
شكل 77

سحب الجذع عند ثبات الرجلين



شكل 78

سحب الرجلين بثبات الجذع



شكل 79

امثلة حركية مشاركة عضلات ثني الورك

من غير الضروري تدريب العضلات الخصرية والحرقفية يوميا بسبب مشاركتها في الحركات اليومية الاعتيادية مثل (المشي ، الركض ، التسلق ، وصعود السلالم ... الخ)، وعلى الرياضي ان يدرك الضغط الذي تتعرض له هذه المجموعة من العضلات عند تدريبها على القوة ، وهذا الضغط يؤثر على منشأها ومدغمها بصورة متساوية ، وبالتالي يزيد من انحناء العمود الفقري باتجاه الأمام مما يعرض الأقراص الغضروفية بين الفقرات الى ضغط كبير (لاحظ أيضا الشكل 80) ،في هذه

الحالة تعمل عضلات البطن على موازنة هذا الفعل لكي تحافظ على بقاء العمود الفقري في وضعه العمودي.

تمتلك عضلات البطن القابلية على تصحيح التقعر في العمود الفقري عند المنطقة القطنية عن طريق تقلصها ،لذا يجب عدم تعريض العضلات الخصرية والحرقفية الى ضغط اكبر من قابلية تحمل العضلات البطنية ،ومن الأفضل توجيه التدريب نحو تقوية عضلات البطن .

شكل 80
المحافظة على استقامة الجذع

بعد ان يتم تطوير عضلات البطن ، يمكن عندئذ أجراء تدريبات خاصة لعضلات ثني مفصل الورك . وهناك بعض الأمثلة على التدريب الخاص لعضلات ثني الورك للرياضيين الذين يملكون عضلات بطن قويــة .

يظهر الشكل(81) بعض التمارين التي تؤدي الى تقوية عضلات ثني الورك:

(a) تمرين الجلوس مع ثني الركبة: يمكن وضـــع الأثقال (2 كغم, 5 كغم) على الصـــدر لزيادة الشـــدة ، ثلاثة أرباع مســـافة الجلوس هو تدريب خاص لعضـــلة البطن(لاحظ الشـــكل 81)، والربع الآخر من الجلوس هو لتقليص عضـــلات الورك وبالتالي فهو تدريب لتقوية العضلات الخصرية والحرقفية.

b) اذا وضعت الرجلين في وضع مستقيم ومرتفع فأن الجهد سوف يكون اكبر بسبب المقاومة التي تظهرها العضلات الواقعة خلف الفخذ.

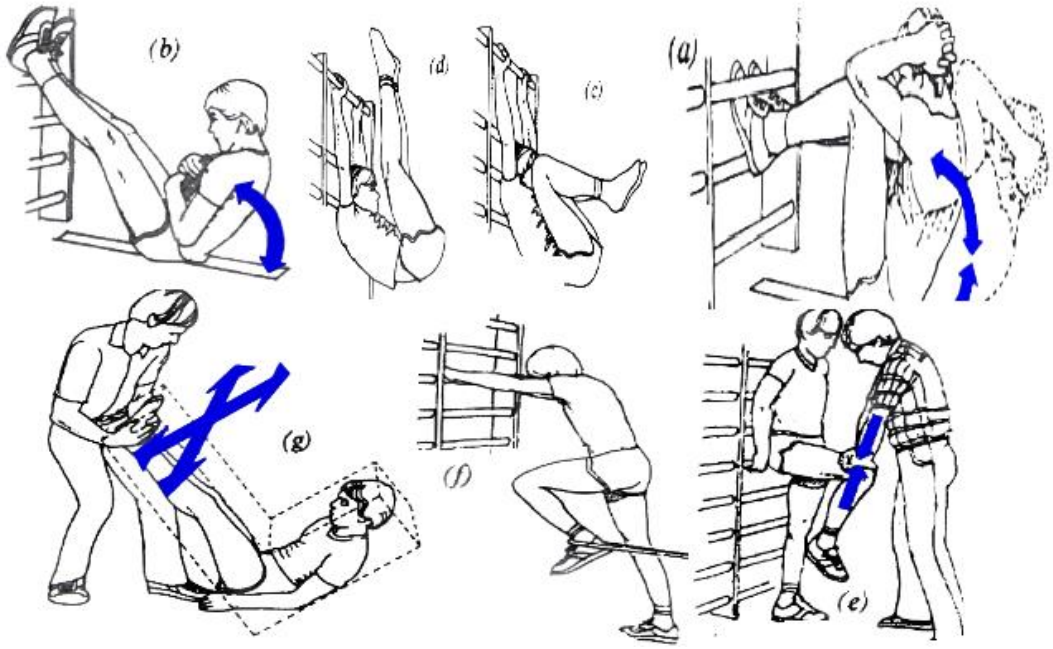
c) التعلق على السلالم او على سطح مائل ومحاول رفع الركبة باتجاه الذراعين.

d) لأجل زيادة الشدة ترفع الرجلان الى أقصى مدى ممكن للأعلى ، ومحاولة إبقائهما بوضع مستقيم، و تقاوم عند هبوطهما نحو الأسفل لنحصل على تدريب لامركزي.

(e) الوقوف والظهر باتجاه الســـلالم او الحائط وجعل زميلك يظهر مقاومة خارجية على الفخذ أثناء محاولتك رفع الركبة للأعلى. الشكل (81- **e**).

(f) اربط شريط مطاطي حول إحدى قدميك وحاول رفع الركبة نحو الأعلى كما في الشكل (81- **f**).

(g) يمكن تدريب عضلات الورك من الثبات وبالطريقة التالية، الاستلقاء على الظهر مع عمل زاوية 90 درجة عند مفصل الورك مع رفع الرجلين للأعلى ودع زميلك يمسك بالقدمين ومحاولة تحريكهما باتجاهات مختلفة مع تغير الزاوية بين الرجلين والجزء العلوي من الجسم.



الشكل 81

تمارين تطوير قوة عضلات االثانية للجذع والفخذ على مفصل الورك

ومن اجل تقوية العضلات الخصرية والحرقفية ، من الضروري أطالة المسافة بين المنشأ والمدغم الى أقصى مدى وهما في حالة الارتخاء ، توجد طريقة واحدة لتمطيتهما، وهي الجلوس على ركبة واحدة كما في الشكل(82 **a**) ، مع نقل وزن

الجسم على الرجل الأمامية ومحاولة أبعاد الرجل الأخرى الى أقصى مدى، اذا كانت العضلات الخصرية والحرقفية قصيرة وقوية مع وجود ضعف في العضلات الخلفية للفخذ ، عندئذ يميل الجسم للارتفاع قليلا باتجاه الأمام عند منطقة الحوض، وهذا يؤدي الى حدوث تقعر طفيف في الظهر.

التمرين الآخر للتمطية والذي له تأثير على العضلات الخصرية والحرقفية كما في الشكل (82-**b**) ،هو الوقوف على ساق واحدة مع ثني الساق الحرة للأعلى مع تصور مرور الخط العمودي خلال مركز ثقل الجسم ، حاول ان تنفذ حركة الرجل للخلف من مفصل الورك بقدر الإمكان وعدم حدوثها من أسفل الظهر ، حاول المحافظة على زاوية مفصل الركبة كبيرة ، وإلا فأن الحركة سوف تحدد من قبل عضلات أخرى ، وبالتحديد من العضلة الفخذية المستقيمة .

شكل 82

اطالة العضلة الخصرية الحرقفية

التمرين الآخر للتمطية والذي له تأثير على العضلات الخصرية والحرقفية كما في الشكل (82-**b**) ،هو الوقوف على ساق واحدة مع ثني الساق الحرة للأعلى مع تصور مرور الخط العمودي خلال مركز ثقل الجسم ، حاول ان تنفذ حركة الرجل للخلف من مفصل الورك بقدر الإمكان وعدم حدوثها من أسفل الظهر ، حاول المحافظة على زاوية مفصل الركبة كبيرة ، وإلا فأن الحركة سوف تحدد من قبل عضلات أخرى ، وبالتحديد من العضلة الفخذية المستقيمة .

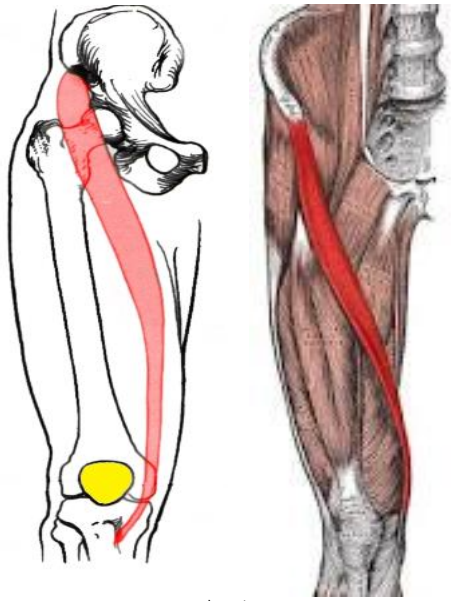
التمرين الثالث للتمطية هو التمرين الذي يظهر في الشكل 83 ، حيث يقوم زميلك برفع رجل واحدة نحو الأعلى والى الخلف في وقت واحد مع أبقاء الحوض بدون حركة (لمنع أي حركة في المنطقة القطنية) ، ينفذ هذا التمرين من قبل الأشخاص سليمي الجسم فقط والذين لايملكون مشاكل صحية في العمود الفقري.

شكل 83

اطالة العضلة المستقيمة الفخذية

العضلة الخياطية هي أيضا من العضلات التي تعمل على ثني مفصل الورك، وهي من أطول العضلات في الجسم (الشكل 84) ، تمتد هذه العضلة من الشوك الحرقفي الأمامي العلوي وتمتد الى أسفل عظم الفخذ على شكل منحني يشبه حرف S، وتدغم في الجهة الخلفية لمفصل الركبة في منطقة اللقمة الإنسية لعظم القصبة.

تملك هذه العضلة العديد من الوظائف ، حيث من الصعب على أي مجموعة عضلية ان تعمل مثل عملها ، أطلق عليها اسم العضلة الخياطية من حقيقة وظيفتها التي تسمح للشخص بأن يجلس بتقاطع الساقين مثل جلوس الخياط ، وعمل هذه العضلة هو الثني والأبعاد وتدوير الورك باتجاه الجانب، بالإضافة الى ثني مفصل الركبة وتدويره الى الجهة الداخلية.



شكل 84

منشأ ومدغم العضلة الخياطية

وهكذا **تُؤدى** حركات مفصل الورك بواسطة سلسلة من العضلات وبالترتيب من حيث الأهمية، مع مدى الحركة من موقع درجة الصفر الى اقصى مدى لجزء الجزء الذي يتحركه حول مفصل الورك ووفق المحاور الاحداثية وكما يأتي:

- **الدوران الجانبي أو الخارجي (30° مع مد الورك، و 50° مع الانقباض):**

وتعمل في هذه الحركة العضلة الألوية الكبرى ، العضلة الفخذية رباعية الرؤوس،العضلة السدادية الغائرة، الألياف الظهرية للعضلة الألوية الوسطى والصغرى؛ العضلة القطنية (وتتضمن العضلة القطنية الرئيسية من العمود الفقري)،العضلة السدادية الخارجية،العضلة المقربة الكبيرة، العضله الطويلة، القصيرة، والصغيرة؛ العضلة الكمثرية؛ والخياطية. الرباط الحرقفي الفخذي يمنع الدوران والمد الجانبي، ولهذا يمكن للورك الدوران بدرجة أكبر عند الانقباض.

- **الدوران الوسطي أو الداخلي (40°):**

وتعمل في هذا الدوران، الألياف الأمامية للعضلة الألوية الوسطى والصغرى؛ العضلة اللفافية العريضة الوترية؛ جزء العضلة المقربة الكبيرة المدخَل في الحديبة المقربة لعظمة الفخذ و -مع إبعاد الرجل- أيضاً العضلة العانية.

- **المد أو البطح (°20):**

تقوم بالعمل، العضلة الألوية الكبرى (إن وضعت خارج العمل، الوقوف النشط من وضعية الجلوس ليس ممكناً، لكن الوقوف والمشي على سطح مستو ممكن)؛ الألياف الظهرية للعضلة الألوية الوسطى والصغرى؛ المقربة الكبيرة؛ والعضلة الكمثرية. بالإضافة إلى ذلك، تقوم عضلات الفخذ التالية بمد الورك ، العضلة النصف غشائية، العضلة النصف وترية، ورأس العضلة ذات الرأسين الفخذية. المد الأقصى يمنع من قبل الرباط الحرقفي الفخذية.(المقصود بمد الفخذ وضع التحضير عند المرجحة للخلف، اي ان هذه العضلات تنقبض مركزيا لكي تاخذ الوضع التحضيري عند المرجحة خلفا).

- **الانثناء أو (القبض الأمامي) (°140):**

تقوم به عضلات الورك القابضة ، العضلة القطنية (مع القطنية الرئيسية من العمود الفقري) ، العضلة اللفافية العريضة الوترية، العانية، المقربة الطويلة، المقربة القصيرة، والناحلة. عضلات الفخذ العاملة كقابضة للورك: العضلة المستقيمة الفخذية والخياطية.

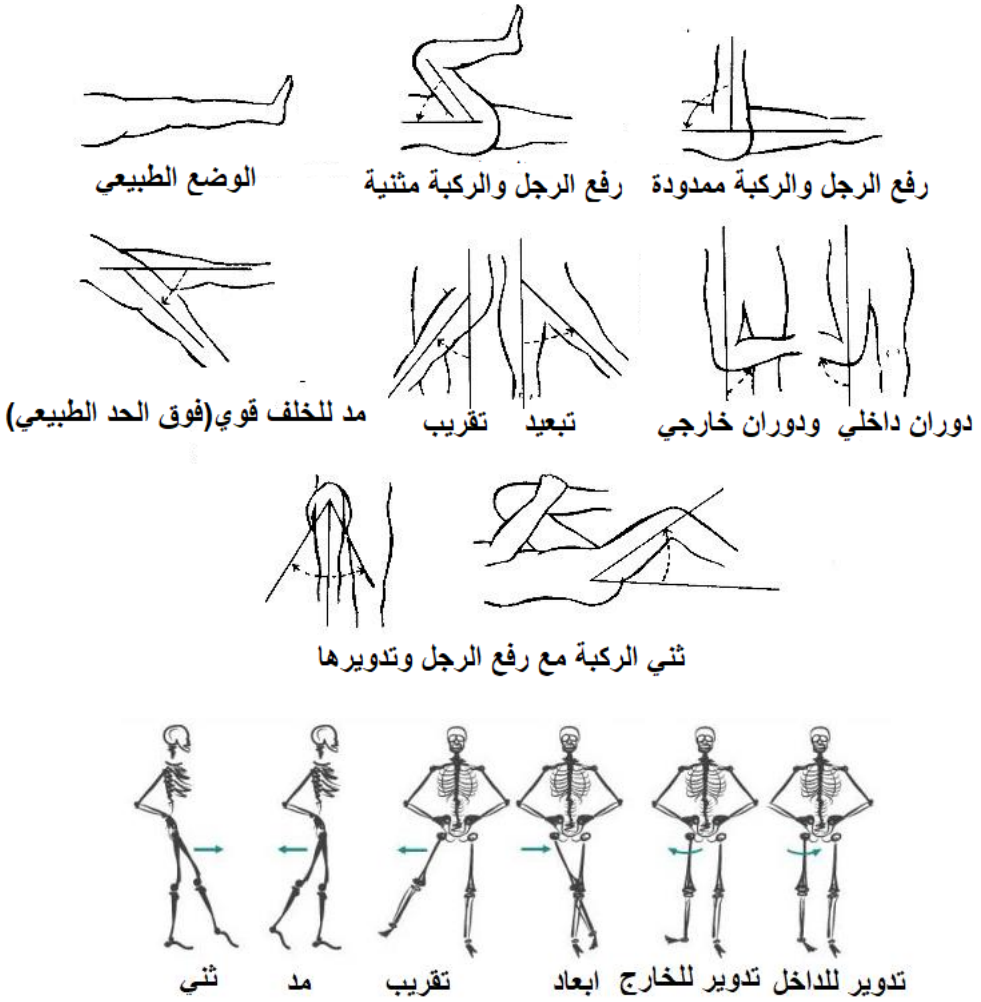
- **الإبعاد (°50 عند مد الورك، و 80° عند الانقباض):**

تقوم به العضلة الألوية الوسطى ، العضلة اللفافية العريضة الوترية ، العضلة الألوية الكبرى مع تعلقها اللفافة العريضة؛ العضلة الألوية الصغرى، العضلة الكمثرية،والعضلة السدادية الغائرة.

- **التقريب (°30 عند مد الورك، و 20° عند الانقباض):**

تقوم به العضلة المقربة الكبيرة والمقربة الصغيرة ، المقربة الطويلة، المقربة القصيرة، العضلة الألوية الكبرى مع تعلقها في الحدبة الألوية؛ الناحلة (تتمدد حتى عظمة الساق الأكبر) ، العضلة العانية، العضلة الفخذية رباعية الرؤوس؛ والعضلة السدادية الخارجية. من عضلات الفخذ، النصف وترية خاصة تشارك

في تقريب الورك. التقريب الأقصى معاق بواسطة التماس الفخذين مع بعضهما. يمكن تجنب هذا بإبعاد الرجل المقابلة، أو جعل الرجلين بالتناوب تنقبضـــان/ تمددان على الورك حتى انتقالهما في مستويين مختلفين وعدم تقاطعهما.



شكل (85)
مفصل الكرة والحق للحوض والحركة حول ثلاث محاور

ويوضح الشكل 85 حركات الرجلين حول مفصل الورك فالحركات التي ذكرت اعلاه تحدث عند ثبات الجذع وحركة الارجل، اما اذا كان الرجلين ثابتة والجذع يتحرك (مفصل الورك هو مفصل مشترك بين الرجلين من جهة والجذع من جهة اخرى) ، فتكون حركة الجذع ايضا حول المحاور الثلاث وتساهم العضلات الاليوية الثلاث بحركة الجذع على مفصل الورك. كما موضح بالشكل (86)

شكل 86
مديات حركة الجذع عند ثبات الرجلين حول مفصل الورك

- **مفصل الركبة (العضلات والحركة) :**

يتكون الهيكل العظمي لأسفل الرجل من الساق والركبة وتتكون الساق من قصبة الساق والشظية (الساق السفلية) واما الركبة فتتشكل من نهايةعظم الفخذ (الساق العلوية) وبداية عظم الساق. وهذه العظام الطويلة في المنطقتين العليا والسفلى من الرجل وتشكل نظام الرافعة الرئيسي الذي يسمح للجسم باستخدام عضلات هذه المنطقة في جميع الحركات المختلفة(سواء زاوية كانت ام خطية).

ومفصل الركبة هو المفصل الرئيسي الوحيد بالذي يمثل نقطة التقاء بين عظام الساق السفلية والعلوية. يصنف على أنه مفصل محوري، ويسمح فقط باثنتين من الحركات الرئيسية، الانثناء والبسط (المد). ومجال الحركة، أو درجة حرية تحريك هذا المفصل، يعتمد على كل من البناء العظمي ومرونة أنسجة العضلات، والأوتار، والأربطة التي تحيط بهذا المفصل. عادة، مفصل الركبة مقيد نوعًا ما في الحركة، مقارنة ببعض المفاصل الأخرى في الجسم، ولكن الجمع بين مفصلي الركبة والورك يسمح لنا بأداء مجموعة متنوعة من الحركات المعقدة، ويمكنه تعزيز الأنشطة الرياضية والترفيهية المختلفة. كلما زادت مرونة هذه العضلات، زادت حرية الحركة الممكنة.

الشكل 87
مفصل الركبة

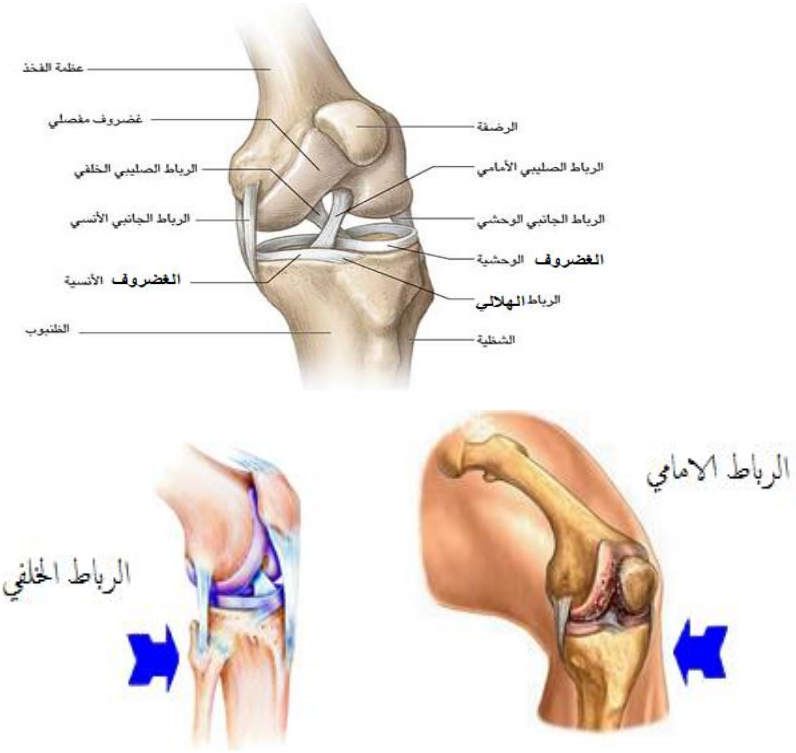
تحاط الركبة بعدد من الأربطة والأوتار (الشكل 88) لتحقيق المزيد من الاستقرار. على الرغم من أن هذه الهياكل الداعمة إضافية، فالركبة كانت ولاتزال ضعيفة جدًا أمام عدد من الإصابات. أحد أهم الأربطة حول الركبة هو الرباط الرضفي. هو يمتد من عظمة الرضفة لقصبة الساق الأمامية العلوية. وكذلك أوتار العضلة رباعية الرؤوس، الواقعة في الفخذ الأمامية، تمتزج مع الرباط الرضفي، والذي يربط هذه العضلات بقصبة الساق. الرباط الجانبي الوسطي يدعم الجانب الأنسي (الداخلي) من الركبة، والجهة الجانبية (الخارجية) من الركبة يدعمها الرباط الجانبي الخارجي.(الشكل 89) الأربطة الصليبية الأمامية والخلفية تساعد على منع النزوح الأمامي والخلفي لعظم الفخذ على عظم قصبة الساق. تقع هذه الأربطة داخل الركبة، وتثبت عظام الساق والفخذ معًا. الأربطة المأبضية المائلة والأربطة المأبضية المقوسة توفر دعمًا إضافيًا للمنطقة الخلفية الجانبية (الخلف الخارجي) من الركبة. بالإضافة إلى ذلك، ينشأ الرباطان الرضفي الوسطي والجانبي أيضًا من العضلة رباعية الرؤوس، ويساهمان في الدعم الأمامي للركبة. أخيرًا، يستقر غضروف مفصلي يجلس على قمة (أعلى) قصبة الساق، مما يعطي استقرارًا إضافيًا للركبة ويوسد العظام أثناء

المشي، والركض، والقفز. من الاستعمال لهذا الغضروف المفصلي يسبب الألم في أغلب الأحيان للجانب الأنسي (الداخلي) من مفصل الركبة.

توجد معظم العضلات التي تتحكم في حركات الركبة في الفخذ. لكن تشارك بضع من عضلات بطن الساق أيضًا. وتصنف عضلات الفخذ التي تحرك الركبة إلى مجموعتين. العضلات الفخذية الأربع الأمامية الكبيرة - المستقيمة الفخذية، المتسعة الوسطية، المتسعة الوحشية، المتسعة الأنسية- تسمى مجتمعة عضلات الفخذ الامامية، وهذه باسطات الركبة الكبرى كما ذكرنا سابقا. والعضلات الخلفية الكبيرة في الفخذ - الفخذية ثنائية الرؤوس، ونصف الغشائية، ونصف الوترية- تسمى مجتمعة الأوتار المأبضية، وهذه هي العضلات الثانية الكبرى في الركبة. تتلقى أوتار الركبة مساعدة في انثناء الركبة من الرقيقة والخياطية على الجانب الأنسي من الفخذ، وبطن الساقية، والمأبضية، والأخمصية على الجانب الخلفي من أسفل الساق.

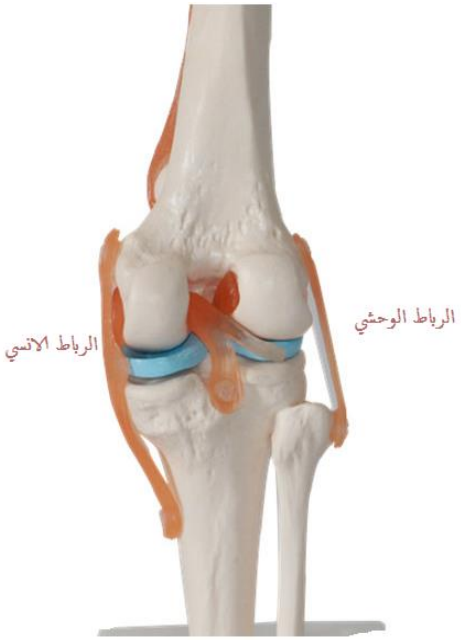
ومفصل الركبة هو من المفاصل المعقدة جدا حيث يحتاج الى دراسة تفصيلية دقيقة، والحركات التي تحدث في مفصل الركبة هي الثني والمد وتدوير الجزء الأسفل من الرجل نحو الداخل والخارج ، وحركات التدوير تظهر فقط عند ثني الركبة، حيث كلما زاد ثني الركبة سهلت حركة تدوير الساق والقدم.

في الحقيقة تظهر الحركتان في وقت واحد، حيث تظهر الحركة الأولى الثني، وفيها يكتمل مد الرباطان الصليبيان الأماميان وبعد ذلك تصل الركبة الى اقصى ثني، لذا فأن الرباط الصليبي يمنع حركات الرجل باتجاه الأمام نسبةً للفخذ وهي في اقصى ثني، الاصابة الشائعة في كرة القدم هو تمزق الرباط الصليبي الأمامي، وتظهر عندما تضرب بقوة أسفل رجل اللاعب من الخلف ، أما إصابة الرباط الصليبي الخلفي فتحدث عندما يسلط ضغط باتجاه الخلف



شكل 88

اربطة مفصل الركبة وحركات الثني



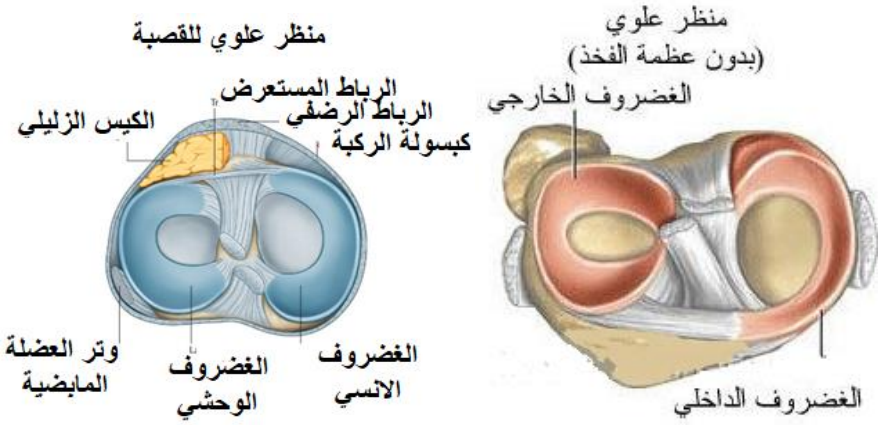
شكل 89

الاربطة الوحشية والانسية الجانبية للركبة

وظيفة الأربطة في كلا الجانبين هو منع ثني وحركة الركبة الى الجانب ، اذ ينقبضان(شد) عند مد الركبة الشكل ، ويرتخيان عند ثني الركبة.

ويمكن على سبيل المثال، دوران أسفل الرجل(الساق) باتجاه الخارج حتى حصول الشد في الأربطة، ولكن لايمكن تدوير أسفل الساق نحو الداخل بنفس قابليتها على التدوير نحو الخارج بسبب الأربطة الصليبية في المفصل، حيث " تلتف " حول بعضها خلال التدوير باتجاه الداخل, ولهذا السبب تتوقف الحركــة.

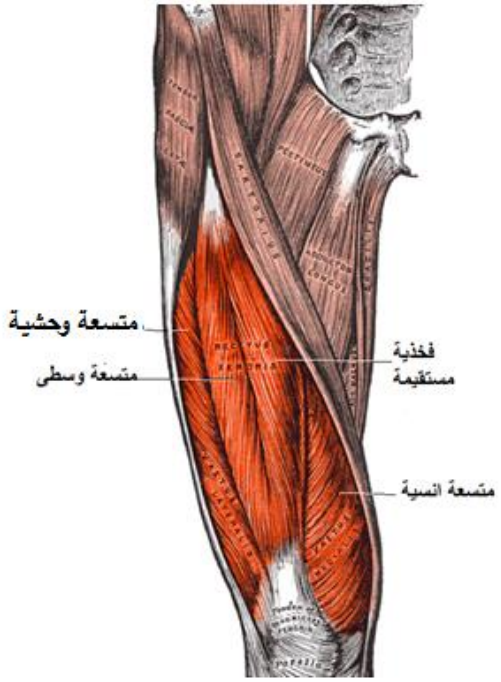
يكون شكل النهاية السفلى لعظم الفخذ متعرجة وشكل النهاية العليا لعظم القصبة (الساق) مسطحة ، لهذا السبب يوجد تطابق قليل جدا بين هذين السطحين، و لولا وجود الغضروفين الهلالين السميكين وشكلهما الملائم لم امكن التطابق بين السطحين في نهاية العظميين . ان شكل السطح الأسفل للغضروف يشبه شكل سطح عظم القصبة ، والنتيجة هي ان الضغط الذي تتعرض له الركبة يمكن ان يتوزع بالتساوي على مساحة واسعة (الشكل 90). وعند ثني ومد مفصل الركبة ينزلق الغضروف لكي يلائم شكل اللقمتين في عظم الفخذ ، وبسبب التحام الغضروف الإنسي مع الرباط الإنسي الجانبي ،وهذا هو سبب سهولة إصابة الرباط الإنسي عند تعرضه الى ضغط زائد في وضع غير مألوف.



شكل 90

اسطح عظمي الفخذ والقصبة من الاعلى

اهم عضلة تعمل على الركبة هي العَضَلَةُ رُباعِيَّةُ الرُّؤوس (quadriceps femoris) وهي مجموعة من العضلات الكبيرة التي توجد في الجهة الأمامية من الفخذ وتشمل العضلات الأربع السائدة بتلك المنطقة.



شكل 91

عضلات المادة للركبة(عضلات الفخذ الامامية الرباعية)

واهم عضلة في الفخذ هى العضلة الفخذية الكبيرة المادة للركبة ، وتشكّل كتلة لَحْمِيَّة كبيرة لحماية الجزء الأمامي من عظم الفخذ. ومن ثم تاتي العضلات المتسعات، الوحشية والانسية والوسطى.

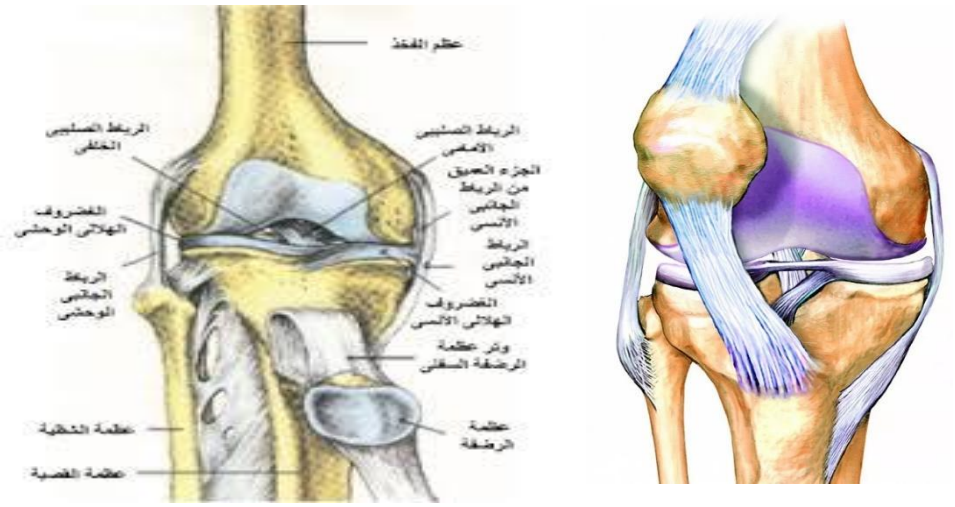
- تنقسم العَضَلَةُ رُباعِيَّةُ الرُّؤوس إلى أربعة أجزاء رئيسية ، أو "رؤوس" ، لكل منها اسم مميّز :

✓ **العضلة المستقيمة الفخذية الكبيرة (Rectus femoris muscle)** : تحتل منتصف الفخذ الطولي وتغطيه مع عضلات الفخذ الثلاث الأخرى. تنشأ تلك العضلة من عظم الحَرْقَفة (الورك) (Ilium) ، واكتسبت اسمها هذا من مسارها المستقيم.

العضلات الثلاث الأخرى تقع تحت العضلة الفخذية المستقيمة وتنشأ من جسم عظم الفخذ و تغطيه من المدورين الكبير و الصغير (trochanters) حتى اللّقمتين الفخذيتين الإنسية و الوحشية.وهي:

- ✓ **العضلة المتسعة الوحشية (Vastus lateralis muscle) :** تقع على الجانب الوحشي (الخارجي) لعظم الفخذ.
- ✓ **العضلة المتسعة الانسية (Vastus medialis muscle) :** تقع على الجانب الإنسي (الداخلي) لعظم الفخذ.
- ✓ **العضلة المتسعة الوسطى (Vastus intermedius muscle) :** تقع بين العضلة المتسعة الانسية والعضلة المتسعة الوسطى على الجزء الأمامي لعظم الفخذ (أي على الجزء العلوي أو الأمامي من الفخذ) ، ولكن أعمق من العضلة المستقيمة الفخذية. عادة لا يمكن رؤيتها دون شقّ (قطع) العضلة المستقيمة الفخذية.
- ✓ هناك عضلة خامسة في مجموعة عضلات رباعية الرؤوس، لطالما تُنسى ونادراً ما تُدرّس ، ألا وهي **عضلة مفصل الركبة (Articularis genus muscle).**

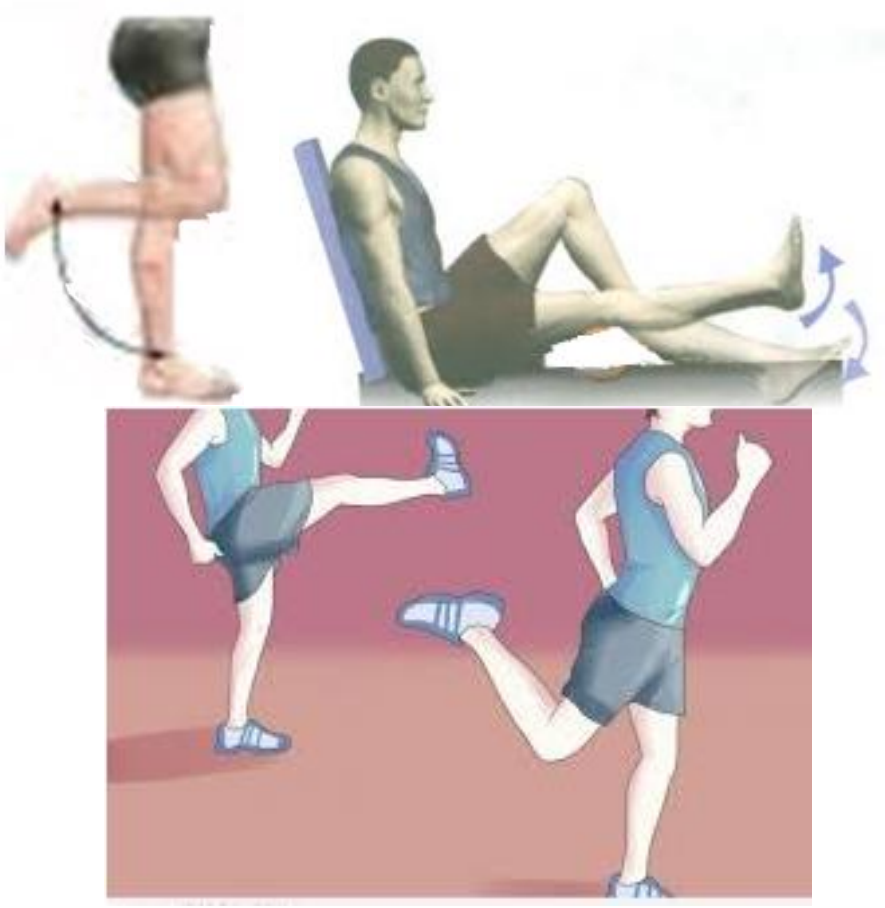
كل الأجزاء الأربعة للعَضَلَةُ رُباعِيَّةُ الرُّؤوس ترتكز في نهايتها بأحدوبة الظنبوب (tibial tuberosity) على قصبة الساق اماما. بعد ان يحيط وتر هذه العضلة بالرضفة (patella) ، حيث تتقارب وتتجمّع (تشريحياً) الرؤوس الأربعة للعَضَلَةُ رُباعِيَّةُ الرُّؤوس في الأجزاء العلوية الأمامية من الرضفة ، فتتجمّع في وتر واحد هو وتر العَضَلَةُ رُباعِيَّةُ الرُّؤوس (quadriceps tendon) الذي يُسمّى أيضا الوتر الرضفي (patellar tendon)، الذي يستمر ويصبح الرباط الرضفي (patellar ligament) ثم يرتبط بقصبة الساق (الظنبوب) من الامام. ومن المعلوم أن الوتر (tendon) هو الذي يربط العضلات بالعظام، في حين أن الرباط (ligament) يربط العظام بالعظام.



شكل 92

اربطة واوتار الركبة

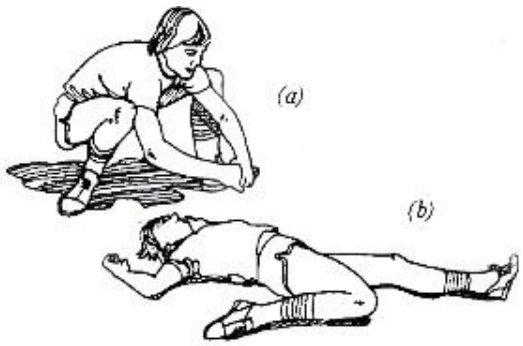
والحركات الرئيسة للركبة موضحة بالشكل (93)



شكل 93
مديات وحركة الركبة

عند ثني ومد مفصل الركبة ينزلق الغضروف لكي يلائم شكل اللقمتين في عظم الفخذ ، بسبب التحام الغضروف الإنسي مع الرباط الإنسي الجانبي ،وهذا هو سبب سهولة إصابة الرباط الإنسي عند تعرضه الى ضغط زائد في وضع غير مألوف.

الإصابة الشائعة للغضروف هي الناتجة عن تحمل مفصل الركبة لوزن الجسم والمفصل في حالة الثني ، هناك حركة مطاطية في مفصل الركبة خلال دوران الجزء الأسفل من الرجل الى الخارج مما يسمح للرباط الإنسي بالتمدد بشده عالية مما يسبب سحب عنيف للغضروف الموجود بين عظمي الفخذ والقصبة . تجنب المشي من وضع الجلوس (a) والاستلقاء بما يشبه وضع الموانع (**b**) **(الشكل 94) .**

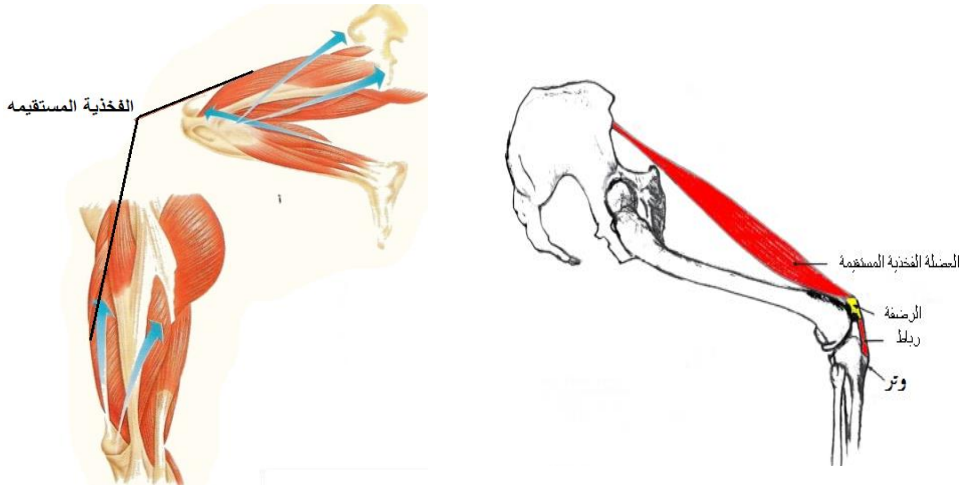


شكل 94

التمارين التي تؤثر على غضروف الركبة

عضلات مد مفصل الركبة:

جميع عضلات الفخذ الأربع الامامية (الرباعية) هي عضلات قويّة ، تعمل على مد مفصل الركبة ، و هذه العضلات اساسية في المشي الركض والقفز وجلوس القرفصاء. فواجب العضلة المستقيمة الفخذية (Rectus femoris muscle) التي تنشأ من عظم الحَرْقَفة (الورك) (Ilium)،(الشكل 95) تعمل على ثني مفصل الورك، تدغم هذه العضلة عند مفصل الركبة وتعمل أيضا على مد مفصل الركبة بسبب قوة وترها الذي يمتد عبر الرضفة الى عظم القصبة (الساق) .



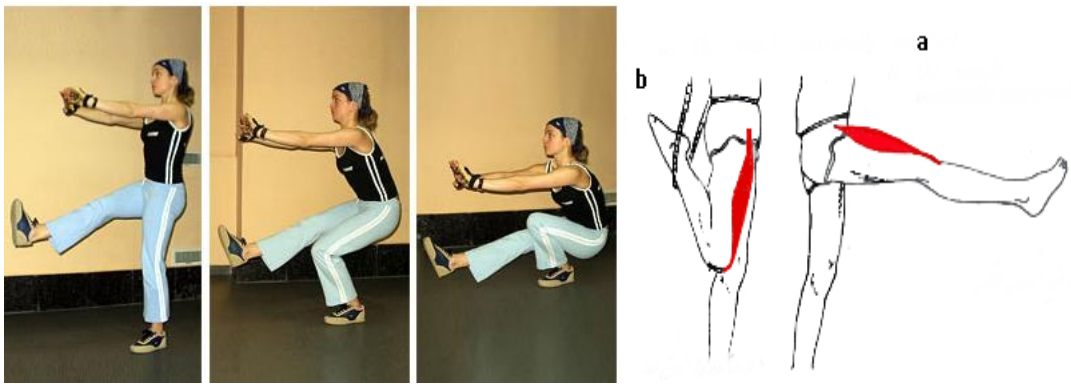
شكل 95
العضلة الفخذية المستقيمة

وهي أيضا تقوم بثني الورك في المشي أو الركض لأنها تؤرجح الرجل وتدفعها إلى الأمام لتكامل الخطوة التالية.جميع عضلات الفخذ الأربع و بخاصّة العضلة المتسعة الانسية (Vastus medialis) ، تلعب دورا هاما في تحقيق الاستقرار في الرضفة ومفصل الركبة أثناء المشي.

فعضلات الفخذ هي أكثر قدرة على تحمل الضغط والعبء البدني. لذلك يحدث الم عضلي أقل في كثير من الأحيان في هذه المجموعات العضلية. ومن المهم، أن يكون هناك توازن في القوة والمرونة بين كلا المجاميع العضلية المتضادة في الفخذ (الامامية والخلفية). اذ ان معظم الرياضيين لديهم عضلات رباعية الرؤوس (الفخذية الامامية) أقوى من العضلات المأبضية(الخلفية). ويميل الرياضين دائما عند اجراء الاحماء لإطالة العضلات الخلفية المأبضية ، أكثر بكثير من عضلات الفخذ الامامية. هذا يخلق عدم توازن بين هذه المجاميع العضلية. فالإفراط المستمر في إطالة أوتار الركبة من دون إطالة مقابلة للعضلات رباعية الرؤوس يمكن أن يسبب ضررًا أكثر مما يسبب نفعاً. هذا هو سبب وجع العضلات الخلفية المأبضية في كثير من الأحيان أكثر من العضلات رباعية الرؤوس. فالإفراط يمكن أن يؤدي أيضًا إلى الإرهاق المزمن والانخفاض في قوة العضلات الخلفية المأبضية. ولتصحيح هذا الخلل في التوازن، نحتاج إلى وضع مزيد من التركيز على إطالة العضلات رباعية الرؤوس الفخذية الامامية ، وتقليل التركيز على إطالة العضلات

الخلفية الثانية للركبة . وغالبًا ما يجلس الناس في وضع واحد لفترة طويلة، خاصة عندما يكونون في سيارة، أو وراء مكتب، أو على متن طائرة. وبالتالي، فإنه ليس من المستغرب أنه بعد الجلوس لساعات، يشعر الناس بالحاجة إلى النهوض وإطالة عضلاتهم. عندما يقف الناس بعد فترات طويلة من الجلوس، يجدون عادة أن مفاصلهم وعضلاتهم أصبحت متيبسة مؤقتًا. غالبًا ما تشعر بتيبس أكثر في مفصل الركبة، والنهوض من وضعية الجلوس بعد فترة طويلة يمكن أن يكون مؤلما إلى حد ما. ولهذا، من المستحسن أن تنهض كثيرًا خلال ساعات الجلوس تلك الطويلة والتحرك حول المكان. فإطالة هذه العضلات هو علاج طبيعي. قد وجد كثير من الناس أن إطالة وتحريك عضلات الساق توفران الراحة من شد وألم العضلات والمفاصل. يمكننا اختبار قوة عمل العضلة الفخذية المستقيمة بالطرق الآتية :

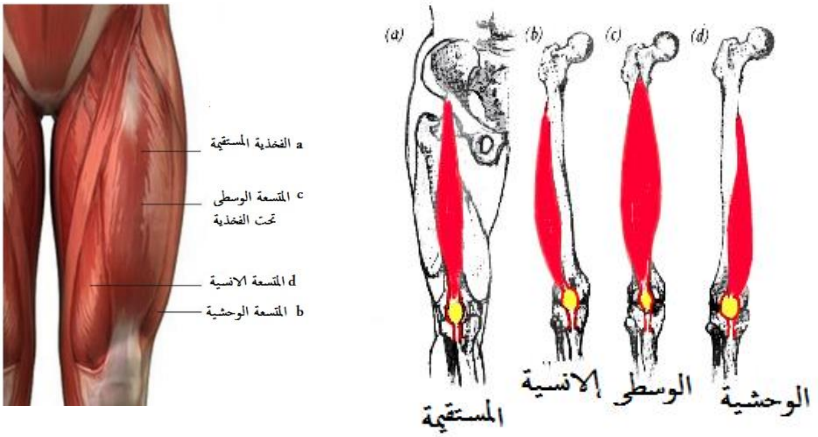
- الوقوف على رجل واحدة والجسم في مستوي عمودي مع رفع الرجل الحرة الى المستوي الأفقي (الشكل 96)، هل يمكن عمل هذا التمرين؟ هل ان العضلات الخلفية للفخذ لها مرونة كافية لكي تسمح لنا برفع الرجل الى المستوى الأفقي؟ ماهي الفترة التي تستطيع بها المحافظة على هذا الوضع ؟ بعد فترة قصيرة سوف تشعر بألم في العضلة الفخذية المستقيمة، وهذا الألم هو إشارة على نقص الأوكسجين الذي يحدث بسرعة من جراء تنفيذ هذه الفعالية الثابتة.



شكل 96
اختبار قوة العضلة المستقيمة الفخذية

توجد أيضا ثلاث عضلات كبيرة أخرى تعزز او تندغم مع العضلة المستقيمة الفخذية في مفصل الركبة ، وتعمل هذه العضلات على مرجحة الساق حول ومده حول مفصل الركبة، أنها من العضلات الضخمة التي تكون حجم الفخذ.

يظهر في الشكل 97 العضلات الباسطة الأربعة في الرجل اليمنى مصورة من الجهة الأمامية.



شكل 97

العضلة ذات الرؤوس الاربعة الفخذية

*المنشأ لهذه العضلات(تسمى أيضا بالعضلة الرباعية):

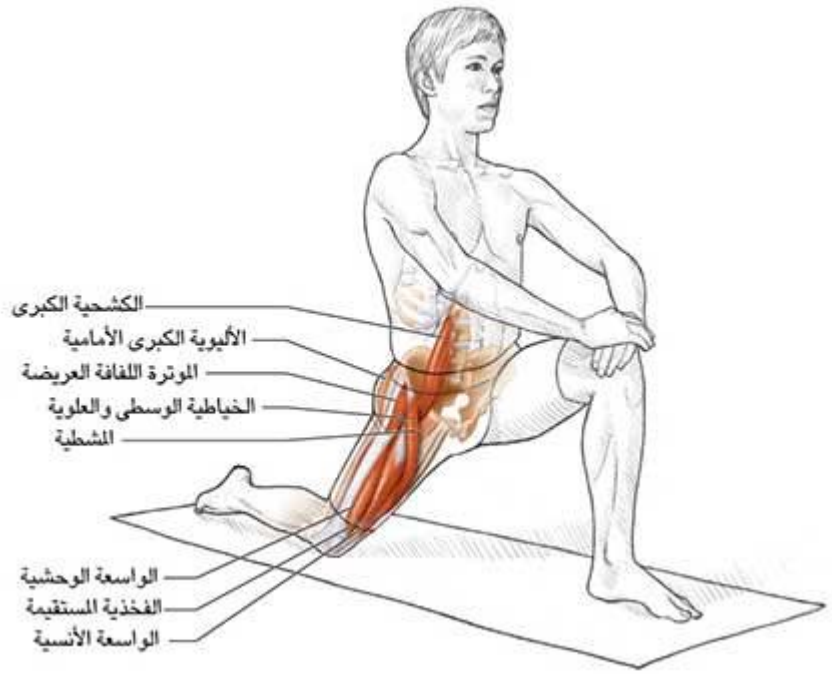
a- منشأ العضلة الفخذية المستقيمة من الشوك الحرقفي الأمامي العلوي.

b - منشأ العضلة المتسعة الوحشية من الحافة الخشنة العليا لعظم الفخذ.

c - منشأ العضلة المتسعة الوسطى من الرأس الأمامي لعظم الفخذ.

d - منشأ العضلة المتسعة الإنسية من الحافة الخشنة الإنسية لعظم الفخذ.

اما مدغم هذه العضلة، فتندغم بعض ألياف عضلات الفخذ الأمامية مباشرةً بمفصل الركبة (الرضفة) وتدغم ألياف العضلات الأخرى بمفصل الركبة بواسطة أوتارها ، هذا يعني ان وترها يدغم مع وتر مفصل الركبة (وتر الرضفة) ليدغم بعد ذلك في الحدبة الظنبوبية .



شكل 98
تمطية العضلة ذات الرؤوس الاربعة الفخذية

- **وظيفة هذه العضلات:**

المحافظة على استقامة مفصل الركبة عند تنفيذ عمل مركزي ومنع مفصل الركبة من الثني عند تنفيذ تقلص لا مركزي .

يطلق على العضلة الفخذية المستقيمة والعضلات الكبيرة الثلاث في الفخذ اسم العضلة ذات الرؤوس الأربعة (او الفخذية الرباعية) ، وعملها هو مد مفصل الركبة وتثبت وتوجيه مفصل الركبة لذا فهي تصحح انزلاق اللقمتين في نهاية عظم الفخذ وتخفيف الضغط.

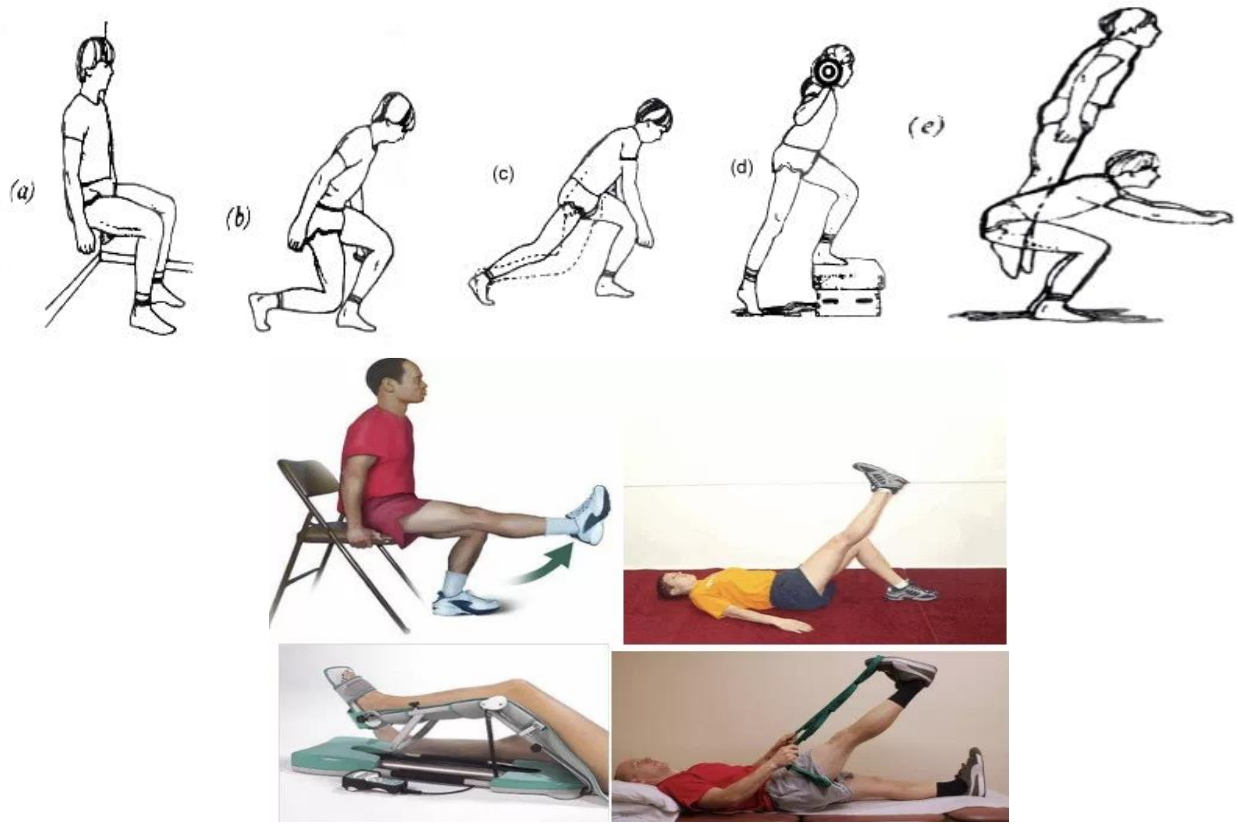
نستخدم لتطوير العضلة الرباعية التي تظهر في الشكل 98 التمارين الاتية:

(a) الجلوس والظهر مسند الى الحائط والزاوية بين مفصلي الورك والركبة 90° درجة،عمل العضلة في هذا التمرين هو تقلص ثابت.

(b) الوقوف مع وضع وزن الجسم على الرجل اليسرى مع محاولة وضع مفصل الركبة الأيمن قرب وتر كعب القدم اليسرى ، في هذا الوضع سوف تلاحظ وجود ضغط

ثابت ، بإمكانك عمل ارتداد خفيف للأعلى والأسفل لإعطاء فترة راحة لتجهيز العضلة بالدم.

(c) المشي بخطوات طويلة وعمل تمطيه في كل خطوة، مع نقل وزن الجسم بعيدا الى موقع فوق القدم اليسرى ، هذا التوقف البسيط العضلة يمرن على العمل تقلص لامركزي.



شكل 99
تمارين تقووية العضلة الرباعية

(d) الصعود والهبوط على مصطبة او درج مع وضع بعض الإثقال على الكتف (إذا كنت تمتلك عضلات ظهر قوية) ، يعطي هذا التمرين تدريب ديناميكي للعضلة الرباعية.

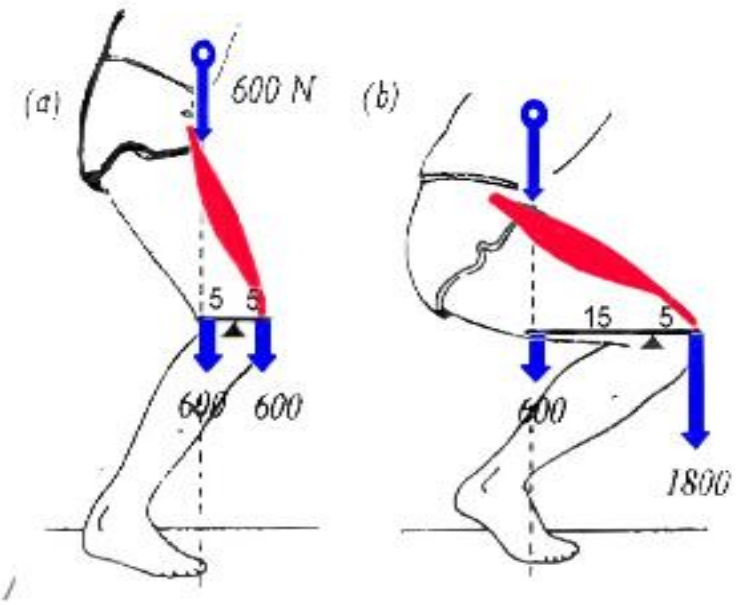
(e) القفز للأعلى (عمل مركزي) وللأسفل (عمل لا مركزي) على نقطة واحدة على الأرض.

(يجب إيقاف الحركة قبل ثني الركبة أكثر من 90° درجة في مفصل الركبة ، لاحظ الشكل) .

يكون الحمل عالي الشدة عند ثني الركبة في التمرين في الشكل (99- aوe) ، ويزداد كثيرا بالقفز العميق الى الأسفل من شدة الشغل ، وستتعرض العضلة الى ضغط كبير مع عدم تعرضها للضرر من جراء هذا الضغط، لكن عند ثني مفصل الركبة كثيرا (اقل من 90 درجة) سوف يعرض الغضروف الخلفي لمفصل الركبة الى الإصابة.

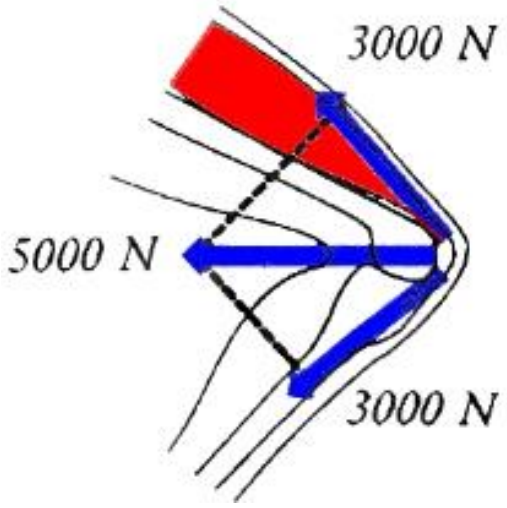
فيما يأتي بعض الأمثلة على حالات أنتاج الضغط في مفصل الركبة،الشكل 100(a) عند الوقوف على رجل واحدة (مع ثني خفيف في مفصل الركبة مع الإبقاء على مركز ثقل الجسم على مسافة 5 سم خلف محور مفصل الركبة (المسافة الوهمية عن خط الجاذبية), في هذه الحالة تتقلص العضلة الرباعية بقوة كافية للمحافظة على الجسم من السقوط الى الخلف والجلوس. طبقا الى مبدأ العتلة ينبغي ان تكون قوة العضلة مساوية إلى قوة الجاذبية عندما يتساوى ذراع العضلة مع ذراع الجاذبية الارضيه وكلاهما 5 سم (أي عتلة متزنه)(600×5=600×5).

وفي الشكل 100 (b) كانت زاوية ثني مفصل الورك اقل من الزاوية في الشكل (a) فأن المسافة بين الخط العمودي (لمركز الثقل) ومحور الحركة (الركبة) سوف تزداد الى 15 سم، على الرغم من بقاء نفس مسافة طول ذراع القوة(العضلة) وهو 5 سم ، في المثال الثاني (b) لذا يجب ان تكون قوة العضلة ثلاثة أمثال قوة الجاذبية (3×600 نيوتن) والسبب هو ان ذراع القوة اصغر من ذراع المقاومة (قوة الجاذبية) بثلاث مرات.



شكل 100
عزوم القوة والجاذبية على العضلة الرباعية الفخذية

تحتاج العضلة عند الثني الشديد الى أنتاج قوة مضاعفة من 4 الى 5 مرات اكبر من قوة الجاذبية (وزن الجسم) ، لذا يمكن ان يصل مقدار القوة التي تسحب العضلة بها مفصل الركبة الى حوالي 3000 نيوتن ، وكنتيجة لذلك يتعرض مفصل الركبة الى قوى تضغطه نحو الأعلى باتجاه عظم الفخذ, وتصل أحيانا هذه القوة الى الضعف عندما تكون زاويا ثني مفصل الركبة صغيرة . وتصل القوة الى 5000 نيوتن كمحصله كما في(الشكل 101) ، وهنا يعرض الرياضي نفسه الى خطورة تمزق الغضروف اذا قام بتكرار هذا النوع من التمارين.

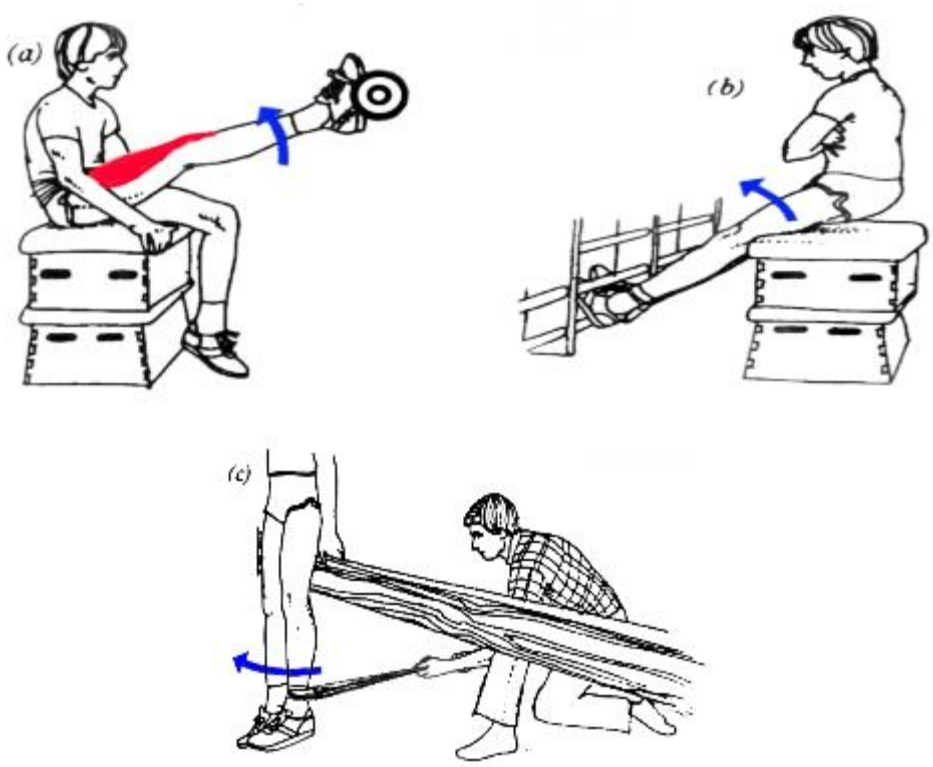


شكل 101
زيادة عزم القوة بنقصان زاوية الركبة

ويظهر من القيم السابقة ان الركبة المستقيمة يصل العزم فيها الى الصفر و يظهر أيضا ان الثني العميق سوف يزيد كثيرا من العزم على مفصل الركبة.

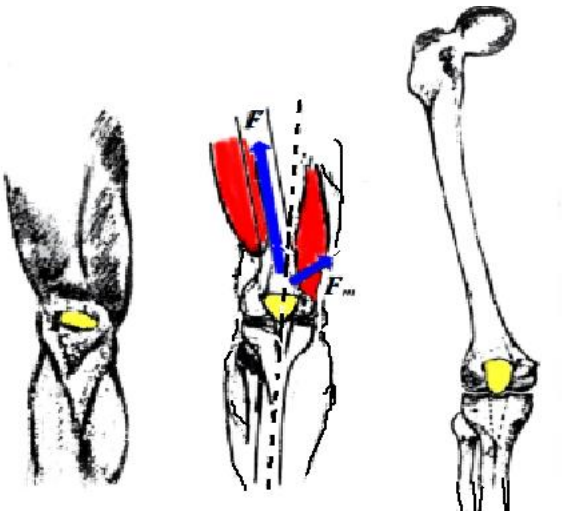
لوحظ بمساعدة التخطيط الكهربائي للعضلة (EMG) ان العضلة المتسعة الإنسية هي الأكثر نشاطا خلال المرحلة الأخيرة من امتداد الرجل ، ولأجل تدريب هذا الجزء من العضلة الرباعية من الضروري بناء تمارين تسلط ضغط عالي على الرجل عندما تكون الركبة في حالة مد كامل.

التمارين في الشكل 102 جزء من تدريب العضلة الرباعية:



شكل 102
تدريب عالي الشدة للعضلة الرباعية الفخذية

اذ تتعرض الركبة المستقيمة في تمارين(الشكل 102 a,b,c) إلى شدة عالية (التغلب على عزم المقاومة المتمثل بالوزن المضاف ووزن الرجل والمقاومة) ، هذه التمارين تزيد من عزم قوة العضلة المتسعة الإنسية، وهي العضلة مهمة في تثبيت مفصل الركبة ، هنا يشكل عظم الفخذ وعظم القصبة مع بعضهما زاوية 180 درجة ،ويعمل مفصل الركبة هنا بصورة رئيسة مع اتجاه عظم الفخذ (الفخذية المستقيمة والمتسعة الوسطى والإنسية),وتقع الحركة الانزلاقية لتخفيف الضغط في الركبة عند الخط العمودي للجسم (لاحظ الشكل 103) .



شكل 103
خط اتجاه سحب العضلة الفخذية

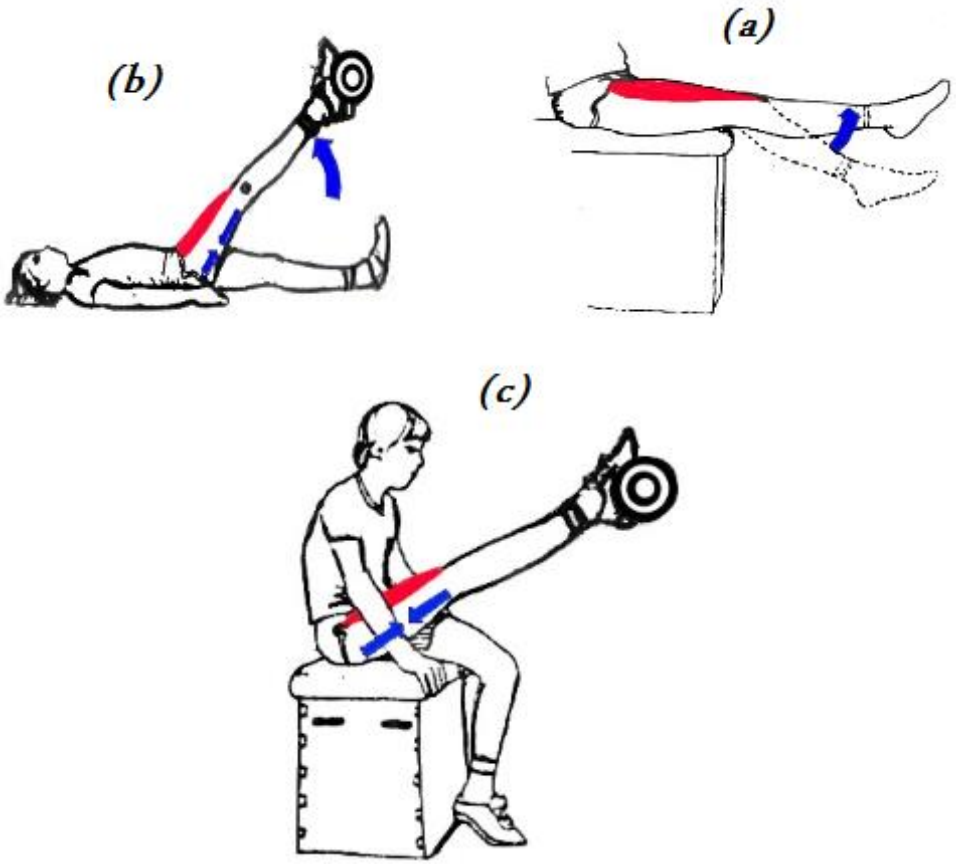
العضلة التي يكون عملها التوجيه الصحيح للرضفة، هي ليست العضلة التي تسحب باتجاه الخارج او التي تسحب نحو الخلف باتجاه اللقمة الوحشية او الإنسية لعظم الفخذ ، بل هي العضلة المتسعة الإنسية ، وعملها التوجيهي هو السحب كما يظهر في الأسهم في الشكل 103 ، تصاب هذه العضلة بالضعف بسرعة عند إصابة الركبة ، لهذا السبب من الضروري أعطاء الاهتمام الخاص لهذه العضلة عند أجراء تمارين مد الركبة في مرحلة الاستشفاء خصوصا بعد وضع الركبة في الجبس لفترة من الزمن ، التمرين الموضح في الشكل c102 من التمارين السهلة لمد مفصل الركبة والذي يهدف الى أعادة بناء القوة بعد الإصابة ، وهدف هذا التمرين هو وضع حمل خفيف على الركبة عند مدها.

فيما يأتي بعض التدريبات لتسليط بعض المقاومة لتطوير العضلات العاملة على مفصل الركبة(من الشكل 104):

(a) من الضروري ان تتغلب العضلة الرباعية للفخذ على وزن الجزء الأسفل من الرجل ، ويمكن زيادة الشدة على هذه العضلة عن طريق زيادة الوزن بوضع أكياس من الرمل على القدم او عن طريق ارتداء الأحذية المحملة بالأثقال.

(b) عند رفع الرجل وهي ممدودة فأن وزن الجزء الأسفل من الرجل لا يزال يعرض العضلة الرباعية للفخذ الى الضغط ، والحاجة لهذا لتمرين أكثر من حاجة تمرين (a)، وبسبب هو ان العضلة الخلفية للفخذ تتمدد وتحاول ثني مفصل الركبة ، لذا على العضلات الباسطة للركبة ان تعمل بجهد اكبر من التمرين (a).

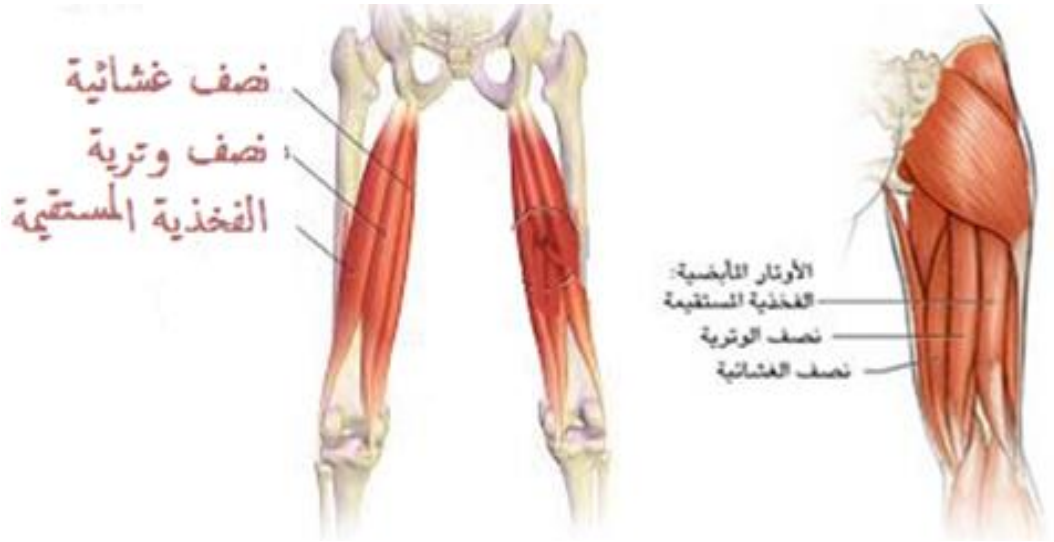
(C)عندما يجلس الشخص وينفذ تمرين رفع الرجل مع الثقل، في هذا التمرين يحاول الورك التحرك باتجاه الأعلى ، هذا لايحدث اذا كان الشخص مستلقيا على ظهره كما في التمرين (b) ،مما يسبب تمدد كبير للعضلات الخلفية للفخذ، لذا فأن التمرين (C) أشد من التمرين (b) ، بالإضافة الى انه يعرض العضلات التي تعمل على ثني مفصل الورك الى الضغط ،على سبيل المثال ،لاعب القفز العالي ذو التدريب الجيد له القابلية على الجلوس ورفع رجله بزاوية 45 درجة عن المستوى الأفقي مع وضع وزن 15كغم على قدمه .(الشكل 104)



شكل 104
تمارين عزوم القوة للعضلة الفخذية الرباعية

- **عضلات ثني مفصل الركبة :**

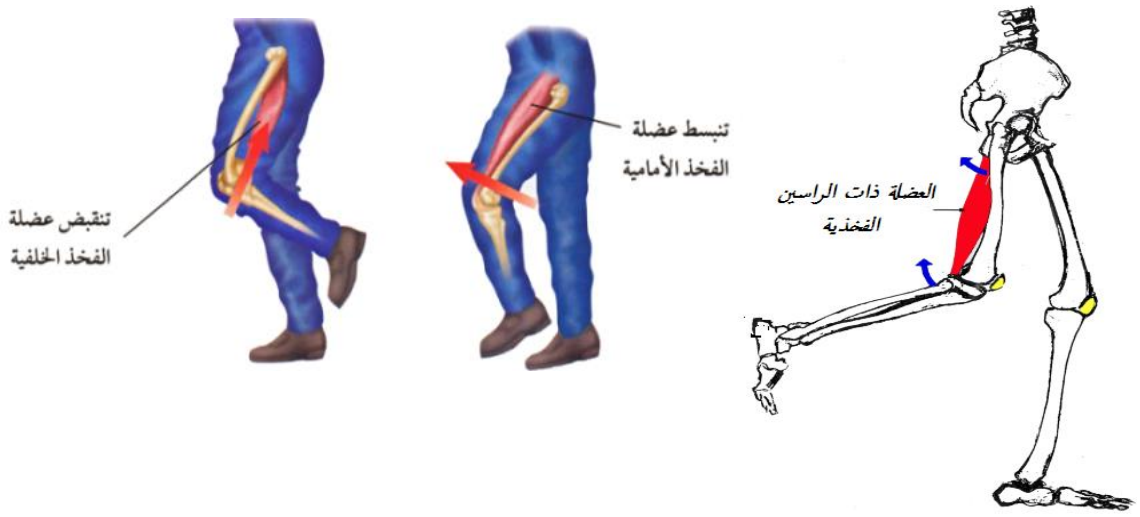
وهي العضلات الواقعة في الجهة الخلفية من الفخذ ، والاسم الذي يجمع هذه العضلات هو العضلات المأبضية ، وتنشأ هذه العضـلات من الجزء الأسفل لعظـم الورك (العجز) من الخلف وتستمر بالامتداد نحو الأسفل باتجاه الركبة . تتكون العضلات المأبضية من ثلاث عضلات وتنشأ جميعها من الحدبة الوركية ، حيث تدغم العضلة ذات الرأسين في رأس عظم الشظية وبإمكانها تدوير أسفل الرجل لكي تؤشر القدم إلى الاتجاه الخارجي، وتدغم العضلات النصف وترية والنصف غشائية في اللقمة الإنسية (او الداخلية) لعظم القصبة لذا فهي تستطيع تدوير أسفل الرجل للجهة الداخلية. ويطلق على هذه العضلات اسم الاوتار المأبضية بسبب سهولة تحسس أوتارها في المنطقة الخلفية للفخذ ، وتمتد المسافة بدرجة كبيرة بين المنشأ والمدغم لهذه العضلات الباسطة للورك والثانية للركبة على زاوية مفصل الورك والركبة.



شكل 105

العضلات المابضية للركبة(الفخذ الخلفية الثانية للساق)

وينتج من تقصير العضلات الخلفية للفخذ تثبيت مفصل الورك ورفع الساق خلفا, وهذا يقلل من قابلية الشخص على دفع الحوض باتجاه الأمام ، لذا يقوم الشخص بالتعويض عن هذه الحركة بثني العمود الفقري للأمام عند المنطقة القطنية ,وهذا يسبب مشاكل للظهر في معظم الأحيان. الشكل 106



شكل 106

انقباض مركزي ذات الراسين العضدية

غالبا لايؤدي الرياضي الإطالة بشكل صحيح عند بدء المشاركة في رياضة ، فهو بذلك يعرض نفسه لإصابة شد أوتار الركبة المابضية. اصابة أوتار الركبة المشدودة شائعة في كل من عدائي المسافات الطويلة؛ والذين يمارسون الركض السريع الذين يزيدون بشكل ملحوظ من سرعتهم، ومسافة الركض، أو مقدار التسلق صعودًا. التقلص في العضلات يمكن أن يتلاشى أثناء ممارسة التمارين عندما تصبح العضلات أكثر دفئًا، ولكن بعد التوقف فإنه يمكن أن يعود. أيضًا، التقلص غالبًا ما يكون مؤشرًا على الشد القليل أو الكبير في العضلات، وهو أمر شائع يتم الشعور به بعد التمارين غالبًا. بالإضافة إلى ذلك، عدم التوازن في قوة العضلات، والذي تكون فيه باسطات الركبة أقوى أو تكون العضلات الأليوية أضعف من الأوتار المأبضية، أيضًا سيسبب ضيقًا. وبالتالي، من المهم، خصوصًا، الإطالة بشكل صحيح بعد التمرين، لأن هذا هو الوقت الذي تكون فيه العضلات دافئة وأكثر تقبلًا للإطالة.

هذه الإطالة الأكثر استخدامًا لأوتار المأبضية. ويمكن بسهولة القيام بها في أي وقت كلما كنت تشعر بالحاجة لإطالة أوتار ركبتك. بعد أي نوع من نشاط اللياقة البدنية، من الممكن الشعور بآلام طفيفة وضيق في العضلات في الأوتار المأبضية. ليس من غير المألوف الشعور بعدم الراحة هذه بعد، تقريبًا، أي جلسة تمرين. هذا هو الوقت الأمثل للقيام ببعض الإطالات الخفيفة لهذه العضلات. في معظم الحالات، هذه

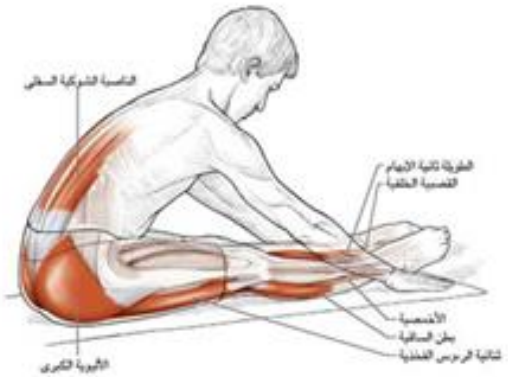
الإطالة ستريح تلك الأعراض غير المريحة، وسوف تكون قادرًا على الاستمرار في القيام بأي روتينات يومية أخرى دون أي قلق بخصوص حالة العضلات.

للحصول على أفضل النتائج في هذه الإطالة، حاول الحفاظ على استقامة الركبة اليمنى، وثني الجذع مباشرة من عند الورك. من المهم أيضًا الحفاظ على استقامة الجزء الخلفي بقدر الإمكان عند تنفيذ هذه الإطالة. تدوير القدم اليمنى خارجًا قليلًا وثني الرأس والجذع أكثر نحو الجانب الأنسي (الداخلي) من الركبة اليمنى سيزيد من إطالة الفخذية ثنائية الرؤوس، والتي تقع على الجانب الخلفي الخارجي من الفخذ. من ناحية أخرى، تدوير القدم اليمنى قليلًا وثني الرأس والجذع أكثر نحو الجهة الجانبية (الخارجية) من الركبة سيزيد من إطالة العضلات نصف الوترية ونصف الغشائية التي تقع على الجانب الداخلي الخلفي من الفخذ.

- **تمارين الاطالة لعضلات الفخذ:**

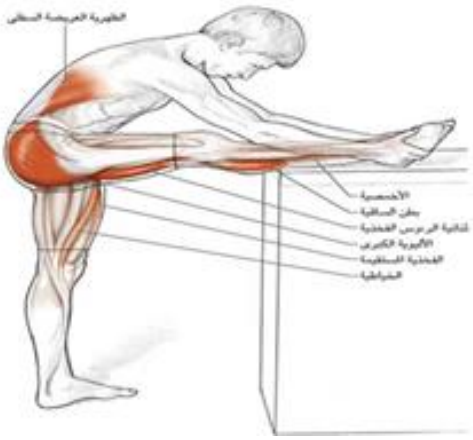
1. التمرين في الشكل(107)، ممكن إطالة كلتا العضلات الخلفية للرجلين في نفس الوقت. من أجل أن تحقق إطالة أفضل وتحسن المرونه، محاولة قدر الامكان المحافظة على استقامة

الركبتين. من المهم أيضًا الحفاظ على استقامة الظهر . عند ثني الجذع إلى الأمام، وتحريكه كوحدة واحدة، وإبقاءه في الوسط بين الساقين. اتباع هذه الإجراءات يسمح بإطالة عضلات الرجل بشكل أكثر فعالية، ويجلب نتائج اكبر، وأسرع، وأفضل.



الشكل107
ثني الجذع من الجلوس للامام

2. التمرين في الشكل (108) هذه هي إطالة للذين يمتازون بمرونة جيدة في ركبهم . التأكد من اختيار ارتفاع للطاولة، أو المقعد االقصير، أو الأريكة، أو أي شيء مستقر لوضع الرجل عليه. في بداية تمرين الإطالة هذا، من المستحسن أن البدء بارتفاع يناسب حالة مرونة الشخص، ومن ثم القيام بزيادة دورية في ارتفاع السطح بعدة سنتيمرات مع تحسن المرونة. زيادة ارتفاع السطح بمقدار (60-30 سم) فوق الوركين مع تحسن المرونة سيزيد من إطالة هذه المجموعات العضلية. عند هذه النقطة، سيكون هناك شعور بإطالة جزء من المجموعات العضلية في الرجل (الخياطية، والفخذية المستقيمة، والمتسعه المتوسطة، والوحشية، والأنسية) للرجل المرتكز عليها(الاخرى) كما يمكنك زيادة ارتفاع الطاولة لأعلى ارتفاع ممكن. يكون ثني الجذع إلى الأمام مباشرة كوحدة واحدة، مع إبقائه مرتكز فوق الرجل اليمنى.



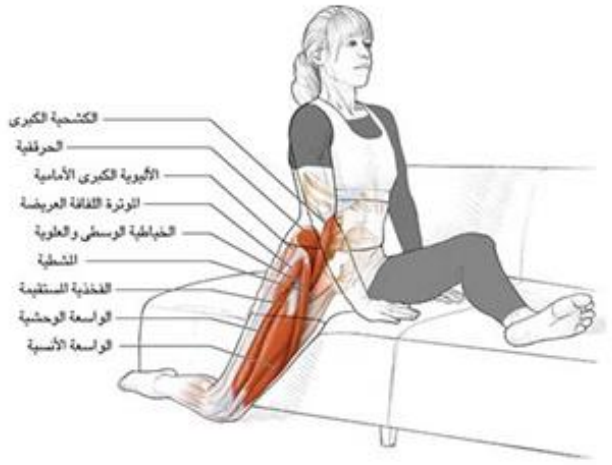
الشكل 108
اطالة العضلات الخلفية الفخذية

3. الشكل (109) يبين الإطالة الأكثر استخدامًا لأوتار المأبضية. ويمكن بسهولة القيام بها في أي وقت كلما كنت تشعر بالحاجة لإطالة أوتار ركبتك. بعد أي نوع من نشاط البدني، يمكن الشعور بآلام طفيفة وضيق في العضلات في الأوتار المأبضية. في معظم الحالات، هذه الإطالة تريح الشخص من الأعراض غير المريحة التي ممكن ان يشعر بها في العضلات المابضية،

وسيكون قادرًا على الاستمرار في القيام بأي روتينات يومية أخرى دون أي قلق .

الشكل 109
اطالة العضلات الفخذية الخلفية بثني الجذع

4. الشكل (110) هذه هي الإطالة المبتدئة للعضلات رباعية الرؤوس. يمكن تنفيذها من الجلوس على حافة أريكة أو سرير. وضعية الجلوس تساعد على جعل تنفيذ هذه الإطالة أكثر راحة واسترخاءً. ضع وسادة تحت الركبة اليمنى لمزيد من الراحة. وجود الساق اليسرى في وضع مثني أمامك يسمح للإطالة بأن تركز على العضلات رباعية الرؤوس في الساق اليمنى. القيام بمد الرجل اليمنى إلى الخلف من الجذع.



الشكل 110
استطالة العضلات الفخذية الامامية

5. الشكل(111) تستخدم العضلات الثانية والمادة في الفخذ على نطاق واسع في معظم الألعاب الرياضية. هذه العضلات غالبًا ما تصاب بالإرهاق ، وكنتيجة ينخفض مستوى الأداء. الم العضلات وشدها ينتج مع استمرار الرياضي باستخدام هذه العضلات. إذا لم تتم الإطالة بشكل صحيح، على الأرجح ستصاب الأوتار المأبضية وعضلات الفخذ بالشد أكثر. الأوتار المأبضية وعضلات الفخذ المشدودة شائعة بين الرياضيين.

الشكل 111
تمرين الاطالة الحركية لعضلات ثني ومد الورك

اما تدريب هذه العضلات فيكون كالاتي:

في تدريبات القوة (strength trianing)، يتم تدريب عضلات الفخذ بواسطة تدريبات الاثقال بثني ومد الركبة. وتشمل التدريبات الفعالة لبناء تلك العضلة : تمرين ضغط الأرجل (leg press) و تمرين القرفصاء (Squat). والحركة المنفردة لها (أي الحركة المطلقة لها التى تحرّك فقط العَضَلَةُ رُباعِيَّةُ الرُّؤوس) هى ممارسة تمرين تمديد الرجل فقط من الركبة (Leg extension). بالاضافة الى - تمارين تطوير القوة لعضلات ثني مفصل الركبة

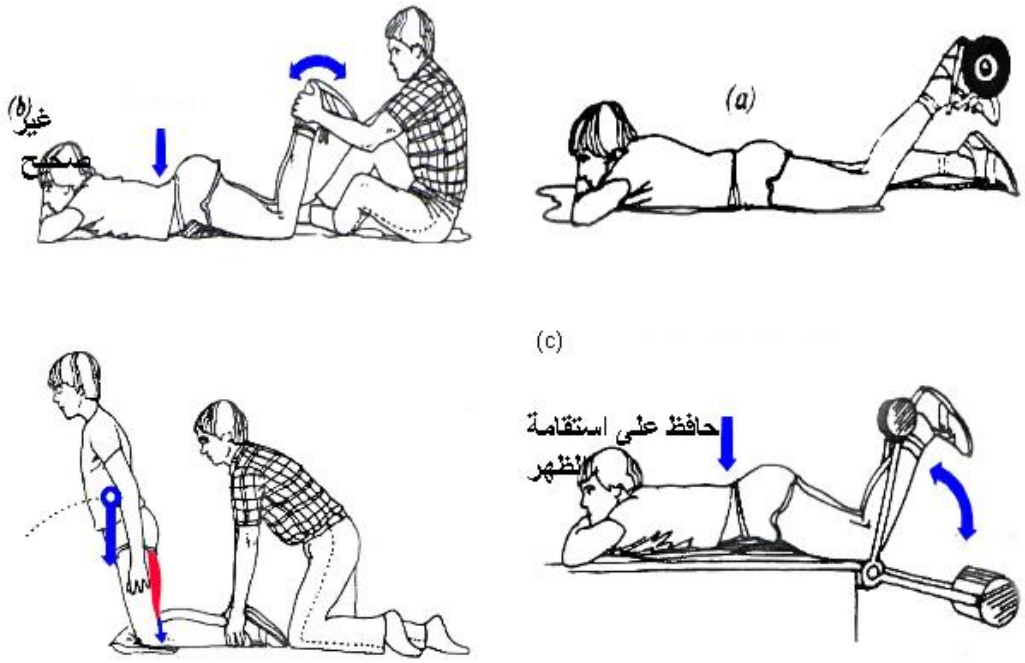
التمارين التالية هي أمثلة متنوعة لتطوير القوة في المنطقة الخلفية للفخذ وفق مبدا عزم المقاومة .

الشكل (a-112): تكون الحركة بمحور الركبة وتسلط مقاومة (بارتداء أحذية محمله بالأثقال او ربط الرجل بشريط مطاطي) وبشكل مناسب لكي تسمح بثني الركبة(مركزي) كذلك الحركة باتجاه الخلف (شغل لا مركزي للعضلات)، ينبغي ان لا تكون المقاومة كبيرة جدا بحيث تسبب في ثني مفصل الورك عند عمل هذا التمرين.

الشكل (b-112) :من خلال ثني الورك باستعمال العضلات الخصرية الحرقفية (دفع الحوض نحو الأعلى) سوف يتحرك منشأ المأبضية (الحدبة الو ركية) بعيدا عن الجزء الأسفل للرجل ، سوف تعمل هذه الحركة على تمطيه عضلات الثني وبالتالي زيادة قوتها ، في هذه الحالة تتعرض الفقرات القطنية إلى الضغط مع عدم تحريك الورك إلا بالمقدار الضروري الذي يسمح بتنفيذ الحركة وإبقاء الورك ملامس للأرض.

الشكل (c-112): يوضح الجهاز الذي يستعمل في التدريب لتطوير قوة عضلات ثني مفصل الورك ومد العضلات الباسطة للركبة.

الشكل (d-112): هذا التمرين ينفذ من قبل الرياضيين فقط من الضروري وضع سطح ناعم تحت الركبة مع تثبيت أسفل الرجلين.



شكل 112

تطوير القوة العضلية وعزومها لعضلات الفخذ الخلفية

يسمح الرياضي في هذا التمرين بسقوط الجزء العلوي من جسمه ببطأ باتجاه الأمام ثم سحبه للخلف, مع محاولة المحافظة على استقامة مفصل الورك (يتولد عزم مقاوم بسبب قوة جذب الارض) وتعمل العضلات الخلفية الفخذية على مقاومه هذا العزم ، في البداية ينصح بأداء هذا التمرين بحركات صغيرة . هذا التمرين يسبب ضغط كبير على العضلات ويمكن ان يؤدي الى التشنج للأشخاص غير الرياضيين ، ان الضغط المتولد هنا على العضلات هو وزن الجسم فقط ، عند دفع الجذع للأمام يقع مركز ثقل الجسم أمام مفصل الركبة ، عندئذ تهمل القوة الكبيرة لزخم عضلات ثني الركبة ، وعند هبوط الجذع للأمام يكون عمل هذه العضلات لامركزي, وعندما يرتفع الجذع الى الوضع العمودي يكون عمل العضلات مركزي.

يوجد تمرين آخر يعمل على تدريب انسجام السرعة بين العضلات الخلفية للفخذ وهو الركض بخطوات قصيرة سريعة مع محاولة دفع الورك للأمام بقوة.

والشكل 113 يبين بعض تدريبات هذه العضلات.

مد الرجلين هو تمرين يعزل الحركة ويجعلها في العضلة الرباعية فقط..

تمرين ضغط الأرجل.

تمرين القرفصاء.

مد و ثني العضلة رباعية الرؤوس.

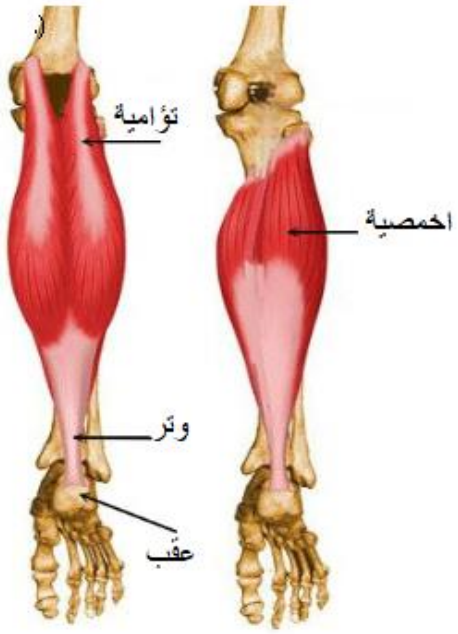
شكل 113

تدريب عضلات الركبة

- **الساق:**
- **عضلات الساق :**

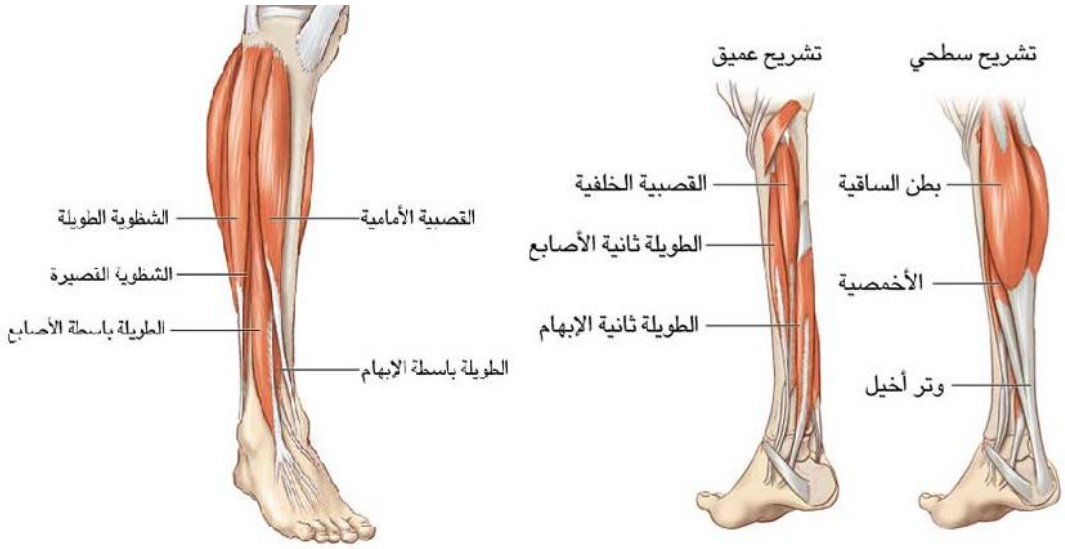
ثلاث عضلات هي ربلة الساق الأمامية (القصبية الأمامية، باسطة إبهام القدم الطويلة، باسطة أصابع القدم الطويلة) تقوم بالثني الظهري للكاحل وهي مهمة في الركض والقفز ، وكذلك تحرك القدم وأصابع القدم. عضلات باسطة الأصابع القصيرة، وبين العظمية الظهرية، وباسطة إبهام القدم القصيرة تقع على الجانب الظهري (العلوي) من القدم وبسط أصابع القدم. العضلات على الجانب أخمصي (بطن) من القدم، ثانية الأصابع القصيرة، الأخمصية المربعة، ثانية إبهام القدم القصيرة، ثانية

خنصر القدم، مبعدة إبهام القدم، مبعدة خنصر القدم، الأخمصية بين العظام، والخراطينية، تستخدم لثني وإبعاد أصابع القدم عن بعضها البعض.



شكل 114

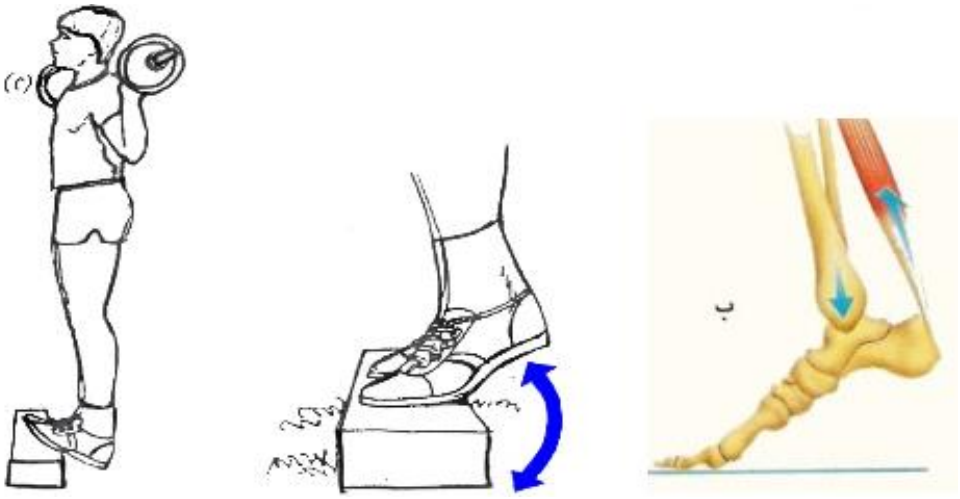
عضلات الساق الخلفية



شكل 115
عضلات الساق الخلفية والعميقه والامامية

في المتوسط، الناس يقفون على أقدامهم لمدة كبيرة من اليوم. لذلك عادة ما تستخدم عضلات القدم وأسفل الساق في نطاق أوسع خلال الأنشطة اليومية العادية، مثل الوقوف، أو المشي، أو الركض، أكثر من أي عضلات أخرى في الجسم. على الرغم من أن عضلات الجزء الأسفل من الساق أصغر بكثير من تلك التي في الفخذ العلوية، فإنها تدعم الجسم بأكمله، وتتلقى أثقل حمل خلال هذه الأنشطة. لأن القدمين تقومان أيضًا ببذل جهد ضد أي سطح تكون على اتصال معه، فليس من المستغرب أن ينتهي الأمر بالعديد من الناس مع أوجاع صغرى، وتشنجات، وضعف في عضلات الساقين والقدمين في نهاية اليوم. يمكن لإطالة وتقوية هذه المجموعات العضلية الصغيرة أن تخفف الكثير من التعب والألم الناجم عن الأنشطة اليومية. بالإضافة إلى المساعدة في تخفيف الألم، يمكن لإطالة عضلات أسفل الساق والقدم أيضًا تحسين المرونة الشاملة، والقوة، وتحمل القوة، والتوازن، والقدرة على التحمل. تحسين القوة والمرونة في هذه المجموعات العضلية بشكل عام سيمكن الشخص من أن يكون أكثر إنتاجية، عن طريق زيادة قدرته على العمل لمدة أطول وأصعب في العمل، أو خلال الأنشطة الترفيهية.

المجموعة العضلية المهمة في الركض والقفز هي عضلة بطة الساق(بطن الساق) (الشكل 116) ، وتتكون هذه العضلة من ثلاثة أجزاء هي : العضلة التؤامية التي تمتلك(جزئيين) مصدران لنشوء هذه العضلة(منشأ من اللقمة الإنسية و منشأ من اللقمة الوحشية لعظم الفخذ) ، و العضلة الاخمصية (العضلة المسطحة التي تنشأ من المنطقة الخلفية لأسفل الساق) ، وتشكل نهاية هذه الأجزاء العضلية الثلاث وترالعقب (وتر اكيليس) الذي يدغم في عظم العقب.

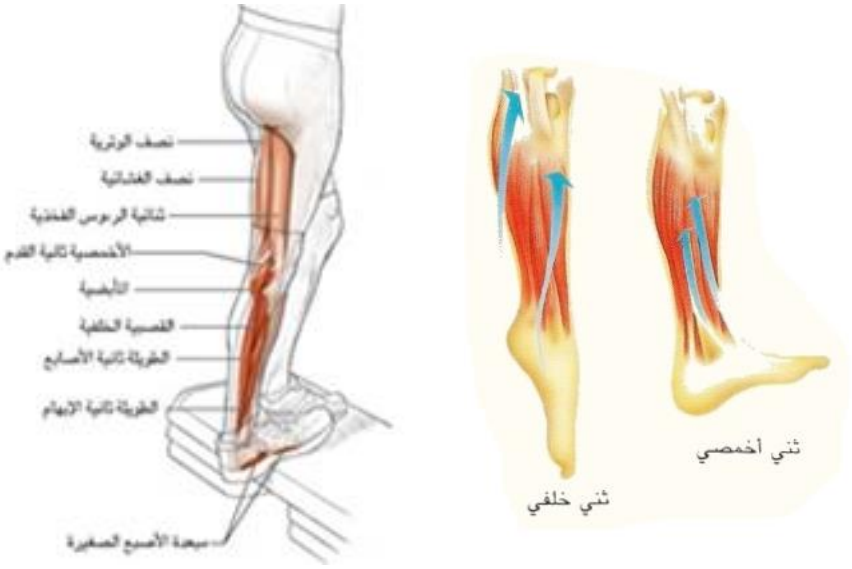


شكل 116

عمل العضلة التؤامية ووتر اكيليس عند الدفع

عمل العضلة التوأمية هو ثني مفصل الركبة ومد الكاحل، لذا يمكن رفع الجسم بالاستناد على رؤوس أصابع القدم (المد الاخمصي) (الشكل 116) ، تعمل العضلة الاخمصية على مفصل الكاحل فقط (يظهر في الشكل (116) العضلة التوأمية ، والعضلة الاخمصية.

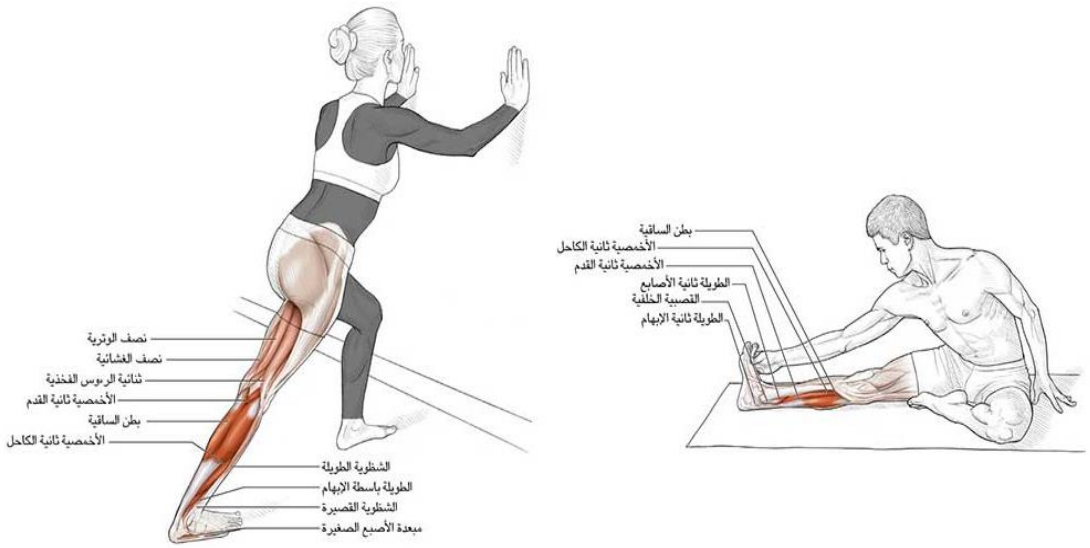
في الشكل (117) توضع أصابع القدمين على ارتفاع(5) سم عن مستوى الكعبين ويحاول الرياضي رفع جسمه والوقوف على أطراف ألأصابع وهي على المرتفع، ثم الرجوع الى الوضع الابتدائي ، يمكن عمل هذا التمرين بسرعة لمرات عدة(تحمل) ، او بوضع ثقل على الأكتاف وأداء التمرين خمسة او ستة مرات (قوة). ويبين نفس الشكل كذلك العضلات التي لها علاقة بتاثير هذا التمرين عليها.



شكل 117

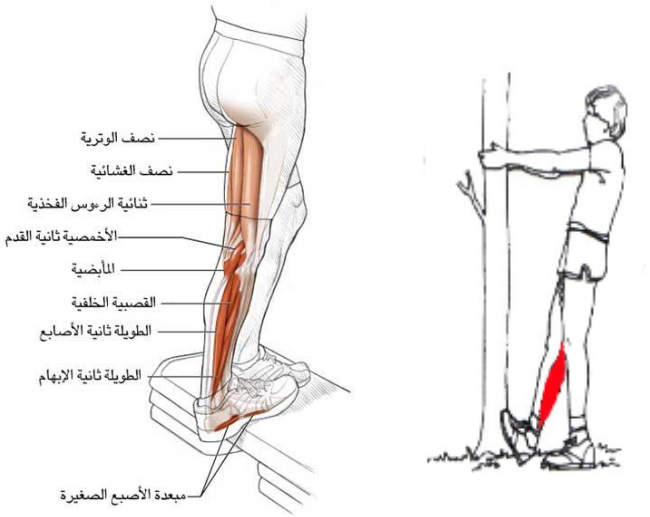
تمارين لتقوية عضلات الساق والكاحل

وإذا أردنا تمطية العضلة التوأمية فقط ، فبإمكاننا عمل التمرين الذي في الشكل (118)، قف باتجاه الحائط او الانحناء باتجاه الأمام مع إسناد اليدين على الأرض ، ثم حاول تحريك أحدى الرجلين الى الخلف لأقصى مدى مع محاولة إبقاء عقب القدم ملامس للأرض.(الشكل 118)



شكل 118
امتطاط العضلة التوأمية

ويمكن تنشيط العضلة بأسلوب التمطية – الراحة – التقلص(PNF)، وذلك بوساطة عمل ضغط على الكرة وهي تحت القدم باتجاه الأرض لمدة عدة ثواني ، الطريقة الجيدة الأخرى هي تثبيت القدم ضد جذع شجرة او عمود مع سحب الجسم بحذر نحو الأمام بمساعدة الذراعين بهذه الطريقة تمدد عضلة الساق الخلفية الشكل(119)، اذا كانت الركبة مستقيمة فالعمل هنا هو كذلك يتضمن تمطية للعضلة التوأمية.



شكل 119

تمدد عضلات الساق(الخلفية)

اما العضلات التي تقع اما الساق ، فهي ثلاث عضلات (القصبية الأمامية، باسطة إبهام القدم الطويلة، باسطة أصابع القدم الطويلة) تقوم بالثني الظهري للكاحل كقسم رئيسي للحركة كالذي يحدث من انقباض لها في نهاية الركلة بكرة القدم مثلا. ومن جهة اخرى تهيئ للوضع التحضيري للقدم للقيام فيما بعد بالمد الفعال من قبل العضلات الخلفية للساق التي تكون في حالة امتطاط بنفس اللحظة التي تقوم العضلات الامامية بثني القدم.(الشكل 120)

شكل 120

امتطاط عضلات الساق الامامية

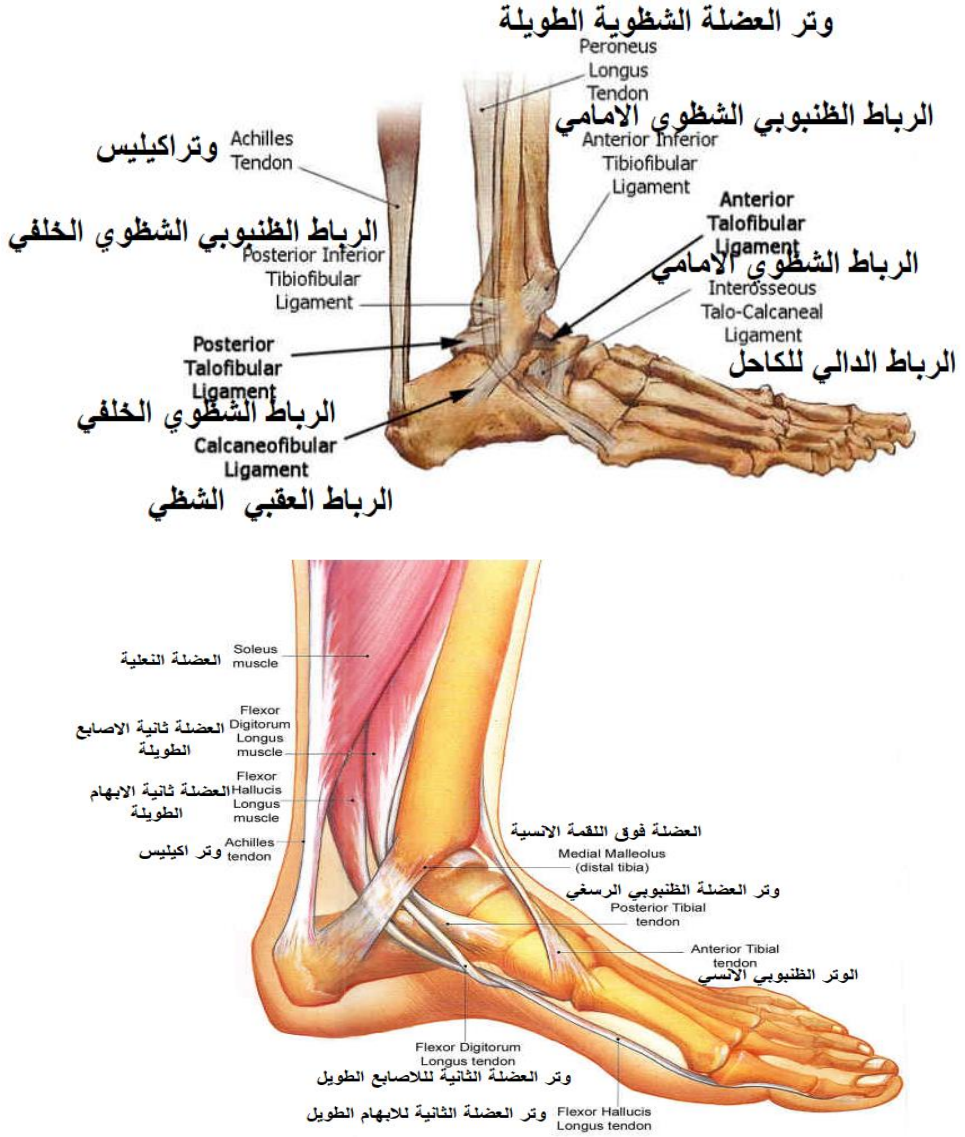
تدرب هذه عضلات الساق الخلفية مركزيا عند رفع الجسم للأعلى و تدرب عضلات الساق الامامية لا مركزيا عند الهبوط للأسفل لاستقبال الارض ،عندما يكون العقب بتماس مع الأرض هناك فترة قصيرة تحصل العضلة فيها على حالة من الراحة (عندما تمدد)، وهذا الوضع له تأثير فعلي على التمطية ويستفاد منه لاعب الوثب الطويل عند الدفع للارتقاء وعند الهبوط بالحفرة. راجع الشكل 121

الشكل 121

الارتقاء والهبوط بالوثب الطويل

- **القدم (مفصل الكاحل -الحركة والعضلات):**

هو عبارة عن مفصل ميكانيكي شبيهة بالكرة والحق ، حيث يتطابق رأس احد العظام مع التجويف في رأس العظم الآخر ليشكل نموذج الكرة والحق ، لكن في بعض الأحيان يمنع وتر الحق بعض الحركات المعينة ، ويحدث التدوير في بعض المفاصل لعدم وجود العضلات كما في أصابع القدم.الشكل (122)



شكل 122

تشريح مفصل الكاحل(القدم)

فالقدم هي العضو الواقع في نهاية الساق. والقدم والكاحل عند الإنسان يمثلان بنية ميكانيكية قوية ومعقدة، حيث تحتوي القدم على ستة وعشرين عظماً، وثلاثة وثلاثين مفصلا (عشرون منهم يكونون مفاصل نشطة)، وأكثر من مائة عضلة ووتر ورباط. ويمكن تقسيم القدم تشريحياً إلى ثلاث مناطق:

- ✓ مؤخر القدم (hindfoot)
- ✓ أوسط القدم (midfoot)
- ✓ مقدم القدم (forefoot)

يتكون مؤخر القدم من عظمي الكاحل والعقب. وترتبط النهايتان السفليتان لعظمي الساق (وهما الشظية والظنبوب) مع أعلى عظم الكاحل لتشكيل منطقة الكاحل. وتتصلان بها من خلال المفصل "تحت الكاحل". العظم العقبي، وهو أكبر عظام القدم حجماً، يكون مستند على طبقة من الدهون. ويتكون أوسط القدم من خمسة عظام غير منتظمة الشكل، وهي: النردي، الزورقي، وثلاث عظام إسفينية، تشكل هذه العظام الخمسة أقواس القدم التي تعمل على امتصاص الصدمات. يتصل أوسط القدم مع مؤخر ومقدم القدم بواسطة العضلات واللفافة الأخمصية.(plantar fascia).

ويتكون مقدم القدم من تسعة عشر عظماً موزعة كالتالي:

- 14 عظم تشكل الأصابع الخمسة للقدم، بشكل مشابه لأصابع اليد، تسمى عظام أصابع القدم بالسلاميات، يحتوي كل إصبع من أصابع الرجل على ثلاث سلاميات عدا الإصبع الكبير، فهو يحوي على سلاميتين فقط.
- 5 عظام تشكل مشط القدم.

تسمى المفاصل بين السلاميات بـ المفاصل بين سلاميات القدم (interphalangeal joint of the foot)، وتسمى المفاصل بين مشط القدم والسلاميات بـ المفاصل المشطية السلامية (metatarsophalangeal) وتعرف اختصاراً بالأحرف (MTP) (أم تي بي). كلٌ من أوسط القدم ومقدم القدم ، ويشكل ظهر القدم (dorsum) (الوجه المتجهة للأعلى عند الوقوف) ،وسطح القدم

(planum) (الوجه المتجهة للأسفل عند الوقوف) ، وعَرْشُ القَدَم (instep) هو الجزء المقوس من القسم العلوي للقدم ما بين الأصابع والكاحل.

وتتكون قدم الإنسان من 26 عظماً. هذه العظام هي:

عظام رسغ القدم مكونة من سبعة عظام أو (عظام العرقوب).ومشط القدم مكون من خمسة عظام.وسلاميات القدم الأربع عشرة أو (عظام أصابع القدم).

وتساعد أصابع القدمين وخصوصاً إبهام القدم على التحرك والتوازن. وقد تؤدي الألعاب الرياضية والركض والصدمات التي تصيب القدم إلى أذية أصابع القدم، كما أن ارتداء الأحذية الواسعة أو الضيقة جداً يمكن أن يسبب مشاكل أصابع القدمين.

أما عظام الرسغ والتي تشكل عقب القدم، والجزء الخلفي من ظهرها، فهي:

- عظم الكاحل (أو القعب)
- عظم العقب
- العظم الزورقي
- العظم النردي (أو المكعبي)
- العظام الإسفينية الثلاثة (أو العظام الوتدية الثلاثة).

توصِّل عظام المشط العظام الوتدية والمكعبي بالسلاميات، فتشكل الجزء الأمامي من مشط القدم. وللإصبع الكبير سُلاميتان، ولكل من الأصابع الأخرى ثلاث.

تنشأ أربطة الكاحل من النتوءات البارزة في نهاية عظم القصبة والشظية ، وتتفرع للخارج وللأسفل باتجاه العظام المفصلية للكعب ، لذا يسمى الرباط الذي ينشأ من الجهة الإنسية لعظم القصبة والذي يندغم في عظام العقب و الكعبي والزورقي بالرباط الدالي. تسمى الفروع الثلاثة للأربطة في الجهة الوحشيه للقدم بالأربطة الوحشية ، وتنشأ جميع هذه الأربطة الفرعية من الجزء الوحشي لنهاية عظم الشظية ، احد من هذه الأربطة يمتد باتجاه الأمام ويدغم في العظم الكعبي ، ويمر الرباط الثاني نحو الأسفل لكي يلتحم مع عظم العقب، والرباط الثالث يمتد باتجاه الخلف نحو الجزء الخلفي للعظم الكعبي. منشأ الرباط الدالي ينسجم مع محور الحركة في مفصل الكاحل

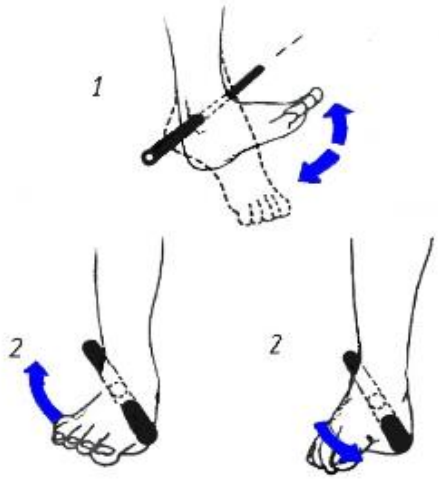
، لذا فهو في حالة شد دائم، أما منشأ الوتر الوحشي الخارجي فيقع أسفل محور الحركة لذا يكون الجزء الخلفي منه في حالة شد عندما تؤشر القدم باتجاه الأعلى ويكون الجزء الأمامي منه في حالة شد عندما يتمدد مفصل الكاحل.(الشكل 123)

تتعرض هذه الأربطة عند حدوث الإصابة الى تمزق جزئي او تمزق كامل ، وفي بعض الحالات يبقى الرباط في حالة سليمة لكن الذي يحدث هو كسر في نتوءات عظم الشظية او القصبة.

شكل 123

موقع الاربطة بالقدم

تستطيع القدم ان تتحرك في محورين ، الحركة في المحور الافقي وتشمل الثني والمد (الشكل 124) ، والحركة في المحور العرضي وتشمل انقلاب القدم للداخل (الطرح) وانقلاب القدم للخارج (الكب).

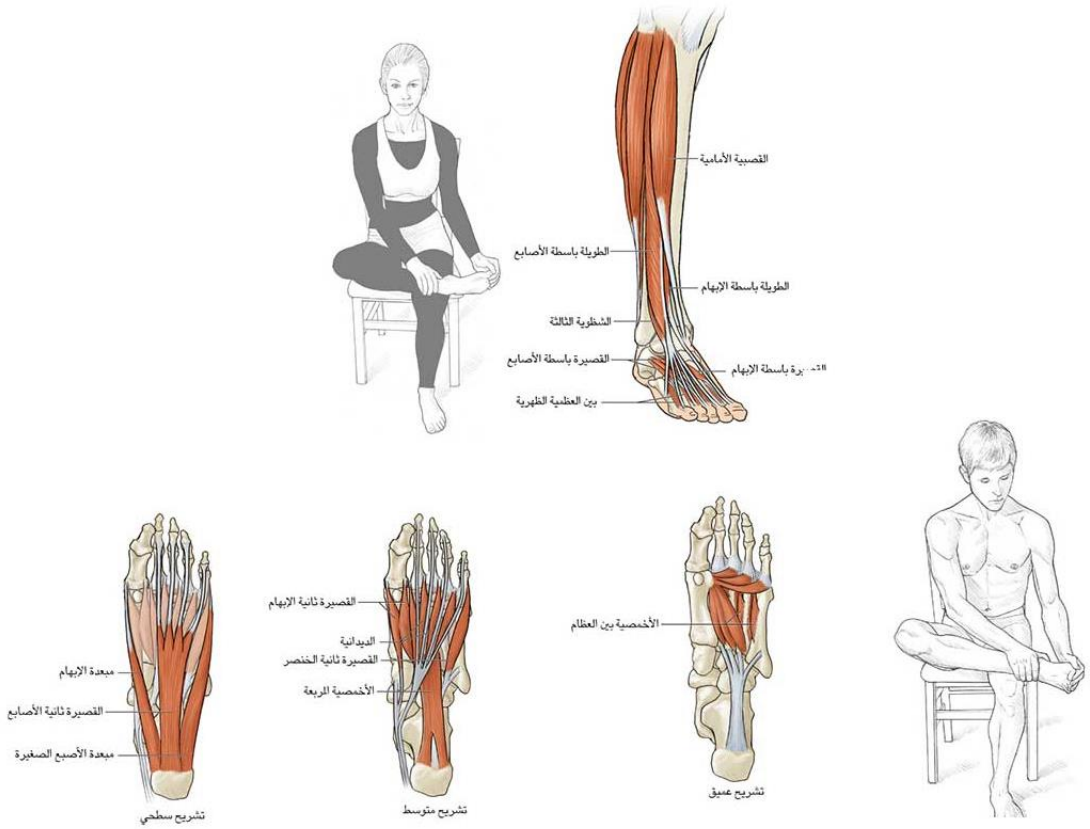


شكل 124

حركة القدم حول المحاور

تحرك القدم وأصابع القدم،عضلات باسطة الأصابع القصيرة، وبين العظمية الخلفية، وباسطة إبهام القدم القصيرة تقع على الجانب الظهري (العلوي) من القدم وبسط أصابع القدم. العضلات على الجانب أخمصي (بطن) من القدم، ثانية الأصابع القصيرة، الأخمصية المربعة، ثانية إبهام القدم القصيرة، ثانية خنصر القدم، مبعدة إبهام القدم، مبعدة خنصر القدم، الأخمصية بين العظام، والخراطينية، تستخدم لثني وإبعاد أصابع القدم عن بعضها البعض. الشكل (125)

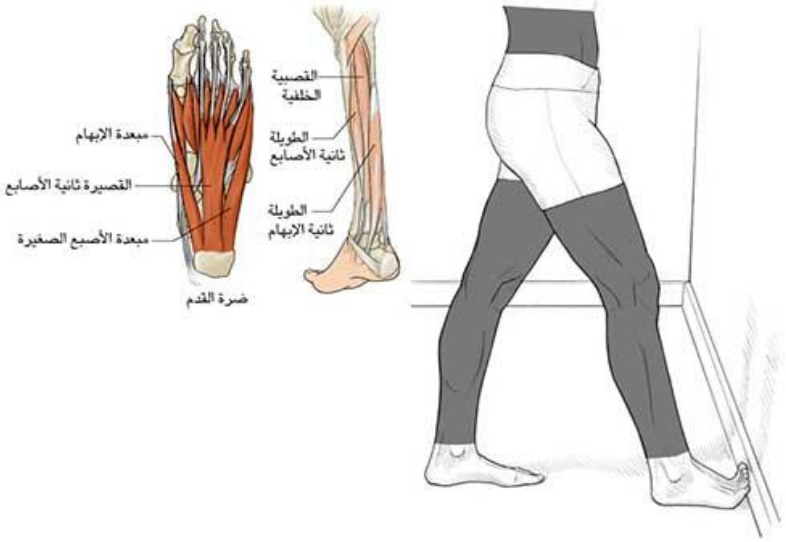
مجال حركة الكاحل وأصابع القدمين يقيده قوة العضلات الناهضة، ومرونة العضلات المعارضة، وشد الأربطة، واتصالات العظام أو انحشارها. أحد أبرز المقيدات اللفافة الأخمصية. اللفافة الأخمصية المشدودة تقيد بسط أصابع القدمين، وفي الحالات التي تكون فيها اللفافة ملتهبة، ستقوم أيضًا بتقييد ثني الأخمصية. مجال حركة كل من الانثناء والثني الظهري في الأخمصية يمكن أيضًا أن يقيده تشكيل النواتئ العظمية. الضغط المفرط يمكن أن ينشط خلايا العظام لتكوين النواتئ العظمية على الشفاه الأمامية والخلفية من الكاحل، وأعلى العنق الظهري لعظام قصبة الساق. هذه البروزات العظمية تسبب احتكاكات أسرع في العظام، وبالتالي إنهاء الحركة. ومن المثير للاهتمام، معظم مجموعة محددات مجال الحركة، باستثناء انحشارات العظام، يمكن تغييرها عن طريق القيام بتدريبات الإطالة.



اطالة باسطة القدم اثناء الجلوس

شكل 125

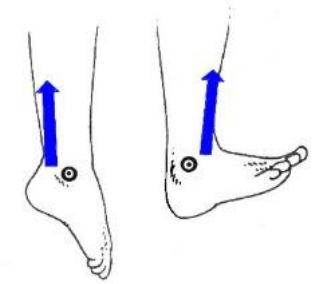
اطالة العضلة باسطة القدم اثناء الجلوس



شكل 126

اطالة العضلة باسطة القدم عند الوقوف

اذا كانت عضلة البطة قصيرة جدا ، فأن القدم يفترض ان تميل نحو الأسفل باتجاه الأصابع (الشكل 127) . ان العضلات التي تحافظ على القدم مرفوعة للأعلى هي التي تسمح للقدم بالعمل في وضعه الطبيعي (العضلات التي تقع بين عظم القصبة والشظية في الجزء الأمامي من الساق) ، عندما يتدرب الرياضي بشدة في جلسة تدريبية واحدة او الركض على سطح صلب يظهر ألم في الجزء الأسفل من الرجل خصوصا عند رفع القدم بقوة للأعلى.

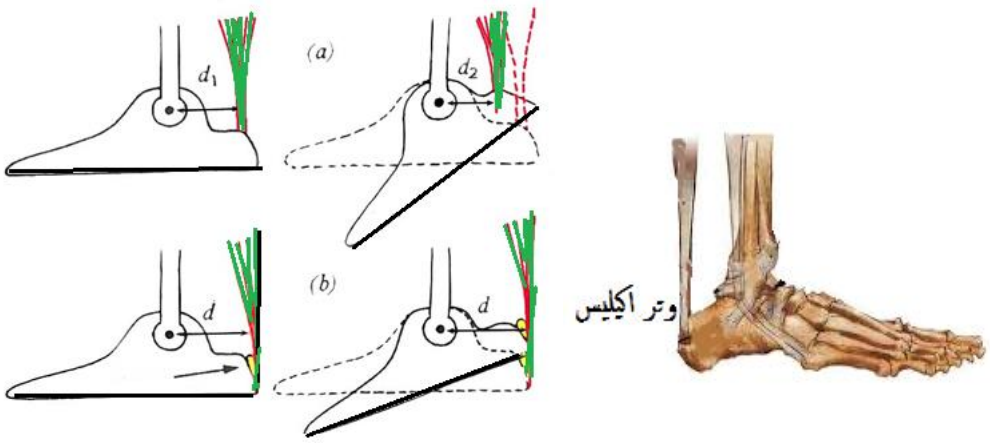


شكل 127

تبادل الانقباض بين العضلات الامامية والخلفية للساق

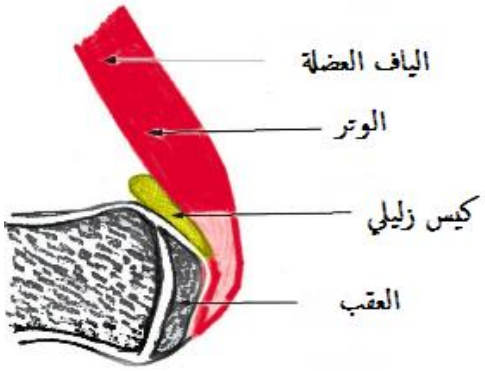
عندما نلقي نظرة على منطقة اتصال وتر العقب بعظم العقب، نستطيع بسهولة معرفة التنظيم الميكانيكية الصحيح بين الوتر والعقب. اذا كان اتصال وتر العقب كما يظهر في الشكل 128- a، عند الحافة العليا للعقب عندئذ تكون ذراع القوة اقل تأثيرا عندما يرفع الجسم على أصابع القدم (حيث تنخفض المسافة من d1 الى d2) .

لكن عندما يكون اتصال وتر العقب عند أسفل قاعدة عظم العقب ، مما يعني ان ذراع القوة (d) سوف تحافظ على طولها بغض النظر عن فيما اذا كانت القدم جميعها مثبتة في الأرض او فيما اذا كان الجسم يرفع على أصابع القدم(الشكل 128-b). لذا يمتلك الوتر الحماية من الاحتكاك مع عظم العقب بواسطة كيس زليلي يقع بين الوتر وعظم العقب كما في الشكل 129.



شكل 128

مكان اتصال وتر اكيليس بعظم العقب



شكل 129

موضع الكيس الزليلي تحت العقب

- **أقواس القدم**

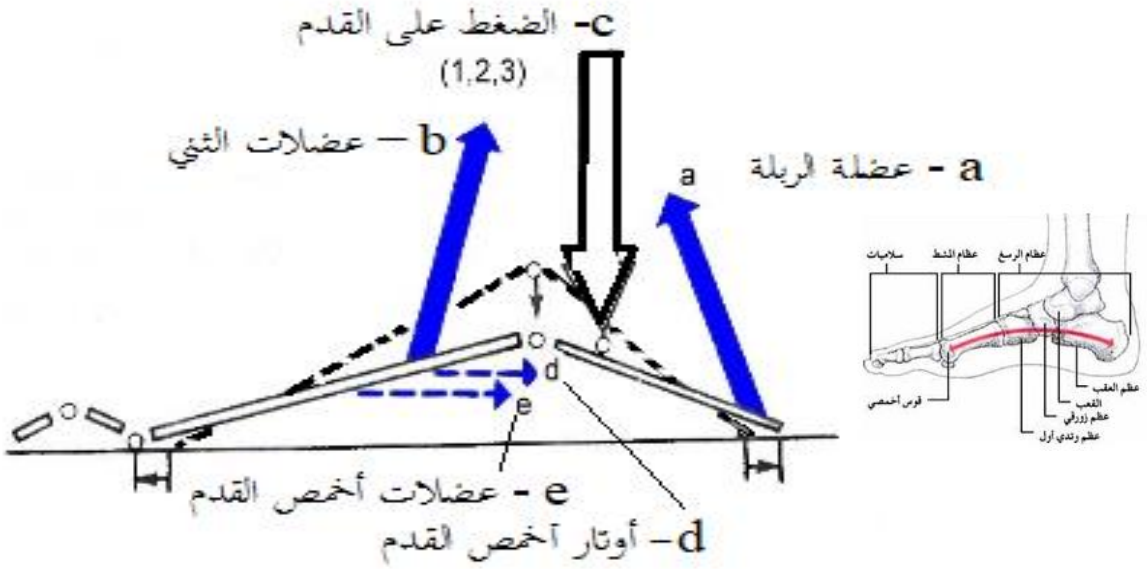
من المفيد عند وصف تركيب ووظيفة القدم عرض فكرة " أقواس القدم"،حيث تشكل عظام القدم ثلاثة أقواس، يمتد اثنان منها بطول باطن القدم الاول يكون (انسي علوي) ، والثاني (وحشي سفلي)، والثالث بعرض باطن القدم(مستعرض) . وهي تعطي القدم طبيعتها المرنة في السير أو القفز. فالقوس الرئيسي يمتد من عظم العقب إلى الضرَّة (باطن القدم). وهو يسمى القوس الوسطي الطويل أو القوس الأخمصي. ويلامس هذا القوس الأرض عند العقب وتكوير القدم فقط، وبذلك يعمل كممتص للصدمة، حمايةً للساق والعمود الفقري. وتكسو أطراف عظام هذا القوس طبقة سميكة من غضْرُوف مرن. فالغضروف يجعل القوس قادرًا على امتصاص الصدمات. ويمتد القوس الجانبي على طول القدم، ويقع قوس المشط وسط تكوير القدم. وقد تحدث الحالة المسماة القدم المسطحة (flat foot)، وهي حالة شائعة تصيب الاقدام وفيها يكون الجزء الداخلي للقدم مسطحاً وملامساً للأرض بعكس القدم الطبيعية التي يكون الجزء الداخلي من مشط القدم فيها مرتفعاً عن الأرض حوالي 1 إلى 2 سنتيمتر. الاشكال 130 و 131

شكل 130

اقواس القدم وانواعه

يتعرض القوس الطولي الوحشي عند الركض الى الضغط (لاحظ ان المناطق التي تتعرض للتلف في حذاء الرياضي تقع في الجزء الخارجي من العقب وتحت الأصبع الكبير للقدم)، وتثبت الأقواس الأخرى من القدم بالأوتار وتقوم العظام الاسفينية والعضلات بإعطاء المرونة للقدم . يؤدي ابتعاد القدم عن القوس الطبيعي

إلى إحداث تقوس كبير (وهو غير مألوف) او الى تقوس خفيف (فلات فوت)، وتسطح القدم (فلات فوت) هو نتيجة تمدد الرباط من جـراء تعرض القدم الى ضغوط كبيرة (عند الركض على سطح صلب بدون دعم من قوس الإسناد) او عدم التوازن في القوة العضلية بين العضلات المختلفة في القدم ،ويظهر في الشكل 131 التركيب الذي يؤثر في القوس الطولي الإنسي .



شكل 131

تركيب القوس الانسي الطولي العلوي

الإصابات الشائعة في القدم هي تلك التي يصاب فيها الرباط الخارجي او الوحشي لمفصل الكاحل ، وسبب هذه الإصابات هو المشي المائل الى الجانب . يمكن تجنب معظم الإصابات بوساطة ارتداء الحذاء الرياضي المناسب ، والمسؤول عن هذه الإصابات بدرجة كبيرة هي الأحذية التي تصاب بالتلف من جانب واحد (تحت الكعب)، والسبب الآخر الشائع في إصابة القدم هو السطح الخشن الذي لا يسمح بانزلاق القدم مما يسبب التصاق الأحذية عند تماسها بالأرض.

الاربطة والعضلات تسند أقواس القدم. ورباط أخمص القدم الطويل المسمى اللفافة الأخمصية قوي جدًا. فهو يثبت عظام القدم في مكانها، ويحمي الأعصاب،

والعضلات، والأوعية الدموية في تجويف القدم. وللقدم عضلات كثيرة مثل اليد، غير أن بنيتها تتيح لها مرونة، وطلاقة للحركة أقل مما يتاح لليد.

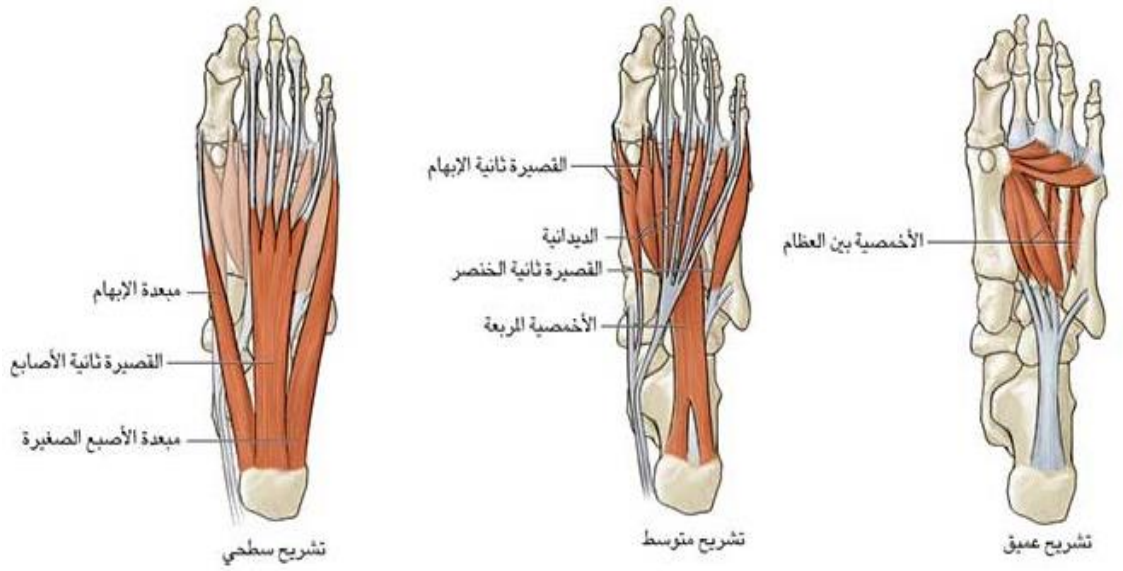
يغطي أخمص أو أسفل القدم جلد غليظ سميك. ويقع لبد ثخين من نسيج دهني بين الجلد، والعظام، والرباط الأخمصي. وتعمل هذه الطبقة الدهنية كوسادة هوائية لوقاية أجزاء القدم الداخلية من الضغط على القدم ومن الصرير. من الممكن أن تحدث أسقام القدم، مثل القرون، نتيجة لبس أحذية غير مناسبة.

- **عضلات القدم**

ان الذي يعمل على حماية المفصل هي العضلات، والعضلات الأكثر أهمية هي تلك التي تحيط بالمفصل مباشرة، وكلما كانت العضلات قوية ومرنة كانت الأفضل في الحماية ضد إصابة التي يتعرض لها المفصل ، ويمكن ان يسبب النشاط البدني العنيف الى حدوث أنواع مختلفة من الإصابات في العضلة ويمكن ان تتعرض العضلة أيضا عند الإفراط في الاطالة مما يسبب تمزق جزئي او تمزق كلي ، يسبب مثل هذا النشاط العنيف الى مد في الأربطة ولاتعود الى حالتها الطبيعية او وظيفتها الا بعد مرور أسابيع عده من الراحة.

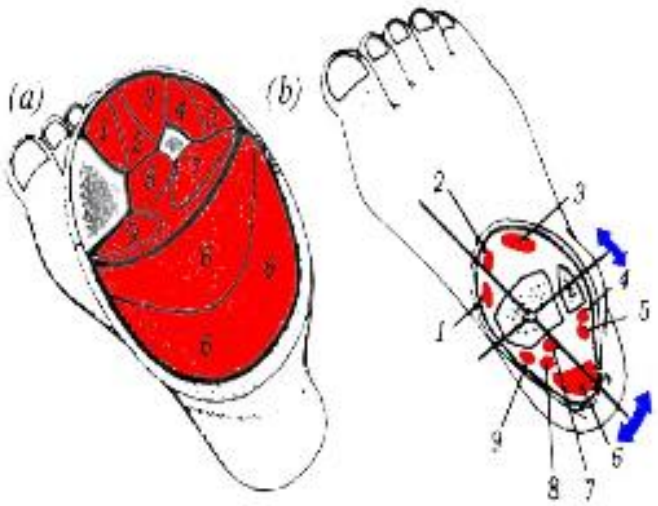
تمتد على ظهر القدم العضلات التي تقبض القدم نحو الاعلى، علاوة على ذلك هناك عضلات مسؤولة عن حركات ابهام القدم ، فالعضلة المبعدة لابهام القدم مسؤولة عن تبعيد الابهام للخارج، كما ان العضلات التي تتجه نحو اخمص القدم مسؤولة عن حركات الاصابع الاخرى، من بينها العضلة الثانية لاصابع القدم التي واجبها ثني اصابع القدم باستثناء الابهام، وهناك عضلات اخرى(العضلات بين الامشاط مثلا) تدعم حركات الاصابع علاوة على ذلك تمتد على الوجه الخارجي لاخمص القدم متجهة الى الاصبع الخامس، وهي مسؤولة بالدرجة الاولى عن ثني وتبعيد الاصبع

الصغير، ومن هذه العضلات، العضلة الثانية للاصبع الصغير، وتمتد اسفل عضلات الاخمص صفيحة وترية هي الصفاق الاخمصي.



شكل 132

عضلات القدم المختلفة



شكل 133

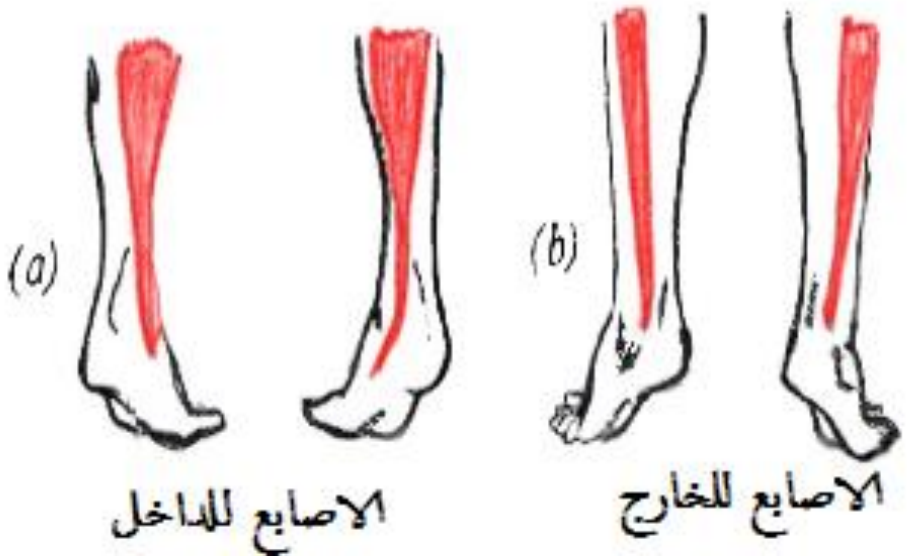
خارطة عضلات القدم ومحاور عملها

الارقام في الشكل 133 اعلاه تمثل مواقع ومحاور عمل عضلات القدم وكالاتي:

1. العضلة الظنبوبية الأمامية

2. العضلة باسطة الإبهام الطويلة(الابخس الكبير)
3. العضلة باسطة الأصابع الطويلة (الاباخس)
4. العضلة الشظوية الطويلة
5. العضلة الشظوية القصيرة
6. عضلة الربلة ذات الرؤوس الثلاث (التوأمية الساقية والاخمصية)
7. العضلة المبعدة للإبهام
8. العضلة مثنية الإبهام الطويلة
9. العضلة الظنبوبية الخلفية

ان العضلات التي تعمل في وقت واحد على تدوير وتحريك القدم باتجاه الخارج (مثل رفع الجزء العريض الخارجي من القدم يسبب عدم ثبات القدم عند تماسه مع الأرض) هي عضلات الربلة الطويلة والقصيرة (الشظوية الطويلة والقصيرة – 4 و5 في الشكل 133)، من المهم جدا ان تكون هذه العضلات قوية وسريعة الحركة ، ويمكن تدريب عضلة الربلة والعضلات المضادة لها (الرقم 7و8 الشكل 133) بوساطة تمارين القفز للأعلى.



شكل 134

تمارين تقوية عضلات رفع القدم

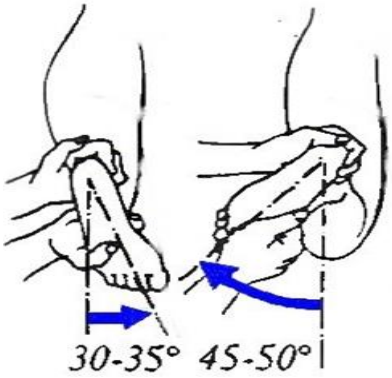
يمكن أجراء تمرين التوافق والسرعة (الشكل 135)عن طريق الوقوف والتوازن على شيء غير ثابت ، أما اذا كنت راغب في الحصول على السيطرة والتدريب الجيد لقابليتك ، نفذ التمرين الآتي :

قف على رجل واحدة مع ثني الرجل التي تقف عليها مع أبقاء الذراعين بجانب الجسم وأغلق عينيك، يعتبر هذا التمرين من أصعب تمارين التوازن على رجل واحدة، يطبق هذا التمرين لاختبار قابلية عودة الوحدات الحركية لعضلات الرجل المصابة الى حالتها الطبيعية ، الحذر هنا لخطورة حدوث التواء جديد في المفصل اذا لم يكن الشفاء تاما.

شكل 135

تمرين التوافق بغلق العين

ويلاحظ من الشكل 136 إن أقصى مدى لحركة القدم للداخل هو 30-35˚ وأقصى مدى لحركة نفس القدم للخارج هو 45-50˚.



شكل (136)

حركة مفصل الكاحل

-التهاب السمحاق

المشكلة التي تواجه الرياضيين الصغار والكبار هي التهاب الغشاء الذي يغلف عظام الساق ، يقع هذا الغشاء الضام القوى(لفافة) في القسم الأمامي من الساق بين عظمي القصبة والشظية، وتنشأ العضلات المسؤولة عن رفع القدم من هذا الغشاء (الشكل 133- 1،2،3) ، ويعد أيضا كمنشأ مباشر لفروع اوتار بعض العضلات ،أما فروع العضلات الأخرى فتنشأ مباشرةً من جدران العظم وتمر من خلال هذا الغشاء مما يوحي بأنها ملتصقة به.

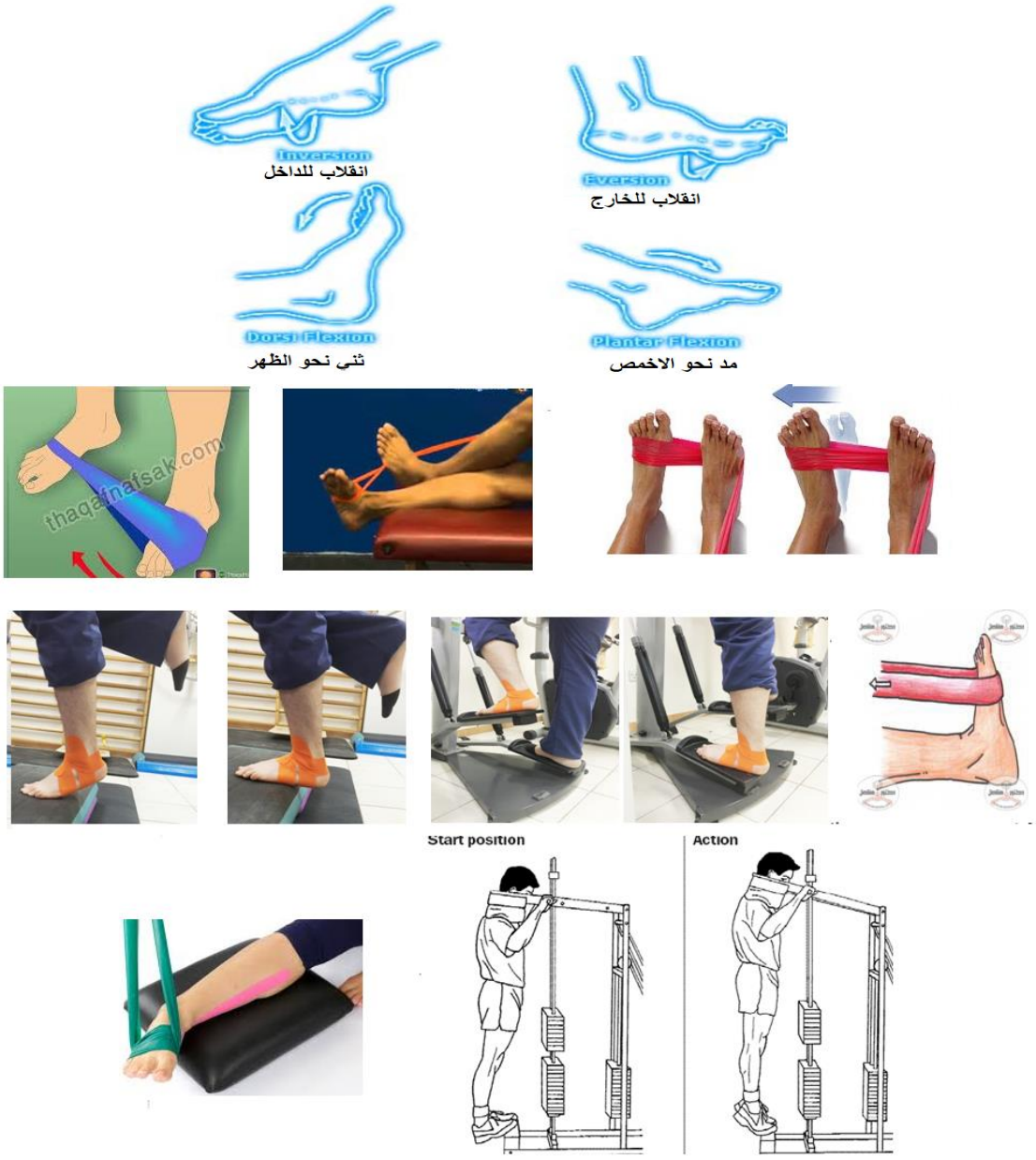
يسحب الغشاء (السمحاق) من العظم نتيجة قوة التقلص الكبير للعضلة او الشد العالي في الأنسجة الضامة للعضلة المتصلة بالعظم من خلال غشاء العظم ، وتظهر الالتهابات والنزف الدموي الموضعي في التجاويف الصغيرة جدا الموجودة بين الغشاء المخلوع والعظم.

ذكرنا سابقا ان الرياضي الذي يتدرب على الركض باستمرار يتعرض لالتهاب السمحاق ، وعملية الشفاء سوف تتأخر اذا استمر على الركض ، والسبب هو عدم إعطائهم الوقت الكافي لشفاء الأنسجة الممزقة، كذلك التغير المفاجئ لنوعية سطح الركض او زيادة كمية التدريب يمكن أيضا ان تسبب ظهور الألم ،نتيجة امتلاء

العضلات بالدم وانتفاخها ، لذا فأن تطور الشد أكثر يؤدي الى الم يشابه الم السمحاق، مثل هذه الزيادة في الضغط في حيز العضلة يعزو سببه الى " أعراض الحيز المغلق".

يمكن ان يؤدي الركض على سطح صلب الى الشكوى من الم يشابه التهاب السمحاق ، وذلك عند تعرض الرجل الى ضغط مفاجئ وشديد ،وهذا يرفع من حالات اتساع مساحة الفجوات الصغيرة جدا في الصفائح الخارجية للعظم ، هذا النوع من المرض من الصعب شفاءه مقارنة مع الالتهابات الشائعة للسمحاق.

ويبين الشكل 137 حركات الكاحل وتمارين قوة الكاحل



شكل 137
حركات وتمارين مختلفة لمفصل القدم

-اصابة القدم

ان وظيفة اي رباط تضعف عندما يتعرض الرباط نفسه الى تمدد متكرر(اصابة) ، عندئذ يفقد المفصل قوة ترابط انسجته، مما يسبب إصابات خطرة للمفصل. ان إعادة الرباط المتمزق الى حالته الطبيعية وقوته يتم عن طريق إجراء عملية جراحية له ، ويمكن أيضا خياطة التمزق الجزئي أو إيصال الأجزاء الممزقة مع بعضها ، ويحدث الشفاء للجزء المتمزق اذا تمت المحافظة عليه بدون حركة لأسابيع عده،

وفي مثل هذه الحالات يوضع المفصل في الجبس. وظهر في السنوات الأخيرة وجود إمكانية شـفاء التمزق في الوتر العرقوبي (عقب القدم) أذا وضـع مفصـل الكاحل في جبيرة الجبس وفي وضـع بحيث تتصـل الأجزاء الممزقة مع بعضـها البعض . يمكن دعم نشـاط الرباط او إزالة الضـغط عنه بواسـطة ربطه بلفاف طبي ، والغرض من هذا الربط هو منع الحركات التي يمكنها سحب او التسبب في ضرر الرباط الضعيف. ربط المفاصـل في الألعاب الرياضـية هي وسـيلة للحماية بعد التعرض للإصـابة او كجزء من محاولة منع الإصـابة عند معرفة وجود نسبة عاليه من الخطورة للإصـابة عند إجراء تدريب عنيف، من الضـروري ان يتجنب الرياضـي ربط المفاصـل بقوة خلال التدريب بسبب احتمالية إصـابة الجلد بالضـرر ،وان استمرارية ربط المفصل تعطي للرباط تكيف على عدم التحمل ويصـبح متأقلم على تلقي المسـاعدة الخارجية بعد فترة من الزمن وهذا يؤدي الى ضعف الرباط.

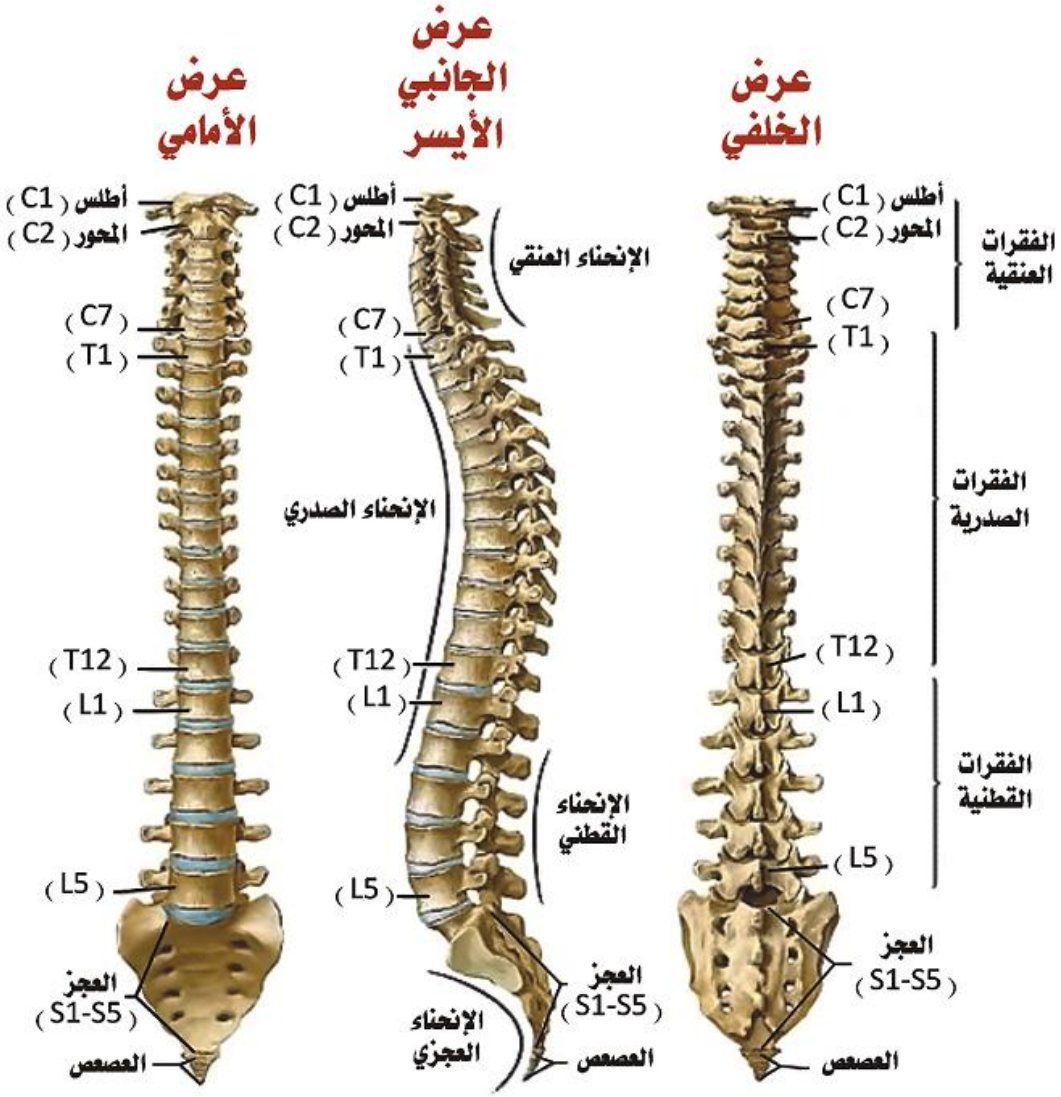
شكل 138
اصابة القدم

الفصل الخامس

مفاصل الطرف العلوي والتطبيقات الحركية

- **العمود الفقري**

يتكون العمود الفقري من سبع فقرات عنقية ويرمز لها عادة بالحرف C يضاف إليها رقم الفقرة مثلC7.....C2, C1 ، واثنتا عشرة فقرة صدرية ويرمز لها T1، T12.... T2 ، و خمس فقرات قطنية L1، L5....L2 ،وأخيرا العصعص (الشكل 139).

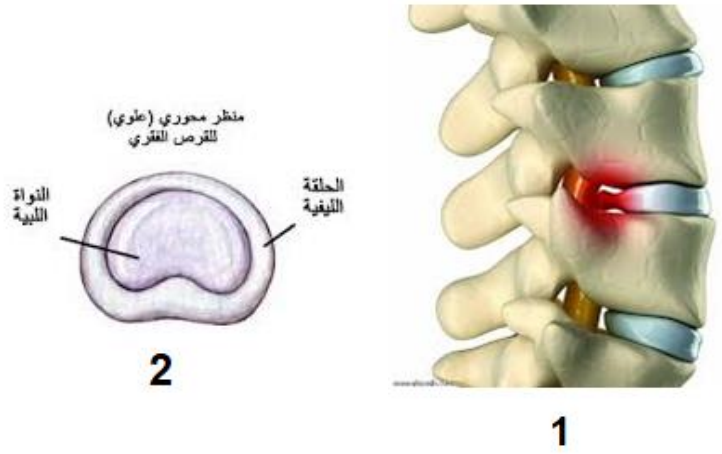


الشكل (139)

تكوين العمود الفقري

يوجد بين الفقرات أقراص مكونة من طبقة خارجية من الألياف الغضروفية (حلقة ليفية) (الشكل 140-1) ومركز القرص يتكون من مادة مطاطية تسمى النواة اللبية (الشكل 140-2)، بمعنى ان القرص يتكون من حلقة صلبة من الألياف الغضروفية

ومركز مطاطي طري ، يعمل هذا القرص على امتصاص الصدمات ، وسمكه ثلث طول الفقرة (الشكل 140) .



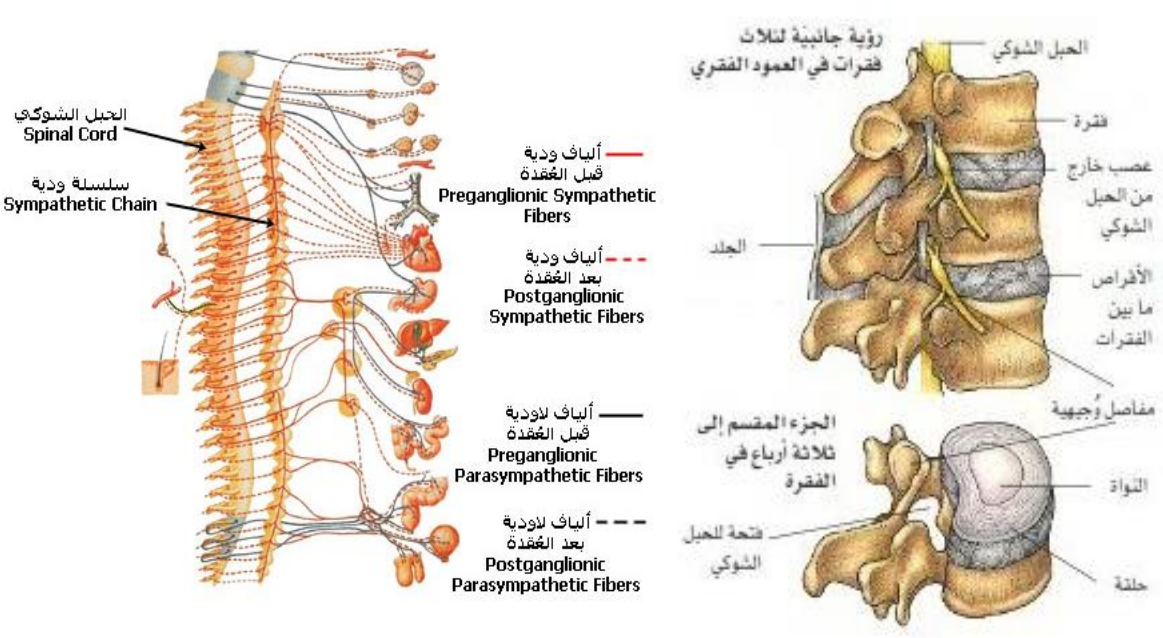
شكل 140

الالياف الغضروفية بين الفقرات

عند وضع الفقرات الواحدة فوق الأخرى ينشأ بينها فتحات تسمى بالفتحات ما بين الفقرات وتخرج من هذه الفتحات تفرعات الشبكة العصبية للحبل الشوكى, لكي تعزز في العضلات والأعضاء الأخرى الشكل(141).

شكل 141

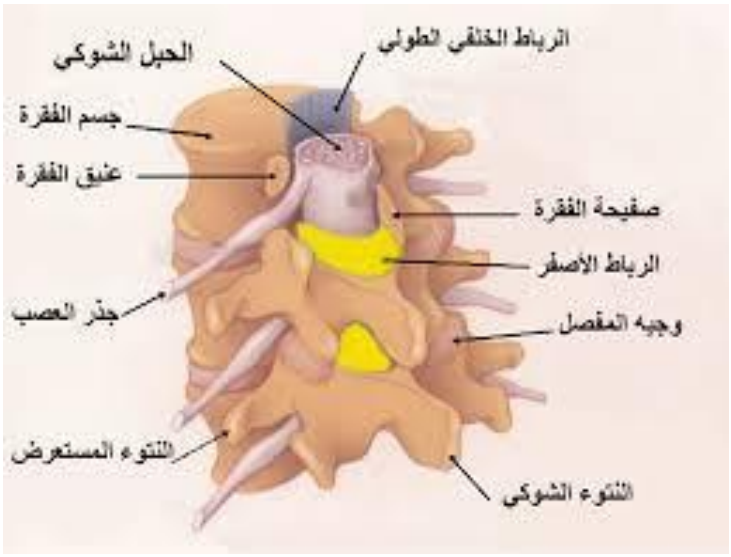
انواع الفقرات



شكل 142

التفرعات العصبية من الفقرات

ان الذي يمنع الجسم من الميل باتجاه الخلف هـي النتـوءات الشوكيـة وتوتر الرباط الطولـي (الشكل 143) ، الذي يمتد أمام العمود الفقري من الأعلى الى الأسفل (الرباط الطولي الأمامي) ،وتحديد حركة العمود الفقري للامام بوساطة العضلات الخلفية ، جزء من هذا التحديد يتم بوساطة الرباط المطاطي الذي يمتد بين الأجزاء الخلفية للأقواس العصبية(او الرباط الأصفر)، والتحديد الآخر يتم بواسطة رباط يمتد للأسفل خلف أجسام الفقرات(على الجزء الأمامي للفتحة الفقرية) ويسمى بالرباط الطولي الخلفي(الشكل 143).



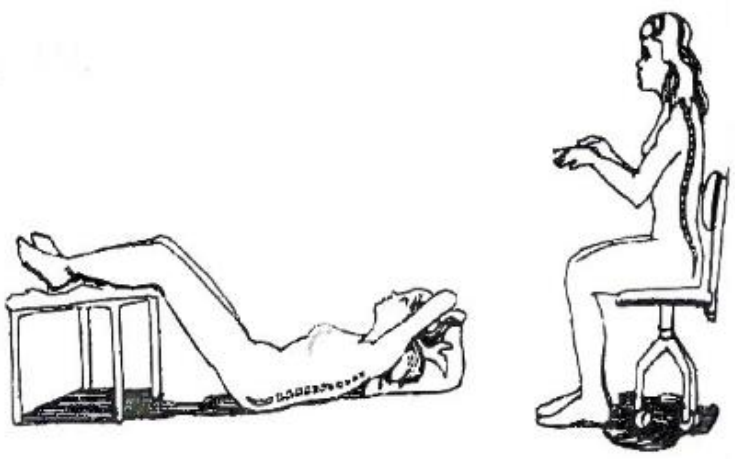
شكل 143

اربطة العمود الفقري

الأشخاص غير الرياضيين الذين يعانون من الم في الظهر هو نتيجة الضعف في تدريب العضلات الظهرية (ويشمل أيضا ضعف تدريب عضلات الرجل والبطن) ، ويحدث التمزق والتلف أيضا من جراء حمل ثقل عند احد جانبي الجسم من وضع الجلوس او العمل والجسم في وضع مائل للأمام.

الضغط داخل القرص يختلف طبقا لوضع الجسم والقوى الخارجية، فالوضع في الشكل 144 هو الوضع الافتراضي الذي يمارس اقل كميـة من الضغط على المنطقة القطنية للعمود الفقري ، لهذا السبب فأن الاستلقاء على الظهر مع وضع مسند (كرسي)

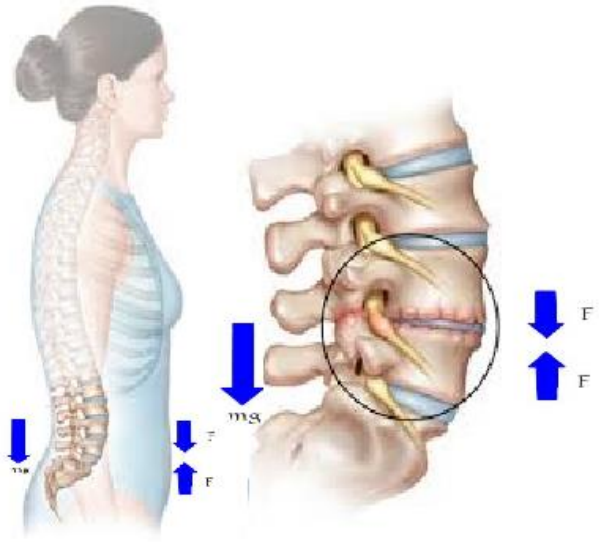
تحت الساقين لتعطيل عمل العضلات الحرقفية الخصرية التي تسحب العمود الفقري وبالنتيجة خفض الضغط على الأقراص ، (لاحظ الشكل 144) .



شكل 144

الضغط المسلط على الفقرات

وضع الجلوس يضيف ضغط كبير على الأقراص بين الفقرات أكثر من وضع الوقوف ، وهذه حقيقة لا يعرفها الكثيرين، هذا بسبب ان وضع الجلوس يجعل عضلات الظهر تعمل بشدة عالية (تقلص ثابت) ، والضغط على القرص هو نتيجة وزن الجسم (mg)الذي يسلط على القرص إضافة الى قوة التقلص للعضلات(F) المحيطة بمنطقة القرص (الشكل 145). لذا فأن مجموع القوى المكونة للضغط على الأقراص سوف تكون(mg+F) ، يقاس الضغط(p) بواسطة تقسيم القوة على مساحة القرص (الضغط = القوة/المساحة) .



شكل 145

القوى المؤثرة على الاقراص

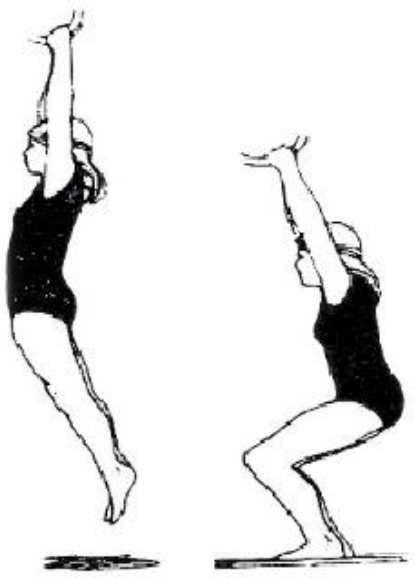
ان مساحة الفقرة القطنية الثالثة (L3) لدى الشخص البالغ تبلغ حوالي 10 سم^2 و يستطيع هذا القرص ان يتحمل ضغط بمقدار 800 كغم (او ما يعادل 8000 نيوتن)، تنخفض قابلية القرص لدى الأشخاص الكبار الى نصف قابليته مقارنة مع المراهقين، عند أذن يمكن ان يتحمل القرص السليم الاعتيادي ضغط بحدود 800 نيوتن/سم^2 ،

الشكل 146

الضغط على الفقرةالقطنية الثالثة عند حمل ثقل

التعلق على العقلة في الشكل 147 يؤدي إلى خفض الضغط على الظهر وبالتالي خفض الحمل على الأقراص ، وبنفس الوقت يمدد العضلات الظهرية ، وللحصول

على نتائج أفضل يتم التعلق بثني مفصل الورك مع إسناد القدمين على شيء ما (الراحة في العضلات الحرقفية الخصرية = استقامة الظهر) .



شكل 147
التعلق على العقلة لاستقامة الظهر

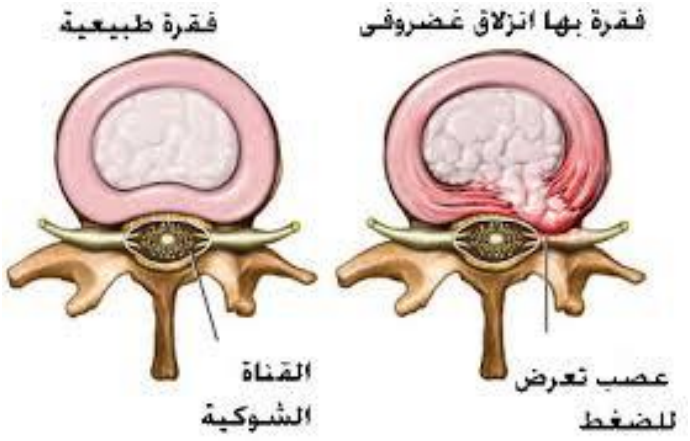
نذكر من المناقشة السابقة ان الضغط لفترة طويلة ، او الضغط العالي جدا على الأقراص، يمكن ان يؤدي إلى خروج كمية من السائل خارج نواة القرص مما يؤدي إلى خفض سمك القرص وبالتالي قصر طول الجسم ،والمثال على ذلك هو قصر طول جسم الرياضي الذي يرفع الأثقال لعدة سنتمترات بعد موسم تدريبي شديد.

إذا أجرينا قياس لسمك الأقراص بعد ليلة واحدة من الراحة ، نجد انها أكثر سمكا عند مقارنتها مع أقراص وبعد فترة قصيرة من أجراء النشاطات اليومية الطبيعية ، لهذا نكون في بعض الأحيان عند الاستيقاظ في الصباح أطول منه عند منتصف النهار.

هناك أسباب عدة للألم في الظهر ، السبب الشائع هو ان بعض الألياف في القرص تتمزق وتضغط في بعض الأحيان على النواة وتدفعها باتجاه الأسفل مما يؤدي الى حدوث تمطيه في الرباط الذي يمر من الخلف على طول أجسام الفقرات قرب القناة الشوكية ، ويحدث عند تمطيه هذه الاربطه الشعور بالألم عن طريق الخلايا المتحسسة للألم (هناك عدد قليل من الأعصاب تتحسس بالألم في القرص المتضرر)، هذا النوع

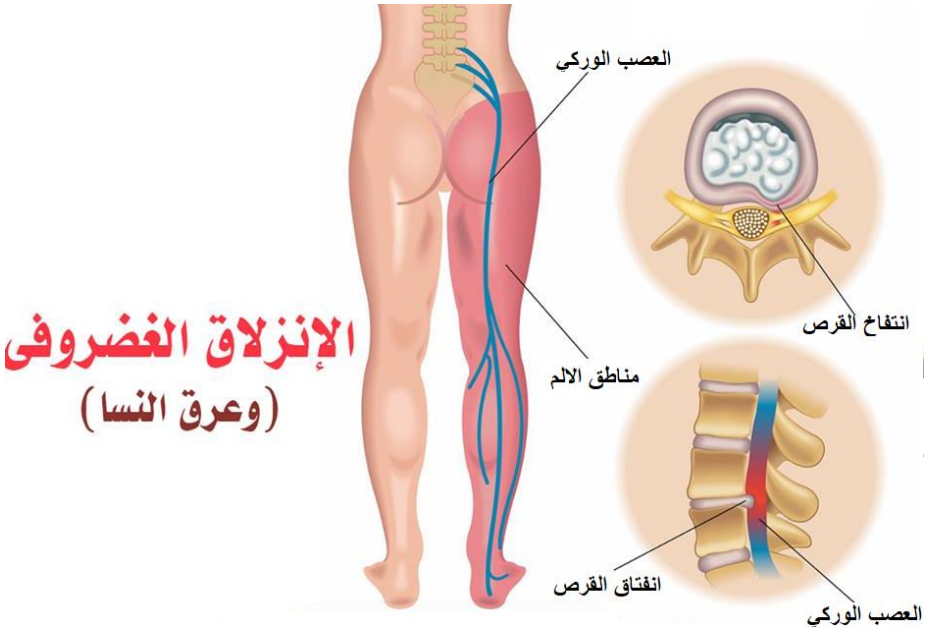
من الألم يمكن ان يختفي اذا تم إيقاف تعريض الظهر للضغط من جراء رفع الأشياء الثقيلة ، او الميل نحو الأمام عند المشي او الجلوس بـدون حركة لفترة طويلة.

اذا حدث انتفاخ كبير في نواة القرص (الشكل 148) فأنه سوف يؤدي الى الضغط على جذر العصب الذي يمر من خلال الفتحة الفقرية ، عندئذ يحدث شعور بالألم في العضلة التي يغرز بها هذا العصب ، لذا يمكن الشعور بالألم في الكتف عندما تحدث إصابة في قرص أحدى الفقرات العنقية.



الشكل 148
الانزلاق الغضروفي

يمكن ان يحدث نفس الضغط على العصب اذا كان هناك شد عضلي ،وذاك عن طريق إزاحة قليلة للفقرات او تلف الغضروف بين الفقرات ، وهذا ايضا يسبب الألم ، اذا تم الشـعور بالألم في أحدى الأرجل "يطلق عليه اسم عرق النسا-sciatica" وهي الكلمة التي تصف هذا الألم في حين يسمى المثير العصبي لهذه الحالة بالعصب الوركي(sciatic nerve).(الشكل 149)



الشكل 149
عرق النسا

بعض الأعصاب التي تخرج من فتحات الحبل الشوكي وتغرز في العضلة يمكن ان تتعرض للسحب بعض الشيء عند تمطيه العضلة ، وفي بعض الأحيان يسبب مثل هذا الضغط على العصب سحب القرص باتجاه نتوء الفقرة ، وينتج عنه الم حاد في الرجل ، هناك طريقة واحدة لفحص الشخص ومعرفة اذا كان هناك تهيج في عصب الورك ام لا ، بحيث يشعر الشخص بالألم عند وضعه على ظهره ورفع أحدى رجليه للأعلى (الشكل 150) ، وتعرف هذه الطريقة باختبار(Lasegues) .هذا الألم يجب ان لا يتداخل مع الألم الذي يشعر به الناس من جراء تصلب العضلات أو الذين يحاولون تمطيه عضلاتهم المأبضية.

شكل 150

اختبار الكشف عن عرق النسا

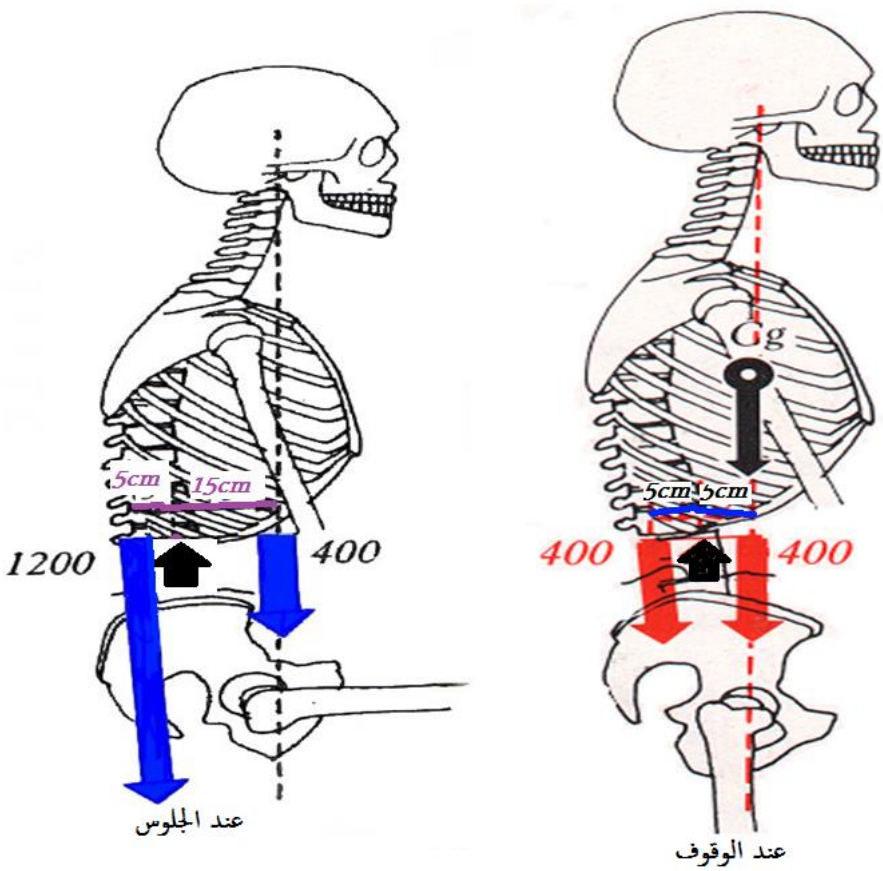
يتكون الجزء الليفي من القرص أساسا من ألياف هلامية (كولاجينية) ، ولها القابلية على التمدد اذا تعرضت الى الضغط لفترة طويلة ، ومن مسببات تشقق القرص هو المشي في وضع يعرض القرص الى قوة ضغط كبيرة ولفترة طويلة من الوقت ، كذلك يزداد الضغط على القرص من جراء رفع الأشياء الثقيلة مما يسبب الضغط على النواة الطرية وتمزق ألياف القرص ، وينتج عن استمرارية الزيادة في الضغط من جراء رفع الأشياء الثقيلة وفتل الجذع (مثل رفع شيء من الأمام ووضعه في الجانب) تعريض الجزء الخلفي من القرص الى ضغط كبير بحيث لاتستطيع الأربطة الإضافية حمايته (الشكل 150).

لهذا السبب تكون هذه الحركات خطرة جدا خصوصا للذين يعانون من الم في الظهر. و يمكننا حساب مقدار الضغط الذي يتعرض له العمود الفقري في أوضاع مختلفة باستخدام كمية القوة كما موضح في القانون في الشكل 151 ، بحيث لو فرضنا ان وزن الشخص يساوي 80 كغم، وسوف يقع جزء من هذا الوزن(40كغم) فوق الفقرة القطنية الثالثة(L3) (المسافة تقاس بالسنتمترات والقوة تقاس بالنيوتن ، عند اذن40 كغم تساوي 400 نيوتن)،لاحظ المثال من خلال الشكلين 151.

مثال:عند وقوف الشخص ،يمر خط مركز الجاذبية بحوالي 5 سم أمام الفقرة القطنية الثالثة ، وتبعد عضلات الظهر بمقدار 5 سم عن هذه الفقرة ، لذا فأن قوة العضلة يجب

ان تساوي 400 نيوتن لأجل المحافظة على عدم سقوط الجسم للامام ، والقوة التي تعمل على القرص هي 400+400=800 نيوتن.

عند الجلوس ، يمر مركز ثقل الجسم بحوالي 15سم عن الفقرة القطنية الثالثة ويمثل ذراع عتلة العضلة كما في الشكل 151 عند الوقوف ، لهذا يحتاج الجسم الى قوة عضلية مقدارها 1200 نيوتن لتوازن الجسم والقوة التي تعمل على القرص تساوي 1200+400=1600 نيوتن.

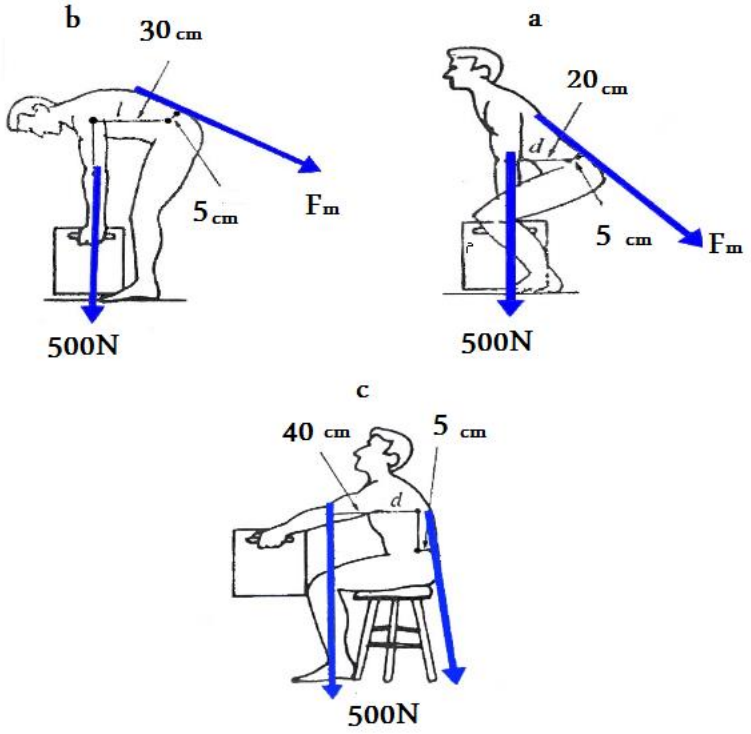


شكل 151

الضغط على الفقرة القطنية عند الوقوف والجلوس

من الضروري جعل ذراع المقاومة الخارجية عند رفع ثقل معين قصيرة بقدر الإمكان (مثال المسافة من الفقرة القطنية الثالثة إلى نقطة عمل الجاذبية على الجسم و الثقل) ، وذلك من اجل الاقلال من عزم المقاومة والاقتصاد بعزم القوة، ويوضح المثال في الشكل 152 عزم القوة وعزم المقاومة عند رفع ثقل خارجي بأوضاع

مختلفة، يكون وزن الجسم الذراعين (10كغم) + وزن الثقل المرفوع (40كغم) ومجموعهما يساوي 500 نيوتن (50 كغم ×10 نيوتن)، و مدغم عضلات الظهر وهي نقطة تأثير القوة تعمل على بعد 5 سم عن الفقرة القطنية الثالثة، وعندما يقف الشخص بصورة صحيحة (الشكل 152 - a) ، يكون ذراع الثقل حوالي 20سم ، مقارنة مع الوضع غير الصحيحة لرفع الثقل في (الشكل 152 - b) وفيها ذراع الثقل بحدود 30سم ، أما عند الرفع من وضع الجلوس (الشكل C-158) فأن رفع نفس الثقل سوف يسلط ضغط عالي جدا على الظهر اذ يكون ذراع الثقل بحدود 40 سم،أي عزم عالي للمقاومة المرفوعة.

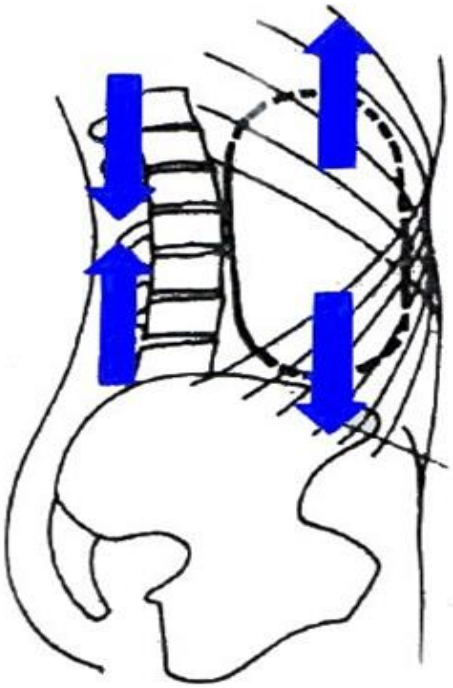


الشكل(152)

تأثير ذراع المقاومة مع تغير عزم القوة

طبقا للبيانات اعلاه ، فأن الضغط الذي يسلط على الأقراص بين الفقرات والقوة المبذولة من قبل العضلات (الشكل 152-a) هو نصف ما يمكن ان يتحمله قرص الشخص السليم (كما في الشكل 152 b) ويساوي 8000 نيوتن، ويرفع هذا الضغط الزائد عن الأقراص عندما تقوم عضلات البطن والحجاب الحاجز بالتقلص غريزيا

(الشكل 153) وعن طريق هذا الشد الغريزي في التجويف البطني يزيد الشخص من مقدار الضغط داخل بطنه والذي يكون تأثيره مشابه للمكبس باتجاه الأعلى وباتجاه الأسفل (لتجنب السقوط أيضا) ، وبما ان القرص هو احد مكونات الجدار الخلفي للتجويف البطني عندئذ يصبح احد المكونات التي تتمتع بهذه الحماية ، لهذا السبب ينخفض الضغط الذي تسلطه عضلات الظهر على الأقراص بمقدار 40%.



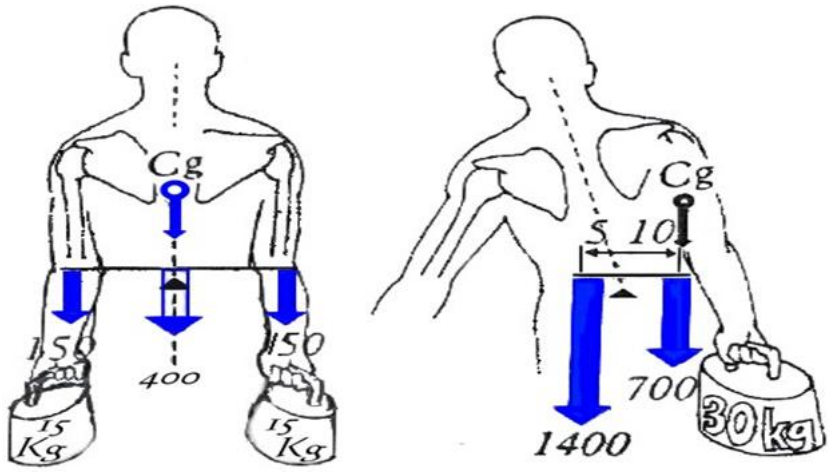
الشكل (153)

تكوين المكبس في البطن

يظهر من الحسابات السابقة مقدار أهمية امتلاك عضلات قوية في جدار البطن لرفع الضغط عن الظهر، وأيضا امتلاك عضلات قوية في الرجل في سبيل تنفيذ عملية رفع صحيحة للثقل، والأفضل هو ثني الرجل عند رفع الثقل.

الضغط الذي يتعرض له الظهر سوف ينخفض اذا كانت هناك إمكانية توزيع الثقل بصورة متساوية على كلتا اليدين مقارنة مع رفع الثقل بيد واحدة فقط.

في الأشكال 154و 155 ، وزن الجذع يساوي 40كغم (400 نيوتن) ويقع فوق الفقرة القطنية الثالثة ، ويحمل الشخص وزن 30 كغم بذراع واحدة ، نقطة تأثير قوة عضلات الظهر تبعد 5سم (ذراع القوة عند الانحراف للجانب)،في هذه الحالة سوف يقع الحمل العالي على الظهر عند أجبار العضلات الحرقفية الخصرية على العمل .

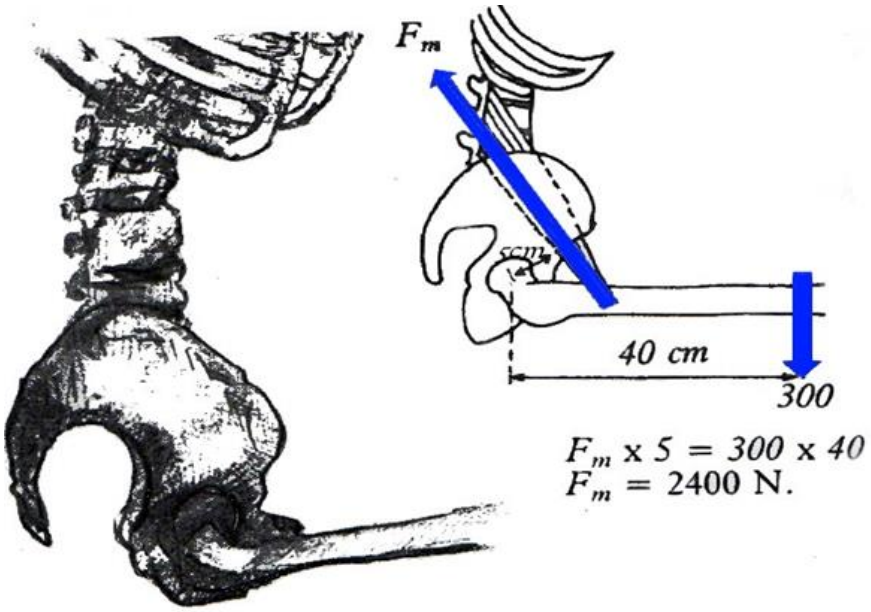


الشكل 154
توزيع حمل غير متساوي والمتساوي على الذراعين

عند القيام بتقلص ثابت لرفع الرجلين باستقامة للأمام من وضع التعلق على العقلة ، لو فرضنا ان وزن الشخص 80كغم وان وزن رجليه 30كغم ، و مركز ثقل الرجلين يقع على بعد 40سم من مفصل الورك ، وبعد نقطة تاثير القوة للعضلات الحرقفية والخصرية هو 5سم ، عندئذ يمكن حساب القوة وكما يأتي (الشكل 155):

يحتاج الشخص في هذه الحالة إلى قوة 1900 نيوتن لكي يرفع رجليه إلى الأعلى ، و تصل قوة الضغط على الأقراص بين الفقرات إلى حوالي 2200 نيوتن (1900+300 وزن الرجلين) ، وفي حالة عدم استطاعة عضلات البطن جعل الظهر مستقيم فهناك احتمالية زيادة القوة بدرجة لتصل إلى 2200 نيوتن على بعض الأجزاء المعنية من الأقراص بين الفقرات ، أداء مثل هذه التمارين غير مناسبة للأشخاص

الذين لديهم عضلات بطن ضعيفة، وان بعض الفعاليات الرياضية تعرض العضلات الحرقفية الخصرية الى الضغط بدرجة كبيرة.

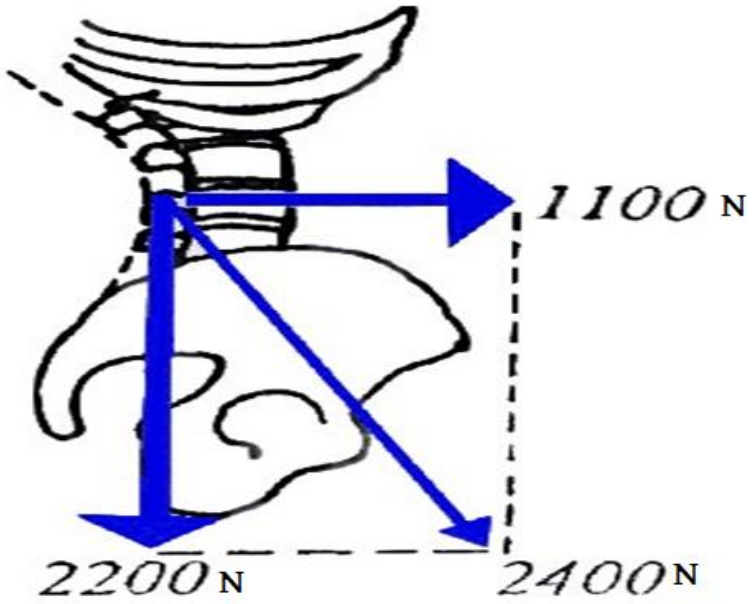


شكل 155

مثال لرفع الرجلين باستقامة عند التعلق

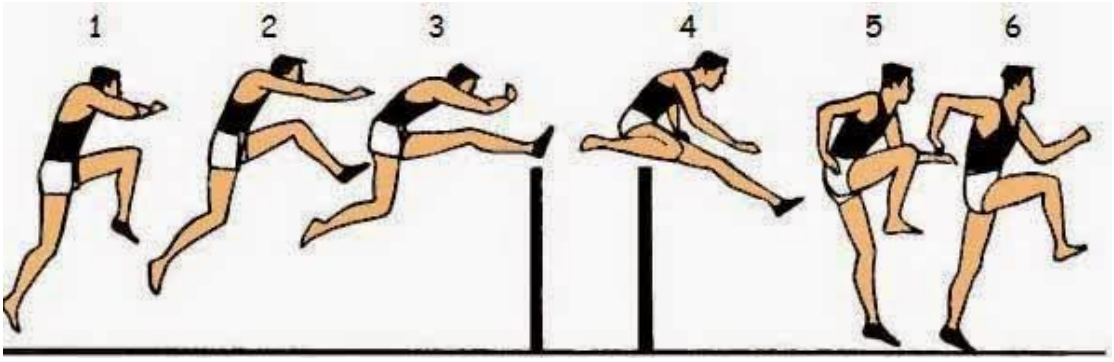
نســتطيع عن طريق المقارنة معرفة القوى الضــرورية اللازمة لمرجحة الرجل باتجاه الأمام خلال الركض ، والقفز ، وركض الحواجز ... الخ ، حيث يسبب تعجيل السرعة ووزن الرجلين (وهي مسؤولية العضلات الحرقفية الخصرية) في زيادة قوة التقلص العضلي ليصل إلى حوالي 4000 نيوتن.

عندما نتأمل التمارين التي تشارك فيها عضلات الظهر علينا أن نضع في أذهاننا تأثير التقلص الثابت لعضــلات البطن ، ويوضــح المخطط في الشــكلين 156و 157 التأثيرات المتنوعه على عضلات الظهر والبطن على الجسم.



شكل 156

الضغط الكبير على أقراص الظهر عند عدم استقامته(تقعر الظهر)

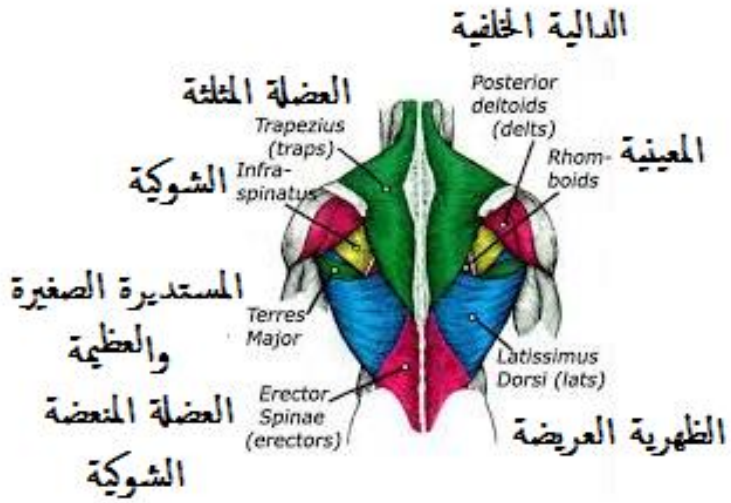


اشكل 157

حركة رفع الرجل القائدة للأعلى عند اجتياز الحاجز

- **عضلات الظهر وطبيعة الحركات لها:**

يبين الشكل 158 عضلات الظهر الرئيسة التي تربط حركة الظهر لجميع المحاور مع حركة باقي اجزاء الجسم .



شكل 158

عضلات الظهر

جميع عضلات الظهر تعمل على ثلاث محاور دوران. في المحور الافقي عند ثني الظهر للخلف ويحدث انقباض هذه العضلات مركزيا كالذي يحدث في حالة القوس المشدود لرامي الرمح وواثب العالي عند اجتياز العارضة وكذلك عند التحضير للرمية الجانبية بكرة القدم) .وحول المحور الطولي (عند الدوران من اليمين الى اليسار وبالعكس ، كرمي القرص والمطرقة وحركات لاعب الجمناستك في بعض المهارات) .وحول المحور العميق عند الحركات التي تتطلب تحضير الجذع لجهة معينة للقيام باداء الحركة الرئيسة بالجهة المقابلة مثل لحظة الرمي الثقل، او حركات حارس المرمى بكرة اليد عند صد الكرات بالزوايا والتي تتطلب حركة حني الجذع يمين او يسار.

وانواع هذه العضلات هي كالاتي:

1- العضلة شبه المنحرفة المثلثة trapezius musle

هي عباره عن العضله المثلثيه الكبيره التي تمتد من جانبي الرقبه الى منتصف الظهر العلوي تقريبا وتكون عضله مثلثيه الشكل.

- نوع العضله / عضله سحب

2- عضله المدملجة الكبيرة terez major ،والمدملجة الصغيرة terez minor ، وتحت الشوكية infraspinatous ، والعضلة المعينية الكبرى rhomboid muscles .

هذه العضلات عباره عن مجموعه من العضلات توجد على الظهر العلوي من النقطه العلويه الجانبيه للظهر مجموعه في كل ناحيه وتوجد بالتحديد بجانب وعلى عظمه لوح الكتف scapula bone.

-نوع العضلات / منها عضلات سحب ودفع ومختلطه

3- العضله الظهرية العظيمة latissimus muscles

عباره عن عضلتين عضله في كل ناحيه توجد في منطقه الظهر الأوسط وتمتد كل عضله من منطقه أسفل عظمه لوح الكتف على شكل مثلث إلى منطقه أسفل الظهر .

- نوع العضله / عضله سحب أساسيه

4- عضله ناصبة العمود erector spinae muscles

هي عباره عن عضله تمثل شكل المعين الهندسي وتوجد حول العمود الفقري vertebral column في منطقه أقصى أسفل الظهر .

- تعتبر من العضلات التي تعطي توازن وقوه وثبات للجسم عامه

جدول 3

عضلات الظهر والبطن والحوض

عضلات الظهر
عضلة ناصبة شوكية
عضلة حرقفية ضلعية
عضلة طويلة
عضلة شوكية
عضلة عريضة ظهرية
عضلة مستعرضة شوكية
عضلة نصف شوكية ظهرية
عضلة نصف شوكية عنقية
عضلة نصف شوكية رأسية
عضلة عديدة الرؤوس
عضلة دويرية
عضلة بين الشوكية
عضلة بين المستعرضات
عضلة طحالية رأسية
عضلة طحالية عنقية

عضلات البطن
عضلة مستعرضة بطنية
عضلة مستقيمة بطنية
عضلة هرمية
عضلة مشمرية
عضلة مربعة قطنية
عضلة مائلة بطنية خارجية
عضلة مائلة بطنية داخلية

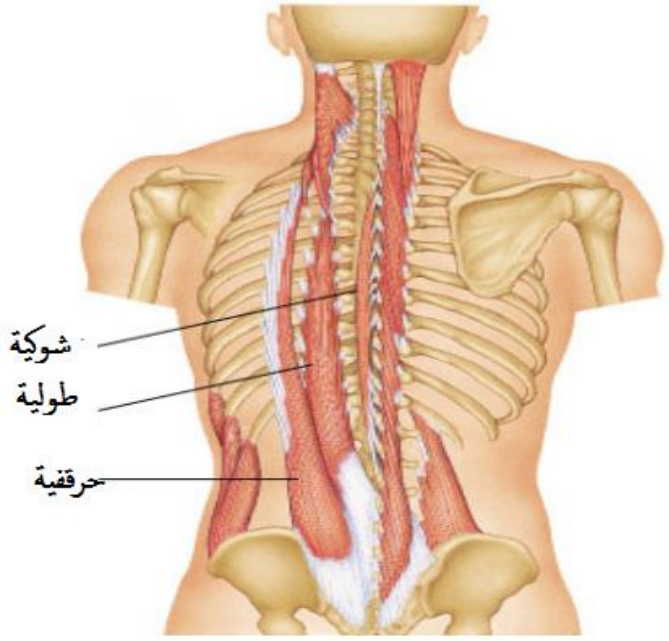
عضلات الحوض
عضلة عصعصية
عضلة رافعة الشرج
عضلة عصعصية حرقفية
عضلة عصعصية عانية
عضلة مستقيمة عانية

وتصنف عضلات الظهر طبقا لطولها كما يأتي :

- العضلات الظهرية الطويلة(تمتد فوق سبع فقرات)
- العضلات الظهرية المتوسطة(تمتد فوق اثنتين إلى ست فقرات)
- العضلات الظهرية القصيرة (تمتد من فقرة الى أخرى فقط)

في الغالب تقع العضلات الطويلة بعيدا للخارج وتسمى:

- الحرقفية(وتمتد من عظم الورك الى الأضلاع)
- الطولية(وتمتد من النتوءات الشوكية والمستعرضة للفقرات الى الأضلاع)
- الشوكية (وتمتد بين النتوءات الشوكية (الشكل 159).

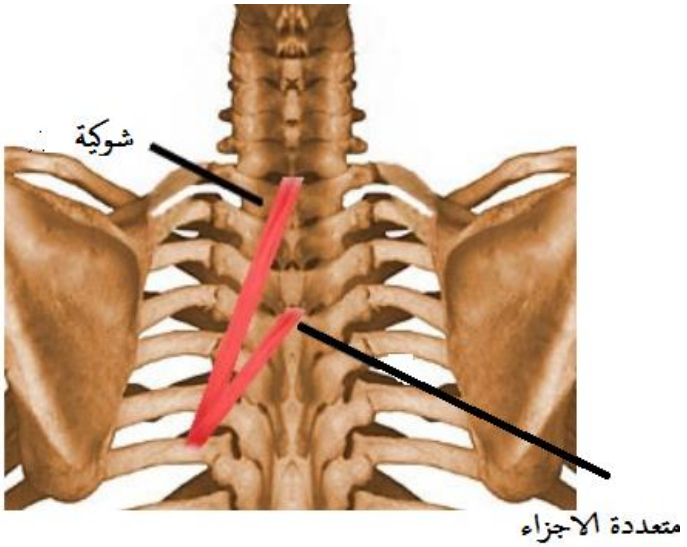


شكل 159

عضلات الظهر الطويلة

وتسمى العضلات الظهرية المتوسطة الطول التي تظهر في الشكل 160:

- النصف شوكيه(تمتد فوق أربع إلى سبع فقرات)
- المتعددة الأجزاء(تمتد فوق اثنتين إلى ثلاث فقرات)



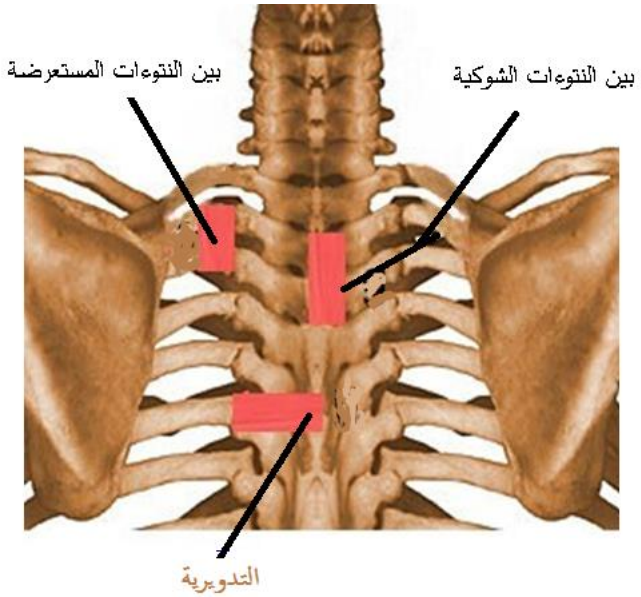
شكل 160
العضلات الظهرية المتوسطة

•أما العضلات القصيرة فهي التي تنشأ من فقرة وتدغم في فقرة أخرى مجاوره لها (كما في الشكل 160).

•f- بين النتوءات المستعرضة(وتمتد من نتوء شوكي إلى آخر)

•g- بين النتوءات الشوكية(من نتوء شوكي إلى آخر)

•h- التدويرية (من نتوء شوكي إلى نتوء مستعرض) (الشكل 161).



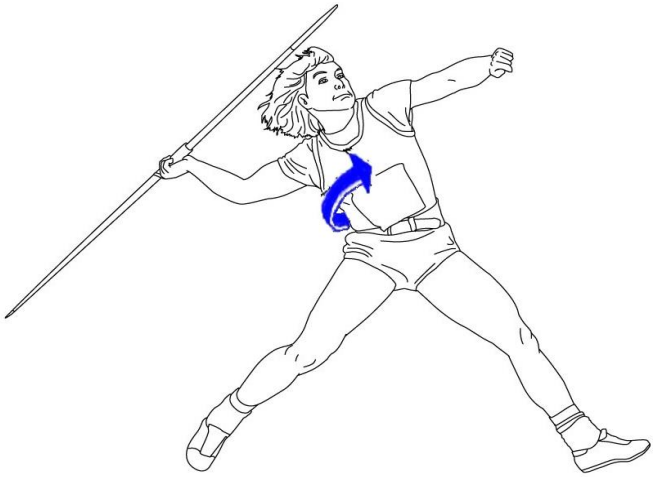
شكل 161

العضلات الظهرية القصيرة

ان التشنج الذي يحدث للعضلات القصيرة (خصوصا التدويرية) هي المسبب الأكبر لما يسمى بألم المنطقة القطنية (اللمباكو)، حيث ان التشنج في عضلة واحدة ينتج عنة تقلص العضلات المجاورة لها لمنع الحركات التي تؤدي الى تمزق هذه العضلة المصابة مما يسبب عدم إيصال الدم الى المنطقة ، وهذا يؤدي الى تشنج آخر في العضلات المجاورة.

يمكن إزالة هذا التشنج العضلي (بالراحة في الفراش) بوساطة رفع الضغط عن العضلات ويشمل الارتخاء (الإحماء، التدليك، الأدوية التي ترخي العضلة).

يحدث التشنج من جراء الإفراط في الشد (الانقباض) ، او أداء حركات غير مألوفة او التعرض الى ضغوط مفاجئة تؤدي الى انحراف خفيف في الفقرات ، و الحماية الجيدة للظهر تأتي عن طريق بناء عضلات بطن قوية.



الشكل (162)
تدوير الجذع عند رمي الرمح

- **تمارين تقوية الظهر**

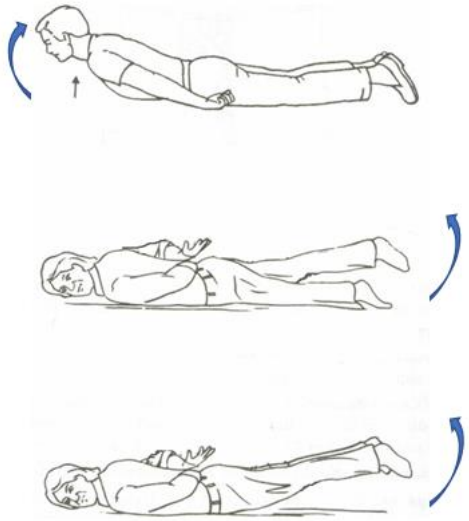
التمارين الآتية تدفع الجســـم إلى عمل حركات تدويرية وقطرية ،التمرين في الشكل 163 يصـور الاستناد على الذراعين والركبتين و رفع الذراع اليمنى مع رفع الرجل اليســرى بالتبادل، هذا التمرين لتقوية العضـــلات القطرية التي تمنع ســقوط الكتف الأيمن والورك الأيســـر باتجاه الأمام ، والبقاء في هذا الوضـــع لثواني قليلة يعطي فرصـــة للعضـــلات لعمل تقلص ثابت، ويســتمر العمل بالتعاقب بالنســبة إلى الذراع الأخرى ، ينفذ بواسـطة رفع الذراع اليسـرى مع الرجل اليمنى في وقت واحد .(لاحظ شكل 163 -1) والتمارين(2و3و4) هي تمارين جيدة لآلم اسفل الظهر.

شكل 163
تمارين عضلات الظهر

في(الشكل 164) تمارين أضافية تعطي تأثير فعال لقوة عضلات الظهر.

ففي الانبطاح على البطن ينفذ ببطء رفع الجذع للأعلى ، الشخص المدرب جيدا يمكنه ان يدور جذعه الى الجانب لتنشيط الحركات التدويرية ، ويمكن زيادة حمل الشغل الذي يتعرض له أسفل الظهر عن طريق مد الذراعين أمام الجسم ، يجب الحذر من انحناء الرقبة كثيرا إلى الخلف.

وكذلك من الشكل نفسه ينفذ ببطء تمرين رفع الرجل للأعلى بالتبادل لتدريب العضلات المأبضية ، وتقوية عضلات الورك وأسفل الظهر، عند إيقاف الرجل وهى مرتفعة يؤدي إلى عمل تقلص ثابت ، لاتنفذ التمرينين في وقت واحد.



شكل 164

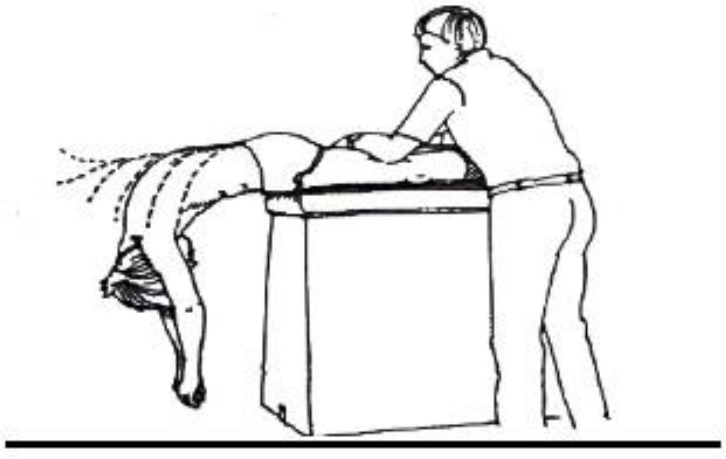
تمارين فعالة لعضلات الظهر

وفي الشكل 165 من وضع الانبطاح على حصان القفز مع وضع الورك بحيث يكون حر الحركة ومسك ثقل باليدين ، المحافظة على استقامة الظهر،مع محاولة رفع الظهر للأعلى للوصول إلى المستوى الأفقي، بهذا التمرين يمكنك تدريب جميع عضلات الظهر وأيضا عمل تقلص عضلي ثابت، تقوم عضلات مد الورك بعمل تقلص مركزي عند رفع الجذع للأعلى ، و عمل تقلص لا مركزيا عند خفض الجذع للأسفل ، يمكنك زيادة الحمل على الظهر بوضع الذراعين للجانب أو على الرقبة أو مدهما للأمام ،ويمكنك أيضا استعمال بعض الأثقال الخفيفة.

شكل 165

تمرين للظهر على منصة القفز

- التمرين في الشكل (166) يشابه التمرين في (165) ماعدا انه يجب تكوير الجسم ورفعه للأعلى باتجاه المستوي الأفقي وبالتدرج ومـن المنطقة القطنية، عندئـذ يجبر الظهر على العمل مركزيا (بالتسلسل من الفقرة القطنية الخامسة.. ثم الرابعة .. والى الأولى)، والعمل سوف يكون لا مركزي عند التكور نحو الأسفل (وبالعكس من الفقرة القطنية الأولى .. الثانية .. والى الخامسة).



شكل 166

تكوير الجسم على الصندوق ورفعه

يظهر التمرين في الشكل 167 أسلوب تمطيه عضلات الظهر بوساطة الميل باتجاه الأمام بدون تعريض الظهر لأي ضغط ، هذا التمرين بمثابة ارتخاء لجميع

عضلات الظهر،والأوضاع في هذا التمرين تخفض أيضا الضغط على الأقراص عن طريق سحب الظهر.

شكل 167

تمارين ارخاء عضلات الظهر

بعض الاشخاص الذين متعودين ينامون على ايدهم، ممكن يحدث لهم الم في الكتف، بسبب الضغط المستمر على المفصل. ما قد لا يعلمه البعض ان عضلات الظهر الجانبيه جزء منها يتصل في الذراع و يؤثر على مفصل الكتف بشكل مباشر خصوصا في الحركات التي تتطلب مد الذراع او رفع الذراع لاعلى.. مثل وضعيه النوم على الذراع. تمارين الاطاله لعضلات الظهر الجانبيه تخفف من هذه الاعراض بشكل كبير خصوصا اذا كنت مضطر انك تمد الذراع.(الشكل 168)

شكل 168

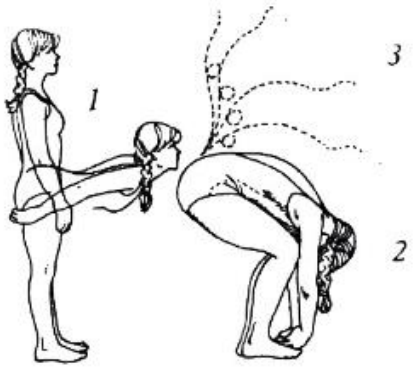
اوضاع مختلفة لاطالة عضلات الظهر

ويستطيع ان يقوم الشخص(راجع الشكل 169) بتنفيذ تمارين تدريبية لعضلات الظهر حيث يقوم بعمل سقوط لجذعه باتجاه الأمام (الوضع1)، مع المحافظة على استقامة الظهر والرجلين ، حتى الوصول الى المستوى الأفقي(الوضع 2).

شكل 169

تمارين للظهر مع استقامة الرجلين

وكذلك يستطيع تنفيذ تمارين تدريبية لعضلات الظهر (شكل 170) اذ يقوم بعمل سقوط لجذعه باتجاه الأمام (الوضع1)، مع المحافظة على استقامة الظهر والرجلين ، حتى الوصول الى المستوى الأفقي(الوضع 3). ثم يقوم بعمل حركة ثني بسيطة للجذع للأمام والظهر وثني الركبة (الوضع2).

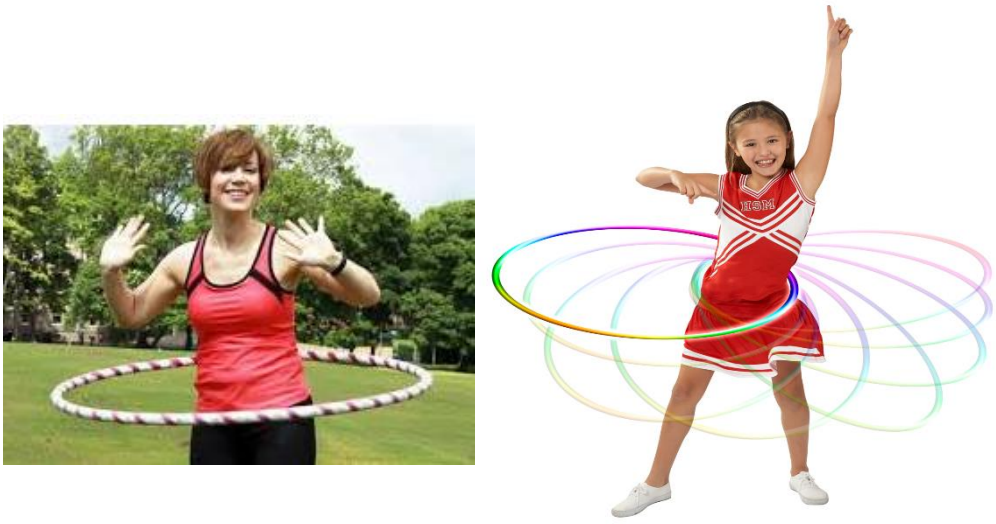


شكل 170

تدريب عضلات الظهر

في الحركة آلاتية (الوضـــعc وd) تنفذ حركة تقلص و دحرجة للفقرات الظهرية الواحدة بعد الأخرى في كل مرة ابتدءا من الفقرة القطنية الأولى ،في الحركة الأولى (c) تتقلص عضــلات الظهر تقلصــا ثابتا ثم يزداد الحمل على الجذع كلما اقترب من المســتوى الأفقي، ويمكنك زيادة الضــغط أكثر عن طريق عمل بعض حركات مثل

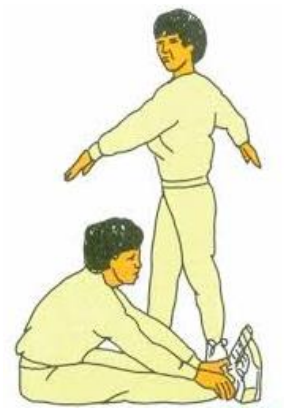
"السباحة على الصدر " بوساطة الذراعين بينما الجذع في المستوى الأفقي ، عند تنفيذ هذا التمرين يجب القيام بأبعاد مركز الثقل بعيدا عن الورك ، وعند السقوط للأمام خلف المستوى الأفقي ، ومحاولة تخفيف الشغل على عضلات الظهر (على الأشخاص الذين يشكون من الألم في الظهر تجنب هذا التمرين) ، الدحرجة في الحركة(d) تجبر عضلات الظهر على التقلص مركزيا على طول العمود الفقري (يشابه التمرين السابق في c التمرين في الشكل 167-d) ، هناك قول سائد هو ان دحرجة الجذع من التمارين الخطرة ، لكن لا يوجد شواهد على أنها كذلك ، بالإضافة إلى إن أكثر التمارين المحببة لتدوير الجذع هي تمارين دوران الاطواق حول الجذع(هيلاهوب) (الشكل 171).



الشكل (171)

مهارة دوران الاطواق حول الجذع الهيلاهوب

من الممكن تنفيذ حركة تدوير الجذع (شكل 172) عن طريق تحريك الجزء العلوي من الجسم بزاوية كبيرة مع المحافظة على ثبات الورك والرجلين، اذا نفذ هذا التمرين بوزن الجسم فقط فهو تمرين إحماء ولا ترافقه أية إصابة،اذا تمت السيطرة على السرعة ، تضيف حركات الهيلاهوب مرونة إلى مفصل الورك،عند تثبت الأقدام والرأس وتحريك الورك على شكل دائرة.

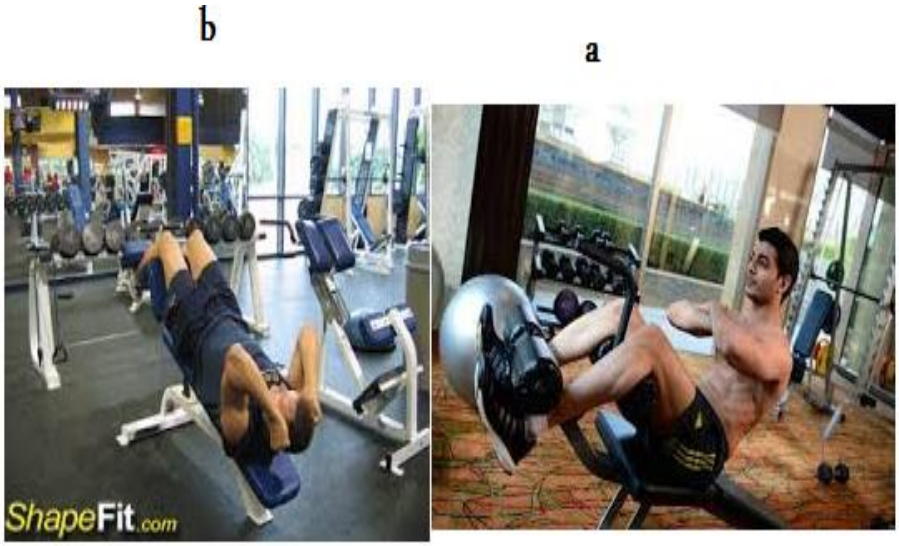


شكل 172
تدوير الجذع

من الضـــروري تجنب حركة الرأس ، لوجود خطورة عند أجراء هذه الحركة بســـرعة مما يؤدي إلى تعريض الأربطة والغضـــروف إلى التمزق ، يظهر الشـكل 170 السـابق المدى التقريبي لحركة الرأس ، حيث لايمكن إرجاع الرأس إلى الخلف مثل حركتـــه فـــي الاتجاهـــات الأخرى ، تمثل المنطقة المخططة في الشكل 170 المناطق الخطرة ويفضـــل عدم أجبار الرأس على التدوير بســـرعة إلى هذه المنطقة الخطرة . إذا نفذ التدوير ببطء مع السـيطرة فأن الرأس سـوف تتبع المحيط الخارجي المسموح به لفقرات الرقبة بدون حدوث إصابات.

- عضلات البطن في جسم الانسان : -

لاحظنا عند مناقشة الحركات التي تشد الظهر ان هناك دور لعضلات البطن القوية في رفع الضغط عن الظهر خلال رفع الأثقال والمحافظ على ثبات العمود الفقري (عضلات البطن هي المضادة لعضلات الظهر) ، ويظهر المثال في الشكل 173 ان عضلات الظهر تدرب دائما خلال الرفع ، الجلوس .. الخ

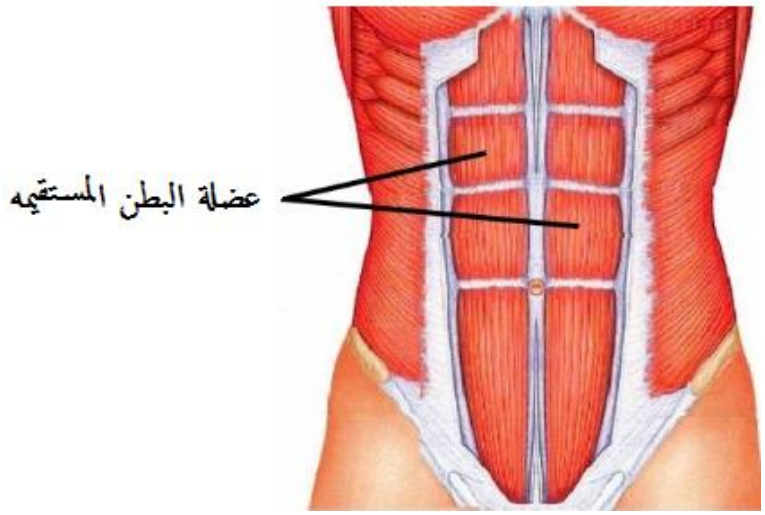


الشكل (173)
تمرين عام وخاص لتقوية عضلات البطن

تتكون عضلات البطن مما ياتي:

1. **العضلة البطنية المستقيمةtendinious inscripitions :**

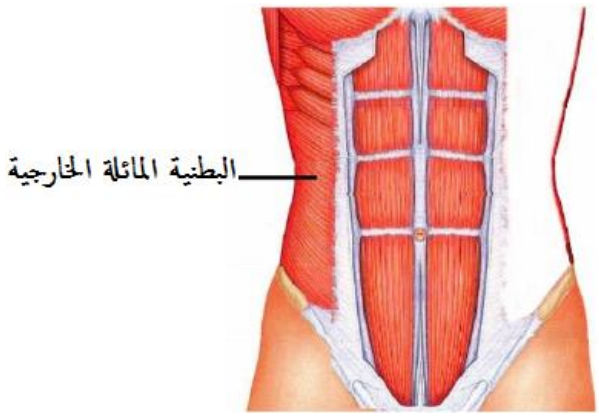
تنشأ العضلة المستقيمة من قمة عظام الصدر (غضاريف الضلع الخامس والسادس والسابع) وتدغم في الجزء العلوي من درنة العانة في عظم الحوض ، عندما تتقلص هذه العضلة ينحني الجسم باتجاه الأمام بين المنطقة القطنية والصدرية ، تتكون هذه العضله من سته مربعات بعرض مربعين فوق مربعين وتسمى بالسكس باك six back واذا استلقيت على ظهرك (الشكل 174- a) وسحبت جسمك إلى الأعلى ابعد ما يمكن بدون دفع الورك باتجاه الأمام (عدم تحريك مفصل الورك) فأنك تعمل على تقليص العضلة البطنية المستقيمة وتقصر من طولها الى الحد الأقصى .



شكل 174
العضلة البطنية المستقيمة والسفلية

2- عضله البطن المائلة الخارجية rectus abdominis

وهي العضله التي توجد أسفل البطن وتمتد الي الحوض على هيئه مستطيلين متواريين عموديين. تنشا هذه العضلة من الجزء الأمامي الأسفل للصدر (الأضلاع السفلى) ، شكل هذه العضلة في جزئها العلوي هو عبارة عن وتر عريض يغطي العضلة البطنية المستقيمة ، ويلتحم الجزء الأسفل منها في حرف عظم الورك ومع الوتر الاربي، وتتداخل الأوتار المسطحة في جانبي العضلة عند الجزء الأسفل للبطن (الشكل 175) .



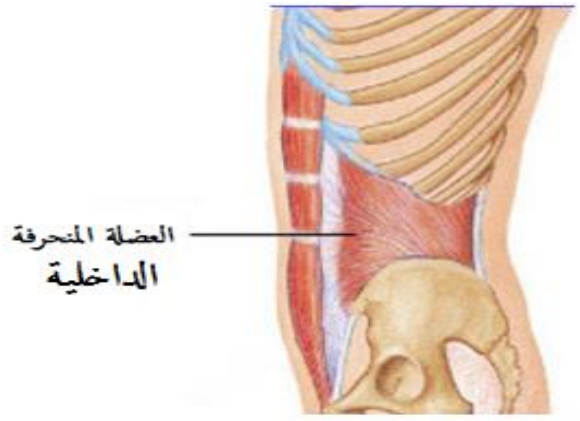
شكل 175
العضلة البطنية الخارجية

3- العضلة البطنية المنحرفة الداخلية :

تنشأ العضلة البطنية المنحرفة الداخلية من عظم الورك والوتر الاربي ، وتصبح على شكل وتر مسطح عريض يمر تحت العضلة البطنية المستقيمة، ويتصل مع الحزم الليفية التي تمر نحو الأسفل بين العضلتين البطنيتين المستقيمتين (الشكل 176).

عمل العضلات البطنية المنحرفة هو كمساعد للعضلة البطنية المستقيمة , بالإضافة الى أنها تعمل على تدوير الجذع ، يزداد الضغط الذي تتعرض له العضلات البطنية المنحرفة في الجلوس القطري (الشكل 177)

عند تدور الكتف الأيمن باتجاه الأمام نحو الجزء الأيسر من الورك (وبالعكس)، والعضلات التي سوف تشارك في هذا العمل هي العضلة البطنية المائلة الخارجية اليمنى والمائلة الداخلية اليسرى .



شكل 176
العضلة البطنية الداخلية

شكل 177
تمرين الجلوس من الرقود القطري

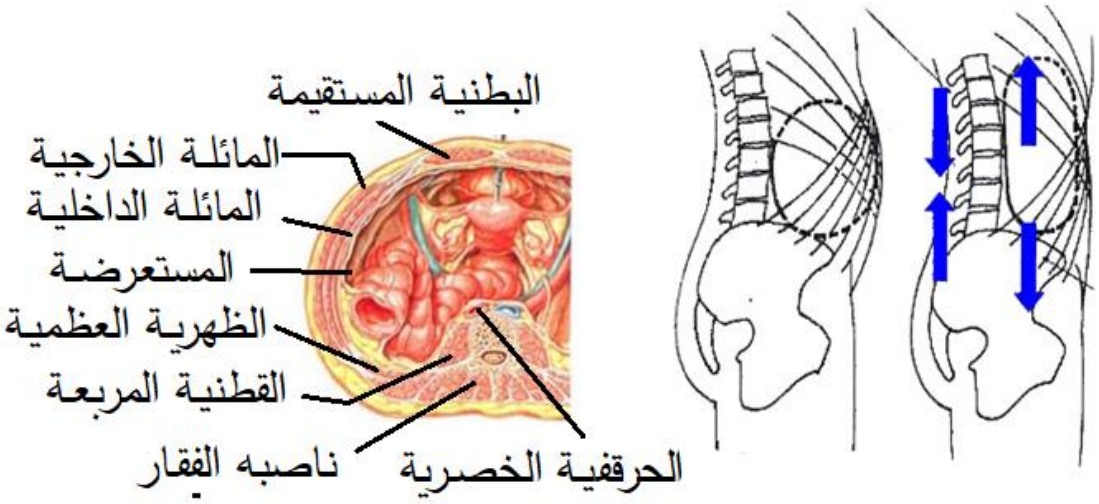
ـ عضله المسننة الامامية serratus muscles

وهي توجد أسفل الصدر من الناحيه الخارجيه وبجوار عضله البطن الخارجيه المائله من ناحيه الخارج وهي تعتبر عضلات سحب كما أنها تساعد في عمليات وحركات مركبه أخرى. ولا ترتبط هذه العضله مع أية حركة، وعملها هو سحب البطن للداخل فقط .

شكل 178
العضلة المستعرضة البطنية

كذلك تحفز للعمل عندما يزداد الضغط على البطن الذي يسمى بالضغط البطني ، يمكن لجميع عضلات البطن المشاركة زيادة الضغط البطني عند التقلص ، بهذه الطريقة يرفع الضغط على الأقراص بين الفقرات أثناء رفع الثقل. (الشكل 179)

ويظهر يظهر في الشكل ايضا ، المقطع العرضي للجسم عند منطقة البطن ، من هذا الشكل يمكن الكشف عن العلاقة بين العضلات الظهرية والبطنية.

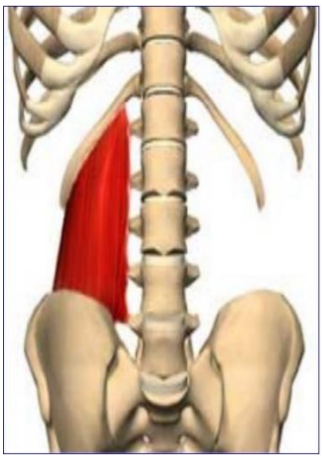


شكل 179

الضغط البطني ومقطع عرضي للجسم

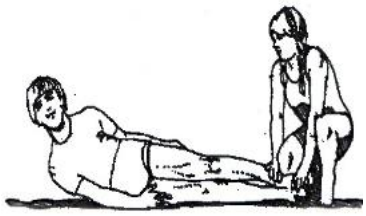
- **العضلة القطنية المربعة :**

العضـــلة القطنية المربعة هي من العضـــلات المهمة في ثني الجســـم للجانب ، تشـــارك هذه العضـــلة في الثني باتجاه الجانب عندما تنفذ الحركة في المنطقة القطنية (الشكل 180).



شكل 180
العضلة القطنية المربعة

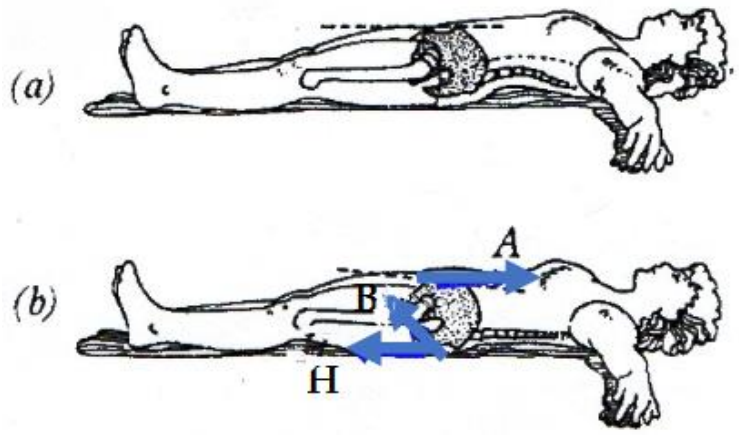
قارن حركة الثني للجانب في الشـــكل 181 مع الحركة التي تظهر في منطقة الورك والتي تشارك فيها العضلات المبعدة .



الشكل (181)

تمرين العضلة القطنية المربعة

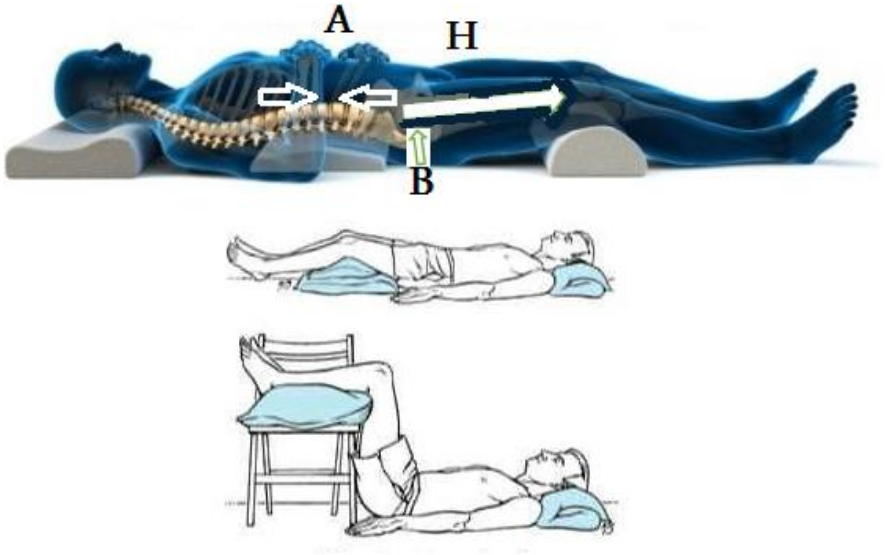
التقوس في المنطقة القطنية يظهر عندما يستلقي الشخص على ظهره وهذا ظاهره طبيعية نتيجة التقوسات الموجودة في العمود الفقري والشد في العضلات الحرقفية الخصرية ، بالإمكان ضغط الظهر باتجاه الأرض باستخدام عضلات البطن A وعضلات الورك B (الشكل 182- b), ولدفع الورك باتجاه الأسفل تستخدم العضلات المأبضية H.



شكل 182

تبادل العمل العضلي بين البطن والورك بوضع الاستلقاء

من المحتمل ان يكون هذا التمرين أسهل ، اذا تم فيه ثني الركبة مع رفع الرأس قليلا للأعلى ، في هذه الحالة ترتخي العضلات الحرقفية الخصرية وتبدأ حركة ثني العمود الفقري باتجاه الأمام . (الشكل B-183 العضلة الحرقفية الخصرية)



شكل 183

تمارين ارتخاء العضلة الحرقفية الخصرية لعلاج التقوس الظهري

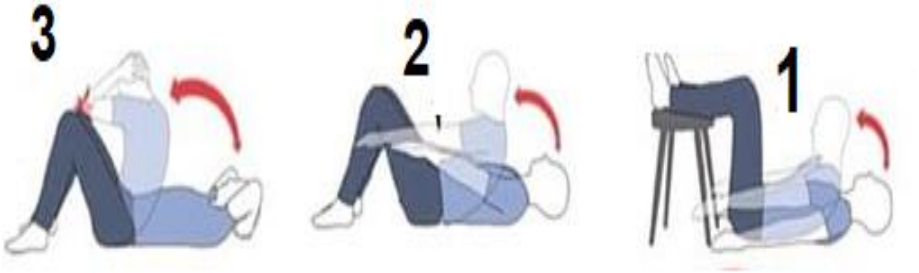
اذا استلقيت على ظهرك ورفعت الرجلين بصورة مستقيمة ، فأنك تقوم بعمل تقوس في العمود الفقري اكبر من التقوس في حالة الوقوف ، وهذا ناتج من قوة العضلات الحرقفية الخصرية لرفع الرجلين والتي تعمل بطريقة معينة على الظهر مما يزيد من التقوس في المنطقة القطنية.(الشكل 184)

شكل 184

تقوية عضلات الورك الضامة

بعد ان تتطور قابلية عضلات البطن على تثبيت الظهر تنفذ بعد ذلك التمارين التي يحتاج فيها الشخص لرفع رجليه باستقامة او وضع مقاومة ضد عضلات ثني الورك ، يترك تنفيذ هذه التمارين للأشـــخاص الذين لديهم تدريب جيد . ان الهدف الرئيس من هذه التمارين هو تقوية عضـــلات ثني مفصـــل الورك (الشـــكل 184) ، وهناك أيضا تمارين تدريب ثابته يمكنها المساهمة في تقوية عضلات البطن.

اذا أراد الشـــخص ما تدريب عضـــلات البطن فقط ، عليه التأكد من ان الحركة تحدث فقط في العمود الفقري ولا تحدث في مفصل الورك، ومن التمارين الشائعة في تقوية عضلات البطن هي تمارين الجلوس من وضع الاستلقاء ، والطريقة الأفضل لمنع أية مســاعدة تظهر من العضــلات الحرقفية الخصــرية عند أداء حركة الجلوس هذه هي بوساطة ثني مفصل الورك بحيث لا تستطيع هذه العضلات من التقلص بأية درجة من القوة ، والخطأ الشـــائع هو ثني الركبة مع وضـــع القدمين في نفس الوقت تحت ســـلالم الحائط (الشـــكل 185)، في هذا الوضـــع لا يحدث ثني بدرجة كافية في مفصل الورك لمنع العضلات الحرقفية الخصرية من المشاركة ، ويمكن ان يسبب تثبيت القدمين الجلوس بدون جهد عالي من عضـــلات البطن. لنفرض انك في الاوضاع التي يصورها الشكل 185 مع عدم تثبيت قدميك ،بهذا الوضع تقوم بعمل دحرجة للفقرات القطنية الواحدة بعد الأخرى في سبيل جعل عضلات البطن تشارك أفضل، قبل تمكنك من ثني الورك وسحب الصدر نحو الأعلى.



شكل 185

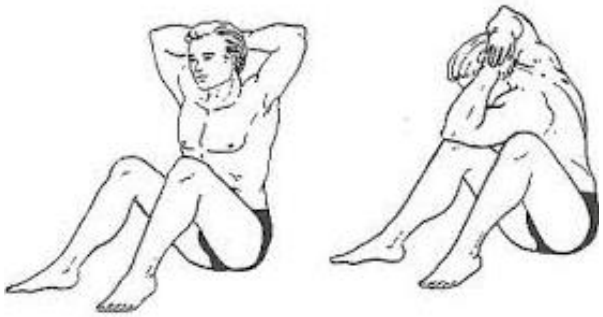
تقوية عضلات البطن بدون اشراك العضلة الحرقفية الخصرية

شكل 186

زيادة الضغط على عضلات البطن

الطريقة الأفضل لتدريب عضلات البطن هو عن طريق ثني مفصل الورك بقوة ، مع التأكيد على عدم تثبيت الرجلين ، عندئذ من المحتمل ان نصف حركة جلوس هي لعمل أقصى تقلص لعضلات البطن وبدون ثني الورك.

الحفاظ على وضع الجسم عند الجلوس من الرقود والقيام بتدوير الجذع الى الجانبين،(الشكل 187) في هذه الحالة نعمل على تدريب العضلة البطنية المستقيمة على التقلص الثابت كذلك زيادة الشدة على العضلات البطنية المائلة ،



شكل 187

تدوير الجذع في تمرين البطن

ويمكن تغير نوعية هذا التمرين عن طريق:

(1) أبقاء الذراعين مستقيمة بجانب الجسم .

(2) وضع الذراعين متقاطعة أمام الصدر او

(3) وضع الذراعين على الأذن بجانب الرأس.

عندما نرغب في زيادة القوة الخارجية العاملة على البطن خلال تمرين الجلوس (186 a b)، علينا ملاحظ ان مركز الجاذبية للجزء العلوي من الجسم يقع على بعد معين من مفصل الورك عند بداية التمرين ، تبدأ هذه المسافة بالنقصان عند استمرار حركة الجلوس الجلوس (a) ، وأيضا يبدأ عزم الوزن (الجاذبية الأرضية) بالانخفاض عندما تبدأ عضلات البطن بالتقلص (F1).

اذا استلقى الشخص على سطح مائل(b) فأن الضغط الخارجي يزداد عندما يحاول الشخص رفع جسمه عند بداية تقلص عضلات البطن ، ان الشخص الذي ينفذ هذا التمرين (الشكل 186-b) سوف يجده مثير وممتع ، ويصبح هذا التمرين أكثر أثارة عندما يكون وضع المصطبة مائلة بمقدار 45 درجة او مع وضع ثقل 10 كغم على الصدر.

على الشخص الذي يؤدي هذا التمرين على مصطبة مائلة عليه ان يثبت قدميه ، وهذا يعني محاولته استخدام عضلاته الحرقفية الخصرية في مرحلة مبكرة بالرغم من دحرجة الفقرات القطنية الواحدة بعد الأخرى.

صممت التمارين الأربعة التالية (188 ، 1و2و3و4) لتطوير العلاقة بين القوى الخارجية (وزن الرجلين ووزن الجزء العلوي من الجسم) والقوى الداخلية (العضلات البطنية والحرقفية الخصرية)

1-الشخص في (الشكل 189 -1) كتلته 80 كغم و يستلقي على ظهره ، ولنفرض ان مركز ثقل جسمه العلوي الذي كتلته 40 كغم يقع على بعد 30 سم عن مفصل الورك, وكتلة رجليه 20 كغم ومركز ثقلها يقع على بعد 30 سم عن الورك و طبقا للعتلات فأن عزم القوة للجزء العلوي يساوي:

=400×30=12000 نيوتن.سم

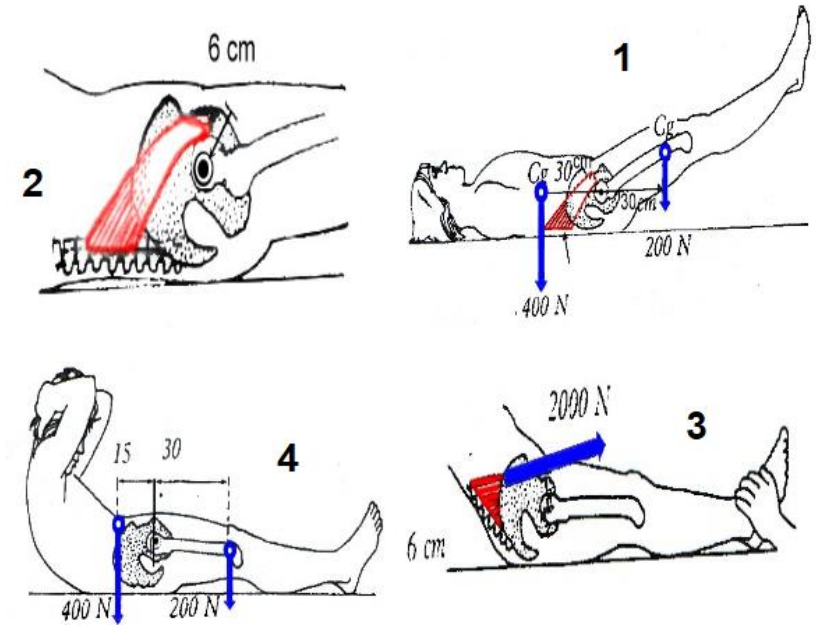
وعزم القوة للرجلين يساوي:

=200×30=6000 نيوتن.سم

2 – يفترض ان تكون العضلات الحرقفية الخصرية (المسؤولة عن ثني الورك) في وضع يسمح لها بالسحب عندما يكون ذراع السحب على بعد 6 سم عن مفصل الورك(شكل 194 -2)، واذا وصلت قوة تقلص هذه العضلات الى 1000 نيوتن ، عندئذ تكون قوة العزم مساوية الى 6×1000=6000 نيوتن. سم (وهي مساوية الى عزم قوة الرجلين) ، عندئذ يستطيع الشخص ان يرفع رجليه،أما اذا ارتفعت قوة العضلة الى اكبر من 6000 عند اذن يستطيع الشخص رفع رجليه بسرعة اكبر(الشكل 194 - 4).

3- اذا قام الشخص بتثبيت رجليه وشد العضلة الحرقفية الخصرية بقوة 2000 نيوتن ، فأن قوة عزم العضلة سوف يكون 2000×6=12000 نيوتن. سم ، عندئذ يستطيع رفع الجزء العلوي من جسمه (كما في الشكل 189-3) .

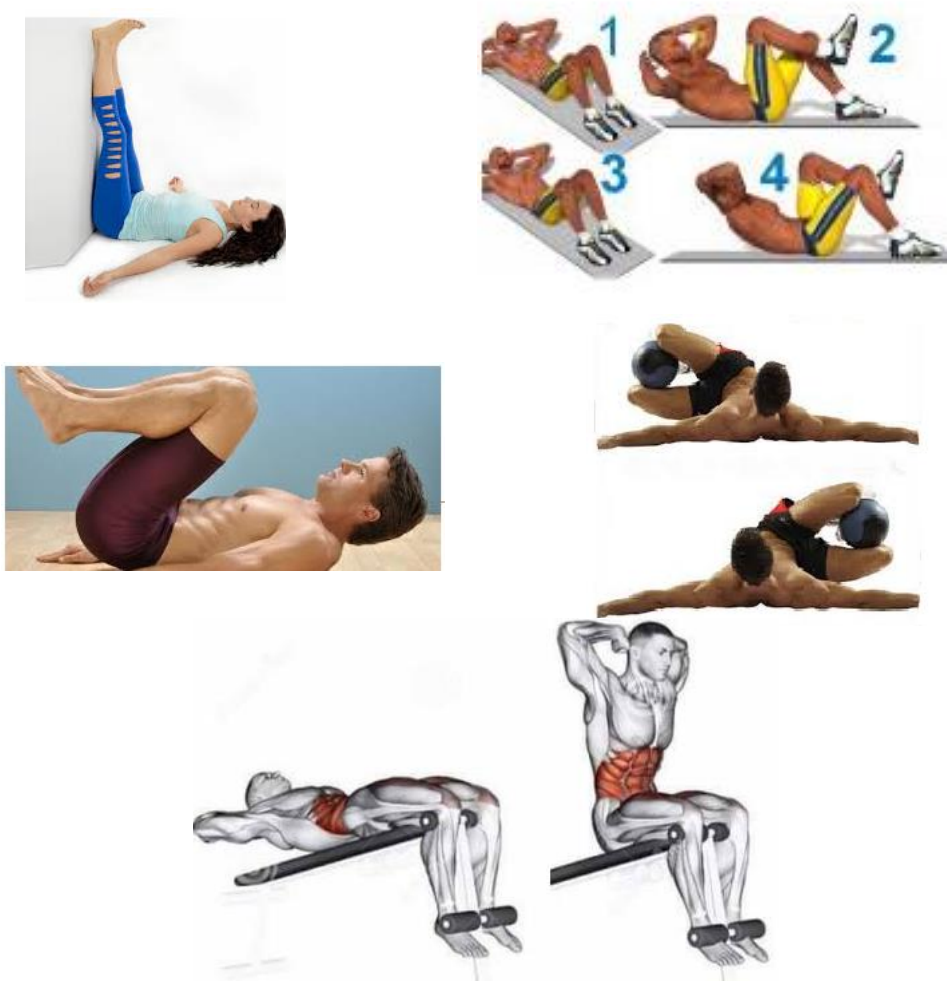
4- فيما يخص الجلوس بدون تثبيت الرجلين ، عليه سحب فقرة بعد أخرى باستخدام عضلات البطن حتى يصبح مركز ثقل الجزء العلوي من الجسم يقع على بعد (15سم) بدلا من (30سم) عن مفصل الورك، في هذه اللحظة تستطيع العضلات الحرقفية الخصرية رفع كل من الجزء العلوي من الجسم والرجلين، ويستطيع الشخص بوساطة الثني القليل في العمود الفقري نحو الأمام ان يصل الى وضع الجلوس بدون تحريك رجليه، أما إذا استطاع الشخص الجلوس بدون ثني او تثبت الرجلين ، فأنه يجبر عضلات بطنه لكي تعمل لمسافة طويلة قبل ان يظهر الثني في الورك.



شكل 188

عزوم القوة والمقاومة بتغير اذرع المقاومة

يظهر في الشكل 188 بعض تمارين عضلات البطن المختلفة . عليك التأكد على بدء الحركة من العمود الفقري (الثني ببطء للأمام) قبل ان تحدث أية حركة في مفصل الورك، لا تعرض رجليك أبدا الى ضغط أعلى من قوة عضلات البطن،كذلك لا توجد حاجة لعمل تمارين تمطية لعضلات البطن.

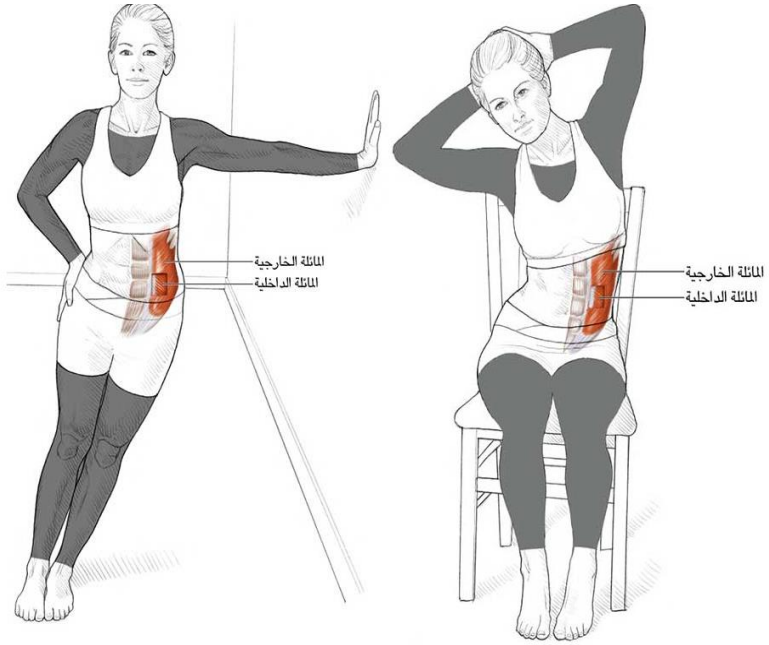


شكل 189

تمارين متنوعة لعضلات البطن

أظهرت الأبحاث أن عدم القدرة على القيام بالثني الجانبي هو مؤشر خطر لآلام أسفل الظهر والإصابات غير المحددة والمتكررة. أيضًا، الرياضيون الذين يؤدون حركات فوق الرأس لأقصى قدر من المسافة أو القوة، مثل لاعبي البيسبول، ورماة الرمح، والمطرقة والقرص، يحتاجون لعضلات ثانية جانبية لينة. هي أيضًا مهمة لضربات فوق الرأس (على سبيل المثال، الإرسال والضربات القوية في رياضات المضرب) وعند المحاولة للوصول لأعلى مستوى ممكن (على سبيل المثال، ضربات كرة السلة المرتدة أو ضربات الكرة الطائرة الساحقة). ولاعبو الجمباز، وراقصو الرقص الفني الحديث والباليه، والغواصون يحتاجون لكون هذه العضلات لينة.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن للعضلات الثانية الجانبية المشدودة أن تؤدي إلى شكل من أشكال الالم والتشوه. عمل القطنية المربعة الوحيد هو الثني الجانبي، والشد في هذه العضلات ينتج عنه فقدان الاستقرار الجانبي في العمود الفقري، مما يتسبب في انحناء العمود الفقري إلى اليسار أو اليمين.



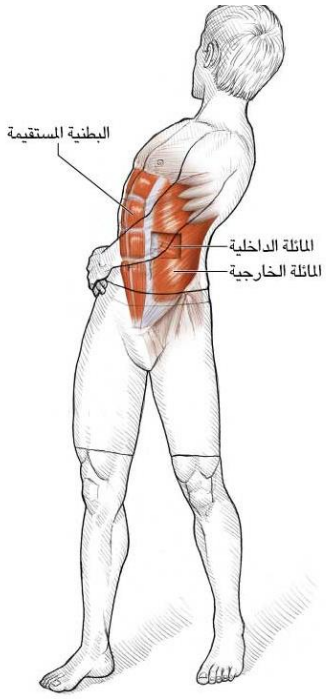
شكل 190

اطالةعضلةالجذع

الثانية السفلية

العديد من الرياضات تعتمد على ثني الجذع الجانبي. لأن العديد من هذه الأنشطة تضغط جانبًا واحدًا من الجسم أكثر من الآخر، فمن السهل أن يصبح جانبا الجسم غير متوازنين. يمكن للجانب النشط أن يصبح مشدودًا، بسبب الإفراط في استخدامه. إذا لم يتم استخدام الجانب غير النشط لفترات طويلة، يمكن أن تصبح العضلات قصيرة. جانبا الجسم غير المتوازنين يمكن أن ينشئا أيضًا عن رفع الأحمال الثقيلة، خاصة إذا كان أحد الجانبين أقوى بكثير، أو بسبب المشاركة في أنشطة مثل فنون الدفاع عن النفس وكرة القدم والتي يتلقى فيها الجسم ضربات قوية ؛ او فعاليات الرمي بالعاب القوى ،. هذا التمرين أكثر ملاءمة من إطالة الثانية الجانبية للجذع السفلي الأساسية لاستعادة المرونة، لأن الشخص في وضعية الوقوف على غرار الأنشطة الرياضية المذكورة بالتفصيل.

من السهل جدًا أن تفقد التوازن أثناء القيام بهذا التمرين، لذا قف على سطح مضاد للانزلاق. حافظ على استقامة الذراع اليسرى، ولكن لا تثبت الكوع. يمكنك زيادة كمية الإطالة عن طريق تحريك القدمين أبعد من الجدار، أو من خلال إراحة الساعد الأيسر بدلًا من اليد على الحائط، أو كليهما.



شكل191

اطالة عضلات البطن الجانبية

- **عضلات التنفس**

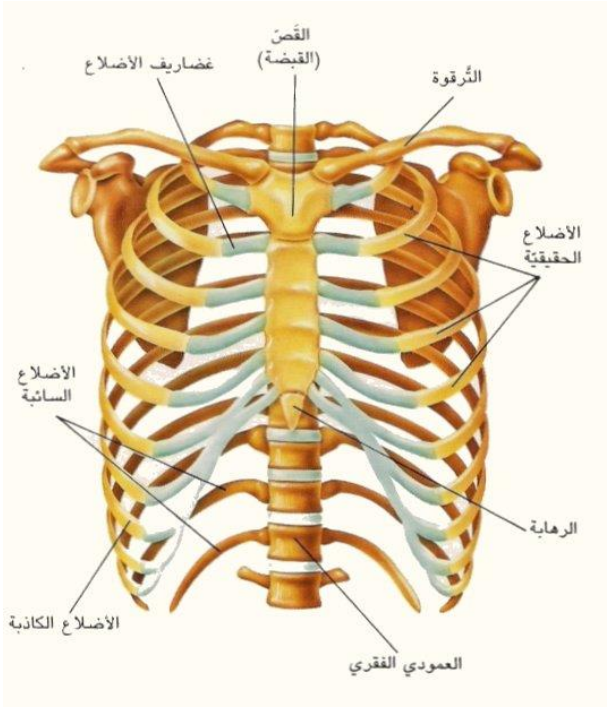
هنا سوف نشرح تركيب القفص الصدري ووظيفة عضلات التنفس فقط، على اعتبار ان موضوع دراسة عضلات التنفس من المواضع الفسيولوجية التي لها علاقة بهذا الموضوع.

يتكون القفص الصدري من (12) ضلع، تتصل الأضلاع العشرة الأولى مباشرة بعظم القص (السبعة الأولى مباشرة والثلاثة الأخرى غير مباشرة عن طريق الغضاريف) ،والضلع رقم 11 و 12 لا يوجد لهما اتصال من الأمام ، لذلك يطلق عليها الأضلاع السائبة.

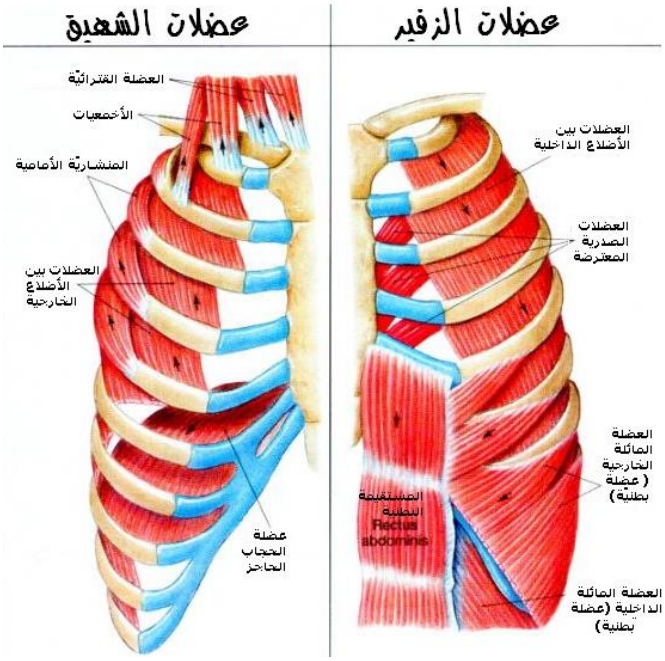
تفصل عضلة مهمة جدا للتنفس التجويف الصدري عن التجويف البطني وهي عضلة الحجاب الحاجز ، وتعد أهم عضلة في الجسم بعد عضلة القلب ، تنشأ أليافها العضلية من الجهة البطنية للفقرات القطنية الثلاث الأولى ومن الأضلاع السفلى ومن عظم الرهابة، وتشكل هذه المناطق الثلاث قاعدة القفص الصدري السفلى ، ترتفع هذه العضلة على شكل قوس نحو الأعلى باتجاه التجويف الصدري (الشكل 192) ، وعندما تتقلص ألياف العضلة (2) يقل قوس العضلة حيث ينخفض الجزء الوتري للعضلة نحو الأسفل (1)، وخلال عملية التقلص يزداد حجم تجويف الصدر (شهيق) وينخفض حجم تجويف البطن ، لذا تندفع البطن باتجاه الأمام، ويسمى هذا النوع من التنفس بالتنفس البطني (التنفس العميق).

تقوم عضلة الحجاب الحاجز بوظيفة أخرى إضافة الى عملية التنفس وهي مساعدة لعضلات البطن لزيادة الضغط الداخلي للبطن ،لذا تصبح وظيفتها مهمة جدا عند رفع الأشياء الثقيلة. يمكن أيضا زيادة حجم التجويف الصدري عن طريق رفع الأضلاع للأعلى ، ويتم تحقيق هذا عن طريق تقلص العضلات المتصلة بالأضلاع . تتجه الألياف عضلة الحجاب الحاجز بطريقة بحيث ترفع الأضلاع السفلى عند تقلصها (3) ويسمى هذا بالتنفس الصدري ، ويوجد

عدد من العضلات (فى الظهر ، الرقبة ، ... الخ) لها تأثير ايضا على الأضلاع خلال التنفس بقوة.



شكل 192
عضلات التنفس



شكل193
عضلات التنفس

الفصل السادس

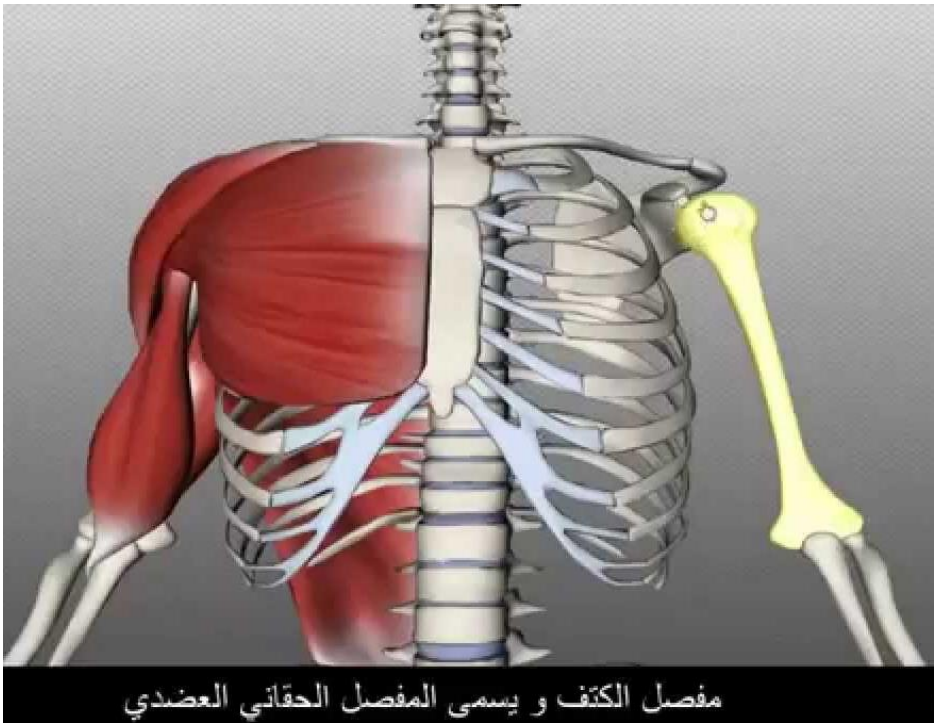
عضلات الطرف العلوي في الانسان

الطرف العلوي في علم تشريح الإنسان، هو ما يشار إليه في اللغة العربية بالذراع. وهي المنطقة ما بين الكتف وحتى أطراف الأصابع. ويشمل أعضاء الطرف كله، ولذلك هو ليس مسماً آخر للذراع العلوي. ويتكون الطرف العلوي من ، الكتف و الذراع والمرفق والساعد والرسغ واليد. والعظام التالية تعتبر من مكونات الطرف العلوي:

ترقوة - وهي العظمة الوحيدة في الطرف العلوي التي تتمفصل مع الجذع ولوح الكتف - عظمة العضد - عظمة الكعبرة - عظمة الزند - عظام الرسغ - عظم مشط اليد – سلاميات.

العضلات المشتركة مع الكتفان والصدر والظهر (ضمن الجذع) في جسم الانسان:

ترتبط عضلات كل من حزام الكتفين والظهر واعلى الصدر بعضلات تربط هذه الاجزاء وتشترك مع بعضها بالعمل العضلي والحركي.

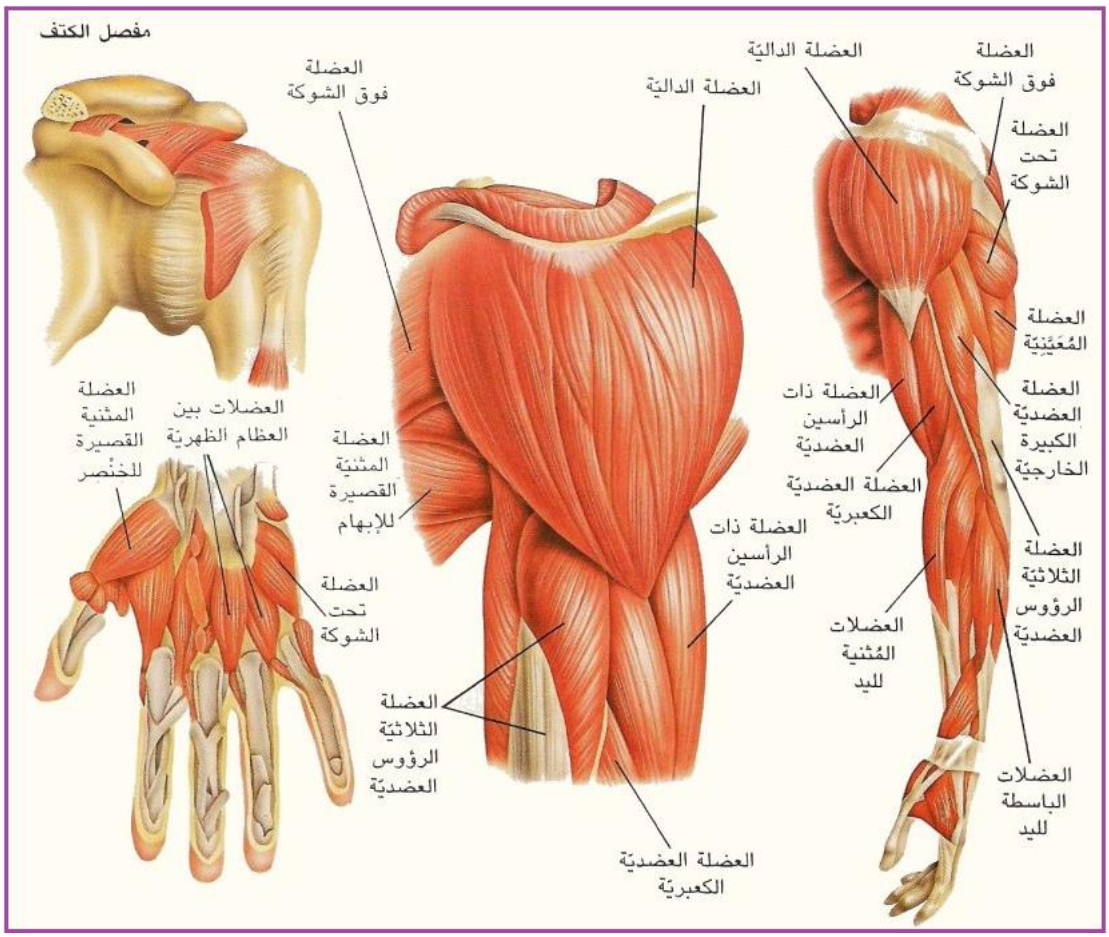


شكل 194
مفصل الكتف والطرف العلوي

اما مفاصل هذا الطرف فهي :

مفصل الكتف، أو الحقي العضدي، هو مفصل من كرة ومحجر يشكله رأس العضد والحفرة الحقية، هو تجويف كتفي ضحل؛ ويشكل محجرًا لرأس عظمة العضد. هذا

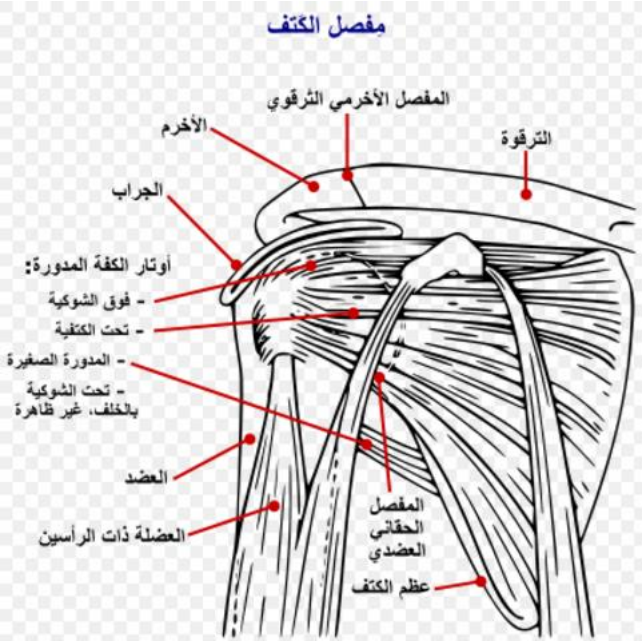
المفصل هو أكثر مفصل في الجسم يتحرك بحرية، والأقل استقرارًا على حد سواء. والشكل 195 يوضح مكونات الطرف العلوي



شكل 195

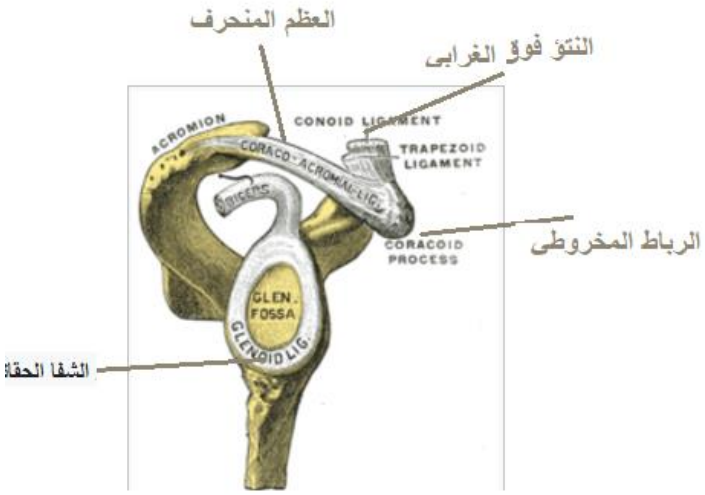
اجزاء الطرف العلوي

يتم منع الحركة الصعودية للعضد بواسطة الترقوة وزوائد الأخرم الكتفية والغرابية، فضلًا عن الأربطة الحقانية العضدية والكفة المدورة. الحركات لأسفل، وإلى الأمام، والخلفية للعضد يحد منها وضع رأس العضد في شفة الحق الغضروفية، وهو رباط دائري من الغضروف الليفي؛ والذي يمر حول حافة الحفرة الحقية لزيادة تقعرها. جنبًا إلى جنب مع شفا الحق، يثبت عظم العضد في مكانه عن طريق العديد من الأربطة والأوتار العضلية التي تشكل معًا الكفة المدورة.



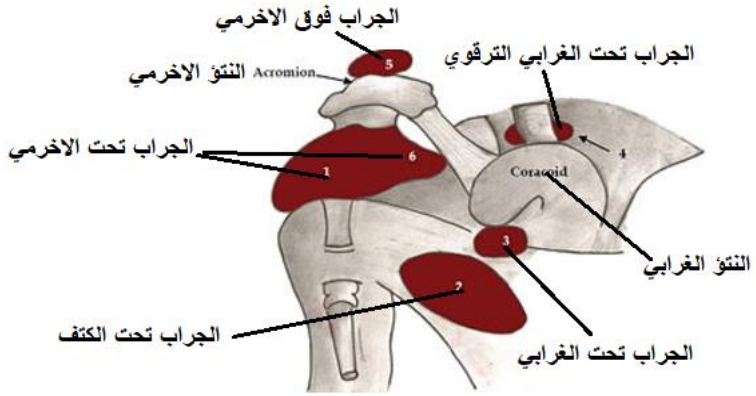
شكل 196

اوتار واربطة مفصل الكتف



شكل 197

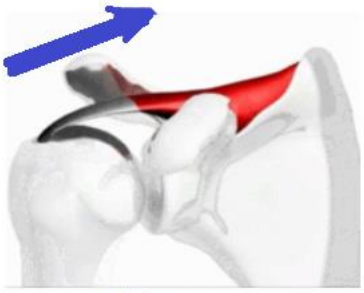
الشفة الحقية الغضروفية



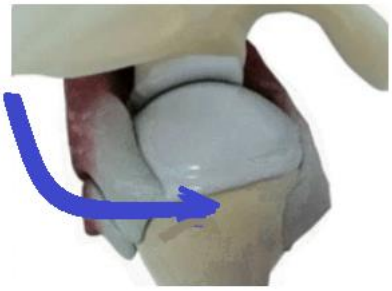
شكل 198

الاجربة (الوسادات) تحت مفاصل الكتف

هناك خمسة أزواج رئيسية من الحركات عند الكتف: (1) الانثناء والمد، (2) الإبعاد والتقريب، (3) الدوران الخارجي والداخلي، (4) السحب والدفع، (5) الارتفاع والانخفاض. تتكون عظام مفصل الكتف من العضد (عظم أعلى الذراع)، ولوح الكتف (نصل الكتف)، والترقوة (عظام الطوق). لوح الكتف والترقوة تطفو أساسًا على أعلى القفص الصدري. ولذلك، فإن المهمة الرئيسية للعديد من عضلات أعلى الظهر والصدر هي ربط لوح الكتف في أعلى الظهر، وربط الترقوة في أعلى الصدر بالقفص الصدري والعمود الفقري. هذا يوفر منصة مستقرة لحركات الذراع والكتف. من خمسة أزواج للحركة، يصنف التراجع والمد، والارتفاع والانخفاض عادة باعتبارها أفعال استقرار.



ابعاد

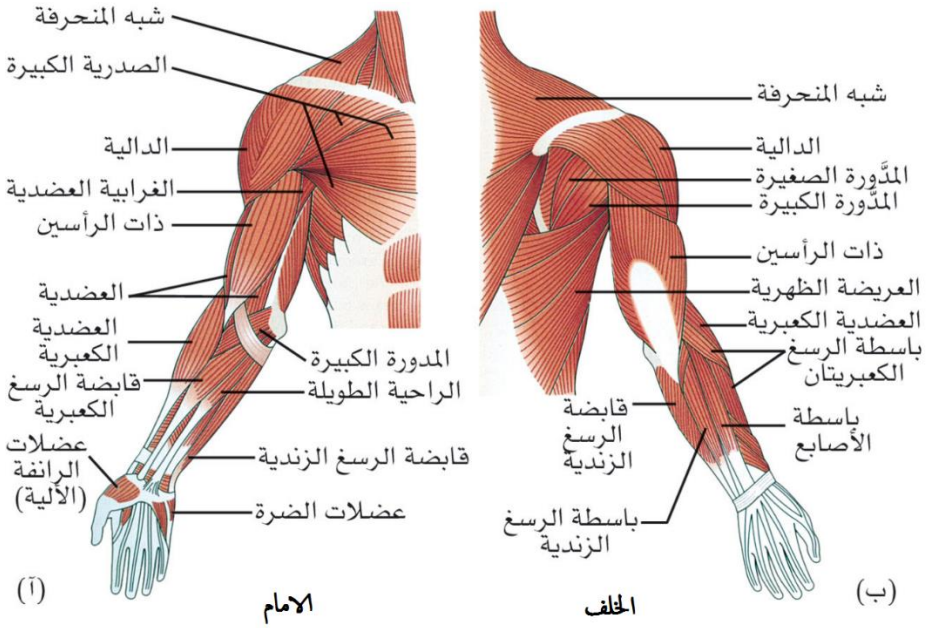


تدوير وضم

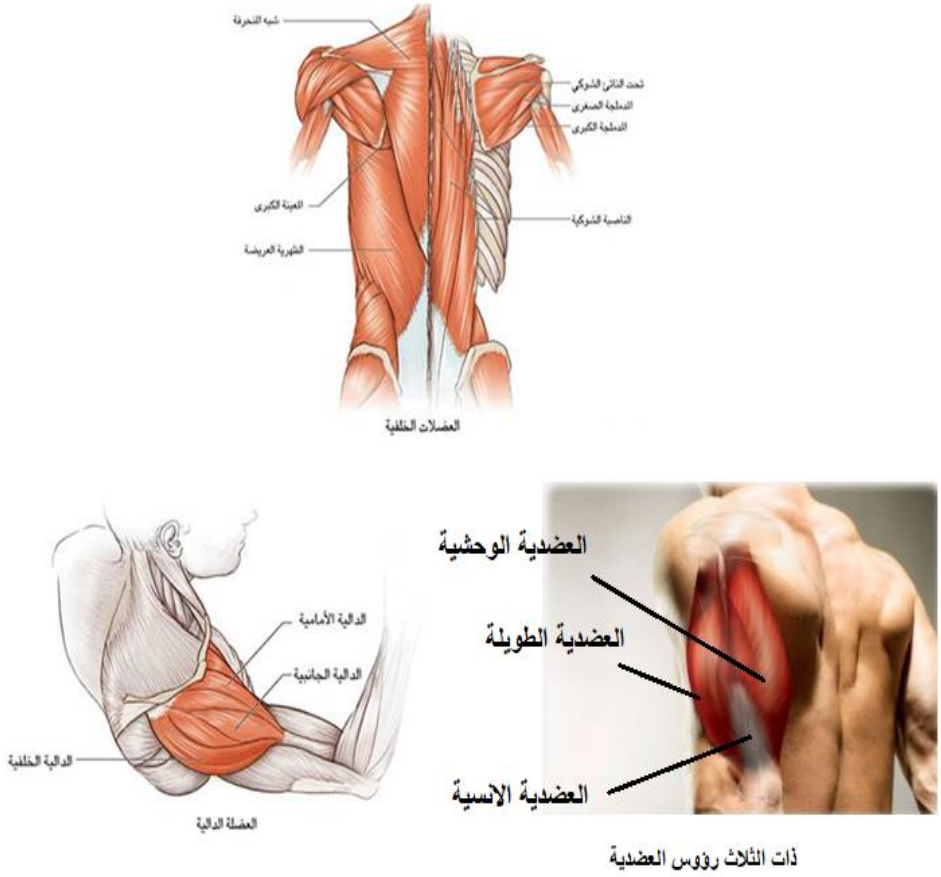
شكل 199

حركات الكتف

معظم العضلات المشاركة في التحرك وتحقيق استقرار عظام الكتف تقع في الخلف على لوح الكتف هو عظمة أكبر بكثير من الترقوة، وبه مساحة يرتبط به المزيد من العضلات. العضلات الخلفية (في الظهر) (شكل 200) هي العضلة تحت النتؤ الشوكي، والظهرية العريضة، ورافعة الكتف، والمعينيتان، وعضلة تحت الكتف، وفوق الناتئ الشوكي، والمدملجة الكبرى، والمدملجة الصغرى، وشبه المنحرفة (متصلة بالجزء العلوي من القفص الصدري الخلفي، والفقرات، ولوح الكتف)، وكذلك الدالية ، وثلاثية الرءوس العضدية (المتصلة بالكتف والعضد). العضلات الأمامية (في المقدمة) هي الصدرية الكبرى (ترتبط بالترقوة، والقفص الصدري الأمامي، وعظم العضد)، والعضلة الصدرية الصغرى، وعضلة تحت الترقوة، والمنشارية الأمامية (ترتبط بالقفص الصدري الأمامي والكتف الأمامية)، والعضلة ثنائية الرءوس العضدية، والغرابية العضدية والعضلة الدالية (التي ترتبط بالكتف الأمامية وعظمة العضد.(الشكل 201)



شكل 200
عضلات حزام الكتفين

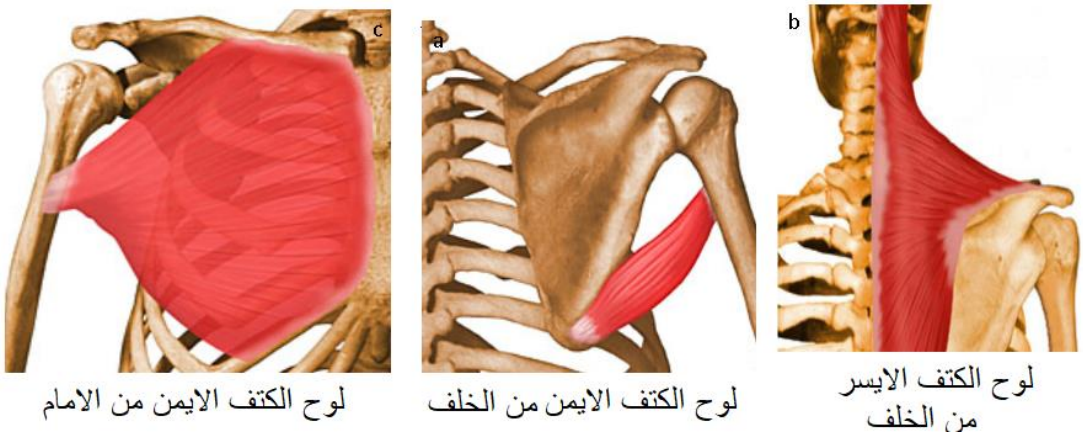


شكل 201
عضلات العضد

حزام الكتفين (العضلات والحركة):

- **العضلات:**

✓ المجموعة الاولى:العضلات الداخلية لعظم الكتف تشمل عضلة تحت الكتف، والعضلة المدورة الصغيرة، وعضلة فوق الشوكة، وعضلة تحت الشوكة. تتصل هذه العضلات بسطح عظمة الكتف، وهي مسئولة عن حركة الاستدارة الداخلية والخارجية لمفصل الكتف جنباً إلى جنب مع تبعيد العضد.



شكل 202

المجموعة الاولى من عضلات لوح الكتف

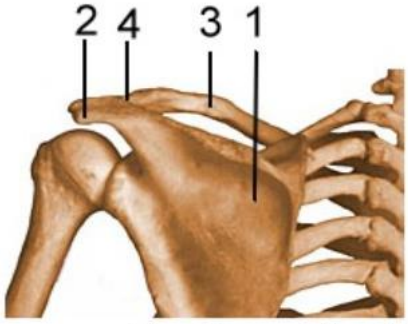
✓ المجموعة الثانية: و تشمل العضلات الخارجية كل من عضلة ذات الرأسين العضدية، وعضلة ثلاثية الرءوس العضدية، والعضلة المثلثة؛ وتتصل بالناتئ الغرابي، والحديبة فوق الحقية، والحديبة تحت الحقية،وجذر شوكة لوح الكتف. وهذه العضلات مسئولة عن عدة حركات لمفصل الكتف.

✓ المجموعة الثالثة: وهي المجموعة العضلية التي تنشأ من الجذع وتدغم في الذراع .وعضلات هذه المجموعة التي تتصل بعظمة الكتف تشمل العضلة شبه المنحرفة، والعضلة المنشارية الأمامية، والعضلة الرافعة للكتف، والعضلة

المعينية. هذه العضلات مسئولة عن استقرار واستدارة عظمة الكتف، وتتصل بها من الحواف اللإنسية والعلوية والسفلية لعظم الكتف.

شكل لوح الكتف يشبه المثلث (الشكل203)، حيث تبرز حافته الوحشية العليا (شوك لوح الكتف) نحو الخلف وتكون حفرتين في السطح الخلفي للوح الكتف ، وتشكل النهاية العليا للشوك سطح عريض (2) (يسمى بالنتوء الاخرمي) حيث يتدلى منه مفصل الكتف، ويتمفصل الجزء الأمامي من هذا السطح مع عظم الترقوة (3) ، هذا المفصل هو الجزء الخارجي من عظم الترقوة (4) (ويسمى مفصل الترقوة – الاخرمي) .

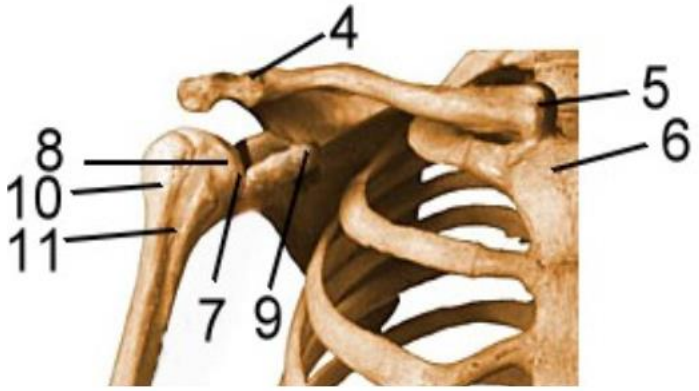
وفي الشكل 97 يظهر تمفصل الجزء الداخلي (الإنسي) من عظم الترقوة مع عظم القص (5) (يسمى مفصل الترقوة – القصي) (6) ، يشكل الجزء الكبير الخارجي من لوح الكتف سطح مفصلي قليل الغور (ضحل) يسمى بالتجويف الحقاني (7) الذي يتمفصل معه عظم العضد (8) ، يوجد نتوء عظمي بالقرب من هذا المفصل وتحت عظم الترقوة يمثل كمنطقة اتصال للعضلات يسمى بالنتوء التاجي(9) (ومنها العضلات المهمة في ثني مفصل المرفق مثل العضلة ذات الرؤوس الثلاث).



1 لوح الكتف 2 النتؤ الاخرمي
3 عظم الترقوة 4 مفصل الترقوة الاخرمي

شكل 203

منظر من الخلف للجانب الأيسر للكتف



5- مفصل الترقوة القصي 6- عظم القص 7- التجويف الحقاني
8- عظم العضد 9- النتؤ التاجي 10- الحدبة الكبرى
11- الحدبة الصغرى

شكل204

منظر من الأمام للجانب الأيمن للكتف

يتمفصل العضد مع لوح الكتف في مفصل يشبه الكرة والحق و هذا المفصل يسمح بالحركة في جميع المستويات:

1. المرجحة باتجاه الأمام وباتجاه الخلف(الثني – المد).
2. المرجحة للأعلى وللأسفل (الأبعاد-الضم).
3. التدوير للخارج والتدوير للداخل (تدوير أنسي ووحشي).

عمليا تكون وظيفة لوح الكتف كمنطقة تنشأ منه العضلات ، يمكن مشاهدة بروزان عظميان بين رقبة عظم العضد والجزء العلوي منة حيث تمثل منطقة نشوء العضلات المهمة للطرف العلوي ، وهما الحدبة الكبرى وتقع في أعلى الجهة الوحشية للنهاية العليا للعظم (10) والحدبة الصغيرة وتقع في الجهة الأمامية الإنسية للنهاية العليا (11)، في نقاشنا القادم سوف نشير لهذين البروزين العظميين كمناطق اتصال من الجهة الوحشية والإنسية .

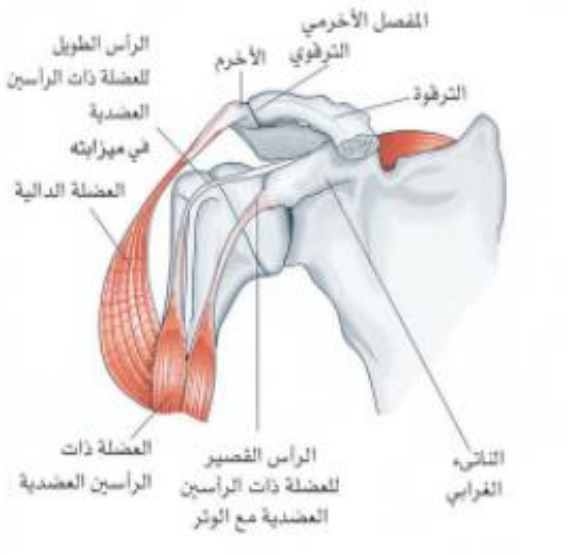
- **الحركة والعضلات العاملة على حزام الكتفين:**

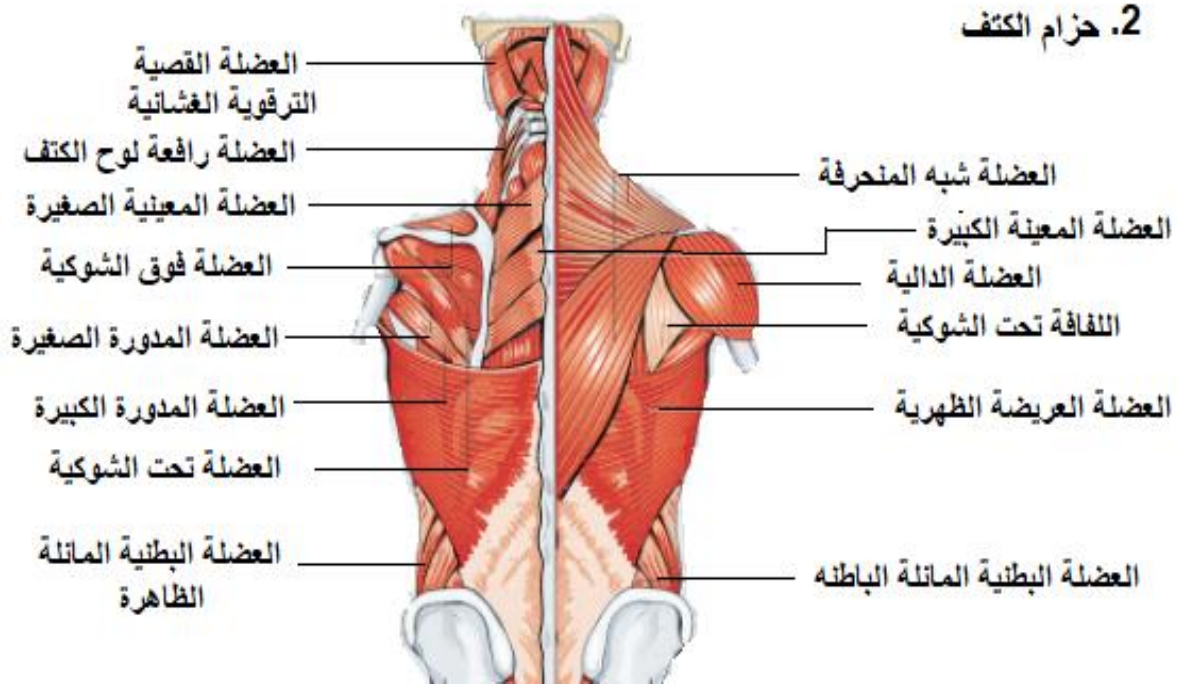
كي يستطيع مفصل الكتف ومن ثم الذراع ، ان يتحركان في شتى الاتجاهات، لابد من تثبيت لوح الكتف بعضلات مختلفة(لاحظ الشكل 205). هناك قبل كل شئ

العضلة شبه المنحرفه التي تنتمي الى عضلات الظهر، وهي مسؤولة عن حركات لوح الكتف نحو الاعلى والاسفل والجانب وعن دورانه ايضا، وتشارك في الرفع والدوران، العضلة رافعة لوح الكتف ايضا. وتتكفل العضلتان المعينيتان الصغيره والكبيرة برفع وتثبيت لوح الكتف. وتنتمي جميع هذه العضلات الى عضلات الحزام الكتفي الخلفية.

اما عضلات الحزام الكتفي الامامية، فهي العضلة الصدرية الصغيرة التي تجذب لوح الكتف نحو الامام والاسفل، والعضلة المنشارية الامامية المسؤولة مع عضلات اخرى عن دوران لوح الكتف باتجاه الامام وتثبيته على الجذع. وهناك عضلات اخرى مسؤولة عن حركات مفصل الكتف، اي رفع وخفض الكتف ، والرفع الامامي والخلفي ودوران الذراع. ومن اهمهما العضلة الدالية التي ترتكز على كل من الترقوة والاخرمي وعلى شوكة الكتف وتمد حتى منتصف العضد. اما العضلة فوق الشوكية والعضلة تحت الشوكية والعضلة المدورة الصغيرة، فمن واجبها تدوير الذراع نحو الخارج.وتتكفل العضلة المددورة الكبيرة بجذع الذراع نحو الخلف وتدويره نحو الداخل. وتشارك العضلة تحت اللوح ايضا في الدوران الداخلي للذراع وفي تقريب الذراع على الجسم، الى جانب هذه العضلات ثمة عضلات اخرى مسؤولة عن حركات مفصل الكتف ايضا.

تنشأ حركات عظم الكتفين بواسطة العضلات الكتفية، وهذه الحركات هي الرفع والخفض، والإطالة والتقلص، والتبعيد والتقريب، والتدوير، والانقلاب الأمامي والخلفي.وبسبب قوة هيكلها وموقعها المحمي؛ فإن كسور الكتف حالات نادرة وليست بشائعة الحدوث، واذا حدثت فإن ذلك يدل على حدوث صدمة شديدة في الصدر.





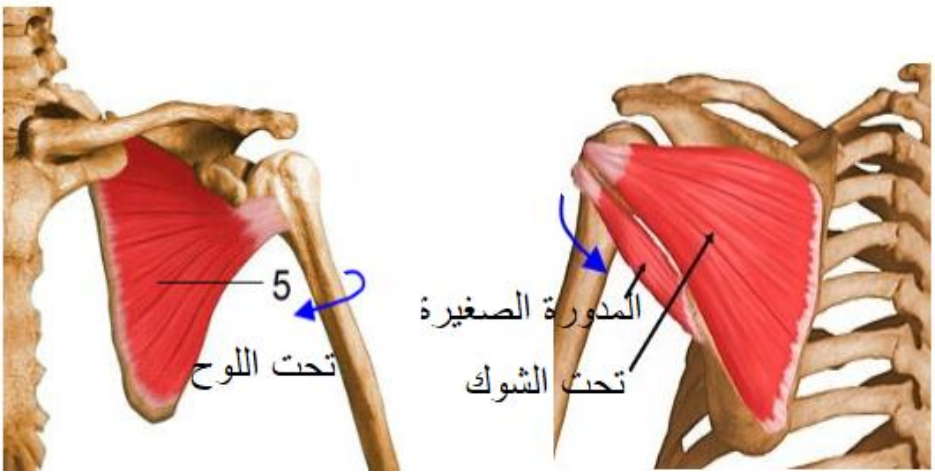
شكل 205

عضلات الكتف و حزام الكتفين

توجد عضلتان (في الفراغ بين العضلة فوق الشوكية والعضلة المدورة الكبيرة) يعملان على تقريب الذراع وتدويره الى الجهة الخارجية ، وهاتان العضلتان هما تحت الشوك والمدورة الصغيرة (الشكل206) .

5- العضلة تحت اللوح (دون اللوح).

وتغطي هذه العضـــلة الجزء الداخلي من لوح الكتف (الجزء المقابل للقفص الصدري), وعملها تقريب الذراع وتدويره نحو الداخل(الشكل206).



شكل 206

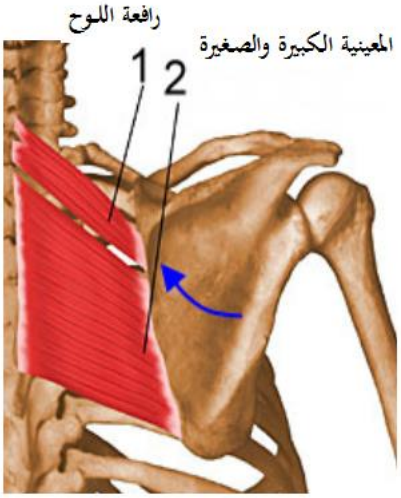
العضلات تحت الشوك والمدورة وتحت اللوح

لأجل تحريك الذراع بقوة ملائمة ، صممت السطوح المفصلية للوح الكتف بطريقة بحيث تحصل الذراع على أفضل نقطة لبدء حركتها ، ويستطيع لوح الكتف ان (1) يرتفع وينخفض بمقدار (12-10سم) ، (2) يبتعد ويقترب بمقدار(15سم) ، و(3) يدور باتجاه الخارج والداخل. والتدوير للخارج يعني ان السطوح المفصلية للوح الكتف تتجه نحو الخارج وللأعلى(الشكل207).

العضلات التي تعمل على رفع لوح الكتف هي:

1. رافعة لوح الكتف
2. المعينية الكبيرة والصغيرة

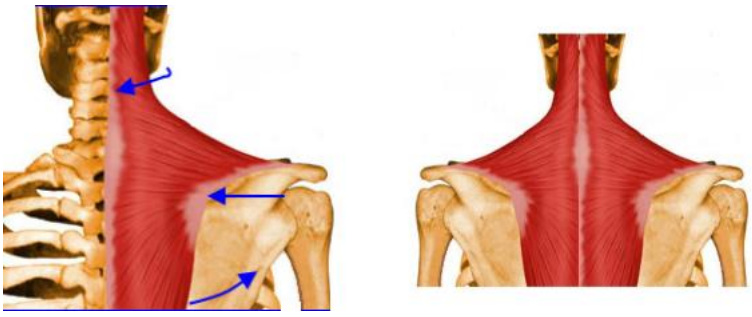
يظهر الرفع والتدوير نحو الداخل في وقت واحد(الشكل207)، تغلف هاتين العضلتين العضلة المربعة المنحرفة.



شكل 207

عضلات رافعة اللوح والمعينية الكبيرة والصغيرة

3-العضلة المربعة المنحرفة. تنشأ هذه العضلة من قاعدة العمود الفقري وأشواك الفقرات العنقية والصدرية وتدغم في شوك لوح الكتف والجزء الخارجي من عظم الترقوة ، وظيفة هذه العضلة هو مع ثني الرقبة باتجاه الخلف و تدوير الرأس (الشكل 208).



شكل 208

رفع وتقريب لوح الكتف وتدويره باتجاه الخارج

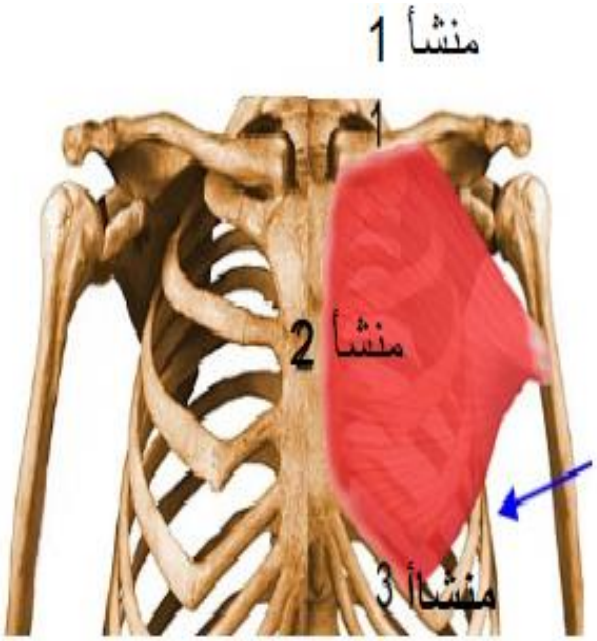
و تنشا عضلات المجموعة الثالثة وهي العضلات الكبيرة والمسطحة من الجذع وتتصل بالجزء العلوي من الذراع ، وهي من العضلات المهمة جدا عندما يتعلق الأمر بالقوة والمرونة ،وتتكون هذه المجموعة من العضلات الآتية:

1- العضلة الصدرية العظيمة

* تنشأ هذه العضلة من الجزء الداخلي لعظم الترقوة (1)، ومن غشاء القص (2)، ومن جزء من غضاريف الأضلاع (3) (الشكل 209).

* مدغم هذه العضلة في المنطقة الخارجية للجزء العلوي من الذراع .

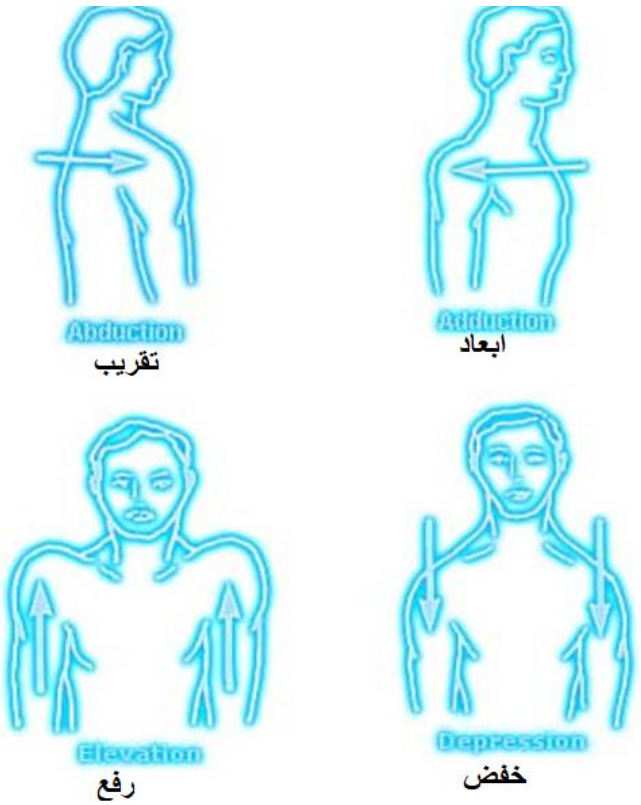
* وظيفة هذه العضلة تكوين الجدار الأمامي وربط الذراع وتقريبه وتدويره للجهة الخارجية. عمل هذه العضلة هو سحب الذراع المرفوعة للأسفل (ضم) ومرجحة الذراع المنخفضة باتجاه الأمام (ثني الكتف) .



شكل 209

العضلة الصدرية العظمى

والحركات التي تؤديها عضلات حزام الكتفين تكون كما موضحة بالشكل 210



شكل 210

حركات حزام الكتفين حول المحاور الثلاث

- **عضلات الذراع و الأكتاف في الإنسان :-**

- **عضله ثلاثية رؤوس عضدية triceps muscles**

هي عباره عن عضله تتكون من ثلاثه رؤوس أي ثلاثه عضلات فرعيه في عضله واحده وتوجد هذه العضله في الناحيه الخلفيه للذراع كما يوجد العضله الثالثه الخلفيه للتراي سيبس من الناحيه الخارجيه للذراع العلوي (العضد).

- تعتبر من العضلات المساعده في عمليه الدفع بالذراع.

- **عضله ثنائية الرؤوس عضدية biceps muscle**

توجد هذه العضله من الناحيه الاماميه للذراع العلوي وتتكون أساسا من عضلتين أو رأسين رأس قصير واخر صغير.

- تعتبر عضله الباي سيبس من العضلات الأساسيه لعمليه السحب .

- **العضله العضدية brachialis muscle**

عباره عن عضله مساعده توجد بين عضله البايسبس وعضله التراي سيبس

- **عضله الكتف shoulder muscles**

تتكون عضله الكتف أساسا من ثلاث عضلات قويه وكبيره وهما : -

أ - الكتف الأمامي ب - الكتف الأوسط ج - الكتف الخلفي

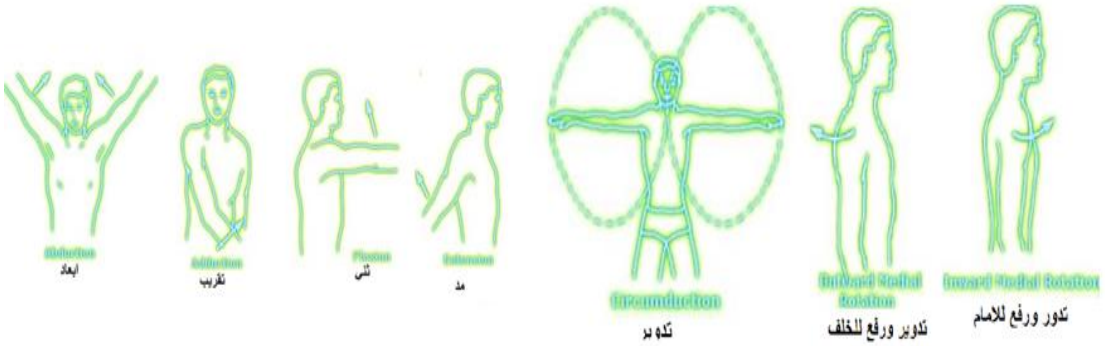
هؤلاء الثلاث عضلات يمثلون مجتمعون عضله الكتف وهي الدالية Deltoid musclel

- عضله الكتف من عضلات الدفع الأساسيه في الجسم العلوي

- **مجموعه عضلات الذراع الأمامي forearm muscle groups**

تمثل هذه المجموعه عضلات الذراع الامامي والتي تمتد من أسفل المرفق الى الرسغ ومهمتها الأساسيه هي تحريك كف اليد بجميع الحركات التي يمكن أن يفعلها الشخص بكف اليد وألاصابع.

اما حركات الذراعين حول مفصل الكتفين فيوضحها الشكل 211



شكل 211

حركات مفصل الكتفين حول المحاور الثلاث

لأن عضلات الكتف هي عنصر رئيسي لاستقرار الكتف ومرونته - مقدار الحركة الممكنة في اتجاه معين- فإنه في جميع أزواج الحركة الخمسة (على سبيل المثال، البسط والمد) يتم التحكم بها بشكل كبير بواسطة قوة العضلات وتمدد العضلات المقابلة المشاركة في الحركة. إبعاد الكتف، وهو مجال الحركة بعيدًا عن خط الوسط من الجسم، يحده مرونة الأربطة في كل من الكتف وكبسولة المفصل وعظم العضد الذي يحتك بالأخرم والحافة العليا من التجويف الحقاني (أو انحشار الكتف). تقريب الكتف، وهو مجال الحركة باتجاه خط الوسط من الجسم، يحد منه أيضًا التقاء الذراع بالجذع. مجال حركة انثناء الكتف يحد منه ضيق كل من الرباط الغرابي العضدي والجزء السفلي لكبسولة المفصل. مرونة الرباط الغرابي العضدي تؤثر على مجال حركة انثناء الكتف جنبًا إلى جنب مع انحشار الكتف. يحد من دوران الكتف الداخلية مرونة الأربطة الكبسولية، في حين أن مجال حركة الدوران الخارجي يحده صلابة الرباط الغرابي العضدي، وضيق الجزء العلوي من الأربطة الكبسولية. تشمل العوامل الإضافية لحركة الارتفاع شد الرباط الضلعي الترقوي جنبًا إلى جنب مع كبسولة المفصل. من أجل الانخفاض، المقيدات الأخرى هي الأربطة بين الترقوية والقصية الترقوية. أخيرًا، يتم تقييد حركة الإبعاد عن طريق الشد في كل من الأربطة القصية الترقوية الأمامية والضلعية الترقوية الخلفية، في حين أن حركة التراجع يحدها كل من الأربطة القصية الترقوية الخلفية والضلعية الترقوية الأمامية.

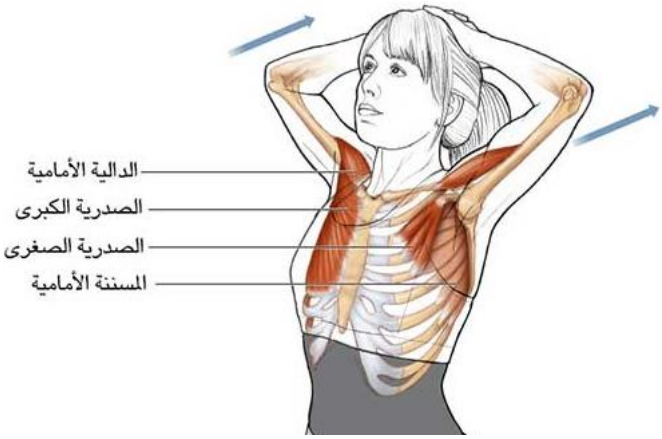
من المهم الحفاظ على التوازن الصحيح بين القوة والمرونة في جميع عضلات الكتف. الاخطاء الشائعة المرتبطة بعضلات الكتفين، والظهر، والصدر، تتضمن شد العضلات وتشنجات العضلات في الرقبة (شبه المنحرفة الوسطى والعليا) والكتف (شبه المنحرفة، والدالية، وفوق الناتئ الشوكي)، وأعلى الظهر (المعينيتان ورافعة الكتف). من المثير للاهتمام، الشد الذي يتم الشعور به في هذه العضلات عادة ما يكون نتيجة لشد أولي في عضلاتها المعارضة. بعبارة أخرى، العضلات المشدودة في أعلى الصدر تتسبب في الشد الذي تم الشعور به في أعلى الظهر. عضلات الصدر المشدودة (مثل العضلة الصدرية الكبرى) تسبب إطالة مستمرة منخفضة المستوى في عضلات

الظهر العليا. في نهاية المطاف، هذه الإطالة منخفضة المستوى تستطيل الأربطة والأوتار المرتبطة بعضلات أعلى الظهر. بمجرد أن تتمدد هذه الأربطة والأوتار، النغمة في العضلات المرتبطة بها تنخفض بشكل كبير. لاستعادة النغمة المفقودة، يجب على العضلات أن تزيد من قوتها الانقباضية. زيادة القوة بدورها تؤدي إلى المزيد من إطالة الأربطة والأوتار، وزيادة انقباض العضلات يجب أن تعوض عن ذلك. ومن هنا، تبدأ الحلقة المفرغة.

أفضل طريقة لمنع أو إيقاف هذه الدورة هي إطالة عضلات الكتف والصدر الأمامية. مع زيادة مرونة هذه العضلات، يتم تقليل الشد في العضلات الخلفية. مباشرة بعد الإطالة، تتضاءل قوة العضلات. إنها لفكرة جيدة أن تطيل العضلات المعارضة قبل وبعد تدريب أي مجموعة من العضلات فورًا. إذا تم القيام بذلك ثلاث مرات أو أكثر في الأسبوع، فإن العضلات ستزيد بالفعل في المرونة وتكتسب القوة. الإطالة أيضًا ستحد من قوة شد أي مجموعة من العضلات. علاوة على ذلك، يمكن أن يحدث انحشار الكتف مع التوازن غير السليم بين قوة عضلات الكتف ومرونتها. لأن الفجوة بين عظمة العضد ونتوء لوح الكتف ضيقة، أي شيء قد يضيق هذا الفضاء أكثر، مثل العضلات المشدودة، يمكن أن يؤدي إلى الانحشار، مما يؤدي إلى الألم، والضعف، وفقدان الحركة.

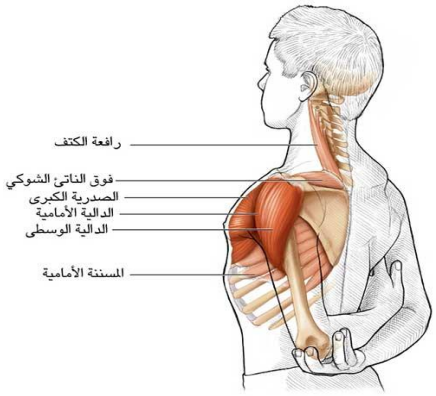
ان ماتقدم من حركات يجب ان تكون لكلا جانبي الجسم من الجسم. وأن الإطالة يجب أن تنطوي على واحدة أو أكثر من الحركات في الاتجاه المعاكس لحركات العضلات المطلوبة. على سبيل المثال، إذا كنا نريد إطالة العضلة المنشارية الأمامية، يجب البدء بحركة تنطوي على انخفاض الكتف، وسحب الكتف، وتقريب الكتف. عندما تكون أي عضلة على مستوى عالٍ من الشد، يجب استخدام عدد قليل جدًا من الحركات المعاكسة في نفس الوقت. على سبيل المثال، من أجل إطالة عضلة صدرية كبرى مشدودة جدًا، القيام بمد الكتف والدوران الخارجي. عندما تصبح العضلات لينة، يمكنك إدراج المزيد من الحركات المعاكسة في الوقت نفسه.

وتبين الاشكال الاتية حركات الاطالة والمديات لمختلف عضلات الصدر والظهر والذراعين والكتف:



شكل 212

اطالة العضلات الصدرية

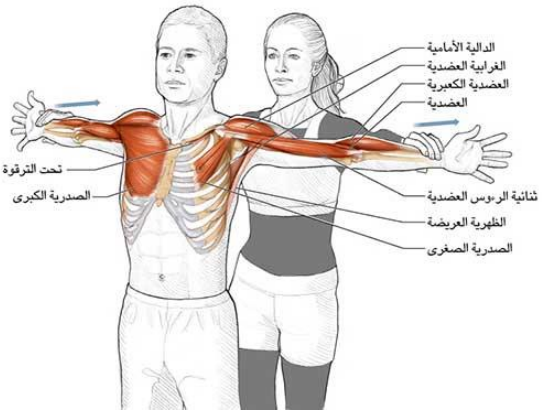


شكل 213

اطالة ثانية الكتف المتوسطة

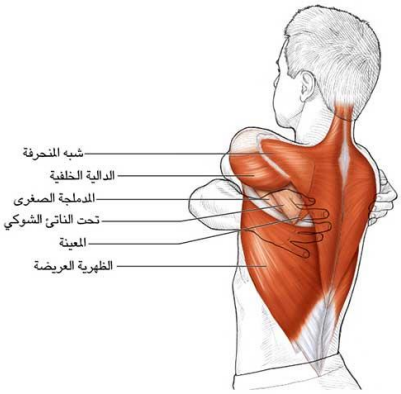
شكل 214

اطالة ثانية الكتف المتقدمة



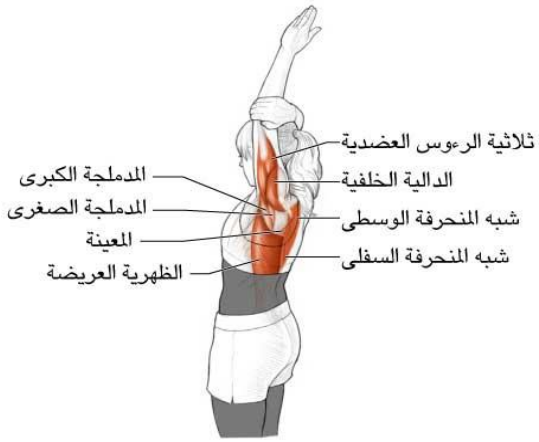
شكل215

اطالة ثانية المرفق والكتف



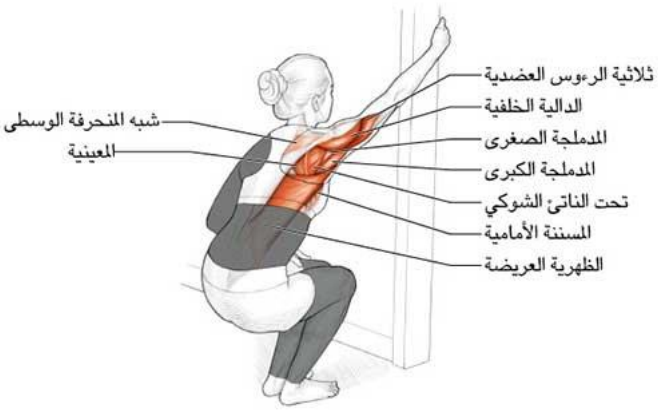
شكل 216

اطالة مادة ومقربة وساحبة الكتف



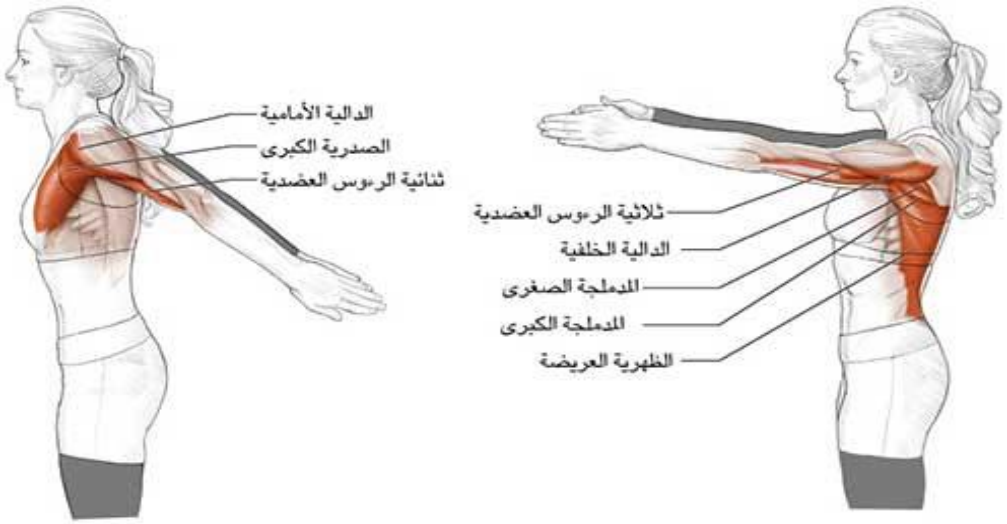
شكل 217

اطالة مقربة ودافعة ورافعة الكتف فوق الراس



شكل 218

اطالة مقربة باسطة الكتف



شكل 219

اطالة وثني وبسط مفصل الكتف بالحركة

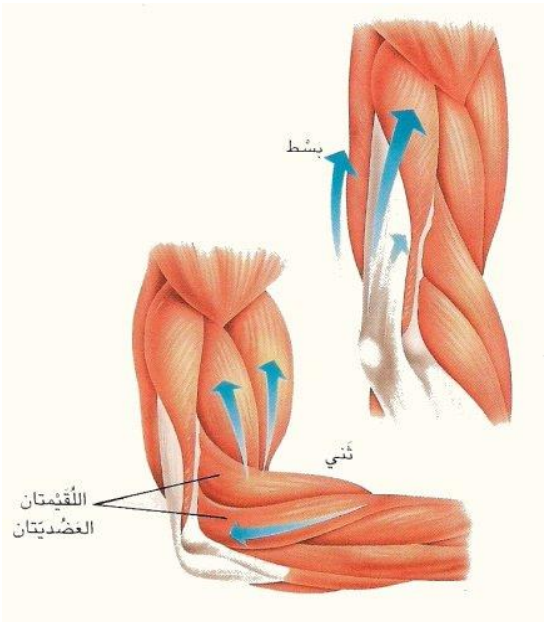
- **مفصل المرفق (العضلات والحركة):**

المفاصل مهمّة في جسم الإنسان؛ فهي تساعد في ثبات وحركة الهيكل العظمي، ولا يقلّ مفصل المرفق أهميّةً عن المفاصل الأخرى، حيث ينتمي هذا المفصل إلى المفاصل الزّلالية، والمفاصل الزلالية هي الأكثر انتشاراً في جسم الإنسان، ويتمّ تقسيمه حسب نوع الحركة التي تُتيحَها للمفصل وهي ثلاثة أنواع : المفصل الكروي: وهو الأكثر حريّةً في الحركة في جميع الاتّجاهات، ويتحرّك في عدّة محاور مثل: مفصل الفخذ والكتف. مفصل يتحرك في محورين أو اتّجاهين فقط مثل مفصل رسغ اليدين . المفصل الرّزي: وهو الذي يتحرّك فيه المفصل في محور واحد فقط كحركتي الثّني والمد، وهو النّوع الأكثر تفصيلاً الذي ينتمي إليه مفصل المرفق أو الكوع.

شكل 220

مفصل المرفق

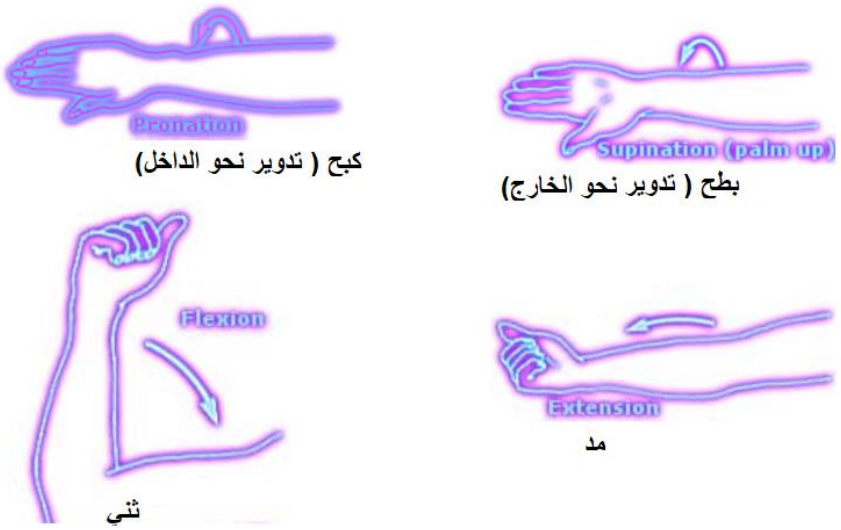
مفصل المرفق أو الكوع هو من النّوع الرزي الزّلالي وهو الذي يربط بين النّهاية العلوية للكعبرة أو الزّند والنّهاية السّفلية للعضد، ويحتوي مفصل المرفق على غضروف وغشاء مصلي أي مادة سائلة زلالية لزجة تشبه سائل البيض، ويحتوي أيضاً على أربطة تسمح بأداء حركتين وهي الثّني عن طريق عضلة ثنائية الرّأس العضدية، وحركة المدّ عن طريق عضلة ثلاثية الرّأس العضدية، وتشبيه أكثر لحركة المفصل الرّزي فهو يشبه تماماً حركة الباب عند فتحه وإغلاقه، ويقدّر القوة الذي يتحمله مفصل المرفق بمقدار مائة وخمسة وثلاثين كيلو غراماً ، اي حوالي (1323 نيوتن، وهو قوة لا بأس به اذا ما اريد لها التغلب على وزن الجسم يبلغ 135 كغم. لذلك يتمّ التّدريب أكثر لتحمّل قوة أعلى في رياضة حمل الأثقال حيث يصل القوة الذي يتحمله الجسم إلى مائتي كيلو وأكثر اعتماداً على وزن جسم الإنسان والتّدريب الذي يتدرّبه الشّخص وقوة الجسم . فضلا عن واجبي الثني والمد في مفصل المرفق ، هناك واجبان اخران ، هما التدوير نحو الخارج ، والتدوير نحو الداخل، وغالبا ما يستخدم هذه الحركات هدافي كرة اليد ولاعبي المضارب (تنس ، منضدة ، سكواش).



شكل 221

حركات الثني والمد بمفصل المرفق

وتكون حركة الساعد حول مفصل المرفق كما هي معروضة بالشكل 222

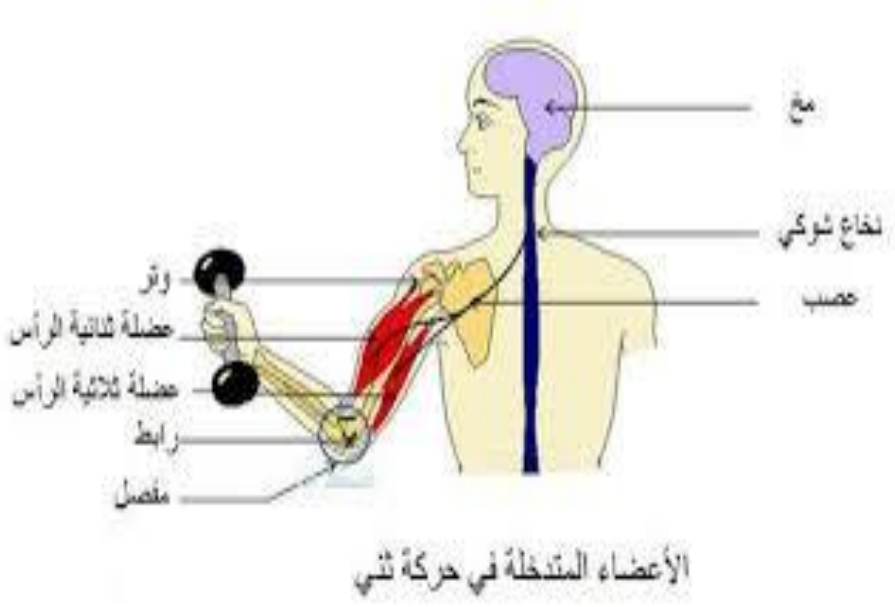


شكل 222

حركات الساعد حول مفصل المرفق

وفي حركة الثني يتداخل العديد من الاجزاء لاداء هذه الحركة وهذه الاجزاء هي العضلة ذات الرأسين العضدية بشكل مباشرة (انقباض مركزي) والعضلة ذات الثلاث

رؤس العضدية عند المد (انقباض لامركزي) واربطة المفصل ، والمفصل كمحور دوران والايعاز العصبي والمخ لاصدار الاوامر، وكما يتضح من الشكل 223



شكل 223

الاجزاء المساهمة بحركة الثني بالمرفق

والجدول(5) يبين العضلات العاملة على محور المرفق لتنفيذ حركات الساعد المختلفة.

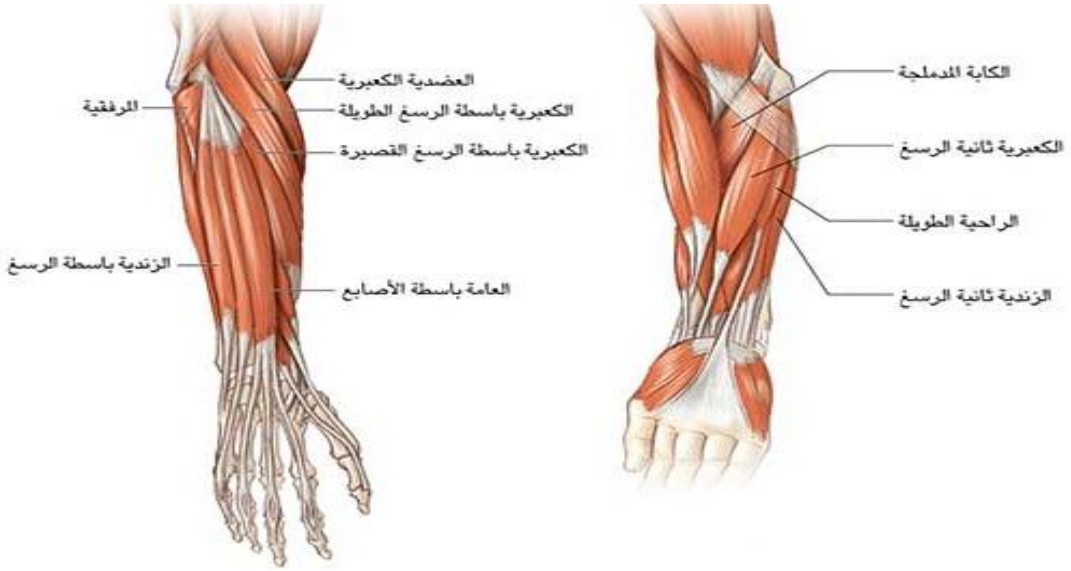
جدول 5

عضلات الساعد

عضلات الساعد الأمامية العميقة
العضلة
عضلة كابة مدوره
العضلة المثنية العميقة للأصابع
العضلة المثنية الطويلة لإبهام اليد

عضلات الساعد الخلفية السطحية
العضلة
عضلة باسطة للأصابع
عضلة باسطة للخنصر
عضلة زندية باسطة للرسغ
عضلة عضدية كعبرية
عضلة كعبرية طويلة باسطة للرسغ
عضلة كعبرية قصيره باسطة للرسغ

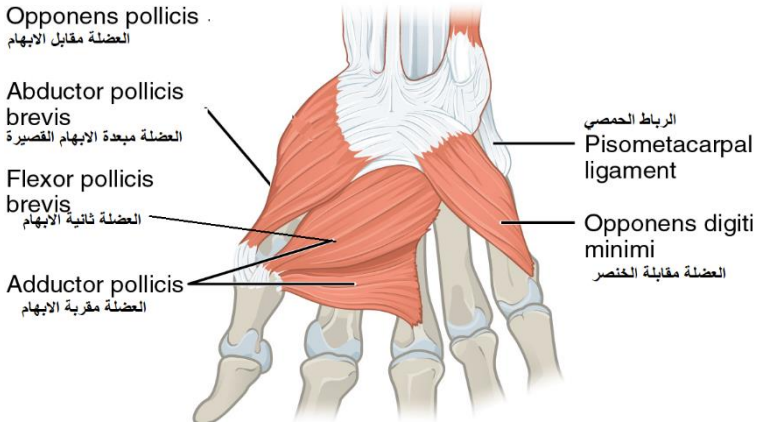
عضلات الساعد الخلفية العميقة
العضلة
عضلة استلقائية
عضلة باسطة السبابة
عضلة طويلة مبعده لإبهام اليد
عضلة قصيره باسطة لإبهام اليد
عضلة طويلة باسطة لإبهام اليد



شكل 224
عضلات الساعد الداخلية والخارجية

- **مفصل الرسغ وعضلات اليد:**

المعصم أو الرسغ عبارة عن 8 عظام تشكل الجزء الهيكلي السفلي لليد تتكون عضلات اليد من العضلة الكعبرية الطويلة المادة للرسغ والعضلة الزندية المتادة للرسغ والعضلة الضبطية المادة (هذه من ناحية ظهر اليد)، والعضلة العضدية القابضة للرسغ والعضلية الزندية القابضة للرسغ(من ناحية وجه اليد)، ومن ثم العضلات القالبضة للابهام الطويلة والقصيرة،العضلة القابضة للخنصر ، العضلة المقابلة للابهام،، العضلة المقابلة للخنصر، والعضلة الخراطينية، والعضلة الطويلة والقصيرة المبعدة للابهام.



شكل 225
عضلات الكف

جدول 6

عضلات رسغ اليد

العضلات الراحية الوحشية	العضلات الراحية الأنسية	عضلات وسط اليد
العضلة	العضلة	العضلة
عضلة مقابلة لإبهام اليد	عضلة راحية قصيرة	العضلات الحراطينية لليد
عضلة مثنية قصيرة لإبهام اليد	عضلة مبعدة الخنصر	عضلة بين عظمية ظهرية
عضلة قصيرة مبعدة لإبهام اليد	عضلة مثنية الخنصر	عضلة بين عظمية راحية
العضلة المقربة لإبهام اليد	عضلة مقابلة للخنصر	

ويوضح الشكل 226 حركات ومديات رسغ اليد

شكل 226

حركات ومديات رسغ اليد

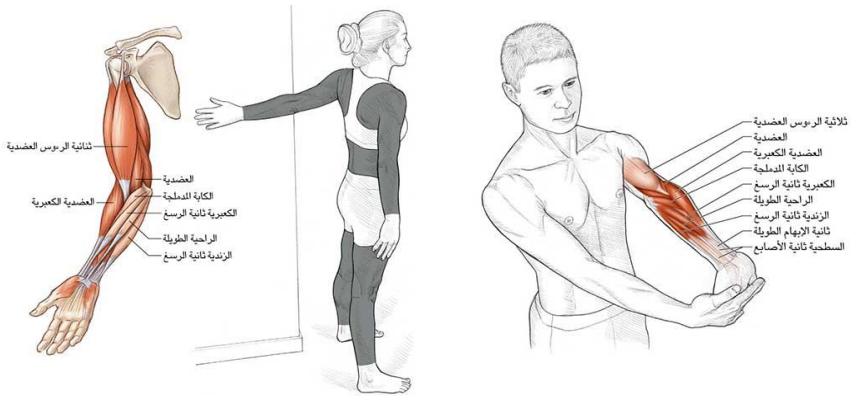
على الرغم من أن الحركات الرئيسية في الرسغ هي الانثناء والبسط، فإن الرسغ هو مفصل منزلق وليس مفصلًا محوريًا حقيقيًا، لأن الرسغ يتكون من الأطراف

البعيدة للكعبرة والزند وعظام الرسغ، أو العظام الرسغية الثماني. وهكذا، فبالإضافة إلى الانثناء والبسط، يمكن للرسغ أداء الإبعاد (الانحراف الكعبري) والتقريب (الانحراف الزندي). في الغالب ترتبط العظام الرسغية ببعضها بواسطة كبسولات مفاصل مختلفة، والرباط الراحي الكعبري الرسغي، والرباط الظهري الكعبري الرسغي. من المثير للاهتمام، أن معظم العضلات التي تتحكم في الرسغ واليد وحركات الأصابع تقع في، أو بالقرب من، الرسغ. هذه ينتج عنه البطن العضلية الواقعة بالقرب من الرسغ، مع الأوتار التي تعبر الرسغ والمتصلة بعظام الرسغ (الرسغية)، وعظام اليد (مشط اليد)، وعظام الأصابع (السلاميات). وجود الأوتار فقط في الرسغين واليدين يمنع الرسغين واليدين من التكتل الزائد نتيجة الزيادة في الحجم المصاحبة لقوة العضلات.

مثل العضلات التي تحرك الرسغ، جميع العضلات الباسطة للرسغ (الكعبرية ثانية الرسغ، الزندية ثانية الرسغ، الراحية الطويلة) معظم العضلات الثانية للأصابع (ثانية الأصابع العميقة، السطحية ثانية الأصابع، الطويلة ثانية الإبهام) تقع في القسم الأمامي من الساعد (الشكل227). في المقابل، كل باسطات الرسغ (الكعبرية باسطة الرسغ القصيرة، والكعبرية باسطة الرسغ الطويلة، الزندية باسطة الرسغ، العامة باسطة الأصابع) وباسطات الأصابع (العامة باسطة الأصابع، باسطة الخنصر، باسطة السبابة) تقع في القسم الخلفي من الساعد (الشكل 227). العضلات التي تجري على طول الكعبرة، والتي تحتوي على كلمة "كعبرية" في أسمائها، تنفذ الانحراف الزندي، أو إبعاد الرسغ. وتلك التي تجري على طول عظم الزند، والتي تحتوي على لفظ "الزندية" في أسمائها، تنفذ الانحراف الكعبري، أو تقريب الرسغ. فقط قبل عبور الرسغ، ترتكز أوتار هذه العضلات بحزم بواسطة أربطة من الأنسجة سميكة تسمى قيد الثانيات وقيد الباسطات. عن طريق المرور تحت القيد عند الرسغ (عظام الرسغ)، تكمن الأوتار في النفق الرسغي. ولأن الأوتار محتشدة معًا، يحيط كل وتر غمد زلق لتقليل الاحتكاك. مجالات الحركة لثني الرسغ، وبسط الرسغ، والانحراف الكعبري، والانحراف الزندي تقيدها كل من قوة العضلات المعارضة، ومرونة العضلات

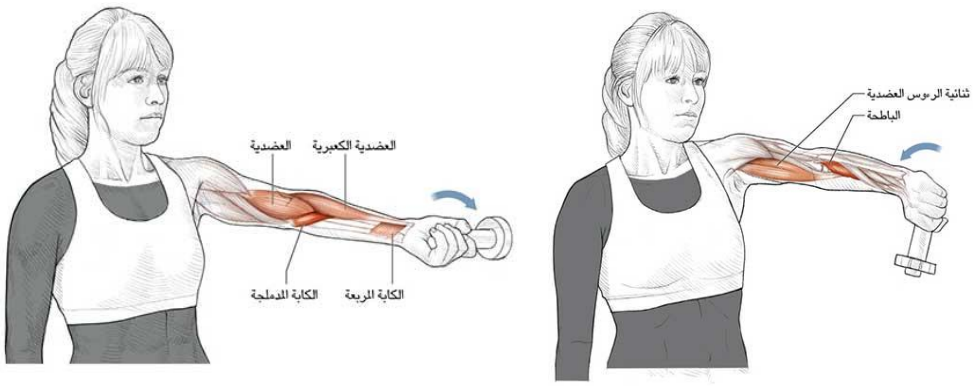
المعارضة، والشد في الأربطة الظهرية والراحية، وانحشار الرسغ (الانحراف الزندي فقط). من المثير للاهتمام، أن كلًا من هؤلاء، باستثناء انحشار الرسغ، يمكن تغييرها عن طريق القيام بتدريبات الإطالة.

إطالة العضلات التي تحرك المرفقين والرسغين مفيدة في تخفيف ومنع إصابات الإفراط في الاستخدام أحيانًا. العضلات المشدودة سهلة التلف، لأنها أكثر مقاومة للحركات المعارضة. عندما تكون العضلات الباسطة للرسغ مشدودة، يظهر الألم على الجانب الجانبي (الخارجي) من الكوع. في الرياضة، يشار إلى هذا الألم أحيانًا باسم المرفق التنس. الشد في العضلات الثانية للرسغ، من ناحية أخرى، يمكن أن يسبب الألم على الجانب المقابل، أو الأقرب من المرفق. وكثيرًا ما يطلق على هذا الألم المرفق لاعب جولف. أيضًا، الشد في كل من باسطات وثانيات الرسغ، سواء بسبب البسط أو الثني المفرط للرسغ المستمر، يمكن أن يؤدي إلى زيادة الاحتكاك، والالتهابات، وإصابات الإفراط في الاستخدام، مثل متلازمة النفق الرسغي. الأشخاص الذين يعملون في العمل الحركي الثابت أو المتحرك، مثل استخدام لوحة المفاتيح، واستخدام فأرة الكمبيوتر، والنجارة، أو تسلق الصخور، من المرجح أن يواجهوا هذه الحالة. لمنع وتخفيف هذه الحالة، أخصائيو إعادة التأهيل يشجعون على الراحة أثناء العمل أو إطالة كل من ثانيات وباسطات الكوع للمساعدة على تقوية وتليين العضلات والأربطة.



شكل 227

اطالة عضلات المرفق الثانية



شكل228

اطالة العضلات الباطحة والكابة للمرفق

العضلات القصيرة والمشدودة (مفرطة التوتر) الباطحة هي مساهم رئيسي في آلام المرفق الجانبي، وغالبًا ما تسمى المرفق التنسي. الباطحة شديدة الإفراط في التوتر يمكن أن تساهم سواء في متلازمة الباطحة أو متلازمة النفق الكعبري. هذه المتلازمات هي نتيجة ضغط العصب الكعبري، وتعبر عن نفسها بالألم والخدر في الساعد مع ضعف في الذراع السفلى وعضلات اليد. الحركات مثل ضربات التنس الخلفية السريعة أو بطح الساعد لفترة طويلة مع كوع مثنية، مثل قص الشعر، وتمشية الكلب باللجام، أو حمل صناديق ثقيلة من الأسفل، هي أنواع من الحركات التي يمكن أن ترهق الباطحة، وتؤدي إلى فرط توتر العضلات.

يجب الحرص على عدم استخدام وزن ثقيل جدًا. ابدأ بوزن خفيفة جدًا على أحد أطراف الدمبل، وقم بزيادة الوزن تدريجيًا عندما تصبح معتادًا أكثر على الإطالة. في الواقع، لا تحتاج إلى استخدام الدمبل على الإطلاق. أي شيء ذي وزن خفيف على إحدى نهايات مقبض، مثل المطرقة، سيؤدي الغرض بنفس الكفاءة. أيضًا، يمكن أن تقوم بهذه الإطالة جالسًا أو واقفًا، مع استلقاء الذراع كلها على سطح مستوٍ، ومد الرسغ واليد متجاوزتين بذلك حافة السطح. إذا كنت تستخدم دعمًا، فحاول الحفاظ على الكتف في زاوية تقترب من التسعين درجة.

الشد في العضلات الباسطة هو أيضًا سبب لمرفق التنس، أو الألم في المرفق الجانبي أثناء حركات الذراع. هذا الشد عادة ما يسببه الإفراط في استخدام أو شد هذه

العضلات. وبالتالي أي نشاط يستخدم هذه العضلات، مثل العمل على لوحة المفاتيح، ورياضات المضرب، والتجديف، ورفع الأثقال، والرياضات على الكرسي المتحرك، وتسلق الصخور يمكن أن يؤدي إلى الإرهاق، وفرط التوتر، والشد. أيضًا، الإفراط في استخدام باسطة الإبهام الطويلة والقصيرة أو مبعدة الإبهام الطويلة يمكن أن يؤدي إلى الحالات المعروفة باسم شلل الطبال (باسطة الإبهام الطويلة في الأساس) ومتلازمة دي كورفان (باسطة الإبهام القصيرة ومبعدة الإبهام الطويلة). الشد في الكعبرية باسطة الرسغ الطويلة أو الكعبرية باسطة الرسغ القصيرة يمكن أن يؤدي أيضًا إلى التهاب الأوتار في كل منهما، مما يمكن أن يؤدي إلى آلام الرسغ الكعبرية أو متلازمة التقاطع. عن طريق القيام بهذه الإطالة، يمكنك أن تساعد في تقليل المشاكل التي يمكن أن تنشأ من باسطات الأصابع المجهدة. وأخيرًا، يتم استخدام القدرة على القيام ببسط الأصابع النشط باعتبارها مؤشرًا يمكن الاعتماد عليه في وقت مبكر على استعادة وظيفة الذراع في مرضى السكتة الدماغية. وبالتالي، إطالة العضلات الباسطة للأصابع بعد السكتة الدماغية تساعد في عملية إعادة التأهيل.

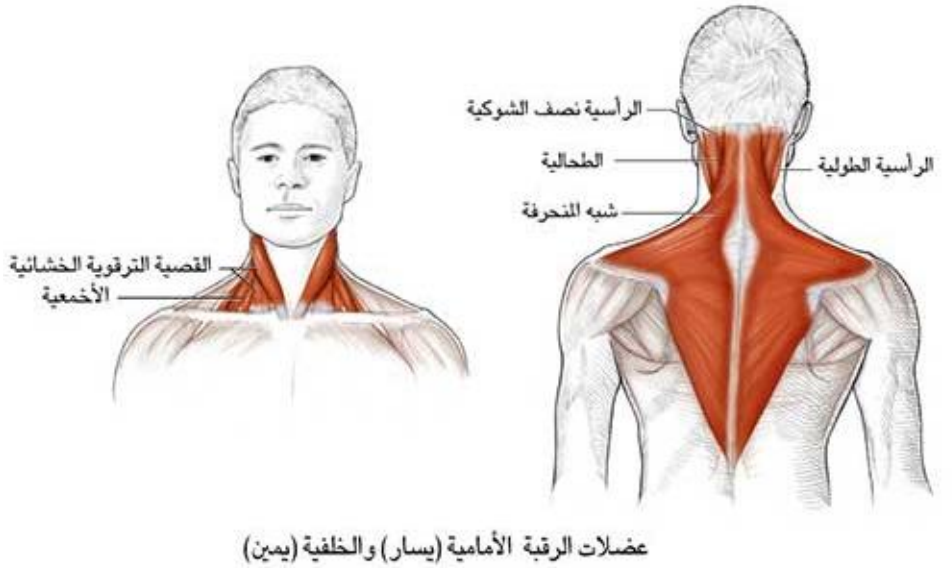
قم بزيادة حجم الإطالة عن طريق ثني الأصابع (أي صنع قبضة). أيضًا، لا تحتاج لأن يكون المرفق بزاوية 90 درجة بالضبط. قم باختيار زاوية مريحة. يجد بعض الناس أن ثني المرفق تمامًا يجعل الدفع أسهل على اليد. مع ثني المرفق بشكل كامل، الدفع يكون لأسفل أكثر منه بالتقاطع.

- **الفقرات العنقية والراس**

تشكل الفقرات العنقية السبع جنبًا إلى جنب مع العضلات والأربطة المتصلة بها الإطار المرن للرقبة. وتعمل الفقرات، والعضلات، والأربطة معًا لدعم وتحريك الرأس. للفقرات العنقية الأولى والثانية أشكال فريدة من نوعها تسمى الأطلس والمحور. والأطلس هو خاتم عظمي يدعم الجمجمة. وهو محور حركة الجمجمه ، وهذا المحور به نتوء يتجه لأعلى يشبه المفصل، يسمى بالناتئ السني، والذي يوفر للأطلس نقطة ليرتكز حولها. للمحور والخمس فقرات الأخرى نتوء عظمي خلفي، أو الناتئ الشوكي، الذي يتصل بالرباط القفوي السميك والكبير. ترتبط أجسام الفقرات

(الكتلة العظمية بيضاوية الشكل) بواسطة الأربطة الخلفية والأمامية، جنبًا إلى جنب مع الأربطة الأخرى التي تربط كل نتوء شوكي وعرضي (البروز العظمي الوحشي) بأجزائهم المقابلة على الفقرات المجاورة. بالإضافة إلى ذلك، تنفصل كل فقرة بقرص فقري. من خلال ضغط الفقرات على الأقراص، يمكن للرقبة الحركة إلى الأمام، وإلى الوراء، وإلى الجانبين.

تقع عضلات الرقبة في منطقتين مثلثتين تسميان بالمثلث الأمامي (الجبهة) والمثلث الخلفي (الظهر). حدود المثلث الأمامي هي عظام الفك السفلي (عظام الذقن)، والقص (عظمة الصدر)، والعضلة القصية الترقوية الخشائية. العضلات الأمامية الرئيسية هي العضلة القصية الترقوية الخشائية والأخمعية (الشكل 229 يسار). حدود المثلث الخلفي هي الترقوة (عظم الطوق)، والعضلة القصية الترقوية الخشائية، والعضلة شبه المنحرفة. العضلات الخلفية الرئيسية (الشكل 229 يمين) هي العضلة شبه المنحرفة، والعضلة الرأسية الطولية، والعضلة الرأسية نصف الشوكية، والعضلة الطحالية الرأسية.



عضلات الرقبة الأمامية (يسار) والخلفية (يمين)

الشكل 229

عضلات الرقبة

حركات الرأس هي الانثناء (إمالة الرأس إلى الأمام) والبسط (إمالة الرأس للخلف)، الانثناء والبسط للجهة الوحشية (إمالة الرأس من جانب إلى آخر)، والدوران. ولأن العضلات في الرقبة تأتي في أزواج يمنى ويسرى، فتشارك جميع عضلات الرقبة في الانثناء والبسط للجهة الوحشية. على سبيل المثال، العضلة القصية الترقوية الخشائية اليمنى تساعد في الانثناء الجانبي الأيمن، والعضلة القصية الترقوية الخشائية اليسرى تساعد في البسط الجانبي الأيسر. انثناء العنق محدود، ليس فقط بسبب تصلب العضلات الخلفية ولكن أيضًا بسبب تصلب الأربطة الخلفية، وقوة العضلات الثانية، ومحاذاة الأجسام الفقرية مع الفقرات المجاورة، وقابلية انضغاط الأجزاء الأمامية للأقراص الفقرية، واتصال الذقن مع الصدر. وبالمثل، يتم التحكم في بسط الرقبة عن طريق تصلب العضلات الأمامية فضلًا عن تصلب الأربطة الأمامية، وقوة العضلات الباسطة، ومحاذاة الأجسام الفقرية مع الفقرات المجاورة، وقابلية الأجزاء الخلفية من الأقراص الفقرية للانضغاط. أخيرًا، بالإضافة إلى تصلب العضلات والأوتار المقابلة، يتم التحكم في وظيفة العنق الجانبية عن طريق انحشار الزوائد العرضية لكل فقرة في الزائدة العرضية المجاورة.

نادرًا ما يقومون بالإطالة لعضلات الرقبة. ربما لا تطرأ مرونة الرقبة على بال احد الى حين ما يعاني الشخص من تصلب الرقبة. يرتبط عادة تصلب الرقبة بالنوم في وضع غريب (مثل النوم في رحلة طويلة)، أو الجلوس على المكتب لفترة طويلة، ولكن تصلب الرقبة يمكن أن ينجم تقريبًا من أي نوع من النشاط البدني. هذا ينطبق بشكل خاص على أي نشاط يجب أن تثبت فيه الرأس في وضع مستقر باستمرار. تصلب الرقبة يمكن أن يكون له أيضًا تأثير سلبي في الألعاب الرياضية التي يكون فيها وضع الرأس مهمًا، مثل الكولف، أو عندما تكون حركات الرأس السريعة مهمة لتتبع طيران شيء ما، مثل رياضات المضرب. ضعف مرونة العنق عادة تنتج عن تثبيت الرأس في نفس الوضع لفترات طويلة. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن لعضلات الرقبة المنهكة أن تتصلب بعد التمرين. يمكن للتمارين في هذا الفصل أن تساعد على حماية العنق من التشنج بعد التدريبات، والأوضاع غير العادية، أو أوضاع النوم غير المريحة.

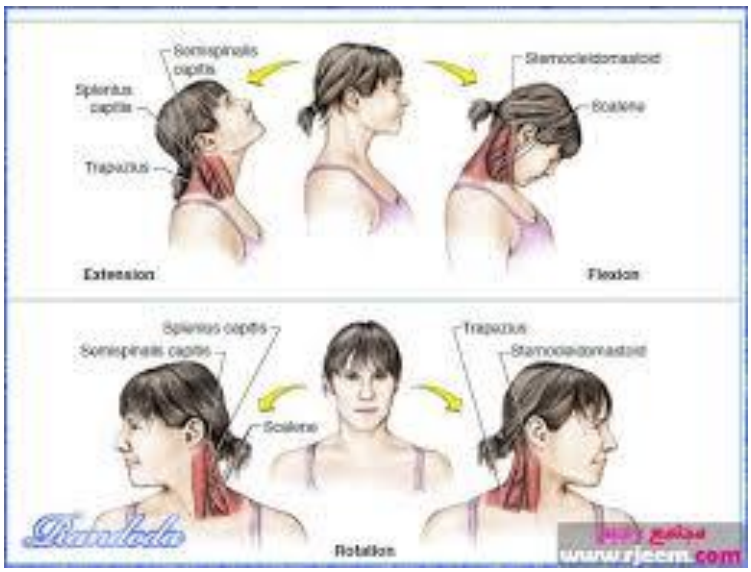
لأن جميع العضلات الرئيسية في الرقبة تشارك في دوران الرقبة، فإنه من السهل نسبيًا إطالة عضلات الرقبة. يجب أن يكون الاعتبار الأول عند اختيار إطالة رقبة معينة لما إذا كان التصلب الأكبر يحدث مع الانثناء أو البسط. ولذلك، تركز أول مجموعتي تمارين على هذه الأعمال المحددة. بمجرد أن تحقق قدرًا أكبر من المرونة سواء في الانثناء الخالص أو البسط الخالص، يمكنك بعدها إضافة إطالة تتضمن حركة جانبية. وبعبارة أخرى، لزيادة مرونة باسطات الرقبة، ابدأ مع إطالة باسطة للرقبة وبعد ذلك، مع زيادة المرونة، أضف إطالة دوران وباسطة للرقبة.

يمكن أن تكون إطالة عضلات الرقبة خطيرة إذا لم يتم القيام بها بشكل صحيح. بعض إطالات الرقبة تستخدم ما يسمى بوضعية المحراث، والتي يستلقي فيها الجزء الخلفي من الرأس على سطح، مع كون الجذع عموديًا تقريبًا. هذه الوضعية يمكن أن تولد ضغطًا كبيرًا عند نقطة الانحناء، خاصة في الأشخاص الذين يعانون من مرونة عنق منخفضة. هذا الضغط الكبير يمكن أن يلحق الضرر، إما بالفقرات أو يمكن أن يضغط القرص الفقري الأمامي بشكل كبير. ضغط القرص يمكن أن يسبب نتوءًا وضغطًا على الحبل الشوكي، وبالتالي الإضرار به. بالإضافة إلى ذلك، عند إطالة الرقبة، يجب أن يكون الشخص حريصًا على عدم استخدام قوة مفاجئة أو سريعة. يمكن أن يؤدي استعمال القوة المفاجئ إلى وقوع إصابات ضربة السوط. في أسوأ السيناريوهات، يمكن لإصابة ضربة السوط أن تقطع الشرايين الفقرية، وتدفع النتوء السني لداخل النخاع المستطيل في الدماغ، مما يسبب الوفاة.

أيضًا، كن حذرًا من الإفراط في الإطالة أو القيام بالإطالة الصعبة جدًا، لأنها تسبب ضررًا أكثر مما تنفع. أحيانًا تصبح العضلات متيبسة من الإفراط في الإطالة. يمكن للإطالة أن تقلل من نغمة العضلات، وعندما يتم خفض النغمة، يعوض الجسم من خلال جعل العضلات أكثر تيبسًا. لكل سلسلة إطالات، ابدأ بالوضعية الأقل تيبسًا، وتقدم فقط بعد عدة أيام من الإطالة، عندما تلاحظ استمرار غياب التيبس خلال ممارسة الرياضة. هذا يعني أنك يجب أن تقوم بإطالة كل من العضلات الناهضة (العضلات التي تسبب الحركة) والعضلات المعارضة (العضلات التي تعارض حركة ما أو تقوم بحركة

معاكسة). وعلى الرغم من أنك قد تعاني من تصلب أكثر في اتجاه واحد (اليمين مقابل اليسار)، فأنت بحاجة لإطالة كلا الجانبين حتى يتسنى لك الحفاظ على توازن العضلات الصحيح.

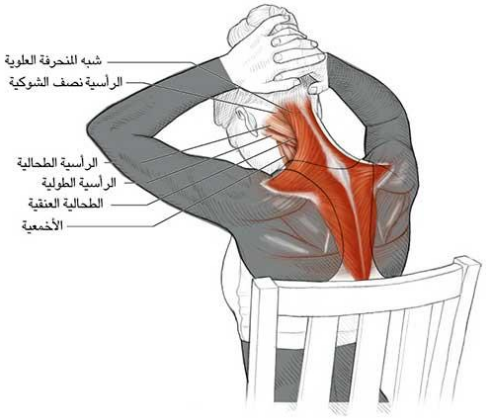
بعض حركات الراس الشكل 230



شكل 230

حركات الراس

تدريبات الاطالة لعضلات الرقبة

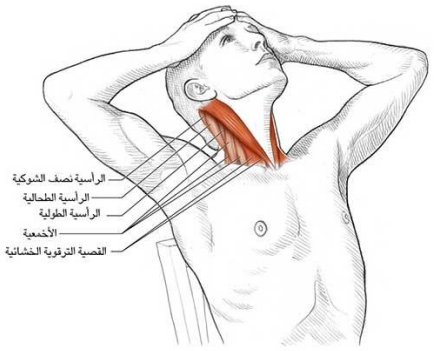


شكل 231

اطالة باسطة الرقبة المستقيمة

شكل232

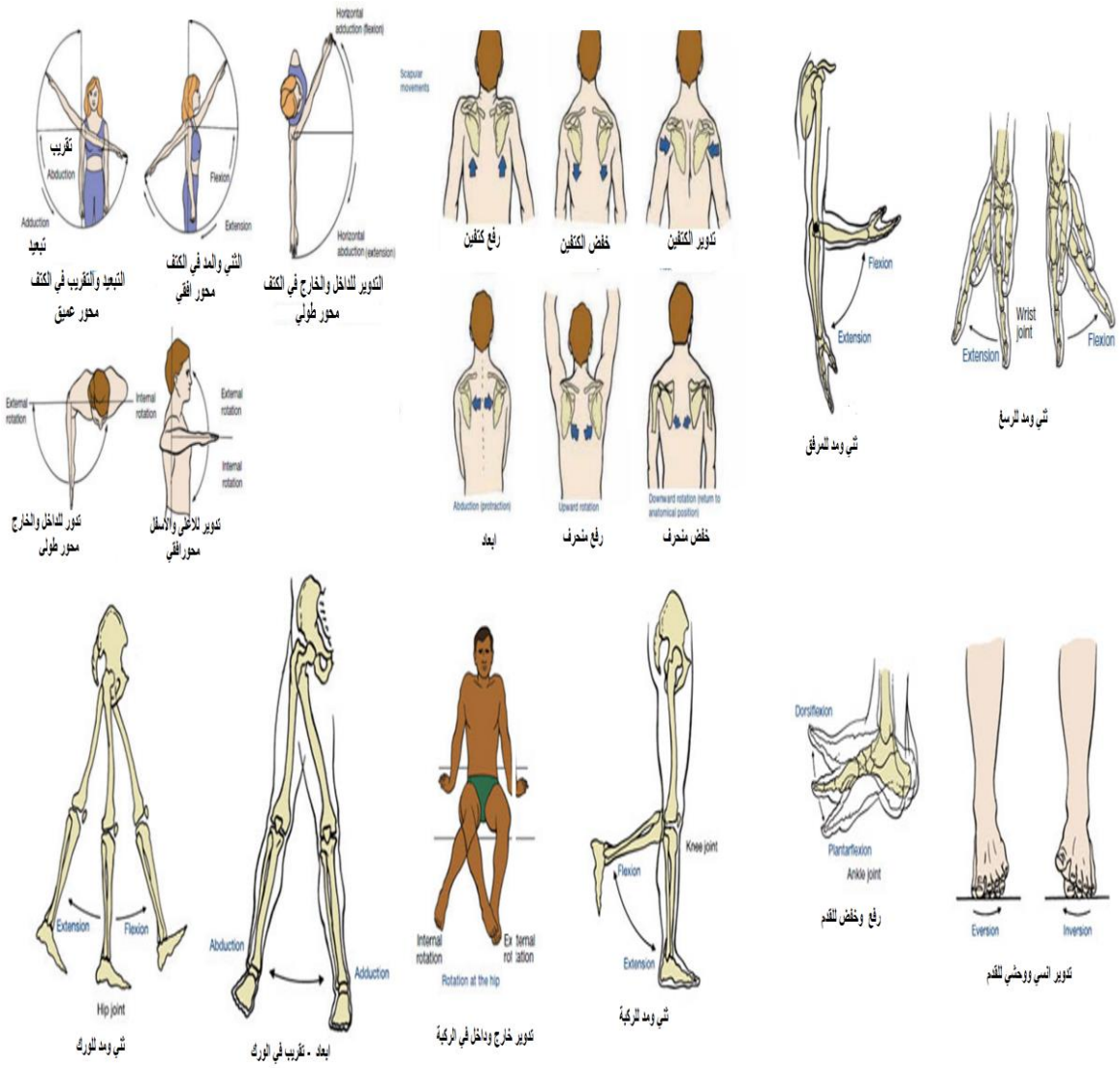
اطالة ودوران باسطة الرقبة



شكل 233

اطالة ثانية الرقبة

والشكل (234) يبين انواع مديات الحركات في بعض اجزاء ومفاصل الجسم::



الشكل 234

انواع الحركات ومدياتها في بعض اجزاء الجسم

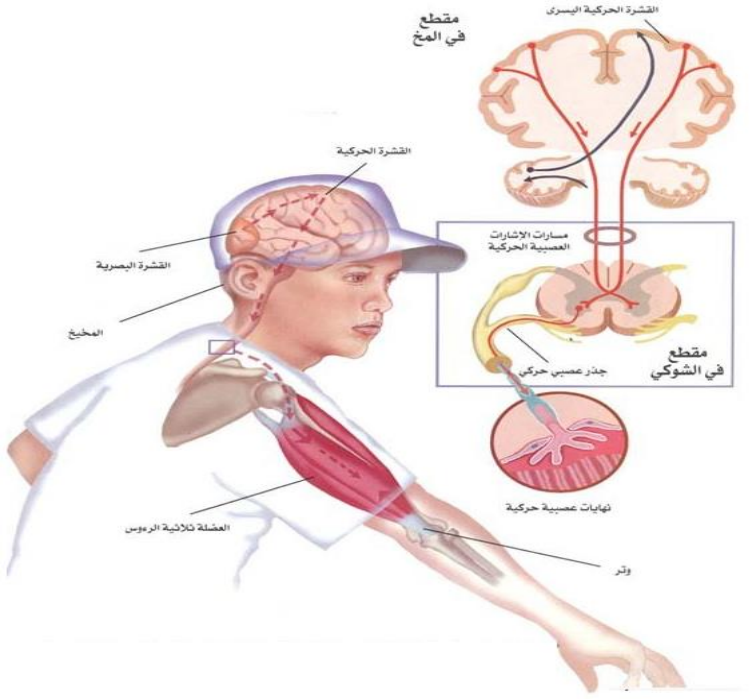
الفصل السابع

ميكانيكية الأعصاب والعضلات

التزود العصبي للعضلات Innervations

طبيعة العضلات الهيكلية في جسم الانسان ، تمكنها من الانقباض عند استثارتها بالدفعات العصبية - كهربائية لتقوم بالانقباض وتحرك جزءا من الهيكل العظمي المرتبطة به هذه العضلة باتجاه تقلصها ، وحيث إن العضلات قادرة على الشد أو الجذب فقط، وليس الدفع ، فهي مهيأة لتعمل متضادة ، أي أن الحركة الناتجة عن انقباض عضلة أو مجموعة عضلات كالعضلة ثنائية الرؤوس بالعضد تثني المرفق وثلاثية الرؤوس العضدية تمده.

تتفرع الأعصاب الحركية النخاعية داخل النسيج الرابط للغلاف العضلي المحيطي بحيث تتكون من العديد التفرعات النهائية. وعند موقع التزود العصبي (للعضلات) يفقد الليف العصبي غمده النخاعي مكونا نهاية واسعة تدعى الانتفاخ العقدي النهائي terminal bouton الذي يستقر في منخفض سطح الخلية العضلية، ويدعى هذا التركيب بالصفيحة الحركية النهائية Motor end - plate أو الاتصال العصبي العضلي myoneural junction.



شكل 234
التزودالعصبي العضلي ونتاج الحركة

- **الحماية الذاتية للعضلات اللاإرادية**

هناك نوعان من الخلايا العصبية تعمل على حماية العضلة ضد الإصابات وهما المغازل العضلية والمغازل الوترية(عضو كولجي الوتري) . ترتبط المغازل في العضلة على التوازي مع الألياف العضلية داخل العضلة، وتقوم المغازل العضلية بإتباع أسلوب العمل السلبي عند متابعتها لحركات الألياف العضلية المجاورة لها.

حيث تمدد الألياف العضلية الباسطة لمفصل الركبة وترفع الساق كرد فعل نتيجة التمدد غير المتوقع من جراء تقلص العضلات الباسطة مع ارتجاف قليل في الركبة، وهذا بمثابة حماية للعضلة ، والتأخير في الوقت بين الضرب بالمطرقة ورفع الساق هو الزمن الذي يستغرقه انتقال الإشارة العصبية من المغزل داخل العضلة الى الحبل الشوكي في الجهاز العصبي المركزي ورجوعه مرة ثانية الى ألياف العضلة حيث يأمرها بالتقلص.

وعندما تتمدد الألياف العضلية تقوم المغازل العضلية بعمل الشيء ذاته ، بحيث اذا تمددت الألياف العضلية بدرجة كبيرة ووصلت الى حد الخطورة بالإصابة بتمزق عضلي ، هنا يستجيب المغزل العضلي عن طريق إرسال أشارة الى العضلة بالتقلص. هذا العمل يحافظ على العضلة من الإصابة وتسمى هذه الحماية الميكانيكية "بميكانيكية التقلص الإرادي". نشاهد هذه الظاهرة عندما يضرب الطبيب مباشرة على الرباط أسفل مفصل الركبة (رباط الرضفة) بوساطة مطرقة مطاطية (لاحظ الشكل 235). ويلاحظ ايضا في الشكل الصورة في الاسفل ت مبدأ المنعكس عند تعرض اليد لمصدر حراري مفاجئ، ففي البداية هناك تنشيط لمستقبلات حسية في الجلد (بواسطة حرارة قوية)، والمستقبلات الحسية تولد إشارات عصبية تنتقل عبر الجذر الخلفي للعصب الشوكي نحو المادة الرمادية الظهرية. في المادة الرمادية الظهرية يوجد تشابك عصبي synapse بين المحور العصبي الحسي وبين جسم خلية واصلة interneuron. وصول الإشارة العصبية الحسية إلى هذا التشابك يولد إشارة عصبية جديدة في الخلية الواصلة. الإشارة الجديدة تنتقل وتولد إشارة أخرى

في خلية محركة في القرن الأمامي للمادة الرمادية، وهذه الإشـارة تنتقل عبر المحور العصـبي للخلية المحركة وتصـل إلى ليف عضـلي أو ألياف عضـلية وتؤدي إلى تقليصها وبالتالي سحب الذراع بعيدا عن مصدر الحرارة.

هذا هو المنعكس في أبسـط صـوره. المنعكسـات على ما أظن هي أبسـط وظائف الحبل الشوكي (والجهاز العصبي المركزي) على الإطلاق ، فالمنعكسات لدى البشر هي سـلوك "لا إرادي" involuntary، بمعنى أن الإنسـان لا يعلم بها في عقله الواعي إلا بعد البدء في تنفيذها وليس قبل ذلك. العقل الواعي (قشـرة المخ) يمكنه أن يتدخل في بعض المنعكسـات ويمكنه أن يحاول تثبيطها لو أراد ذلك. لكن العقل الواعي يمكنه أن يتدخل في عمل بعض المنعكسـات. اذ من الممكن أن نقسـم المنعكسات إلى صنفين:

- منعكسات واعية (يمكن التدخل بها إراديا)
- منعكسات غير واعية (لا يمكن التدخل بها إراديا)

فالمنعكسـات التي يمكن التدخل بها إراديا هي المنعكسـات التي تؤدي لتحريك العضلات الهيكلية skeletal muscles.

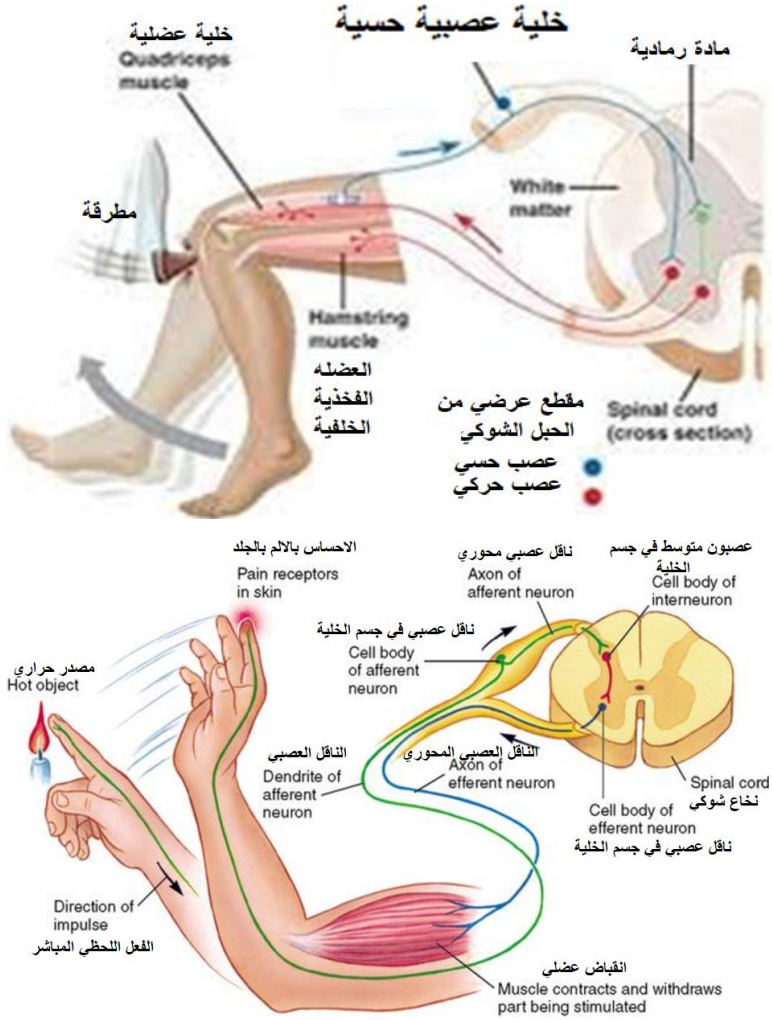
والمنعكسـات التي لا يمكن التدخل بها إراديا هي المنعكسـات التي تؤثر على الإفراز secretion أو على العضلات القلبية cardiac muscles أو على العضلات الملساء smooth muscles.

- **ومخرجات الجهاز العصبي المركزي تتمثل في شكلين:**

- تحريك العضلات
- الإفراز

فالإفراز هو دائما سـلوك لا إرادي أو غير واع. حسـب علمي، فالعقل الواعي لا يمكنه أبدا أن يتحكم بإفراز الهرمونات أو النواقل العصبية (مثلا الإنسان لا يمكنه أن يتحكم إراديا بـإفراز الهرمونـات من الغـدة النخـاميـة، أو بـإفراز العرق من الغـدد

العرقية). اما بالنســـبة لتحريك العضـــلات فهو يمكن أن يكون إراديا أو غير إرادي حسب نوع العضلات.



شكل 236

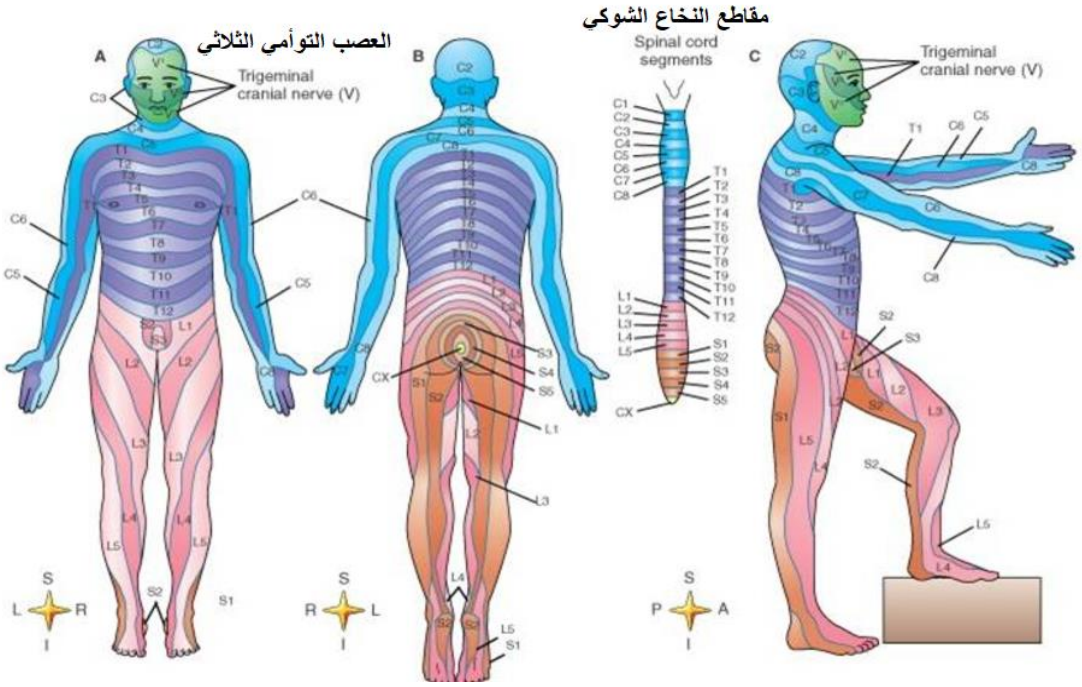
امثلة للحماية الذاتية للعضلات الارادية

وعموما فان الاعصاب الشوكية المتفرعة من النخاع الشوكي الرئيسي تتفرع بحيث لكل لكل عصب شوكي واجب رئيسي في جزء معين من الجسم (لاحظ الشكل 237).

اذ نلاحظ الحبل الشوكي مقسم وظيفيا إلى قطع تسمى spinal cord segments. كل قطعة من هذه القطع تنتج عصبين شوكيين spinal nerves (واحد من جهة اليمين وآخر من جهة الشمال). العصبان الشوكيان يخرجان من المسافات بين نواتئ الفقرات. الأعصاب الشوكية هي نفسها مقطعة وظيفيا. كل عصب شوكي يحوي قسما حسيا

sensory وقسما محركا motor. الألياف العصبية الحسية المسؤولة عن نقل الإحساس من الجلد هي مقطعة وظيفيا على نحو واضح جدا.

المناطق المخططة على الجلد تسمى "قطاعات جلدية" dermatomes. هناك عصب شوكي واحد مسؤول عن نقل الإحساس من كل قطاع جلدي على يمين الجسم ويساره . في الشكل نفسه ، تظهر قطع الحبل الشوكي مع أسمائها. القطع التي تبدأ أسماؤها بالحرف C هي القطع الرقبية cervical، والقطع التي تبدأ أسماؤها بالحرف T هي القطع الصدرية thoracic، والقطع التي تبدأ أسماؤها بالحرف L هي القطع القَطَنية lumbar، والقطع التي تبدأ أسماؤها بالحرف S هي القطع العَجُزِية sacral، والقطعة المسماة CX هي القطعة العصعصية coccygeal. لاحظ أن القطاعات الجلدية الأخيرة تقع حول الشرج في المنطقة التي كان يخرج منها الذيل سابقا. بالنسبة للقطاعات الجلدية الوجهية (التي تحمل الرمز V) فهي متصلة مع أعصاب تخرج من جذع الدماغ.



الشكل 237
مقاطع النخاع الشوكي المتفرعة لكل اجزاء الجسم

والحماية الذاتية تظهر بشكل كبير في الراس والرقبة ، وقبل ان تكلم عن ذلك نود تسليط الضوء على الوضع التشريحي والميكانيكي للرقبة والرأس:

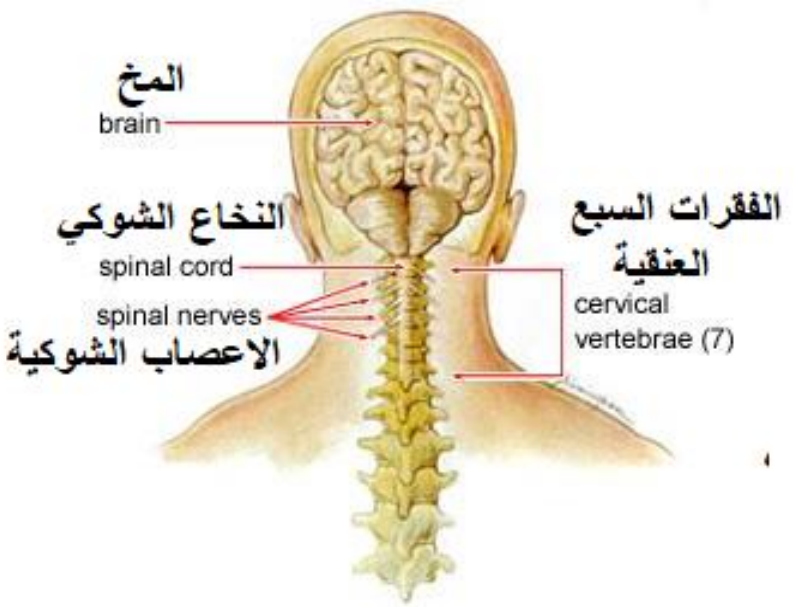
يتألف الجهاز العظمي عند الإنسان من 224 عظمة.وعند ولادة الطفل يتكوّن لديه جهاز عظمي مختلف ويتألف من 270 عظمة قبل ان يُصبح ناضجاً. والفرق يعود الى إلتحام مجموعة عظام في الجمجمة والعمود الفقري والحوض. ويخَضَعَ العمود الفقري عند الإنسان الى تغيُّرات وتطورات عديدة وفق مراحل النمو، فمنذ أن يترك الطفل الوضعية الرُّباعية في المشي ويبدأ يتنقّل على الرجلَيْن، يتحوّل العمل البيوميكانيكي للرأس من الوضعية الأفقية الى العمودية. وهذا يلزَمَ فقرات الرقبة الى تغيير وضعيتها وشكلها وعملها حتى تصبح الى ما عليه اليوم.

تتميّز الفقرات السبع في الرقبة أن أول إثنتين منها، (تُسمّى اطلس 1 atlas-c1 والثانية اطلس 2 atlas-c2) تختلفان في الشكل والوظيفة، اذ تسمحان للجمجمة أن تكون في وضعية عمودية وحولها تدور الجمجمة سواء في حركات (الإنحناء-الثني-الإمتداد العامودي-الحركة الدائرية) (-inclination-flexion-extension-rotation).

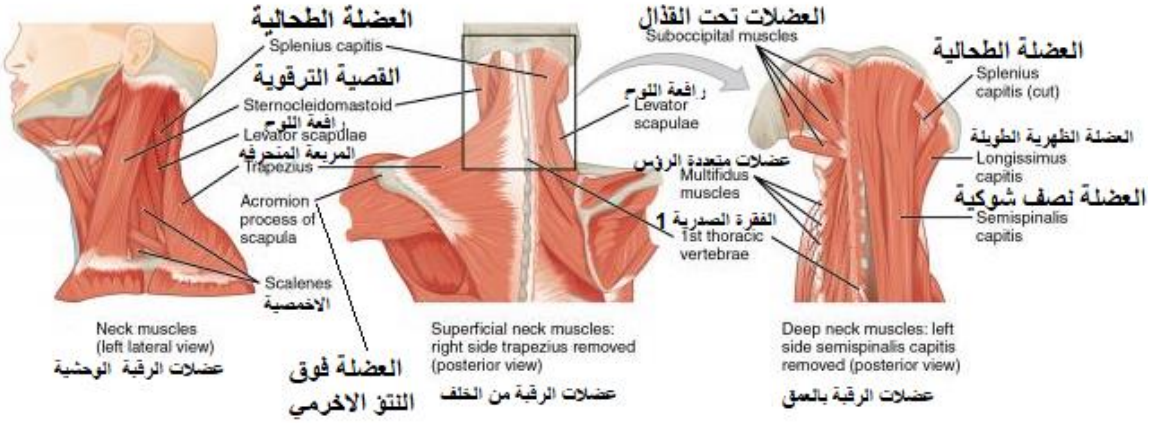
وكما تَمَّ تَطوُّرت عظام الرقبة ، تطوَّر أيضاً الجهاز العضلي الذي يربط هذه الفقرات بعضها ببعض. فكان التطوّر في الشكل والوظيفة البيوميكانيكية أيضاً. مما سمح للإنسان، أن يقوم بحركات عديدة ومتنوعة في حياته اليومية. فتغيَّر شكل ووضعية الكتفيْن، عظمتيْ الكتف (scapula ou omeplate) بما سمح بذلك هذا التغيير الى تحرير اليديْن والذراعيْن.عدد عضلات الرقبة 85 عضلاً. كل حركة تقوم الجمجمة أو الكتفانِ تجعل من مجموعة العضلات هذه سلسلة من التناغم العمَلي فيما بينهما. منها ما يكون أساسياً في الحركة ومنها ثانوياً ليدعم الفئة الأولى فتولد عندئذٍ الحركة الذي يُريدها الإنسان. فهنالك إذاً العضلات الأساسية (muscle principal) والعضلات الثانوية (muscle secondaire).

إضافة الى ذلك، الجهاز العصبي الذي يُغذّي الرقبة أو يَمُر من خلالها. فهنالك جهازيّ الدم واللمفاوي (système nerveux, sanguine,lymphatique).

إن التعقيد التشريحي هذا (complixité anatomique) في الرقبة يُسلِّط الضوء على تضاعفات عديدة ومتنوعة ما بين الأمراض العظمية في الفقرات ومفاصلها والعضلات (cervicalgie et myo-cervicalgie). منها :



شكل 238
الوصف التشريحي الظاهري للرأس والرقبة



شكل 239
عضلات الرقبة من ثلاث مواقع

- **التشنُّج العصبي-العضلي stress neuro-musculaire**

ينتج عن تراكم إرهاق وتعب وتشنّج في الجهاز العصبي المسؤول عن العضلات. فيولِّد مجموعة عوارض في الرقبة وخارجها: من تقلُّص في الحركة، أوجاع في الحَنَك، أوجاع رأس وصداع، أوجاع في عضلات الوجه الأمامية، في الكتفين وما بينهما، تَنَمُّل في الزراعيْن أو الأصابع... وهذا التشنُّج العصبي-العضلي يضغط على مجرى الأعصاب المسؤولة ويوّلد الإلتهابات.

- ألَم الرقبة وإلتوائها torticollis

تقلّص عضلّي قوي ومؤلم. أسبابه عديدة منها: وراثي-إلتهابي-صدميّ-عظمي-تكوين خاطئ عند الولادة، او عصبي.

أو ظَرفي مثلاً: وضعية خاطئة في النوم، أو حركة صدميَّة مفاجئة وسريعة، أو التعرّض المفاجئ في الحرارة ما بين البارد والساخن.

- الإلتهابات المهنية : myo-cervicalgie-professionnelle

وهي ناتجة عن بعض المهن حيث يلتزم الأشخاص في وضعية ثابتة لفترة طويلة ومتكررة مما يجعل العضل المعني بالحركة يخضع للضغط مع جهازه العصبي. فيولِّد إلتهابات وأوجاع جادة. اذ لكل مهنة أو وظيفة مرضها العضلي أو المفصلي أو الإثنين معاً. ناهيَكَ عن المُسببات، فإن الألم الناتج عن هذه الأمراض قوي وحاد إضافة أنه يحدّ من الحركة ويجعل من صاحبه عبداً يُسيطر عليه ليلاً نهاراً. لو لاحظنا(الشكل 240) فان العمل المستمر للطبيب المحلل على المجهر سيولد عزما تدويرا على عضلات الرقبة لتحمل عزم الوزن وكلما استمر اطبيب بهذا العمل ستصاب العضلة بالتعب والارهاق والتشنج.

وزن الرأس والرقبة النسبي هو 7 % من وزن الجسم
وهو يساوي 5.6 كغم لشخص كتلته 80 كغم
ذراع عزم الدوران = 2.1 سم (للعضله)
بعُد خط الجاذبية للراس 6 سم(المقاومة)
قوة عضلات الرقبة
ق العضله× ذ = كتلة الراس ×ذ
ق×2.1=5.6×6
ق = 16 كغم

شكل 241

العزم المتولد على عضلات الرقبة جراء المهنة

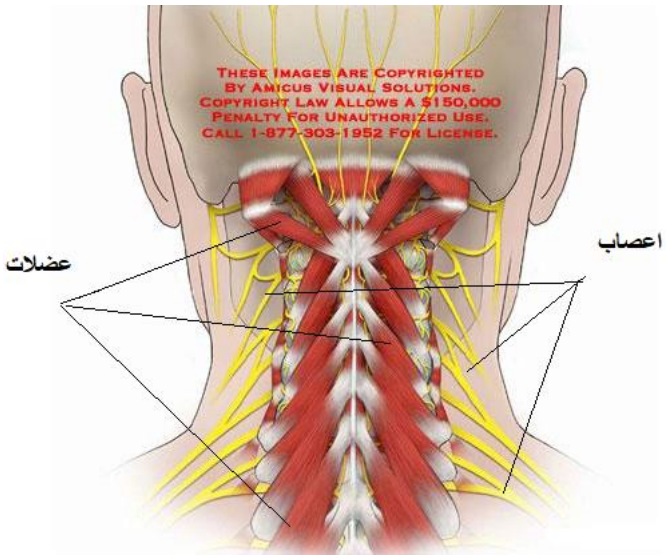
إن العلاج يعود لكل حالة على حدى. منها جراحي لترميم فقرة أو مفصل أو قرص، أو تمزُّق عضلي حاد او تحرير عصب أساسي... ومنها طبي بالأدوية بحسي الحالة. في كِلتا الحالتين ان العلاج الفيزيائي ضروري لإعادة العمل البيوميكانيكي الى طبيعته إن كان في العضل أو المفصل و لإعادة البُنية الترابطية بين العضلات والأوتار والفقرات في الرقبة. أما الأهم فهي الوقاية.

لكل وظيفة نقطة ضعفها وعلى صاحبها القيام ببعض الحركات العضلية البسيطة لتقوية هذه المناطق وحمايتها والإبتعاد عن الضرر الذي يمكن أن يتسبب به من أوجاع وإلتهابات حادة.

إضافة الى أن عليه تغيير وضعيته في العمل كل 30 دقيقة، على الأقل لمدة دقائق مما يسمح للعضلة المُرهقة أن ترتاح ويُنشِّط الدورة الدموية بحسب المفاصل المعنية في الوظيفة. بذلك، يكون قد أمّنَ الحماية لفقرات الرقبة وعضلاتها وأبعَدَ قدر المستطاع أمراضها.ان ذلك يتطلب بعضاً من الإرادة والمثابرة للصالح الشخصي والمصلحة الخاصة الذاتية. ولا يَنسى كل منا أن إستهلاك الجسم مع الزمن وحده كافٍ

لجعله عُرضةً للتآكل والإنحلال والتراجع في الإنتاج. فمن المستحسن المحافظة عليه قدر المستطاع ولأطول فترة ممكنة.

بعضٌ من الرياضة البسيطة والسهلة، بعضٌ من الحركات المتوسطة الشدة يومياً لبعض الدقائق كافية للحملية ومقاومة الصدمات. إن العلاج الفيزيائي هذا ليس العلاج بالحركة إنما هو علاج الحركة نفسها.



شكل 242
البُنية الترابطية بين العضلات والأوتار والفقرات في الرقبة.

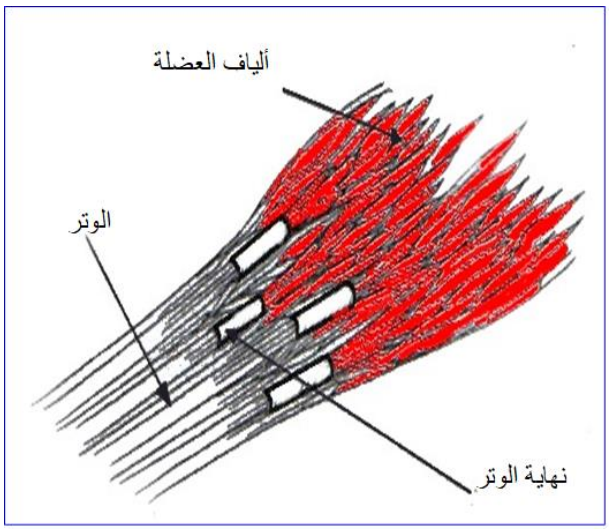
وعظام الرأس والرقبة تلعب دوراً حيوياً في دعم الدماغ، والحواس والأعصاب والأوعية الدموية في الرأس وحماية هذه المنشآت من التلف الميكانيكي ، و حركة هذه العظام بواسطة العضلات المتصلة بالرأس تتضمن تعابير الوجه، وتناول الطعام، والكلام، وحركة الرأس.

فيما يلي توضيح لدور المغزل العضلي: وعلى الرغم من وقوع مركز ثقل رأس الشخص البالغ فوق وإمام مفصل الفقرة العنقية العليا (الشكل 242) فان الرأس يحافظ على وضعه للأعلى وعدم الانحناء باتجاه الأمام ، وهذا الفعل يحدث بوساطة استمرارية التقلص في عضلات الرقبة الخلفية ، وعندما ينام الشخص وهو جالس ترتخي عضلات الرقبة ويسقط الرأس باتجاه الأمام ، حيث تتمدد المغازل العضلية

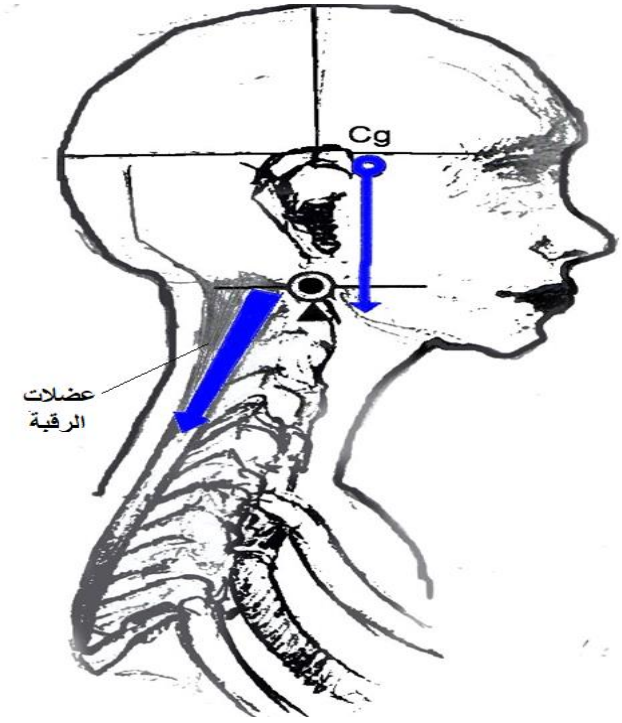
بصورة غير متوقعة مما يسبب تقلص لعضلات الرقبة وهزة سريعة تسبب رفع الرأس للأعلى، هذه الحماية الميكانيكية أنقذت أرواح العديد من السائقين المتعبين من خلال المحافظة عليهم مستيقظين.

تستجيب الحماية الميكانيكية عندما يتمدد مغزل العضلة فجأة وبدون توقع ، لكنها تسمح بالتمدد الإرادي الذي يحدث بصورة متوقعة ، حيث تسمح للرأس بالسقوط نحو الأمام والى الأســـفل بدون اســـتخدام الحركات اللاإرادية . لقد تم ملاحظة أمكانية تقلصـــت العضـــلات أولا ومن ثم تمطيتها ببطيء للحصـــول بهذه الطريقة على زيادة قليلة في المد . من الضـــروري ان تطبق هذه المبادئ بعناية تامة عند التدريب على المرونة وزيادة مدى الحركة، وســـوف نناقش هذه المبادئ بشـــيء من التفصـــيل في تدريب المرونة. يرسل عضو كولجي (في وتر العضلة) معلومات حول الشد العضلي الى الجهاز العصبي المركزي بحدوث شد عالي جدا وهناك خطـورة بحدوث تمـزق ، او شد عضلي ، تسمى هذه الإشارة بالتثبيط. حيث يقوم بإرسال أشارة الى الجهاز العصـبي المركزي وتعود مرة ثانية الى العضـلة، حيث تعمل هذه الإشـارة على كبح تقلص العضـــلة وخفض المغازل العضـــلية وأعضـــاء كولجي الوترية هي جزء من الأنظمة الدفاعية في الجسم .

واذا تعطل احد هذه الأنظمة عن وظيفته فأن خطورة الإصـــابة تزداد بدرجة كبيرة، عمليا تحدث هذه الحالة عندما لايقوم الرياضـــي بإجراء الإحماء او في حالة وجود خلل في نقل أشارات الحماية اللاإرادية نتيجة التعب.



شكل 243
اتصال ألياف العضلة بالوتر

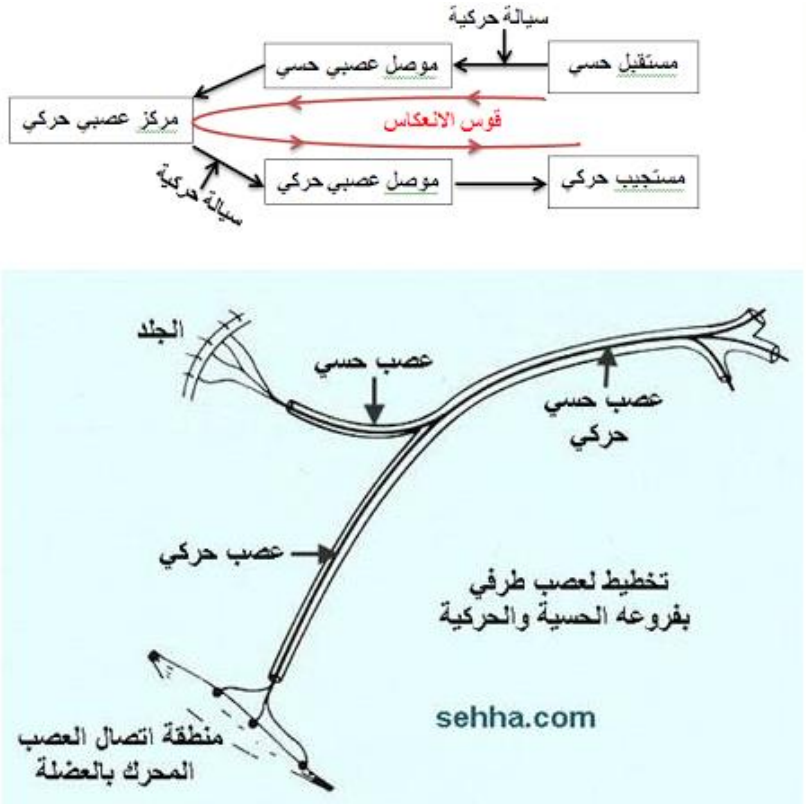


الشكل (244)

مركز ثقل الرأس

- **المنعكس الانفعالي العيني (VER)**

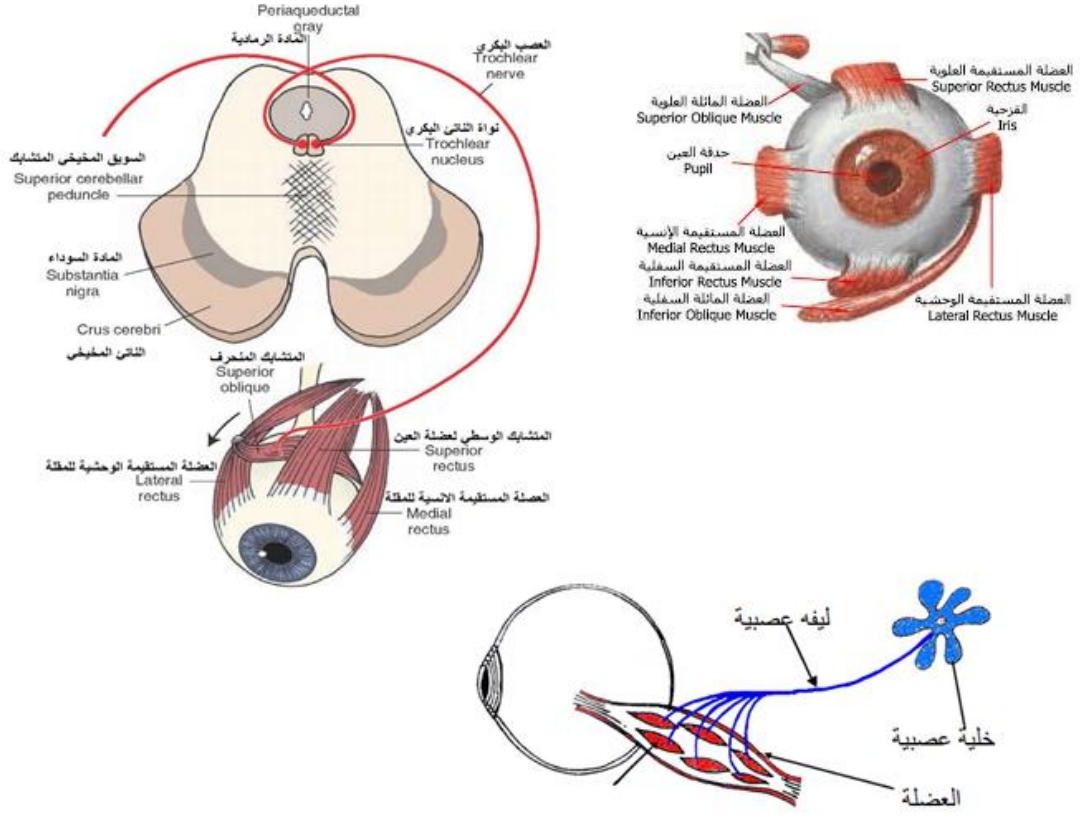
هو منعكس حركة الرأس ثلاثية الأبعاد التي تُثبت التوازن الرأسي للرأس من خلال إحداث حركة عضلة الرأس والرقبة بتردد يعتمد على الحالة الانفعالية والحالة النفسية الفسيولوجية للشخص. إن المنعكس الانفعالي العيني هو أحد المنعكسات الدهليزية التي تربط بين الفسيولوجيا البشرية والمشاعر. قام روبرت باراني بإجراء أبحاث على علم الوظائف وعلم أمراض الجهاز الدهليزي والنظام الدهليزي ولقد حصل عام 1914 على جائزة نوبل لعلم الوظائف. إن الجهاز الدهليزي، الذي يساهم في حفظ توازن الإنسان ويعزز شعورنا بالاتجاه المكاني، هو جهاز الإحساس الذي يصدر الإدخال السائد حول الحركة والإحساس بالتوازن. ويتحكم الجهاز الدهليزي في وضع رأس الإنسان الرأسي من خلال تشريح الرأس والرقبة.



الشكل 245
المنعكس العصبي

- **الوحدة الحركية للعين**

على الرياضـــي ان يفهم معنى الوحدة الحركية للحكم على مقدار قوة المطلوب بذلها في التمارين المتنوعة ، تتكون كل عضـلة من عدد من الألياف العضـلية, وهذه الألياف العضـلية تتجمع على شـكل وحدات تسـمى الوحدة الحركية، وتتكون الوحدة الحركية من خلية عصـبية تتصـل بالحبل الشـوكي ولها فروع مغروسـة في الحزم الليفية داخل العضـلة وتغرز نهاية كل فرع عصـبي دقيق من هذه الفروع داخل ليفه عضـلية منفردة ويعتمد عدد الألياف العضـلية لكل وحدة حركية على درجة الدقة المطلوب عملها من هذه الوحدة الحركية . على سبيل المثال العضلات المسؤولة عن حركة العين تحتوي من 5-10 ليفه عضـلية لكل وحدة حركية ، مقارنةً مع العضـلة ذات الكتلة العضلية الكبيرة مثل العضلة الرباعية التي يقدر بان الوحدة الحركية فيها تتكون من عدة ألاف من الألياف العضلية.



شكل246
تكوين الوحدة الحركية في عضلة العين(من مقاطع متعددة)

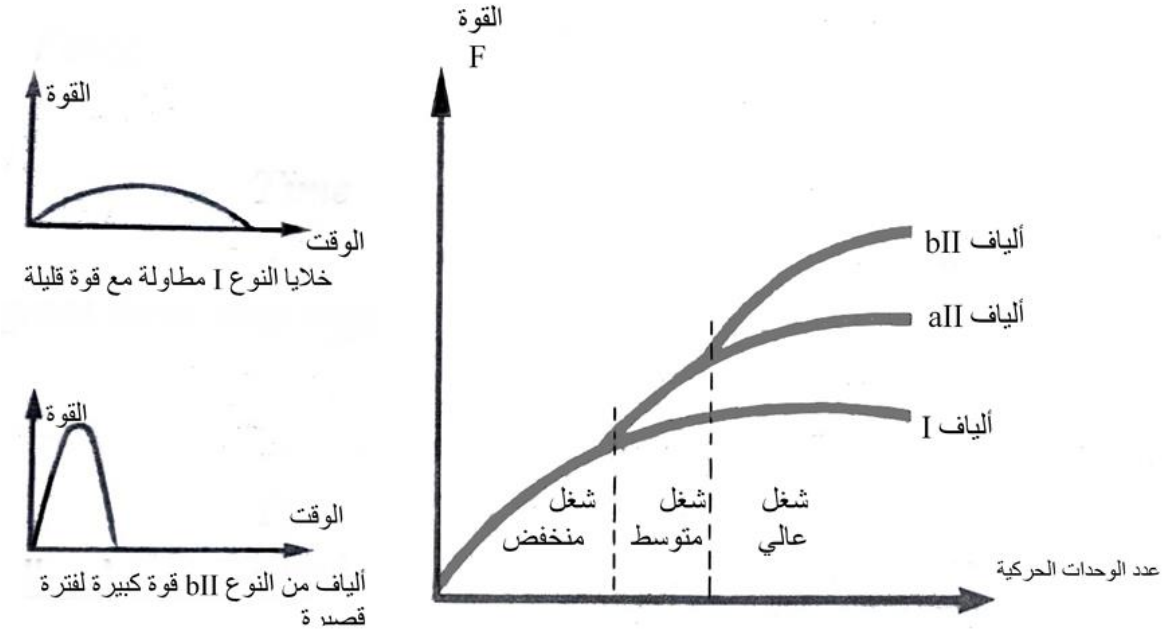
عندما تحفز الوحدة الحركية على العمل ، يتقلص عدد من الألياف العضـــلية التي من خلالها تتولد القوه وإذا أجبرت العضـــلة على التقلص بقوة معينة فأن العمل الذي ينفذ يتم بواســـطة عدد معين من الوحدات الحركية يتناســـب مع شـــدة العمل المطلوب ، أما إذا أريد زيادة قوة التقلص ، عندئذ هناك حاجة إلى زيادة عدد الوحدات الحركية المســـتخدمة. وفي الجهد الخفيف دائما تســـتخدم فيه نفس الوحدات الحركية التي تتلاءم معه ، وتجند وحدات أضافية أخرى بالتدريج تبعا لزيادة التقلص.

هذا يعني اســـتخدام نفس الوحدات الحركية في بداية التقلص الابتدائي وتزداد تدريجيا عدد الوحدات المشـاركة للوصـول الى أقصـى تقلص ليشـمل جميع الوحدات الحركية في العضلة . التدريب الخفيف يمرن الوحدات الحركية التي تشترك في بداية العمل(نفس الوحدات الحركية دائما) ، أما إذا أردنا ان ندرب جميع الوحدات الحركية للعضلة يجب علينا تعريض العضلة الى الشدة القصوى.

تحتوى العضـــلة على نوعي من الألياف العضـــلية : **الألياف البطيئة** (النوع **I الغامقة اللون) والألياف السـريعة** (النوع **II الفاتحة اللون**). من خصـــائص الألياف البطيئة(النوع **I**) نها تنتج الطاقة عن طريق الأوكسـجين الموجود في الدم، وتسـتخدم الألياف السـريعة بصـورة رئيسـية الطاقة المخزونة في العضـلة (الاوكسـجين المذاب والمخزون في العضـــلة) الذي يمكن تحويله الى طاقة ميكانيكية بدون أوكســـجين اضـــافي ياتي عن طريق التنفس وبجهد قصـــوي لمدة لاتتجاوز (10 -11 ث) وهي المدة الزمنية التي تسـتغرقها رحلة الاوكسـجين من الرئتين الى العضـلة ،واذا الجهد القصـوي لااكثر من 12 ثانية فما فوق عندئذ سـيكون هناك ناتج عرضـي من هذه العملية هو حامض اللاكتيك .

يمتلك الناس نســـبة توزيع مختلفة من هذين النوعين من الألياف، والحصـــة الطبيعيـة لهـذه الألياف هي 50% من النوع **I** و 50% من النوع **II** مع وجود اختلاف في توزيع هذه الألياف داخل جسم كل شخص، بالإضافة الى أن العضلات المتنوعة تمتلك حصص مختلفة من هذه الأنواع.

يقســـم النوع **II** الى فرعين ثانويين هما النوع(**II** a) والنوع(**II** b)، ويمكن للتدريب التخصـــصـــي ان يغير من خصـــائص النوع(**II** a) لكي تصـــبح شـــبيهة بالألياف النوع **I** (الغامقة) ولفترة اســـتمرار التمرين، بحيث يمكن تجهيزها بالطاقة عن طريق الأوكسـجين وبالتالي زيادة قابلية العضـلة على المطاولة. لوحظ من خلال الدراســات وعندما يطلب من العضــلة بذل قوة ما فأن العضــلة تســتخدم هذه الألياف بالتدريج وكما يلي: ألياف النوع **I** ثم ألياف النوع **a II** وأخير تســتخدم ألياف النوع **II b** وعندما يتطلب من الرياضي أداء عمل عالي الشدة.



شكل (247)
العلاقة بين القوة ونوع الليفة العضلية

تمتلك الألياف العضلية النوع a II خصائص أفضل من الأنواع الأخرى ، مثل القوة العالية والمطاولة الجيدة و المعلومات السابقة مهمة عندما نرغب في التدريب على نوع معين من الألعاب الرياضية، ومن الضروري توضيح ان كلمة بطيئة التي تطلق على الألياف البطيئة لايعني ان تقلص هذه الألياف بطيء جدا، لذلك فهي لاتساهم في الحركات الرياضية بدرجة فعالة ،لكن في الحقيقة ان

الحركات "السريعة " مثل الضربة الساحقة في التنس هي في الحقيقة بطيئة جدا مقارنة مع السرعة التي تتقلص بها ألياف هذه الألياف(النوع I) والتي يطلق عليها بطيئة التقلص.

يمكن استخدام بعض الاجهزة المساعدة في تدريب العضلات وفقا لما سبق من مبادئ. مثال:

- **عمل جهاز الزيت:**

يعمل هذا الجهاز على تقوية العضلات المحركة والمعاكسة بنفس الوقت. لأنه عند سحب الجهاز لا يعود وحده وإنما يلزم أن تقوم العضلات المعاكسة بإعادته لوضعه الأصلي.

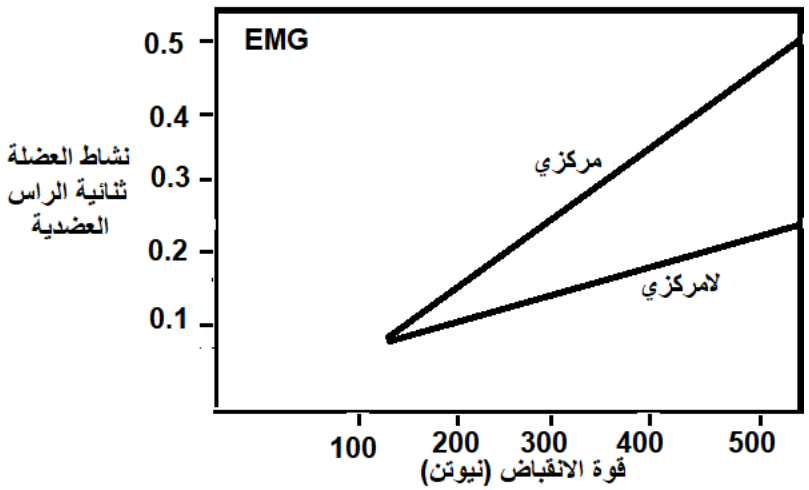
- **النشاط العضلي والعزم في الانقباض العضلي التقصيري، والثابت، والتطويلي:**

عند تخطيط الإشارة العضلية العصبية في جهاز (EMG) نرى أنه عند استخدام القوة معينة وواحدة في كل من الانقباض الثابت والمتحرك ، نشاهد ان الاشارة في الانفباض الثابت أعلى من المتحرك. وبمجرد تغيير مكان القياس تعطى قياسات مختلفة، هناك قناعة بأن حجم ما يقيسه جهاز الـ (EMG) من كمية سيال كهربائي او سعة موجه .. **يعادل حجم القوة** ؟؟ ولكن هذا مفهوم خاطئ ويدلل على ذلك أنه لرفع القوة نتدرب باستخدام الانقباض التطويلي(اللامركزي) أكثر من التقصيري (المركزي) ويسمى تدريبات سلبية، باعتبار ان كل تدريب لامركزي يكون مع الجاذبية ويسمى انقباضا سلبيا. وكذلك حركة الطلوع على البار وحمل وزن الجسم ثم النزول، وعند الوقوف والنزول بالتدريج باتجاه الجاذبية الأرضية. فالتخطيط العضلي ليس له علاقة بإنتاج القوة خاصة عند حدوث القوة، فإذا سجلنا على العضلة ثنائية الرأس العضدية بحمل ثقل وعمل الثني والمد، نلاحظ أنه كلما زاد التكرار تكبر الإشارة رغم بدء حدوث التعب وهذا لا نفهم منه زيادة القوة ولربما تناقصت القوة في تلك الحالة نتيجة للتعب. وكذلك نلاحظ عند وجود إصابة عملاً داخل العضلة.

عند عمل التخطيط العضلي نحصل على بيانات خام (rough data) وهي عبارة عن إشارات ترتفع عن الخط الأوسط(الذي يعبر عن الثبات) وإشارات أخرى تنخفض عنه، وتعبر هذه البيانات عن الاستقطاب الفسيولوجي للشحنات، حيث أنه عند حصول الإثارة يتغير موقع الأيونات السالبة والموجبة بتبادل مواقع أيونات الصوديوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم. ويتم تصحيح هذه البيانات (rectification) بحساب التكامل لتجميع البيانات فترفع البيانات المسجلة تحت الخط الأوسط وتجمع المساحة الناتجة تحته فتعرف قيمة التخطيط المقاسة للعضلة. والمخطط الاتي يمثل تلخيصاً لما سبق:

البيانات الخام ⇦ تصحيح ⇦ استخدام معيار ⇦ الحصول على أرقام.

وعلى الرغم من أن الانقباض العضلي التطويلي(اللامركزي) ينتج عنه قوة أكبر من الانقباض التقصيري إلاّ أنه ليس هناك علاقة بين نتائج التخطيط العضلي وإنتاج القوة. حيث أن عامل التعب قد ينتج عنه قيماً أعلى للتخطيط العضلي.

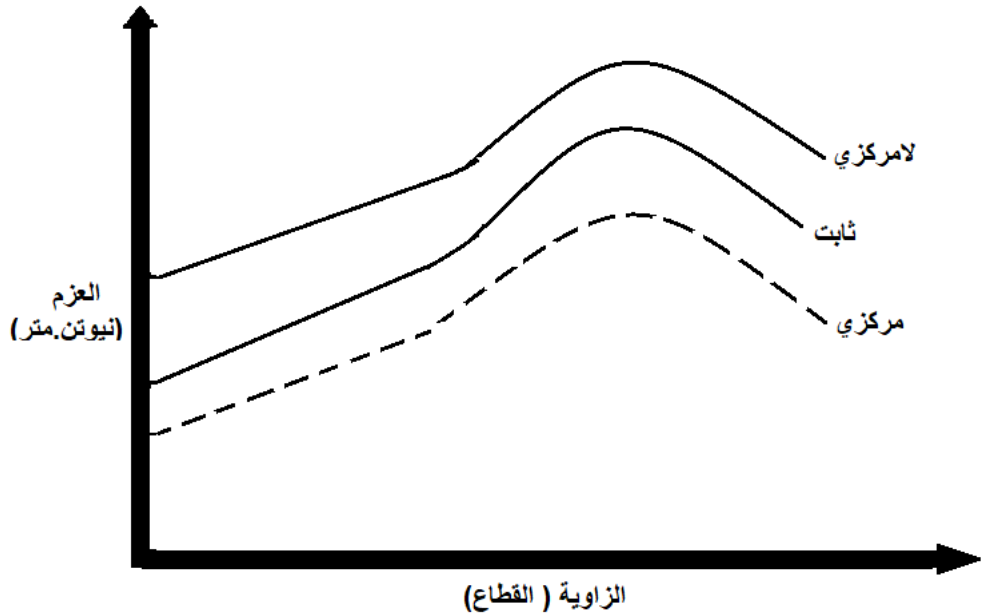


مقارنة اختلاف النشاط الكهربائي للعضلة العضدية ذات الراسين عند تسليط نفس القوة وباسلوبين مختلفين بالانقباض اللامركزي والمركزي

شكل(248)

مقارنة قياس نشاط العضلة ثنائية الرأس العضدية بجهاز (IEMG) في الانقباض العضلي الثابت أكثر مع المتحرك بتسليط نفس القوة.

والشكل 249 يوضح ان الحد الاكبر من الانقباض اللامركزي يهيئ للحصول على اكبر عزم قوة خلال الحركات التدويرية،وبالتالي الحصول على اكبر مدى زاوي، ويكون الانقباض المركزي اقل منه في تحقيق ذلك العزم والمدى.



شكل(249)

مقارنة بين ناتج العزم والمدى للانقباضين المركزي واللامركزي

• وسائل قياس القوة العضلية

تتنوع وسائل قياس القوة العضلية تبعاً لنوع الانقباض العضلي المستخدم على أننا سوف نستعرض ثلاث طرق شائعة لقياس القوة العضلية:

أ- بواسطة الأثقال والمقاومات:

وهذا يتم من خلال استخدام الأثقال الحرة(Free Weights) أو أجهزة التدريب بالأثقال . ويستخدم في هذه الوسائط الانقباض العضلي المتحرك الموجب غالباً ، والسالب بشكل أقل(خاصة في أجهزة التدريب بالأثقال).

ويتميز التدريب بالأثقال الحرة في أنه أقرب إلى طبيعةغالبية الحركات الرياضية ، ويمكن خلاله توظيف كل من الانقباض العضلي المتحرك الموجب والسالب ، وأنه يتم عمله في اكثر من مستوى(أفقي ، ورأسي ، و دوراني) كما

يتميز هذا النوع من الوسائط بانخفاض تكلفته، وتوفره في كل مكان تقريبا إلا أنه يعاب على التدريبات بالأثقال الحرة أنها أقل أمان مقارنة بأجهزة التدريب.

والمتعارف عليه في استخدام الأثقال الحرة كوسيلة لقياس القوة العضلية أو تطويرها باستعمال ما يسمى بالقوة القصوى التي يمكن للفرد أن يرفعها مرة واحدة فقط (1-RM) حيث ، يتم تحديدها من خلال المحاولة تلو الأخرى حتى يتعرف الشخص على القوة القصوى(الثقل الأقصى) التي لا يمكن رفعها إلا مرة واحدة فقط .ويتم بعد ذلك وصف التدريب بالأثقال بناءً على نسبة محددة من هذه القوة القصوى(1-RM) ومقدار تكرار الرفع تبعاً للرغبة في تطوير ، القوة العضلية أو التحمل العضلي.

ويوضح الجدول () العلاقة بين النسبة الى القوة القصوى(النسبة الى 1-RM) واقصى تكرار يمكن للفرد القيام به (RM)، يتضح انه كلما انخفضت النسبة الى القوة القصوى كلما تمكن الفرد من رفع الثقل بتكرار اكثر. ولمعرفة القوة القصوى التييمكن للشخص من رفعها مرة واحدة فقط (1-RM) يمكن استخدام المعادلة الاتية:

1-RM=الوزن المرفوع لمرة واحدة قصوية/100% -عدد التكرارات القصوية ×2

مثال: لاعب تمكن من رفع 60 كغم 10 مرات فقط كحد قصوي، ما مقدار اقصى تكرار لمرة واحدة باعلى وزن؟

60 كغم ÷ [(2×10)-100%] =

75 كغم اقصى وزن يرلفع لمرة واحدة **(1- RM)** =

جدول (7)

النسبة بين اقصى تكرار واقصى وزن يرفع اللاعب

النسبة الى القوة القصوى (%)	اقصى تكرار (عدد المرات)
%100	1
%90	5
%80	10
%70	15
%60	20

ب- بواسطة أجهزة الانقباض العضلي الثابت:

وتشمل هذه الأجهزة أنوع عديدة يتم فيها قياس القوة العضلية بدون حركة(أي عند سرعة حركية تساوي صفر في الثانية). ومنها بعض أجهزة قياس قوة القبضة وقياس قوة عضلات الفخذين ، وأجهزة قياس قوة عضلات الظهر ،كما أنه يمكن استخدام شريط الشد (Cable tensiometer) لقياس القوة العضلية لعضلات عديدة من الجسم بواسطة الانقباض العضلي الثابت. ويتوافر في بعض أجهزة القياس الضابطة للسرعة(Isokinetic) ميزة قياس القوة العضلية بسرعة صفر درجة في الثانية. أي انقباض عضلي ثابت ، كما يمكن لأجهزة قياس القوة العضلية باستخدام الانقباض العضلي الثابت قياس التعب العضلي عند نسب معينة من القوة العضلية. ونظراً لتأثر القوة العضلية الثابتة بزاوية المفصل ، فلا بد من توحيد وضع المفصل عند الزاوية المثلى عند إجراء القياس ، علماً بأن الزاوية المثلى لثني ، (المرفق Elbow flexion) هي من 70 - 120 درجة ، ومد المرفق(Elbow Extension

) هـي مـن 90 - 120 درجة ، وثني الورك (H ip flexion) هي من 145-150 درجة، ومد الورك (Hip extension) هي من 40-50 درجة ، وثني الركبة(Knee flexion)هي من 130 - 170 درجة، ومد الركبة (K nee extension) هي من 80-130 درجة.

جـ-بواسطة أجهزة قياس القوة العضلية الضابطة للسرعة(Isokinetic):

تتكون كلمة(Isokinetic) من جـزأين همـا(Iso) ويعنـي ثابـت و(kinetic) وتعنـي متحرك، وفي الحقيقة فإن الكلمة تعني الحركه الثابتـة الـسرعة أو المحـددة الـسرعة ، أو المتساوية السرعة أو المنضبطة السرعةConstant Velocity)على طول المـدى الحركـي كاملا. ونظراً لأننا نقوم بقياس القوة العضلية اثناء حركة زاوية(Angular Movement) ، فإننا نقيس فعلاً عزم التدوير (Torque) الذي يتم تدوينه بالنيوتن /متر(N. m) حيث:

عزم التدوير = القوة(بالنيوتن) × طول الذراع(متر)

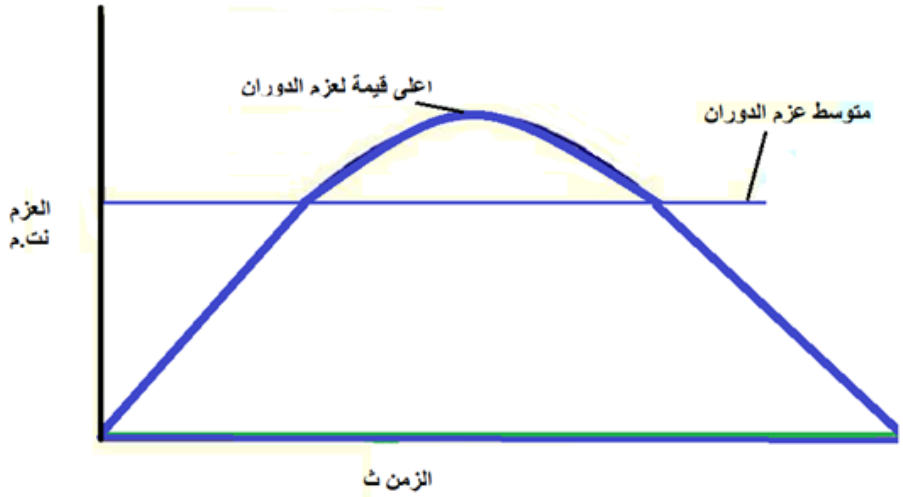
وتتخلص فكرة أجهزة قياس القوة العضلية المنضبطة السرعة(أو المحددة السرعة) فـي ضبط ذراع الديناموميتر عند سرعات محددة تتراوح من المنخفضة(٣٠ عند ٦٠ أو درجـة ً في الثانية مثلا) إلى المتوسطة (١٨٠ -١٢٠ عند درجة في الثانية) إلى عالية (٣٠٠ درجـة /ث أو أكثر) وبالتالي فان الجهاز لن ّ يولد مقاومة تذكر حتى تصل سرعة الحركة عنـد مفصل المفحوص إلى تلك السرعة ، ويقوم الجهاز بتوليد مقاومة تساوي القـوة التـي ينتجهـا المفحوص ، مما يعني أن التوتر العضلي سيكون بشكل أقصى طوال المدى ًالحركي كاملا . وعادة ما تكون القوة العضلية أعلى عند السرعات المنخفضة مقارنـة بالـسرعات العاليـة .

والوحدة المتعارف عليها دولياً في قياس سرعة ذراع الديناموميتر في تلك الأجهزة هـي فـي الردايان في الثانية (ً $rad.s^{-1}$) والذي يساوي تقريبا 57.32 درجـة مئويـة،(ـراديان radians يعنـي المسافة الزاوية).أي أن سرعة 60 درجة في الثانية

تعادل 1.05 راديان /ث، وسرعة 180 درجة في الثانية ، تساوي(3.14) راديان في الثانية .

ويمكن حالياً لبعض أجهزة قياس القوة العضلية المحددة السرعة أن تقيس القوة العضلية في حالة الانقباض العضلي المتحرك الموجب(Concentric) أو السالب(Eccentric). كما أن بعضها يمكنه قياس القوة بواسطة الانقباض العضلي الثابت وذلك بتثبيت سرعة ذراع الديناموميتر عند صفر في الثانية. وعند قياس القوة العضلية بواسطة أجهزة قياس القوة العضلية المنضبطة السرعة ينبغي البدء بالسرعة البطيئة فالأسرع وهكذا . أما الراحة المطلوبة بين كل اختبار وآخر فتشير نتائج دراسة ، كان الغرض منها تحديد فترات الراحة البينية المناسبة بين محاولات قياس القوة العضلية بواسطة أجهزة التدريب المحددة السرعة(Isokinetic) إلى أن الحد الأدنى هو ٦٠ ثانية ،من أجل حدوث استرداد كاف قبل اجراء اختبار اخر. على أن زيادة وقت الراحة إلى دقيقتين أو ثلاث لا يؤدي إلى تحسين القوة العضلية في الاختبار اللاحق بصورة ملحوظة ، وعليه يوصى بجعل الراحة البينية بين كل اختبار وأخر مدة زمنية لا تقل عن دقيقة واحدة .

وعند اجراء اختبارات القوة بأجهزة القياس المحددة للسرعة فإنه ينبغي أن نحصل على الأقل على البيانات التالية عند كل سرعة من السرعات ولكل طرف من الأطراف(الطرف الأيمن والطرف الأيسر): عزم التدوير الاعلى(peak torque) ، متوسط عزم التدوير(Mean torque) ، الزاوية عند أعلى عزم تدوير، نسبة قوة انقباض العضلات (Flexion) الى الامامية(Extension)، ومن المهم أن نتفهم أن متوسط عزم التدوير هو في الواقع ليس عزم تدوير الأعلى كما يوضحه الشكل (90)، حيث نلاحظ أن عزم التدوير يكون،منخفضاً في البداية ويزداد مع الوقت حتى الوصول إلى أعلى عزم، ثم يبدأ في الانخفاض مرة حتى نهاية المحاولة ، وبهذا الشكل يمكن معرفة الزمن الذي حدث عنده أعلى عزم تدوير . والجدير بالذكر أن لكل منهما دلالته الفسيولوجية، لذا ينبغي تدوين كلاهما عند اجراء اختبارات القوة العضلية بواسطة أجهزة قياس القوة المحددة السرعة.

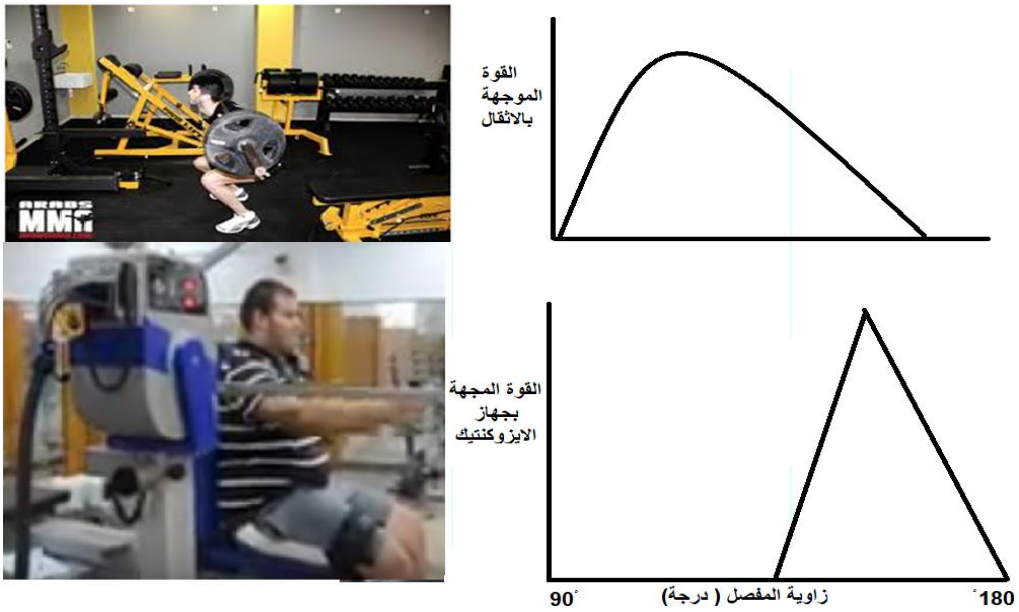


شكل(250)

يوضح عزم التدوير الأعلى مقارنة بمتوسط عزم التدوير عند استخدام أجهزة قياس القوة العضلية المحددة السرعة(Isokinetic peak and mean torque).

وعلى عكس أجهزة التدريب بالأثقال الاعتيادية التي يجب التغلب على المقاومة منذ البداية، فإن أجهزة قياس القوة العضلية المحددة السرعة تعطي فرصة في البداية للمفحوص في أن يصل إلى السرعة الكافية قبل الشعور بالمقاومة وهذا يعني أن القوة تنتج عند الوصول إلى السرعة المحددة مما يجعل القدرة العضلية مرتفعة اثناءء الاختبار بواسطة تلك الأجهزة .ويوضح الشكل (251) هذه الظاهرة. وعلى الرغم من ذلك فإن البعض يرى أن هذا النوع من الأجهزة لا يحاكي الحركات الرياضية المعتادة في الملعب أو في الميدان ، حيث المقاومة تكون منذ بداية الحركة الأمر الذي يجعل هذه الاجهزه ذات طابع غير خصوصي (non-specificity).

من خلال الشكل 91 ، يظهر في الأولى أنه ينبغي إنتاج قوة عضلية عالية منذ البداية للتغلب علـى المقاومـة تزداد سرعة الحركة حتى تكون القوة قد اضمحلت كثيرا. أما في حالة أجهزة السرعة المحددة فإن على المفحوص أن يزيد من سرعة حركته حتى يتمكن من التغلب على المقاومة وبالتـالي تظهـر قراءة القوة .أن أي إنتاج القوة يكون بعد وصول المفحوص إلى سرعة عالية من الحركة.



شكل 251

الفرق بين إنتاج القوة اثناء المقاومـة الاعتياديـة(تـدريب بالأثقال) و باستخدام أجهزة الـسرعة المحـددة(Isokinetic)

- **تقدير نسبة الألياف العضلية السريعة الخلجة من خلال الانخفاض في القوة**

من المعروف أن نوع الألياف العضلية يسهم بدور مهم في تحديد عزم التدوير الأقـصى اثناء استخدام أجهزة قياس القوة العضلية المحـددة الـسرعة(Isokinetic) حيـث أظهـرت ، الدراسات أن الذين يمتلكون نسبة عالية من الألياف العضلية السريعة (الفاتحة)(FT) ينتجـون عزم تدوير أكبر) معامل الارتباط = 0.69 عند استخدام سرعات معتدلة (180 درجة/ الثانية) لكنهم أيضاً يتعبون بشكل أسرع منالأ شخاص الذين يمتلكون نسبة عالية من الألياف العضلية بطيئة الانتفاض الغامقة (ر = 0.86).

لذا فقد اقترح ثورستنسون وكارلسون ، المعادلة الاتية لتقدير نسبة الألياف العضلية السريعة الانتفاض(الفاتحة) باستخدام أجهزة قياس القوة العضلية المحددة السرعة وهي:

نسبة الألياف السريعة الانتفاض=(0.90×% الانخفاض في القوة +5.2)

إذ يتم حساب نسبة الانخفاض في القوة العضلية من خلال اجراء ٥٠ انقباضاً عضليا قصوي بشكل متواصل لمفصل الركبة(مد E xtension) ، وتكون الراحة بين كل انقباض آخر ٠,٧ ثانية. ثم حساب نسبة الانخفاض على النحو التالي: (أعلى عزم تدوير عند المحاولات من 1-3)- (أعلى عزم تدوير عند المحاولات من 48 - 50) ÷ (أعلى عزم تدوير عند المحاولات من 1-3)

مثال :

- أعلى عزم تدوير خلال المحاولات من 1-3 = 180 نيوتن . متر
- أعلى عزم تدوير خلال المحاولات من 48 - 50 = 100 نيوتن. متر نسبة الانخفاض(%) = (180 – 100) ÷180=0.44 = 44 %

نسبة الألياف العضلية السريعة الانتفاضه =(0.90 × ٤٤ + 5.2)

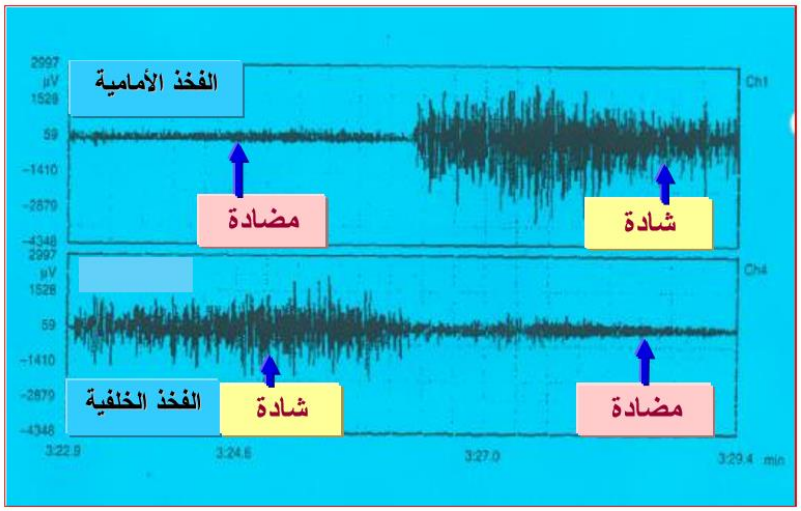
=5.2 + 39.6= 44.8%

نسبة الألياف العضلية البطيئة الانتفاضة 44.8 - 100= 55.2%

- **التوازن بين العضلات القابضة (A gonist) والمضادة(A ntagonist)**:

يوضح الشكل (92) تخطيطاً كهربائياً لكل من العضلات الأمامية(العضلة الرباعية) والخلفية(ذات الرأسين) للفخذ اثناء انقباض كل منهما ، ففي الجزء الأول من التخطيط الكهربائي، نلاحظ أن العضلات الخلفية هي العضلات القابضة، أي هي التي تقوم بالعمل العضلي، بينما العضلات الأمامية تقوم في الوقت نفسه بدور العضلات المضادة ، اي المقاومة لعملية الانقباض من قبل العضلات الخلفية،أما في الجزء الثاني من التخطيط فنلاحظ أن العضلات الأمامية هي العضلات القابضة، أي

التي تقوم بالعمل العضلي،بينما العضلات الخلفية ،تقوم في الوقت نفسه بدور العضلات المضادة ، أي المقاومة لعملية الشد من قبل العضلات العضلات الأمامية . ومن الملاحظ أيضاً في الشكل رقم (252) أن النشاط الكهربائي اثناء انقباض العضلات عندما تكون شادة يكون أعلى مما هو عليه عندما تكون مضادة، ومرد ذلك يكمن في أن عدد الوحدات الحركية المستخدمة (أي العصب الحركي والألياف العضلية المتصلة به) في هذه الحالة تكون اكبر. والجدير بالذكر أن التدريب البدني يؤدي إلى تثبيط اكبر لعملية نشاط العضلات المضادة ، الأمر الذي يؤدي في النهاية إلى زيادة القوة العضلية الناتجة عن العضلات الشادة اثناء انقباضها ، لكن ذلك يأتي على حساب تعريض المفصل للإصابة بشكل اكبر ، ما لم يتم أيضاً تقوية العضلات المضادة من خلال تمرينات التقوية العضلية.



شكل 252

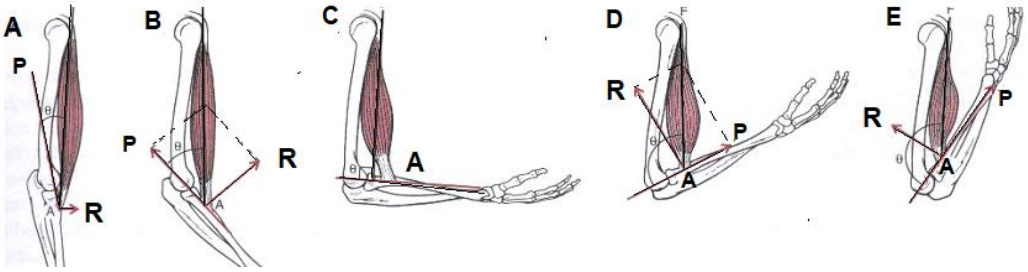
النشاط الكهربائي لعضلات الفخذ الامامية ولخلفية

وغني عن القول أن التوازن بين قوة العضلات الأمامية والخلفية للفخذ يعد أمراً حيويا لسلامة المفصل حيث يقود التفاوت الكبير بين قوة العضلات الخلفية والأمامية للفخذ إلى تعريض مفصل الركبة للإصابة بصورة اكبر.والمتعارف عليه أن نسبة قوة العضلات الخلفية إلى الأمامية للفخذ ينبغي أن لا تقل عن 60% عند قياسها بواسطة الانقباض العضلي الثابت.

وتشير البحوث العلمية التي أجريت باستخدام أجهزة قياس القوة المتساوية السرعة (Isokinetic machine) عند 60 درجة في الثانية، أن الرياضيين الذين تقل لديهم نسبة قوة العضلات الخلفية للفخذ مقابل العضلات الأمامية عن 60% ، هم اكثر عرضة لإصابة مفصل الركبة اثناء المشاركات الرياضية، أما عند سرعة 180 درجة / الثانية، فإن النسبة هي 75 % ، كما أن الرياضيين الذين تزيد قوة عضلات إحدى الرجلين عن قوة الأخرى بمقدار يتجاوز 15% ، يعدون اكثر عرضة للإصابة في أطرافهم السفلى من الذين ليس لديهم تفاوت ملحوظ بين قوتي عضلات الرجلين اليمنى واليسرى. كما تشير دراسة أجريت على لاعبي كرة القدم الفرنسيين ، تم فيها قياس قوة عضلات الفخذين بأجهزة قياس القوة العضلية المحددة السرعة (Isokinetic) ،إلى أن نسبة قوة العضلات الخلفية للفخذ إلى الأمامية كانت أعلى لدى اللاعبين المحترفين مقارنة بالهواة ،وتراوحت هذه النسبة 65% عند سرعة 60 درجة في الثانية الى 72% عند سرعة 180 درجة في الثانية.

وفي دراسة عربية تم قياس نسبة قوة عضلات الفخذ الخلفية إلى الأمامية باستخدام أجهزة قياس القوة المحددة السرعة (Isokinetic)، ولقد بينت النتائج أن هناك فرقاً في تلك النسبة تبعاً لمقدار السرعة المستخدمة وتبعاً للرجل اليمنى مقارنة بالرجل اليسرى ، كما هو موضحاً (في الشكل 252) حيث ازدادت نسبة قوة العضلات الخلفية للفخذ إلى الأمامية منها من حوالي 48% عند سرعة صفر درجة في الثانية(أي انقباض ثابت) إلى 60% عند سرعة 60 د /ث ثم إلى 63% عند سرعة 180 درجة/ث. بعد ذلك انخفضت النسبة قليلاً إلى 62.5 % عند سرعة 300 درجة /ث.

- **العوامل المؤثرة على القوة والعزم والمدى:**
  - **زاوية اندغم العضلة**: عند تحليل القوى إلى مركباتها، في كل وضع يتم تحديد المركبة الاولى للقوة وهي ، القوة الدورانية التي تحرك جزء الجسم (الدورانية المحركة للساعد مثلاً) التي مثلا تعمل على مد الساعد بعد لتحضير كما في لحظة رمي كرة اليد عند التهديف او رمي الرمح او لحظة ضرب الكرة الطائرة بالاداء الساحق، بينما تعمل المركبة الثانية وهي القوة على تحاول تثبيت الساعد عندما تمر داخل المفصل ولا تؤثر في الدوران، أما إذا لم تمر داخل المفصل يقصر ذراع القوة فيبذل قوة اقل من الحالة الأولى، أي بالاعتماد على زاوية الاندغام، اذ تعمل بعض القوى على التثبيت أو عدم ثبات الجزء من خلال سحب العظم داخل المفصل أو بعيداً عنه. شكل 253



شكل 253

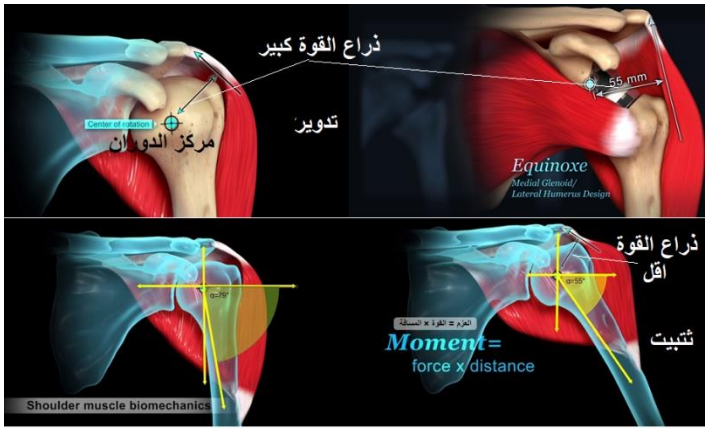
زوايا العمل العضلي

اذ يتبين من الشكل 253 اعلاه عندما تثبت زاوية العمل العضلي 180˚ فان العضلة تكون في اعلى امتطاط لها وهي تميل الى تثبيت المفصل وهي في هذا الوضع، بينما يكون الجانب التدوير بنسبة جدا ضئيلة(كما في A) ، ويزداد العامل التدويري لحدوده القصوى عند زاوية 90˚ **rotatory component** (كما في C) ، ويتضاءل او يتلاشى العامل الدوراني عند الزوايا التي تقل عن 90˚ ، بينما يزيد عامل التثبيت لينتج قوة منفصلة **dislocation force** (كما في E و D)، ومن وجهة النظر العلمية يكون ذراع القوة في اكبر قيمة له عند زاوية 90˚ لذا

يكون اتجاه القوة الى التدوير اكثر من التثبيت. وكما تقل الزاوية او تزيد عن 90˚ فان قيمة التدوير تقل وتزداد قيمة التثبيت.

- **خط السحب العضلي:**

خط السحب هو الخط الذي يمر بمركز العضلة وباتجاه نوع الانقباض، فخط السحب للعضلة الصدرية العظيمة واضح في التقريب، يمر من قرب مركز المفصل ببعد معين ويطلق على هذا البعد بذراع القوة وهذا البعد عند تقريب الذراع يكون كبيراً، فيتم إنتاج عزم قوة أكبر. بينما إذا كان خط السحب قريب من مركز المفصل فإن ذلك يعني قصر في ذراع القوة فتكون حركتها أصعب وعزم القوة أقل.الشكل 254



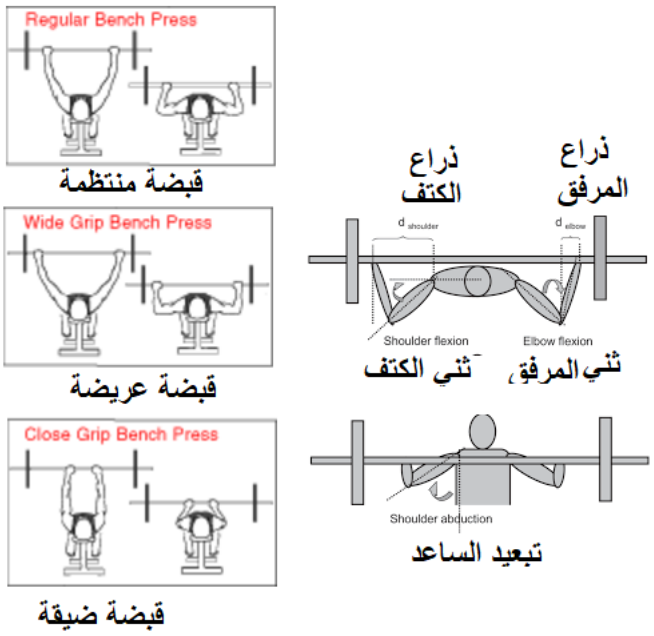
شكل(254)

خط السحب العضلي ومركز الكتف والتدوير والتثبيت

في الشكل(254) خط العضلة الصدرية العظيمة pectoralis major muscle يساعد على إتمام العضلة لوظيفتها المعتادة في التقريب. عندما يكون خط السحب أسفل مركز الكتف فإنه يساعد على حركتي الثني، والتقريب.

وإذا ساوينا بين القوة في الحالتين السابقتين يكون العزم أكبر في الحالة الأولى لكن في التطبيق لا نساويها لأن زاوية السحب العضلي لها تأثير ويكون التأثر في

الحالة الثانية أقل بذراع القوة إذا كان العبء عليها محدوداً(50 كغم مثلاً) عند رفع الثقل من وضع الرقود على الظهر(دفعة الثقل bench press)، فإذا أردنا تدريب العضلة الصدرية العظيمة من هذا الوضع فإن من الأفضل توسيع المسافة بين الذراعين عند الرفع لأعلى من الرقود لأن القوة حينها تزيد نتيجة للزيادة في ذراع القوة (مقارنة مع مسافة أقل بين الذراعين). أي أن العبء واحد في الحالتين ولكن تعمل العضلة على تعويض أكثر ولا تعمل كثيراً بسبب عمل العضلة ثلاثية الرأس العضدية triceps التي إذا كانت قوية سيكون التمرين أسهل أما إذا كانت العضلة ثلاثية الرأس العضدية triceps ضعيفة فسيتم التركيز في العمل على العضلة الصدرية العظيمة.عندما يكون العبء في التبعيد والثني أكبر على العضلة نستفيد أكثر في تنمية القوة العضلية.



شكل 255

مقارنة بين انواع القبضات في تمرين ضغط الثقل بالذراعين

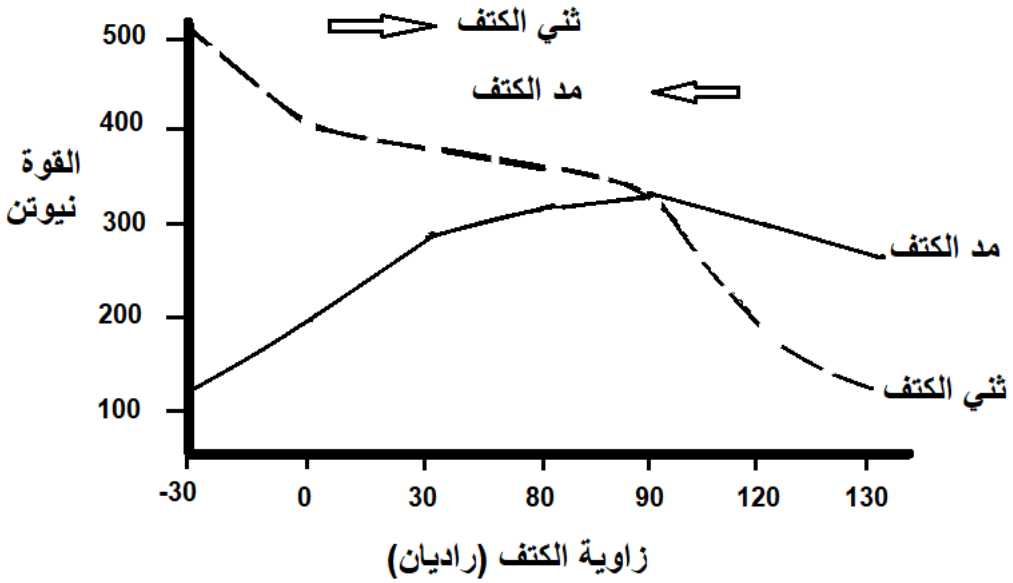
يلاحظ ان في دفع الثقل بقبضة عريضة فان عزوم الكتفين والرسغين تكون كبيرة بالنسبة الى الثقل المدفوع، والعكس صحيح.

- **علاقة إنتاج القوة بالزمن:**

تزداد القوة بشكل غير خطي خلال الزمن عندما تتطوير قوة العضلة في من خلال إنتاج القوة في العمل العضلي الثابت وذلك بسبب العامل السلبي والصفة المطاطية للرباط والأنسجة الضامة التي تعمل إطالة وامتصاص بعض القوة.

وخلال إطالة العضلة يزداد الشد الحاصل على العظم من خلال زيادة إنتاج القوة بالعضلات زيادة خطية خلال الزمن.

ويختلف الزمن اللازم للوصول لأقصى قوة بالاعتماد على وضع المفصل. وقد تعود الاختلافات في إنتاج القوة إلى ارتخاء الأربطة. إذا كان الرباط مرتخياً تظهر القوة القصوى فيما بعد(متأخرة) والعكس صحيح، إذا كان الرباط متوتراً(مشدوداً) تظهر القوة القصوى بشكل أسرع.



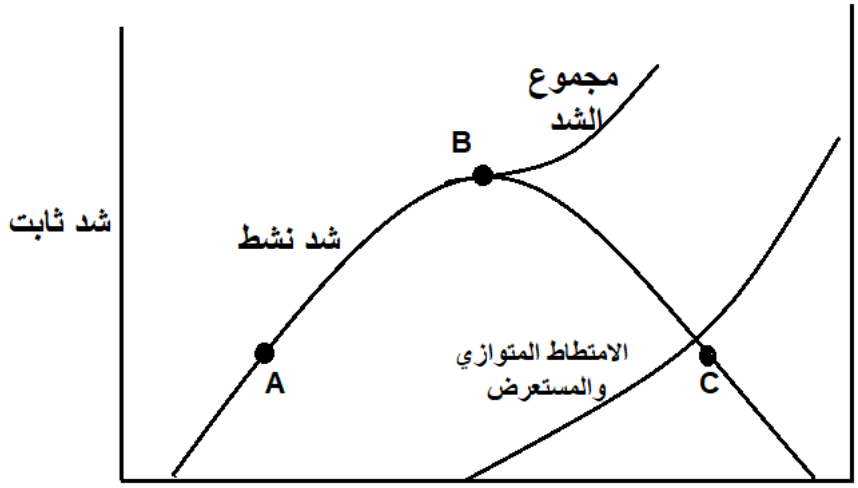
شكل(256)

علاقة القوة بالزمن

في هذا المثال اعلاه الذي يوضحه الشكل 256 ، تختلف القوة الثابتة الناتجة باختلاف زاوية المفصل على مفصل الكتف. كلما زادت زاوية المفصل تزيد قوة مد مفصل الكتف. ويحدث العكس أي تقل قوة الثني مع زيادة زاويته.

- **علاقة إنتاج القوة بطول العضلة:**

غالبا يتعلق إنتاج القوة بطول العضلة. وقد ذكرنا سابقا نتاج القوة وارتباطها بالامتطاط العضلي وعلاقة مسافة الامتطاط بنتاج القوة والشغل، اذ يظهر أقصى توتر عضلي عندما تكون العضلة بطول يزيد عن طولها في وقت الراحة. وذلك بزيادة حوالي 80- 120 % من طولها وقت الراحة. وقد وجد ان التقليل في طول العضلة (تقصير) يقلل من الشد العضلي بحيث لا يقلل من عمل الجسور المستعرضة.وكذلك يقل الشد العضلي عندما تستطيل العضلة بسبب انزلاق الجسور المستعرضة بشكل كامل.وكلا العاملين ينتج عنهما مايسمى بالطاقة المطاطية للعضلة. وتسمى الطاقة المطاطية بالطاقة الميكانيكية الكامنة ايضا، وتستغل بتحويلها إلى طاقة حركية تضيفها إلى الشد الكلي للعضلة.



شكل(257)

الشد الثابت والامتطاطي

من الشكل 97 نلاحظ علاقة التوتر الثابت مع طول العضلة، اذ لا يزداد الشد في الألياف العضلية في حالة القصر(أقل قوة) (A) لأن حركة تزحلق خيوط الأكتين على الميوسين تعمل على منع الأكتين من الالتحام أو مضاعفة الطول(double action). يمكن أن يزيد الشد في الألياف العضلية عندما يزيد طولها عن طولها في وقت الراحة (B). وعندما تستطيل العضلة وتطول elongate (إنتاج القوة مثالي)

(C). لا تستطيع العضلة زيادة الشد لآن الجسور المستعرضة تنسحب عن بعضها البعض. وعلى أي الأحوال يزيد الشد العضلي الكلي لأن العوامل المطاطية تزيد من تطوير الشد.

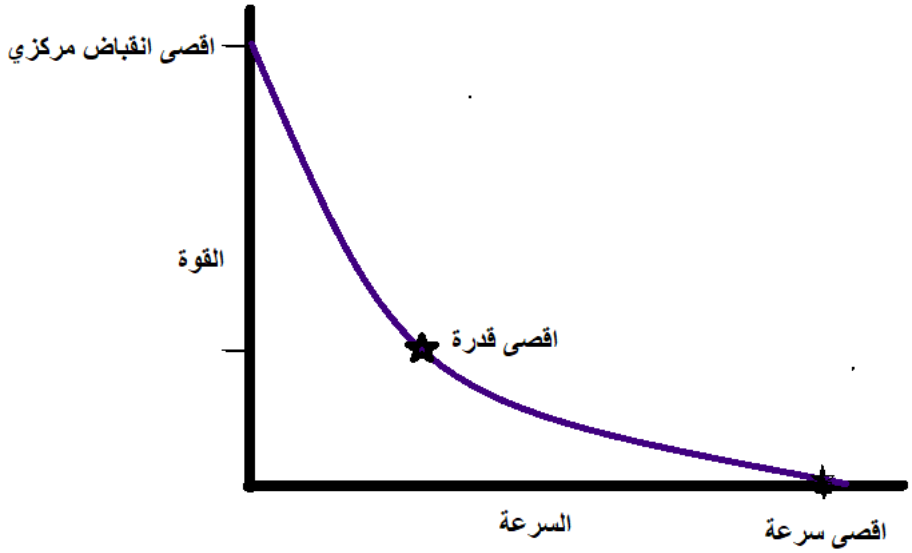
- **علاقة إنتاج القوة بالسرعة:**

تم دراسة علاقة إنتاج القوة بسرعة الانقباض العضلي الثابت منذ عام 1927م على عضلة ضفدع ووجد أنه خلال الأداء بالسرعة العالية تبذل قوة قليلة، وأن الأداء بالسرعة المنخفضة تبذل قوة عالية. واستنتج العالم Hill أن:

القدرة العضلية = إنتاج القوة × سرعة الانقباض

وجاءت هذه العلاقة باشتقاق من العلاقة الاتية:

القدرة العضلية = الشغل ÷ الزمن



شكل(258)

العلاقة بين القوة والسرعة في العمل العضلي الثابت

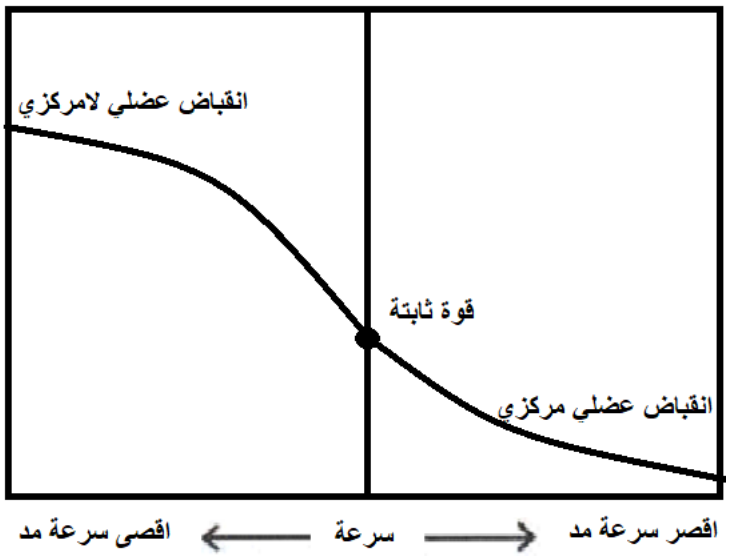
نلحظ من الشكل اعلاه ان العلاقة بين اقصى انقباض عضلي ثابت والسرعى هي علاقة عكسية. تنخفض القوى الناتجة أو التوتر العضلي بانخفاض المقاومة التي تتغلب عليها مما يتيح توليد سرعة اكبر ، والعكس صحيح .

. يمكن تطوير أقصى قوة مقاومة في حالة الانقباض الثابت أو عندما تكون السرعة صفر. يمكن أن تزداد القدرة القصوى في العمل العضلي التقصيري مع مستويات سرعة وقوة حوالي 30% من القصوى.

وقد تم التوصل الى الاتي:

1. إن القوة المنتجة في العضلة = القوة في السلسلة المطاطية عندما تنقبض العضلة ويقصر طولها.

2. الانقباض الناتج هو مجموع القوة المنتجة من السلسلة المطاطية ومجموع الانقباض.



شكل(259)

العلاقة بين القوة والسرعة في الانقباضين المركزي واللامركزي

نلحظ من الشكل اعلاه العلاقة بين القوة والسرعة في العمل العضلي المركزي معاكس للعمل العضلي اللامركزي. تزداد القوة في العمل العضلي المركزي مع زيادة سرعة الامتطاط lengthening. وتستمر القوة بالزيادة حتى الوصول للعمل العضلي اللامركزي.

ولايضاح هذه العلاقة نضرب المثال الاتي:

سؤال: يقوم احد اللاعبين من الوقوف بثني الركبتين زاوية 110 ° والثبات في الوضع، ثم مد المفاصل بالكامل والوثب للأمام. ثم يقوم من الوقوف بثني الركبتين زاوية 110 ° والثبات في الوضع ثم مد وثني المفاصل بالكامل عدة مرات ثم الوثب للأمام. هل المسافة الناتجة أكبر بالحالة الثانية من الحالة الأولى. ولماذا؟

بالإطالة العضلية قبل إنتاج القوة؟ وهي مرحلة تحضيرية للأداء للعمل لنفس المهارة.؟ هل يمكن ان نقارن بين التمرينين التاليين من حيث تفسير التغير في المسافة الناتجة، علماً بأن كتلة الجسم لا يتغير، والذراعان ثابتتان في الحالتين، هل يمكن ان نحدد العضلات المشتركة في هذا التمرين؟

تعبر الحالة الثانية عن إنتاج قوة أكبر بسبب الاستفادة من الطاقة المطاطية المختزنة من خلال تكرار المد والثني حيث تحولت إلى طاقة حركية بانقباض لامركزي ثم لحقه انقباض مركزي فزادت القوة عند صرف هذه الطاقة، أما في الحالة الأولى انتقلت الطاقة المطاطية المختزنة غير المستغلة إلى شكل حرارة.

كما ثبت علمياً أن زمن تجميع القوى coupling time يعمل على اطالة العضلة لامركزيا كوضع تحضيري ، وكلما كان هذا الزمن قليلاً كلما كان هناك استهلاك أكثر للطاقة المطاطية المختزنة.

اما العضلات المشتركة فهي العضلة الفخذية المستقيمة على مفصل الورك حيث تعمل على الثني لأن طبيعة عملها هو ثني الورك ومد الركبة ، اذ تعمل على هذين المفصلين، والعضلة رباعية الرؤوس الفخذية على مفصل الركبة ، وكذلك العضلة التوأمية والعضلة النعلية على الكاحل، والعضلات المأبضية والعضلة الألوية على مد الورك.

-معايير القوة العضلية

تختلف معايير القوة العضلية ليس تبعاً للعمر ونوع الجنس فحسب بل ولكون الانقباض العضلي المستخدم انقباضاً عضلياً ثابتاً أم متحركا ، يوضح الجدول رقم (7) معايير قوة القبضة وقوة عضلات الظهر والفخذين مصنفة من ممتاز إلى

ضـعيف ، طبقـا لاختبـارات أجريت بواسطة الانقباض العضلي الثابت لكل من الرجال والنساء .

جدول (8)

معايير القوة العضلية بواسطة قياس الانقباض العضلي الثابت

التصنيف	قوة القبضة		قوة الظهر	قوة الفخذين
	يمين	يسار		
رجال				
ممتاز	اكبر 70	اكبر من 68	اكبر 209	اكبر 241
جيد	69-62	67-56	208-177	240-214
متوسط	48- 61	43 -55	176 -126	213 - 160
دون المتوسط	41- 47	39-42	91 -125	137-159
ضعيف	اقل 41	اقل من 39	اقل من 91	اقل من 137
نساء				
ممتاز	اكبر 41	اكبر 37	اكبر 111	اكبر 136
جيد	40- 38	34 – 36	110 -98	135 - 114
متوسط	37 – 25	22 - 33	52 – 97	113 - 66
دون المتوسط	24 – 22	21- 18	51- 39	65 -49
ضعيف	اقل 22	اقل 18	اقل 39	اقل 49

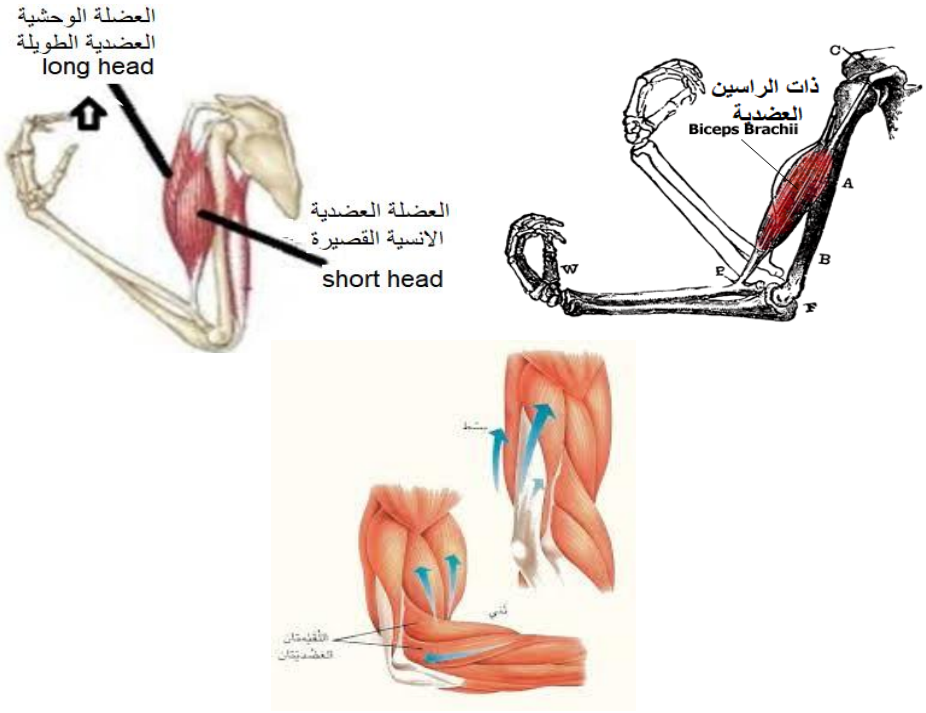
- المصطلحات العضلية:

- إن سبب القوة التي تحرك المفاصل في جسم الإنسان هو تقلص العضلات أو العضلة المسئولة علن ذلك المفصل، والتي يظهر تأثيرها في النهايات البعيدة للعضلات (المداغم) والتي تتقاطع مع هذه المفاصل والتي تعتبر نقاط تأثير القوة العضلية على العظام التي ترتبط مع هذه المفاصل وتكونها.

وعندما تتقلص العضلة فانه اتجاه الانقباض يكون نحو مركز العضلة (من منشأ ومدغم العضلة بأن واحد) وغالبا ما تسحب العضلة عند تقلصها العظم الذي تندغم به العضلة ويكون السحب نحو العظم الأكثر استقراراً.

- منشأ العضلة يعتبر الجزء الأقل حركة عند التقلص.
- مدغم العضلة هو النهاية البعيدة المتصلة في الجزء الأكثر حركة.

❖ مثال: العضلة العضدية ذات الرأسين، يكون منشأها من لوح الكتف ومدغمها في القسم العلوي من عظم الكعبرة (حيث يكون لوح الكتف هو الجزء الأقل حركة والكعبرة هو الجزء الأكثر حركة).



شكل260
العضلة ذات الراسين العضدية

- دائما هناك تقلصان أساسيان هما التقلص المركزي (ضد الجاذبية) والتقلص اللامركزي (مع الجاذبية)، وغالبا مايوصف التقلص المركزي (بالتقلص الموجب للقوة العضلية) والتي يصاحبها كبر في زاوية المفصل، أي تسبب حركة جزء من الجسم ضد الجاذبية الأرضية، والقوى الخارجية، أما التقلص اللامركزي فيتطلب استطالة العضلة تحت تأثير الشد وغالبا ما يصاحب هذا التقلص نقصان في زاوية المفصل، ويحدث عندها تناقص في قوة الشد بشكل تدريجي من اجل السيطرة على الهبوط ومقاومته، وهذه الحركة تتطلب تقلص لامركزي مع الجاذبية الأرضية او المقاومة، وتوصف على أساس إنها تقلص سالب.
- إن عدد الألياف العضلية المتقلصة في وحدة حركية يتناسب مع حجم المقاومة التي تتغلب عليها وبهذا فأن الجهاز العصبي يكون هو المسئول عن استثارة هذه الألياف وعدد الوحدات الحركية.
- هناك علاقة بين قوة التقلص وطول العضلة، حيث أن أعظم قابلية شد وانقباض للعضلة تتغير تبعاً للتغير في طول العضلة، حيث يكون أعظم مقدار للشد مابين 100 % - 120% من طول العضلة الأصلي، وعندما تقصر العضلة مابين 50%-60% من طولها الأصلي، فأن قابليتها الانقباضية قد تصل الى الصفر.

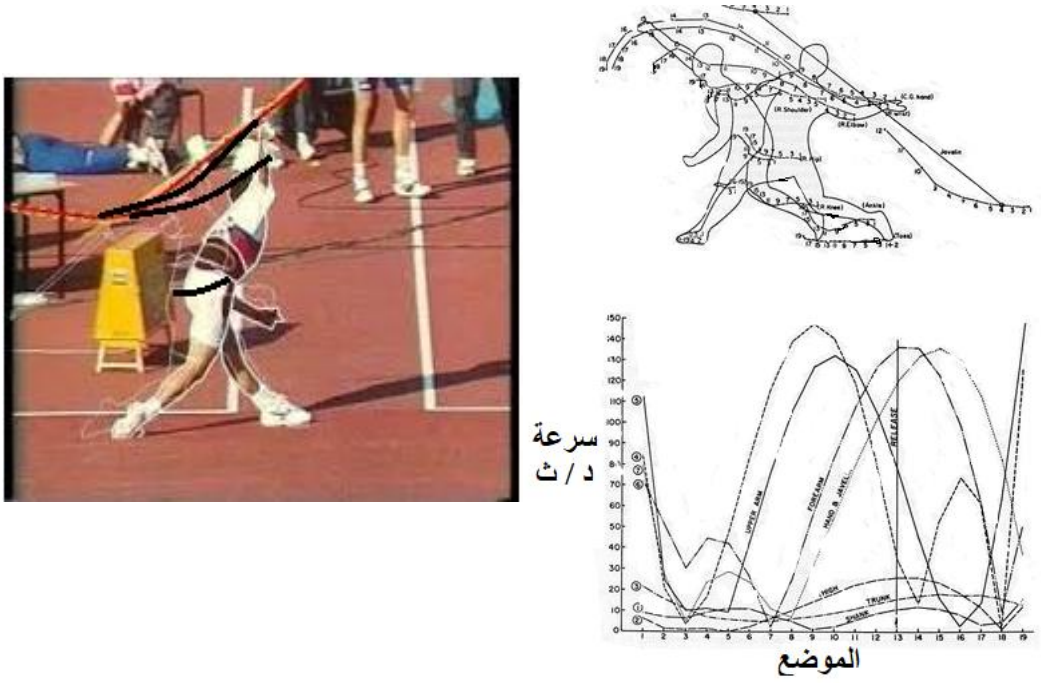
إن النقاط أعلاه يمكن اعتمادها كمبادئ ميكانيكية عند تنفيذ العضلات للحركات الخاصة بالمهارات الأساسية.

لذا فالهدف من دراسة العضلات في جسم الإنسان هو لمناقشة بعض المبادئ التي تحدد حركة الإنسان، وبشكل عملي يتطلب الأداء العالي والمثالي استخدام مبادئ التدريب الخاص بالمقاومات وربطها بتطور القوة العضلية.فمعظم الحركات الرياضية هي عبارة عن حركة مقذوفات، وهذه الحركات تتطلب مناهج حركيه معدة في الدماغ على شكل مسارات حركية لها علاقة بميكانيكية هذه الحركات، حيث تتأثر هذه الحركات بالبيئة المحيطة مما يتطلب الدقة بمتطلبات التوقيت والتوافق في نظام

التقلص العضــلي، وكذلك في فاعلية تعاقب الأجزاء الهيكلية للجســم لإنجاز الواجب الحركي المعقد، حيث أن هناك مبادئ تحدد حركة الإنســـان، و هذه المبادئ ترتبط بتدريبات المقاومات وربطها بتطور القوة، ويشمل ذلك أعداد منهاج يتضمن واجبات ميكانيكية داخل الدماغ ويتطلب كذلك دقه كاملة وتوافق عالي بين نظامي التقلص والإحســاس في أجزاء الجسـم لإنتاج سـلسـلة متعاقبة من الحركات المنسـجمة وحل الواجب الحركي.

وفي حركات الجســم التي تشـــمل الرمي والدفع والضـــرب فأن هناك فترات تحضــيرية واجبها تهيئة الواجب العضــلي للانقباض من خلال العضــلات المحركة الرئيسـية والعضـلات المضـادة وهذا يسـبب في تعجيل الجسـم او أحد أطرافه يتبعها فترة كبح تسـبب في تباطؤ الطرف الذي تقلصـت عضـلاته المضـادة للحركة، هذا التعاقب في القوتين يكون بفترة قصـيرة جداً، فإذا كان التطبيق صـحيحاً وفقاً لهدف الحركة فأن الإشارات تصدر من الدماغ بالتطبيق الصحيح.

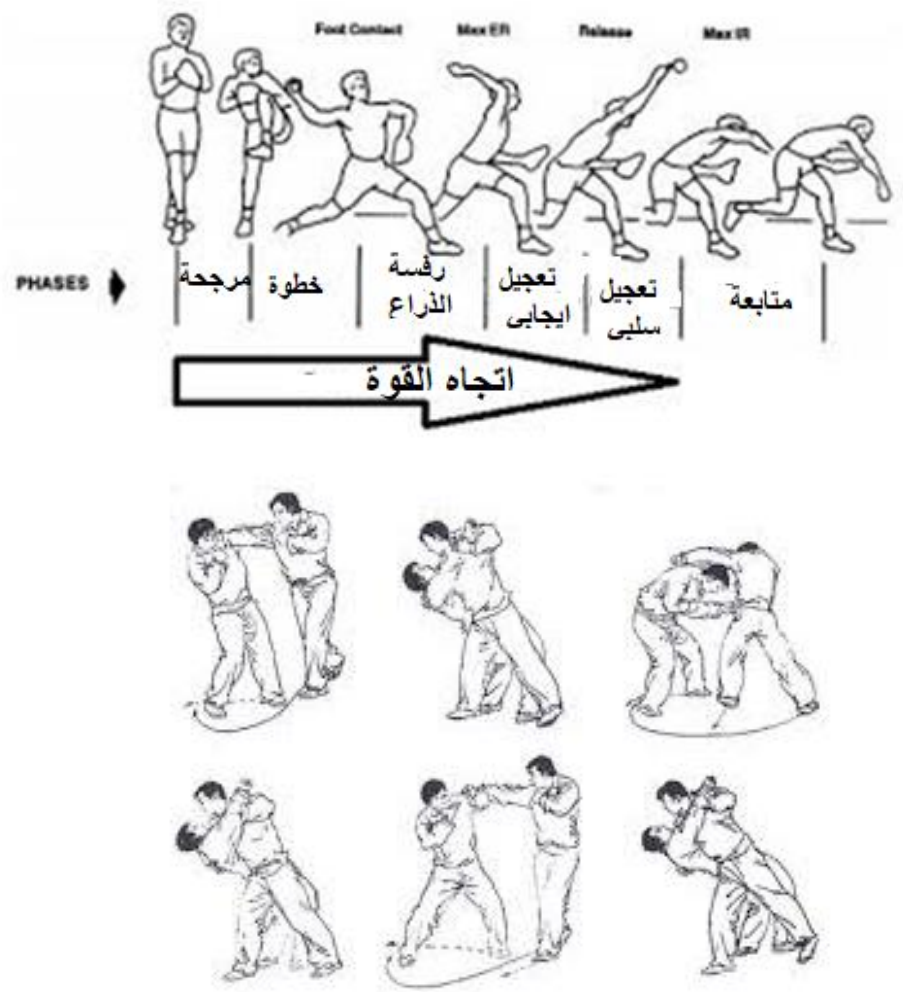
فمثلاً حركة رامي الرمح (من المســتوى العالمي) نلاحظ أن كل نقطة من نقاط جسـمه تتعاقب في حركة الرمي ولها سـرعة معينه، وان كمية الزخم تعتمد كليا على التناسق العضـلي العصـبي، وحسـب قانون نيوتن الثاني نفهم أن التعجيل في أي جزء يتناســب مع القوة المســتخدمة، ففي مثالنا هذا، فأن المظهر الكلي للرمي يظهر من خلال تتابع القوة العضلية الناتجة من حركة الرمي للنظام العصبي العضلي، لهذا فأن اللاعب هنا يسـتطيع ان يرمي مسـافة 90 متراً، حيث يظهر إن السـرعة لأخر جزء من الجسـم هي أعلى قيمة (قبل الانطلاق) حيث يتم الحصـول على هذه السـرعة من خلال تعاقب سرعة جزء لأخر قبل الانطلاق (الرمي) لاحظ الشكل 261



شكل 262

يمثل انطلاق الرمح ومخطط بياني لمسارات مفاصل الجسم الحركية

وما ينطبق على رامي الرمح يمكن أن ينطبق أيضـــاً على لاعب كرة القاعدة عند أداؤه الرمية، حيث يظهر أن حركة المفاصـــل العديدة لأجزاء الجســـم المختلفة التي تقوم بتنفيذ الرمي الخاطف، بسـيطرة النظام العصـبي – العضـلي، حيث يتطلب من اللاعب نظام توقيت وربط مناســب مع زيادة وتقليل الســرعة لجميع أجزاء الجســم وانطلاق الأداة من خلال أخر جزء بالجسم، والتوقيت المناسب لأجزاء الجسم يساعد في الحصـول على تغير في محصـلات القوى الناتجة من الأداء الأمثل، فالقوة ليسـت مؤثرة دون الحصول على توقيت للسرعة.



شكل 263

مراحل اداء رمية البيسبول واحد الالعاب القتالية

لهذا فأن النظام العصـبي العضـلي يكون من خلال التوقيت بين سـرعة أحد أجزاء الجسم وتوقفها وسـرعة جزء أخر للحصـول على أفضـل أداء مؤثر، وهذه الحالة لها علاقة بمتطلبات الحركة كالسرعة المتجهة، التعجيل، والقوى المبذولة ...الخ.

وعندما نتأمل الفعاليات الرياضـية، فأن الأداء لكل فعالية يتضـمن نظام عصـبي خاص به ويكون فعال لتحقيق الإنجاز في كل فعالية،فمثلاً:

- راكضي المسافات القصيرة وسباحي السرعة يجب أن يمتلكوا نظام عصبي قادر على ان يتحرك اللاعب بأقصى سرعة ولمسافة قصيرة.
- راكضي المسافات الطويلة يحتاجون الى نظام عصبي يسمح لهم بالحركة بأعلى سرعة ممكنة ولأطول فترة من الوقت.
- رامي الثقل يحتاج إلى نظام عصبي قادر على أن يدفع ثقل بوزن (7.260 كغم) لأبعد مسافة ممكنة.
- يحتاج لاعب الوثب إلى نظام عصبي قادر على وضع جسمه لأعلى أو ابعد مسافة ممكنة.

شكل 264
لاعب الوثب الطويل

- لاعب كرة القدم يحتاج إلى نظام عصبي قادر على حل الواجب الحركي المراد منه في اللعب.
- رامي البندقية يحتاج إلى نظام عصبي يستطيع به أن يثبت البندقية للحصول على الدقة العالية في الرمي

وفي المهارات ذات الإنجاز العالي، فأن انسجام المجموعات العضلية هو الأساس في نجاح الأداء الفني الحركي، حيث نلاحظ في الحركات التي تتضمن رمي أو دفع أو ضرب، أن هناك حركات ابتدائية لتهيئة القوة العضلية المناسبة، من خلال العضلات المحركة الرئيسية والعضلات المضادة، ولهذا يكتسب جزء الجسم

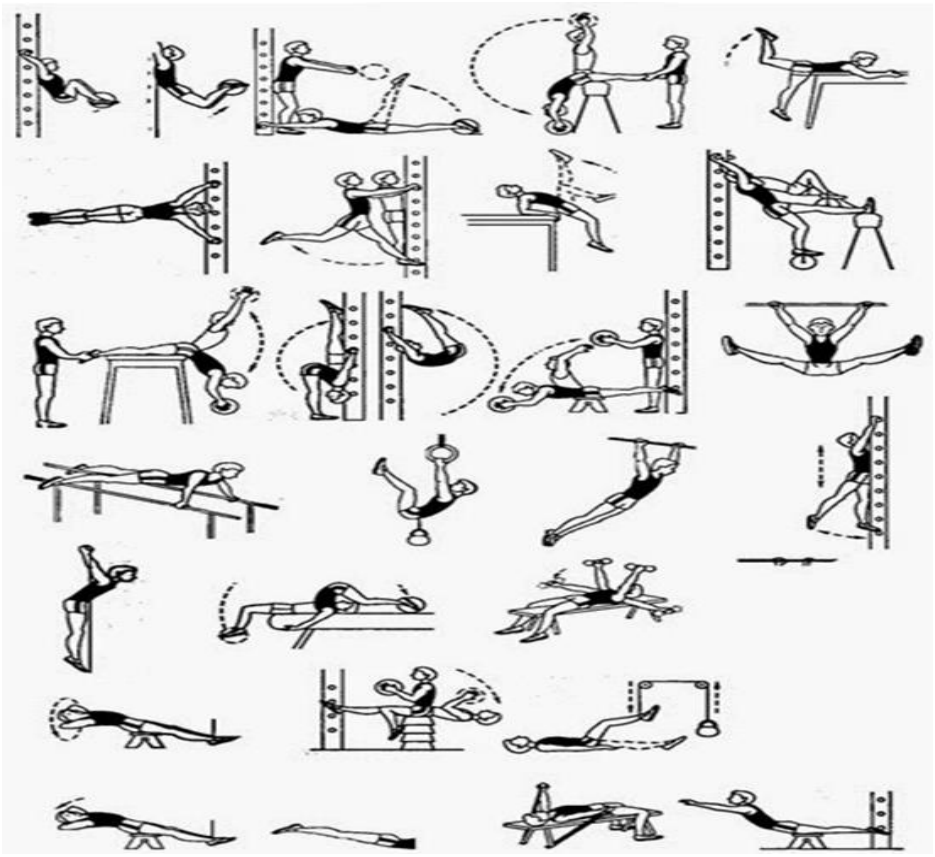
التعجيل، ثم بعد ذلك يتبعها اعتراض أو كبح يســـبب في تباطئ هذا الجزء الذي تقلصـت عضـلاته المضـادة للحركة هذا التعاقب في القوتين يكون بفترة قصـيرة جداً، فإذا كان التطبيق صـــحيحاً وفقا لهدف الحركة فأن الإشـــارات تصـــدر من الدماغ بالتطبيق الصحيح.

لذا فمطلوب التعرف على النظام العصـبي من اجل التخصـص وتحقيق أعلى أداء بدني، والســؤال الأكثر أهمية للمدربين وللرياضـــيين، هو كيف يمكن تقييم هذه الأنظمة العضـلية العصـبية وفقا للتخصـص لكي يتم تشـخيصـها ومن ثم بناء البرامج التدريبية لتطويرها وتنفيذ هذه الحركات بنجاح. ومن التدريبات التي تحســـن من هذا النظام هو نظام التدريب بالأثقال والذي يمكن أن يحقق كفاءة بشـــرط أن تراعى الاعتبارات الميكانيكية التالية:

-تنفيذ تمارين مقاومة باستعمال مفاصل متعددة (نقل الزخم).

- تنفيذ تمارين مقاومة باســتعمال حركات وتكرارات ســريعة ومفاجئة(قوى لحظية وتعجيل لحظي)

- تنفيذ تمارين مقاومة بتقلصات عضلية وبمديات حركة واسعة.



شكل 265
تمارين متنوعة بتقلصات ومديات مختلفة

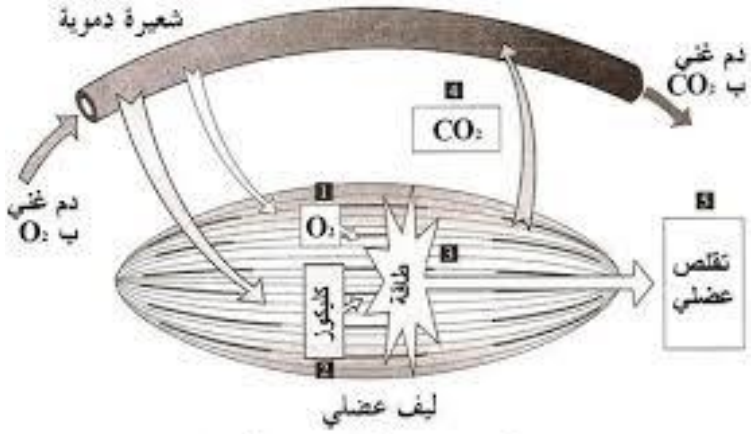
مع ملاحظة انه عند تدريب مفصـــل واحد ربما يطور ذلك النظام العصـــبي لذلك المفصـل وليس له علاقة بباقي الأجزاء الأخرى، لذا فأن أهم عامل يسـبب في تطور حركة المقذوف هو تعدد مشاركة المفاصل في الحركة لاجل تقوية النظام العصبي – العضلي في الأداء مع مراعاة أن تنفذ التمارين بسرعة عالية قدر الإمكان مع أقصى إيعاز عصبي بالتقلص للحصول على تحفيز عالي للألياف العضلية كمتطلب قصوى للأداء.

ومن اجل ذلك تم تحديد طرق لتقييم الأداء الحركي العضلي ومن هذه الطرق:

1- طريقة تقييم الكيمياء الحيوية:

تشـــمل هذه الطريقة القياســـات الغير مباشـــرة للقدرة الاوكســـجينية في النظام العصبي، حيث يمكن التخمين بواسطة قياس أعلى كمية لاستهلاك الأوكسجين والتي تطلب قياســـات مقعدة وتجارب عديدة، في حالة التنبؤ بالأداء العضـــلي عن طريق اسـتهلاك الأوكسـجين، يجب أن يحمل الشـخص في ذهنه إن الأوكسـجين هو المادة الوحيدة لإنتاج الطاقة الحيوية العالية (جزيئات ATP) والتي هي المســـئولة عن التقلص العضـلي و أدامته، حيث ترسـل ذرات الهيدروجين عن طريق سـلسـلة من العمليات لاستمرا التفاعل مع الأوكسـجين (أكسـده)، خلال سـلسـلة من التفاعل لذرة الهيدروجين (انتقال الإليكترون) لتتوفر الطاقة مع إنتاج ATP. ولأجل أن تتم هذه العملية بنجاح فمن الضـــروري ظهور ADP والفســـفور، أن هذه المواد تســـتخدم بصـــورة ثابتة خلال عملية ألاكســـده ، حيث تحول كل كمية من ATP الى ADP والفســـفور(PC) بغياب الأوكســـجين ، هذه الازدواجية الكيماوية بين الأكســـدة والفوسفو ثلاثي الادينوزين هي أشبه بالتواصل بين المحرك في السيارة وعجلاتها وطبيعة عملها ، فالأكســدة تســبب في تدوير المحرك وهذا بالمقابل يدور العجلات (تكوين ATP) ، اما إذا توقفت العجلات باستخدام الكابح (يعني إزالة ADP-PC) فالمحرك يتوقف وتقل عملية الأكسدة ، في حالة السيارة ، فالتوقف يعني تحويل ناقل الحركة من العجلات الى اشـــتغال بغير حركة ، الخلية لاتملك مثل هذه الازدواجية

بين الأكسدة والفوسفو ثلاثي الادينوزين ، وهي من المحتمل تستخدم كمية واسعة منم الأوكسـجين بدون الاسـتفادة من **ATP** المنتج ، وعند ظهور ذلك ، تظهر الأكسـدة ، بهذه الطريقة يمكن احتراق الطعام مع التبذير بالطاقة والتي تظهر على شـكل حرارة ولكن بدون اسـتخدام ATP ، هذه الظاهرة الازدواجية بين الأكسـدة والفسـفور ثلاثي الادينوزين ،تبين ان حسـاب كمية الأوكسـجين ربما لا يعطي تنبؤات صـحيحة عن فاعلية الأداء.



رسم تفسيري بين متطلبات النشاط العضلي

شكل 266
التقييم الحيوية واجهزته

2- التقييم الكهربائي EMG:

هذه الطريقة واسعة الانتشار نسبياً وتستخدم في قياس الجهد الكهربائي للعضلة، الاهتمام بالتحليل مطلوب لاتخاذ القرار المناسب، ولتسجيل جهد العضلة الكهربائي والتي تمكن الباحثين من التحليل والتفسير.

تخطيط كهربية العضله (Electromyography-EMG) هو اختبار للقدرات الكهربائية الكامنة في العضلات، بواسطة قطب كهربائي على شكل إبرة او مجس، يعتبر هذا الاختبار واحدا من مجموعة اختبارات الكهربية التي تفحص أداء جهاز الأعصاب المحيطي والعضلات. مع العلم أنه كثيرا ما يتم استخدام مصطلح الـ (EMG) للحديث عن مجموعة من الاختبارات التي تشمل فحص مسار الكهرباء العصبي (NCV) أو تحفيز العصب المتكرر (RNS).

يتم إجراء هذه الاختبارات كتكملة وتوسعة للفحص العصبي، بحيث تتيح التميز بين المرض العضلي الأولي أو الثانوي وبين الأمراض العصبية، بالإضافة لإمكانية تشخيص وتمييز الاعتلال العصبي (Neuropathy) أو الضغط جراء حزم الأعصاب والتضييق عليها. وتمكننا كذلك من اكتشاف اضطرابات الربط بين الأعصاب والعضلات وغيرها. ومع أن الحديث يدور عن اختبار بسيط، إلا أنه يتطلب مهارة كبيرة من أجل منع وقوع الأخطاء التقنية، ومن اجل الحصول على تفسير صحيح للنتائج.

وباستعراض ما كتب عن EMG، فأن ذلك يؤشر الى ان طريقة التسجيل تعتمد في اختيار طريقة القياس بنوعيها الكمي والنوعي، فضلا عن الصعوبات التي تترافق مع تسجيل البيانات الخاصة بهذا التقييم، والتي تعتمد على الخبرة الشخصية، ويدخل في هذا الحكم أحجام وشكل الترددات وتخمين شكل الحركة والمساعدة في إعطاء التفسيرات، مثال: خمن بعض الباحثين ان الترددات تزداد بأشكال مختلفة عند الضربة الساحقة في الكرة الطائرة، بينما كان الباحثين يدرسون العضلات المشاركة لدى لاعبي المستويات العليا والتي تظهر تطور الشد والذي يستدل عليه من خلال

سعة الموجه، وفي بعض الأحيان تكون السعة فوق معدل الوقت المسموح لها، بعض الدارسات استخدمت طريقه متداخلة من السعة والتردد، المشكلة الأساسية في استخدام طريقة السعة والتردد تكمن في الاختلاف الكبير من ظهور الانقباضات العضلية خلال فترة التقلص، وهناك مشاكل ترافق قياس EMG، مثل نوعية القطب الكهربائي (ابر أو مجسات) ومكان وضع الأقطاب (ابتعاده عن مركز التقلص) والاختلاف التشريحي للجهاز العضلي، ومشاكل أخرى مرافقة، مثل دراسة التردد / السعة والتي تقع في القراءة المباشرة لاقصى تقلص عضلي، الجهد الذي يبذله ضارب الكرة الساحقة هو مزيج من الإثارات المتعددة للوحدات العضلية المتحركة.

الافتراض السائد في العديد من الدراسات هي بوجود علاقة موجبة بين قوة التقلص العضلي والفعالية الكهربائية المسجلة من العضلات المتقلصة، وقد أظهرت الدارسات في ان هذه العقبة تكون تحت شروط مختلفة، الإشارات الكهربائية هي الفعل المؤثر للفعالية العضلية والتي لها علاقة مباشرة بعدد الألياف العضلية التي حفزت، ثم يتبعها عدد اكبر من الألياف العضلية وهي بالتالي تؤدي الى اكبر قدر من القوة.

ان البحث في التغييرات التي تظهر في كل من السعة والتردد للجهد الحركي خلال زيادة حمل الشغل، اظهر بعدم وجود تماثل في هذين العاملين، فيميل التردد الى الزيادة خطيا مع قوة التقلص الى حين الوصول الى حد معين ثم يميل الى الثبات، من جانب أخر يظهر زيادة في السعة كلما زاد حمل الشغل، توحيد الإشارات يتضمن كل هذه المكونات، لذلك تظهر الاستمرارية في زيادة الفعالية الكهربائية عندما يكون التقلص ثابت.

على العموم هناك تنظيم بين فاعلية EMG والقوة العضلية الناتجة من التقلص الثابت، وهناك بعض الاختلافات حول العلاقة مع التقلصات العضلية المتحركة، ففي التقلص العضلي المتحرك تتغير قوة العضلة خلال مدى الحركة من جراء التغيرات البيوميكانيكية وكذلك تغير طول العضلة، لذلك فأن حركة العضلات حول محور

معين تعمل بكفاءة عالية وتعطي قوة عضـــلية كبيرة ، وهذا يشـــرح صـــعوبة تقييم تمارين التقلص المتحرك مع إشـــارات EMG ، ويختلف التردد والســـعه من خلال مدى الحركة وهذا يعتمد على سرعة الحركة ، حيث يمكن الحصـول عليه من خلال دمج بين هذه المتغيرات المختلفة على EMG. وهذا يعني ان اســـتعمال EMG مع تمارين التقلص المتحرك بمقاومة يعتمد على مكونات ناتج الفائدة الناتجة من الطاقة الميكانيكية والطاقة الفسيولوجية ،حيث ان الناتج من هذين العاملين له علاقة مباشـرة مع زوايا العمل بالمفاصـل والسـرعة الزاوية لها، فإذا كان ناتج القوة الداخلية من قبل عضـــلة ما قد تم تثبيته ومع ذلك تظهر الفائدة الميكانيكية – الفســـيولوجية متغيره ، وسـتكون عدد الألياف العضـلية ذات الارتباط المباشـر بهذه الفائدة متغيره ايضـاً ،لذا سوف تتحفز ألياف عضلية أكثر للعمل .

ان ميكانيكية العمل العضلي الصحيح يعني استعمال عدد اقل من الألياف العضلية (باقتصاديه عاليه) وهذا يعني ان ناتج الفائدة الفسيولوجية سوف يكون أكثر اقتصادية والذي يعني ناتج ميكانيكي عالي ، ولذلك فأن العضـــلة ســـتكون باقل فاعلية كهربائية باعتبار ان هناك اقتصـــادية في الاداء على العكس منه عندما تكون العضـــلة تحت وضع ميكانيكي غير مناسب.

ولقد وجد بعض الباحثين، ان أقصى قوة تقلص للعضلة يكون عندما يكون المفصل في زاوية وضـــع معينة(باعلى قيمة ميكانيكية)حيث تشـــير الفائدة الميكانيكية عندما تقوم العضـــلة بالســـحب الى ان هذه العضـــلة بأفضـــل طاقة قصـــوية لها. مثال لذلك : عندما تتقلص العضـلة ذات الرأسـين فأن الذي يحدد خصـائصـها هي حركة مفصـل المرفق والتي تعطي اكبر قيمة للعزم بزاوية 90˚، حيث يمكن الحصـــول على ان تعطي هذه الزاوية افضـل قيمة لعزم القوة ،وهي أفضـل من زاوية 180˚ ،ففي الحالة الأولى تسحب العضلة ذات الرأسين الساعد عموديا ويكون واجبها الأساسي التدوير ،اما الحالة الثانية فيكون واجب العضلة التثبيت اكثر من واجبها التدويري .

الملاحظ مما تقدم ان البيانات الخاص بالحركة توضـــح كل من تأثير طول العضــلة والفائدة الميكانيكية عندما يكون المفصــل المسـئول عن الحركة في وضــع معين ، حيث ان الملاحظ ان مسـتوى EMG يعتمد على فاعلية التقلص العضــلي ، ووجد ان شكل العضلة عند تقلصها له علاقة بفعالية EMG .

وكذلك وجد بعض العلماء من خلال أبحاثهم ان النظام العصـــبي المركزي ، ينظم EMG خلال الجهد العالي للشـــخص الواحد بالاعتماد على بعض العوامل مثل : التعب، الإعياء ، ..... الخ ، مثال :عندما يسـأل شـخص ما لبذل جهد يتضـمن تقلص العضـــلة ذات الرأســين خلال تقلص لامركزي ، وبنفس الوقت يتم الضـــغط على الطاولة بمرفقة ، وتظهر قيمة EMG أعلى من قيمتها عند العمل بطريقة التقلص اللامركزي للعضـلة بدون الضـغط على الطاولة بواسـطة المرفق ، حيث ان الضـغط هو جهد مضـــاف ، وعندما يطلب من شـــخص ذو خبرة ان يفعل ذلك فأن القياس الحركي EMG سـوف يظهر مسـتوى اقل من قوة التقلص الذي يظهرها شـخص عديم الخبره ، حيث أن الفعالية تزداد من 10 -20 % . كذلك يزداد قياس EMG عندما يبدأ الشخص بالتعب .

في دراسـة للباحثين (هنسـن وروزنتويج) لمقارنة شـكل ونتائج (EMG) مع قيمة التقلص العضــلي المركزي ، اللامركزي ، والايزوكنتكي ، (الثابت والمتحرك والثابت والمتحرك) اسـتنتج ان الجهد العضـلي لهذه الأنواع الثلاث سـوف يؤدي الى ظهور نوع من إشـارات EMG ، وليسـت هناك أشـارة محدودة لعضـله محددة بل هناك مشاركه كبيرة لعضلة اخرى من نفس الفعالية ،

مثال عملي : من الطبيعي عند أداء التقلص العضـــلي اللامركزي والتي يقوم بها لاعب ضـد ثقل معين ، فان هذا العمل نطلق عليه شـغل سـلبي ،اي يعني ان التقلص اللامركزي قد اشـتق من حقيقة ان الشـد العالي ينتج من قبل العضـله عندما تتقلص لامركزيا أكثر من تقلصها مركزيا ،

وقد حدد (اسموسين **Assmocen**)، ان حوالي ثلث الألياف العضلية فقط تتقلص لغرض انجاز واجب تقلص لامركزي ، اما الحاجة لانجاز واجب التقلص المركزي يكون أكثر من ذلك ، التقلص اللامركزي ينتج حركة ، بينما التقلص المركزي يسيطر على الحركة تحت حافز خارجي ، من المهم ان نحفظ هذين الموقفين من الحركة في ذهننا ويجب تجنبهما ، عمل التقلص اللامركزي يسبب قلة الألياف العضلية العاملة، وينتج عنهما فاعلية كهربائية قليله حتى لو بذلت فيها قوة.

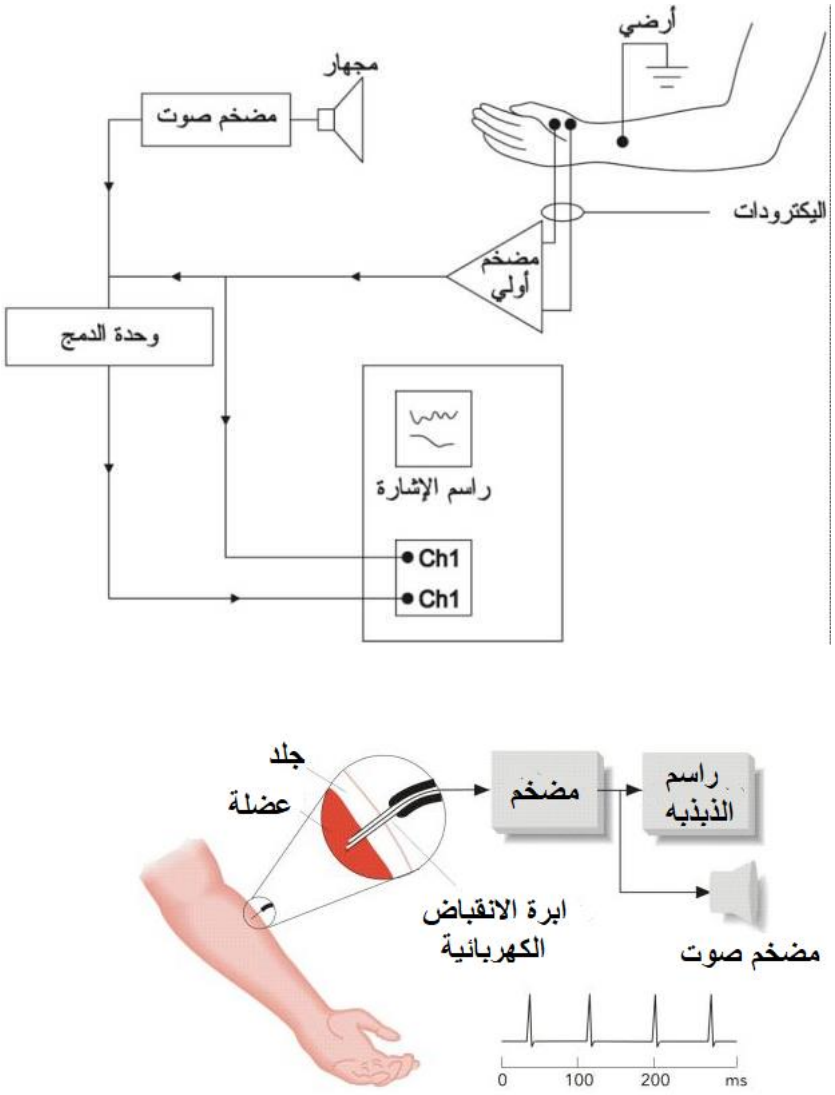
لقد أظهرت بعض الأبحاث ان عملية التقلص المركزي تثير اكبر قدر من الفعالية الكهربائية مع ناتج القوة ، يجب توخي الحذر عند تفسير البيانات الخاصة بـ EMG لمعرفة طبيعة التقلص المستخدم ، ومن المفضل اختيار تمرين المقاومة على أساس الفعالية الكهربائية وحدها مثل العصب العضلي والقوة الديناميكية، وإهمال الحركات المرافقة الأخرى.

غياب الشواهد العلمية ، قد يمنع التدريب ذو العلاقة مع فاعلية EMG والتي يمكن الحصول عليها أثناء أداء مرين مع مقاومة وهو التدريب الحقيقي للأداء الرياضي.

تصنف الحركات الى نوعين ، حركات الارتكاز وحركات الرمي وان إشارات EMG لهذين النوعين تكون مختلفة ، حيث يؤشر EMG الى ان انتظام الحركة في حركات الارتكاز ، اما في حالة حركة المقذوفات فان العضلة تنتج حافز قصير يبدأ من جزء ويستمر بالحركة كناتج قوة للحركة نفسها والقوة الديناميكية ، لذا يجب الحذر عند تفسير بيانات من EMG على أساس عضله فعاله وغير فعاله ، بالإضافة إلى الدراسات التي قام بها بعض العلماء ،حيث أظهرت هذه الدراسات وجود علاقة خطية بين معدل جهد EMG ومقدار الشد العضلي القصوى عند الأشخاص الاعتياديين ، وتظهر هذه العلاقة ان الشد العضلي الأقصى مشابه لما موجود من تمارين المقاومة ، ومن المحتمل تقييم كمية القوة العضلية المستخدمة عن طريق قراءة بيانات EMG فقط .

المناقشة السابقة حول صحة EMG جول تقييم الأداء تعطينا بان فكرة EMG كأداة جيده لتأشير الوحدات الحركية التي تبدأ بالتقلص ، بيانات EMG .

ان **EMG** لايقيس الخصائص التي تعرف القوة العضلية واتجاهها او تحديد المشاركات الصافية لعضلات معينه ، هذه المعلومات أساسية عند تقييم التمرين الاعتيادي لأجل تطوير بعض المجاميع العضلية مع حجم القوة الضرورية ذات الاتجاه المناسب والسرعة المناسبة ، وتوجيه مناسب للمقاومة لأجل الوصول إلى تقليد جيد للفعالية المراد انجازها. فقد افرزت الدراسات التي تم استخدام EMG فيها لتشخيص سرعة الحافز الى فحص التوصيل العصبي- في الأطراف العلوية، وشوهد انها تزيد سرعة التوصيل الطبيعية عن 50 مترا في الثانية. وفي الأطراف السفلية، نحو 45 مترا في كل ثانية. يتم تقييم الخلل بأداء الأعصاب المحيطية من خلال سرعة التوصيل المتعلقة بنطاق (مدى) رد الفعل والكمون الأقصى. عندما تكون الألياف العصبية متضررة بذاتها (اعتلال عصبي محواري) ويكون عددها قليلا، فمن الممكن أن تنخفض سرعة التوصيل بشكل طفيف عن السرعة العادية، لكن "النطاق" يصغر بشكل ملحوظ. وذلك بخلاف مرض الأغشية الميالانية للألياف العصبية (الاعتلال العصبي معزول الميالين) حيث تكون سرعة التوصيل بطيئة (حتى 10-20 م/ث). ويكون النطاق طبيعيا أو صغيرا بعض الشيء. عندما يكون نطاق رد الفعل للمحفز الداني أقل من 50% من التحفيز الأقصى، يطلق على هذا الوضع اسم "انحصار التوصيل" (Conduction block) وهو يدل على وجود إصابة سابقة في الميالين، تمنع نقل الإشارات العصبية عبر قسم من الألياف العصبية. من الممكن أن يكون هذا الخلل ناتجا عن الالتهاب، أو عن الضغط الموضعي.



شكل 267
تخطيط العضلات EMG بواسطة المجسات

3- التقييم البيوميكانيكي:

منذ سنين عرف المدربون كيف يتحرك الإنسان وشكل هذه الحركة، وهي ملاحظات جاءت عن طريق الآراء والمواضيع والأهداف، حركات الإنسان وخاصة الحركات الرياضية الأكثر تعقيدا والتي من الصعوبة تحليلها عن طريق العين البشرية، ربما تتولد بعض الاسئله والذي يقودنا الى القصد من وراء التقييم البيومكانيكي للأداء البشري، وتتضمن هذه الاسئله :

- أي العضلات تستخدم عند عمل مهارة الصد بالكرة الطائرة ؟ وماهي اتجاهات هذه القوة ، ماهي الحركة النهائية لكل مجموعة عضلية ،.

- إلى أي مدى يطور تمرين الضـــغط بالذراعين لدفع الحديد من وضـــع الاســـتلقاء (البنج بريس) العضلة الباسطة للمرفق وبأي اتجاه؟

- اي العضلات تحتاج لتطور خاص بها لكل رياضي في سباقات الساحة والميدان ؟

- اي التمارين العضلية سيكون المناسب أكثر لتطوير العضلة الباسطة للركبة مع اقل قوة.

- ماهي قيمة التغير في المقاومة خلال مدى الحركة عند تنفيذ التمرين للحصـول على تمرين أكثر فاعلية لأجل الأداء والانجاز الرياضي.

البيوميكـانيـك يشـــير إلى التطبيقـات النظـاميـة للقوانين الميكـانيكيـة والأفكـار البايولوجيه لحل مشـاكل حركة الإنسـان في المواقف المعينة، وهي السـبيل لمسـاعدة الانســـان للتحرك بفعالية أكثر من المحيط الذي يتفاعل معه.ان كل من التحليل الكمي والتحليل النوعي للقوة الداخلية والخارجية مع دراسة شكل هذه القوى، مثل:

- مقاومة القوة في رفع الإثقال

هذه الخطوات تشمل تحليل ديناميكي لحركة الإنسان والتي نستخدمها وهي :

- لحصول على بيانات عن طريق التصوير السينمائي
- استخدام منصة قياس القوة لتخمين القوة على الأرض (دفع القوة)
- قياس واستخدام البيانات التشريحية.
- استخدام بيانات EMG لزيادة المعلومات عن حركة العضلة.
- حساب السرع والتعجيل والقوى اتجاهات القوى، القوة العضلية والديناميكية وتحديد مركز ثقل الجسم.

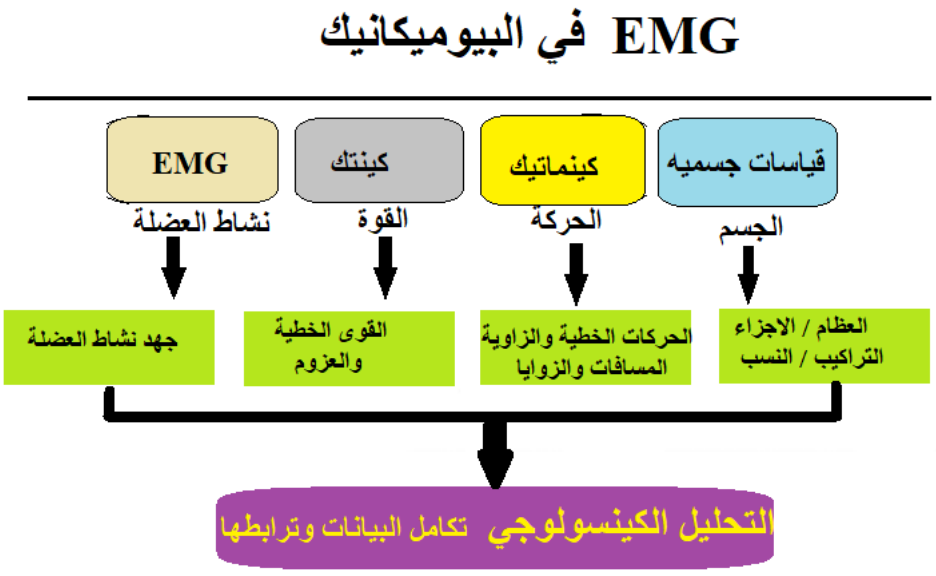
- استخدام برنامج الحاسوب الآلي للتحليل.

تستخدم كل هذه الخطوات في سبيل تصميم تمرين اعتيادي وكذلك في تصميم أجهزة تمارين مترابطة لتقييم وتخمين التكذيك المناسب للرياضي او الحالات الصناعية للبشر (كالأطراف الصناعية).

إن تحسين الأداء الحركي وأجهزة السلامة.....الخ ،أصبح يشكل ألان الشغل الشاغل في المناقشات العلمية حول موضع هذا التطور.

التقييم البيوميكانيكي للأداء الحركي للبشر مستمرة في توسيع ونشر طرق جديدة مثل : الساحة والميدان ، الفرق الجماعية مثل كرة القدم ، حل مشاكل الرياضي ، صناعة الأدوات ،وحتى النواحي الطبية ، يجب ان تعتمد على المعلومات ذات الصلة بقابليات الإنسان وكفائتة.

الجواب لهذه الأسئلة لايمكن الوصل إليها عن طريق EMG او البيوميكانيك وحده ، بل عن طريق تحليلات مساعدة ذات صحة عالية ودقه للوصول الى إزالة لكل شك والتمكن من الاجابه الصحيحة.



شكل 268

الموضوعات الرئيسة الاربعة في اساليب القياس البيوميكانيكي

الفصل الثامن

الاطالة والمرونة العضلية والحركة

- **تدريب الاطالة والمرونة**

يرى بعض العلماء ان المرونة تعني " قدرة الانسان على اداء الحركات فى المفاصل بمدى كبير دون حدوث اى ضرر بها كالتمزقات بالعضلات والاربطة المحيطة بالمفصل" وهو عنصر مهم في اللياقة العامة للجسم. وارى ان المعنى الحقيقي للمرونة حسب علماء الميكا نيكيا هو قدرة الجسم على تغيير شكلة وحجمه بعد زوال سبب التغيير ، ومرونة جسم ما تعني رشاقته وخفة حركته وسهولة انثناءه، ولتطبيق هذا المعنى ، نقول ان العضلة اذا تعرضت لجهد يحاول ان يغير من شكلها (طولها مثلا) فان قدرة هذه العضلة على استعادة شكلها الحقيقي يعني مرونتها العالية . وهناك حد للمرونة يطلقه الفيزيائيين وهو الحد الاعلى لما يمكن ان يتحمله جسم مرن من اجهاد بدون أن ينشأ عن ذلك تغير دائم في شكله.

اما الاطالة فهي تعني استطالة العضلة من خلال تمارين مخصصة لمد الاطراف والعضلات لاقصى حد لها وفق حدود المفاصل العاملة عليها تلك العضلات، وعندما تمارس الاطالة فهذا معناه اننا نقوم بفعل ميكانيكية (جهد بدني) لمد العضلات وتطويلها لامركزيا لحدود معينة، والاطالة عنصر هام للياقه العامه لجسم الانسان حيث يمكن اطالة جميع عضلات الجسم

وعلى كل حال فان كلا التعريفين يدلان على قدرة العضلة على الاستطالة لاداء الواجب الحركي .

وللأسف، فإن المرونة او الاطالة ، بشكل عام ليست من القدرات التي يتم التركيز عليها في العديد من برامج اللياقة البدنية. ففي الغالب، لا يتم منحها سوى القليل جدًا من الاهتمام – أو حتى يتم إهمالها بالكامل. ورغم أن فوائد الانتظام في أداء التمارين الرياضية العامة معروفة جيدًا، فإن القليل فقط من الناس يدركون أن المرونة التي ترتبط بمديات المفاصل وأداء تمارين الإطالة بانتظام يعدان أيضًا من الأمور الضرورية للحصول على الصحة المثالية والنشاط الأفضل. فعلى سبيل المثال، يمكن لتمارين الإطالة أن تساعد المصابين بمرض التهاب المفاصل لكي يخففوا

آلامهم، خصـوصًـا في المراحل المبكرة من المرض، اذ غالبا ما يبقي المصـابون بهذا المرض مفاصلهم مثنية وساكنة. ورغم أن بقاء المفصل مثنيًا وساكنًا قد يخفف الألم مؤقتًا، فإن بقاءه على نفس الوضـع يؤدي إلى تيبس العضـلات والأربطة. كما أن عدم الحركة يمكن أن يتسبب في قصر العضلات وجعلها مشدودة، مما يؤدي إلى فقدان دائم في القدرة على الحركة وإعاقة الأنشـطة اليومية. بالإضـافة إلى هذا، الحركة الأقل تعني حرق سـعرات حرارية أقل، مما يؤدي إلى زيادة الوزن؛ والذي بدوره يزيد من الإجهاد الواقع على المفاصـل. لهذا السـبب، ينصـح خبراء اللياقة المصـابين بالتهاب المفاصـل بأن يقوموا بإطالة كل المجموعات العضـلية في أجسامهم يوميًا، وأن يضـعوا تركيزًا خفيفًا على المفاصل التي تعاني من ضيق في نطاق الحركة.

من المعروف أن المرونة الجيدة لها فوائد إيجابية بالنسـبة للعضـلات والمفاصـل. فهي تسـاعد على الوقاية من الإصـابات، وتقليل التهاب العضـلات، وتحسـين كفاءة جميع الأنشـطة الجسـمانية. وينطبق هذا الأمر بشـكل خاص على الأشخاص الذين يزيد الفاصل الزمني بين جلساتهم التدريبية عن أربعة أيام، سواء كانت هذه الجلسات عبارة عن مباراة ترويحية أو مباريات كرة سلة او قدم او طائرة او اي لعبة ترويحية يمارسـونها في عطلات نهاية الأسـبوع. يمكن أن تؤدي زيادة المرونة أيضًـا إلى تحسـين جودة الحياة والاسـتغناء عن مسـاعدة الآخرين. فالناس الذين يتكون نمط حياتهم من جلسـات طويلة من عدم الحركة، مثل الجلوس على مكتب، يمكن أن يعانوا من تيبس المفاصـل، ويصـبح التعافي من وضـع الجلوس المزمن هذا صـعبًا عليهم. تسـاعد المرونة الجيدة في الوقاية من هذه المشـاكل، عن طريق الحفاظ على مرونة العضلات وتوفير نطاق حركي أوسع للمفاصل. وتساعد الجسم أيضًـا على التحرك بسلاسة ويسر في الأنشطة اليومية العادية. مهمة يومية بسـيطة، مثل الانحناء وربط حذائك، تصـبح أيسـر كثيرًا عندما تتحلى بالمرونة الجيدة.

ويمكن للمرونة كذلك أن تساعد في الوقاية من، وتخفيف، العديد من التقلصات العضلية، خاصة تقلصات القدم التي تحدث أثناء الليل. تتنوع أسباب التقلصات العضلية التي تحدث أثناء الليل: التدريبات الزائدة على الحد، أو الاستخدام المفرط للعضلات، أو الوقوف على سطح صلب لفترات طويلة، أو الإصابة بالقدم المسطحة، أو الجلوس لفترات طويلة، أو الوضع الخاطئ للقدم أثناء النوم، أو عدم تناول ما يكفي من البوتاسيوم أو الكالسيوم أو المعادن الأخرى، أو الجفاف، أو تناول أدوية معينة، مثل العقاقير النفسية، أو حبوب تنظيم النسل، أو مدرات البول، أو الستاتين أو المنشطات، أو الإصابة بمرض السكري، أو الغدة الدرقية. وبغض النظر عن السبب، فإن العضلة التي تتمتع بقدر أكبر من المرونة تقل احتمالات إصابتها بالتقلص، وتفيد الإطالة في تخفيف التقلصات بشكل فوري. ومن المثير أن بعض الأبحاث الحديثة أفادت أن الأشخاص المصابين بالنوع الثاني من داء السكري، أو المعرضين لخطر الإصابة به يمكن أن ينظموا مستويات الجلوكوز في الدم، عن طريق أداء 30 إلى 40 دقيقة من تمارين الإطالة. بهذا، من السهل أن ترى فوائد جعل تمارين الإطالة جزءًا من عاداتك اليومية.

والمهم في الامر، ما مقدار ما يجب أن يمارسه الشخص المتوسط من تمارين الإطالة كل يوم؟ يميل معظم الناس إلى التغاضي تمامًا عن روتين اللياقة المهم هذا. ومن يمارسونه بالفعل يميلون لجعله قصيرًا للغاية يركز بشكل أساسي على المجموعات العضلية في الجزء السفلي من الجسم. في الواقع، سيكون كرمًا أن نقترح قضاء الناس أكثر من 15 ثانية في إطالة أي مجموعة عضلية. الوقت الإجمالي المنقضي في أداء روتين الإطالة لا يتجاوز 5 دقائق. وحتى الرياضيون لا يولون الإطالة سوى أهمية متدنية في برنامج التدريب العام. قد يقضي الرياضي وقتًا أكثر قليلًا في الإطالة من الشخص العادي، ويرجع هذا عادة إلى أن الإطالة تشكل جزءًا من روتين الإحماء. ومع هذا، بعد التدريب يكون معظم الرياضيين إما مرهقين جدًا، لدرجة تمنعهم من أداء تمارين الإطالة، وإما لا يقضون الوقت المناسب فيها. يمكن أداء الإطالة كجزء من عملية الإحماء قبل التدريب، وأيضًا

كجزء من عملية التبريد بعد التدريب، رغم أن الإطالة كجزء من عملية الإحماء أصبحت من الموضوعات المثيرة للجدل. فالإطالة قبل الأحداث الرياضية مباشرة يمكن أن تكون لها عواقب سلبية على أداء الرياضي. وهذه العواقب السلبية تصبح أوضح إذا زادت عملية الإطالة على 30 ثانية. ومع هذا، فإن الإطالة القصيرة أو السريعة يمكن أن تكون جزءًا من عملية الإحماء، على أن تتم الإطالة بغرض الزيادة الدائمة في المرونة كجزء من عملية التبريد بعد انتهاء التمرين.

• تشريح وفسيولوجية الإطالة

العضلات، مثل العضلة ثنائية الرءوس، هي أعضاء معقدة تتكون من أعصاب، وأوعية دموية، وأوتار، وأنسجة ضامة، وخلايا عضلية كما ذكرنا سابقا . الخلايا العصبية والخلايا العضلية يتم شحنهما كهربائيًا. الشحنة الكهربائية للراحة هي شحنة سالبة، وتكون في العموم حوالي(- 70 مللي فولت). يتم تنشيط الخلايا العصبية والخلايا العضلية عن طريق تغيير شحناتهما الكهربائية. لا تستطيع الإشارات الكهربائية أن تقفز بين الخلايا، وبالتالي تتواصل الخلايا العصبية مع الخلايا الأخرى ومع الخلايا العضلية، من خلال سوائل كيميائية مخصصة؛ تُسمى "النواقل العصبية". تعمل النواقل العصبية عن طريق تنشيط أيونات الصوديوم الموجبة لكي تدخل الخلايا وتجعل شحنتها موجبة. وبمجرد أن تصل الشحنة إلى الحد المعين (في العموم -62 مللي فولت)، يتم تنشيط العضلة أو إثارتها. تطلق الخلايا العصبية النشطة نواقل عصبية أخرى لتنشيط أعصاب أخرى، مما يسبب انقباض الخلايا العضلية.

بالإضافة إلى إثارة العضلة، يمكن أيضًا تبديل غشاء الراحة في العضلة لكي يسبب التسهيل أو المنع. يحدث التسهيل عندما يتم رفع غشاء الراحة قليلًا فوق المعتاد، ولكن أقل من الحد المطلوب للحركة. ويزيد التسهيل من احتمال نجاح أي نواقل عصبية لاحقة في وصول الغشاء إلى ما يزيد على حد الحركة. وهذا يحسّن من فرص إطلاق الخلايا العصبية وتنشيط الهدف. والمنع يحدث عندما ينخفض

غشـــاء الراحة إلى أقل من المعتاد، وبالتالي يقلل من احتمالية وصـــول العضـــلة إلى الحد المطلوب للحركة. في الغالب، يمنع هذا الخلايا العصبية من تنشيط هدفها.

لكي تتمكن من أداء عملها، تنقســم العضــلة إلى وحدات حركة. الوحدة الحركية هي الوحدة الوظيفية الأساسية في العضلة، وهي تتكون من خلية عصبية حركية، وجميع الخلايا العضـــلية المرتبطة بها، وهي قد تكون قليلة تصـــل إلى أربعة أو قد تزيد لتتخطى المائتين. والوحدات الحركية تنقسم أيضًا إلى خلايا عضلية فردية. والخلية العضلية الفردية قد تُسمى أحيانًا "الليفة". الليفة العضلية هي حزمة من أجسام تشبه العصـــي تسـمى اللُييفات العضـلية؛ والتي تحيط بها شـبكة من الأنابيب تعرف باسـم الشـبكة الهيولية العضـلية Sarcoplasmic reticulum، أو تختصـر بالإنجليزية إلى SR. تتشكل الليفات العضلية من سلسلة من الأجسام المتكررة تسمى القسيمات العضلية أو الساركومير Sarcomeres. القسيمات العضلية هي الوحدات الوظيفية الأساسية الانقباضية للعضلات.

الأجزاء الأســاســية الثلاثة للقســيم العضــلي هي الخيوط الســميكة، والخيوط الرقيقة، وخطوط Z. يتم تعريف القســـيم العضـــلي بأنه الجزء الواقع بين خطي Z مجاورين. الخيوط الرقيقة متصــلة بكل من جانبي خط Z، وتمتد خارج خط Z لأقل من نصف الطول الكلي للقسيم العضلي. الخيوط السميكة تستقر في منتصف القسيم العضلي. ويحيط بكل طرف من الخيط السميك المفرد ستة خيوط رقيقة في مجموعة حلزونية. أثناء عمل عضـلات (متحد المركز، أو اللا متراكز، أو متسـاوي القياس)، تتحكم الخيوط الســـميكة في الكمية والاتجاه الذي تنزلق فيه الخيوط الرقيقة على الخيوط الســـميكة. في العمل متحد المركز، الخيوط الرقيقة تنزلق تجاه بعضـــها البعض. في العمـل اللا متراكز، الخيوط الســـميكـة تحـاول منع خيوط رقيقـة من الانزلاق بعيدًا عن بعضـــها. في العمل متســـاوي القياس، الخيوط لا تتحرك. جميع أشكال العمل يباشرها إطلاق أيونات الكالسيوم من الشبكة الهيولية العضلية، والذي يحدث فقط عندما تتجاوز قدرة غشـــاء الخلية العضـــلية المســـترخي قدرة العتبة أو

القدرة الحدية (Threshold potential). تسـترخي العضـلة وتتوقف عن العمل عندما تتم استعادة أيونات الكالسيوم داخل الشبكة الهيولية العضلية.

الطول الأولي للقسـيم العضـلي هو عامل مهم في وظيفة العضـلات. يتأثر مقدار القوة التي ينتجها كل قسـيم عضـلي بالطول، في نمط مماثل لشـكل حرف U مقلوب رأسًا على عقب. على هذا النحو، يتم تقليل القوة عندما يكون القسيم العضلي إما طويلًا أو قصيرًا. عندما يستطيل القسيم العضلي، لا يمكن إلا لأطراف الخيوط السميكة والرقيقة الاتصال ببعضها البعض، وهذا يقلل من عدد الاتصالات المنتجة للقوة بين الخيطين. عندما يقصـر القسـيم العضـلي، تبدأ الخيوط الرقيقة بالتداخل مع بعضها البعض، وهذا التداخل أيضًا يقلل من عدد الاتصالات المنتجة للقوة الإيجابية.

يتم التحكم في طول القسيم العضلي بواسطة مستقبلات الحس العميق، أو الأجسام المتخصصـة المدرجة بداخل أعضـاء العضـلات، لا سيما في عضـلات الأطراف. مستقبلات الحس العميق هي أجهزة استشعار متخصصة؛ والتي توفر معلومات عن زوايا المفاصـل، وطول العضـلات، وتوتر العضـلات. يتم توفير المعلومات عن التغيرات في طول العضـلات، بواسطة مستقبلات الحس العميق؛ تدعى بالمغزلات العضـلية، وترقد موازية لخلايا العضـلات. أعضـاء كولجي الوترية Golgi tendon organs، أو كما تختصر لـ GTO ، وهي النوع الآخر من مستقبلات الحس العميق، تكمن في سلسلة مع خلايا العضـلات. توفر أعضـاء كولجي الوترية المعلومات عن التغيرات في توتر العضلات، ويمكن أن تؤثر بشكل غير مباشر في طول العضلات. المغزل العضلي لديه عنصر حركي سريع وعنصر ثابت بطيء؛ والذي يوفر معلومات عن مقدار ومعدل التغير في الطول. يمكن للتغيرات السـريعة في الطول أن تحفز إطالة العضلات، أو التمدد العضلي، وهو رد فعل يحاول مقاومة التغير في طول العضـلات عن طريق التسـبب في انقباض العضـلات المُطالة. الإطالات الأبطأ تسـمح للمغزل العضـلي بالاسـترخاء والتكيف مع الطول الأطول الجديد.

عندما تنقبض العضلة، فإنها تنتج توترًا في الوتر وأعضاء كولجي الوترية. أعضاء كولجي الوترية تسجل التغيير ومعدل التغير في التوتر. عندما يتجاوز هذا التوتر حدًا معينًا، فإنه يتسبب في رد فعل الإطالة عن طريق اتصالات الحبل الشوكي، لمنع انقباض العضلات والتسبب في استرخائها. أيضًا، يمكن لانقباض العضلات أن يحث على تثبيط متبادل، أو استرخاء العضلات المقابلة. على سبيل المثال، يمكن لانقباض العضلة ثنائية الرءوس العضدية أن تسبب استرخاءً داخل العضلة ثلاثية الرءوس العضدية.

الجسم يتكيف بشكل مختلف للإطالة الفورية (أو الإطالة قصيرة الأجل)، والإطالة المزمنة (أو الإطالة التي تتم عدة مرات خلال الأسبوع). غالبية البحوث الحالية تبين أنه عندما تسبب الإطالة الفورية زيادة ملحوظة في مجال حركة المفصل، يمكن أن يُختبر إما تثبيط الأعصاب الحركية، أو المبالغة في إطالة القسيمات العضلية في العضلات، أو زيادة طول واصطفاف أوتار العضلات. لا يوجد من تاكيد عن مدى هذه التغيرات، ولكن يبدو أن شكل العضلات وترتيب الخلايا، وطول العضلات والمساهمة في الحركة، وطول الأوتار القاصية والدانية كلها تلعب دورًا في ذلك. ومع ذلك، تتجلى هذه التغيرات العابرة في شكل نقصان في القوة القصوى، والطاقة، وقوة التحمل. من ناحية أخرى، أظهرت الدراسات البحثية أن الإطالة المنتظمة المشددة لمدة لا تقل عن 10 إلى 15 دقيقة لثلاثة أو أربعة أيام في الأسبوع (الإطالة المزمنة) تؤدي إلى تطوير وزيادة القوة، والطاقة، وقوة التحمل، وكذلك تحسين المرونة والتنقل. الدراسات على الحيوانات تشير إلى أن هذه الفوائد ترجع جزئيًا إلى زيادة في أعداد القسيمات العضلية في السلسلة.

وبالمثل، فقد أظهرت الأبحاث عن الإطالة للوقاية من الإصابات الاختلافات بين الإطالة قصيرة الأجل والمزمنة. على الرغم من أن الإطالة الفورية يمكن أن تساعد الشخص الذي يعاني من الشد البالغ للحد من الإصابة بشد العضلات، فإن الشخص العادي يبدو أنه يجني الحد الأدنى من فوائد الوقاية من الإصابة باتباعه الإطالة الفورية. الناس الذين بطبيعتهم أكثر مرونة أقل عرضة للإصابات المتصلة بالتمرن،

وتزيد مرونتهم الفطرية بالإطالة الثقيلة لثلاثة أو أربعة أيام في الأسبوع. بسبب هذه الاختلافات بين الإطالة الفورية والمزمنة، يشجع العديد من خبراء التمارين الرياضية الناس، الآن، أن يقوموا بغالبية إطالتهم العضلية في نهاية التمرين.

-أنواع الإطالات

الإطالات يمكن تنفيذها في مجموعة متنوعة من الطرق. معظم الناس يفضلون القيام بهذه الإطالات بمفردهم، ولكن يمكن القيام بها أيضًا بمساعدة شخص آخر. يشار إلى الإطالات التي يتم القيام بها دون مساعدة بالإطالات النشطة. تسمى الإطالات التي يتم القيام بها بمساعدة شخص آخر بالإطالات السلبية.

هناك أربعة أنواع رئيسية من الإطالات: **الثابتة (الساكنة)،الاطالة الباليستية، التيسير العصبي العضلي لمستقبلات الحس العميق Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF)، الاطالة الحركية.**

- **الإطالة الثابتة** هي الأكثر شيوعًا. في الإطالة الثابتة، تقوم بإطالة عضلة أو مجموعة من العضلات الخاصة من خلال الثبات على الإطالة لفترة من الزمن.
- **تنطوي الإطالة الباليستية على حركات ارتدادية،** ولا تنطوي على الثبات على الإطالة لأية فترة من الوقت. لأن الإطالة الباليستية يمكنها تفعيل رد فعل الإطالة، فقد افترض العديد من الناس أن الإطالة الباليستية لديها إمكانات أكبر للتسبب في ضرر العضلات أو الأوتار، خاصة في أكثر العضلات شدًا. ومع ذلك، هذا التأكيد محض تكهن، والأبحاث المنشورة لا تدعم الادعاء بأن الإطالة الباليستية يمكن أن تسبب الإصابة.
- **إطالة التيسير العصبي العضلي لمستقبلات الحس العميق (PNF)** تشير إلى تقنية إطالة؛ والتي تحاول أكثر دمج تأثيرات مستقبلات الحس العميق تمامًا عن طريق إطالة عضلة منقبضة خلال مجال حركة المفصل. بعد الانتقال خلال

كامل مجال الحركة، تسترخي العضلة، وتستريح قبل أن تتم إطالتها مرة أخرى. من الأفضل القيام بهذا النوع من الإطالة بمساعدة شخص آخر.

- **الإطالة الحركية** هي إطالة ذات منحنى أكثر وظيفية؛ والتي تستخدم حركات خاصة بالرياضة لتحريك الأطراف، من خلال مجال حركة أكبر من المعتاد. الإطالة الحركية تتميز عمومًا بالتأرجح، والقفز، أو الحركات المبالغة؛ والتي يحمل فيها زخم التحرك الأطراف إلى حدود نطاق الحركة العادية، أو يتجاوزها وينشط استجابة رد فعل مستقبلات الحس العميق. التفعيل السليم لمستقبلات الحس العميق يمكن أن يسبب تيسير الأعصاب التي تنشط خلايا العضلات. هذا التيسير يمكن الأعصاب من الاستجابة بسرعة أكبر، وبالتالي تمكن العضلات من القيام بانقباضات سريعة وأكثر قوة. لأن الإطالة الحركية تزيد كلًا من درجة حرارة العضلات وتفعيل مستقبلات الحس العميق، وجد أن الإطالة الحركية مفيدة لتحسين الأداء الرياضي. لا ينبغي الخلط بين الإطالة الحركية والإطالة الباليستية. على الرغم من أن كلتيهما تنطوي على الحركات المتكررة، فإن الحركات الباليستية هي حركات ارتدادية سريعة، والتي تشمل نطاقات حركة صغيرة بالقرب من نهاية مدى الحركة.

- **فوائد برامج الإطالة**

يمكن الحصول على العديد من مزايا التدريب المزمن من خلال برنامج إطالة منتظم:

- تحسين المرونة والقدرة على التحمل (التحمل العضلي)، والقوة العضلية (درجة الاستفادة تعتمد على مقدار الضغط الموضوع على العضلات).
- تقليل وجع العضلات.
- تحسين حركة العضلات والمفاصل.
- حركة عضلية أكثر كفاءة ونعومة الحركة.

- قدرة أكبر على ممارسة أقصى درجات القوة من خلال نطاق أوسع من الحركة.
- منع بعض مشاكل أسفل الظهر.
- تحسين المظهر والصورة الذاتية
- تحسين انتظام الجسم، ووضعيته.
- إحماء وتبريد أفضل في جلسات التمرين الرياضي.
- تحسين الحفاظ على مستوى السكر في الدم.

- **الإطالات الثابتة والحركية والباليستية للرياضيين**

العديد من الرياضيين يستخدمون الإطالات الثابتة والحركية في برامج تدريباتهم. الإطالة الثابتة تحسن المرونة في بعض مناطق العضلات-المفاصل المعينة. هذا النوع من الإطالة هو النهج الأكثر شيوعًا لتحسين المرونة. في الإطالة الثابتة، تقوم بتثبيت إطالة عضلة أو مجموعة عضلات معينة لفترة من الزمن.

بعض الرياضيين يفضلون استخدام الإطالات الحركية، لا سيما كجزء من الإحماء أو تمهيدًا للمنافسة. الإطالة الحركية تحفز مستقبلات الحس العميق (مستقبلات الإطالة)، مما يفعل استجابتها بطريقة عدوانية عن طريق إرسال إشارات الارتجاع إلى العضلات المطالة لتنقبض بعد حركة ارتدادية سريعة. لأن بعض الأحداث الرياضية، مثل النشاطات المتفجرة(اللحظية)، وقصيرة المدى، يمكنها أن تعزز تحفيز هذا التفعيل لمستقبلات الحس العميق، فإن الإطالة الحركية تعد الرياضيين لحركات متفجرة أفضل. قد تكون هناك حاجة لمثل هذه الحركات المتفجرة لتحقيق هدف معين في هذا الحدث الرياضي. على سبيل المثال، يمكن لشخص ما أن يقفز أبعد وأعلى إذا قام ببضع من حركات الصعود والهبوط، وثني وتمديد الوركين والركبتين.

- **اما إطالة التيسير العصبي العضلي لمستقبلات الحس العميق (PNF)**

فهي عبارة عن تبادل انقباضات عضلية ثابتة مع إطالة سلبية من خلال سلسلة من الحركات المعينة. لنفرض ان رياضي ما (لاعب الجمناستك ، سباح ، رامي) أراد ان يزيد من مدى الحركة في ذراعه، عن طريق إرجاع ذراعه للخلف بأقصى مايمكن وتنفيذ التمرين الأتي (لاحظ الشكل 269):

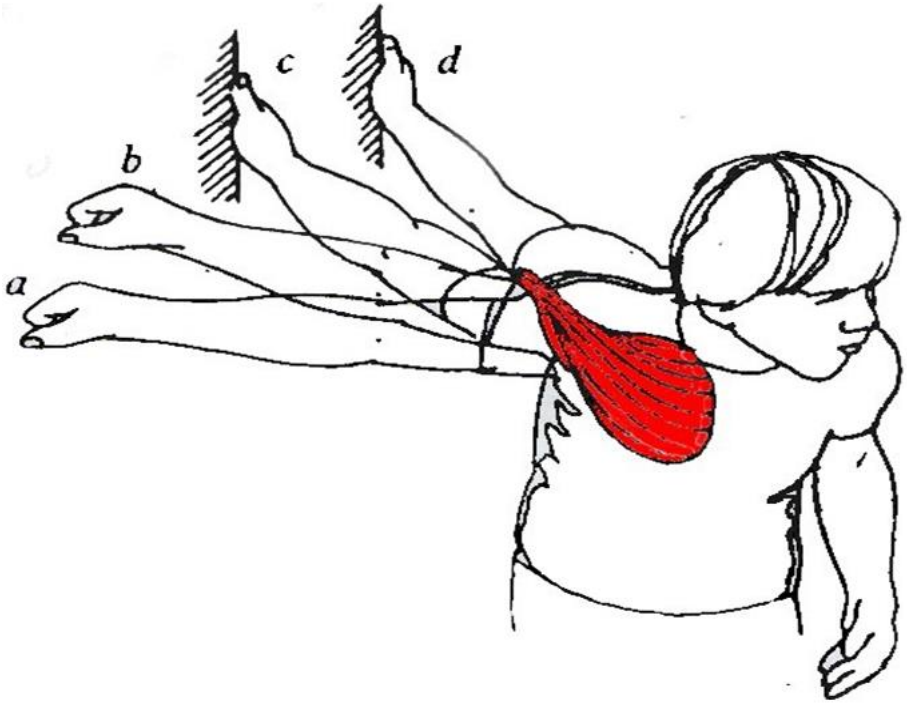
a-اذا مرجح اليد بسرعة للخلف فأنها ربما تصل الى الموقع **a** (الشكل 269) ، الذي يحدث هنا ان العضلة الواقعة خلف الكتف يمكن ان تعطي للذراع السرعة اللازمة ، لكن الذراع توقفت قبل ان تصل الى الوضع الأقصى ، وهذا التوقف سببه المغازل العضلية في الجهة الأمامية من مفصل الكتف وفي نهايات المفصل نفسه التي قامت بإرسال أشارات تحذيرية الى الجهاز العصبي المركزي ، وبالمقابل يرسل الجهاز العصبي أشارة تقلص الى نفس العضلات بإيقاف الحركة لمنع الإصابة في أليافها العضلية. وبالرغم من عملية التمطية هذه فان العضلات في الجانب الأمامي من المفصل تحفزت على التقلص لتقوم بحماية نفسها , ينتج عن هذه التمطية قوة لامركزية لكنها عمليا لاتعمل على تطوير المرونة. عندما ينفذ الرياضي التمطية بشده عالية في فترة الإحماء فمن المحتمل ان تكون هناك خطورة في تمزق خفيف، وتمارين التمطية البطيئة هي السبيل الجيد في أعطاء العضلة أسلوب التوتر المناسب.

b– اذا تم إرجاع الذراع الى الخلف ببطأ الى أقصى حد يمكن الوصول أليه ، هذا الموقع الذي تصل له الذراع سوف يكون بالفعل أفضل من مرجحة الذراع الذي وصفناه سابقا، ويعتمد أقصى مدى للخلف على درجة مطاطية العضلات في الجهة الأمامية من مفصل الكتف، وعلى قوة العضلات في الجهة الخلفية من المفصل على سحب الذراع للخلف. يسمى هذا الأسلوب بالتمطية الايجابية وينفذ هذا العمل الفعال من قبل العضلات المضادة للعضلات التي نريد ان نمدها(العضلات الواقعة في الجانب الآخر من المفصل)،مع محاولة أرخاء العضلات التي نريد ان نعمل على تمطيتها.

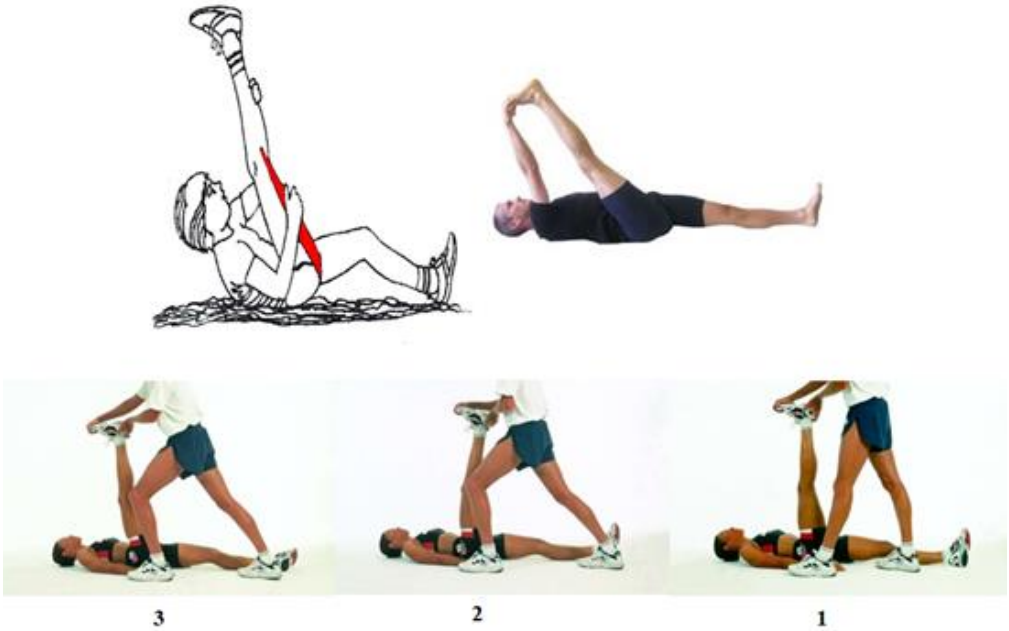
c- في التمطية السلبية يتم دفـــع الذراع باتجاه الخلف إلى مدى أبعد عـــن طريق مســـاعدة قوى خارجية (ليس عن طريق مساعدة العضلات في الجانب الآخر من الكتف) ، على سبيل المثال يمكن أجراء التمطية السلبية بمساعدة الزميل او مسك جدار والضغط ضده ، مع دفع الجسم للأمام باستخدام قوة الرجلين، والتمطية السلبية دائما هي الأكثر تأثيرا من التمطية الايجابية في الوصول الى المدى الأقصى.

d- يمكن الحصول على أفضل النتائج عن طريق، أولا مد الذراع إلى ابعد مايمكن بوساطة أسلوب التمطية السلبية (المجاميع العضلية التي تمدد يجب ان تكون في حالة راحة) ، والخطوة الآتية هي محاولة تقليص هذه المجموعة العضـــلية الممتطه لعدة ثواني (6 ثواني) بينما تحاول القوى الخارجية (زميل ، الرجلين) من منع حدوث أية حركة في المفصل (مقاومة)، لذا يكون الشد في العضلة شد ثابت مع أقصى امتطاط لها، و ظهور زيادة في حجم العضـــلة نتيجة لقصـــر طولها بعض الشـــيء مع تمدد الألياف الكولاجينية داخل أوتارها.

ينفذ الارتخاء مرة ثانية (4-2 ثانية) ، ثم ينفذ تمرين التمطية السلبية مرة ثانية ، حيث يمكن ان تصـــل الذراع الى موقع ابعد ، هذا الأســـلوب في تقلص العضـــلة مع هدف زيادة قابليتها على التمطية يطلق عليه اسلوب تحسين المستقبلات العصبية العضلية (**PNF**) يستخدم أسلوب **PNF** من قبل أخصائي العلاج الفسيولوجي عند تدريب العضـلة المصـابة في محاولة للمحافظة على طولها الطبيعي ويسـمى هذا الأسـلوب أيضا بأسلوب التمطية – الراحة –التقلص.



شكل 269
تمرين المرونة للعضلة للصدرية العظمى



شكل (270)

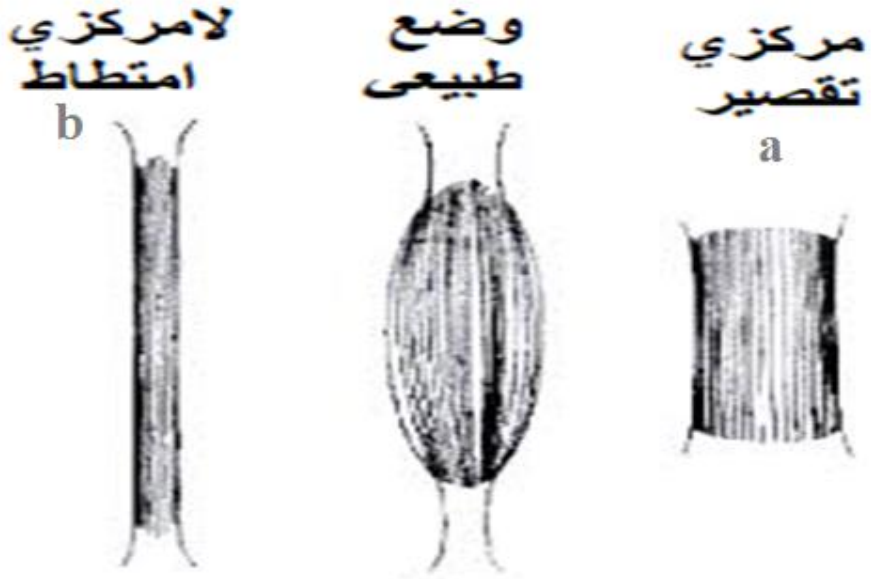
تمرين تمطيه للعضلات الخلفية للرجل

يؤثر التقلص على أعضـــاء كولجي الوترية في العضـــلة ، لذا فهي ترســـل أشارات كبح للعمل العضلي أثناء فترة الراحة في التمرين ، عندئذ من الضروري ان

تكون حركة اليد او الرجل قريبة من المدى الأقصـى وفي جميع الأوقات ، وان تكون جميع الحركات هادئة وبطيئة لكي تمنع المغازل العضلية من إرسال أشارات التقلص العضلي.

ان الإجراء أعلاه يعني ان العضلة سوف تتطور قوتها وهي بأقصى امتطاط لها، وهذا يعني زيادة قابليتها على إنتاج شغل عضلي كبير ، باعتبار ان تطور القوة سوف يعطى قيمة كبيرة للقوة لكي تعمل على مسـافة الامتطاط التي وصـلتها العضـلة (الشغل = القوة × المسافة) لهذا فنتاج الشغل العضلي لها يكون كبيراً.

يظهر الشكل 271 **(a)** ما يحدث عندما يحاول شخص ما تمطية العضلة وهي في حالة تقلص ، حيث تقوم القوة الخارجية بالتأثير على ألياف العضـلة فقط بدون التأثير على النسـيج الضـام ، والنتيجة هي احتمالية حدوث تمزق عضـلي جزئي، والشـكل 271 **(b)** يظهر العضـلة وهي في حالة راحة ، التمدد يحدث في ألياف العضـلة وخلايا النسيج الضام، والنسيج الضام هو نسيج قاسي وباستطاعته مقاومة الضغوط المفاجئة (التمطية ، الارتعاش) ، لكن هذه التمطية الإجبارية تؤدي الى أجبار العضلة على الاستطالة تحت الضغط (البقاء لمدة 30 ثانية في الوضع الأقصى).

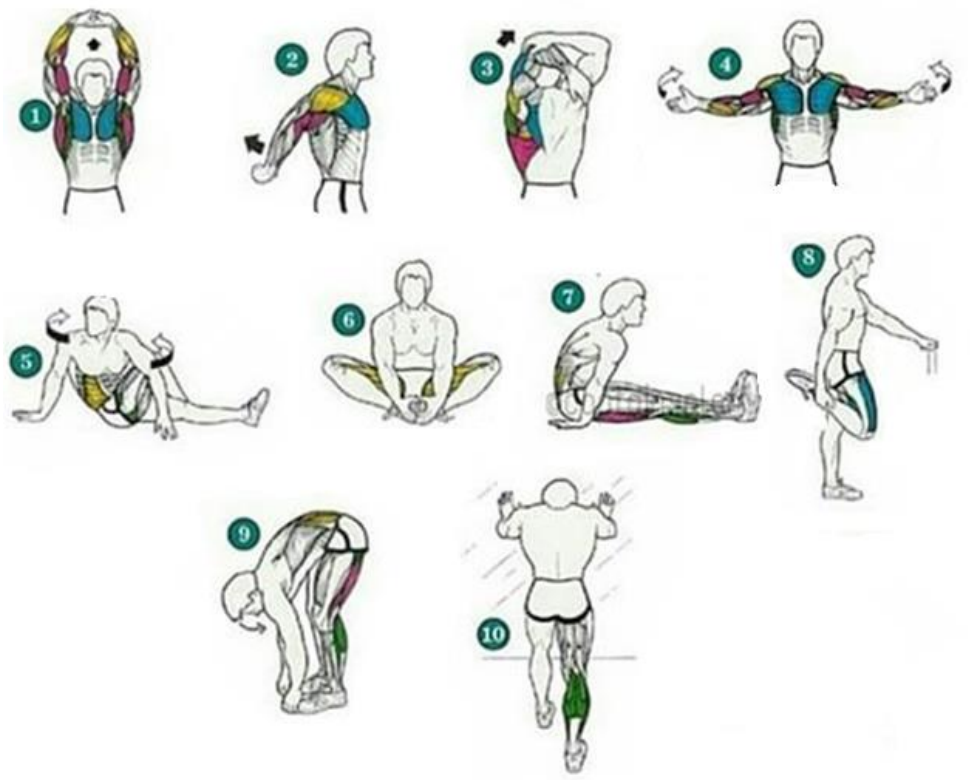


الشكل (271)
الشكل الداخلي للعضلة(a)التقلص (b) التمدد

2-5 أمثلة على تدريب المرونة والاطالة:

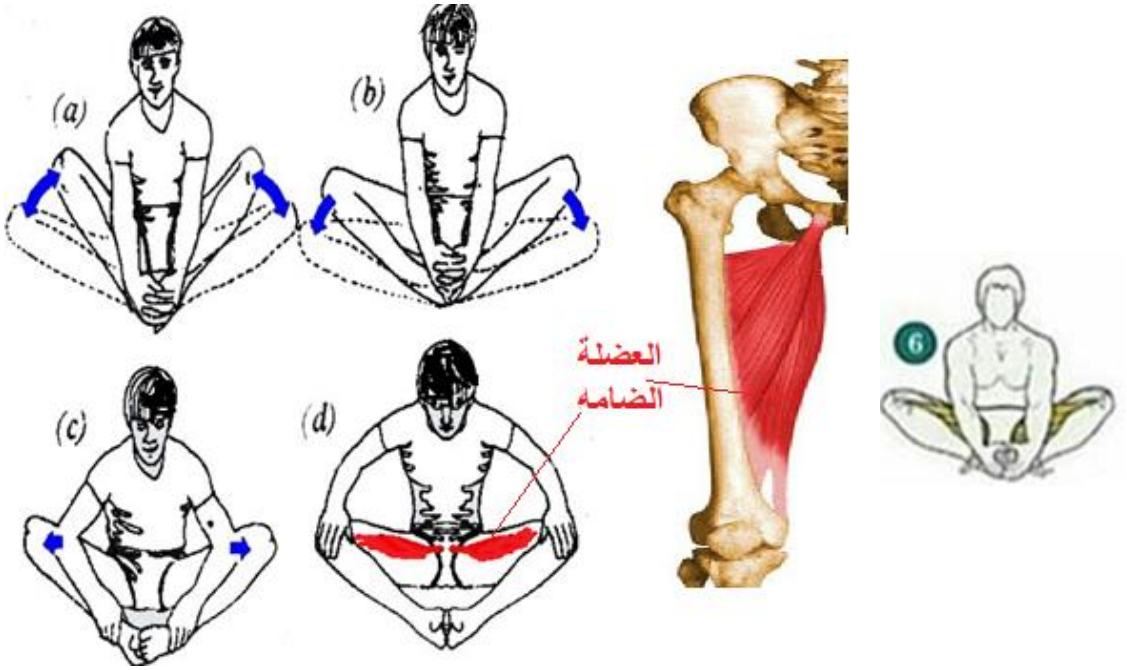
الامثلة الاتية توضـح أسـلوب تمطيه المجاميع العضـلية بطريقة سـليمة وفعالة ، على سبيل المثال تحسين المرونة في مفصـــل الورك هي من الأمور المهمة جـــدا لجميـع الرياضيين تقريبا.

ان المجاميع العضلية التي من السهل تعرضها للإصابة هي التي تشارك بنشاط في أداء الحركات، مثل العضـلات التي تقوم بالضم (العضلات المقربة للفخذ) ، يكون منشـأ هذه العضـلات هو عظم العانة ومدغمها عند عظم الفخذ (لاحظ الأشـكال 272 و273) .



شكل 272

تمارين مختلفة للاطالة العضلية



شكل273

اطالة العضلات الضامة للفخذ

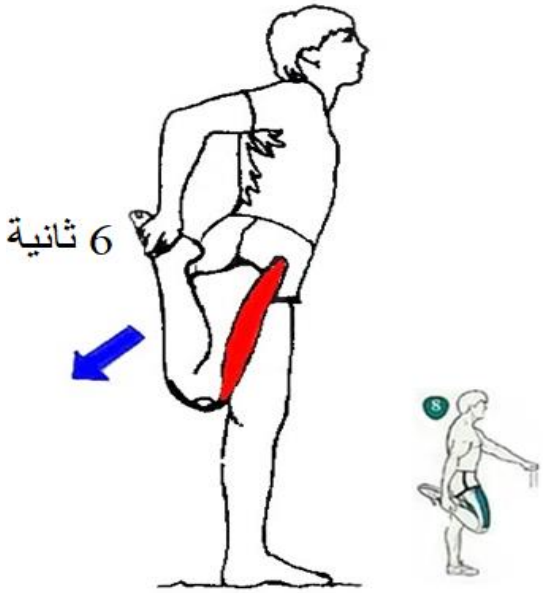
عند الجلوس على الأرض من وضع ضم القدمين سوية وقريبا من الجسم بقدر المستطاع، في هذا الوضع يلاحظ ان طول العضلات المقربة سوف يتمدد الى المدى الأقصى بوساطة دفع الركبة باليدين باتجاه الأرض (الشكل 273 b) ،من هذا الوضع تسحب الركبة للأعلى وتضغط الى الأسفل (الشكل 273 **a**) ، تستخدم بالإضافة الى ذلك عضلات الجانب الخارجي لمفصل الورك لسحب مفصل الركبة الى الأسفل (العضلات المبعدة الشكل (273c). والتمرين الذي يشبه الوضع **b** في الشكل 273 هو مشابه لتمرين تمطية العضلات المقربة.

دفع مفصل الركبة بواسطة اليدين للأسفل يشابه الأسلوب الذي وصفه به الوضع 2 في الشكل 273 وهو مشابه للتمطية السلبية للعضلات المقربة، والأسلوب الأكثر فعالية والذي يطابق أسلوب (**PNF**) لتحسين المستقبلات العضلية كما في الوضع **d** في الشكل 274 ، وينفذ بالطريقة التالية:

- دفع الركبة بوســـاطة اليدين الى الأســـفل لمدة 6 ثانية، راحة لمدة 2 ثانية ،ثم دفع الركبة مرة ثانية للأسفل لمدة 10 ثانية ، راحة لمدة 2 ثانية وأخيرا الدفع باليدين على مفصل الركبة لمدة 10 ثانية مع أعطاء راحة للعضلات المقربة.

- يمكن تمطيه العضلة الباسطة لمفصل الركبـــــــــــة (المستقيمة الفخذيةالشكل274) باستخدام أسلـــوب(**PNF**) التمطية – الراحة – التقلص وبالطريقـة الآتية:

- مسك القدم باليد وحاول ثني الركبة الـى أقصى مدى للخلف مع إبقاء مفصل الورك مستقيم بقدر الإمكان، بعد ذلك محـــــاولة مد مفصـل الركبة لنفس الرجل لمدة 6 ثانية (في هذا الوضـع تتقلص المســـتقيمة الفخذية تقلص ثابت وبدون حركة), بعد ذلك راحة لمدة 2 ثانية ، ثم ببطء يتم دفع مفصـل الورك قليلا للأمام والمحافظ ةعلى هذا الوضـع لمدة 10 ثانية، يكرر هذا التمرين عدة مرات.



الشكل (274)
تمطية وتقوية العضلة الفخذية المستقيمة

توجد أدلة عده على انخفاض الإصـــابات الرياضـــية في كرة القدم عند إجراء تمارين المرونة في البرامج التدريبية من خلال التنفيذ الجيد لتمارين التمطية بإتباع أسلوب التقلص – الراحة - التمطية ولفترة 20 ثانية.

على جميع اللاعبين تنفيذ تمـارين التمطيـة ثلاث مرات في كل جلســـة تدريبيـة ولخمس مجاميع عضلية مختلفة للحصـول على أفضـل النتائج (20 ثانية × 3 × 5 =

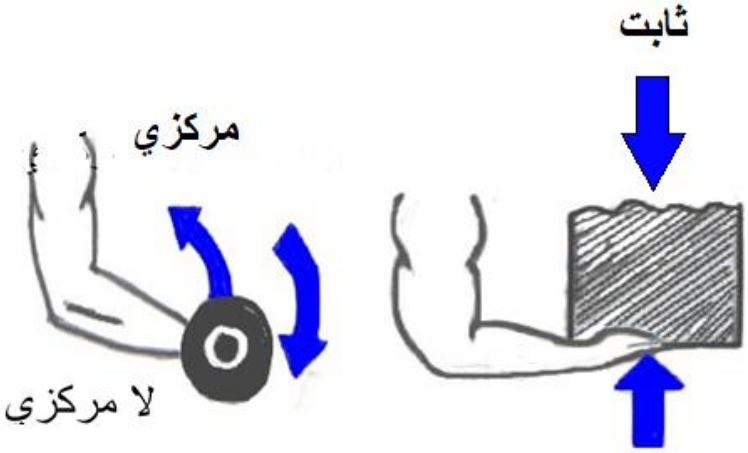
300ثانية)، لذا يحتاج اللاعب الى 5 دقائق في الجلســـة التدريبية الواحدة لعمل هذه التمارين . يشــكو العديد من المدربين بعدم وجود الوقت الكافي لعمل تمارين المرونة ، لكن المعرفة الجيدة في طريقة تنفيذ هذه التمارين كذلك فوائدها قادرة على أبعاد مثل هذا العذر ، يتطلب مثل هذا العمل من المدرب ان يتعمق بدراســـة وفهم مناشـــئ ومداغم وعمل العضـلات . في الفصـل القادم سـنناقش التمارين المناسـبة للمرونة مع الوصف التشريح لكل جزء من الجسم مع أعطاء بعض المعلومات عن ذلك.

- **عزوم القوة والاطالة العضلية:**

من الواجب التمييز بين أنواع القوى التي تقسم الى :

(a) القوة **الثابتة** (انقباض ثابت)

(b) القوة **المتحركة** (انقباض متحرك) .

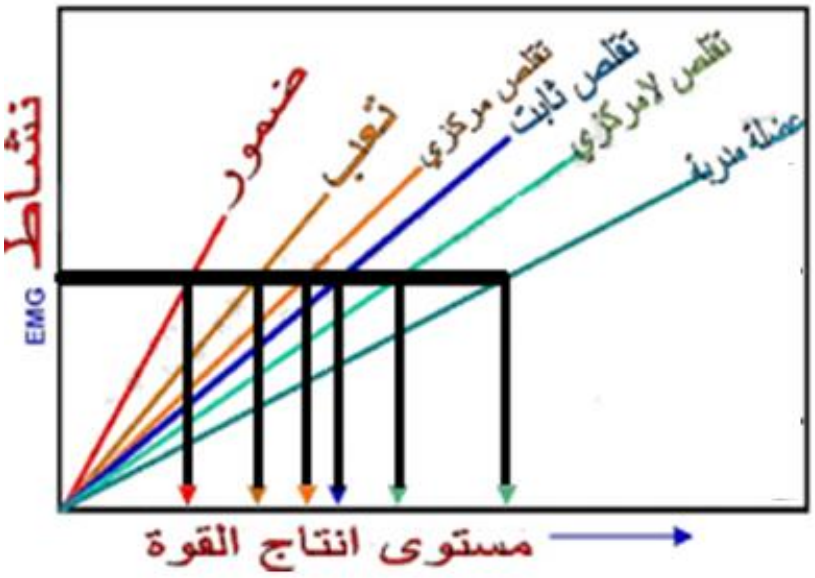


أقصى قوة ثابتة
(انقباض ثابت)

أقصى قوة متحركة
(انقباض متحرك)

الشكل (275)

أنواع الانقباض العضلي

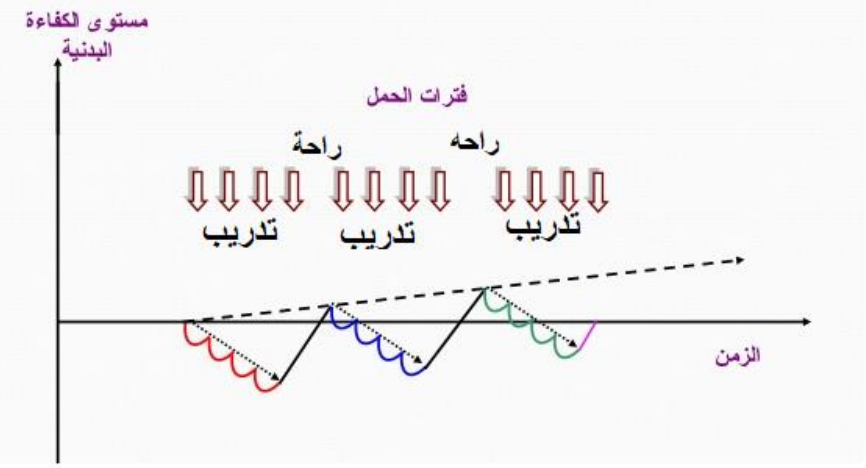


شكل 276

مستويات انتاج القوة وفقا لنوع الانقباض

فنفرض عند تدريب القوة العضـلية تحدث زيادة في خيوط (او صـفائح) **اللاكتين والمايوسين**،وهى المسئولة عن تقلص العضلة لكن هذه القاعدة لاتنطبق على خلايا العضـلات المخططة بمعناه الواسـع، إذ ان عدد الألياف في العضـلة يحدد وراثيا، لكن بعض خلايا الجسـم قادرة على التكاثر ذاتيا(الانقسـام) ، إذ يوجد كما ذكرنا داخل العضلة نوعان من الألياف ، احد أنواع هذه ألألياف يشابه باقي خلايا الجسم في مبدأ التعويض الزائد ، وطبقا لهذا المبدأ فأن التدريب يسبب بعض الإضرار في أجزاء معينة من التراكيب المعرضـة للإجهاد ، ويقوم الجسـم بتعويض هذا النقص بوسـاطة أنتاج ألياف جديدة، والتي يكون عددها في بعض الأحيان اكبر من الألياف التي تضـررت او دمرت. ومن الضـروري ان يبدأ الرياضـي الجلسـة التدريبية اللاحقة في الوقت الذي يصـل فيه التعويض الزائد الى أقصـاه وعودة الألياف العضـلية الى حالتها الطبيعية. وعندما تكون الجلسـات التدريبية متقاربة جدا من بعضـها او عند تنفيذ تدريب عنيف بدون توقف لفترة أضـافية وعدم أعطاء الألياف الوقت الكافي للعودة الى مستواها الطبيعي السابق، فسوف يعرض الرياضي جسمه بالتدريج الى التلف، ودخول الرياضـي مرحلة "الإرهاق ". (راجع مبادئ تنمية

القوة) ان الشفاء الطبيعي يستغرق حوالي من 24-28 ساعة (لكن الاستشفاء بعد التدريب العنيف جدا يستغرق 72 ساعة) , لهذا على الرياضي التدريب بشدة عالية ثلاث مرات في الأسبوع في سبيل الإسراع في زيادة قوته.



الشكل (277)

العلاقة بين التدريب والراحة

شكل 278

الحمل المستخدم في تدريب انواع القوة

يلاحظ الانخفاض في القوة بعد مرور 5-6 أيام بدون تدريب , لذا فأن تنفيذ جلسة تدريبية واحدة في الأسبوع تكون كافية للمحافظة على مستوى القوة التي يمتلكها فعليا بدون حصول اى زيادة.

كما ذكرنا سابقا يجب عدم تدريب الأطفال الى 11 او 12 سنة بأحمال تزيد على أوزان أجسامهم قبل وصولهم مرحلة البلوغ، بسبب ان الأطفال يجدون صعوبة في عمل الحركات المعقدة وعليهم أيضا تجنب التمارين التي يتطلب فيها التوافق العالي , لهذه الأسباب من الضروري ان يتدرب الأطفال على الأوزان الخفيفة وكذلك التدريب على التكنيك الصحيح.

من الضروري ان يكون تدريب البالغين على أحمال ثقيلة في سبيل تنشيط جميع الوحدات الحركية داخل العضلة، عندما يكون الهدف الأساسي للرياضي هو القيام بعمل شدة قصوى مابين 80 الى 95% ، بهذه الطريقة يستخدم الرياضي قابليته لأداء أقصى شغل حركي . أما اذا كانت رغبة الرياضي تحسين المطاولة الحركية ، فعليه العمل مع أثقال مساوية الى 20-25% من قابليته القصوى، أما تدريب سرعة القوة فينفذ مع شده بين 50-80% من القوة القصوى لقابلية الرياضي. مع العلم ان تدريب المطاولة له تأثير على خفض كل من القوة القصوى والسرعة التي اكتسبتها المجاميع العضلية.

ذكرنا سابقا بان العضلة الهيكلية تحتوي على نوعين من الألياف: **البيضاء والحمراء**. من خصائص الألياف العضلية البيضاء هي القوة العالية والتعب بسرعة بينما الألياف العضلية الحمراء تتصف بالمطاولة، تحتوي العضلة الواحدة على هذين النوعين من الألياف وتحدد نسبة كلا النوعين من الألياف في العضلة وراثيا ، لكن يمكن "جزئيا تغيرهما " بوساطة التدريب التخصصي , حيث أظهرت الدراسات ان تدريب المطاولة والقوة يمكنهما عمل تعديل جزئي في نوعية الألياف داخل العضلة.

الألعاب الرياضية المتنوعة تحتاج الى أنواع مختلفة من القوة، لذا على الرياضيين والمدربين اختيار التمارين بعناية تامة, حيث يعتمد التدريب في رفع

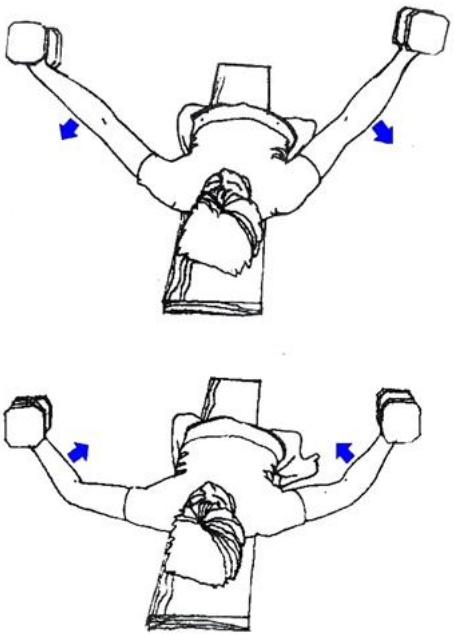
الأثقال مثلا على القوة الانفجارية للعضلات، لذا على الرياضيين استخدام تكرار قليل من التمارين مع زيادة الوزن. لقد تم البرهنة على ان تدريب المطاولة لوحده يقلل بدرجة كبيرة كل من القوة والسرعة للعضلة المدربة.

ان فكرة المجموعة والتكرارات تستعمل دائما لوصف التدريب حيث تحتوي المجموعة الواحدة على التمرين الذي يكرر لعدد قليلة التكرارات بأوزان ثقيلة لتحسين القوة ، وزيادة المطاولة تتحسن بتنفيذ عدة كبير من التكرارات بأوزان خفيفة.

لو أخذنا على سبيل المثال التمرين الذي يزيد من قوة العضلة الصدرية العظمى (اكبر عضلة في الصدر)، حيث تنفذ حركة رفع الثقل وخفضه (الشكل 279) ستة مرات مع وجود ثني بسيط في الذراعين (لأجل تجنب الإجهاد في مفصل المرفق)، وبعد كل مجموعة هناك راحة لمدة (3-2 دقيقة) , خلال الراحة يمكن عمل تمارين لمجموعة عضلية أخرى (مثل تمرين لعضلات مد الركبة) , بعد الراحة يكرر تمرين الصدر مرة ثانية ، المجموعة الثانية بستة تكرارات, وتكتب تعليمات هذا التمرين كما يأتي:

(6 تكرارات × 5 مجموعات)، أي ينفذ الرياضي ما مجموعة 30 رفعة بينهما خمس فترات راحة من (3-2 دقيقة) , شدة التمرين يمكن ان تتغير طبقا لاختلاف درجة ثني الذراع (لاحظ العتلات في موضوع البايوميكانيك).

تزداد قوة العضلة عندما تقوم العضلة بتنفيذ شغل لامركزي مقابل قيامها بأداء شغل مركزي , يمكن التحقق من هذا بسهولة عن طريق الإبطاء في رفع الثقل , حيث يمكن الشعور بسهولة خفض الثقل بعد رفعه , اذا كان الهدف هو تدريب قوة لامركزية، على الرياضي الحفاظ على ذراعيه مستقيمة عند يخفض الثقل للأسفل، ويثني الذراعين بينما يحاول رفع الثقل.

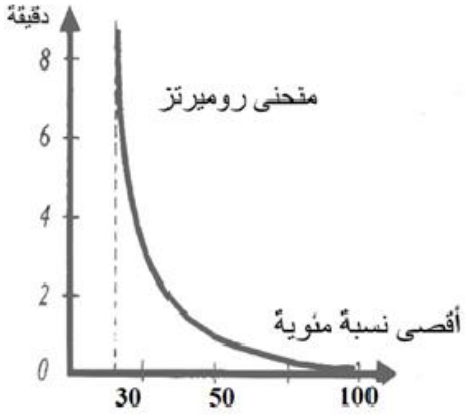


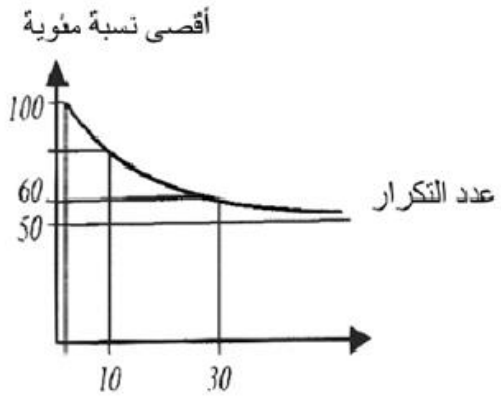
الشكل (279)

تدريب العضلة الصدرية العظمى

المنحنى في(الشـــكل 280) يمثل عدد التكرار التي يمكن للرياضـــي أن ينفذها والذي تم تطويره من خلال التدريب ,حيث يعتمد عدد التكرارات على مقدار شـــدة الشغل صعودا الى الحمل الأقصى, والذي تستطيع المجموعة العضلية انجازه.

ويظهر المنحنى الأخر (منحنى رومرتز –Rhomerts-curve- الشـــكل 281) عـدد مرات التقلص الايزومتري(Isometric contraction) الـذي يمكن عملـه مقارنتا مع القوة العظمى الايزومترية للمجموعة العضلية.





الشكل (280) **الشكل (281)**

منحنى الحمل الأقصى **منحنى روميرتز(التقلص الأقصى الايزومتري)**

الأسلوب الأسرع لبناء القوة في العضلات هو الأسلوب الذي يسمى النظام الهرمي , في هذا النظام تحدث الزيادة في الأوزان (الإثقال) في كل مجموعة مع خفض عدد التكرار كلما زاد الوزن، وأن الجهد الذي يبذل في آخر مجموعة هو الجهد الأقصى اى الوزن الأعلى. فيما يلي مثال على النظام الهرمي :

المجموعة1: 6 تكرارات بثقل70% من الحمل الأقصى الذي يمكن رفعه 6 مرات.

المجموعة2: 5 تكرارات بثقل75% من الحمل الأقصى الذي يمكن رفعه 5 مرات.

المجموعة3: 4 تكرارات بثقل80% من الحمل الأقصى الذي يمكن رفعه 4 مرات.

المجموعة4: 3 تكرارات بثقل85% من الحمل الأقصى الذي يمكن رفعه 3 مرات.

المجموعة 5: 2 تكرار بثقل 90% من الحمل الأقصى الذي يمكن رفعه مرتين .

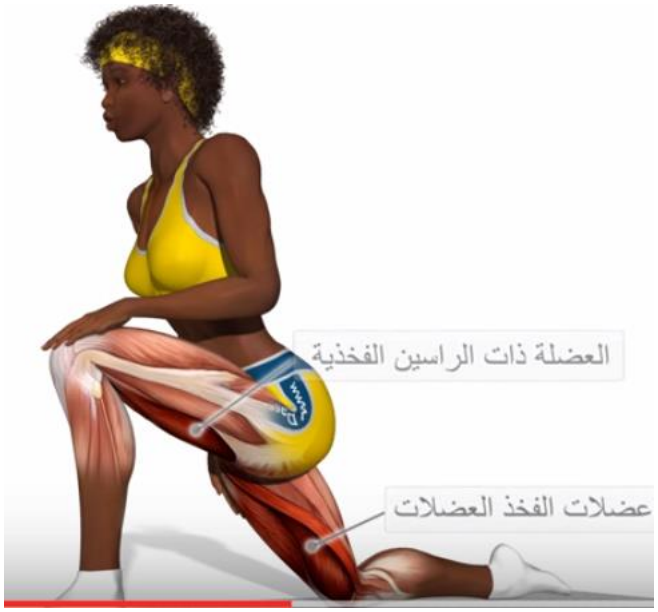
المجموعة 6: 1تكرار بثقل95-100% من الحمل الأقصـــى الذي يمكن رفعه مرة واحدة.

ويمكن وضع المجموعة والتكرارات اعلاه بالجدول الآتي:

الجدول (9) القدرات البدنية وتكراراها

القدرة البدنية / التكرارات	التحمل	السرعة	قوة قصوى
% من الشدة القصوى	50-25	80-50	100-80
عدد التكرارات	أكثر من 40	تقريبا 10	6-1
عدد المجموعات	5	4	3

باتت الحاجة ملحة في فهم طبيعة التقلص العضلي المناسب لحركات جسم الانسان وخصوصيتها ووفقا لما يتميز به الجهاز الحركي البشري من اجهزة متعددة كالعضلات والعظام والمفاصل والاربطة ،فضلا عن الجهاز العصبي الذي يحكم الاداء ويسيطر عليه، فمن المعروف ان كل ثني في بعض المفاصل يعني تقلصا لامركزيا للعضلات العاملة التي ستقوم بواجب مد المفصل لاحقا اذ يصاحب كل ثني اطالة في العضلة لنسبة محددة من طولها لتهيئتها للقيام بتقلص عضلي مركزي سريع فيها مع مد المفصل.



شكل 282
الاطالة العضلية للمستقيمة الفخذية والاوتار المابضية

وثني المفصل مع امتطاط العضلة باتجاه الجاذبية وبوجود مقاومة يدعى تقلص سلبي وهو وضع تحضيري، للقيام فيما بعد بمد المفصل بشكل فعال لاداء واجب الحركة الرئيسي والذي يتضمن تنفيذ الانقباض مركزيا باعلى شدة. وهكذا هو حال عمل المفاصل في جهاز حركة الانسان عند القيام بحركات ثني او مد فيها طبقا لهدف الحركة. لاحظ الاشكال التوضحية

من جانب اخر هناك مفاصل في جسم الانسان يكون الثني واطالة العضلة فيها عكس عقارب الساعة وهناك مفاصل يتم الثني فيها واطالة العضلة فيها مع عقرب الساعة وفقا لواجب الحركه عند اداء الواجب، فمن المفاصل التي يتم الثني فيها عكس عقارب الساعة هي المرفقين ، الوركين عند حركة الفخذ ، والكاحلين، وعند قيام هذه المفاصل بالثني فانها تؤدي الواجب الرئيسي للحركة(اي يكون التقلص هنا مركزيا للعضلات التي تقوم بالثني ويكون ناتج القوة عبارة عن عزم القوة التدويري) والذي يفترض ان يسبقه وضعا تحضيريا من خلال استطالة العضلة وتقلصها لامركزيا، والامثلة لهذه الحركات كثيرة منها:

الشكل 283

الثني والمد في مفصل المرفق ونوع الانقباض

اما النوع الاخر من المفاصل وهي التي يكون فيها الثني غالبا ما يصاحبه استطالة (على العكس من النوع الاول) والذي يعني تحضيرا لهذا المفاصل للقيام فيما بعد

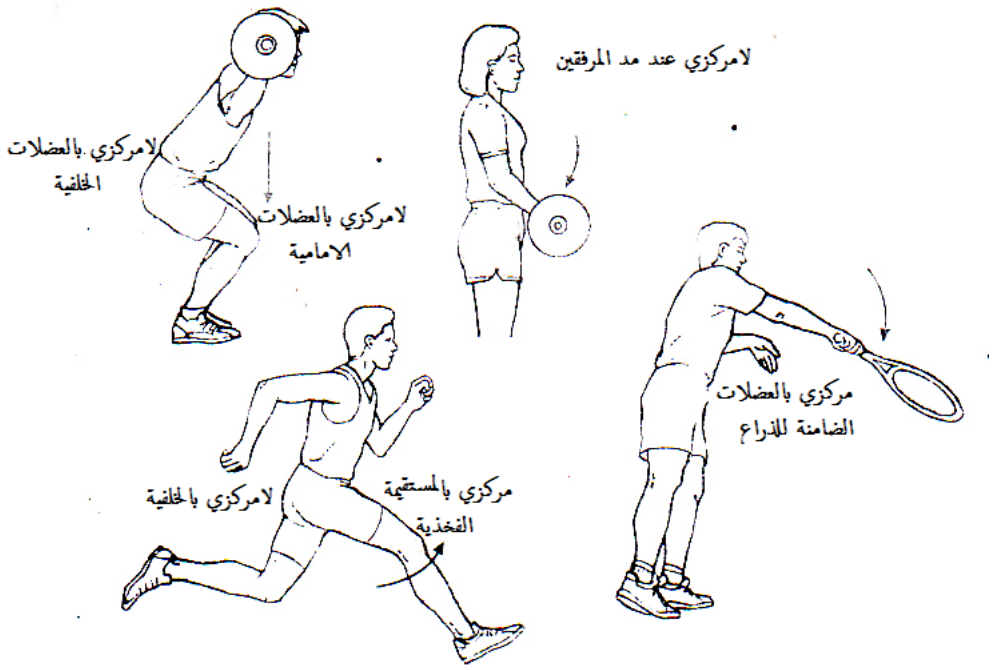
بواجب التقلص المركزي والذي هو الواجب الرئيسي للاداء، ومن امثلة هذه المفاصل(الركبتين، الرسغين، الكتفين) وكذلك مفاصل المرفقين والوركين والكاحلين عندما يكون الواجب فيها واجب الدفع(تقلص مركزي) بعد الاستطالة(واجب لامركزي) ومن الامثلة لهذه:

الثني استطالة(تحضير) المد تقصير (رئيسي)

الشكل 284

الثني والمد في مفصل الركبة ونوع الانقباض

وفي كل الاحوال يتوجب علينا معرفة الواجب الحركي اولا لغرض تحديد الوضع التحضيري(بالاستطالة وبانقباض لامركزي) ومن ثم الواجب الرئيسي(بالتقصير وبانقباض مركزي). وفي كلا النوعين ، فان العضلة تستطيع الاستطالة لحدود 100%-130% من طولها الاصلي وبوجود مقاومة (قوة) فانها هنا تنجز شغلا بدلالة(المقاومة او القوة× طول العضلة) باعتبار ان الشغل = القوة ×المسافة ، وعندما يرتبط هذا الشغل العضلي الذي تقوم به العضلة بزمن الانقباض ، ينتج منه قدرة عضلية(الشغل المنجز ÷ زمن التقلص) عند التحضير ، وعلى هذا الاساس يمكن ان نطلق على هذا العمل بالقدرة الداخلية. لاحظ الشكل 285

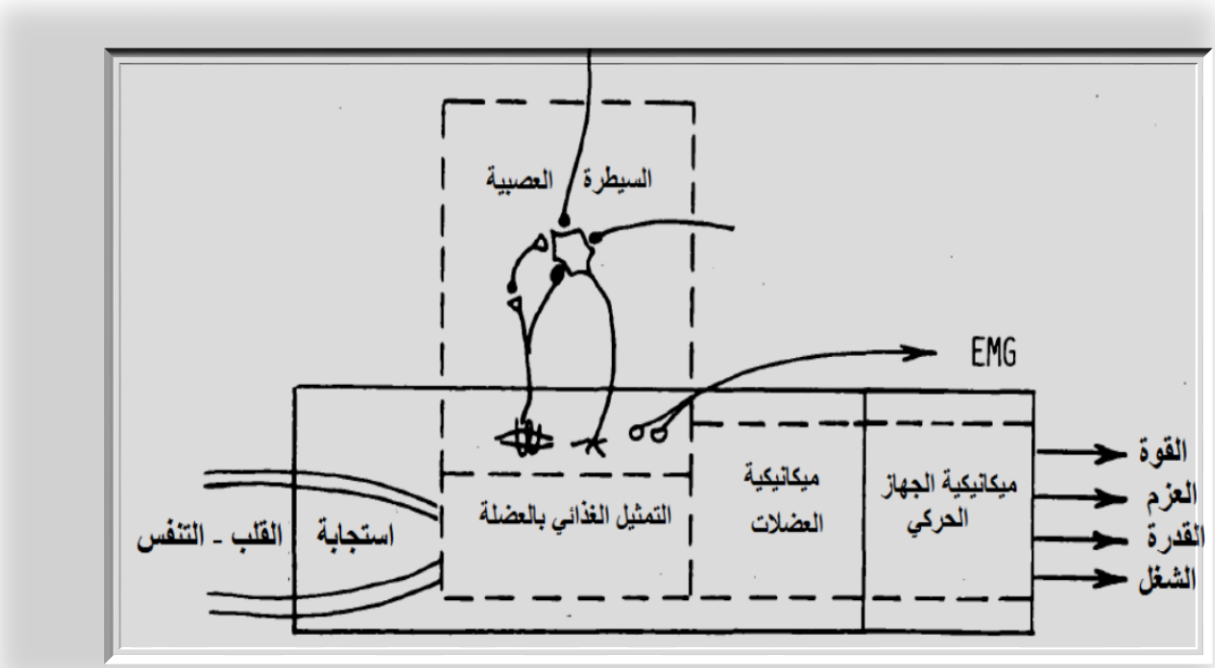


شكل 285

امثلة على التقلص المركزي واللامركزي اثناء اداء بعض الحركات

فاذا كان زمن انجاز الشغل العضلي في حركة الكير بالامتداد في الشكل هو(0,18 ث) فان القدرة العضلية المنجزة تساوي(11,11 واط), ومن ذلك نستنتج ان العضلة تمتلك قدرة عند وضعها التحضيري بدلالة مسافة الامتطاط وقوتها وزمن الانقباض.

وعند القيام بالتقلص المركزي لنفس العضلة ، فان ذلك يدل على بذل عزم لتلك القوة من اجل التاثير على تدوير ومد المفصل المسؤول عنه تلك العضلة وعزمها, ولما كان العزم يعني (قوة × بعدها) اي (نيوتن × متر) فانه ايضا من الممكن ان تمتلك العضلة ايضا قدرة كبيرة بدلالة العزم المنجز وزمن التقلص لنفس اللاعب بالشكل (286) عند رفع المقاومة بتقلص مركزي.



شكل 286

القدرة الخارجية بدلالة القدرة الداخلية للجسم

ويمكن ان تكون قدرة عضلية بدلالة الشغل عند التحضير، وبدلالة العزم عند الاداء(كقسم رئيس) لاكثر من مفصل بتسلسل حركي جيد لتكون الحركة هي مجموع القدرات العضلية العاملة على المفاصل التي تقوم بالحركة المعنية. لاحظ الشكل(4)

يمكن ان تكون القدرة العضلية بدلالة = القوة × السرعة

والقانون اعلاه مشتق من قانون القدرة =العزم÷ الزمن 1

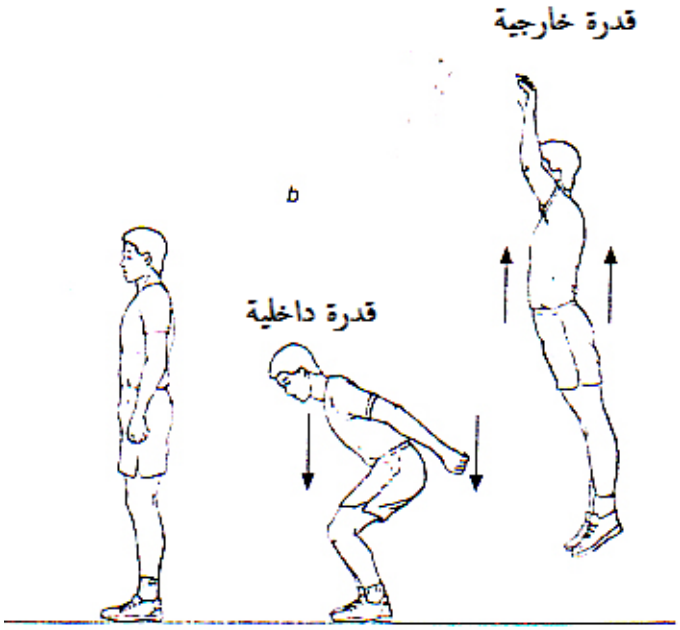
ولما كان العزم = القوة× بعد

القدرة = القوة×البعد ÷الزمن.....2

ولما كان البعد ÷ الزمن هو سرعة ، لذا فالسرعة هنا هي سرعة محيطية ناتجة من سرعة زاوية ونق لان قوة العزم هي قوة مدورة تسبب هذه السرعة، لذا يمكن القول ان

القدرة = (القوة× السرعة الزاوية× نق) ÷ 57.32

وقدرة العضلة بدلالة شغل العضلة(كتحضير) نطلق عليها القدرة العضلية الداخلية المتأتية من خلال عمليات الانقباض اللامركزي(شغل العضلة بالامتطاط وقوتها) للتحضير وانتاج القدرة النهائية (الخارجية) بدلالة العزم والانقباض المركزي وزمن التقلص ،(كقسم رئيسي) ،وهذه القدرة العضلية الداخلية يفترض ان تكون بمستوى عالي لكي تنتج قدرة ميكانيكية خارجية لكل جزء من اجزاء الجسم والتي تظهر كما عند اداء حركة قفز او انطلاق حركة ركض او مهارة سريعة وقوية كمهارات الضرب الساحق في مختلف الالعاب(طائرة، تنس،كرة سلة) او رفع اثقال....الخ.(لاحظ الشكل 287)



شكل 287

القدرة الداخلية والخارجية عند القفز عاليا

الشكل 288

القدرة الداخله والخارجه برفع الاثقال

وبهذه الصورة يمثل مفهوم الشغل مقياس للتأثيرات الخارجية المطبقة على الجسم لمسافة معينة ،والتي تستدعي تغييراً في الحالة الميكانيكية للجسم. والنسبة بين القدرة الخارجة والقدرة الداخلة تعطي معيارا للكفاءة البدنية للقدرة السريعة

كفاءة القدرة السريعة = (القدرة الخارجة ÷ القدرة الداخلة)×100

وكلما كانت النتيجة قريبة من (1) فان ذلك يدل على كفاءة عالية للقدرات العضلية(شغل وعزم العضلة) للحصول على اكبر قيمة للقدرة الخارجة.

ـ القدرة الداخلة والخارجية لرافع الاثقال

ـ ما مدى الحاجة لنتائج هذه الدراسة في التدريبات الخاصة بتطوير القوة والقدرة العضلية وفقا لنوع المهارة:

ان جميع التدريبات يجب ان تنصب على تطوير شغل القوة العضلية في وضع التحضير من خلال التغلب على مقاومة والعضلة في حدود استطاله معقول لها من طولها (ضمن الحدود الامنه وما مطلوب منها للتحضير) لغرض زيادة نتاج شغلها العضلي في التحضير مع مراعاة زمن التقلص لامكان زيادة قدرتها اثناء

التحضير، وذلك لان هذه القدرة تشكل احد القياسات التي ينتج عنها قياس الكفاءة العضلية.

من جهة اخرى يجب ان يراعى تدريب عزم القوة لنفس العضلة وزمن تقلصها مركزيا كناتج نهائي للقدرة للقيام بالحركة من خلال التقلص المركزي وامكان قياس هذه القدرة العضلية التي تؤدي الى تحقيق النتيجة النهائية لهدف الاداء (قدرة خارجية) وهذه القدرة تشكل القياس الاخر لقياس مقدار الكفاءة العضلية.

ان التناسق والترابط الجيد بين القدرة الداخلية والخارجية ستنعكس على امتلاك الجسم الزخم الخطي او الزاوي المناسب ومكانية الاحتفاظ بقيمته خلال مراحل الاداء لانه يمثل الانسيابة الجيدة للحركة، ويمكن تحديد الشدة التدريبية من خلال ما ينتج من زخم خطي من خلال التدريب لكلا القدرتين والذي يجب ان يكون وفقا لهدف الحركة والمتطلبات الميكانيكية حسب المثال الاتي:

- مثال لاعب كرة قدم كتلته 75 كغم ، يقطع مسافة 20 متر بزمن 3.1 ثانية؟ اعط تدريبات لهذا اللاعب بشدة 90% لتدريب هذه المسافة لـ 10 تكرارات، باعتماد طريقة الزخم؟ ومقارنتها بالطريقة التقليدية؟

من خلال قانون الزخم ، نستخرج القانون المشتق الاتي:

ق= ك م ÷ ن^2

وبعد التعويض عن هذه القانون بالقيم التي اعطيت بالمثال تكون المعدالة:

ق= 75 ×20 ÷ (3.1) ^{2}

ق=156.087 نت وهي تساوي 100% من القوة السريعة

156.087×0.90= 140.47 تمثل 90% من القوة السريعه

نعود بالمعادلة علاه من جديد ونقول

140.47= 75 ×20 ÷ ن^2

ن = 3.26 ث وهي تساوي شدة تدريب 20 م بشده 90%

بينما الشدة التقليدية لتدريب هذه المسافة هي = 3.44 ث

يلاحظ فاعلية طريقة الزخم لتحديد شدة التدريب بالاستناد الى قوة الدفع اللحظي الذي يتميز به اللاعب، وايضا سهولة تطبيق القانون من قبل المدربين ثانيا. والتي ترتبط بتطيق القدرة الداخلية والخارجية.

- **العوامل الميكانيكيه التي تؤثر على القدرة العضلية : –**

أن كفاءة العضلة على وفق القدرتين الداخلية والخارجية يجب ان ينسجم وحجم القوه المتولده بواسطة العضله والتي يمكن أن تعود ايضاً إلى سرعة تقصير العضله وطولها عندما يتم تحفيزها والمده الزمنية منذ استلام العضله للتنبيه و لأن هذه العوامل تحدد قوه العضله فقد قام العلماء بدراستها مفصلاً من خلال:

العلاقة السرعه – القوه : – هي علاقة عكسيه

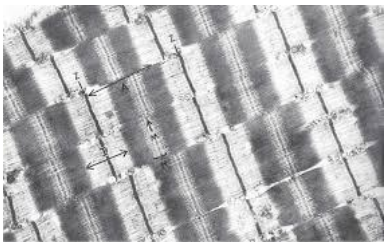
العلاقة الطول – القوه : هي علاقة طردية

العلاقة الزمن – القوه : – هي علاقة عكسية

اولا: علاقة السرعه – القوه :

أن العلاقه الكلاسيكيه بين السرعه والقوه للشد في أنسجة العضله وضعت أو سجلت أول مرة من قبل العالم (هيل عام 1938) . أن العلاقة بين القوه المركزية المبذوله بواسطة العضله والسرعه التي عندها تكون العضله قادره على التقصير هي علاقة عكسيه. فمثلاً عندما تكون المقاومه واطئه فإن سرعة التقصير تكون عاليه وبالعكس.أن علاقة السرعه – القوه لا تعني من المستحيل تحريك مقاومه ثقيله في صورة سريعه.وكلما زادت قوة العضله فإن كمية القصوى من التوتر تكبر معها.وكذلك أن هذه العلاقة لا تعني استحاله تحريك ثقل عالي بصوره بطيئه.أن معظم النشاطات اليوميه تتطلب البطيء و التحكم في الحركات.أن شكل سرعة تقصير العضله شيء غير ثابت.فمثلاً أن التقاط قلم رصاص من فوق

المائده يمكن أن يتم بصوره سريعه أو بطيئه، أعتماداً على شكل المتحكم وحدات الحركه المجنده في العضلات المشتركه بهذه الحركه .



الشكل 89
الالياف الغامقة والفاتحة بالعضلة

وفي جسم الأنسان قابلية توليد القوه تزداد عندما تكون العضله متمدده . أن العضلات ذات الألياف المتوازيه تنتج شد أقصى في فوق الطول العادي , وعضلات الألياف المثلثيه تنتج أقصى شد لها ما بين (120 % و 130 %) من الطول . أن هذه الظاهره تعود إلى توزيع المكونات المطاطيه , بالأضافه إلى الشد الموجوده عليه العضله عندما يتم تمديدها.

التركيب المطاطي التي تتميز به العضلات يسبب في أرتداد مطاطي ويعكس التمدد التنبيه الحاصل في العضله . ويسمى دوره التمديد – التقصير.

وعندما تستثار العضله لفتره قصيره من الزمن يمكن أن تبدأ العضله بالانقباض مباشرة بعد هذه الاستثاره ، و يشار هنا الى مدة زمنية قصيرة جدا قبل البدء بالانقباض يطلق عليها (التأخير الألكترميكانيكي) هذه الفتره من الزمن يعتقد على أنها الحاجه من الوقت لتقليص مكونات العضله او ما يطلق عليها بالعتبة الفارقة للتعبئة والتي تعني الفراق بين ما يبذل من قوة في التقلص اللامركزي والتقلص المركزي لنفس العضلة والتي تبلغ عند المتقدمين 5% وعند المبتدئين 45%.. أن طول التأخير الألكترميكانيكي يتنوع بين عضلات الشد بحيث تكون سرعة التقلص الناتجة بالعضلة تتراوح ما بين (20 – 100 م/ ثانيه) . لقد وجد الباحثين أن أقصر مده تأخير الكترميكانيكي ينتج بواسطه العضلات ذات النسبه العاليه من الياف الـ (FT) , إذا ما تم مقارنتها مع العضلات ذات النسبه العاليه

من الياف ألـ (ST) . لهذا فأن زمن تطور توتر القوى القصيره عاده ما يصاحب العضلات ذات النسبه العاليه من الياف (FT) وفي حالة التمرن .

أن تطوير اقوى تقلص عضلي عادةً يصاحبه ايضا أقصر تأخير الكتروميكانيكي. وكلا القدرتين يمكن ان تعطي مردود لزياد الدفع اللحظي عند بذله خلال الحركات السريعة والذي عادة ما يصاحبه تغير في الزخم، ولهذا يمكن ان نصمم من قانون الدفع اللحظي وتغير الزخم الشدة المطلوبه لتدريب السرعة لعدائي المسافات السريعه.

طالما ان هناك متغير للسرعة في قانون الزخم وفق للاتي:

ق ×ن= ك × م/ ن ق = ك م / ن^2

لذا فان شدة التدريب = الزمن القصوي / الشدة المطلوبة

ويستخدم هذا القانون لتدريب المستويات العليا فيما يخص تدريب السرعة باعتبارات ان اللاعبين غير متساويين في قدراتهم البدنية.

- **العوامل الوراثية ودورها في تدريب القوة**

قد نلاحظ ان بعض الأشـــخاص يصـــلون إلى درجة كبيرة من القوة والحجم العضـــلي في حين لا يحقق البعض الاخر ســـوى مســـتوى متواضـــع حتى وان كانوا يؤدون نفس البرنامج في التدريب على الإثقال (اي باســـتخدام نفس التمارين ونفس عدد التمارين والتكرارات)؟ في بعض الحالات قد تنتج اســـتجابات مختلفة للتدريب جراء التمرين بمســـتويات مختلفة من الشـــدة. على الرغم من ذلك، فان اغلب الاختلافات في الاستجابة لتدريب القوة هي في الأساس ناجمة عن قدرات الشخص او عوامله الوراثية. فبكل بســـاطة لدى كل فرد قدرة وراثية مختلفة على تحقيق القوة والحجم باستثناء حالة التوأم المتماثل طبعـاً.

-العوامل الوراثية:

ان التركيب الوراثي هو أهم العوامل المؤثرة في تحديد القدرة على تنمية حجم العضلات والقوة البدنية فان عدد من السمات الوراثية قد تؤثر في الاستجابة لتدريب القوة.

-نوع الألياف العضلية السائدة:

و هذا العامل يلعب دوراً رئيسياً في قدرة المرء للوصول الى الحجم والقوة العضلية المتوقعه (غريفز & بولوك 1992). وكذلك فان تكوين الليف العضلي يحدد القابلية القصوى للجهاز العضلي العصبي للقيام بحركة ذات سرعة عالية (هاكينين & كومي & ألين 1985). ويمكن تقسيم انواع الليف العضلي الى مجموعتين أساسيتين هما:

- مجموعة الشد البطيء او النوع الأول
- مجموعة الشد السريع او النوع الثاني (كلوس 1972، بيهل 1974، لامب 1984، غريفز & بولوك 1992).

تختلف هاتان المجموعتان في نواحي عديدة، كسرعة التقلص وقوته وقدرة التحمل. فألياف النوع الثاني بامكانها التقلص سريعاً وتوليد مقادير كبرى من القوة لكنها سريعة الإجهاد او التعب. في حين تتقلص ألياف النوع الأول بصورة أبطأ نسبة للنوع الثاني وتولد قوة اقل لكنها تحملها اكبر. تسمى المجموعة الأولى بالكلايكوليتيكية نظراً لخواصها الايضية وتسمى المجموعة الثانية بالتاكسدية (يقر بعض الباحثين وجود نوع او أكثر من الألياف الوسطى تمتلك خواص المجموعتين على السواء).

تتكون عضلات كل شخص من كلا نوعي الألياف، وتتداخل أنواع مختلفة من الألياف في كل عضلة (فوكس & ماثيوس 1981). مع ذلك فان توزيع ألياف النوع الأول والثاني داخل كل عضلة يكون محدد وراثياً (كومي 1977، كومي & كواريون 1979، فوكس 1984). فقد يرث البعض نوعاً من الألياف يكون هو الغالب مما يتيح لهم التقدم في بعض الأنشطة. على سبيل المثال، يكون العداء المتميز ذو قدرة

على توليد مقادير كبيرة من القوة في وقت قصـير. وتنكشـف نسـبة عالية من ألياف النوع الثاني عند التحليل ألمجهري لنسـيج عضـلي في عينة مأخوذة من التركيب العضلي للنصف الأسفل من جسم العداء. ويصح نفس الشيء على رماة الثقل ولاعبي كرة القدم ورافعي الأثقال وعلى إي رياضـي يتوقف تفوقها على الحركات السـريعة القوية (غولينك 1972، كوستيل 1976، سالتين 1977).

من جهة أخرى، يكون لدى عداء المسـافات الطويلة قدرة عالية على التحمل. لذا تنكشـف نسـبة عالية من ألياف النوع الأول تحت المجهر في عينة نسـيج عضـلي مأخوذة من التركيب العضـلي لمنطقة أسـفل الجسـم لعداء المسـافات الطويلة او اي لاعب آخر يشـارك في مباريات رياضـية تتطلب قدرة عالية من تحمل العضـلة (غولينك 1972، كوسـتيل 1976). ومن الجدير بالملاحظة إن تركيب نوع الألياف عند الفرد قد يختلف من عضـلة لأخرى لنفس هذا الفرد وقد يتفاوت من جانب لآخر من جوانبي الجسم او جهتيه (دينتيمان 1984).

- **التضخم العضلي :**

يطلق اصطلاح التضخم على زيادة حجم العضلة. (كما يطلق اصطلاح الضمور على النقص في حجم العضـلة). إن كل من مجموعتي نوعي الألياف العضـلية لها الاستعداد للتضخم. رغم ذلك فان ألياف النوع الثاني ذات قابلية اكبر عن التضخم من النوع الأول (شـاركـي 1975، ثورتسـتنسـون 1976، ماكدوغل 1980، كومي 1986، غريفز & بولوك 1992). وهذا يشـير الى ان الذين لديهم نسـبة عالية من الياف النوع الثاني لديهم اسـتعداد اكبر لزيادة حجم عضـلاتهم. ويظهر هؤلاء قدرة عالية على تحقيق انجازات القوة لان الياف النوع الثاني تولد قوة اكبر (شـاركي 1975، فوكس & ماثيوس 1981، ويستكوت 1983). ومن المهم ملاحظة ان الياف النوع الثاني لا تتضخم أسرع فحسب بل تضمر أسرع كذلك وبدرجة اكبر من ألياف النوع الأول (ماكدوغل 1980، جونز 1993).

- تحول الالياف:

ليس هناك دليل شامل موجود على إن بإمكان تدريب القوة تغير او تحول ألياف النوع الأول إلى ألياف النوع الثاني او العكس (غولينك 1973، ماكافرتي & هوفاث 1977، كوستيل 1979، دونر 1979، هاتفيلد 1981، ويلمور 1982، لامب 1984، ماكدوناخ & دافيز 1984، شاركي 1984، هاولي & فرانكس 1992، بابيبس 1994) ، بالرغم من اتخاذ نوع الألياف العضلية خواص أيضية معينة موجودة لدى النوع الآخر من الألياف ، إلا إن التحول التام مستحيل. بعبارة أخرى، يستحيل تحويل نوع من الألياف إلى نوع آخر كاستحالة تحويل البغل إلى حصان سباق. واشار(كالسون calsoen 1977) الى انعدام تأثيرات تدريب القوة على تكوين الألياف العضلة ، وتبعه في هذه الدراسة (كومي وفيناسابو 1979). ويشير بحث هؤلاء العلماء، إن العوامل الوراثية تحدد التفاوت في تركيب الألياف العضلية الهيكلية بشكل كبير.

- تدريب القوة وزيادة عدد الألياف:

ليس هنالك إثبات يبرهن إن تدريب القوة يزيد عدد الألياف العضلية في الانسان (جونز 1971، ماكدوغل 1984، كومي 1986، غريفز & بولوك 1992). لقد لوحظت الزيادة في عدد الألياف العضلية – او ما يسمى بفرط الاستنساخ- عند الحيوانات (غونيا 1980) لكن ليس ذلك موجود في الانسان (ماكدوغل 1976). ويحتمل ان يكون اثر تدريب القوة هو زيادة البروتين (أي الاكتين والمايوسين) وليس نمو ألياف جديدة (شاركي 1975، ويستكوت 1983، ماكدوغل 1986، غريفز & بولوك 1992).

ـ قابلية العضلة على التحمل:

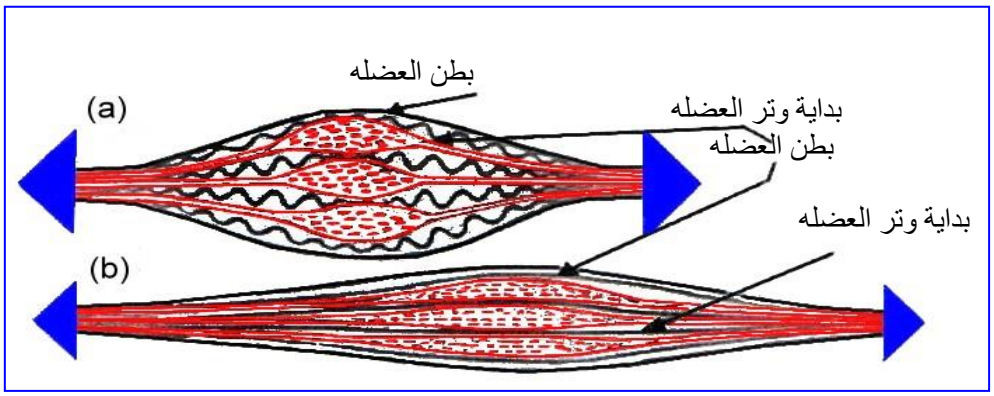
إن كل من يمارس تدريب القوة لابد وان يكون قد لاحظ في وقت ما مخطط يدرج النسبة المئوية لأقصى التكرارات مع إرشادات توضح عدد التكرارات التي لابد من القيام بها بنسبة مئوية معينة للحد الأقصى للقوة. والحقيقة هي ان كل فرد لديه قدرة مختلفة لقابلية العضلة على التحمل بالاعتماد على نوع الألياف الموروثة. مثلاً، قد لا يكون ذوي النسبة العالية من النوع الثاني للألياف العضلية قادراً على انجاز تمرين معين بنفس عدد التكرارات التي يؤديها شخص آخر لديه نسبة عالية من النوع الأول للألياف العضلية رغم ان كلا الشخصين يستخدمان نفس النسبة المئوية لأقصى قوتها. لقد قام (جونز وزملاؤه1988) بفحص شخص يمكنه تأدية تكرار واحد فقط بـ (80%) من أقصى قوته. ثم استطاع شخص آخر اجراء (34) تكرار بـ (83%) من أقصى قوته (الشخص الثاني هنا أنثى) قبل ان يصل الى الإجهاد العضلي. وكان لديها (الشخص الثاني) أخت توأم استطاعت تأدية (34) تكرار بـ (83%) من أقصى قوتها. والمثير للاهتمام لم تكن إحدى الأخوات موجودة أثناء تأدية الأخرى للتكرارات ولم تعرف إي منهما النتائج إلى أن تم اختبارهما سوية.

بالتالي، فان مخططات النسب المئوية وما تحويه من جداول تدريب قد تكون لا قيمة لها بالنسبة للجميع على تلك الفئة القليلة من الأفراد ذوي التركيب المعين الموروث من أنواع الألياف العضلية التي يمكنها الاستجابة للعدد المقرر من التكرارات.

ـ نسبة طول العضلة إلى طول الوتر:

تتألف كل العضلة كما ذكرنا سابقا، من جزئيين هما: اللحم او الجزء اللحمي (المتكون اساساً من الألياف العضلية) والوتر (وهو النسيج الليفي الرابط). والعامل الآخر الذي يحدد استعداد الفرد لزيادة حجم وقوة عضلاته هو العلاقة بين طول جسم العضلة وطول وترها (رايلي 1982، ويستكوت 1983، جونز 1993). يبين الشكل (121) مثالين تشريحين أطلق على احدهما A والآخر B وكلاهما متماثلان باستثناء خاصية واحدة. لاحظ ان A يوضح جسم عضلة طويل نسبياً وامتداد اقصر للوتر.

عند المقارنة نجد ان B يوضح جسم عضلة قصير ووتر طويل. ولذا فان الاستعداد للنمو العضلي مرتبط بصورة مباشرة بطول العضلة (رايلي 1982، ويستكوت 1983، جونز 1993). أما الأشياء الأخرى فهي متساوية، فالشخص ذو نسبة العضلة الى الوتر الموضحة في A لديه استعداد وراثي اكبر لتحقيق حجم عضلي من الشخص المتمثل الذي له النسبة الموجود في B.



الشكل (290)
نوعين من العضلات

إن العضلة الأكبر تكون ذات مقطع عرضي اكبر للمساحة. ومساحة المقطع العرضي الكبيرة تحوي عدد اكبر من شعيرات موصلات البروتين ولذا تزداد قدرتها على توليد القوة. وبالتالي إن العضلة الأكبر – اي ذات المقطع العرضي الأوسع- هي عضلة أقوى (ايكاي & نوردين 1980، يونغ 1983، ويرهيد 1984، اينوكا 1988). وهذا يعني إن الشخص ذو الجزء اللحمي العضلي اكبر هو شخص قوي دون شك.

إن التباين الطفيف في طول العضلة قد يسبب اختلاف كبير في الاستعداد لتطور الحجم والقوة.فنظرياً تكون مساحة المقطع العرضي للعضلة مساوية لمربع طول هذه العضلة ويكون حجم العضلة مساوياً لمكعب طول تلك العضلة (اسموسين & هيبول – نيسلون 1955). مثلاً تكون العضلة ذات طول 3 سم ذات مساحة عرضية – المقطع حوالي (9) سم^2 ، (3 سم × 3 سم) . وبحجم 27 سم^3،(3 سم ×

3 سم × 3 سم). من جانب آخر، وان العضلة ذات الـــ 4 سم طولاً تكون مساحتها المقطعية 16 سم^2 (4 سم× 4 سم) وحجمها 64 سم^3 (4 سم × 4 سم× 4 سم).

أما بالنسبة لنوع الألياف العضلية، فقد تتفاوت نسبة العضلة إلى الوتر لدى المرء في عضلة إلى أخرى. ومن الصعب تحديد طول جسم العضلة الحقيقي لان العضلة قد تختفي تحت الشحم الموجود في الجلد او تقع تحت عضلة أخرى. مع ذلك، قد يكون طول العضلة واضح عادة في العضلة الثلاثية الرؤوس والساعدين وبطتي الساق بشكل خاص. ولا تخضع طول العضلة للتغيير (رايلي 1992، ويستكوت 1983).

- مستويات هرمون التستوسيترون (هرمون الخصية)

رغم كون التستوسيترون هرمون جنسي ذكري لكنه متواجد في دم أية امرأة سوية. ففي الذكور تقوم الخصيتان بإفراز التستوسيترون في حين تقوم الغدة الكظرية لدى الإناث بإفرازه، وتقوم الغدة النخامية بتنظيم إفراز هذا الهرمون. يقوم التستوسيترون بتحفيز مركبات البروتين ويؤثر على الخواص الجنسية الثانوية. مثلاً، يعمل لدى الذكور على تخفيض نغمة الصوت ويشترك في نمو شعر الوجه ونمط الصلع لدى الذكور المتعذر على التفسير. بالإضافة إلى ذلك، يقوم التستوسيترون بتحفيز النمو العظمي والبنية الجسمية إلى الذكور. باختصار فان الهدف او النشاط الأساس هو تصعيد النمو. ولهذا السبب فان الأفراد ذوي المستويات الوراثية ،يتفوق لديهم المعدل من هذا الهرمون ويكون استعدادهم اكبر للنمو والنضج المتصاعد.

- أطوال (العظام) العتلة:

يرث بعض الناس عتلات قصيرة (إي عظام) ونسب جسمية أخرى تعطيهم فائدة كبيرة في بايوميكانيكية حركة اجسامهم، (بويليو & لوهان 1977). مثلاً، ان استطاع لاعب أداء أفضل ضغط مصطبة في العالم سنلاحظ ذو أبعاد جسمية مماثلة اي اذرع قصيرة وصدر عالي او ضخم نسبياً. ان ذوي الأذرع القصيرة يتميزون بفائدة في حركات الدفع والسحب لأنه ليس عليهم ان يحركوا الثقل بنفس البعد الذي يحركه ذو الذراع الطويلة. وكذا فان أفضل مصارعي العالم ذوي جذوع قصيرة

عموماً وعضـلات بطن ضـخمة ووركين واسـعين وسـاقين قصـيرتين. مرة أخرى تسمح هذه الميزة البايومكيانيكية في العتلات لهؤلاء الرياضيين رفع أوزان ثقيلة جداً.

والمهم إن ذو الأذرع الطويلة قد يقوم بجهد اكبر فعلياً من ذوي الأذرع القصيرة حتى ان اسـتخدم وزناً اقل. كيف يمكن ذلك؟ تأمل فردين: الاول طول ذراعيه (50) سـم ويرفع ضـغط مصـطبة بوزن (200) كغم والثاني طول ذراعيه (60) إنج ويؤدي ضغط المصطبة بوزن (180) كغم وحسب تعريف الجهد (الثقل والتكرار والمسافة) فالأول ينجز شـغل (10000) كغم. سـم من الجهد (50سـم × 200 كغم) ، والثاني ينجز شـغلا (10800) كغم.سم من الجهد (60 سـم× 180 كغم) ، بالتالي يكون جهد الثاني اكبر لان الثقل يتحرك بمسافة أطول حتى وان لم يرفع ثقلاً اكبر من الأول.

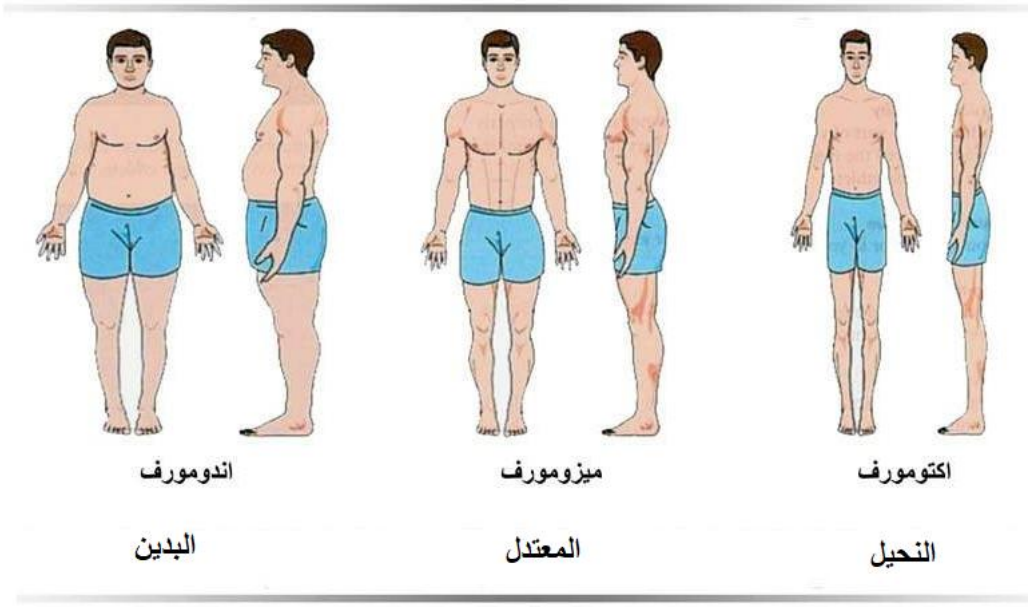
- برامج تدريب الأثقال:

ان من يسـتطيع رفع أوزان ثقيلة يكون متكامل من نحية القياسـات الجسـمانية والقدرات البدنية. لكن ماذا عن الشخص العادي الذي قد لا يصل ابداً الـ (300 كغم) لأنه من أصحاب الإطراف الطويلة وراثياً؟ والبعض يصل إلى الاعتقاد بأنه لا يمكن ان يكون من القادرين على تدريب الأثقال. والأعقل هو الايمان ما باسـتطاعة كل شخص ان يحصل عليه بالتساوي في فرص التدريب (كأغلب محترفي رفع الأثقال). والمؤكد ان الاستجابة الأكثر حماسة تكون لدى من يمتلك تشوهاً ميكانيكياً بخصوص عرض القوة.

- البنية الجسمانيـة:

يلعب نوع البنية الجسـمية للفرد دوراً اسـاسـياً في القوة والنمو العضـلي. هناك ثلاثة نماذج جسمية تستخدم لوصف نوع جسم الشخص: الضخم، العضلي والنحيل. يتميز الضـخم بالرقة والخواص او الملامح المسـتديرة ولدى هؤلاء نسـبة عالية من الدهون وبروز قليل للعضـلات – ومثال هذه البنية هو مصـارع السـومو. يتميز ذو الأجسـام العضـلية بعضـلات غزيرة وذو بنية رياضـية وأكتاف عريضـة وصـدر عريض وخصـر نحيف. ان اغلب بناء الأجسـام ذوي نسـبة كبيرة من البنية الداخلية.

اخيراً يتميز ذو البنية الخارجية بالأطراف الطويلة واللين والبنية النحيفة. ويكون ذو شحوم قليلة ونمو عضلي قليل ويبرع هؤلاء في عدو المسافات الطويلة.



شكل 291
الانماط الجسمية

ولان كل شـخص لديه درجة معينة من كل نوع فقد تم تطوير نظام قياسـي يعطي الشـخص علاقات في كل هذه الحقول الثلاثة. قام (شـيلدون 1954) بتطوير الجهاز الأصـلي مسـتخدماً ميزان من (1 الى 7) لتحديد درجة كل من الأنواع الثلاثة فالرقم واحد يمثل اقل مقدار من النوع ويشـير الرقم سـبعة لاكبر قدر منه وبالتالي فان بنية الجسم المقاسة (7-1-1) تشير الى بنية ضخمه كبيرة (سمنـــة) و(1-7-1) الى بنية داخلية (عضلية) و(1-1-7) الى بنية خارجية (نحيف).

مع ذلك هنالك قلة من الناس نسبياً يصفون بأنهم ذوي نوع بنية جسمية واحدة تماماً ورغم ميل الناس لنوع الجســم فاغلبهم خليط من الأنواع الثلاثة. فان النوع الداخلي بقياس (2-6-3) مثلاً (الضـخم – العضـلي- النحيف) يصـف شـخص ذو دهون قليلة جداً ونمو عضـلي كبير وهيكل نحيف. لذا تظهر هذه البنية الخارجية – الداخلية ميولاً خارجية وداخلية.

عزت الكثير من الدراســات نوع الجســم إلى الأداء الجســمي (كورنتي & وازلي 1964، تانر 1964، كارتر 1970 و1974، مالينا 1971، جوكل 1973، ديغاراي & ليفين & كارتر 1974، بورمز 1986). كما متوقع فان البنية الداخلية(العضـلي) هي اكبر استعداداً وراثياً لتنمية حجم وقوة العضلة. استنتجت دراسة (بورمز وآخرين 1986) إن بناة الأجسام العالميين هم من ذوي البنية الجسمية الداخلية النقية.

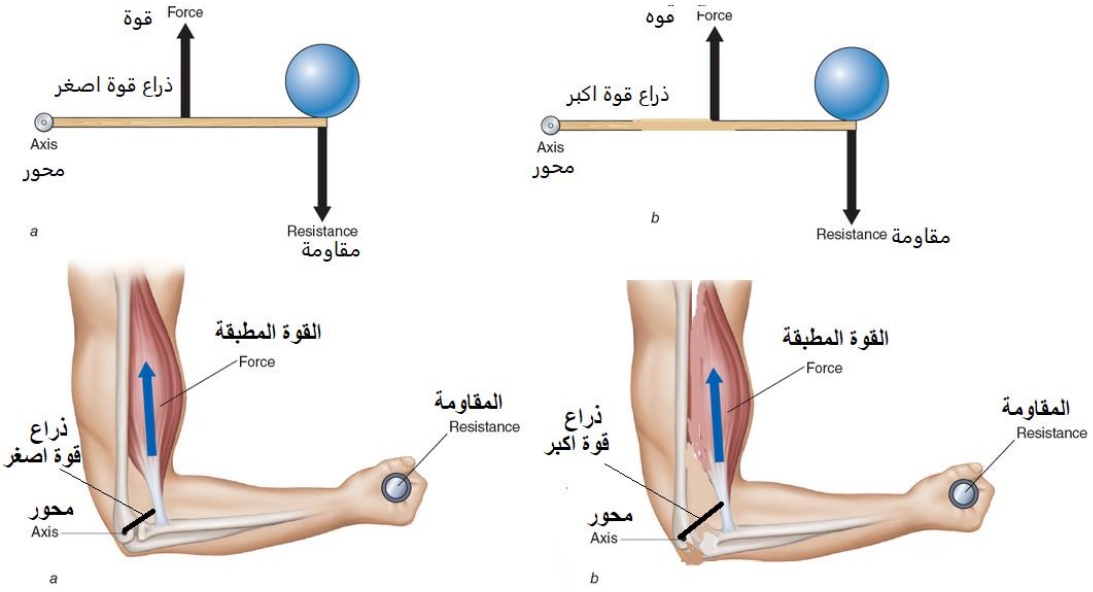
ـ نقاط اتصال الوتر بالعظم:

من وقت لآخر نعجب لرؤية شــخص يكون أقوى مما يبدو عليه. قد يكون هذا الشــخص حقيقة قوياً جداً رغم قلة نموه العضــلي. كيف يمكن ذلك اذا تعلقت القوة مباشـرة بحجم العضـلة (اي المسـاحة المقطعية الفسـيولوجية)؟ والسـبب المحتمل هو امتلاك الشخص لنقاط متميزة من اتصالات الوتر بالعظم. فاذا كان شخصان هما A و B يحملان نفس المقاومة في ذراعيهما (100 كغم) والتي تبعدان نفس المسافة من مرفقيهما (30 سم). الا ان الفرق الوحيد هو نقطة اتصال اوتار العضلة الثنائية. فلدى A وتر عضـلة ثنائية تتصـل بالسـاعد (3 سم) من المرفق في حين لدى B (2.5 سم) من اتصال الوتر من المرفـق.

وحقيقة الأمر هي انه كلما ابتعدت نقاط اتصال الوتر عن محور الدوران تكون الفـائـدة البـايوميكـانيكيـة اكبر(أي عزم قوه العضــلـة اكبر) (جونز 1972، رايلي 1982، ويستكوت 1983، ويرهد 1984، ثومبسون 1985، ستامفورد 1986). في هذا المثال يمكن حســاب القوة اللازمة للمحافظة على المقاومة بالوضــع الثابت باستخدام معادلـة (القوة × ذراع القوة= المقاومة× ذراع المقاومة) او بصـورة ابسـط (قوة × ذراعها = مقاومة × ذراعها) (نلســون 1979، ويســتكوت 1983، ويرهد 1984، ثومبســون 1985). ويعرف ذراع القوة بأنها المســافة العمودية بين محور الدوران (المرفق) ونقطة تاثيرالقوة (نقطة اتصــال الوتر) وتعرف ذراع المقاومة بأنها المسـافة من محور الدوران الى نقطة اسـتخدام المقاومة (مركز ثقل المقاومة). وبإدخال الأرقام المعطاة سـابقاً على المعادلة يتضـح ان A يجب عليه ان يولد عزما

(300 كغم.ســـم) لحمل المقاومة من وضـــع الثبات. من جانب آخر يجب ان يولد B عزما (250 كغم.ســم) لانجاز نفس المهمة. بعبارة أخرى يجب ان ينجز A أكثر من B بـ (20%) ويكون لـ A ميزة لتوليد عزم قوة اكبر و أفضل من B وقس على ذلك. لذا يكون A ذو اســـتعداد اكبر لاســـتخدام القوة. ذكر (روبرتس 1984). ان لهذا الموضوع له أثار كبيرة على الكفاءة العضلية.

إن هذا العرض المبسـط للقوى الثابتة. انما يوضـح حقيقة إن الفرق الضـئيل في نقطة اتصـال الوتر يؤدي الى مقدار كبير من التفاوت بقيمة العزم العضـلي (ديسـون 1973، ثومبسون 1985، كندي 1986، ستامفورد 1986). يمكن استخدام اشعة X وصورة الرنين المغناطيسي لتحديد نقاط اتصال الوتر بدقـة.



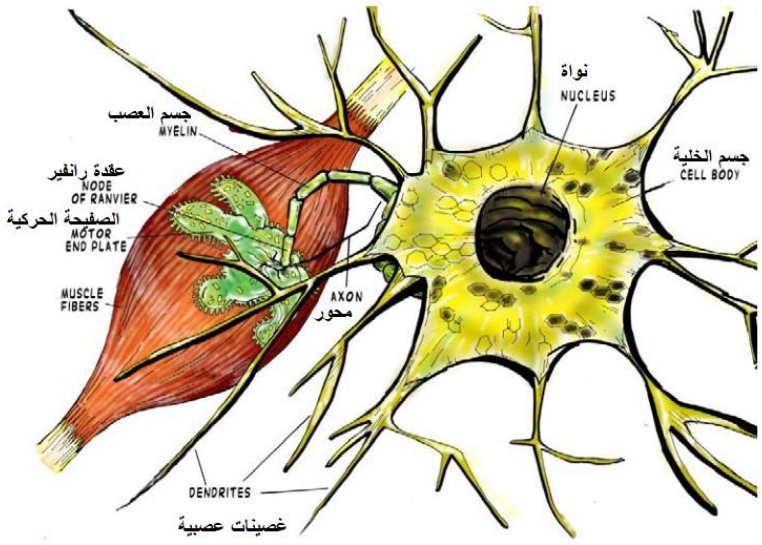
شكل 292
اختلاف العتلة المتشابهة باختلاف ذراع القوة

ـ الكفاءة العصبية:

وهذا هو العامل الوراثي الأخير الذي يتعامل مع الجهاز العصـبي وقد اصـطلح عليه بالكفاءة العصـبية (او كفاءة العصـب عضـلية) ويشـير إلى كفاءة الفرد الوراثية على تنبيه الألياف العضلية. لاحظ الكثير من الباحثين ، دور الكفاءة العصبية (جونز 1975 و1977، واردن 1982، رايلي 1982، كندي 1986، هوتشينر 1992).

واتضـــح ان البعض بإمكانهم تطويع نســـبة عالية من أليافهم العضـــلية أكثر من البعض الآخر مما يمنحهم ميزة حتمية في اسـتثارة القوة. افرض مثلاً ان A يسـتطيع تطويع (40%) من أليافه العضلية في حين يطوع B (30%) فقط. بفرض ان الاثنين لديهما نفس الكتلة العضـــلية، فيكون A ذو اســـتعداد اكبر لنتاج القوة لأنه قادر على تطويع نسبة أعلى من أليافه العضـلية. وهذا سبب آخر في ان يكون احدهم أقوى مما يبدو عليه.

افترض (جونز 1977) بان الكفاءة العصبية متناسبة عكسياً مع التحمل العضـلي اللاوكسجيني(تحمل القوة وتحمل القوة السريعة). وبمصطلحات ابسط يعني هذا انه إذا كان الرياضي ذا مستوى عالي من التحمل العضلي اللاوكسيجيني فانه ذو كفاءة عصـبية قليلة والعكس فان كان مسـتوى التحمل العضـلي واطئ له فان يملك جهازاً عصـــبياً كفوءاً. وبنفس المثال الســـابق يدخر B ألياف أكثر من A إذا اســـتطاع A تطويع أليـاف أكثر من B وقس على ذلـك. حيـث تكون قـدرة وقوة A اكبر ويكون تحمل B العضـــلي اكبر. (تذكر ان هذا يشـــير الى التحمل العضـــلي وليس التحمل الاوكسجيني).



شكل 293
ـ تطويع العصب الحركي العضلة

- الوراثة مقابل التدريب:

باســـتخدام نتائج برنامج تدريب الأوزان فان الأفراد لم يخلقوا متســـاوين. إن استطعنا أداء برنامج قوة مماثل لبرنامج شخص آخر لفترة من الوقت نجد من الغريب أننا لن تكون نسخة مماثلة جسمياً عنه او انه لا تماثله تماماً. يستجيب كل فرد بشكل مختلف للتدريب، لان كل فرد هو كيان وراثي لا مثيل له وذو استعداد وراثي مختلف على تحقيق حجم وقوة العضـــلة. لدى البعض اســـتعداد أو ميل مســـبق نحو البنية المحدودة. وبالتالي فان الاعتقاد بان أداء تكرارات واطئة بأوزان ثقيلة يضـــخم العضـــلات أو إن التكرارات الكثيرة بأوزان خفيفة ينمي القوة هو اعتقاد خاطئ ولا أساس له. لابد وان تنمو حسب خواصك الوراثية سواء تألفت تمارينك من تكرارات واطئة او عالية او متوسطة شريطة إجراء التمارين بنفس مستوى الشدة.

ان من لديه ميل وراثي نحو بروز وضـــخامة العضـــلات هو من جملة المهووسين بمجلات العضـــلات. لأنه لو كان كل ما عليك القيام به لتنمية عضـــلات ضـــخمة هو إتباع برنامج بطل العالم الآخر في بناء الأجســـام لكان الملايين رجالاً ونساءاً هم أبطال العالم. وكذا الحال مع رفع الأثقال حيث إن إتباع برنامج بطل العالم لا يعني انك طورت نفس المســـتوى من القوة الجســـدية. مع الأســـف فان الملايين يرتكبون خطأً فظيعاً بتقليد برامج تدريبات نجوم الرياضة وهي في الواقع برامج غير عملية وغير كفوءة وخطرة احياناً لأغلب الناس.

لا تتولد استجابة الفرد بالضرورة بسبب برنامج معين من التمارين. عندما تذهب لقاعة الأثقال ، انظر إلى الأزواج المتناســـقة من زملاء التدريب وســـترى إن من يتمرنون ســـوية هم ذوو بنيات مختلفة رغم تدريبهم على نفس التمارين وبنفس عدد المجموعات والتكرارات.

والحقيقة هي ان الوراثة تفرض نوع التدريب ، والمحدد الاول لاســـتجابة الفرد نحو تدريب القوة هو الوراثة. ان ما يحدد الاســـتعداد البدني هو تأثير البنية العضـــلية الوراثية المتراكم والتأثير الميكانيكي والهرموني والخواص العصـبية. وان من يمتلك

نسبة عالية من ألياف النوع الثاني(الفاتحة اللون) ولحمة عضلية طويلة ومستويات عالية من التستوسيترون وأطوال عضلية مناسبة وميول جسمية داخلية ونقاط اندغام الاوتار ابعد وكفاءة الجهاز العصبي عالي، سيكون ذو قوة لا تصدق وبنية جسمية رائعة. فان الشخص المعجزة وراثياً قادر على امتلاك قوة لا تصدق وهناك البعض ممن يحبون ذلك لكن اغلبنا ليسوا بهذا المستوى من الحظ. مع ذلك لا يعني هذا انه لا يستطيع ان يكون اقوى جسمياً بل في الحقيقة يجب علينا انه نشجعه لكل يتحدى ليصبح قوياً قدر ما تسمح به استعداداته الوراثية.

ـ سرعة الحركة والقوة اللحظية المفردة:

إن الأفراد دائمي البحث عن وسائل تساعدهم لزيادة سرعتهم وقوتهم وقواهم اللحظية. وقادت البحوث من هذه الموضوع إلى واحد من أكثر المواضيع العلمية جدلاً في حقل القوة واللياقة. ويتعلق الجدل العلمي هذا السرعة التي يجب تطبيق التمرين أو الحركة بها. هناك مدرستان من المدارس الفكرية انقسم فيها أساتذتها في تدريب القوة والسرعة. يؤيد أحداهما السرعة العالية والحركات اللحظية ذات الطبيعة الفجائية وتؤيد الأخرى الحركات المتقنة وأداءها بأسلوب رزين. وسنتاول هذا الجدل العلمي وفقا للنقاط الاتية:

1- الجدل بين تدريب القوة والسرعة:

بدأت شركة ناوتيلوس للصناعات الرياضية الطبية عام 1970 بتقديم إرشادات شاملة لتدريب القوة للاعبين. كان ذلك العصر حرجاً لتقديم المشورة لان مدربي القوة كانوا يمرون بفترات عصيبة وفي نفس الحقبة كانت ما تسمى بقنبلة اللياقة قد دخلت لتوها مرحلة البداية . تضمنت هذه الإرشادات اقتراحاً بأداء كل تكرار بأسلوب مقرر وايقاعي ودقيق (السرعة المقررة للحركة قدرت في ان يكون رفع الثقل في ثانيتين وإنزاله بأربع ثواني وسمي ذلك باصطلاح أعلى2 أسفل4 أو 2-4).

و تأثرت برامج تدريب المقاومات (الاثقال) كثيراً بآراء محترفي رفع الأثقال الاولمبيين في طرق التدريب والذين يؤدون تكراراتهم بأسلوب سريع وفجائي. وان

تطور فكرة وجوب رفع الثقل بسرعة وحركة منظمة واجهت الكثير من المعارضين والجدل.

الواقع يقول أن هناك عدد كبير من أساتذة القوة واللياقة واختصاصي إعادة التأهيل ذوي الكفاءة والمؤهلات والخبرة العالية ممن يعارضون أساليب الحركة اللحظية السريعة منهم (جونز 1970، داردن 1975، اولمان 1976، بايبس 1979، رايلي 1979، وولف 1982، بريانت 1988، دون 1989ن يستنر 1989، انردس 1990، باتيس & وولف & بلونك 1990، مورتون 1990، بيترسون & ويستكوت 1990، هوتشتر 1992، ازانوفيتش 1993، آشر 1993، مينتزر 1993، برادلي 1994، بولوك 1994 فرايدي 1994، ماني 1994، ثوماس 1994، واتسون 1994).

ان الجدل حول أفضل سرعة تكرار للحركة قد تناولته عدة دراسات بحثية. ومع الأسف لم تذكر بعض هذه الدراسات سوى القليل مما هو مهم في إعطاء نتائج محددة وتكوين منطق علمي. كما ان الصلة الواضحة للحركات اللحظية السريعه بما فيها ما يعرف بالرفع السريع والتجزئة قد أيدتها الكثير من المقالات والأبحاث والدراسات والتقارير المليئة بالبرامج والتصاميم المنحازة الغير مقبولة نتائجها علمياً.

على سبيل المثال كانت دراسة (موفرويد & ويبل 1970) إحدى الدراسات المستشهدة بكثرة والتي استغلها أنصار التدريب اللحظي السريع. فقد ذكرت هذه الدراسة كمرجع لمئات المرات للاستشهاد في ان تدريب الأثقال لابد أن يتم بسرعة كبيرة.. بالنتيجة كانت البيانات التي توصل اليها (وولف 1982) لا تؤيد نتائجهK بل قد أشارت دراستهhgn حقيقة td إن سرعة التدريب الواطئة تزيد القوة عند الرفع السريع والبطئ (هوتشتر 1992).

وأظهرت الأبحاث ان سرعات الحركة الواطئة تكون فعالة اكثر من السرعة العالية في تنمية القوة والسرعة. فقد أظهرت مثلاً دراسة (فان اوتغين 1975) في ان هناك زيادات واضحة في القفز العمودي الناتجة عن التدريب الحركي البطئ

المتسلسل لضغط الرجل. كما أظهرت الدراسة انعداماً للفروقات في تنمية القوة بين مجموعة السرعة الواطئة ومجموعة السرعة العالية (1975). وذكرت دراسة (روزنتسويغ & هنسون & ريجوي 1975) ان: "السرعات الأولى تبدو مطورة للقوة أسرع من التقلصات العضلية في السرع العالية". وطبقت دراسة (كانيسا & مياشيتا 1983) تكرارات واطئة السرعة على مجموعة والتي اظهرت نتائجها زيادات كبيرة في القوة في جميع السرعات المستخدمة. ولم يذكر (كريوس & اديانجو & ميدورز 1983) وكذلك (فيتي 1984) اي فارق واضح بين سرعات التدريب الواطئة وبين العالية في توليد السرعة والقوة. ووجد كل من (بالميري 1987) و(وينزل & برفيتو 1992) ان استخدام سرع الحركة العالية عند تدريب القوة لا ينمي القوة مقارنة بالسرعة عند التدريب بالحركة البطيئة. ذكر (كاسبر 1990) في دراسة على الأوزان الحرة زيادات كبيرة في القوة ناتجة عن سرع الحركات البطيئة. واستنتجت دراسة (بيهم & سيل 1993) إن سرعة الحركة العالية في تمارين التدريب غير لازمة لتوليد استجابات سريعة خاصة بالتدريب. واخيراً ظهر إن سرعة تدريب المقاومة الواطئة ذات تحسنات اكبر في مد الاجزاء المرتبط بالركبة (إي تمرينها على محور دوران الركبة) وقوة اكثر عند السرعات الزاوية الواطئة (كياز & بيرين & ايجرتون 1981، نوبس & رودس 1986، بيترسن 1988، كولياندر & تيش 1990).

2 - استجابة الألياف:

يقول أنصار الحركات العالية السرعة انه لكي تصبح لحظيا "انفجارياً" عليك التدريب بقوة لحظية سريعة في كل تكرار"انفجارياً". و هذا الافتراض يتم بالرفع الفجائي في قاعة الأثقال حيث تغير الحركة السريعة التركيب الكيميائي لألياف النوع الأول وتعمل على تطويع ألياف النوع الثاني.

من الواضح ان تركيب الليف العضلي يحدد الاستعداد الأمثل للجهاز العصبي-العضلي لتوليد حركات عالية السرعة (هاكنين & كومي & الين 1985). كما مر

سـابقا، فليس هناك دليل في البحوث العلمية يؤيد فكرة تحول الليف العضـلي من نوع الى اخر. قد يغير التدريب من الخواص الايضـية لأنواع الألياف لكنه لا يغير سـرعة تقلص الألياف الأساسية (لامب 1984).

فضــلاً عن إن تطويع الألياف العضــلية مســتحيل فســلجياً. حيث تتطاوع الألياف بواسـطة الجهاز العصـبي بأسـلوب منظم حسـب شـدة او قوة الحاجات وليس حسـب ســرعة الحركة (هيمنان & ســومجن & كاربنتير 1965، دســمدت & غودوكس a1977 وb1977، فريوفا 1979، سـلتز & مكليلان 1980، وولف 1982، ويرهد 1984، سيل 1987، ايتوكا 1988، ارلي & فرانكس 1992).

يتم إشـباع الحاجة للشـدة العضـلية الواطئة بواسـطة مجموعة ألياف النوع الأول وتتطاوع الألياف الوســطى حال عجز ألياف النوع الأول عن الاســتمرار بالمهمة. تتطاوع ألياف النوع الثاني في النهاية فقط عند فقدان ألياف مقاومة مجهدة أخرى لخزينها من الطاقة وعجزها عند تلبية الحاجة (غولينك 1973). تعمل جميع الألياف عند اســتخدام ألياف النوع الثاني ويبقى نمط المطاوعة المنظمة نفســه او على حالة بغض النظر عن ســرعة الحركة (ديســمدت & غودوكس 1977 و1978، ليســمز 1983، ايتوكا 1988، بيل & ونغر 1992).

يتوافق نمط المطـاوعـة المنظمـة هذا مع مبدأ الحجم في المطـاوعـة الذي طوره (هينمان 1957) فقد بين ان الخلايا العصــبية الحركية تتطاوع بحســب زيادة الحجم. وتتطاوع أولا وحدة الحركة مع اصــغر خلية عصــبية حركية ثم اخيراً تتطاوع اكبر خلية حركية مع وحدة الحركة (تتألف وحدة الحركة من خلية عصـبية حركية التي تتم تنبيه جميع الألياف العصــبية بواســطتها). وعموماً تقوم اصــغر الخلايا العصــبية الحركية بإثارة ألياف النوع الأول وأكبرها تثير ألياف النوع الثاني (وولف 1982، ايتوكا 1988، ســالمونز 1994). بالتالي تتطاوع ألياف النوع الأول اولاً ثم ألياف النوع الثاني آخراً.

لا يعني رفع الثقل سـريعاً بالضـرورة إن الشـدة عالية على العضـلة. فقد لاحظ (بايبس 1979) ان سرعة حركة احد الأطراف لا علاقة لها بالشدة، وان كانت هناك علاقة فهي علاقة معكوسـة او عكسـية. فأما أن تكون لك سـرعة وإما شـدة ولا يمكن حيازة كليهما بان واحد (القوة × السرعة = القدرة). باختصار ليس هناك مطلقاً دليل بان أسـلوب الحركة الفجائي الانفجاري يمر بالألياف من النوع الأول او الوسـطى لتطويع ألياف النوع الثاني (وولف 1982، بالميري 1983). بإيجاز تتطاوع الألياف العضلية حسب زيادة الحجم فيها والذي يترجم إلى انعدام الحاجة للسرعة.

و هذا التطاوع المتعاقب للألياف العضـلية هو مثالي في الواقع من وجهة نظر الكفاءة الفسـلجية. تتطاوع ألياف النوع الأول المولدة لقوة اقل من النوع الثاني سـلفاً عند انخفاض الحاجة للقوة. بالإضـافة لذلك فان مقاومتها للإجهاد مفيدة في توليد قوة مستمرة لسلسلة من التقلصات العضلية (اي مجموعة تمرين). كما ان تطويع ألياف النوع الثاني الأسرع اجهاداً في مراحل التمرين الأولى غير اقتصادي بالنسبة للجهاز العصبي وان التحفيز المنظم لعضلات يقلل من فقدان طاقة الأنشطة الحركية.

3 ـ الخاصية اللحظية السريعه(الانفجارية):

يعتقد ايضـاً إن الرفع اللحظي السـريع (الانفجاري) للثقل سـيتحول الى حركات فجائية يمكن أداؤ ها في الميدان الرياضـي. بالأخص فقد امتدحت بعض الحركات الخاصـة بالفعاليات السـريعة بوزن الجسـم او التغلب على وزن اخر مثل الرفعات الاولمبية ورفعاتها السريعة كتمارين تنقل هذه الانفجارية لمهارات رياضية أخرى إن تم أداؤها بحركات عالية السرعة (ستون 1994).

لم يرد دليل في مؤلفات التعلم الحركي يؤيد فكرة مسـاهمة الحركات اللحظية السريعه(الانفجارية) في قاعة الإثقال في تنمية الانفجارية في المجال الرياضي. وكما أورد (شـميدت 1991) ان الممارسـة بإعطاء الرياضـي تمارين سـريعة مختلفة على أمل أن تدرب هذه التمارين القدرة الأسـاسـية على الخفة وبالتالي توليد اسـتجابات أسـرع في رياضـة معينة، غير صـحيحة بالمرة. بعبارة أخرى تكون الحركة

الانفجارية ظاهرة أثناء حركة مثل الرفع النظيف خاصـــة بالرفع النظيف. وكذلك تكون القوة الانفجارية الظاهرة في مهارة رياضـــية كالقفز العمودي خاصـــة بالقفز العمودي. فإجراء الرفع النظيف لا يساعد الانفجارية في القفز العمودي وبالعكس.

5 ـ القوة الرافعـة:

بمعزل عن جميع الحقائق العلمية الخاصة بمطاوعة الألياف العضلية والخاصية الانفجارية فان رفع الإثقال بأسلوب سريع وفجائي غير صحيح لسببين يتعلق كلاهما بتأثير القوة الرافعة وكما يلي:

أ ـ الاقتصاد بالحركة:

ينطوي الرفع الفجائي على قوة دافعة في الحركة تجعل التمرين اقل فائدة وكفاءة (جونز 1977، بايبس 1979، راخ 1979، رايلي 179، جاكوبسون 1981، رستون 1982، اندرس 1990، بايتس & ولف & بلونك 1990، بيترســـن & يســـتكوت 1990، منتزر 1993، بولوك 1993، برادلي 1994). بعد بداية الحركة الفجائية لا تقدم العضـــلات مقاومة خلال النطاق الباقي من الحركة (اولمان 1976، بريانت 1988). بعبارة ابسط يتحرك الثقل عملياً بقوته الذاتية.

يقوم (هيل 1922) انه في سبيل الحصول على أقصى الجهد من العضلة المتقلصة يجب مقاومة تقلصـــها في كل مرحلة بقوة تتغلب عليها. ولتوضـــيح اثار القوة الدافعة على الشد العضلي تخيل انك دفعت عربة تزن (100 كغم) لمسافة (50 متر) بطريقة معتدلة السرعة. تولد عضلاتك في هذه الحالة شـــد مستمر على طول الـــ (05 متر) كلها. فلو فـرضنا ان الشخص ذاته دفع نفـس العربـة لـ (50 متر) أخرى. فأنه يزيد سرعته هذه المرة لدرجة انه سوف يركض بأسرع ما يستطيع فان وقف الدفع للعربة بعد (35 متر) ســـتســـتمر العربة بالتحرك بنفســـها لأنها منحها قوة دفع. لذلك كانت العضلات في المقاومة الأولى (35 متر) فقط وليس لـــ (15 متر) الباقية. يحدث نفس ذلك في قاعة الأثقال ، فعند رفع الثقل انفجارياً يقع الحمل على العضـــلة خلال الجزء الأول من الحركة ويتوقف في الجزء الأخير منها. وتقل الحاجة للشد العضلي بالفعل.

تقل تنمية القوة لان زيادة الحجم والقوة متعلقة بمقدار الشـــد المتولد عن العضـــلة (غولبرغ 1975).

في أوائل العشرينات كان (هيل 1922) أول من لاحظ علاقة عكسية بين السرعة وتوليد قوة الشد العضلي. وذكر (هوحسلي 1958) ان قوة الشد العضلي يزداد بقلة السرعة. وعند زيادة سرعة التقلص العضلي يقل قوة الشد المتولد عن العضلة. اظهر نتائج دراسة كل من (روزنتسويغ & هنسون & ريجوي 1975) ان هناك نشاطاً كبيراً في العضـــلة تحت جهاز الراســـم الالكتروني للنشـــاط العضـــلي لمجموعة استخدمت أبطأ سرعة حركية متسلسلة من ثلاث مجموعات. ويشير هذا النشاط العالي إلى اســـتجابة عضـــلية اكبر نتيجة المقاومة القصـــوى خلال نطاق الحركة. وبالتالي تولد العضـــلة أقصـــى شـــد باقل ســـرعة. وأيد ذلك العديد من الباحثين (ثورستنسون & غريمبي & كارلسون 1976، كوستل 1979، كويل & كوستل & ليسمز 1979، رايلي 1988، ليسمز 1983، ويستكوت 1983، اينوكا 1988، ونتر 1990، بيل & ونغر 1992، كريمر 1992). تولد الحركات الأقل ســـرعة بفترات أطول من الشـــد العضـــلي المســـتمر خلال التقلص المركزي واللامركزي وبالتالي تتعاظم الحاجة على تلك العضـــلة. ولذا تكون الحركات العالية الســـرعة اقل فائدة باعتبار توليد أقصى شد عضلي.

لماذا تولد العضـلة شـداً قليلاً في السـرعات العالية للحركة؟ عند زيادة سـرعة الحركة تزداد سـرعة التقلص العضـلي ونسـبة احتكاك وانفصـال جسـور الألياف العضلية (هوكسلي 1985). وعندما تتقلص العضلة أسرع تقل معدلات الشد المتولدة عن كل جســـر ليفي وعندها قد يقل تكوين هذه الجســـور ايضـــاً وبالتالي فان زيادة السرعة تقلل قابليات نمو القوة في العضـلة (غلاش 1994). بالإضـافة لذلك، فخلال ســرعة الحركة العالية تزداد الطاقة التي تصــرفها العضــلة (جراء زيادة انفصــال الجســور الليفية). بالنتيجة يكون لدينا شـــد عضـــلي اقل وطلب متزايد على الطاقة. وعندما تصـبح الهوة بين ناتج الجهد والطاقة الداخلة اكبر تصـبح العضـلة اقل كفاءة (اينوكا 1988).

وظهر ايضـــاً إن نتائج القوة الأكبر تظهر أثناء الحركات الســـريعة. وان لم يكن كذلك فالعكس صحيح. وجدت دراسة (كانيكو ومساعدون 1983، دوشاتو & هاينوت 1984) ان الزيادات في أقصى توليد للقوة كانت اكبر في التدريب المتسلسل المتدرج (إي شد عضلي دون سرعة) من التدريب الحركي الديناميكي. وهذا يوضح ان كبر الزيادات في ناتج القوة يحصل بأعلى شد و أوطأ سرعة في التدريب وليس أوطأ شد و أعلى سرعة في التدريب (اينوكا 1988).

ب - أسباب الإصابة:

قد يكون الرفع المفاجئ خطر ايضـــاً (اولمان 1976، جونز 1977، بايبس 1979، رايلي 1982، ديانغ 1984، كندي 1986، ويلدي 1986، ليســـتنر 1989، اندرس 1990، باتيس & ولف & بلونك 1990، تيرنس & ويســـتكوت 1990، ازانوفيتش 1993، بيهم & ســـيل 1993، بولوك 1993، برادلي 1994، فرايدي 1994، ماني 1994، واتسن 1994). لاحظ (ويلمور 1982)

إن الضـــرر التركيبي الفعلي قد يكون ناتج محتمل عن انواع معينة من التمارين الانفجارية. وذكر الدكتور ليل مايكل العميد الســابق لكلية الطب الرياضـــي الأمريكية إن دراســة (دانغلز & ســبنســر 1987) أظهرت إن تدريب بالإثقال الفجائي يســاهم بحدوث التهاب الفقرات (دودا 1987). ويقول الدكتور فريد اولمان الرئيس الســـابق للجمعية التقويمية الأمريكية للطب الرياضـــي وكلية الطب الرياضـــي الأمريكية: "محتمل ان تحدث الإصابات بكثرة جراء ضعف الأنسجة الرابطة الناتج عن التدريب الفجائي في قاعة الأثقال". (رستون 1982).

وهناك الســبب أخر :هو إن اســتخدام القوة الدافعة لرفع الثقل يزيد القوة الداخلية المتولدة عن مفصل معين وكلما زادت سرعة رفع الثقل تتعاظم هذه القوى خاصة في نقطة الدفع اللحظي ، وتحدث الإصــابة عندما تتجاوز هذه القوة حدود قدرة للعضــلة او العظم او النسيج الرابط. وخلال الحركة الفجائية تتجاوز هذه القوى الثقل المرفوع. وذكر (فرايدي 1994) ان الحمل على الأربطة الغضروفية عند التمزق أثناء التمرين

المفاجئ كان اكبر بـــ (17.5) مرة من وزن جسم الرياضي وايده بذلك(غارهامر 1989).

لا احد يعرف بالضبط ماهي قوة شد العضلة ولا العظام ولا الأنسجة الرابطة في اية لحظة. وبالتالي فان سرعة حركة التمرين تسبب القلق لان الحدود البنائية الدقيقة للأنسجة الرابطة في جسم الإنسان مجهولة.

جـ - نتائج الأبحاث:

في دراسة (اندريوز & هاي & فوغان 1983) نجد رياضياً يرفع من وضع القرفصاء بـ (80%) من أقصى تكرار رابع (4-RM) بوزن (225 كغم) من القوة القصوى خلال التكرار الذي استغرق (4.5) ثانية لإكماله ، وذروة (270 كغم) من القوة القصوى خلال تكرار استغرق (2.11) ثانية لإكماله ، وهذا دليل واضح بان سرعة الحركة الواطئة تقلل القوة القصوى على المفاصل. ودرس (هول 1985) حركات الرفع النظيف والنتر ، وذكر انه عندما تكون سرعة الرفع عالية تحدث زيادة هائلة في القوة الضاغطة والقوة القصوى وعزم التدوير في الفقرات القطنية. وقدم (ريد & يتر & اولريتش 1987) دليلاً آخر عن هذا الضرر. فقد لاحظوا ان المجموعة المدربة فجائياً كانت ذات نسبة اصابة عالية واوصوا بعدم استخدام هذا النوع من التدريب. كما لاحظ (هاتن & بيرينوسكي & بول1989) زيادة في القوة الضاغطة والقوة القصوى في مفصل الركبة بزيادة سرعة الحركة. وذكرت دراسة (ونتزل & برفيتو 1992) ان (25%) من مجموعة سريعة التدريب لم يكملوا البرنامج بسبب إصابات وأمراض مختلفة. استنتج (بيهم & سيل 1993) ان تقلصات التدريب تميز بنمو القوة السريع الى ذروة عالية نسبياً سببه إصابات عضلية كالتمزق والإعياء.

حدثت أعلى نسبة الإصابات خلال تدريب الأثقال الفجائي. كما لاحظت الأكاديمية الأمريكية لتقويم (1983 & 1990) حيث ذكرت أبحاث أخرى كثيرة نفس النتائج (كوتاني 1971، جيس 1977، برادي & كاهيل & بودنار 1982، ويستكوت

1983، الكســـندز 1985، دودا 1987، بران & يوش & مركون 1990، ريســـر 1991، مـازور & يتمـان & ريسـر 1993، فريدلي 1994، مانـي 1994).

د ـ أساسيات ميكانيكية:

يمكن إظهار الآثار الضـارة للحركـات السريعـة بسهولـة اكبـر باستخدام مطرقة عادية (16 كغم). افرض تأخذ المطرقة وتضـــعها عبر ذراعك. لن تحس بالم جراء هذا النشاط او اي ضرر نسيجي. مع ذلك لو رفعت المطرقة وأسقطتها على يدك من علو قدمين؟ سـيكون هذا الفعل مؤلماً بالتأكيد وقد يجرح الأنســجة. لكن لماذا يســبب إسـقاط المطرقة على يدك الماً كبيراً وإصـابة بالغة اكبر من مجرد وضـعها في يدك؟ في كلا الحالتين يبقى وزن المطرقة نفســـه. والجواب يخص الســـرعة فالمطرقة المستقرة على يدك سرعتها صـفر. لكن إسـقاطها يزيد سرعتها وتأثيرها بسـبب قوة الجاذبية، وبالتالي يزيد من زخمها الحركي و هذه الزيادة تعني زيادة في قوة الفعل الذي تحدثه عند الارتطام.

على افتراض إن كتلة الجســـم (او وزنه) لا تتغير فان مقدار القوة الكامنة متعلقة مباشـــرة بتســـارعها (التعجيل). بعبارة أخرى تزداد ســـرعة الحركة وتزداد الطاقة الكـامنـة بزيـادة ارتفـاع الجســـم (الطـاقـة الكـامنـة = الوزن × الارتفـاع × التعجيل الأرضي). هذا ليس مجرد رأي او ملاحظة بل قانون فيزيائي أساسي. فهل من جديد؟ كلا في الواقع فقد ظهر هذا القانون قبل (300 ســـنة) لدى نيوتن ويعرف بقانون الحركة الثاني. إذا كانت ســـرعة الحركة الواطئة أكثر اماناً فهذا يعني ان الحركة السريعة اكثر خطراً.

يوجه أنصـــار التدريب الانفجاري احياناً هذه الحقائق بالقول: "وماذا يعني؟ فالرياضـة خطرة إلا ترى كرة القدم والمصـارعة فان أردت نلغي ممارسـة الرياضـة بالمرة". وهذا الجدل يفتقر إلى الهدف. صـحيح إن الرياضـة خطرة اسـاسـاً ومع ذلك فان استخدام أساليب خطرة اساساً في قاعة الأثقال يهيئ لنشاطات أكثر خطورة مثلما ينطوي ضـرب الرأس بالجدار على خطورة الإصـابة بالرجة الدماغية (ماني1994)

ومن الواضح ان تشجيع اي شخص على التمرين الفجائي معناه تعريضه للإصابات العضلية والهيكلية. والشيء الوحيد الذي من الممكن الانفجار فيه هو الوتر عند نقطة اتصاله.

هـ - مفهوم الانفجاريــة:

عندما يوصــف احدهم بالانفجارية في الرياضــة فهذا معناه اســاســاً انه يؤدي ويتحرك ويســتجيب بســرعة وقوة هائلتين(قوة هائلة لحظية بزمن قليل). وهذا نتيجة تولد نمط حركي لمهارة معينة بشــكل قوي جداً في الذاكرة الحركية بحيث لا يضــيع اي جهد. بعبارة أخرى فان ذلك يدل على ان الرياضـــي كفوءً جداً في أداء مهاراته الرياضـية وليس لأنه مارس الحركات الانفجارية بالقضـبان او الكرات الطبية او اي شيء آخر إن أردنا فهم مفهوم الانفجارية او القوة السريعة.

الشكل 294
التدرج باشدة لانواع القوة

و - الطريقة ألسلــيمه:

ان تجاهل وإسقاط ونقد آراء الآخرين الذين يقترحون طريقة تدريب أكثر عملية وسلامة يمثل ضـعفاً في التفكير وأنانية تتعارض مع التفكير المنظم. ومثل هذا العنف قد يخلق (تعصـــب) ظلماً لملايين الرياضـــيين الباحثين عن أفضـــل الإجابات عن تساؤلاتهم المختلفة.

في الواقع لا احد يعرف مطلقاً بالضـــبط بأية ســـرعة يجب أداء التكرار مع توفر الســلامة وماهو التدريب الكفـء للقوة ولن يعرف احد ذلك. تتفاوت ســرعات الحركة من فرد لآخر وقد تتفاوت لدى نفس الفرد من وقت لآخر بالاعتماد على مســتوى قوة ذلك الفرد في حينها. باي حال، لدينا شــيء واحد مؤكد: من الأســلم والأكفأ رفع الثقل برزانة وســـيطرة واعتدال. يجب رفع الثقل دون إي حركة فجائية او خاطفة وإنزاله بتمام السيطرة بغض النظر سواء استخدم اللاعب المولتجم ام الاثقال الحرة. كما ان رفع الثقل خلال (2-1) ثانية وإنزاله بـــ (4-3) ثواني يضمن لك عدم فجائية الحركة بطبيعتها وعندها لا تلعب القوة الدافعة دوراً مهماً في كفاءة التمرين.

الفصل التاسع

المبادئ الميكانيكية الأساسية للالعاب

من الضروري جدا فهم القوانين الميكانيكية فيما اذا اريد دراسة حركة الإنسان، وعندما نفهم هذه القوانين نكون على اســتعداد لتحليل وتصــميم التمارين المناســبة للجسـم. وعندما نقوم بتحليل أداء الحركة بمسـاعدة القوانين الميكانيكية البحتة فان ذل سيساعدنا بتطبيق الأفكار العملية وأسلوب تنفيذ التمرين .

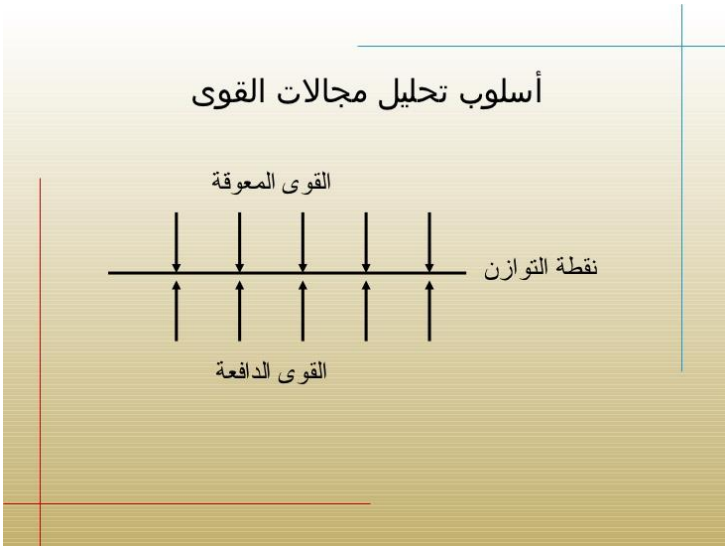
1- القــوة:

باتت الحاجة ملحة في فهم طبيعة التقلص العضــلي و ســرعته المناســب لحركات جسم الإنسان وخصوصيتها ووفقا لما يتميز به الجهاز الحركي البشري من أجهزة متعددة كالعضلات والعظام والمفاصل والأربطة ،فضلا عن الجهاز العصبي الذي يحكم الأداء ويسيطر عليه، فمن المعروف أن كل ثني في المفاصل يعني تقلصا لا مركزيا للعضـلات العاملة والتي ستقوم بواجب مد المفصـل لاحقا إذ يصـاحب كل ثني إطالة في العضـلة لنسبة محددة من طولها لتهيئتها للقيام بتقلص عضـلي مركزي سريع فيها مع مد المفصل.

وثني المفصــل مع امتطاط العضــلة باتجاه الجاذبية وبوجود مقاومة يدعى تقلص سـلبي وهو وضـع تحضـيري، للقيام فيما بعد بمد المفصـل بشـكل فعال لأداء واجب الحركة الرئيســي والذي يتضــمن تنفيذ الانقباض مركزيا بأعلى شــدة، وهو تقلص ايجابي ضد الجاذبيه.

والقوة العضــلية الداخلية هي قابلية العضــلة أو مجموعة عضــلية على توليد أقصــى قوة وبسـرعة معينة وفي موضـع معين وفي اتجاه معين. القوة كل ما يسـبب التغير في حركة أو شــكل جســم. فمثلاً عندما تدفع ســيارة واقفة فإنك تبذل قوة لكي تجعلها تتحرك للأمام. وعندما تضــغط على قطعة من الصــلصــال فإن شـكلها يتغير نتيجة إعمال القوة عليها.

وقوة العضـلات (Muscle tone) في علم وظائف الأعضـاء والطب و علم التشـريح ، تعني الانقباض الجزئي المسـتمر الايجابي اوالسـلبي للعضـلة ، أو مقاومة العضلة للشد السلبي (Passive stretch) الذي يساعد في الحفاظ على وضع الجسم ضد الجاذبيه وتتناقص هذه القوة خلال النوم.



الشكل 295
توازن القوى على جسم الانسان

الشكل 296
انواع القوة على جسم الانسان

في حالة حدوث سحب مفاجئ أو تمدد للعضلات ، فالجسم يستجيب عن طريق زيادة انقباض العضلات ، وهو رد الفعل الذي يساعد على الوقاية ضد خطر السقوط و الحفاظ على التوازن . هذه القوة الشبه المستمرة يمكن النظر إليها على أنها "افتراضيه" أو " ثابتة" للعضلات . كما أنه في حالة النشاط الشديد أو الضعيف للعضلة أو حتى الراحة التامة للعضلة تبقى هناك قوة للعضلة ، بطريقة أخرى قوة العضلة لا

تساوي الصفر مطلقا. هذه الخاصية توجد في جميع العضلات المادة (Flexors) و الثانية (Extensors) للحفاظ على التوازن.

قوة العضلة في وقت الراحة تمثل على منحنى جرسي الشكل . حيث أنه عند انخفاض قوة العضلة يكون التمثيل مرنا . بينما في القوة الشديدة يكون التمثيل شديدا وقويا . العضلات ذات القوة الشديدة ليست بالضرورة قويه والتي بقوة ضعيفة ليست بالضرورة ضعيفة . ولكن بصفة عامة فالتي تمثل على أنها قويه تكون قليلة المرونة وقويه والتي تمثل على أنها ضعيفة تكون شديدة المرونة وضعيفة ، ولكن ليس دائما .

تمثل القوة دائما بعلامة السهم (المحصلة) ويدل طول السهم على مقدار القوة ويؤشر رأس السهم على اتجاه القوة ، يجب التمييز بين القوى الداخلية و القوى الخارجية، وكلاهما يجب ان تؤخذ في الحساب عند دراسة ميكانيكية الألعاب الرياضية.. واخيرا فان القوة هي اما جهد يظهر بالسحب أو الدفع يؤثر في جسم ما وتؤدي هذه القوة المؤثرة إلى زيادة سرعة الجسم أو إبطائها أو تغير اتجاه حركته.

تنقسم القوى إلى قسمين :

- قوى المجال: هي القوى التي تؤثر في الأجسام دون أن يكون بينهما تلامس .

مثل قوة الجاذبية الأرضية والقوى المغناطيسي

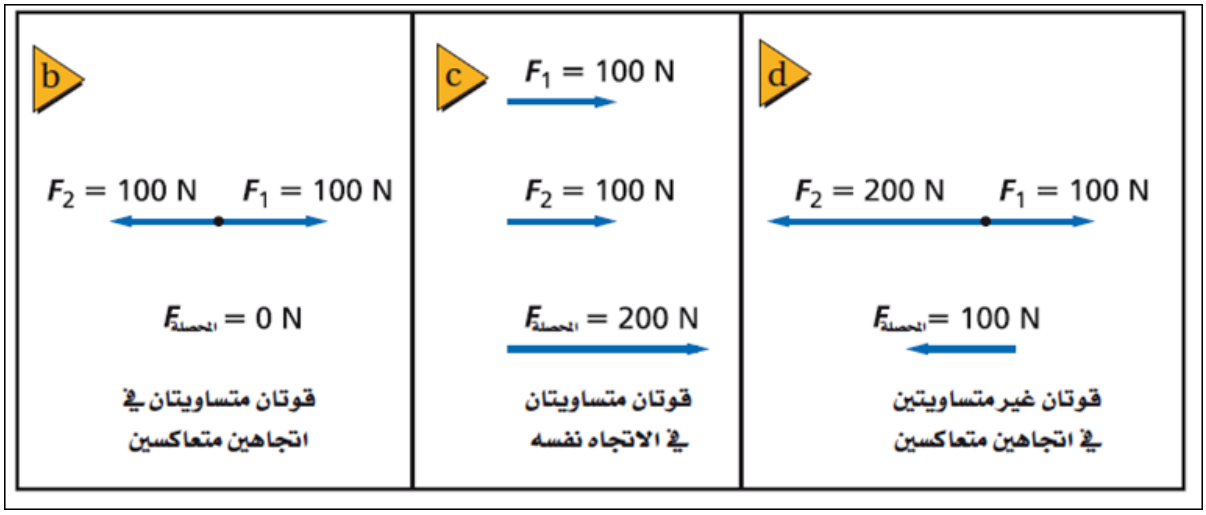
- قوى التلامس: هي القوى التي تؤثر في (النظام) بسبب ملامسته جسم من المحيط الخارجي.

فالقوة والتعجيل :F=ma

هما يمثلان انواع نواتج قوى المجال والتلامس ،والعلاقة بين القوة والتسارع علاقة طردية.

كلما زادت القوة المؤثرة على الجسم زاد تعجيله ، أما العلاقة بين القوة والكتلة فهي علاقة عكسية ، وكلما زادت كتلة الجسم قل تعجيل الجسم.

- تؤثر هذه القوى الوجودة في المحيط الخارجي على نظام الجسم البشري اذ كل ما يحيط بالجسم يؤثر فيه.
- جمع القوى: يمكن ان تجمع القوى وتؤثر في الجسم ،لاحظ الجدول اسفل



- **<u>قانون نيوتن الأول :</u>**

يبقى الجسم على حالته من حيث السكون أو الحركة المنتظمة في خط مستقيم ما لم تؤثر فيه قوة محصلة تغير من حالته.

- **<u>قانون نيوتن الثاني :</u>**

تعجيل جسم يساوي محصلة القوى المؤثرة فيه مقسومة على كتلة الجسم.

تسارع جسم يساوي محصلة القوى المؤثرة فيه مقسومة على كتلة الجسم

$$a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m}$$

يسمى القانون الأول بقانون القصور الذاتي

- **القصور الذاتي :**

هو ممانعة الجسم لأي تغيير في حالته من حيث السكون أو الحركة فإذا كان الجسم ساكناً فإنه يميل إلى أن يبقى كذلك ، وإذا كان متحركاً بسرعة متجهة ثابتة فإنه يميل إلى الاستمرار في اتجاه حركته وبالسرعة نفسها.

وفقاً لقانون نيوتن الأول : فإن القوة المحصلة هي السبب في تغيير السرعة المتجهة لجسم ما. ويكون الجسم في حالة اتزان إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة تساوي صفراً.

وأيضاً يكون الجسم في حالة اتزان إذا كان ساكناً أو متحركاً بسرعة منتظمة.

بعض أنواع القوى الاخرى :

جدول 10
انواع القوى

بعض انواع القوى			
القوة	الرمز	التعريف	الاتجاه
الاحتكاك *Friction*	f_f	قوة تلامس تؤثر في اتجاه معاكس للحركة الانزلاقيه بين الاسطح	موازية للسطح عكس اتجاه الحركة
العمودية *Normal*	F_X	قوة تلامس يؤثر بهاعلى سطح عموديا على جسم ما	عمودية على السطح والجسم
ارتداد *Spring*	F_{UP}	قوة دفع او سحب يؤثر بها جسم في سطح ما	في عكس اتجاه ازاحة الجسم
الشد *Tension*	F_T	قوة يؤثر بها حبل او سلك في جسم متصل به وتؤدي الى سحبه	تؤثر عند نقطة الاتصال في اتجاه موازٍ للسلك ومبتعدة عن الجسم
الدفع *Thrust*	F_{THRUST}	قوى تحرك الجسم باعلى سرعة	في اتجاه تعجيل الجسم باهمال المقاومة
الوزن *Weight*	F_g	قوة مجال تنتج عن الجاذبية الارضية بين جسمين	الى الاسفل في اتجاه مركز الارض

كيف يمكنك ان تعزى كلاًّ من الوزن ، الكتلة ، القصور الذاتي ، والدفع باليد ، والدفع، والمقاومة ، ومقاومة الهواء ، وقوة النابض ، والتعجيل إلى انواع القوى الاتية:

1. **قوة تلامس**. عندما يكون الجسم المؤثر في تماس مع الجسم المؤثر عليه نقول أنه يطبق عليه قوة تماس. كدفع ثقل ،فالجسم المؤثر الذراع، والجسم المؤثر علية الثقل.

2. **قوة مجال**. حدث هذه القوى عندما يكون الجسم المؤثر والجسم المؤثر عليه غير متماسين. وقوى المجال هي قوى موزعة لأنها تطبق على الجسم بكامله .

وقوة المجال تكون على ثلاثة أنواع:

- قوى مغناطيسية (تحدث بين مغناطيس وآخر أو مادة مغناطيسية)
- قوى كهرو ساكنة (تحدث بين أجسام مكهربة)
- قوى التجاذب الكوني (تأثير الأرض على الأجسام وتأثير الكواكب على بعضها)

وتصنف كل من القوى الاتية على انها قوى خارجية:

a. الجاذبية الأرضية التي تعمل على السحب الجسم (mg) .
b. القوة التي تظهرها الأرض على الجسم (وتسمى قوة سحب الأرض).
c. قوة الاحتكاك بين القدمين والأرض Fu.
d. قوة مقاومة الهواء Fa.
e. والقوة الطاردة او الجاذبة المركزية.

لذا فالقوة الخارجية هي القوة التي تسلط على الجسم و تؤثر فيه. عكسها القوة الداخلية التي يحتملها جزء من اجزاء الجسم . بتعبير آخر، إذا كان المؤثِر والمؤثَر فيه من مجموعة واحدة (جسم الانسان مثلا) فقوة المؤثر والمؤثر فيه قوة داخلية، وإن لم يكونا كذلك فهي خارجية. واقرب مثال لذلك ماقيل عن كسر البيضة، إذا تم كسرُ بيْضة بواسطَة قوّة خارجيّة ، فإنّ حياتها قد انتهت ، وإذا تمّ كسر بيضة بواسِطة قوّة داخلية، فإنّ هنَاكَ حياة قد بدأَت.

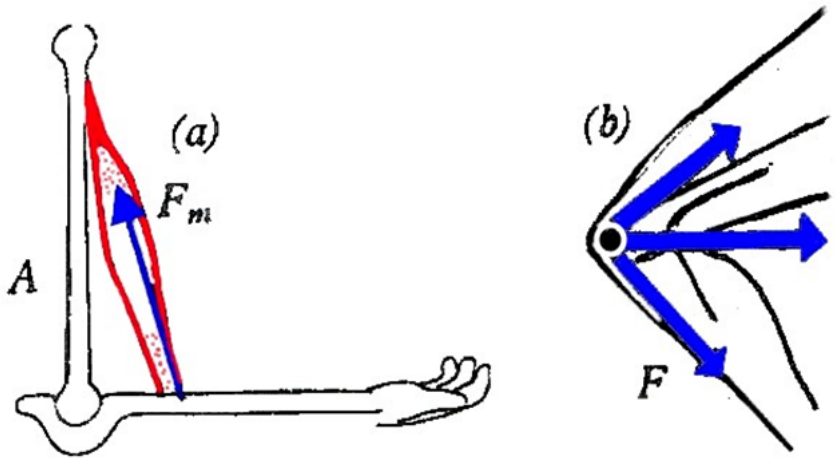
أما القوة الداخلية : فهي القوى الذاتية للجسم وهي على انواع:

(f) قوة العضلة

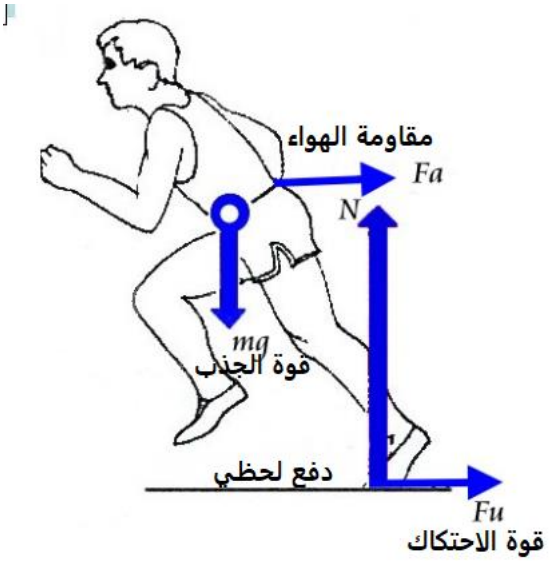
(g) قوة الوتر و الرباط والأنسجة الضامة F .

(h) وقوة الدفع اللحظي

(i) والعزم العضلي



الشكل 297
القوى الداخلية



الشكل 298

يبين القوى الخارجية الواقعه على الجسم

سوف نناقش خصائص أنواع بعض هذه القوى المختلفة:

قوة الجاذبية الأرضية :

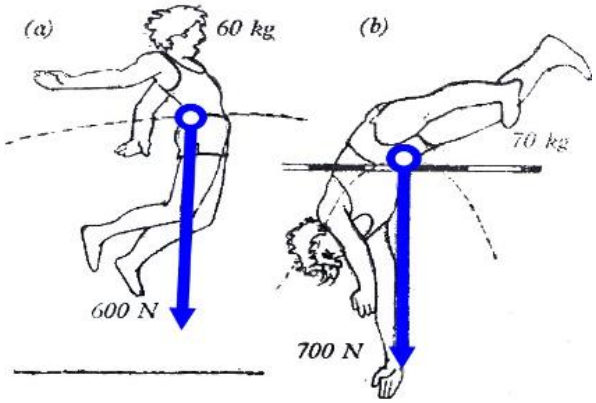
تعرف قوة الجاذبية على أنها القوة التي تعمل على الجسم في مركز كتلته، هذه القوة ناتجة عن سحب الأرض للأشياء باتجاه مركزها، وحجم القوة يعتمد على وزن او كتلة الجسم التي تعمل عليه ،مثال إذا كان وزن جسم يساوي 60كغم فانه يمثل قوة مقدارها 588.6 نيوتن، وتستعمل القيمة التالية التي تدل على ان 1كيلوغرام =

9.81 نيوتن عند تحويل الكيلوغرامات إلى نيوتن(N) و يرمز الى هذه الجاذبية بالحرف(g)، كذلك يرمز الى كتلة الجسم التي تؤثر عليها قوة الجاذبية بالحرف(m) لذا فأن القوة نيوتن)= **m** × **g** وتكتب **mg**.

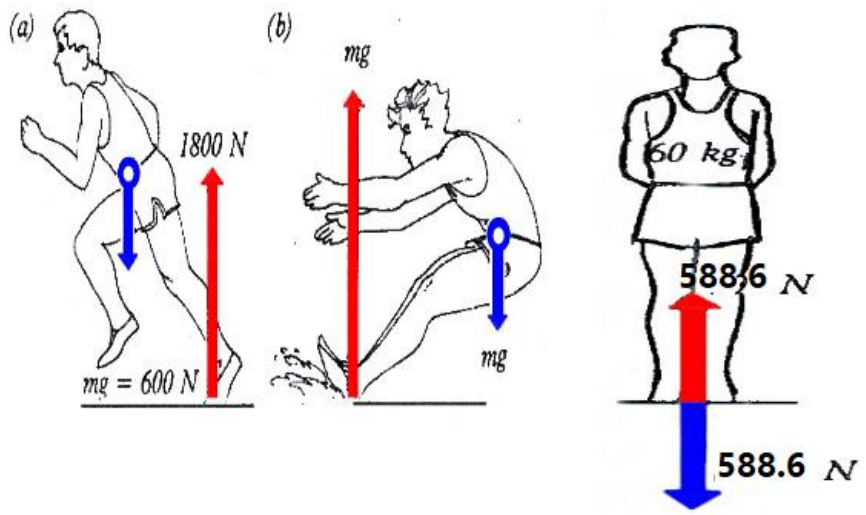
-القوة التي تظهرها الأرض على الجسم (وتسمى قوة سحب الأرض):

تظهر هذه القوة عندما يصبح الجسم بتماس مع الأرض , فإذا كان وزن الشخص 60 كغم ويقف باستقامة على ارض مسطحة فأن يسلط قوة عموديه مقدارها 588.6 نيوتن على الأرض، عندئذ سوف تكون قوة رد الفعل العضلات ضد هذه القوة التي تعمل باتجاه معاكس لجذب الارض وبشكل عمودية هذه بقيمة تساوي 588.6 نيوتن، لذا فأن هاتين القوتين متساويتين في الحجم لكنهما يعملان باتجاه معاكس، وتنشأ من هاتين القوتين قوة تسمى بالقوة الخطية المتساوية ، القوة الأولى تسمى بالفعل الارضي والقوة الثانية برد الفعل العضلي.

يعتمد مقدار قوة رد الفعل العضلي على القوة التي تجذب بها الارض الشخص (وزن الجسم) واذا حمل الشخص اوزان اكبر من وزنه فانه سيبذل قوة رد فعل اكبر ، وهذا هو سر تطوير العضلات، والى أي مدى يستطيع هذا الشخص عمل شد قوى في عضلاته عند مفصل الورك ومفصل الركبة والكاحل ،مثال تزداد قوة رد الفعل العضلات عند تنفيذ حركة النهوض وعمل الوثب مع مرجحة الرجل للأمام من حالة الركض والهبوط إلى مايعادل ثلاثة أضعاف وزن الجسم (mg).

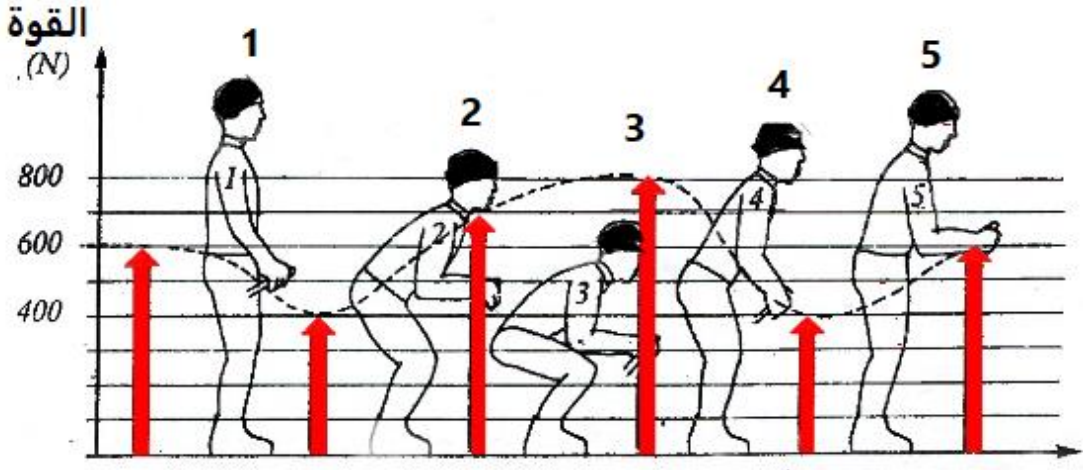


الشكل 299
رد فعل العضلات ضد الجاذبية



الشكل 300
ثبات وتغير قوة رد فعل العضلات مع تغير حركة الجسم ضد الجاذبية

إذا وقف رياضي وبدء بالارتداد للأعلى وللأسفل ، فأن القوة التي تعمل ضده سوف تتغير وفقا لما يتطلبه وضع جسمه من دفع او امتصاص للقوة ، ويمكن شرح هذا التغير عن طريق تحليل أسلوب عمل العضلات . نلاحظ في الشكل 255 ثني ومد الرجلين للمتزلج ويظهر التغير في رد الفعل كما يأتي:

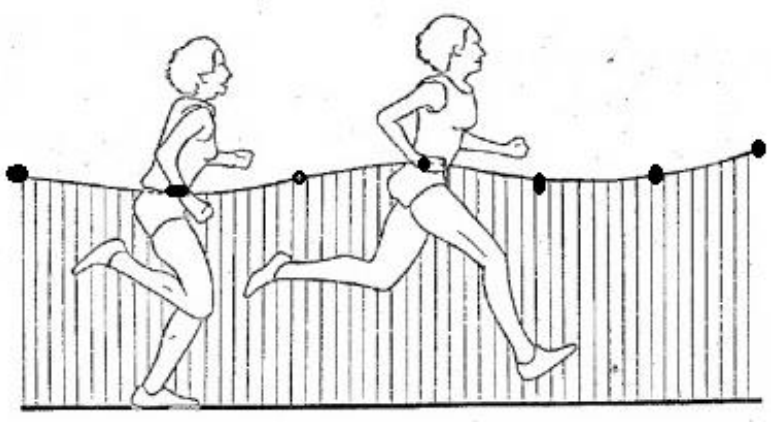


الشكل 301
تغير القوى عند ثني ومد الرجلين

التقلص العضلي الثابت يستمر طالما حافظ المتزلج على عدم ثني مفصل الركبة ، حيث تكون قوة رد فعل العضلات مساوية لجذب الأرض 588.6 نيوتن وهي مساوية

لوزنه 60 كغم ، يحاول المتزلج من الوضـــع (1) الى الوضـــع (2) أراحة عضـــلاته قليلا ، مما ينتج عنه انخفاض في قوة عضـلاته المسـتسـلمه لقوة جذب الأرض (فعل الأرض ينخفض إلى 400 نيوتن تقريبا) ، تتوقف الحركة نحو الأســفل من الوضـــع (2) الى الوضـــــع (3) ، يقوم بعمل تقلص لامركزي لعضـــــلاته لزيادة قوة عمل العضلات وثبات الجسم على الأرض ، وتنفذ عضلاته شغل مركزي من الوضع (3) الى الوضـــع (4) ، مع اســتمرار بقاء قوة العضــلية على الأرض (طبقا لهذا المثال أعلى قوة هي 800 نيوتن) ، يمتلك المتزلج تعجيل باتجاه الأمام في الطور (4) للوصـول إلى الوضـع (5) بدون وضـع أي قوة ، يسـتطيع المتزلج أن يتمتع بالحركة وهو في حالة ارتخاء (400 نيوتن) ، يقف المتزلج في الوضع (5) ليعود عمل الشغل مرة ثانية إلى 588.6 نيوتن بسبب التقلص الثابت لعضـلاته ضد ما تسلطه الارض من قوة جذب يتناسب مع وزنه.

ومايحدث للاعب التزلج ، ايضـــا يحدث للعداء اثناء الركض من تغير في مســـار مركز ثقل الجســـم بارتفاعة وانخفاضـــة عن مســـتوى الارض،عند لحظات الارتكاز والطيران. لاحظ الشكل

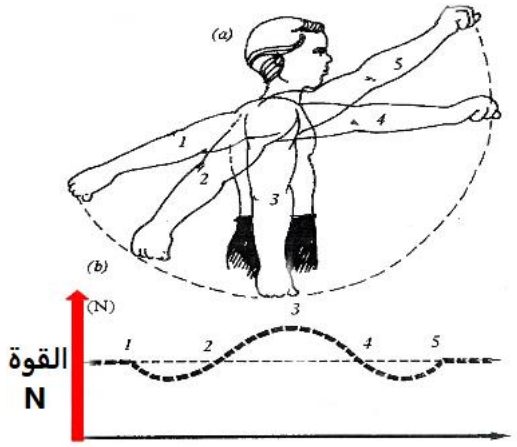


الشكل 302

تاثير مختلف اجزاء الجسم على مركز ثقل الجسم عند الركض

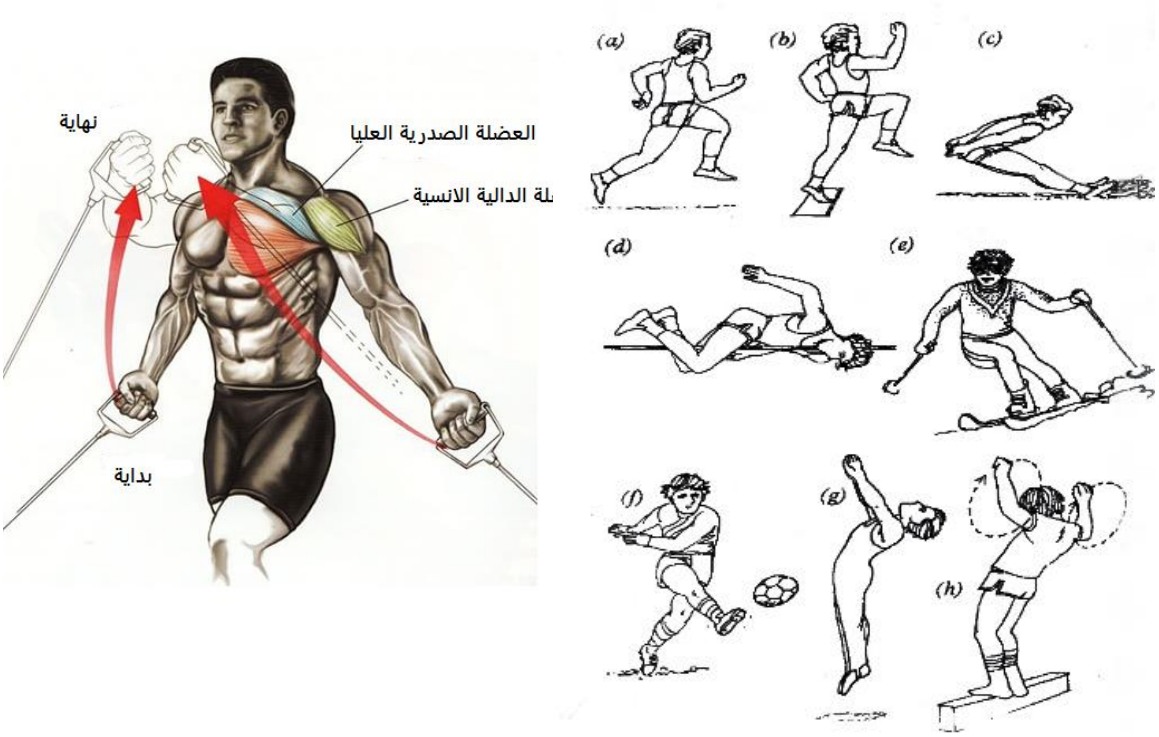
وفي (الشكل 303) نلاحظ ان قيمة قوة رد الفعل العضلات في اجزاء الجسم ايضـــــا تتغير بتغير مرجحة الذراعين ، فان حركة مرجحة الذراعين هذه أما تزيد أو

تقلل من قيم القوة(العزم) للجسم خلال الأنواع المختلفـــة من الفعاليات الرياضية . وعلى ذلك يجب ان نعرف ماهو تأثير مرجحة الذراعين في حركات الركض ، الوثب و الهبوط من القفز ، او عند اجتياز عارضة القفز العالي ، او عند ضرب كرة القدم ، او القفز بالعصـــا (الزانة) ، .... الخ. يمكن اجراء محاولة دراســـة الفعاليات التي تتعامل معها وتحليل وظيفة حركات الذراعين (الشكل 304) .



الشكل 303

تغير عزوم القوة عند مرجحة الذراعين



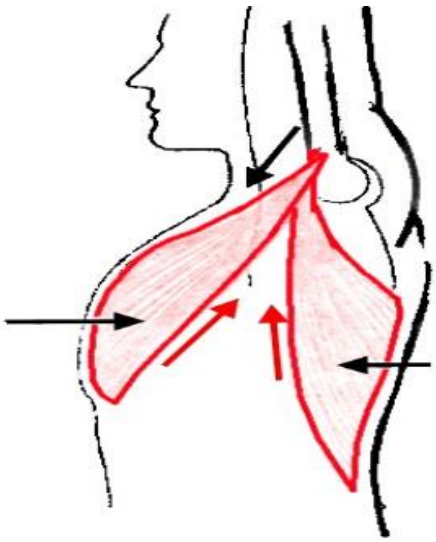
الشكل 304

تغير قيم العزوم للذراعين في الفعاليات الرياضية المختلفة

الشكل 305

مسابقات الرمي بالعاب القوى تعتمد على تبادل العمل العضلي

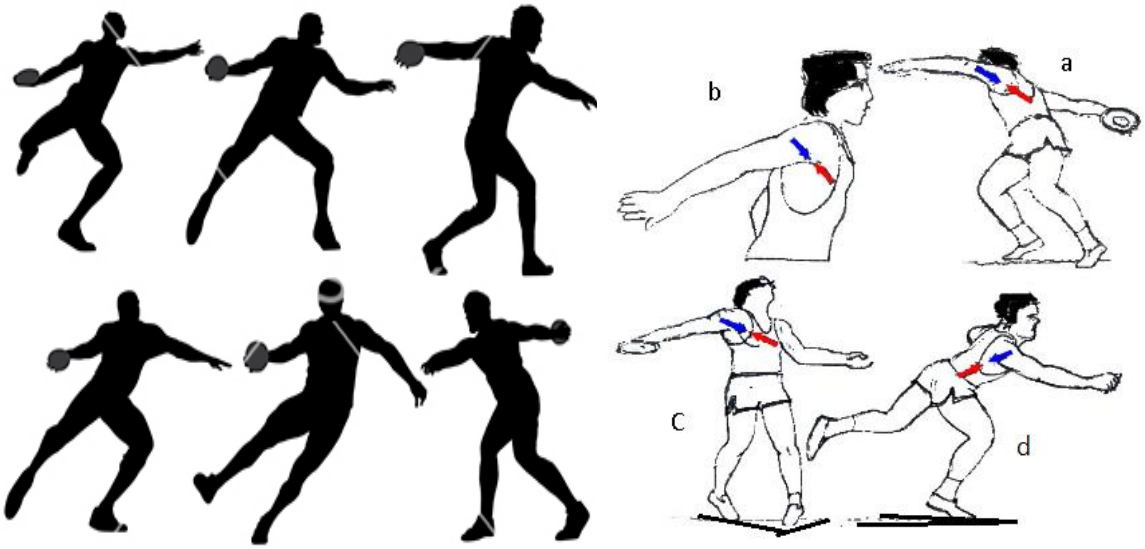
عموما ، يمكن القول أن هناك حاجة للقوة لتغير سرعة الذراعين وفقا لمتطلبات الاداء وهذه القوة ايضـا ترتبط بجاذبية الارض كفعل ، عندئذ يعمل منشـأ ومدغم عضـلات الذراع بقوى مسـاوية ومتعاكسـة (الذراع والجسـم يؤثران باتجاهات مختلفة – لاحظ الشكل 258) .



الشكل 306

القوة المؤثره على الذراع

يتأثــر الجســم كثيرا عند تعجيل او توقف حركة الذراعين، على سبيل المثال ان تقلص مركزي للعضلة الصدرية العظمى وما يقابلها من تقلص مركز ايضا بالعضلة الظهرية العظيمة بالاتجاه المعاكس تعملان معا على تحقيق ســـرعة لمجمل الذراع. تظهر الأسـهم في الشـكل 259 كيف يتأثر الجسـم عند تغير عزم العضـلات العامله على الذراع، حيث تمثل الأســهم الزرقاء القوى التي تعمل على الذراع والتي منشــاها من الظهر، والأسـهم الحمراء تمثل القوة التي تعمل على الصـدرية ، وتكون قيمة القوة في منشأ العضلة هو نفس قيمة القوة في مدغمها.



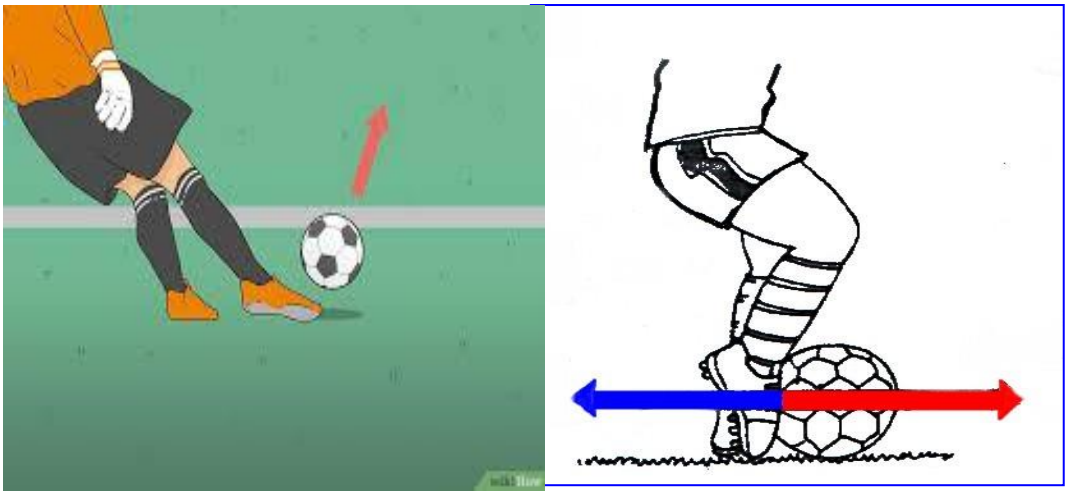
الشكل 307

حركة الذراعين والجذع كردود أفعال قوى في التأثير بحركة الجسم

نلحظ من الشـــكل 307 ،ان الذراع في (a) تحركت لكنها تم ايقافها(نهاية مرجحة الذراع للاعب القرص في المرجحة التمهيدية)، وفي (b) يكونالتعجيل يكون الى الخلف.ثم في (c) تحركت الذراع الى الأمام باعلى تعجيل ثم في (d) تحركت الى الأمام وفي النهاية تم ايقافها.ان السبب في ايقاف او زيادة تعجيل الذراع هو تغير قيم القوة خلال مرتاحل الاداء ووفقا لما يتطلبة الموقف الحركي الذي قد يحتاج الى ايقاف حركة الذراع او الى الاسراع بحركتها. عندئذ سوف تأثر حركة الذراع بسبب القوة المبذولة في العضلات الصدرية والظهرية المرتبط بالذراع كما يظهر بوساطة الاســـهم الحمراء والزرقاء كردود افعال مشـــتركة تعمل على احداث فعل بالذراع.

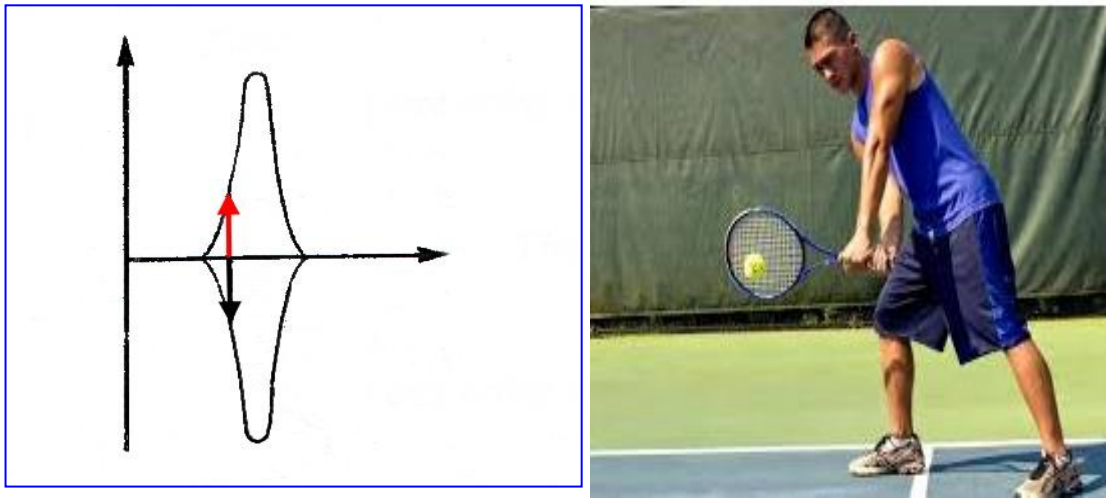
وتتأثر قـــوة رد الفعـــل بوســـاطة عملية التصادم بين الأجسام كما (ضرب كرة القدم، او كرة التنس).

فعند تنفيذ ركلة بكرة القدم ، حيث تتساوى قوة الفعل العاملة على الكرة مع قوة رد الفعل العاملة على القدم (الشكل 308)، اذ ان القوة التي تعمل على الكرة تزداد إلى أقصـاها عندما تسـلط القدم ضـغط على الكرة عند الاتطام إلى الحدود القصـويه ، وبعد ذلك تنخفض إلى حد الصـــفر .هذا الموقف ينطبق على قدم اللاعب وعلى مضرب التنس (الشكل 309) .



الشكل(308)

قوة الفعل ورد الفعل عند ضرب الكرة



الشكل(309)

العلاقة بين القوة في المضرب والكرة

- **الاحتكـاك:**

الاحتكاك هو قوة مقاومة حركة بين جسمين متحركين أو بين سطوحهما المتلامسة ، الاحتكاك هو القوة التي تعتمد على حقيقة أللاستمرارية في التلامس الصغيرة بين حذاء الرياضي والأرض ،او بين المضرب والكرة ،او بين قدم لاعب كرة القدم والكرة ...الخ، والتي يجب ان تكون سطوحها ملساء إذا أريد لهذه الأشياء ان تنزلق ضد بعضها .

لذا يمكننا من وضع تعريف للاحتكاك بانه " القوة المقاومة التي يحدثها جسم ما عندما يتحرك ملامسا سطح جسم اخر".

ويحدث الاحتكاك عندما يتحرك سطح جسمين متلاصقين باتجاهين متعاكسين.

انواع الاحتكاك :

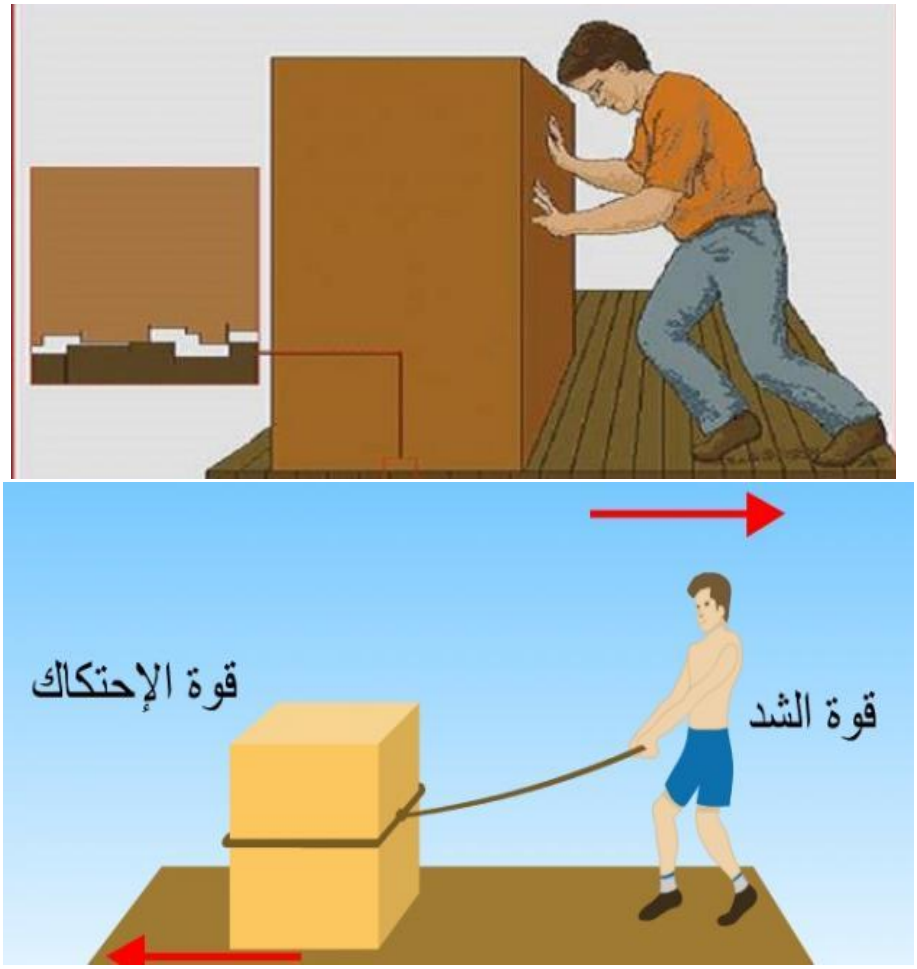
- الاحتكاك السكوني: هو الذي ينشأ بين سطحين أو جسمين ساكنين بالنسبة لبعضهما البعض، فلا يتم تحريك أي من الجسمين (يبقيان على وضعيّتهما)، وهو أيضاً ما يمنع جسم موضوع على سطح مائل من الانزلاق. إنَّ مقدار الاحتكاك السّاكن بين جسمين بشكلٍ عام، يُعتبر أكبر من مقدار الاحتكاك بين الجسمين ذاتهما عند تحرُّكهما مقابل بعضهما البعض.
- الاحتكاك المتحرك: هو الذي ينشأ نتيجة حركة جسم بالنسبة إلى جسم آخر.
- الاحتكاك التدحرجي: ينشأ الاحتكاك التدحرجي (الدوّراني) عند تدحرُج عجلة، أو كُرة، أو اسطوانة بشكلٍ حُرّ على سطح ما، ويُعتَبَر سبب الاحتكاك الرئيسي عند التدحرُج هو فُقدان الطاقة المسؤولة عن تشوُّه الأجسام؛ فعند تدحرُج كُرة على سطح مُستوي، فإنَّ هذه الكُرة سوف تتسطَّح قليلاً، وسيُصبح السطح مُسنّناً بعض الشيء عند منطقة التّماس مع الكرة؛ فهذا الفُقدان الداخلي في الكُرة والسطح هو ما يمنع الكُرة من الارتداد عن الأرض إلى نفس المُستوى الذي سقطت منه. إنَّ معامل الاحتكاك للاحتكاك الدوّار يُعدّ أقلّ منهُ للاحتكاك الطبيعي بمقدار 100 إلى 1000 مرّة

- احتكاك السوائل: وفي السوائل، فإنَّ قوّة الاحتكاك هي المقاومة لحركة طبقتين من الموائع وتُسمّى باللزوجة، وكلما زادت كثافة السائل، زادت لزوجته، فالعسل على سبيل المثال أكثر لزوجة من الماء.

الشكل 310

انواع الاحتكاك

ويعتمد مقدار قوة الاحتكاك على طبيعة السطحين المشتركين في الحركة، وكلما كانت الخشونة اكبر كان الاحتكاك اكبر، فمثلا لو دفعت صندوقا على سطح من الجليد فان يتحرك مسافة كبيرة قبل ان يتوقف ولو دفعت الصندوق نفسه بقوة مساوية ولكن على سطح ناعم، غير الجليد، فانه يتحرك لمسافة اقل من الاولى. لكن لو كررت فعل ذلك على سجادة خشنه فستجد ان الصندوق يكاد لايتحرك.

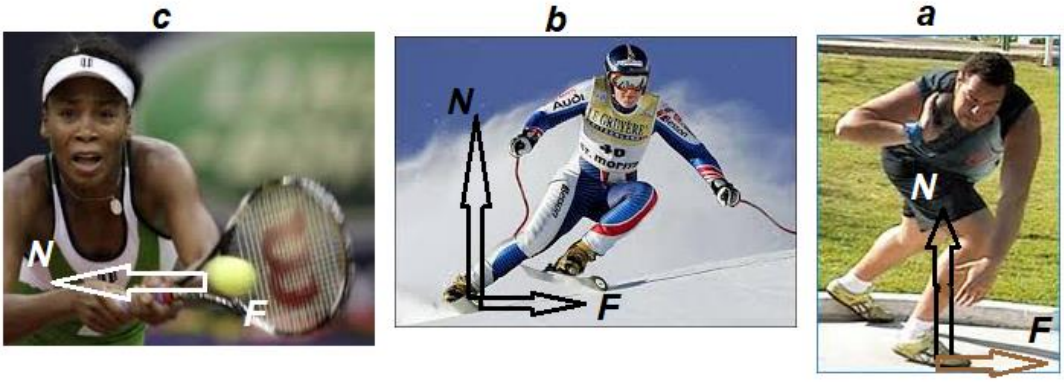


الشكل 311

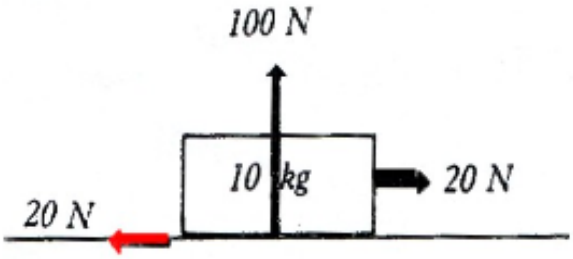
اختلاف قوة الاحتكاك باختلاف طبيعة الاسطح

يعتمد مقدار الاحتكاك على نوع الاسطح المتلامسة مع بعضها (خشونة سطوحها ، ويرمز لها بالحرف N) وعلى مقدار قوة الضغط المسلط على السطحين المتلامسين .

المثال الأول : (الشكل 313) ، يسلط جسم موضوع على الأرض قوة 100 نيوتن، ويحتاج لكي ينزلق على سطح الأرض إلى 20 نيوتن ، عندئذ يمكن معرفة مقدار الاحتكاك N وهو 0.2=100/20



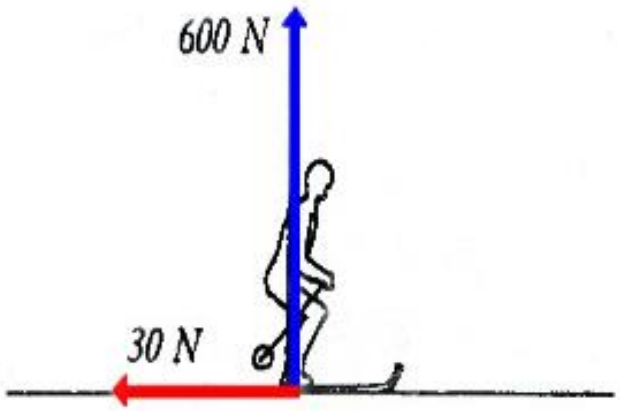
الشكل312
اتجاه الاحتكاك بين الاسطح



الشكل 313
تحليل القوى لجسم ثابت

المثال الثاني: (الشـكل 264)، متزلج يزن 60 كغم ينزلق على سـطح أفقي – ولكي يتزلج هذا الرياضي يحتاج إلى 30 نيوتن ، عندئذ يمكن معرفة معامل الاحتكاك وهو 60/30=0.5 .

إذا كان N = صـــفر ، عندئذ لا يوجد احتكاك ، إما أذا كان معامل الاحتكاك(N) =1 عندئذ نقول أن الجسم ثابت .



الشكل 314
تحليل القوة عند التزلج

- **مقاومة الموائع**

تظهر مقاومة المائع عندما يتحرك الجســـم خلال الهواء او الماء ، ومقدارها يعتمد على مساحة سطح الجسم (A) الذي يتجه للأمام بسرعة مقدارها (V) وشكله (C) ، الأجسام a و b في الشكل 265 يمتلكان نفس المسطح عند مشاهدتهما من الأمام، لكنها يختلفان في شكل الانسيابية عند مشاهدتهما من الجانب .

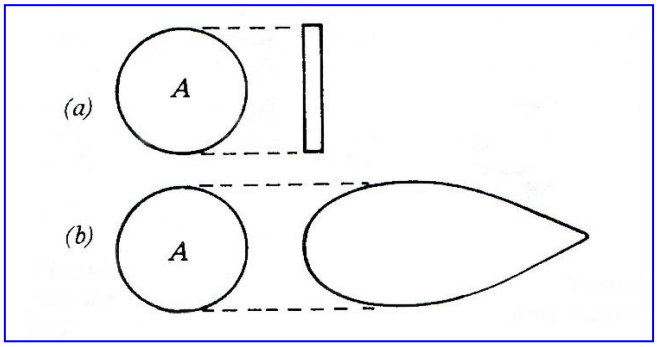
التغير في وضـع الجسم يؤدي إلى تغير في المساحة والشكل (A وC) ، وعن طريق التجربة تم التوصل إلى قوة مقاومة الهواء (أو الماء) Fa:

مقاومه الهواء = ثابت الاعاقه×مربع السرعة×مسطح الجسم/2

$$Fa = A \times V^2 \times C \times a/2$$

حيث: A ثابت الإعاقة V سرعة الجسم C كثافة الوسط a مسطح الجسم

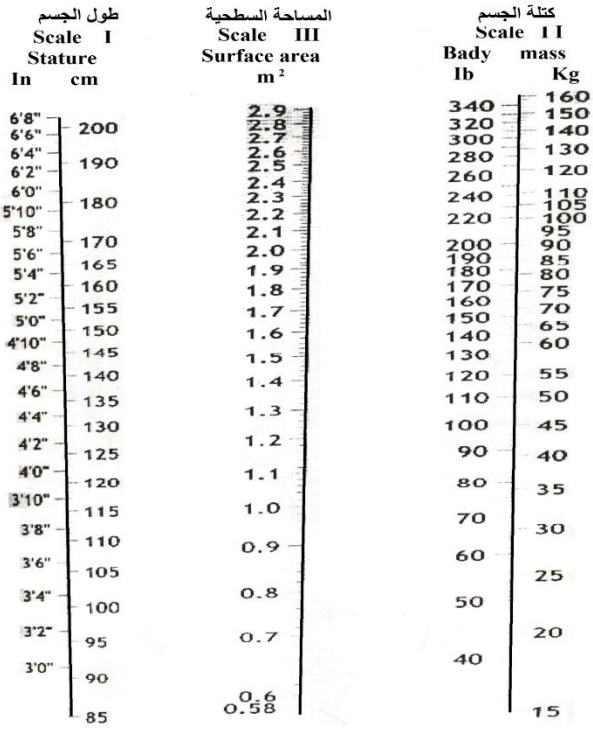
ويمكن استخراج مسطح الجسم وفق النموذج(المخطط) 2



الشكل(315)
المسطح والانسيابية

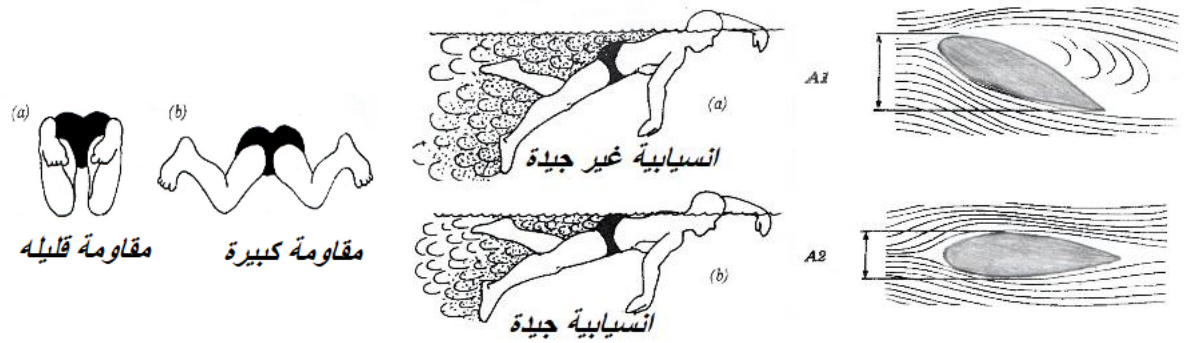
تتضـاعف المقاومة إذا تضـاعفت مسـاحة السـطح المعرض للهواء أو للماء ، إما مضـــاعفة الســـرعة فأنها تعطي مقاومة مقدارها أربعة أضـــعاف، عن طريق خفض مقاومة الهواء وتحســن الانســيابية. الهدف من بعض الألعاب الرياضــية مثل الوثب العريض والركض هو خفض مقاومة الهواء، أما في الســباحة فمن المهم جدا خفض مقاومة الماء.

الشكل 316
تدريبات القوة بمقاومة الهواء



مخطط لقياس المساحة السطحية من العلاقة بين الطول وكتلة الجسم

مخطط 2
قياس مسطح الجسم



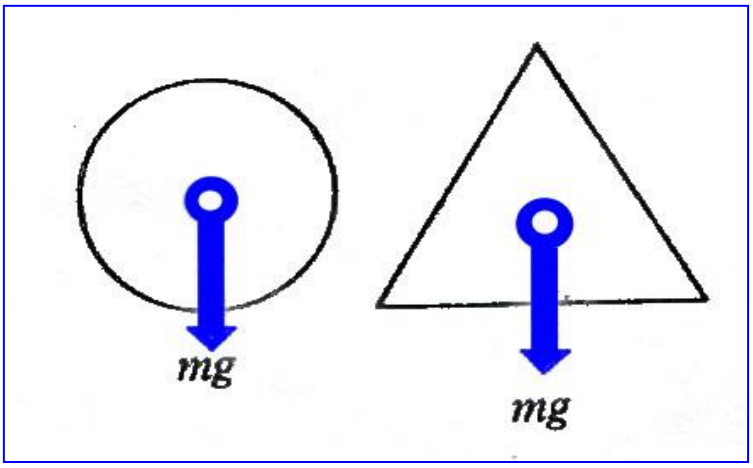
الشكل (316)

مقاومة الماء في السباحة الاعتيادية

(b) القوة الطبيعية (N) (قوة فعل الأرض):

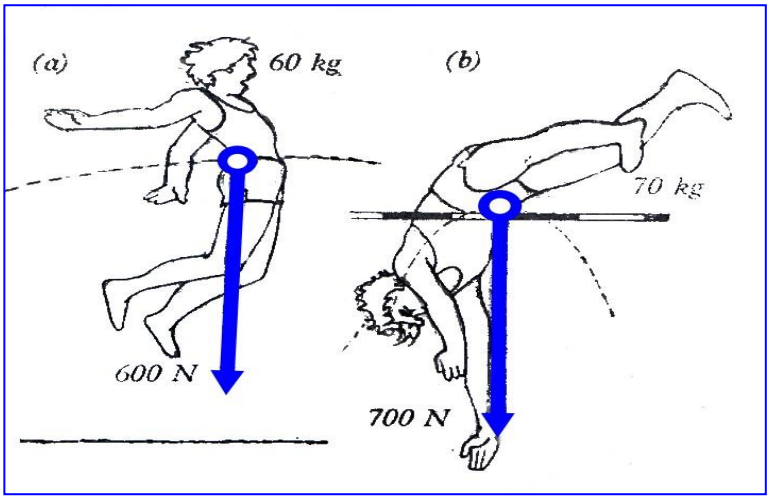
تظهر هذه القوة طالما الجسم بتماس مع الأرض او قريب منه , فإذا كان كتلة الشخص 60 كغم ويقف باستقامة على ارض مسطحة فأن الارض تسلط عليه قوة عموديه مقدارها 600 نيوتن على الجسم(على افتراض ان قوة الجذب مقربة الى 10 نيوتن)، عندئذ سوف تكون قوة رد الفعل للجسم التي تعمل على باتجاه معاكس جذب الارض ايضا عمودية بقيمة تساوي 600 نيوتن من خلال القوة الداخلية المبذولة، لذا فأن هاتين القوتين متساويتين في الحجم لكنهما يعملان باتجاه معاكس، وتنشأ من هاتين القوتين قوة تسمى بالقوة الخطية المتساوية (الشكل253)، القوة الأولى تسمى بالفعل(الجاذبية) والقوة الثانية برد الفعل (قوة العضلات الدافعة ضد الارض).

يعتمد مقدار قوة رد الفعل على القوة التي يضغط بها الشخص على الأرض (وزن الجسم)، والى أي مدى يستطيع هذا الشخص عمل شد قوى في عضلاته الباسطة عند مفصل الورك ومفصل الركبة والكاحل ،مثال تزداد قوة رد الفعل عند تنفيذ حركة النهوض وعمل الوثب مع مرجحة الرجل للأمام من حالة الركض والهبوط إلى مايعادل ثلاثة أضعاف وزن الجسم (mg).



الشكل(317)

علاقة الكتلة بالجاذبية الأرضية



الشكل 318

فعل الارض ورد فعل العضلات

الشكل 319

الفعل العضلي ورد الفعل الارضي على كرة القدم

– أشكال القوى الداخليــه

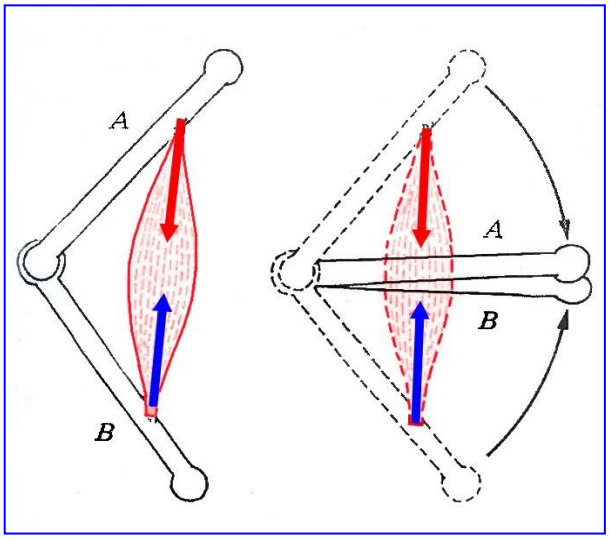
(أ) قوة العضلة:

تصــنف قوة العضــلات تحت عنوان القوى الداخلية، وتســتعمل قوة العضــلة لمقاومة الجاذبية والاحتكاك او لزيادة قوة رد الفعل ، تؤثر قوة العضـــلة على منشـــأ ومدغم العضلة بنفس المقدارمن القوة ولكن باتجــاه معاكس (الشكل 319) ، ومن العوامل التي تحدد نوعية العمل هي حجم وتركيب الأجزاء A وB **المتحركة** كما في(الشــكل 320) (اتجاه مركز الجاذبية) ، والمهم أيضــا هو فيما إذا كان يمتلكان الحرية في حركتهما ، أو أن احدهما ثابت والأخر حر الحركة.

المثال الأول: (الشكل 318). إذا كان A وB متماثلين وكلاهما يمتلكان حرية الحركة، فأنها سوف يقتربان نحو بعضهما عند القفز ومحاولة تقريب الذراعين مع الرجلين ،حيث تقوم العضلات الحرقفية الخصرية بسحب الرجلين للأعلى وتسحب أيضا الجذع للأسفل، ولان الرجلين أخف من الجذع لذا فأن المسافة التي تتنقل بها الرجلان اكبر ,ومن غير المعقول تحريك الرجلين فقط.

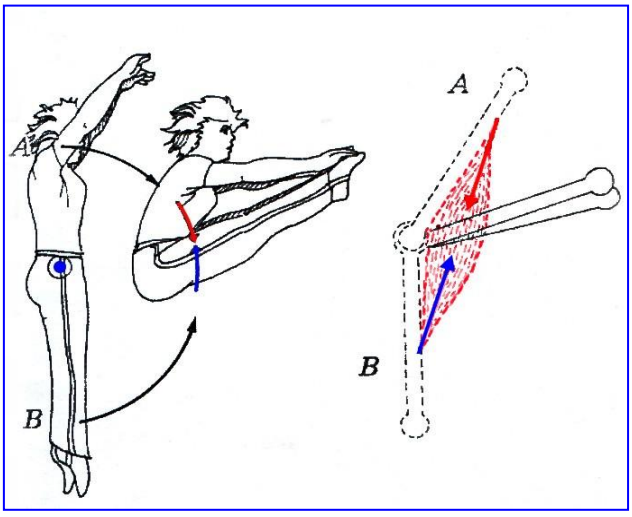
المثال الثاني: (الشكل 320)، إذا تم تثبيت الجزء A فأن الجزء B هو الذي سوف يتحرك .

المثال الثالث: (الشكل 321). إذا كان وزن الجزئيين مختلفين ، فأن الجزء الخفيف هو الذي سوف يتحرك بمسافة اكبر، ونشاهد في الأشكال 271 و 272 أنواع مختلفة من الاجزاء المتحركة حيث يدور جزء معين عكس الآخر عند المفصل .



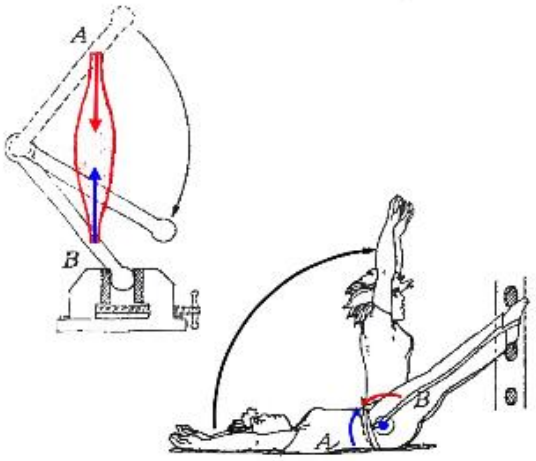
الشكل (320)

تساوى القوة وحركة الأجزاء حول محور الدوران



الشكل(321)

رفع الرجلين للأعلى والجذع للأسفل



الشكل(322)

ثبات جزء من الجسم وتحريك الآخر

إذا كان جذع لاعب التزلج يدور باتجاه معين فان المتزلج سـيحاول الدوران بالاتجاه المعاكس كرد فعل عضلي.

اما قافز القفز بالزانة ، فيحاول يرفع الجزء العلوي من جسمه فوق العارضة بواسطة مد مفصل الورك مع رفع الرجلين باتجاه الخلف .

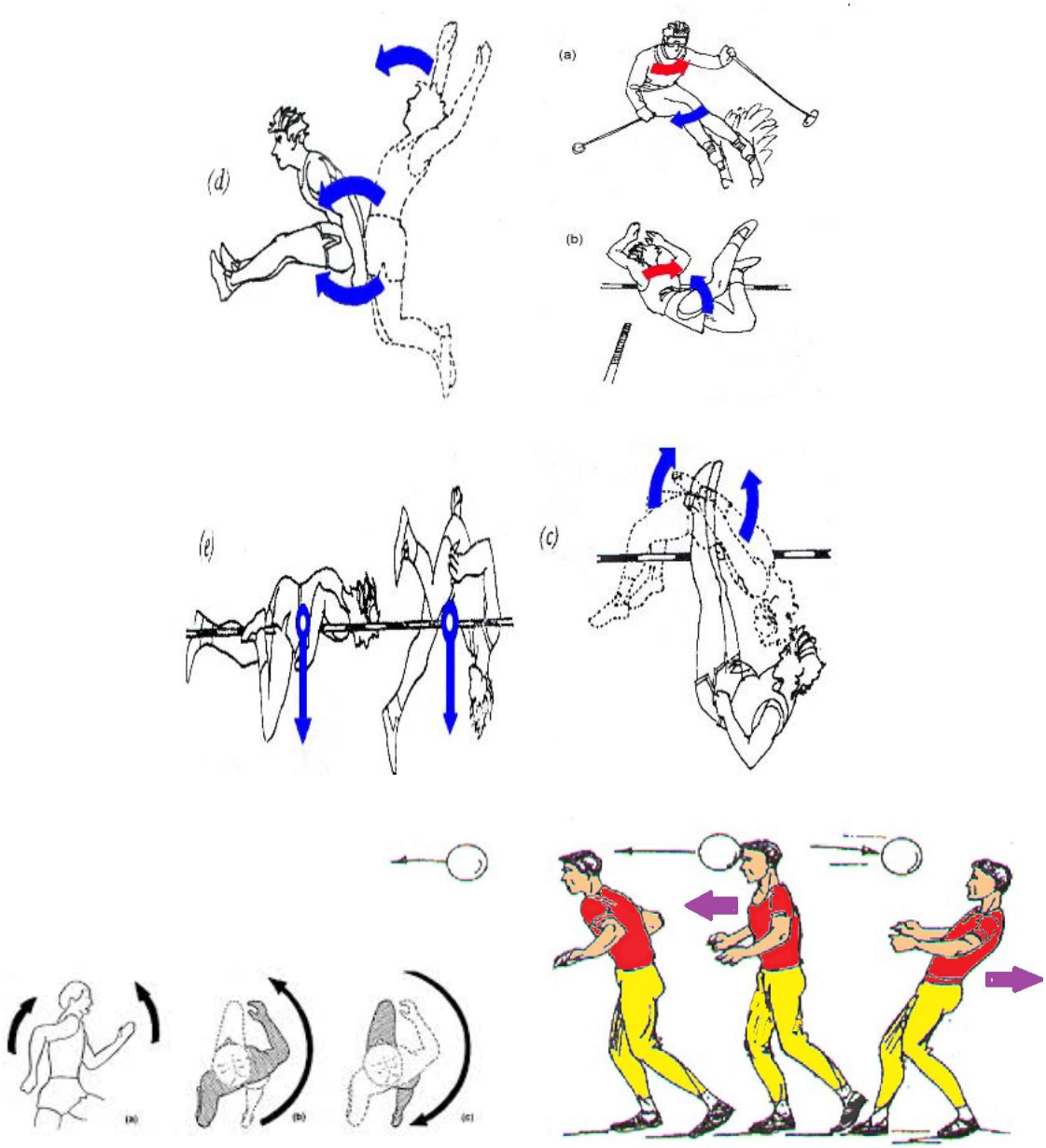
ولكي يتجنب الرياضي اصطدام رجليه بالعارضة في القفز العالي بطرقة (فوسبوري) ، فانه يقوم بثني مفصل الورك بقوة حالا بعد عبور الرجلين فوق العارضة ليمنع الرياضي جسمه العلوي من الدوران عن طريق تدوير الذراعين والرجلين إلى الخلف بأقصى سرعه ، لذا يسقط الرياضي على رقبته عند الهبوط..

وعندما يرغب لاعب الوثب الطويل الهبوط على قدميه عليه أن يرفع رجليه إلى الأمام ورفع جذعه إلى الأعلى والاستمرار في تدوير ذراعيه .

هناك طريقة واحدة لتجنب اصطدام الرجل الخلفية المستقيمة بالعارضة في القفز العالي. وهي سحب مفصل الركبة للأعلى بوساطة عضلات ثني مفصل الورك القوية حالا بعد ان يمر الجسم فوق العارضة .

وعند التحضير لضرب الكرة بالراس يسحب الرياضي الجيد جذعه بعيدا إلى الخلف كما في الشكل 322، ويوقف الحركة قبل أن يدفع جذعه وراسه لضرب الكرة

، فتندفع الراس بشدة بالاتجاه المعاكس في سبيل زيادة سحب الجذع الذي يزيد بالمقابل سرعة اداء الضربة . وكذلك عند حركات الركض تتناوب حركة الذراعين مع حركة الرجلين من اجل تنسيق الخطوات وانسيابيتها.(الشكل 322)

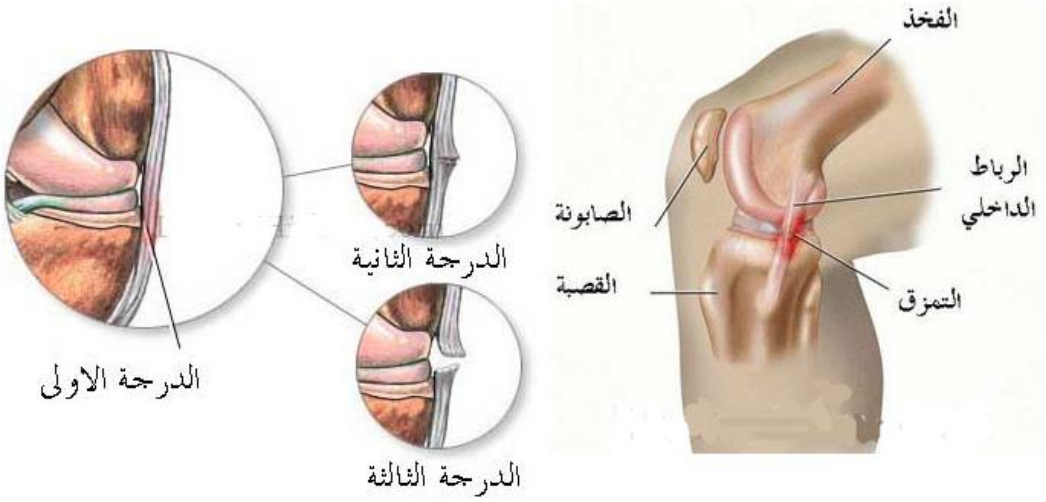


الشكل (323)

تدوير أجزاء الجسم باتجاهات مختلفة

- **قوى الوتر والرباط**

تعد هذه القوى من القوى السلبية الداخلية، و تنتج هذه القوى من قبل العضلة أو من جراء مقاومتها للقوى الخارجية ،أي إن الأوتار والاربطه لاتنتج قوة من ذاتها ،مثل عدم استطاعة الأوتار والأربطة أنتاج قوتهما الذاتية عند تعرضهما للضغط العالي جدا بدون حدوث تمزق (الشكل 324).



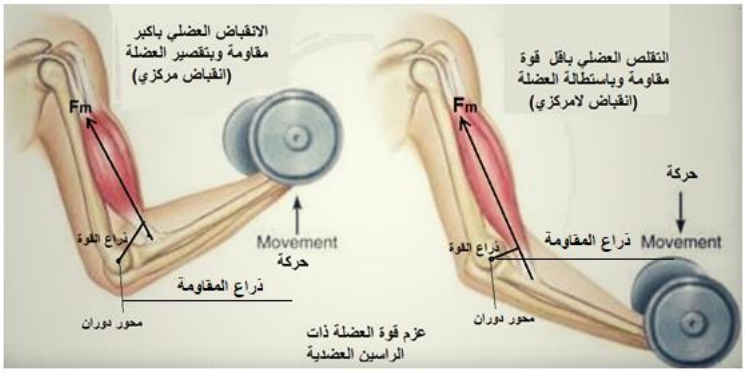
الشكل (324)

تمزق الأربطة لمفصل الركبة

- **القوى والعزم**

إن الفهم الجيدة لتركيبة الهيكل العظمي وطريقة تأثير العضلات على جزء معين من الجسم يؤدي إلى معرفة خصائص القوى العاملة والتي تعتمد على نظرية " عزم القوة ".

و العزم : يعرّف بأنه مقياس لمقدرة القوة على إحداث الدوران ، ومقدار العزم يساوي حاصل ضرب القوة في طول ذراعها.



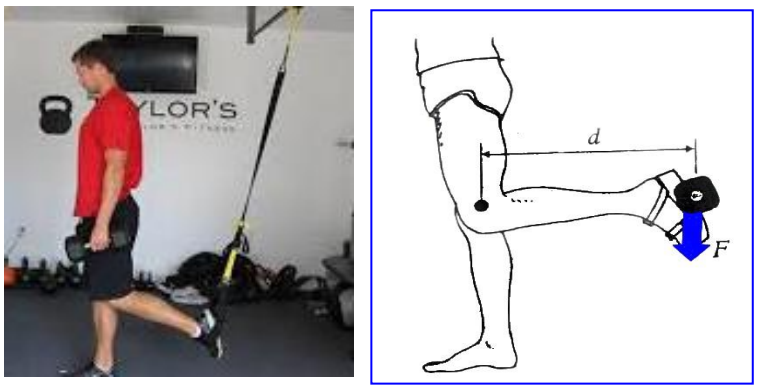
الشكل 325
عزم القوة واتجاه الحركة

فأذا كان كتلة الثقل المرفوع في الشكل 325 مقداره(5 كغم)، يقال ان قوة الجاذبية التي تعمل عليه هي بقوة 50 نيوتن (ويرمز له بالحرف N) ويكون عزم المقاومة هو 50 نيوتن × ذراع المقاومة وهو حتما يساوي القوة العضلية × ذ راعها.

لذا فعند اســـتخدام قوة F بجزء الجســـم وعلى بعد معين (d) من نقطة معلومة (محور الحركة)، تسبب له هذه القوة حركة زاوية عند تلك النقطة (المحور), تسمى القوة التي أحدثت هذه الحركة الزاوية بعزم القوة ويرمز لها(M).، ويتم حســاب عزم القوة عن طريق ضــرب مقدار القوة في طول المســافة (d) وهي المســافة بين نقطة تأثير القوة ونقطة المحور.

لذا فأن **العزم** = **القوة** × **المسافة** ($M = F \times d$)

يظهر في (الشكل68) مقدار عزم القوة للعضلات التي تعمل على تدوير الساق خلفا حول الركبة ، أن عزم القوة هو القوة المؤثر التي تعمل على تدوير الســـاق حول الركبة والذي يعتمد على كميتين أســاســيتين هما قوة العضــلة المتمثلة بنقطة اندغام العضـــلة وبعدها عن محور الدوران في وقت واحد ، عمليا يمكن ان تؤثر نفس القوة بتأثيرات مختلفة طالما هناك دوران حول الركبة الأمر الذي يعمل على تغير البعد العمودي بين خط القوة ومحور الدوران مع اســتمرار الدوران. لتوضــيح ذلك لاحظ المثال الأتي في الشـــكل 326 ، حيث نلاحظ اســـتخدام نفس القوة مع اختلاف العزم بحيث تكون الأقل في المثال الأول والأكبر في المثال الثالث.

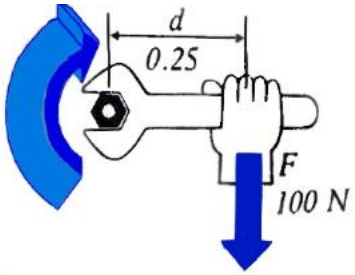


الشكل 326
عزم القوة عند ثني الساق خلفا

لنفرض ان القوة هي 50 نيوتن وهي قوة ثابتة لكن الذي يتغير هو المســـافة من d_1= 20 سم الى d_2= 30 سم و d_3= 50 سم . عندئذ يكون عزم القوة طبقا للمعادلة M= Fxd. ويكون مقادير عزوم التدوير(10، 15و25) الذي تحاول اليد ســـحبه، ويمكن الحصـــول على عزوم قوة مقادير ها(15 و10 و25 نيوتن .متر) بتغير ذراع القوة بطرق مختلفة في الشكل 327

الشكل 327
اختلاف عزوم التدوير باختلاف المسافة العمودية(الذراع)

ويمكن استخدام قوة مقدارها 100 نيوتن تبعد بمسافة 0.25 متر من المحور لنحصل على عزم قوة مقداره (25 نيوتن. متر) 100× 0.25 =25 N.m كما في المثال الرابع شكل 328.



الشكل 328

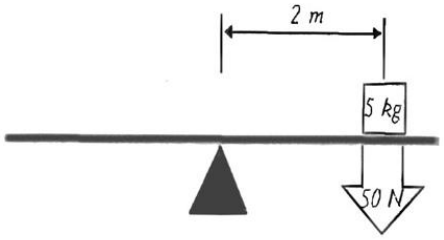
زيادة عزم القوة بزيادة ذراعها

ولو وضــعنا كتلة (5 كغم)على بعد 2م من مركز العتله كما في الشــكل 329، فأن عزم القوة يساوي 100 نيوتن متر: 50 نيوتن × 2 متر = 100 نيوتن متر

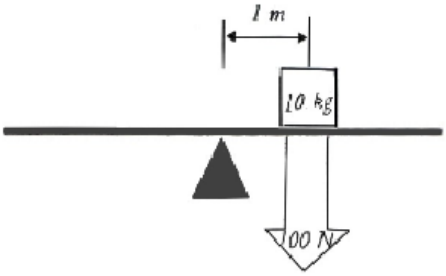
كما يمكن أيضــا الوصــول الى عزم قوة مقداره 100 نيوتن متر اذا وضــعت المقاومة 10 كغم على مسافة متر واحد من المركز(الشكل 330)

العزم = 100 نيوتن × 1 متر = 100 نيوتن.م

ملاحظة؛ ضربت الكتلة × 10 نيوتن.م/ث^2 بدلا من 9.81 لتسهيل الامثلة.



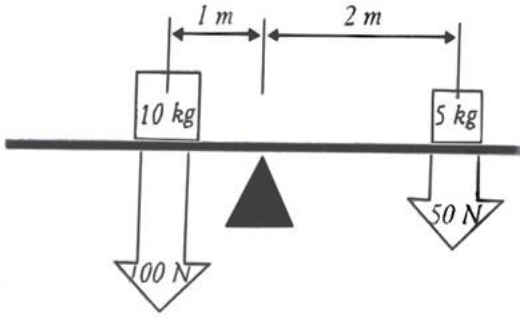
الشكل 329
زيادة العزم بزيادة الذراع



الشكل 330
زيادة العزم بزيادة المقاومة

واذا وضــعنا في المثال الســابق ، كتلتين في جانبي العتلة ، الكتلة الأولى (5 كغم) والكتلة الثانية (10كغم) فأن العتله(ســـوف نطلق عليه اســـم العتلة) في حالة توازن عندئذ يقال ان العزمين يعادل احدهما الآخر .

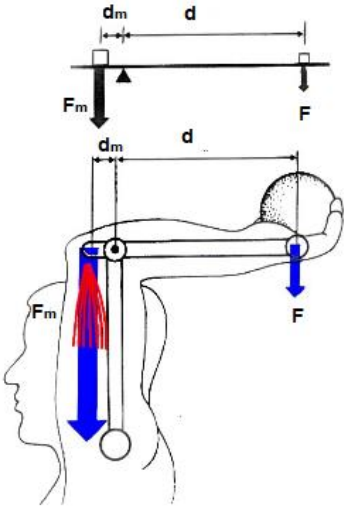
(مبدأ العتلات او التوازن) 50×2 = 100×1



الشكل 331
توازن العتله

ويمكن اسـتخدام نفس المبدأ بأسـلوب آخر بحيث يمكن للعضـلات أحداث تأثيرات مختلفة على أجزاء الجسم.

ففي الشكل 74 فان F_m تمثل قوة العضلة، وd_m تمثل مسافة ذراع قوة العضلة عن مركز المفصل، و F تمثل قوة الجاذبية التي تعمل على الكرة، و d تمثل مسافة الكرة عن مركز المفصل (الشكل 332).



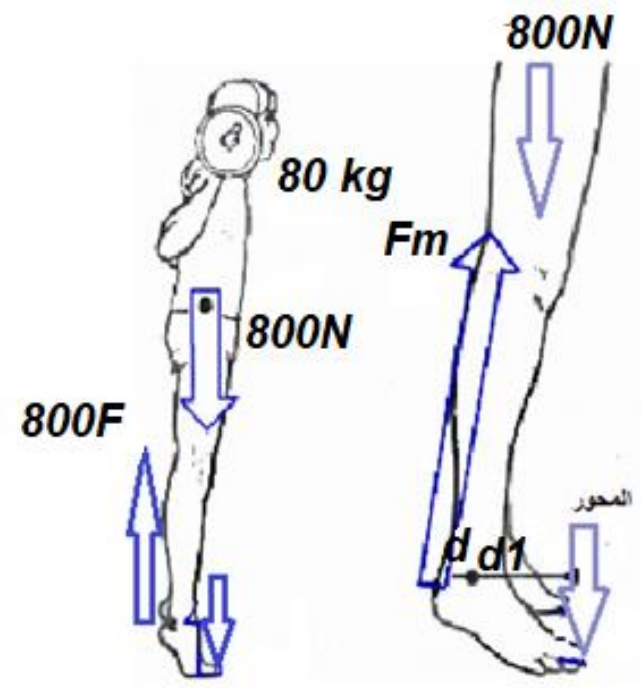
الشكل 32

عتلة من النوع الاول بجسم الانسان

ومن الشـكل 332 يمكننا ان نقول ان السـاعد والثقل المرفوع ومفصـل المرفق بالعتلة من النوع الأول حيث إن القوة الخارجية F (الثقل) تعمل على جانب واحد والقوة الداخلية Fm (العضـلية) تعمل على الجانب الآخر , في هذه الحالة تبقى الذراع ثابتة إذا كانت القوتان في جانبي المعادلة متساويتان

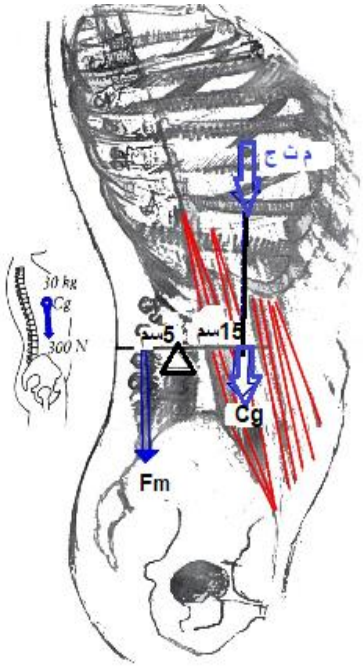
$$\mathbf{d\times\ F = d_m \times F_m}$$

ومثال اخر في تحقيق حالة توازن في جسم الانسان اذا كانت $F \times d = d_m \times F_m$, أما إذا كان $d_m \times F_m$ اكبر من $d \times F$ ، فأن الجسم سوف يصبح في حالة تعجيل نحو الأعلى (يرتفع أكثر على الأصابع) ، أما اذا كان $d_m \times F_m$ اقل من $d \times F$ فأذا لم يستطيع الجسم تحمل هذا الوضع فسوف يهبط للأسفل ، ويشير الرقم 80 الى وزن الشخص. الشكل 333.



الشكل 333
عتلة من النوع الثاني

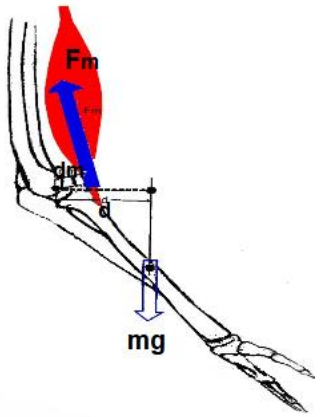
ويمكن احداث حالة موازنة الجذع البالغ (30 كغم) عن طريق تقلص عضلات الظهر ، ويمثل الجذع ايضا واحدة من العتلات في جسم الانسان , فاذا وقع مركز وزن ثقل الجذع امام الفقرات القطنية بمسافة تبعد ثلاثة أضعاف عن مسافة نقطة تأثير عضلات الظهر عن الفقرات نفسها(كمحور دوران) ، عندئذ يجب ان تكون قوة تقلص عضلات الظهر ثلاثة أضعاف وزن الجذع (الشكل 334) ، والا سوف يتحرك الجذع في الاتجاه الذي يكون فيه عزم القوة اكبر .



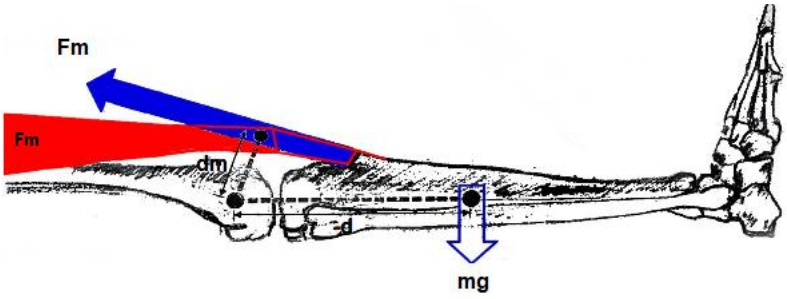
الشكل 334
موازنة الجذع

في الأمثلة الثلاثة الآتية المبينه في الاشـكال (335)، و (336) و (337)، تقع كل من قوة الجاذبية وقوة العضلة في جانب واحد من المفصل، لكن اتجاه السحب سوف يختلف.

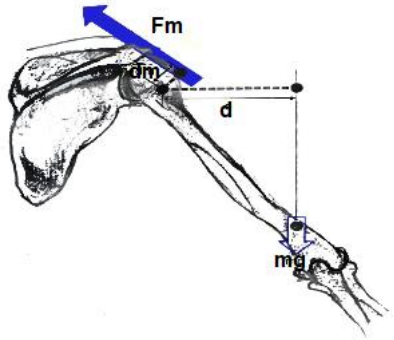
تستخدم المعادلة $d \times F = d_m \times F_m$ لوصف الأمثلة الثلاثة الاتية.



الشكل 335
عزم القوة العاملةعلى الساعد(عزم العضلة العضدية الثنائية)

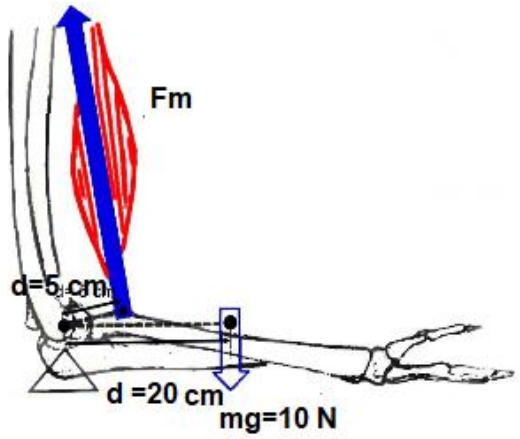


الشكل 336
عزم القوة العاملةعلى الساق(عزم العضلة الفخذية)



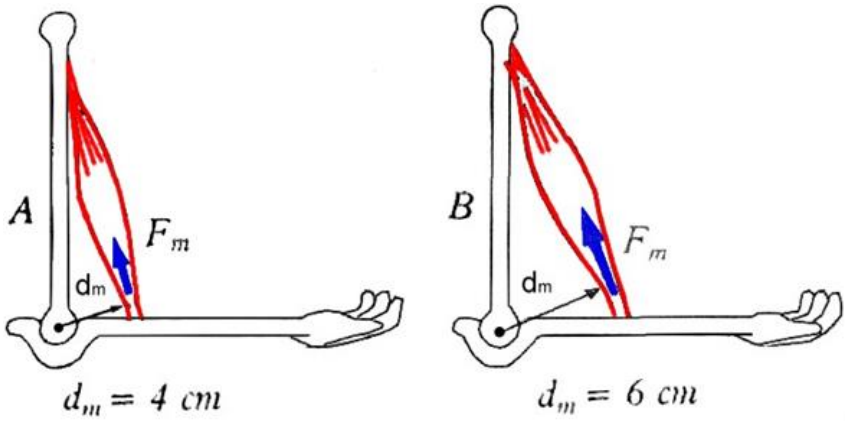
الشكل 337
عزم القوة العاملةعلى العضد (عزم العضلة العضدية الدالية)

في الشكل 338 ، تسلط قوة مقدارها mg وهي قوة سحب الساعد نحو الأسفل (1 كغم وهو وزن الساعد) بوساطة الجاذبية (وزن الساعد) يعادل (10 نيوتن) ، فاذا وقع مركز الجاذبية على بعد 20سم عند مفصل المرفق ، عندئذ تكون قوة العزم تساوي الى 10×20 (نيوتن . سنتم) ، اما اذا كان موقع اتصال عضلة و ذات الرأسين يبعد مسافة 5 سم عند المفصل ، عندئذ يجب يساوي عزم العضلة (5× Fm) عزم المقاومة الذي هو ناتج (10×20) لكي يبقى الذراع على حالة الثني.



الشكل 338
عزم قوة العضلة العضدية

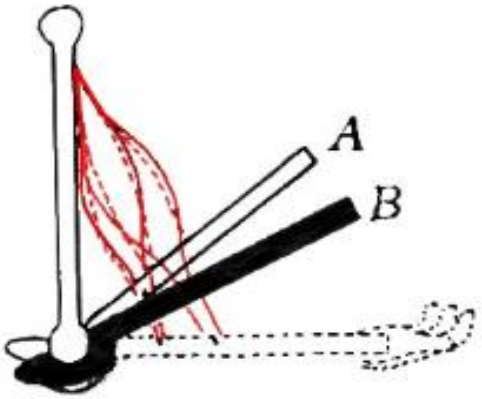
الأشكال الآتية تصور أنواع مختلفة من المفاصل والأسلوب الذي يستطيع بها الجسم حل مشـــكلة مقاومة الإثقال (عزوم المقاومة)، اذا كانت نقطة المدغم للعضـــلة ذات الرأسـين التي تعمل على ثني الذراع تختلف لدى شـخصـين A وB , عندئذ سـوف يختلف هذان الشخصان كليا في القوة والسرعة في ذراعيهما.



الشكل 339
مقارنة في القوة والسرعة لنفس العتلة

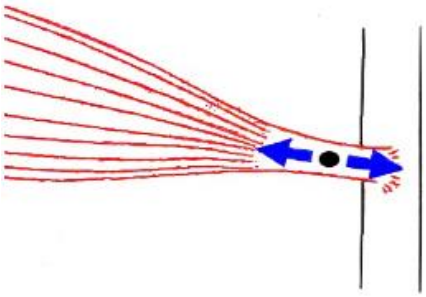
وفي الشكل 340 لنفرض ان عضلة الشخص **A** تدغم عند نقطة تبعد 4 سم , وهو طول ذراع القوة في حالة ثني الشخص لذراعه بزاوية 90 درجة , وعضلة الشخص **B** تدغم في نقطة ابعد عن مفصل المرفق ، اى زيادة المسافة العمودية لعمل القوة الى 6 سـم ، عند أذن سـوف يكون ذراع العضـلة أطول عند العمل على مفصـل المرفق بزاوية 90 درجة.

اذا كانت قوة العضـلة $\mathbf{F_m}$ متسـاوية لدى الشـخصـين ، عندئذ سـوف تكون قوة الشـخص **B** 50% اكبر من قوة الشـخص **A**. (الشـكل 80) اما اذا كان بعد العضـلة عن المرفق 3 سم لدى الشـخص A ، فأن سـاعد الشـخص **A** سـوف يتحرك بزاوية اكبر من سـاعد الشـخص **B** وهذا يعني ان **A** سـوف يكون أسـرع من **B**(الشـكل 81). قابلية العضـلة على تطوير القوة العضـلية $\mathbf{F_m}$ يمكن ان يتأثر بوسـاطة تدريب القوة(صـفة مكتسـبة)، لكن بعد مدغم العضـلة لايمكن تغيره(صـفة وراثية), بمعنى آخر إن التركيب بهذه الصـورة عمليا يعني إننا مؤهلين لفعاليات معينة وغير مؤهلين لأخرى , عندما يتعلق الأمر بالانجاز العالي



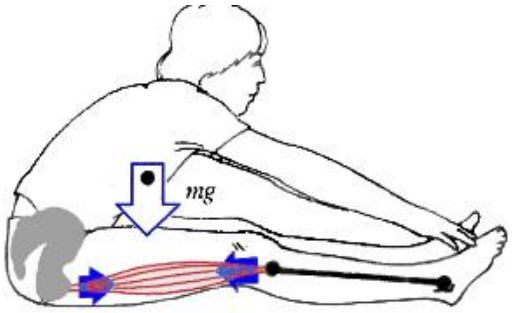
الشكل 340
مقارنة بين عزم نفس العضلة مع اختلاف نقاط اندغامه

يمكن ان قوة الوتر وقوة الأربطة قوى متعادلة كما في الشـكل 341 وهذا يعني أنهما يتأثران بشـدة من جراء قوى خارجية (الشـكل 83) أو يتأثران بالقوى الداخلية للعضلات (الشكل 342) .



الشكل 341

قوة الاربطة والاوتار

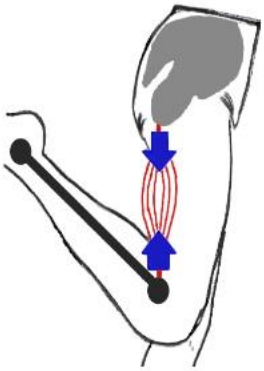


الشكل 342

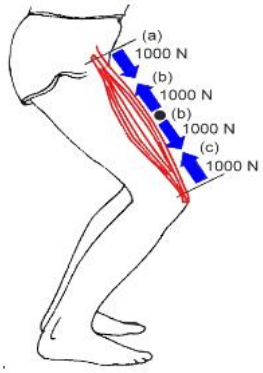
قوة خارجية على الاوتار والاربطة

إذا تأملنا جزءا صغيرا من وتر مشدود ، نفهم من هذا انه يجاهد لكي يتمدد, لذا يمكننا رسم سهم يؤشر القوة، إما باتجاه سحب العضلة او باتجاه مقاومة الوتر (مدغم العضلة - الشكل 341) .

لنفرض أن الشخص الواقف مع ثني قليل في مفصل الركبة يمتلك قوة تقلص في عضلاته الباسطة للركبة مقدارها 1000 نيوتن ، لذا فان القوة التي تعمل على المنشأ هي 1000 نيوتن(الموقع **a** مفصل الورك) وباتجاه مفصل الركبة . أذن هناك قوة تعمل مقدارها 1000 نيوتن على مفصل الركبة وتسحبه نحو الفخذ النقطة(**c**) الشكل 86، تمدد الحزمة العضلية والنسيج الضام بقوة في مكان ما في العضلة بقوة مقدارها 1000 نيوتن (النقطة **b**) ويزداد الشد في الوتر بين مفصل الركبة وعظم القصبة الى 1000 نيوتن، عندئذ تكون القوة العاملة على قمة مفصل الركبة 1000 نيوتن بين مدغم الوتر والوتر نفسه طبقا للشكل 343.



الشكل 343
انقباض العضلة باتجاه المركز



الشكل 344
قوة الانقباض عند المنشأ والمدغم متساوية

ويوضح الشكلان 344 و 345 اتجاه أسهم القوى، وكيفية حساب قوى العضلة عن طريق فهم مبدأ العتلات التي سوف نستخدمها للمساعدة في وصف تراكيب الجسم.

الشكل 345
توزيع القوة فوق وتحت مفصل الركبة في اختبار القفز العمودي

مركز ثقل الجسم(مركز الجاذبية على الجسم) :

في الميكانيكا يعرف مركز الثقل الجسم أو مركز الكتلة ما على أنه نقطة في هذا الجسم الذي يكون العزم مساوياً للصفر بالنسبة لها إذا وضعنا هذا الجسم في حقل قوى متوازي (مثل حقل الجاذبية في الغرفة). ويسمى في الرياضيات بالمرجح. ويلعب مركز الثقل دورا أساسيا عند حمل الأثقال برافعة أو إلقاء ثقل بمظلة من طائرة. وفي الفيزياء تحتاج بعض المسائل معرفة مركز ثقل نظام لحلها.

ومن الناحية الهندسية يعرف مركز الثقل بأنه المتوسط الحسابي للمواقع المتجهة لجميع الكتل الجزئية للجسم

وقد يكون مركز الثقل خارج الجسم مثلما في حالة الحلقة أو الإطار. فيكون مركزالحلقة أو الإطار في المركز الهندسي.

وتتلاقى محاور للجسم الثلاث (العمودي والافقي الجانبي والافقي الامامي) ، بنقطة مركز ثقل الجسم وهي نفس النقطة التي تتقاطع بها المستويات التشريحية الثلاثة للجسم (الامامي والجانبي والافقي) .

واسهل طريقة عند الإنسان وحسب نظرية الروافع استخدام ميزان،و لوح خشبي له طول معلوم وليكن (200 سم) حيث يستلقي الشخص على اللوح ويحدد م. ث . ج (C . G) في المستوى الافقي عن طريق النقطة التي يتوازن على جهتيها الجسم.

ولكي تتزن روافع جسم الانسان فيجب ان يكون:

القوه في ذراعها تساوي ألمقاومه في ذراعها

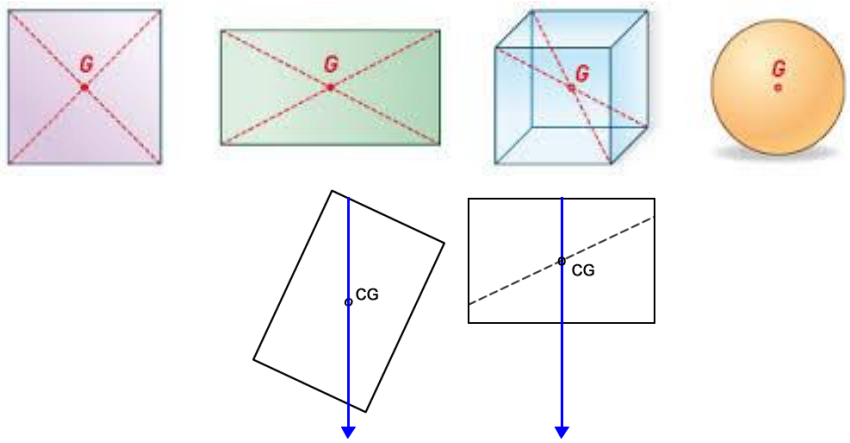
اما علاقة الاتزان بمركز الثقل :

1. كلما زادت قاعدة الاتزان زادت حالة الثبات
2. كلما انخفض مركز الثقل زاد الاتزان
3. طالما وقع مسقط مركز ثقل الجسم في قاعدة الارتكاز زاد الاتزان
4. كلما زادت كتلة الجسم زاد الاتزان
5. كلما كان الاحتكاك بين السطحين قوي زاد الاتزان
6. التركيز البصري يساعد في الاتزان
7. العامل النفسي يؤثر على حالة الاتزان

تعرف قوة الجاذبية على أنها قوة خارجية تعمل على الجســـم في مركز كتلته ، هذه القوة ناتجة عن سـحب الأرض للأشـياء باتجاه مركزها، وحجم القوة يعتمد على كتلة الجسـم التي تعمل عليه ، مثال إذا كان كتلة جسـم يسـاوي 60 كغم فانه يمثل قوة مقدارها 588.6 نيوتن، وتستعمل القيمة التالية التي تدل على ان كل 1 كيلوغرام = 9.81 نيوتن عند تحويل الكيلوغرامات إلى نيوتن(N) ويرمز الى هذه الجاذبية بالحرف(g)، كذلك يرمز الى كتلة الجسم التي تؤثر عليها قوة الجاذبية بالحرف(m) لذا فأن القوة بالنيوتن **g x m=** وتكتب **mg**.

مركز الجاذبية للجســـم هي النقطة التي من المحتمل (نظريا) تعليقه او إبقائه في حالة توازن بغض النظر عن وضــعيته .ومن السـهل جدا الكشـف عن مركز جاذبية جسم منتظم الشكل مقارنة مع جسم غير منتظم الشكل، لكن بالرغم من ذلك يجب ان يتمتع المدرب بالقابلية على تميز موقع مركز الجاذبية لجسـم الرياضــي في الفعاليات الرياضية ، بهذا العمل يستطيع المدرب ان يوجه الرياضة بدقة الى الأسلوب الصحيح لتنفيذ التمارين.

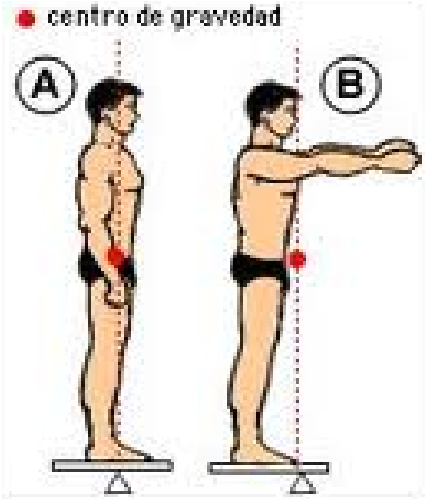
يمكن تحديد مركز جاذبية الجسـم الصـلب عن طريق التجربة وبالأسـلوب الآتي : يتم تعليق الجسم بصـورة حرة من نقطة بدون تحديد ، مركز الجاذبية سوف يقع على طول الخط العمودي A، علق الجسم مرة ثانية من نقطة أخرى B لعمل خط عمودي آخر يقع عليه مركز الجاذبية ، من الواضـــح ان مركز الجاذبية هو النقطة التي يتقاطع فيها الخطان (الشكل 346) .



الشكل 346

مركز ثقل جسم منتظم الشكل

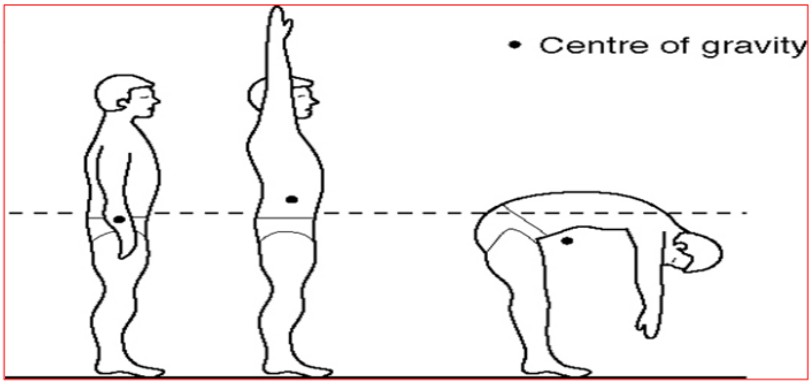
يقع مركز الجاذبية لجسم الإنسان الذي يقف في الوضع التشريحي تقريبا في الخط الذي يمر في السرة على بعد عدة سنتمترات أمام الفقرة القطنية الثالثة ، من الطبيعي ان موقع مركز الجاذبية يختلف بتغير وضعية الجسم ، (مثل عند رفع الذراع او الرجل). مركز ثقل الجسم في الشكل 347 على ارتفاع 100سم



الشكل(347)

وضع الوقوف التشريحي للجسم

مركز الكتلة لجسم الإنسان.



✓الشخص الذى يقف ويداه مسبلتان إلى جانبه يكون مركز الكتلة على بعد سنتمترات أسفل السرة

✓الشخص الذي يرفع يده راسياً إلى أعلى مركز كتلته يرتفع من 6 cm إلى 10 cm

الشكل(348)

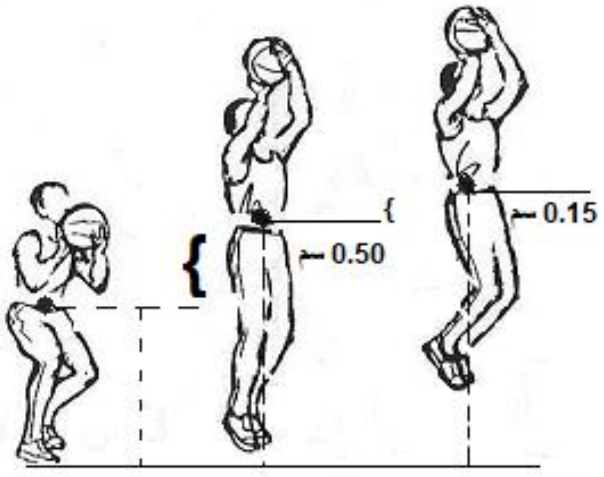
تأثر مركز الجاذبية للجسم بحركة اجزاء الجسم

يبين الشــكلين 347 و 348 كيف يتغير مركز الجاذبية نســبة للتغير بحركة اجزاء الجسم.

واذا قفز الشخص للأعلى فأن مركز الجاذبية يصل الى مسافة 150 سم فوق سطح الأرض (الشكل 349) ، وهذا التغير في وضع الجسم يغير من مكان مركز ثقل الجســـم ولكن لايؤثر على ارتفاع مركز الجاذبية عن بالأرض في كل حالات القفز. عندما يترك الجسم الأرض فأن شكله وهو في الهواء لا يؤثر على نقطة ارتفاع مركز ثقله .

يظهر أيضــا في الشــكل 349 ، مركز الثقل يصــل الى ارتفاعات مختلف في اثناء التهديف بكرة السـلة ، مع العلم ان موضــع مركز الثقل هذا يتغير بتغير حركة الذراعين والرجلين اذ يكون ارتفاع الجسم اعلى ولكن مع بقاء مركز ثقل الجسم بنفس االمكان داخل جسم اللاعب ، ويختلف باختلاف الوضع النهائي ،اما في حالة خفض كلا الذراعين للأسفل فأن الجسم فانه سوف ينخفض، واذا تم رفع رجل واحدة ..

يمكن ببســـاطة شـــرح هذه الفكرة حيث ان المجاميع العضـــلية التي ترفع الرجلين(العضلة الحرقفية الخصرية) تؤثر على باقي أجزاء الجسم بقوة مساوية لكن بالاتجاه المعاكس (سحب الجسم للأسفل) .

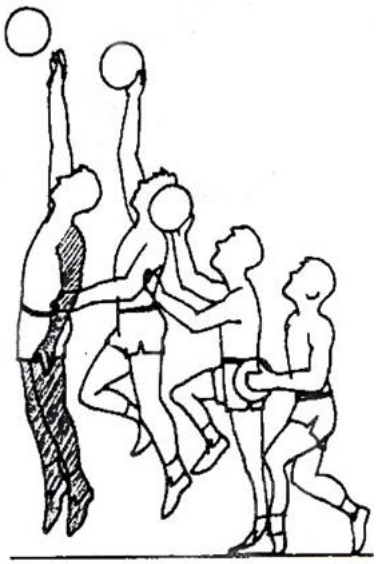


الشكل(349)

تأثر مركز الجاذبية عند القفز

أشكال هذه الحركة تظهر في الفعاليات مثل التهديف في كرة اليد ، التهديف في كرة السلة ، الضربة الساحقة في الكرة الطائرة والقفز بالزانة، كل هذه الحركات

مبنية على نفس المبدأ لاحظ انه عند وضع الذراع اليسرى وكلا الرجلين في وضع مستقيم في حالة تنفيذ التهديف في كرة السلة، ترتفع عندئذ الذراع اليمنى الى أقصى ارتفاع (الشكل 350) .



الشكل(350)

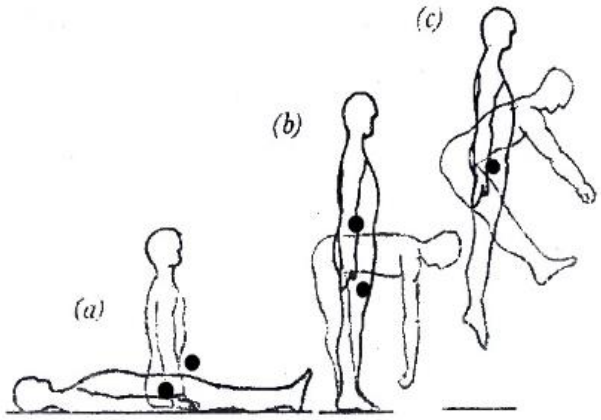
سحب بعض المجاميع العضلية للجسم للأسفل عند القفز

لكي يستطيع راكض الحواجز بدء حركة الركض من جديد عليه إيقاف حركة الذراعين والرجل اليمنى وهما في أقصى ارتفاع ،عندئذ تصل الرجل اليسرى الى الأرض بوقت مبكر (الشكل 251).

الشكل(251)

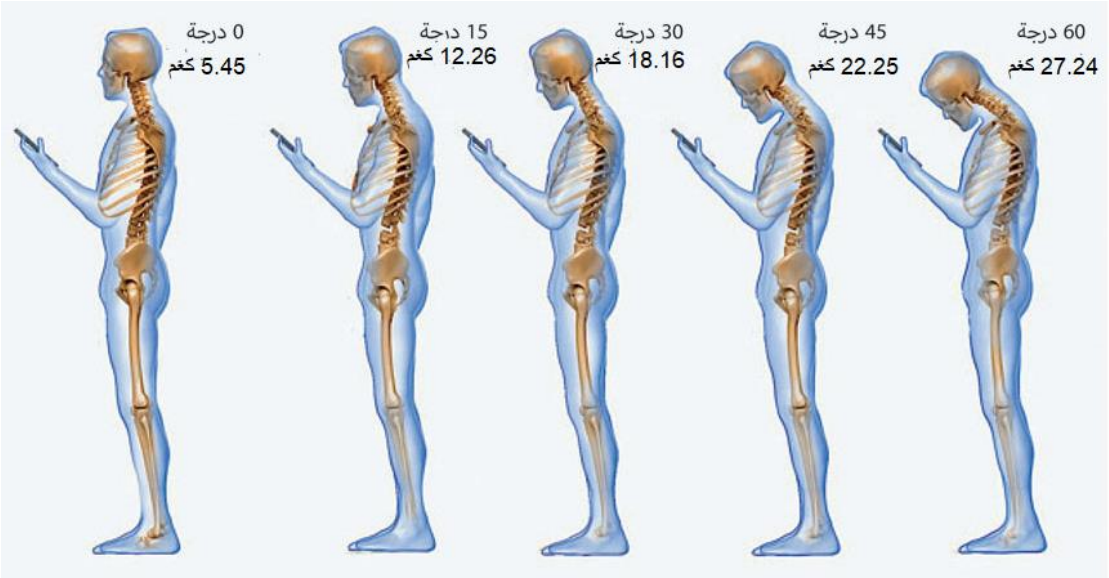
سحب الذراع والرجل للجسم نحو الأسفل

ويوضـح الشـكل 252 الاختلاف في مواقع مركز الجاذبية عند تغير شـكل الجسـم، بسـبب ثني مفصـل الورك ويكون التغير في مكان مركز الجاذبية عند تطبيق ثلاث أوضاع مختلفة للجسم.



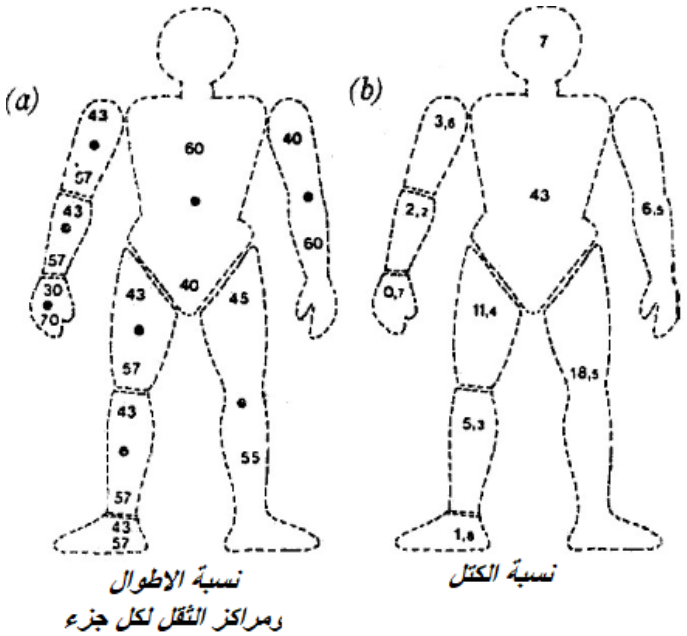
الشكل(252)
تغير مركز الثقل عند تغير وضع الجسم

وعند تغير وضع الجذع والراس ، وفقا لميلان الجذع والراس اماما ، فان مسقط مركز الثقل سيبتعد للامام وفقا لدرجة الميلان وسيتغير عزم الجاذبية وفقا لدرجة الميلان كما يلاحظ من الشكل 353.



الشكل353
تغير عزوم قوة الجذع والراس بتغير درجة الميلان

يبين الشكل(354– **a**) موقع مركز الجاذبية لكل جزء من اجزاء الجسم ويعبر عنه بوســـاطة النســـبة المئوية لطول ذلك الجزء، مثال: يقع مركز جاذبية الذراع في نقطة تبعد 40% من طول الذراع مقاسا من مفصل الكتف ، اما(الشكل 354– b) فيعطي كتلة كل جزء من أجزء الجسم نسبة الى كتلة الجسم الكلية ، مثال: نسبة كتلة الذراع هو 7% من كتلة الجسم الكليه .



الشكل(354)

نسب كتل وموقع مركز ثقل كل جزء من الجسم

ويظهر الشــكل 354 طريقة عمليه في أجراءتحديد موقع مركز جاذبية الجســم ، والتغير في حركة اجزاء الجسم لحساب عزم قوة الجسم ووظيفة وموقع العضلات . اذ يشـير الشـكل الى ان هناك شـخص معلق على العقلة ،وان مركز ثقل الرجلين (يبعد 45% من طول الرجل مقاس من محور مفصــل الورك) ويقع تحديدا على مســافة 0.40 متر من مفصـل الورك (الشـكل 355– a) ويقع على مسـافة 0.30 متر في الشــكل (**b**)، ويقع ايضــا على مســافة 0.30 متر في الشــكل(**c**). فاذا كان وزن الرجلين 25 كغم (18.5% من وزن الجســم الكلي)، والقوة التي تعمل على الرجلين هي الجاذبية ومقدارها 250 نيوتن.فسوف يكون عزم القوة في **a** و **b** و **c** كما يلي:

a) M= F x d M= 250 x 0.40

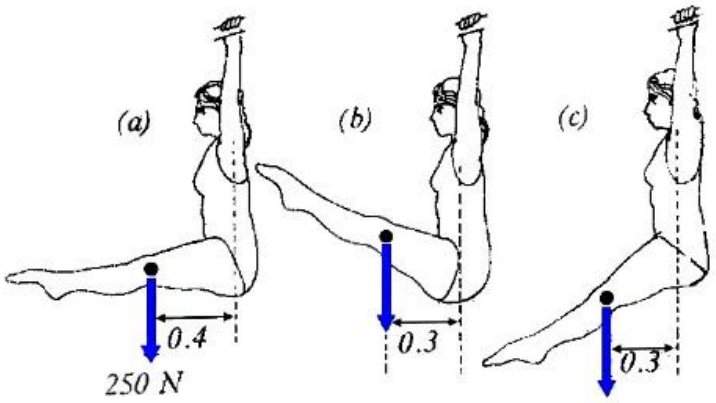
M= 100 Nm (نيوتن. متر)

b) M= F x d M= 250 x 0.30

M= 75 Nm (نيوتن. متر)

c) M= F x d M= 250 x 0.30

M= 75 Nm (نيوتن. متر)



الشكل(355)

تغير اذرع المقاومة مع ثبات الوزن في حركة الرجلين من التعلق على العقله

كل الأشـــخاص الذين يحاولون تنفيذ الوضـــع (b) في الشـــكل 255 يعرفون بوجود صعوبة في التنفيذ على الرغم من حقيقة ان عزم القوة العضلية في الوضع **b** و**c** متساويان وذلك بسبب الاتي:

تطول العضـلة الحرقفية الخصـرية في الوضـع **c** بشـكل اكبر من وضـعها في **b** (تقلص لامركزي)، لذا فهي قادرة على بذل قوة كافية ،أما في الوضـــع **b** فتكون المسافة بين منشأ ومدغم العضلة اقل من 50% من طولها الحقيقي(تقلص مركزي)، هذا يعني ان العضـــلة لا يمكنها انتاج أية قوة بالرغم من ان عزوم القوى في كلا الحالتين متسـاوية لثبات ذراع المقاومة فيهما، وهناك سـبب آخر لعدم اســـتطاعة العضـلة الاحتفاظ بهذا الوضـــع كما في (355– b)، والسبب هو ان العضـلات المأبضـية (العضـلات الفخذية الخلفية) تصـبح طويلة جدا في الوضـع **c** لذلك تحاول سحب الرجلين للأسفل بقوة كبيرة، بما يشبه محاولة رجوع الشريط المطاطي الى طوله الطبيعي في حالة الراحة .

في (الشـكل 356) لنفرض ان العضـلة الحرقفية الخصـرية هي العضـلة التي تحافظ على الرجلين في هذا الوضـع الذي تم ذكرة في الشـكل السـابق، وان ذراعها (مسافتها عن مفصل الورك هو 05. 0 متر ،عندئذ تكون عزوم القوة لها في الحالات الثلاث ايضا تختلف مع اختلاف عزوم القوة التي تتغلب عليها:

F x 0.05 = 100 **(a)**

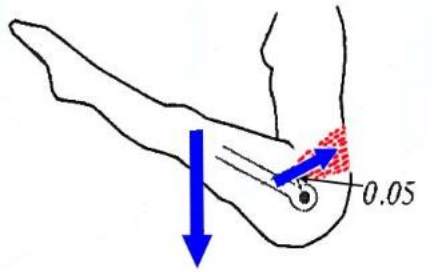
F = 2000 N نيوتن

F x 0.05 = 75 **(b)**

F = 1500 N نيوتن

F x 0.05 = 75 **(c)**

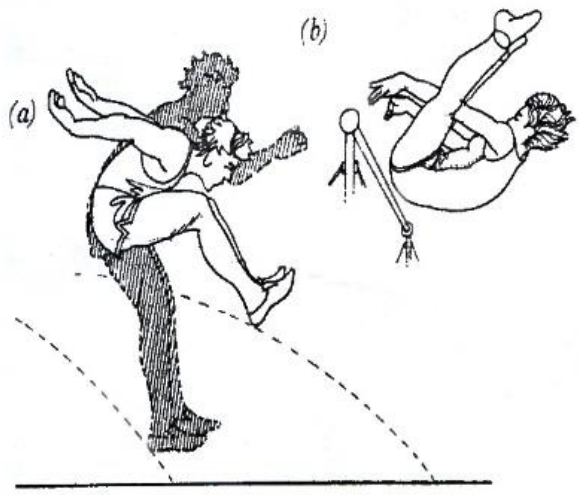
F = 1500 N نيوتن



الشكل(356)

عزوم القوة العاملة على مفصل الورك

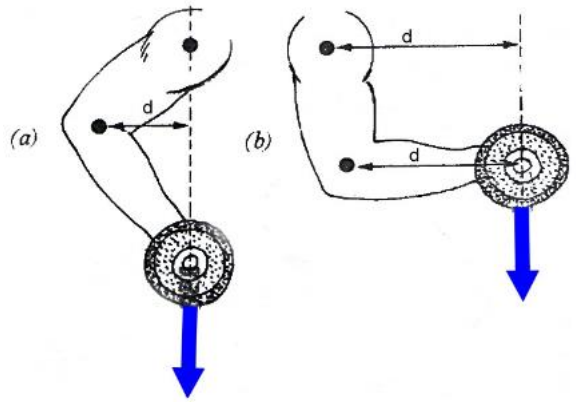
ويظهر الشكل 357- a وb حركتان عبارة عن تبادل الوضع بين قوة ثني المفصل ومرونة العضلات المأبضية ، وهذا احد مظاهر شغل الحركة ، فاذا تم دفع الرجلين او الجزء العلوي من الجسم بوقت مبكر جدا عندئذ لا تستطيع الرجلان المحافظة على وضع الهبوط الجيد (على الرغم من فتح زاوية الورك) لان القدمين سوف يهبطان بوقت مبكر.



الشكل(357)

العلاقة بين العضلة حرقفية الخصرية والمأبضية

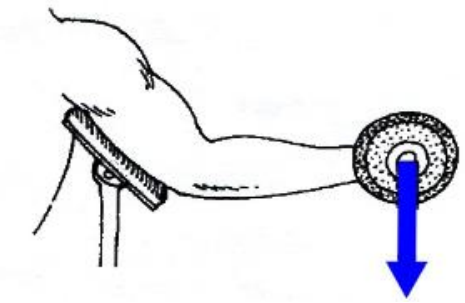
مثال اخر: اذا كان الشخص لائقا بدنيا كما في الشكل 358- **a** ، فأن عزم عضلات المرفق ، سيكون اقل مقارنة مع العزم الذي تتعرض له نفس العضـــــلات في الشكل 358- b ، بســـبب ان ذراع المقاومة في **a** اقصـــر)،وان الجهد الذي يتعرض له الكتف في الوضــع **a** على الأغلب صـفر ، لكن الجهد على مفصـل الكتف في **b** كبير جدا.



الشكل(358)

اختلاف العزم بعضلات الكتف بين الوضعين

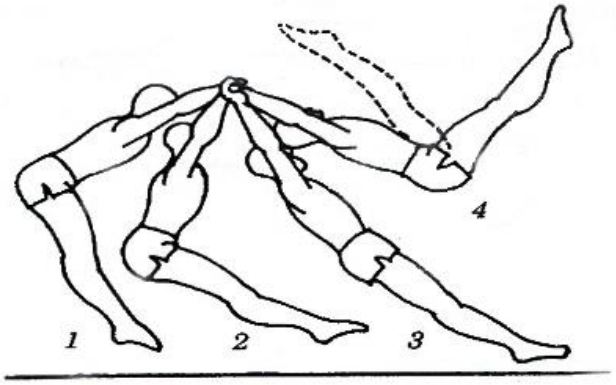
عند تدريب عضلات ثني المرفق على القوة باستعمال أسلوب تثبيت الجزء العلوي من الذراع كما في الشكل 359 فإن ذلك يتم بوساطة تقلص عضـلات ثني المرفق على ضــد مقاومة " بحمل ثقيل " وبنفس الوقت يعزل عضــلات الكتف من الاشــتراك في العمل .اي يكون العمل العضـلي مطلق لعضـلات تدوير السـاعد حول المرفق ويمكن ان نطلق له عزم عضلات ثني الساعد المطلق.



الشكل(359)

عزم عضلات تدوير الساعد المطلق

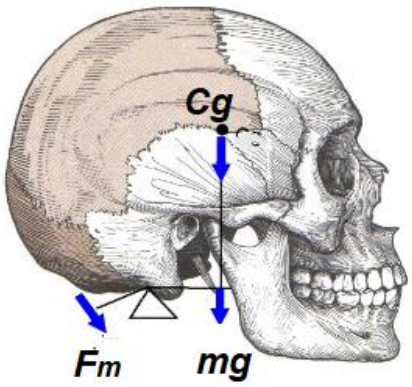
عند تنفيذ المرجحة للأمام على العقلة كما في الشكل 360 ، من الضروري عمل ثني في مفصل الورك(اي تقارب بين الجذع والرجلين) لكي يتم رفع الرجلين بسرعة عندما يقترب لاعب الجمناستك من حدود المرجحة نحو الأمام والاسفل، بعد ذلك عليه المحافظة على السرعة من خلال استقامة الورك تدريجيا في الأوضاع من 1الى4 ، أما إذا دفع الورك للأمام (أي فتح زاوية المفصل) عند الوضع 1و2 ، فأن الرجلين تبدأ في السقوط (ستكون الرجلين في طريقهما للأسفل في حين انه وقت رفعهما نحو الأعلى) وهذا الامر متعلق بتقليل وزيادة عزوم قصور الرجلين الحركية.



الشكل(360)

ثني الورك لتقليل عزوم القصور للرجلين

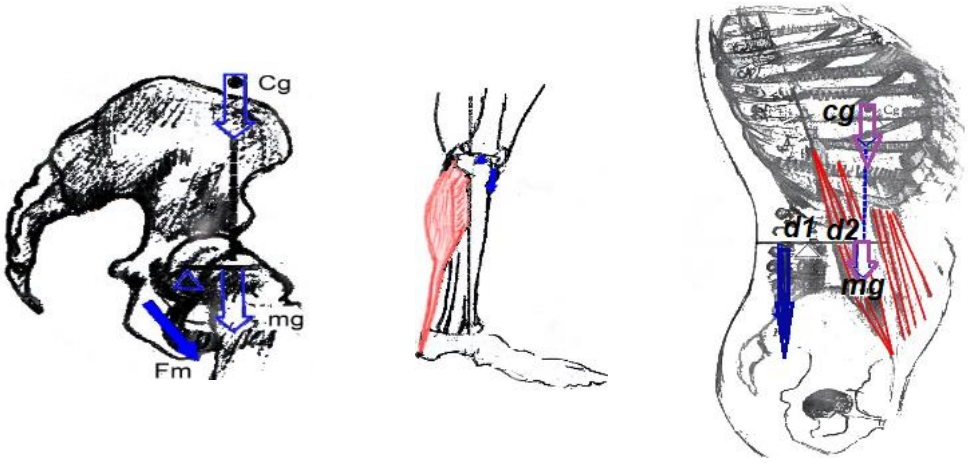
وبسبب ان مركز ثقل الرأس(وزن الرأس) يكون على بعد عدة سنتمترات أمام فقرة الرقبة العليا (الشكل 361) لذا تجبر عضلات الرقبة F_m على التقلص الثابت لاستمرار رفعه للأعلى .



الشكل(361)

توازن الرأس بتساوي عزوم القوة والمقاومة

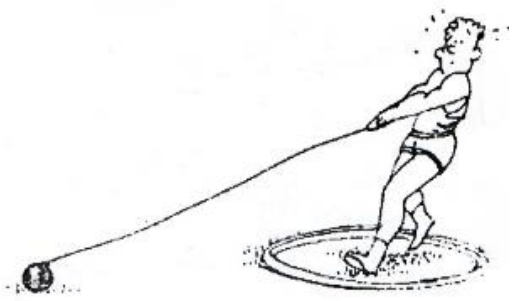
وبسبب موقع مركز ثقل الجذع أمام العمود الفقري (الشكل 362)، لهذا السبب تنشـط العضـلات في المنطقة الخلفية من الجسـم لاجل توازن الجذع، اذ يقع مركز وزن الجذع عند نقطة تقع قليلا أمام مفصـــــل الورك (بعد هذه النقطة يختلف بين الأشـخاص)، لهذا تشـارك عضـلات الورك الخلفية في العمل و تقوم العضـلات الرباعية للفخذ بعمل مضـاد لمنع وزن الجسم من ثني مفصـل الركبة، وتقوم العضـلة الاخمصية (بمساعدة العضلة التوأمية) بعمل مضـاد لمنع الجسم من السقوط للأمام من جراء ثني مفصل الكاحل ، إن وظيفة هذه العضـلات هو المحافظة على الوضـع العمودي للجسم و وتسمى بعضلات القوام.



الشكل 362

مركز ثقل الجذع والورك وعضلات تعديل القوام في الكاحل

إذا أريد لجزء معين من الجســم إن يتحرك حركة دورانية فمن المهم جدا معرفة موقع مركز جاذبيته من اجل التركيز على ان تكون البداية بنقصـــان ذراع المقاومة ومن ثم بتكبيرها لغرض البدء بالدوران ، مثال: عند القيام بمرجحة جسم ما أو تدوير المطرقة فمن الســهولة أبداء الحركة عندما يكون قطر محور الدوران صـــغير ، فأن مرجحة المطرقة يمكن إن يحدث بســهولة إذا كان طول الســلك 0.5 متر مقارنة مع مطرقة طول ســلكها متر واحد ، أما إذا كان طول ســلك المطرقة 3متر فمن المحتمل عدم أمكانية تدوير المطرقة.

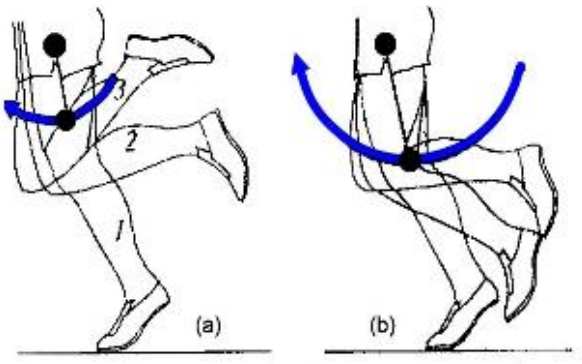


الشكل 363

علاقة طول سلك المطرقة مع سرعة المرجحة

وكمثال اخر: إذا أراد شخص إن يمرجح رجله بسرعة للأمام وهو في حالة ركض ، فمن الضروري المحافظة على قطر المرجحة صغير بقدر الإمكان (الشكل 363) ، ويمكن تحقيق هذا عن طريق سحب عقب القدم نحو العضلات الخلفية للورك حالما يترك القدم الأرض(1) (الشكل 363-**a**) ، وتمرجح بعد ذلك الرجل باتجاه الأمام مع تقريب مركز جاذبيتها الى اقرب نقطه من مفصل الورك .

هذا النوع من الركض هو الأنموذج لعدائي السرعة ، من الناحية الأخرى لا يبدد عداءو المسافات الطويلة طاقتهم برفع كعب القدم عاليا (أنها تحتاج الى قوة وسرعة من العضلات المأبضية) ، على الرغم من امتلاك العدائين للوقت الكافي الذي يسمح للرجل بالمرجحة باتجاه الأمام بمساعدة قوة الجاذبية وعضلات ثني مفصل الورك .



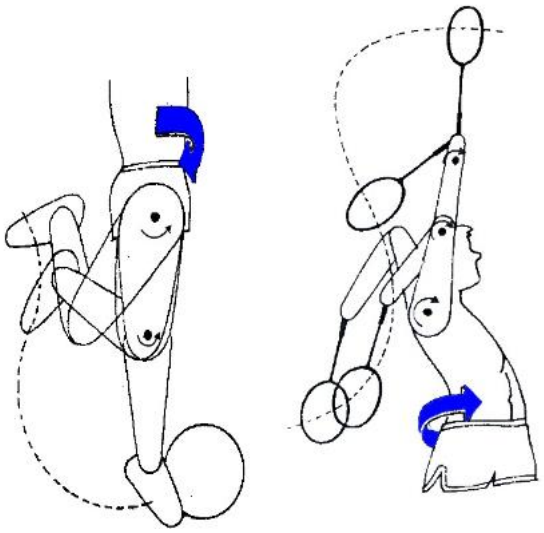
الشكل(363)

الفرق بين الركض السريع والهرولة

اما فيما يخص ســـرعة الذراع، ففي بداية مرحلة ثني للذراع لأي نوع من أنواع فعاليات الرمي او الضــرب (الشــكل 364)، يجب ان يكون مركز جاذبية الذراع(وزن الذراع) قريب من مفصـــل الكتف اذا أرادت عضـــلات الكتف ان تزيد من التعجيل الزاوي للذراع ، عند رمي الكره او اى جسم تنشط مجاميع عضلية معينة وبالتسلسل : عضلات البطن و الكتف والمرفق ثم الرسغ .

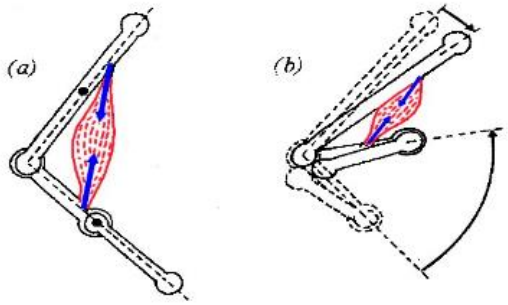
يتكرر هذا الشــكل للحركة عند رفس كرة القدم (الشــكل 365)، حيث تنشــط المجاميع العضلية وبالتسلسل: عضلات البطن و الورك ثم الركبة . لقد ناقشنا سابقا حقيقة حركة اقتراب جزئيين متساويين بالوزن في وقت واحد عندما تكون المسافة بين مركز الجاذبية والمفصل متساوية في الجزئيين، وإذا لم تكن المسافة متساوية ، فأن الجسم الذي مركز جاذبيته بعيدا عن المفصل سوف يتحرك بزاوية صغيرة والجزء الذي يقع مركز جاذبيته قريبا من المفصل سوف يتحرك بزاوية كبيرة (الشكل 365).

ولأجل إن تكون الحركة فعالة ومؤثره في المفصـــل ، يجب أن تترتب حركة ألاجزاء المتحركة في المفصـــل بطريقة بحيث يكون مركز الجاذبية الجزء المتحرك قريب من المفصل ، بينما يقع مركز جاذبية الجزء الآخر بعيد عن المفصل .



الشكل(364)

ثني الذراع اول الرجل هي أول مراحل الركل والضرب



الشكل (365)
يتحرك الجزء الأكبر بزاوية اقل من الجزء الصغير

توضح الأمثلة الأربعة الآتية (الشكل 366 a , b , c , d):هذا المبدأ عند مرجحة الرجلين وبشكل مفاجئ باتجاه الأمام .

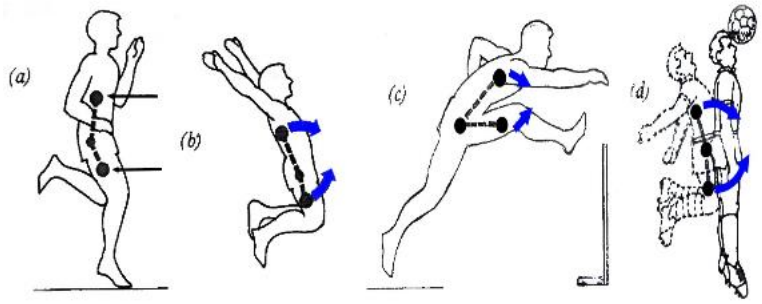
المثال الأول : فيما يخص ثني مفصل الركبة بأقصى قوة (شكل a) يسحب مركز ثقل الرجل الى نقطة قريبة من مفصل الورك ، مما يسهل مرجحة الرجل ، وطبقا للمبدأ السابق يجب ان يقع مركز جاذبية الجزء العلوي للجسم بعيدا عن مفصل الورك، وهذا يتطلب ثني الذراعين بصورة جيد.

المثال الثاني : قبل ان يمرجح الرياضي رجليه باتجاه الأمام(شكل b) وعليه أولا ثنيهما بقوة للخلف (ليقع مركز ثقليهما قرب مفصل الورك) وبنفس الوقت يمد ذراعيه عاليا فوق جسمه (أبعاد مركز جاذبيتهما عن الورك) .

المثال الثالث : اذا أراد راكض الحواجز ان يزيد من قوة عضلات ثني مفصل الورك(شكل c) عليه ان يحتفظ بكلتا ذراعيه بعيدا عن مفصل الورك بقدر المستطاع (الذراع اليمنى مستقيمة ، الذراع اليسرى مثنية) والمحافظه على رجله اليمنى في حالة الثني وهي في طريقها نحو الأعلى، وعليه الانتظار حتى تصبح الرجل مستقيمة.

المثال الرابع : فيما يخص محاولة لاعب كرة القدم ضرب الكرة برأسه(شكل d) من الضروري ان يحرك اللاعب الجزء العلوي من جسمه بسرعة ، لكي يقع مركز جاذبية الجزء العلوي من جسمه قريبا من الورك (الذراعين في جانبي الجسم) ودفع مركز جاذبية رجليه لحظة ضرب الكرة بعيدا عن الورك (الرجلين مستقيمتان)،

تصور فاعلية ضرب للكرة عند لاعب كرة القدم وهو في الوضع الذي صوره الشكل (d-366).



الشكل(366)

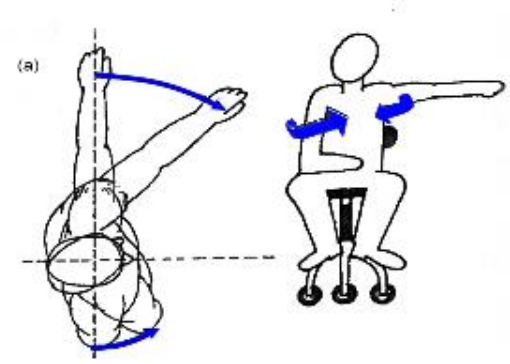
تقريب وأبعاد مركز الجاذبية المثال في بعض الالعاب

فيما يلي خمسة امثلة (في الشكل 367- a و b و c والشكل 368 a وb) تظهر فيها عملية ترتيب الجسم عند تنفيذ حركات الذراع .

المثال الأول : اذا حرك الشخص ذراعه بشكل زاوي أمام جسمه ، فاستجابة الجسم سوف تكون زاوية ايضاً وبالاتجاه المعاكس ،أما اذا قام هذا الشخص بثني ذراعه ، فأن حركته الزاوية سوف تنخفض، هذا التأثير او التأثيرات الأخرى سوف نشاهدها بوضوح عند الوقوف على قرص دوار حر الحركة او الجلوس على كرسي محوري الحركة (367).

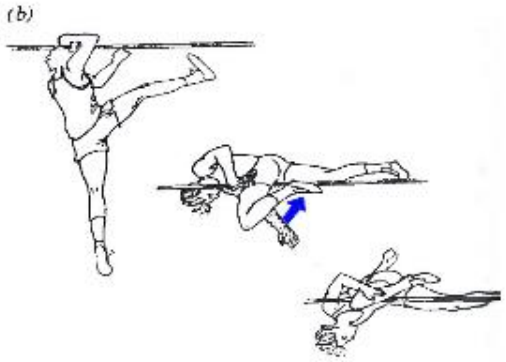
المثال الثاني : فيما يخص تدوير الرجل الخلفية (اليسرى) فوق عارضة القفز العالي في أسلوب القفزة السرجية يجب على قافز العالي ان يسحب ذراعه اليمنى في الاتجاه المعاكس(للأعلى) ، لاحظ كيف يتغير وضع الذراع اليمنى ورفعها للأعلى خلف الظهر في 368 ، والمحافظة على استقامة الذراع ومدها حول الجسم .

المثال الثالث : الذراع المستقيمة التي تعاكس الحركة الزاوية للجسم هي ألأكثر فعالية في حركات الرمي فيما اذا كانت الذراع مثنية عندما تُسحب باتجاه الجسم(شكل 369) .



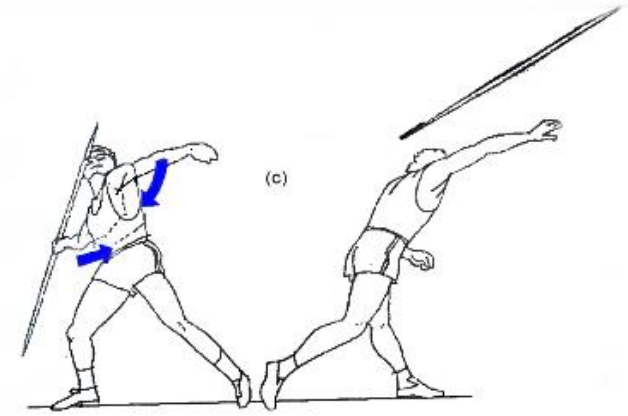
الشكل(367)

تدوير الذراع عند الوقوف او الجلوس



تابع(368)

تغير حركة الذراع عند القفز العالي



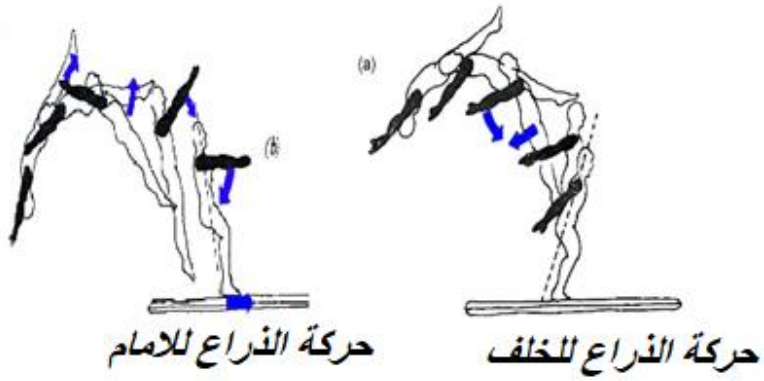
تابع(369)

حركة الذراع في رمي الرمح

<u>المثال الرابع</u> : (الشكل 370– a) ، فيما يخص الهبوط من احد اجهزة الجمناستك (عارضة التوازن على سبيل المثال)، تسبب حركة سحب الذراعين باتجاه الخلف وللأسفل تدوير الجسم بالاتجاه المعاكس (او تخفض حركة الذراع من تدوير الجسم) ، وكنتيجة لهذه الحركة ، تهبط القدمان بعيدا الى اليسار (a) مقارنة مع احتمالية عدم تحريك الذراع(خلف الخط العمودي للجسم).

<u>المثال الخامس :</u> اذا تم سحب الذراعين أمام الجسم وللأسفل ، فأن القدمين سوف يهبطان بعيد أمام الخط العمودي كما في الشكل (b) ، وهذا ناتج عن الحركة المعاكسة للذراع ، حيث تسحب العضلات الصدرية الذراعين الممدودة أمام الصدر وللأسفل وبهذا يرتفع الجسم للأعلى ، أما اذا استمرت المحافظة على الوضع

المسـتقيم للذراعين ، عندئذ سـوف تكون الحركة المضـادة للجسـم اكبر من حالة ثني الذراعين , عندئذ لايتأثر دوران الجســـم اذا ســـحبت الذراعين نحو الخارج وباتجاه الأسفل .

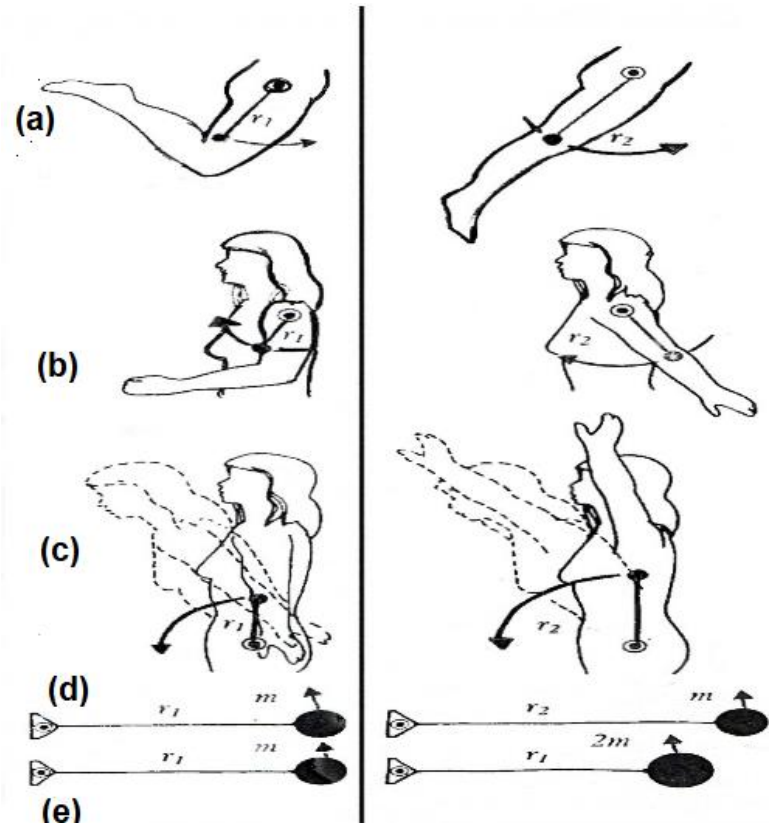


الشكل 370
الهبوط من اجهزة الجمناستك مع تحريك الذراعين

- **القصور الذاتي وعزم القصور الذاتي**

أظهرت الأمثلة السابقة ان زيادة بعد مركز الجاذبية للجزء المتحرك من الجسم عن محور الدوران يحتاج الى قوة عضلية كبيرة لوضعه في حالة الحركة ، والشئ المهم الآخر هو كتلة الجسم ، حيث كلما زاد كتلة الجزء المتحرك زادت الحاجة الى قوة اكبر لوضعه في حالة الحركة (او إيقافه) .

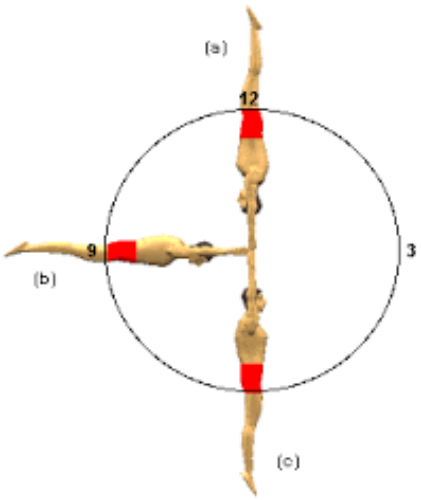
يستعمل مصطلح القصور الذاتي وعزم القصور الذاتي في الفيزياء لوصف القوة المبذولة التي تغير من حالة الجسم سواء للحركات الخطية (القصور الذاتي) للحركات الزاوية (عزم القصور الذاتي) وهذه القوة تبذل على كتلة الجسم بالنسبة للحركات الخطية، وتبذل على كتلة الجسم وابتعاد مركز جاذبيتهاعن محور الدوران في الحركات الزاوية . تظهر الصور في الشكل 371 ان عزم القصور الذاتي في الجهة اليسرى اقل من الجهة اليمنى .



الشكل (371)

مقارنة في عزوم القصور الذاتي لأوضاع مختلفة

وعزم القصور الذاتي: يعني القوة التي يبذلها الجسم للتغلب على ثباته حول المحور او حركتة الزاوية المرتبطة بكل من كتلة جسمه وطوله.



الشكل 372

عزم القصور الذاتي للاعب العقلة

ويســـــتعمل في الميكانيكا الحرف (I) بالانكليزي ، وبالعربي(ع ص ذ) للدلالة على عزم القصــور الذاتي، ولأجل تحديد عزم القصــور الذاتي لجســم ما علينا معرفة كتلة الجســـم (m) وطول نصـــف قطر الدائرة(r) التي يتحرك بها وفق المعادلة التالية هي:

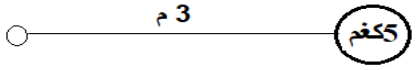
ع ص ذ = كتلة الجسم × مربع نصف القطر

$$I = m\ r^2$$

حيث I عزم القصور الذاتي ، r نصف القطر m كتلة الجسم

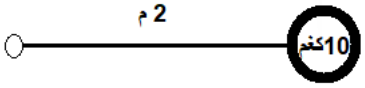
فلو فرضنا ان كتلة لاعب الجمناستك في الشكل 372 هي 50 كغم ، ونصف قطر الدوران هو 1.80م فان عزم قصوره الذاتي يساوي= 884.52 كغم.م^2

- **أمثلة علي القصور الذاتي:**
- اوجد القصور الذاتي للحالات في الشكل الاسفل:

.1 

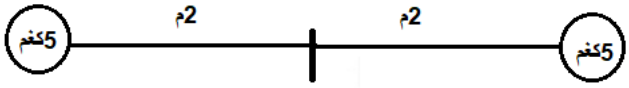
r= 3م ، **m**= 5 كغم القصور الذاتي **I** = 5×3^2= 45 كغم م^2

.2



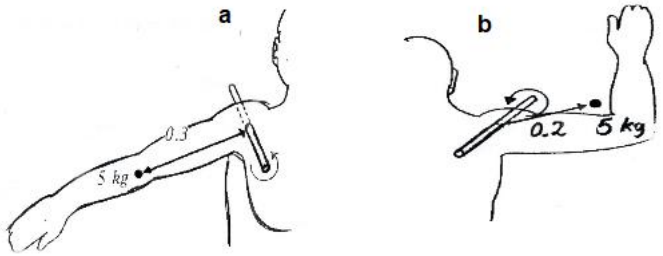
$r = 2$م ، $m = 10$ كغم القصور الذاتي $I = 10 \times 2^2 = 40$ كغم م^2

.3



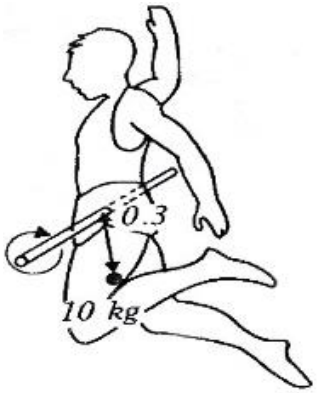
$I = (5\times22) + (5\times22) = 40$ كغم م^2

.4



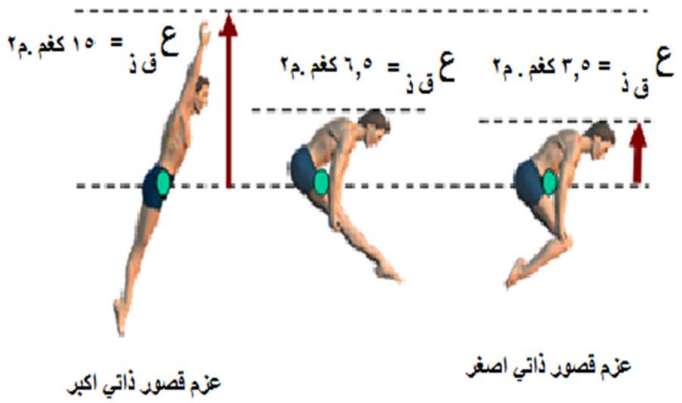
a) $I = 5\times0.022 = 0.04\times5 = 0.20$ كغم م^2 b) $I = 5\times0.032 = 0.45$ كغم.م^2

5.عزم القصور الذاتي في للفخذ عند القفز



$I = 10\times0.3^2 = 10\times0.09 = 0.90$ كغم.م^2

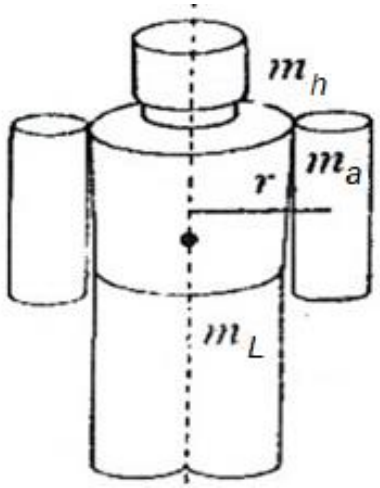
6. عزم القصور الذاتي للاعب الجمناستك



تعطي الامثلة السابقة فكرة عن الاسلوب الذي يجب ان نوجه للقوة قيها للاجسام المختلفة وهي في حالة الحركة، يمكن الاستفادة من قيم العزوم عند حسابها لوضع برامج تدريبية تهدف الى زيادة العزوم لغرض تعزيز القوة العضلية وتطوير كفائتها، ومن جهة اخرى يمكن التقليل من عزوم القصور لغرض تعزيز حالة التعلم واتقان الاداء. اما الاجسام التي تدور حول الطولي فيمكن حساب عزوم قصورها كما هو موضح بالامثللة الاتية:

إذا أردنا حساب القصور الذاتي لجسم يدور حول محور مركز ثقله (الحركات التي تحدث في الطيران في الهواء) ، نتبع الخطوات الآتية :

- **القصور الذاتي للذراع** **1** $\mathbf{r^2 \times m_a = I}$
- **قصور الذاتي للرجل** **2** $\mathbf{r^2 \times m_L = I}$
- **القصور الذاتي للجزء الأيمن للرأس** **3** $\mathbf{r^2 \times m_h = I}$

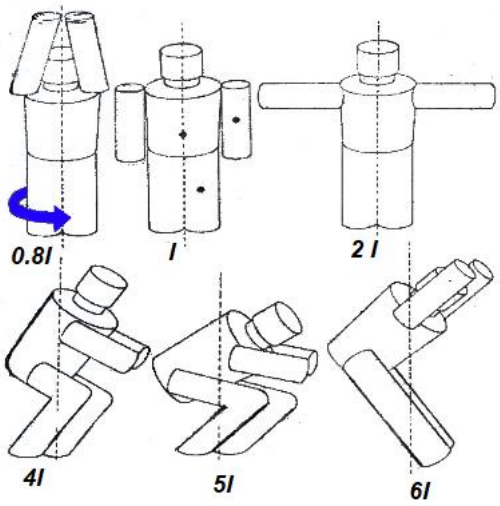


الشكل (373)
القصور الذاتي لأجزاء مختلفة من الجسم

القصور الذاتي الكلي = قصور الذراع + قصور الرجل + قصور الراس

يظهر من الحسابات السابقة ان القصور الذاتي حول المحور الطولي للجسم يختلف بسبب اتخاذ الجسم أشكال مختلفة ،وعند مقارنة الأوضاع المختلفة للجسم في الشكل 374 مع الوضع التشريحي نلاحظ زيادة في القصور الذاتي للجسم في حالة

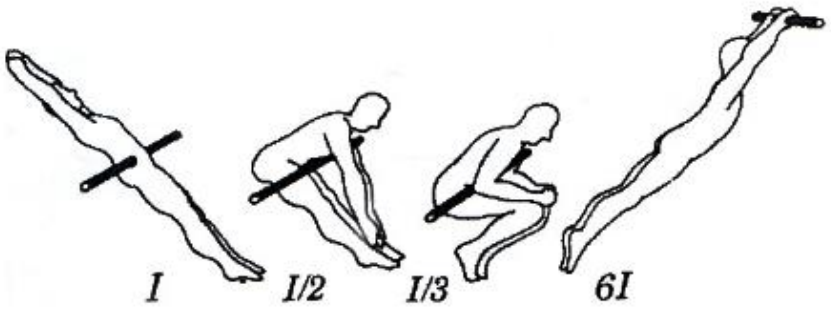
حركة أجزاء عديدة من الجسم بعيدا عن المحور الطولي للدوران، مثل زيادة المسافة عن محور الدوران .



الشكل 374

مقارنة عزم القصور الذاتي للجسم لحركات مختلفة

القصور الذاتي للدوران باتجاه الأمام والخلف (مثل القفز الخلفية بعد الطلوع من العقلة) يختلف بدرجة كبيرة طبقا للبيانات الموضحة في الشكل 375 .



الشكل (375)

اعتماد السرعة الزاوية لاجزاء الجسم على أنصاف ألاقطار

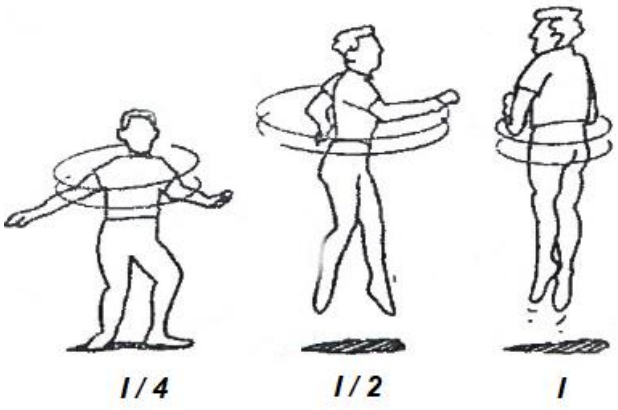
أظهرت التجارب بأن الجسم عندما يوضع في حالة كمية حركة زاويه من جراء عزم قوة ما، ثم يستمر في دورانه بدون ان تؤثر عليه أية قوى خارجية ، سوف تعتمد

ســرعته الزاوية **(W)** على وضــعية أجزاء الجســم ، هذا يعني إن القصــور الذاتي مضروبا في سرعته الزاوية لا تتغير ، حيث يكون:

I X W = قيمة ثابتة(نق×س ز) (**W** السرعة الزاوية، **I**القصور الذاتي)

وهذا يتبع الحالات الآتية:

المثال الأول : ان الشخص الذي يدور بجسمه وذراعيه ممدودة بجانب جسمه **(I)** و بسرعة زاوية معينة **(W)** ، يستطيع أن يخفض من سرعته الزاوية إلى النصف عندما يرفع ذراعيه للجانب **(W/2)**، وعندما يتغير وضع الجسم يتغير أيضا القصور الذاتي من **I** إلى النصف **(I/2)** من جراء تغير وضع الجسم ، أما إذا قلل مـن طول جسمه إلى النصف (مثل ثني الركبة) ،فان قيمة(**I**) سوف تنخفض إلى الربع (**I/ 4**)، و تنخفض سرعته الزاوية إلى الربع أيضا (**W/ 4**) . الأمثلة على مثل هذا التغير في الوضع هو الدوران على ساق واحدة، والقفز – ثم الهبوط على سـاق واحدة (الشكل 376

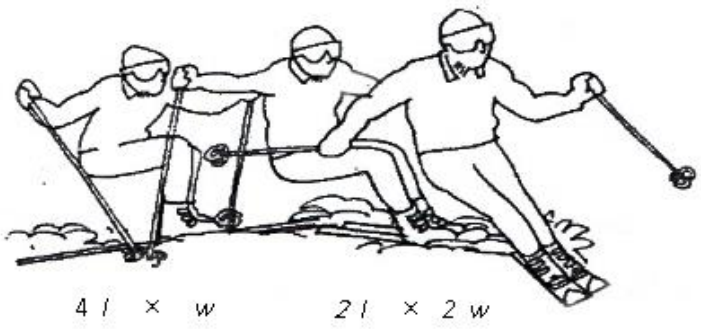


الشكل (376)

اختلاف القصور الذاتي عند مد وثني الذراعين

المثال الثاني : في أنواع معينة من الدوران للاعب التزلج على الجليد ، يبدأ المتزلج من منطقـة الثني العميق وبهذا وطبقا لما تكلمنا عنه سابقا عند ثني الركبة فان قيمة **(I)** سوف تنخفض إلى الربع (**I/ 4**) (**أي 4 × ع ص ذ × س ز**) وعندما يقف على

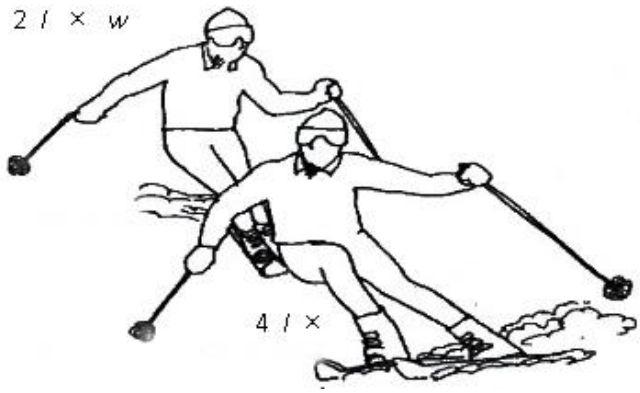
قدميـه خـلال المرجحة يزداد قصورة الذاتي الى النصف تصبح (**2× ع ص ذ × 2س ز)**،بهذه الطريقة يضاعف بدرجة كبيرة من سرعة دورانه (الشكل 377) .



الشكل (377)

زيادة ونقصان القصور الذاتي للمتزلج وفق مراحل الاداء

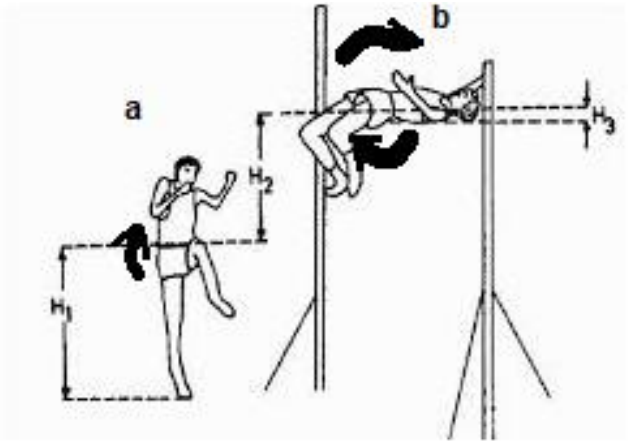
<u>المثال الثالث :</u> عند الانتهاء من الدوران ، يســتطيع المتزلج ان يخفض من ســرعته الزاوية الى حوالي النصف عـن طريق الانخفاض الى الأسفل (من **I /2** إلى **I/ 4)** ، لذا فأنه يستطيع بسهولة ان يبدأ حركته من جديد (الشكل 378) .



الشكل (378)

خفض عزم القصور الذاتي إلى النصف عند خفض الجسم للأسفل

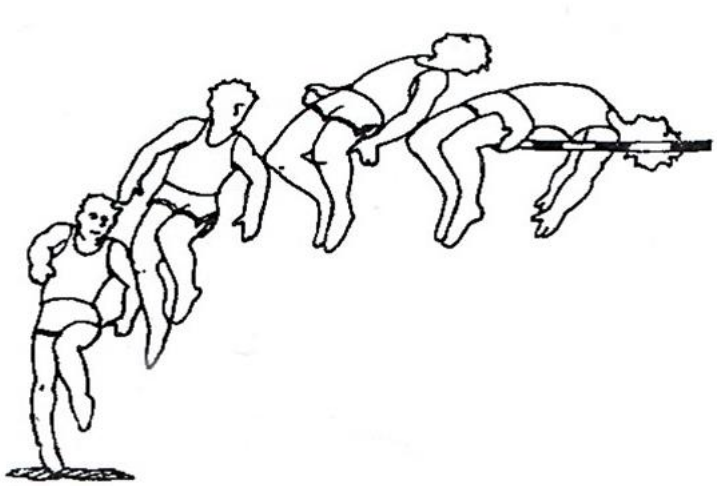
المثال الرابع : يصل الجسم عند النهوض في القفز العالي بأسلوب الفسبوري الى وضع القصور الذاتي العالي حول المحور الموازي للعارضة (الشكل 379- a) . واذا أراد القافز تغير وضعية جسمه بسرعة فأنه سوف يواجه موقف تصطدم فيه رجله الخلفية بالعارضة ، لهذا السبب فأنه يدور وضعية جسمه ببطء، وعندما يجتاز القافز جسمه فوق العارضة تصبح رجليه تحت العارضة ،في هذه الحالة من المهم ان تكون سرعته الزاوية في أقصاها ، ويجب أن يكون القصور الذاتي في أدنى درجة ، و هذا يحدث من خلال محافظة القافز على تقوس جسمه وإبقاء الذراعين قريبا إلى جانبه (الشكل 379- b).



الشكل(379)

القصور الذاتي عند القفز العالي "الفسبوري

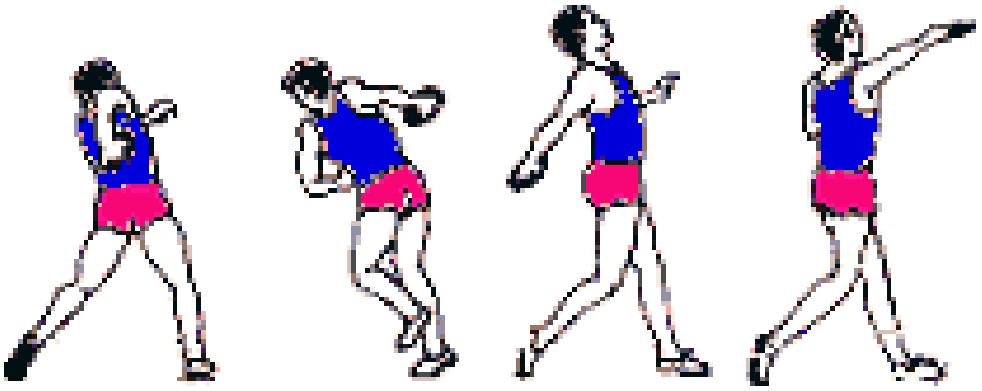
لذا فعند يركز عند النهوض في القفز العالي بأسلوب " الفوسبري " ان يواجه القافز بظهره العارضة بسرعة عالية والحفاظ على ظهره مقوسا بدلا من إبقاءه مستقيما ، اذ ان القافز سوف يكون في حالة ثبات أفضل عند الدوران للجانب اذا كانت ذراعيه مدفوعة للخارج بدلا من إبقائهما قريبتين من جسمه (الشكل 380) .



(380)

القصور الذاتي عند القفز العالي بأسلوب "الفوسبري"

المثال الخامس : يزيد رامي القرص من سرعة الزاوية الكلية لجسمه (وبالتالي سرعة الذراع الرامية) بالطريقة التالية : في آخر مرحله للرمي ، يرفع الرامي جسمه نسبيا من موقع منخفض إلى موقع أخر حيث يكون لجميع أجزاء جسمه محور دوران واحد (ماعدا الذراع الرامية) (الشكل 381) .



الشكل(381)

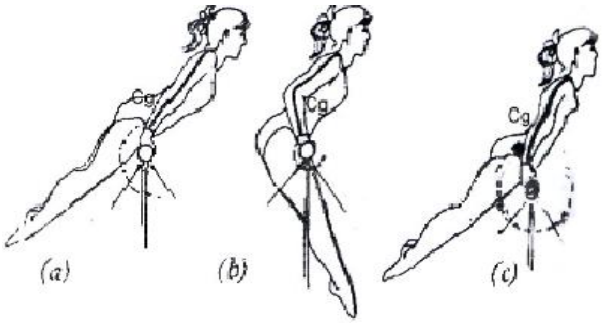
القصور الذاتي عند الرمي بذراع واحدة

المثال السابع : يبدأ السباح دورانه عند الجدار في السباحة الاعتيادية عن طريق ضرب رجليه نحو الأسفل ضد الماء (المقاومة بواسطة مواجهة الضغط كما في السهم المؤشر تحت الرجلين في الشكل 382)، وتقوم يداه أيضا بالضغط (بالاتجاه المعاكس)، يضغط الماء على سطح الظهر عندما يقوم السباح بثني لمفصل الورك ، تعطي هذه التأثيرات للسباح سرعة زاوية مناسبة (**W**) .

الشكل(382)

القوى الثلاث المؤثرة على دوران السباح

المثال الثامن : ترغب لاعبة الجمناستك الدوران حول عارضة العقلة عمل تعجيل عمودي (س^2 \ نق) لكنها تواجه صعوبة في المرجحة حول العارضة اذا حافظت على جسمها مستقيما (الشكل 383– **a**) مقارنةً عند عمل ثني قليل في مفصل الورك (الشكل **b**) ، وعند عمل لاعبة الجمناستك هذا الثني القليل في مفصل الورك فأنها تعمل على دفع مركز جاذبيتها من موقع خارج جسمها, إلى موقع قريب من العارضة . أما إذا أرادت أن تدور للخلف حول العارضة في هذه الحالة تدفع رأسها إلى الخلف وعمل قوس خفيف في الظهر بدلا من عمل ثني في الورك .



الشكل(383)

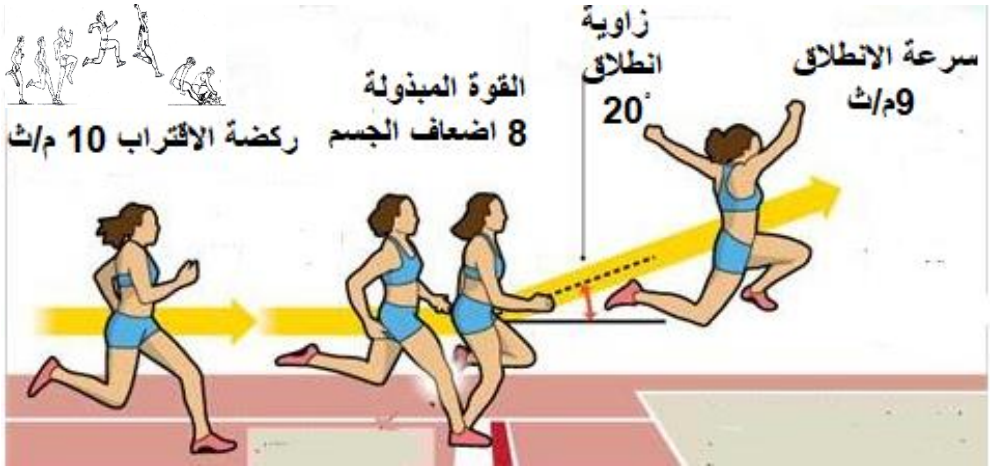
موقع مركز الجاذبية عند الدوران حول العارضة

-التطبيقـات

نذكر في نهاية هذا الفصـل بعض الأمثلة حول أسـلوب تحليل الأداء الرياضـي عندما تتوفر لدينا المعرفة التامة بالتشـريح والقوانين الميكانيكية، وتصـميم البرنامج تدريبية للقوة وللمرونة اسـتنادا على أسـس هذا التحليل، لكي ينسـجم التدريب مع الحاجات المختلفة للرياضـي. التكنيك الرياضـي الذي سـنناقشـه هنا كمثال توضـيحي للوثب الطويل (الشكل 384) ، حيث نجزأ الوثب الطويل إلى مراحل فنية هي :

- **(a)** الركضة التقريبية
- **(b)** النهوض
- **(c)** الطيران
- **(d)** الهبوط

وسوف نحدد في كل خطوة من خطوات الوثب الطويل العضلات العاملة ونوع تقلصها (تقلص عضلي ثابت ، مركزي ، لا مركزي)، وسوف نحدد أيضا العضلات التي تحتاج الى مدى واسع من الحركة والعضلات التي تحتاج إلى تدريب المرونة



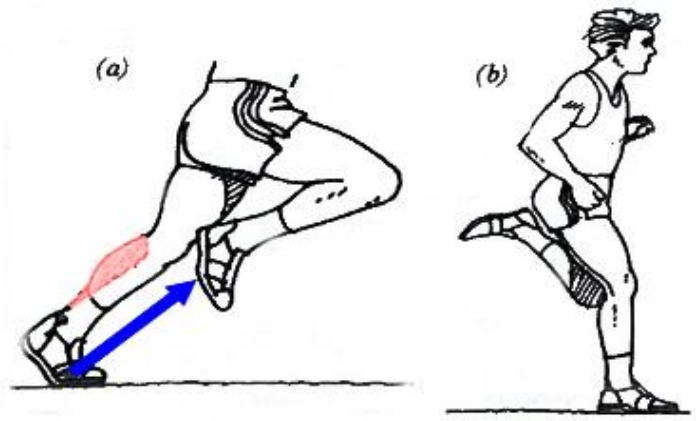
الشكل (384)

بعض مراحل الوثب الطويل

(a) الركضة التقربية :

نناقش أولا الطريقة التي تضرب بها القدمان الأرض حيث من الضروري ان يلامس الجزء الخارجي من القدم الأرض أولا لتقليل خطورة الإصابة ، أما في حالة ملامسة كامل القدم أو الجزء الأمامي من القدم للأرض أولا وهي مؤشره قليلا نحو الخارج في هذه الحالة سوف تؤدي إلى حدوث ألم في الجزء الأسفل من الرجل (في غشاء السمحاق) مع التأكيد أيضا على أن تكون القدم مستقيمة ومؤشر باتجاه الأمام نحو الاتجاه الذي يركض به الرياضي.

فيما يخص مرحلة الاقتراب في هذه الفعالية فإن قوة العضلات الباسطة لمفصل الركبة تعمل عند مرجحة الرجل للأمام عند الركض ، و من الضروري ان تكون العضلات الباسطة لمفصل الورك(العضلة المأبضية والألوية العظمى) في حالة مد و حالة استرخاء تام لتجنب منعها المرجحة الجيدة باتجاه الأمام، (مثل: ثني مفصل الورك ودفعه للأمام). يستند الجسم خلال المرجحة للأمام على مقدمة القدم في لحظة الارتكاز، لهذا السبب يجب أن تتمتع عضلات الربلة (التوأمية والاخمصية) بالقوة الكافية لكي تمنع الجسم من الهبوط للأمام من مفصل الكاحل عند قيام العضلات الباسطة لمفصل الركبة والورك بالعمل، وخلال الارتكاز تقوم عضلات الربلة بعمل تقلص ثابت وفي مرحلة متأخرة من هذه المرحلة تقوم بعمل تقلص مركزي (الشكل 386) .



الشكل (386)

الارتكاز

خلال المرجحة عند الركض يســـحب القدم للأعلى باتجاه الجزء الخلفي من الورك بوقت مبكر بقدر المســتطاع (قيام عضــلات ثني الركبة الخلفية والمأبضــية بعمل تقلص مركزي) وتحتاج هذه العضـــلات إلى تدريبات المرونة لكي تســـمح للعضلات الباسطة لمفصل الركبة بالعمل (العضلة الرباعية الأمامية المعاكسه تكون في تقلص لامركزي) ، والحفاظ على القصـــور الذاتي للرجل في أدنى درجة خلال مرجحتها للأمام، لهذا السـبب تعتمد سـرعة المرجحة للأمام على قوة عضـلات ثني الورك وعلى عضـلات ثني الركبة ، بالإضـافة إلى المرونة في العضـلات الباسـطة للركبة (تقلص لامركزي) ،ولهذا يجب التركز في التدريب على مايأتي:

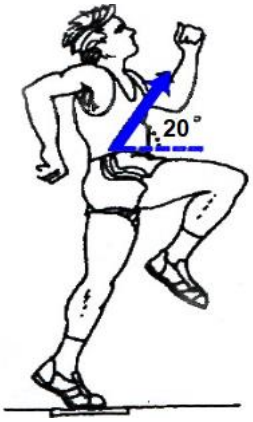
1- تقوية العضلات المأبضية و الحرقفية الخصرية والربلة .

تمطية العضلات الحرقفية الخصرية والرباعية الفخذية

(B) <u>النهوض :</u>

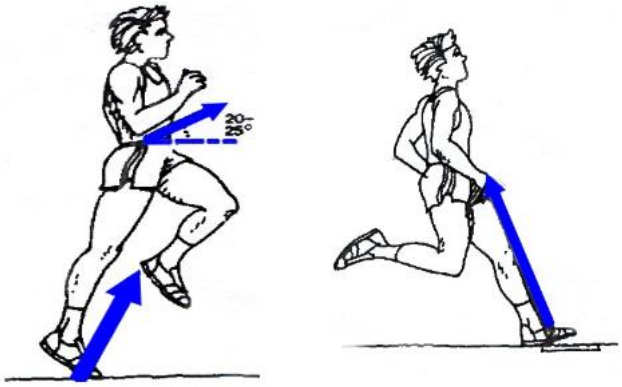
يمتلك الجسـم عند النهوض السـرعة القصـوى ، ونظريا يجب ان تكون زاوية النهوض (الانطلاق) حوالي 45° (الشكل 387) لكي يندفع الجسم بسرعة معينة ويصـل إلى ابعد نقطة ممكنة في الوثب الطويل . ومن الناحية العملية على القافز ان يحول جزء من ســرعته التقريبة إلى ســرعة محصــلة نهائية للأمام وللأعلى ، لتحقيق زاويـة انطلاق 45° ،يجب ان تكون القوة التي جمعها اللاعب للاندفاع كبيرة موجهة لحد ما وبزاوية مع الأرض لتكون رد فعل عضـــلات ضـــد الأرض علية بنفس الزاوية ، لهذا السبب سوف تكون سرعته بعد النهوض منخفضة جدا، والصـعوبة في تحقيق نهوض فعال تكمن في الوصـول الى ارتفاع جيد وبزاوية 45° لايمكن بدون خسـارة كبيرة في السـرعة الأفقية . نظريا ، يمكن للرياضـي ان ينفذ حركة النهوض بدون خفض سرعته فقط إذا كانت قوة النهوض متجهة مباشرة نحو الأعلى ، وهذا سـوف يحتاج إلى انحراف قليل في الدفع ومن وضـع منخفض كما هي الحـال في الوثـب الطويـل من الثبـات، لـذا تحتم عليـه هذه الحـالـة ان تكون الزاوية ما بين 17 – 25 ْ .

في بعض أنواع النهوض يقوم اللاعب بعمل الخطوة القبل الأخيرة طويلة، وهذه الخطوة تعمل على خفض مركز ثقله لحد معين ومناسب ومنسجم مع انسيابية ركضته، أما الخطوة الأخيرة فتكون قصيرة لحد معين أيضا، وعلى القافز أن يثبت القدم اليسرى على الأرض بصورة عمودية وبزاوية من الأعلى (الشكل 388) لمن يقفز باليسار .



الشكل(388)

زاوية الانطلاق في الوثب الطويل



الشكل(389)

الخطوة الأخيرة للقفز قصيرة و محاولة الحصول على أعلى ارتفاع

ان محاولة الحصول على ارتفاع مناسب للجسم بهذه الطريقة (بدون خسارة السرعة–في الخطوة الأخيرة قصيرة) يتم عندما تكون زاوية الانطلاق بين20–25° درجة , يرافقها انخفاض في السرعة يقدر بحوالي 30% ، وهذا النوع من القفز يحتاج الى قوة انفجارية للأمام من عضلات الورك و الركبة والكاحل (الشكل 389)

يحتاج القافز للحصول على الارتفاع المناسب من عمل خطوة أخيرة قصيره (الشكل 390) والمحافظة على رجله اليسرى مستقيمة (الدافعة) مقارنة مع الأسلوب الذي ذكرناه قبل قليل . في لحظة النهوض تكون العضلات المسئولة هي العضلات الباسطة للورك (العضلات الألوية) أكثر من العضلات الباسطة للركبة. يمكن مقارنة هذه الطرق في الوثب الطويل مع أساليب القفز العالي .

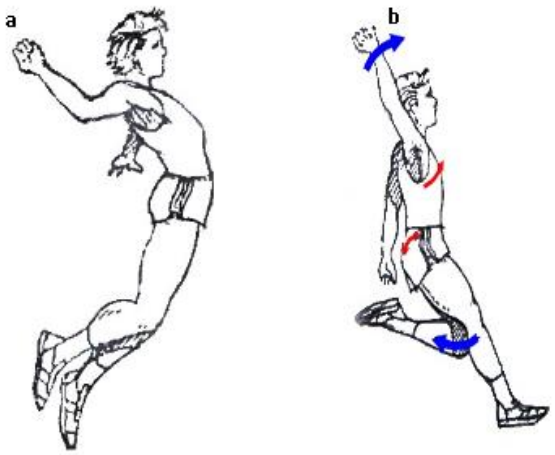
الشكل(390)

أسلوب القفز بخطوة أخيرة قصيرة

عند تناول موضوع السرعة التقريبية يمكننا أجراء مقارنة بين أساليب النهوض بين الفعاليات التي تحتاج إلى سرعة تقربيه عالية مع تلك التي تحتاج إلى سرعة تقربيه اقل.

C – الطيران :

مهما كان أسلوب القفز فأن الرياضي يمتلك حركات تدوير معينه في أجزاء جسمه باتجاه الأمام ، ويمكن ان يكون هذا التدوير فعال في المحافظة على الاتزان من خلال عزوم قصور الجسم المتحققه بشكل متساوي في جانبي جسمة عن طريق تطبيق تكنيك معين مثل تعليق الجسم في الهواء (الشكل 391 – **a**)، او المشي في الهواء الشكل(391– **b**).

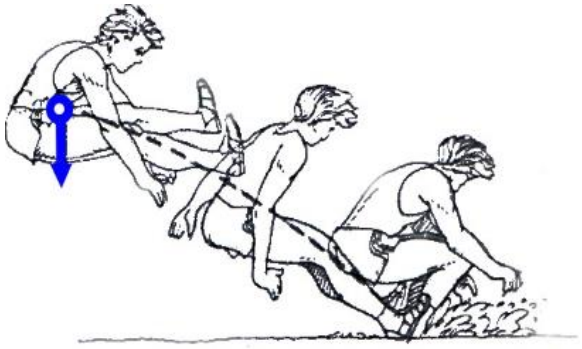


الشكل(391)

حركات اجزاء الجسم في الهواء عند القفز

اذا كان القافز لديه حركة تدويرية عالية باتجاه الأمام ، عليه ان ينشـــر جســـمه في الهواء في ســبيل تجنب التدوير غير المرغوب الذي قد يضــعه في موقع هبوط غير مرغوب، لذا يمكن السيطرة على السرعة الزاوية بوساطة عزم القصور الذاتي للجسم (لاحظ الشكل 391) ، بحيث اذا سقطت جميع أجزاء الجسم بوقت واحد فأن السرعة الزاوية ســـوف تكون كبيرة، ان حصـــول القافز على كمية حركه زاوية قليلة عند النهوض فانه يستطيع حالا تكيف جسمه بالشكل الملائم للحصول على فائدة خفض مقاومة الهواء .

(b) إذا كان تدوير الجسم عالي جدا ، فمن الضروري وجود حركة مضادة تعاكسه ، على سبيل المثال تدوير الذراعين والرجلين في نفس الاتجاه، بحيث إذا تحركت الذراع طبقا للسهم (السهم قرب اليد شكل 391) فأن الجسم سوف يتحرك بالاتجاه المعاكس عند مفصل الكتف ، أي إلغاء التدوير باتجاه الأمام، وتسبب الحركة التدويرية للرجل باتجاه الخلف (الســهم قرب الركبة) من دفع الحوض في الاتجاه الأخر عند مفصــل الورك ، أي إلغاء التدوير باتجاه الأمام.



الشكل(392)

مرحلة الهبوط

(d) الهبوط :

الهبوط يحتاج الى مرونة جيدة في العضـــلات المأبضـــية والجزء الأســفل من الظهر، ويحتاج الثني الأقصـــى في مفصـــل الورك الى عضـــلات طويلة(مرنة) في الجهة الخلفية للفخذ قبل لمس الأرض في ســـبيل تجنب اصـــطدام كعب القدمين في وقت مبكر .

يمكن الحصـــول على أقصـــى مســـافة للقفز عندما تهبط قدمان الرياضـــي في النقطة التي من المتوقع هبوط مركز الجاذبية فيه (الشـــكل 392) ، اذا كان هبوط القدمان في نقطة بعيدة جدا عن نقطة التوقع، فأن الرياضي سوف يهبط على الورك . أما اذا هبطت القدمان في نقطة اقرب من نقطة التوقع فأن القافز ســـوف يدور للأمام عند الهبوط وبالتالي سوف يكون انجازه سيء .

يقرب القافز عند الهبوط الجيد الرجلين الى الصدر كما انه يقوم بحركة تشبه آلة الأكورديون ويكون الضغط كبير في مفصل الركبة ، ولهذا السبب يجب ان يتركز التدريب على الثني العميق لأجل الوقاية من الإصابات الحادة .

الفصل العاشر

نماذج في تمارين التمطية

ذكرنا في المواضـــيع الســـابقة عدة أمثلة على تدريب القوة وتمارين التمطية لمجاميع عضـــلية مختلفة ولأجزاء متعددة من الجســـم . فيما يأتي مخطط يلخص ويكمل هذه الأمثلة مع تصميم الشكل الذي يتخذه الجسم لإطالة العضلات مع زيادة مدى الحركة لذلك الجزء من الجســـم . في بعض الأحيان تعطى أوضـــاع مختلفة لمجموعة العضـــلية واحده ، واختيار الوضـــع الأفضـــل يعود أليك في تلبية حاجاتك العملية . مع العلم إن جميع تمارين التمطية يمكن إن نســـتخدم معها الانقباض العضـــلي الثابت وفق أســـلوب تدريب القوة العضـــلية بالانقباض الثابت وبالإطالة العضلية (PNF) الذي سبق وأن اشرنا إليه.

توجد أنواع مختلفة من أساليب التمطية وهي بالتحديد التمطية **الثابتة** والمتحركة وأسلوب **التمطية – الراحة – التقلص** (والذي غالبا مايستخدم بتدريبات القوة بالإطالة العضـلية)(**PNF**) ، الذي تم وصـفه في الفصـل الأول . ويجب الإشـارة إلى إن جميع أنواع تدريبات التمطية العضـلية والمرونه المفصـلية تهدف إلى أعطاء مرونة أكثر للجسـم،والوصـول بالجسـم إلى حدود أقصـى مدى حركي ممكن، وهو الهدف الأعلى لكل رياضـي . التمطية مفيدة بدرجة كبيرة لإعادة العضلة القصيرة إلى طولها الطبيعي (نتيجة الإصـابة أو أسـاليب التدريب الخاطئة) ، وعندما تكتسـب العضـلة طولها الطبيعي ، وعند إخضـــاعها لبرنامج تدريبي يحتوي على تمارين المرونة بأنواعها بعدها تستطيع العضلة أداء وظيفتها بقوة وبدقة.

أثبتت الدراســـات على ان لاعبو الجمناســـتك منذ ســـنين طويلة أثرت عليهم تدريبات المرونة بأسلوب تنفيذ تمارين التمطية بأنواعها الثلاث وان هذا التدريب يؤدي الى نتائج جيدة، وتعد هذه التمارين أساسية في فترة الإحماء وقبل تنفيذ تمارين القسم الرئيس العالي الشدة. ويستطيع الرياضي استخدام التقلص العضلي الثابت أيضا لرفع درجة حرارة عضلات معينة في جسمه عند أداء تمارين التمطية هذه (الذي هو جزء من أســـلوب **PNF)** ، أما إذا أراد إن يرفع درجة حرارة جســـمه كله وبنفس الوقت يعرض مفاصـله الى أنواع مختلفة من الضـغوط ، علية البدء في حركات تحضـيريه (مثل ، الهرولة او تمارين الجمناستك) لعمل الإحماء الجيد .

1- تمارين التمطية : من الضروري ان تكون جزء من الإحماء، وعلى الرياضي عدم الخوف من أجراء تمارين التمطيه الثابتة باتجاه الحدود القصـــوى لمدى حركة الجســـم،ويتم هذا بعد أن تنفذ تمارين التمطية بالأســـلوب الاعتيادي لحوالي 30 ثانية،ان المغازل العضلية حساسة جدا لكل شكل من أشكال التمطيه وخصوصا المتحركة (الارتدادية) ، لهذا السبب يجب أن تتأقلم العضلة للحركة باتجاه الحدود القصوى للجسم وبسرعة معتدلة .

2- تمارين كلا النوعين الارتدادية و**PNF** يجب أن تكون جزءا من جلســات تدريبية خاصـة بحيث يكون الهدف منها هو زيادة طول مجاميع عضـلية معنية ، وحالما يحصــل الرياضـــي على التعليمات المناســبة عليه تنفيذ هذه الجلســات التدريبية بنفســـه وخلال فترات لا تتداخل مع التدريبات الأســـاســـية للفريق(التدريب ثلاث مرات في الأسبوع لزيادة المرونة , ومرة الى مرتين في الأسبوع للمحافظة عليها).

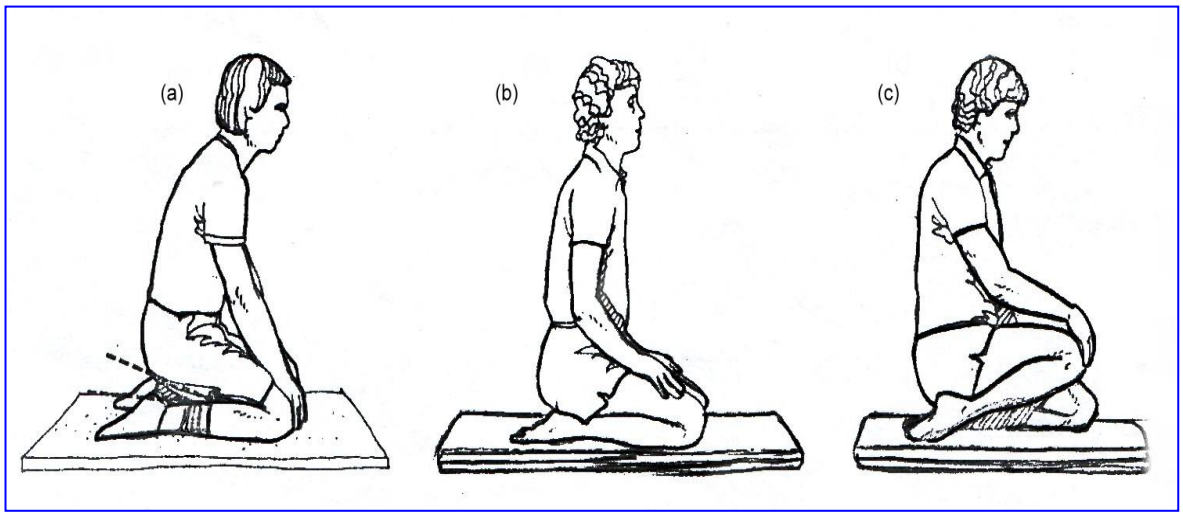
3- من الضـــروري أجراء تمارين التمطية بعد تنفيذ جلســـات تدريبية عالية الشـــدة لتجنب التشــنج العضــلي و الألم العضــلي . التمطية في هذه الحالة تعد بمثابة مساج خفيف للعضلات .

يجب تحتفظ في ذهنك هدف زيادة مرونة الجسم، وفيما يأتي الأشكال التي تنفذ فيها تمارين التمطية الثابتة للعضلات التي تمر فوق المفاصل الآتية :

1- الجزء الأمامي لمفصل الكاحل (العضلات الباسطة):

اذا واجهت صعوبة في الجلوس براحة على كعب القدمين ؟ فإن هذه الصعوبة نتيجة عدم مرونة مفاصـل الركبة ، لهذا السـبب يجب عدم محاولة خفض جسـمك عن طريق التمطية الارتدادية إذا كانت ركبتاك تؤلمك!

الهدف من هذا التمرين هو تمطية او زيادة التمطية بعض الشـيء في مفصـل الكاحل والعضلات المادة العاملة عليه.

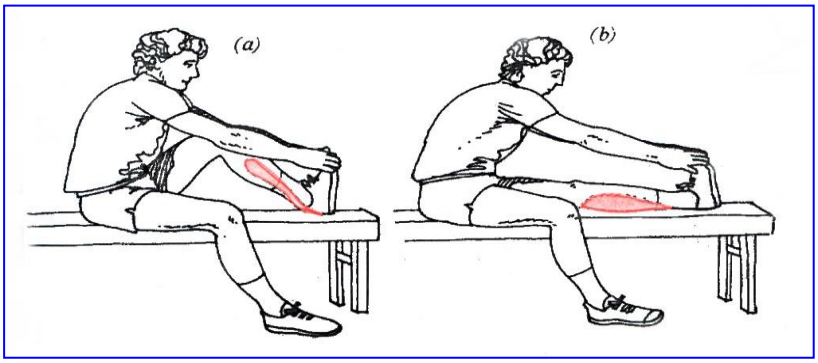


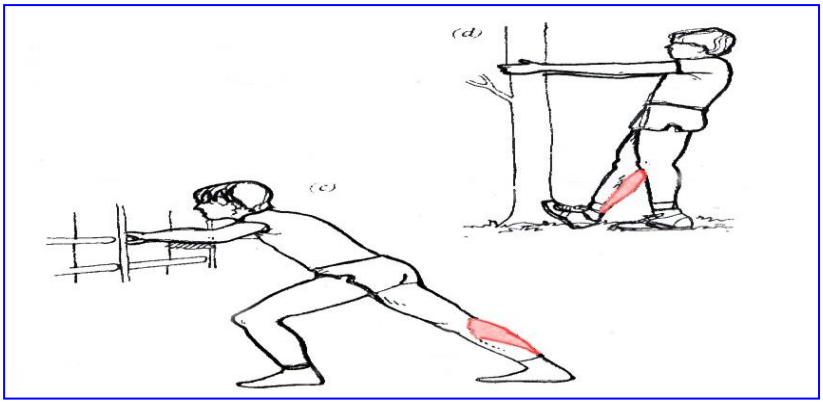
الشكل (393)

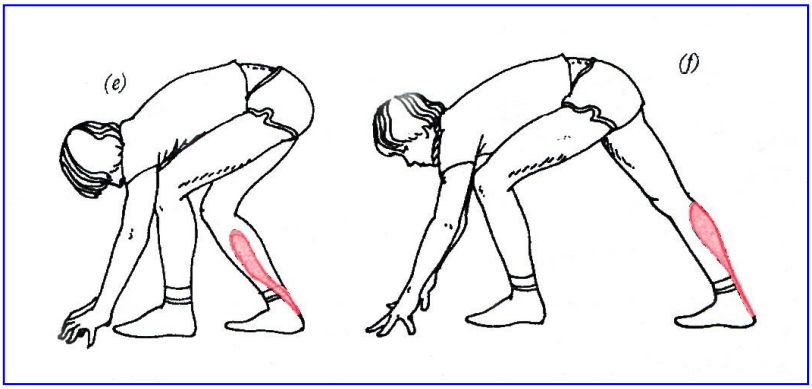
تمرين للعضلات الباسطة لمفصل الكاحل

2- الجزء الخلفي من مفصل الكاحل (العضلات المثنية):

الهدف : العضـــلات الخلفية للكاحل لا تحدد من المرونة الطبيعية للكاحل ، وسوف ينتج عن قصر العضلات في القدم الى شد عالي في العضلات الموجودة في مقدمة أسفل الساق، التي من المحتمل تؤدي وبسهولة الى " التهاب السمحاق "(الشكل 394).





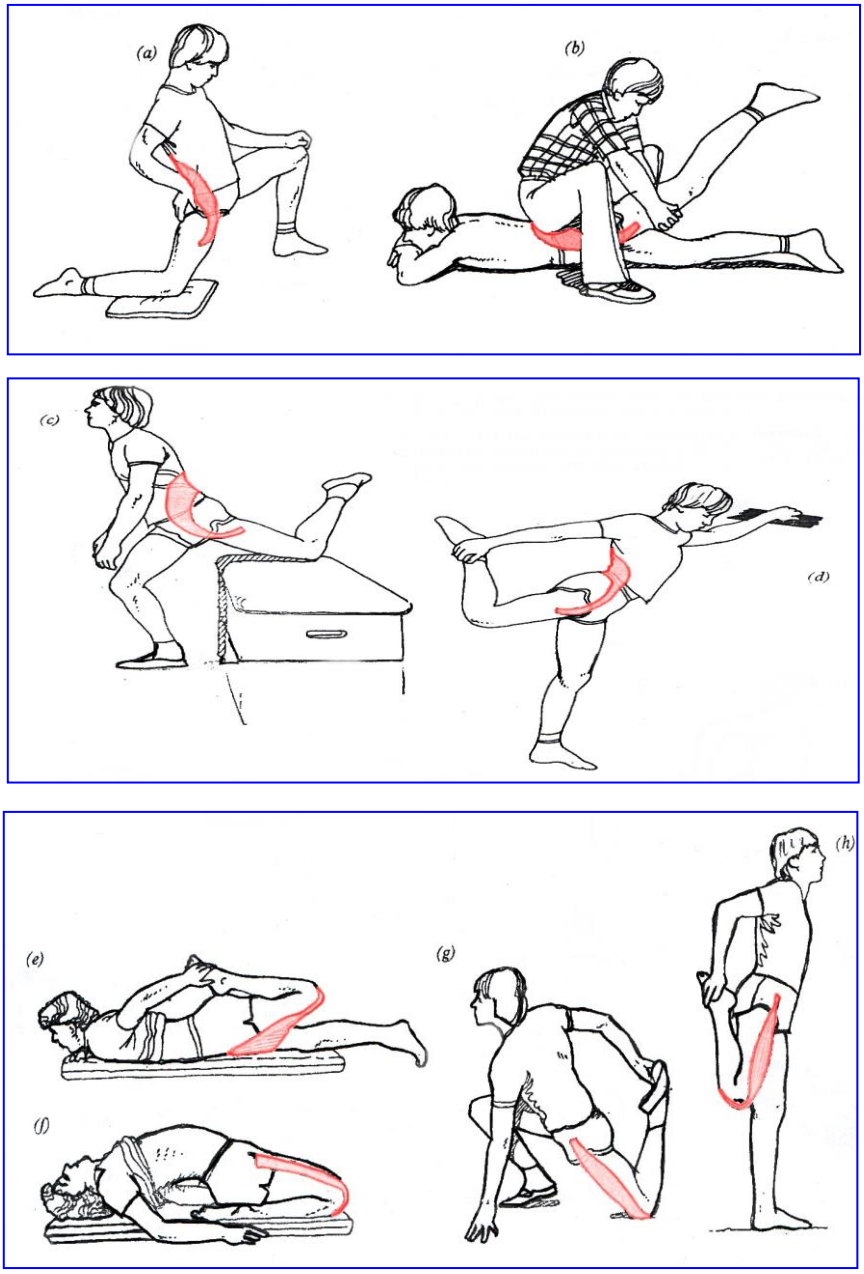


الشكل (394)

تمارين لتمطية عضلات الجزء الخلفي من أسفل الرجل مع الانقباض الثابت

3-مفصـــل الركبة والجزء الأمامي من مفصـــل الورك(العضـــلة الرباعية والحرقفية الخصرية):

الهدف : زيادة قابلية الرجل على المرجحة باتجاه الأمام (عند الركض السريع وضرب كرة القدم) خصوصا في الفعاليات التي تبدأ حركة الرجل من خلف الجسم .

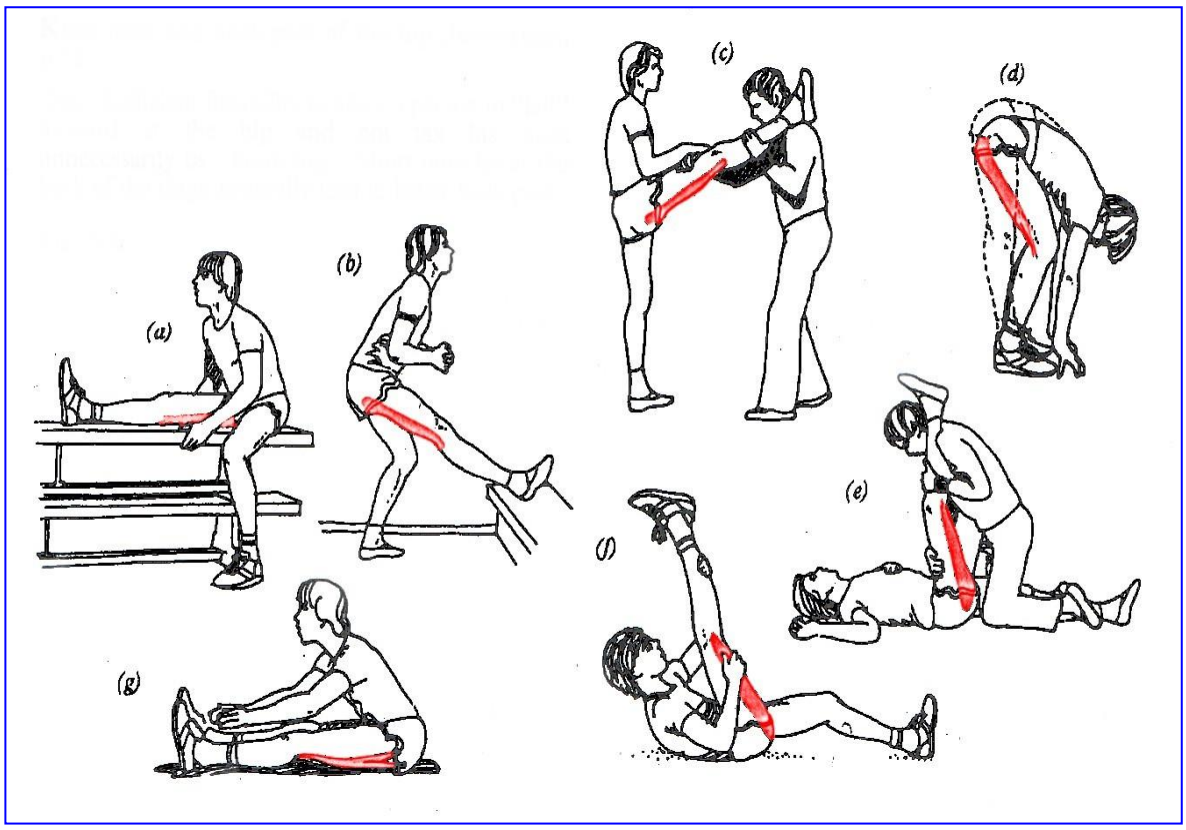


الشكل (395)

تمارين لتمطية عضلات الجزء الأمامي من مفصل الورك مع الانقباض

4-مفصل الركبة والجزء الخلفي من مفصل الورك(العضلات المأبضية):

الهدف : زيادة المرونة لكي يستطيع الشخص تنفيذ ثني كامل للأمام عند منطقة الورك بدون إرهاق عضلات الظهر . عموما يؤدي قصر عضلات الظهر الى حدوث ألم في أسفل منطقة الظهر .

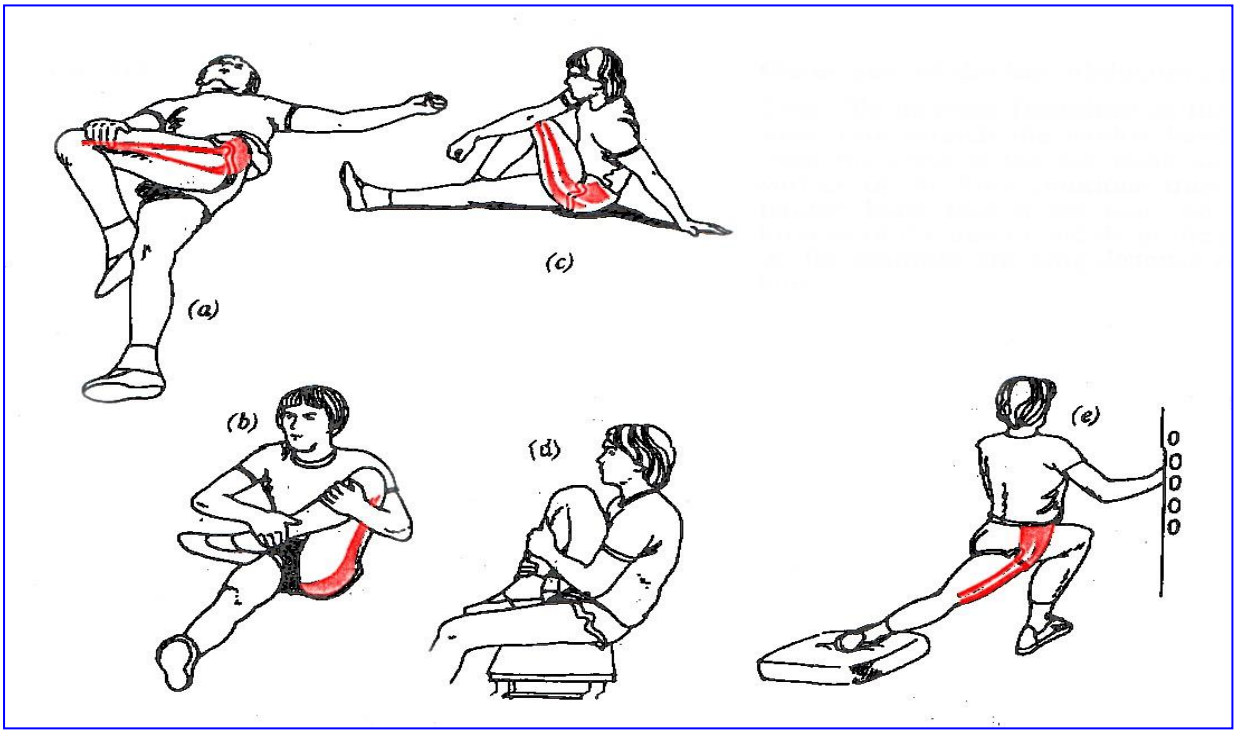


الشكل (396)

تمارين لتمطية عضلات الجزء الخلفي من مفصل الورك مع الانقباض الثابت

5-الجزء الخارجي من مفصل الورك:

الهدف : زيادة مرونة مفصل الورك وبنفس الوقت تمطية الرباط الوتري الذي يمتد من حافة عظم الورك باتجاه الأسفل نحو الجزء الخارجي من سطح مفصل الركبة ، ويمكن ان يسبب عدم المرونة في هذا الوتر الى إصابة اللقمة الوحشية لعظم القصبة بالكسر. على سبيل المثال : يظهر هذا لدى عدائي المسافات الطويلة ويعرف (مرض ركبة العدائين).

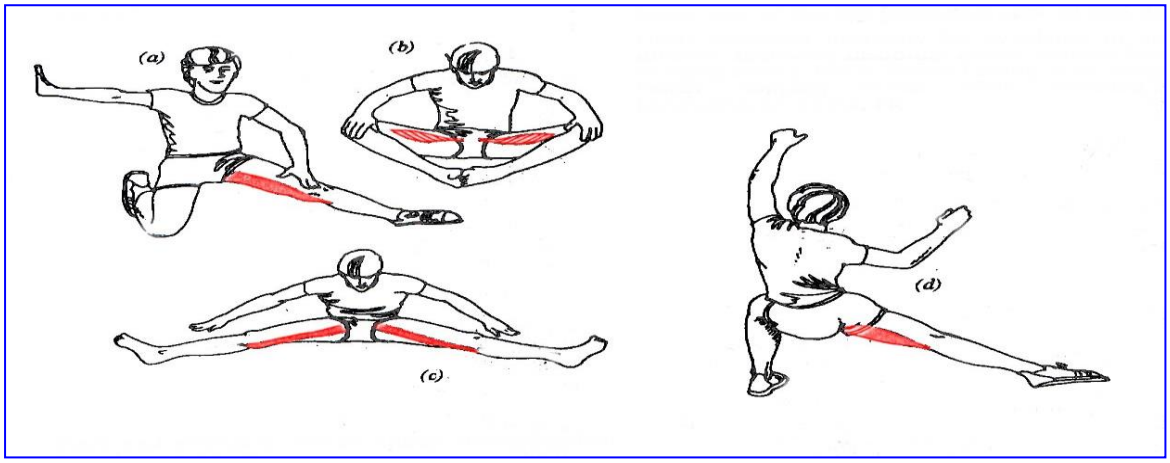


الشكل (397)

تمارين تمطية عضلات الجزء الخارجي من مفصل الورك مع الانقباض الثابت

6-<u>الجزء الداخلي من مفصل الورك(عضلات الضم):</u>

الهدف : زيادة المرونة لتجنب إصابة العضلات الاربية ، وزيادة التمطية في هذه العضـلات تزيد من احتمالية طول الخطوة في الركض وزيادة المرجحة للأمام ، كذلك زيادة طول الخطوة عند الهجوم في لعبة التنس والريشة ... الخ .

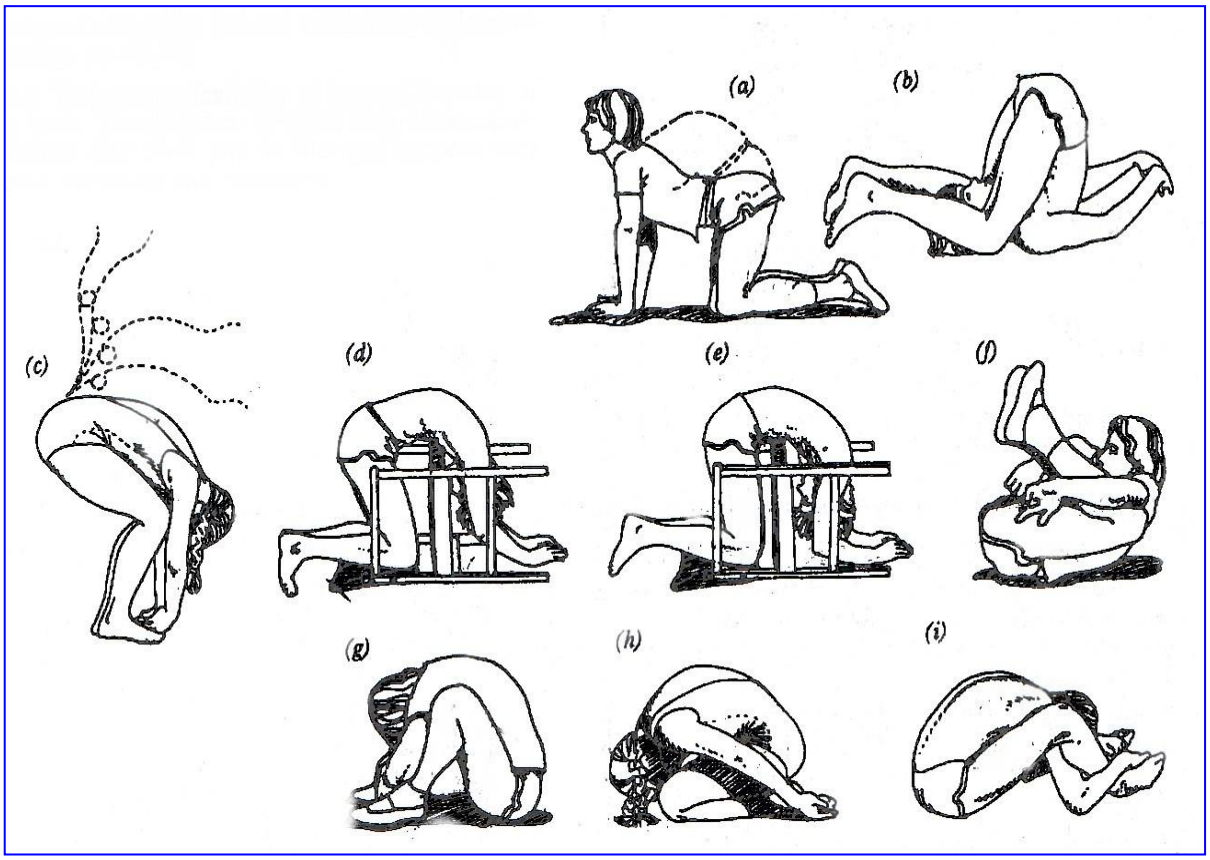


الشكل (398)

تمطية عضلات الضم في مفصل الورك مع الانقباض الثابت

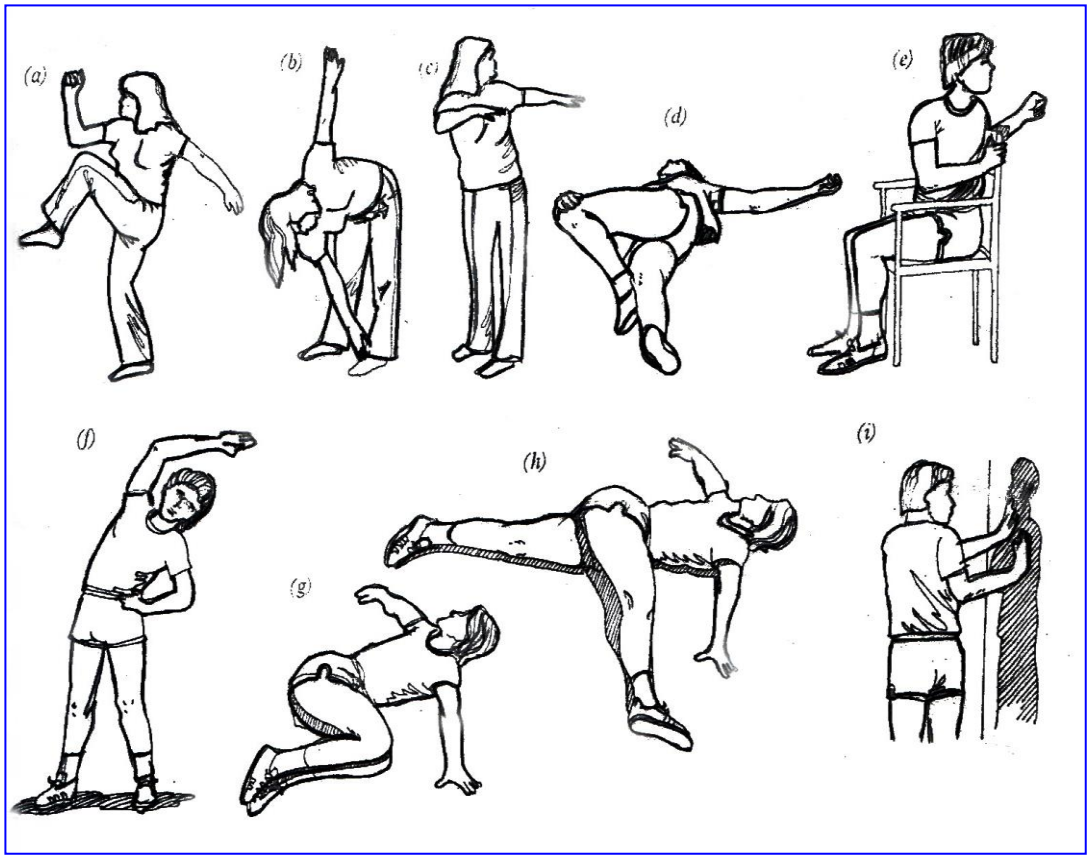
7-تمارين المرونة للظهر والبطن (عضلات ناصية العمود الفقري والبطن):

الهدف : زيادة مرونة الثني نحو الأمام لعضـلات الظهر ، وتظهر الصـور في الشكل 399 الأوضاع التي تسمح لك بالتغير بين التمطية الثابتة البسيطة والراحة.



الشكل (399)
تمارين المرونة والتمطية لعضلات الظهر والبطن مع الانقباض الثابت

وتظهر في الشكل 400 تمارين للتمطية الحركية والأشكال الملائمة للثني الى الجانب وتدوير الظهر .

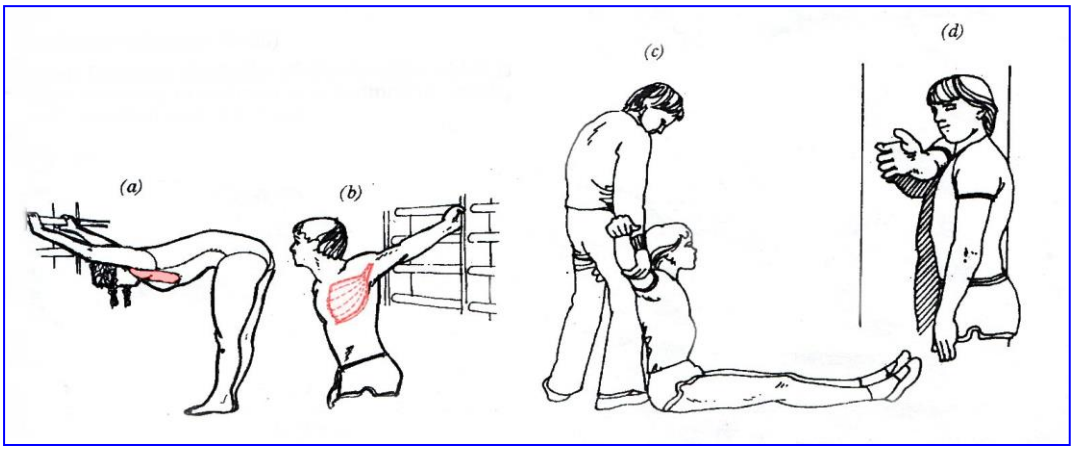


الشكل 400

تمارين لتمطية العضلات الجانبية للجسم

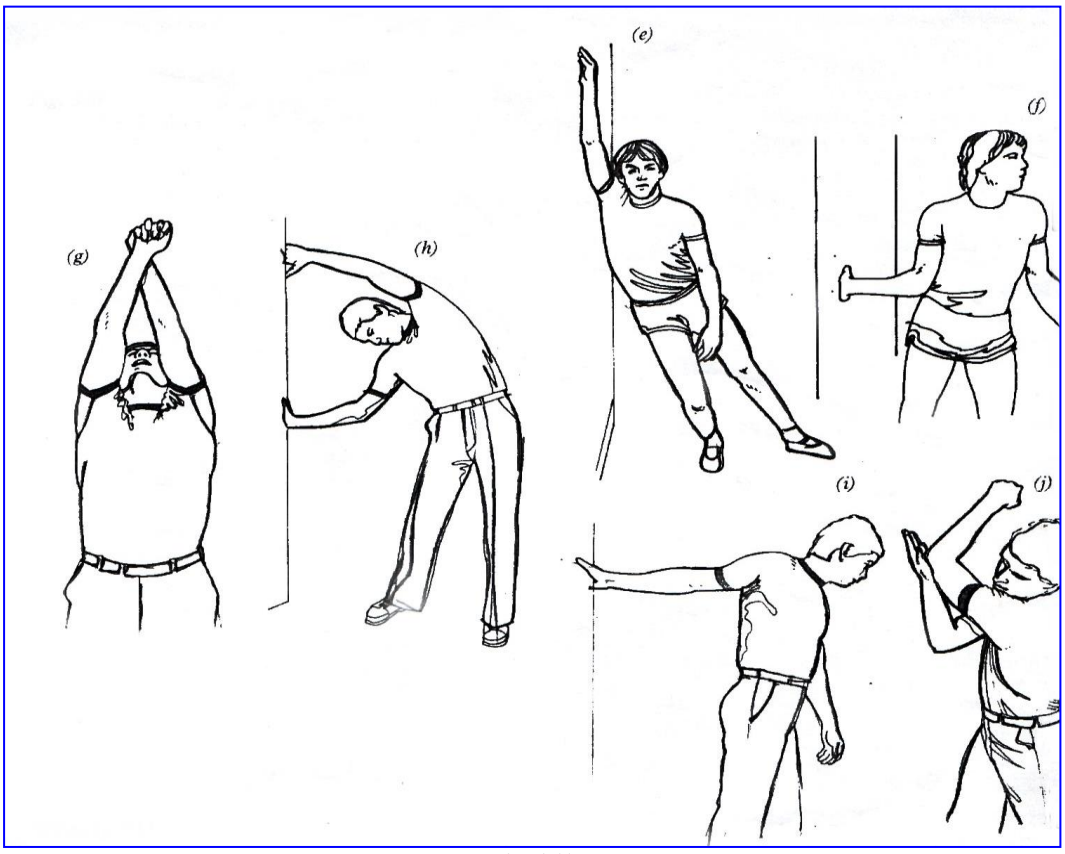
8-<u>تمارين مرونة مفصل الكتف :</u>

الهدف : زيادة مرونة الكتف وتمطية العضلات العاملة علية التي هي ضرورية جدا في الألعاب الرياضية مثل التنس والريشة وكرة اليد والسباحة (الشكل 401) .



الشكل (401)

مرونة وتمطية عضلات مفصل الكتف مع الانقباض في التنس والريشة

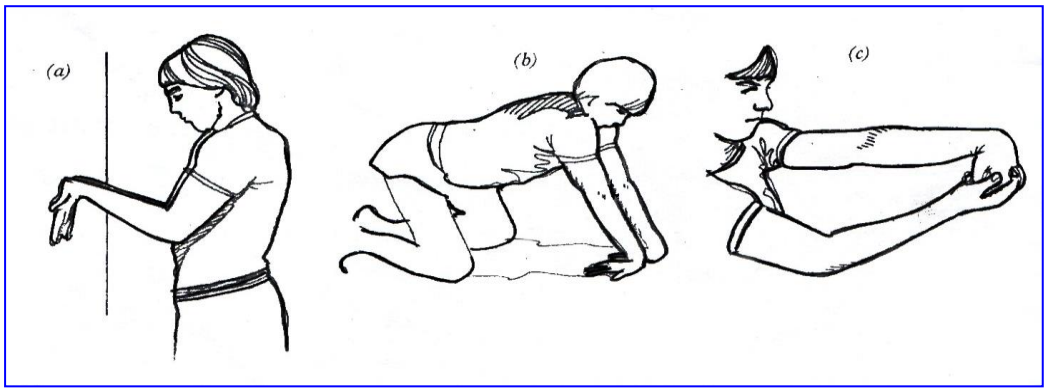


تابع للشكل (401)

تمارين لمرونة وتمطية عضلات مفصل الكتف مع الانقباض وكرة اليد والسباحة

9-مرونة الرسغ (لاحظ الشكل 402)

الهدف : زيادة مرونة وتمطية عضـــلات ظهر الرســـغ الذي يســـتعمل في العاب المضرب .



الشكل (402)

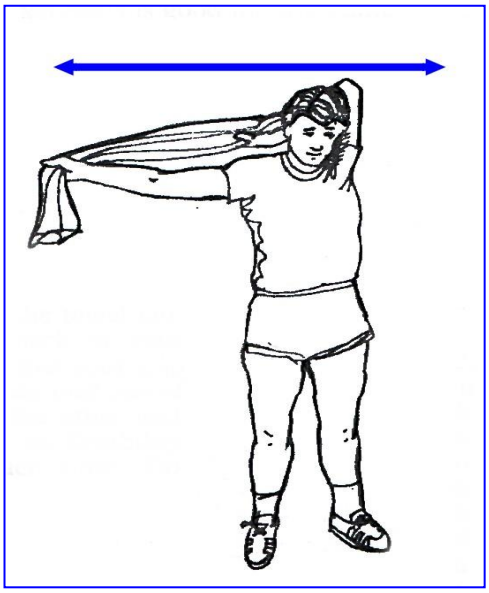
تمارين لمرونة وتمطية عضلات مفصل الرسغ

10-تمارين التمطية باستعمال قطعة قماش :

من السهولة تنفيذ تمارين القوة والمرونة بمساعدة قطعة قماش. تعطي التمارين الأربعة التي تظهر في الأشـــكال 403 الى 404 أمثلة على كيفية عمل تمارين التمطية الحركية(الارتدادية) في سبيل زيادة القوة والمرونة للأكتاف .

الوضـــع في التمرين الثالث مثال جيد لتمطية العضـــلة ذات الرؤوس الثلاثة ، من النادر جدا ان تحتاج العضـــلات التي تمر في مفصـــل المرفق الى تمارين تمطية.تستطيع وعن طريق القليل من التصور تطوير تمارين تمطية خاصة بك والتي تلائم اللعبة التي تمارســها ، ومن الأفضــل أجراء هذه التمارين مع زملائك ، وبهذه الطريقة تستطيع ان توجه مقاومة فعالة نحو زميلك وبالعكس في التمارين التي تحتاج الى بعض القوة .

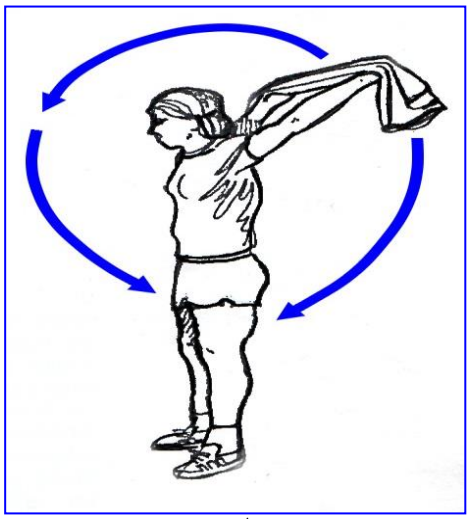
التمرين الأول : شد بقوة على المنشفة أو قطعة القماش (الجافة) وهي خلف رقبتك (الشكل 403) و حاول ان تجعل قبضة يديك على طول معين من المنشفة وبطول بحيث تستطيع سحب المنشفة بالاتجاهين، ولزيادة المرونة قلل من مسافة المسك بمرور الوقت (الزيادة التدريجية للمرونة) . يكرر التمرين من 20-22 مرة .



الشكل (403)

تمرين المرونة (الأول)

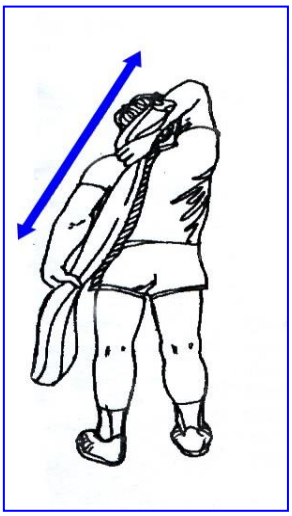
التمرين الثاني: امسك المنشفة بحيث تكون المسافة بين اليدين بعيدة لكي تسمح للذراعين بالحركة فوق الرأس وبمدى كامل، تتغير الحركة بوساطة خفض المنشفة أمام الصدر والى منطقة الفخذ كذلك الرجوع بالذراعين الى خلف الرأس والجذع (الشكل 404) . حاول سحب المنشفة بقوة وباستقامة وحرك يديك لكي تقترب من بعضهما كلما أصبحت المرونة جيدة. كرر هذا التمرين من 20–30 مرة .



الشكل 404

تمرين المرونة (الثاني)

التمرين الثالث : امسك المنشفة خلف الظهر بحيث تكون الذراع اليمنى مثنية خلف الرأس نحو الأسفل والذراع اليسرى ممدودة بجانب الجسم نحو الأسفل . كرر هذا التمرين عشرة مرات بثني الذراع اليمنى وعشرة مرات بثني الذراع اليسرى .(شكل 405)

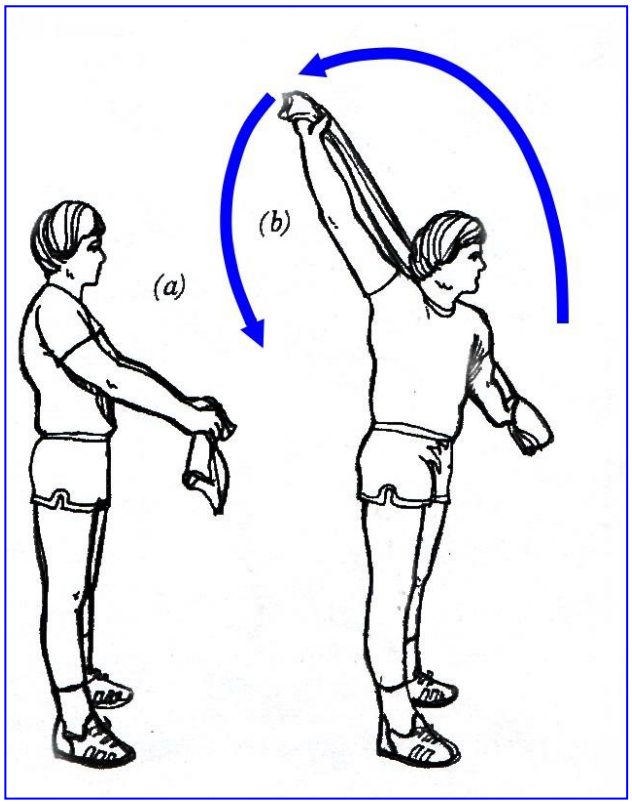


الشكل 405

تمرين المرونة (الثالث)

<u>التمرين الرابع</u> : امسك المنشفة بيديك الى ابعد مسافة تستطيع الإمساك بها، حرك المنشفة بالتبادل

للأمام ثم حاول تدوير الجسم للجانبين مع أبقاء الذراعان مستقيمان. مرجحة الذراعين بما يشبه حركة السباح في سباحة الظهر والمنشفة خلفك ، ومرجحة الذراعين إلى الأمام في حركة تشبه السباحة الاعتيادية للأمام . كرر التمرين 20 مرة.(شكل 406)

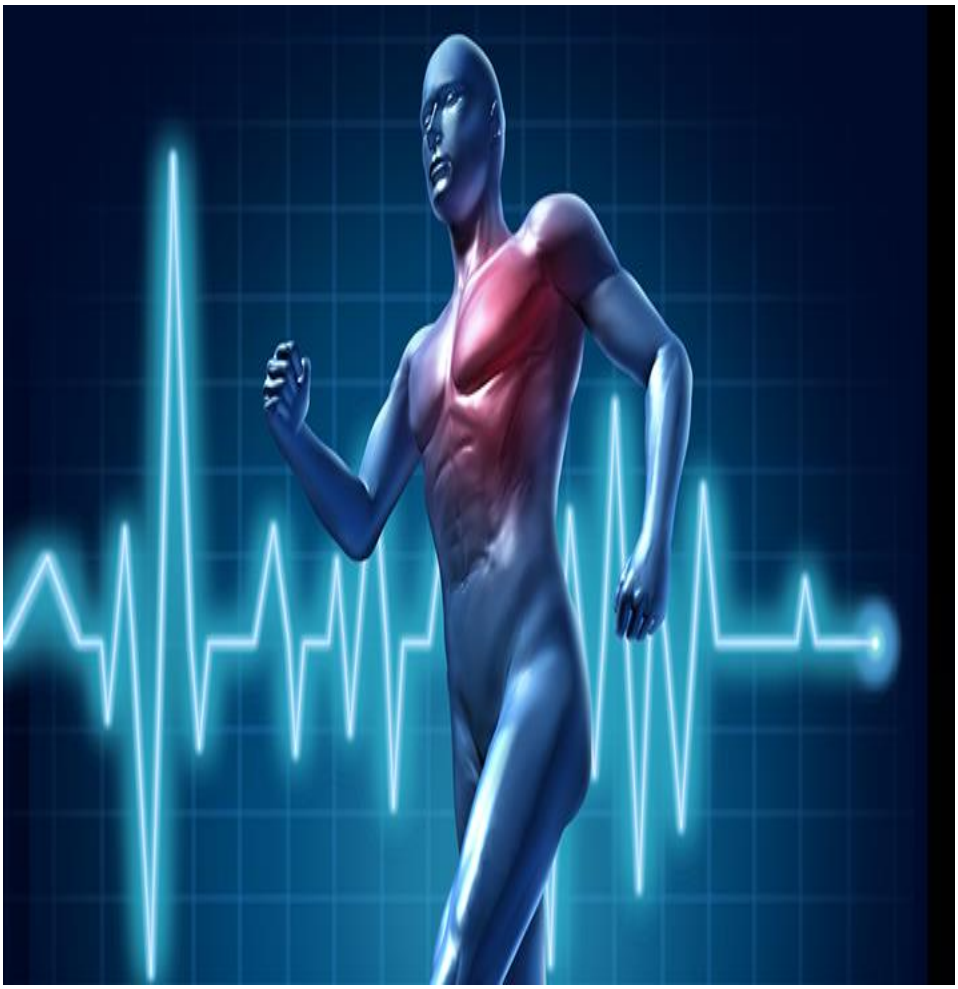


الشكل (406)

تمرين المرونة (الرابع)

الفصل الحادي عشر

نماذج تحيليلة تشريحية ميكانيكية لبعض الالعاب



ان تحليل الحركات الرياضية المختلفة تتطلب معدات متطورة ، بيد أن التحليل الأساسي للحركة يمكن أن يتم بصريا وينبغي أن يشمل ما يلي:

- وصف الحركات الفعلية التي تحدث في المفاصل المعنية
- اسطح الحركة التي تتم عليها الحركة.
- العضلات التي تنتج الحركة.
- وظيفة العضلات المشاركة .
- نوع الانقباض .
- نطاق عمل العضلات (للداخل، للوسط، للخارج)

اولا – تحليل للركض

تحدث حركات الركض على المسطحات الافقية والجانبية وحول مفاصل الورك والركبة والكاحل.

وتشترك عظام الفخذ وهي عظم الفخذ وحزام الحوض التي تشكل الكرة والحق بشكل رئيس في حركات الركض مع عظام الفخذ والساق المرتبطين بعظم الركبة التي تشكل المفصل المشترك.وتنتهي بعظام الساق والعقب التي تشكل مفصلا مشتركا وهو الكاحل. كل هذه المفاصل تنتج حركات الركض سواء عند الارتكاز او عند الطيران.

وفيما يلي مخطط للمفاصل العاملة والعضلات العاملة عليها اثناء حركة الركض.

- مرحلة الاتكاز

المفاصل المعنية	عمل	عضلة مؤثر
الورك	ثني ومد	عند المد العضلات الاليوية (الكبرى والصغرى)، وعند الثني الفخذية المستقيمة والمجموعة الرباعية للعضلات
الركبة	ثني ومد	عند الثني أوتار الركبة المأبظية الخلفية (العضلة ذات الرأسين الفخذية) وعند المد الفخذية المستقيمة
الكاحل	أخمصي الانحناء	عند الثني القصية المستقيمة وعند المد ربلة الساق والشظية

- مرحلة الطيران

المفاصل المعنية	عمل	عضلة مؤثر
الورك	الانحناء	الحرقفية الخصرية والمستقيمة الفخذية
الركبة	الانحناء	المرجحة خلفا أوتار الركبة (العضلة ذات الرأسين الفخذية)
الكاحل	Dorsi الانحناء	الظنبوبي الأمامي

اما من الناحية الميكانيكية ، فيجب ان تتناسب القياسات الجسمانية مع التكامل في القوة العضلية من اجل تحقيق افضل انسجام لطول وتردد الخطوة واللذان يعدان

العاملان الحاسمان في تحقيق افضل انجاز في سباقات الركض ، وهذا يتطلب بناء برامج للقوة اللحظية والقوة السريعة التي تكون من واجبات الاطراف السفلى تحديد مع بناء باقي القوة العضلية لمختلف اجزاء الجسم من اجل ان يكون نقل القوة فعالا بين اجزاء الجسم في كل لحظة دفع تبذل بالرجلين \

ثانيا ـ تحليل رمي الرمح

- رمي الرمح يتألف من مرحلتين، المرحلة التحضيرية ومرحلة رمي.
- يتم تناوب الحركة حول المسطحات الافقية والامامية والجانبية اما المحاور الطولي والافقي والعميق واهم المفاصل هي الورك و المرفق والكتف.
- الورك يشترك مع الجذع والفخذ.
- المرفق مفصل يشترك كل من عظما العضد والزند يفي تكوينه.
- اما الكتف فهو من نوع مفاصل الكرة والحق يشترك بين عظم العضد والكتف.
-
- **المرحلة التحضيرية**

المفاصل المعنية	توضيح العظام	عمل	عضلة مؤثر
الورك	عظم الفخذ والجذع	ثني ومد	عند المد العضلات الاليوية (الكبرى والصغرى)، وعند الثني الفخذية المستقيمة والمجموعة الرباعية للعضلات
الكتف	عظم العضد والكتف	مد أفقي	الصدرية والدالية و العضدية الثنائية
المرفق	عظم العضد والزند	مد	ثلاثية الرؤوس العضدية الخلفية

- رمي المرحلة

المفاصل المعنية	توضيح العظام	عمل	عضلة مؤثر
الورك	الفخذ والجذع	ثني ومد	عند المد العضلات الاليوية (الكبرى والصغرى)، وعند الثني الفخذية المستقيمة والمجموعة الرباعية للعضلات
الكتف	عظم العضد والكتف	الانحناء الأفقي	الدالية الأمامية وصدرية كبيرة
المرفق	عظم العضد والزند	الثني	العضلة ذات الرأسين العضدية
		المد	الثلاث رؤوس العضدية ـالثانية للرسغ

رمي الرمح

ثالثا- تحليل الضربة الامامية بالتنس :

- هناك مرحلتان للضربه الامامية بالتنس،هما مرحلة التحضير ومرحلة الضرب.
- تحدث الحركة على الاسطح الثلاث بالتناوب (الامامي والجانبي والافقي) والمفاصل الثلاث المعنية هي الرسغ والمرفق والكتف
- مفصل المرفق مشترك بين كل من عظم العضد والزند.
- الكتف هو اياض مفاصل من نوع الكرة والحق يتشكل بين عظمي العضد وكتف

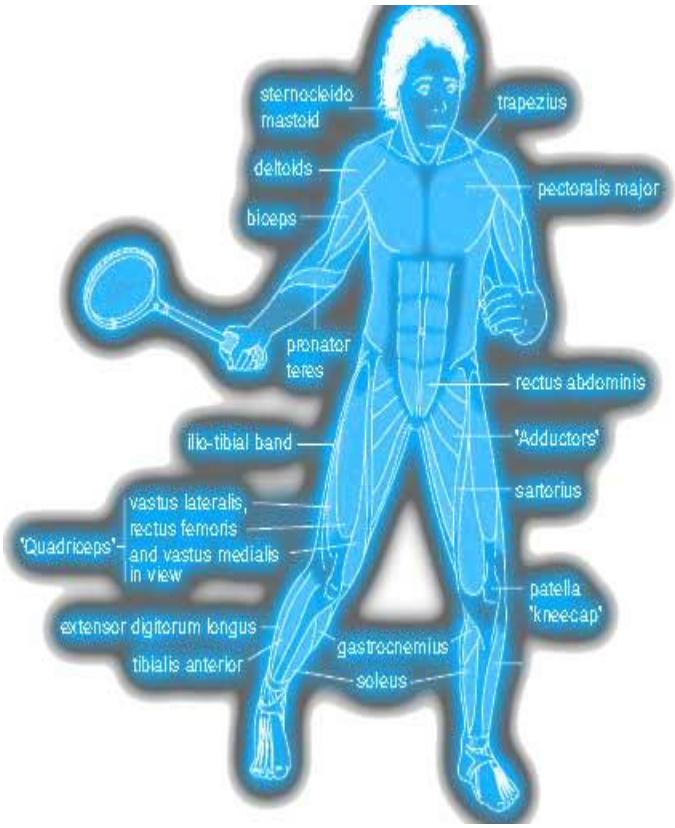
أما مرفق المعصم يشترك بين عظام الزند وعظام الرسغ.

المرحلة التحضيرية

المفاصل المعنية	توضيح العظام	عمل	عضلة مؤثر
المعصم	الزند والرسغ دائرة نصف قطرها والزند	البسط	سوبيناتور
الكوع	عظم العضد والزند	ملحق	ثلاثية الرؤوس العضدية
الكتف	عظم العضد والكتف	فرط أفقي	ديلتويد الخلفي

- مرحلة الضرب

المفاصل المعنية	توضيح العظام	عمل	عضلة مؤثر
المعصم	الزند والرسغ دائرة نصف قطرها والزند	كب	العضلة الكآبة المدورة
الكوع	عظم العضد والزند	الانحناء	العضلة ذات الرأسين العضدية
الكتف	عظم العضد والكتف	الانحناء الأفقي	الدالية الأمامية والصدريةالرئيسية
جذع		فتل	الظهرية اليسرى الخارجية



رابعا- تحليل القفز الطويل من الثبات

- اسطح الحركة التي تتم عليها هذه المهارة هي الجانبي تشمل مفاصل الورك والركبة والكاحل.
- عظام الفخذ هي عظم الفخذ وحزام الحوض تشكلان مفصل الورك الكرة والحق.
- اما عظام الركبة فتكون مشتركة كمفصل من عظم الفخذ والساق.
- وعظام الكاحل كمفصل تتكون من عظم الساق وعظم العقب التي تشكل مفصل مشترك.

المفاصل المعنية	عمل	عضلة مؤثر
الورك	ثني مع مد	عضلات الاليوية (العظمى و الصغرى)، وأوتار الركبة (العضلة ذات الرأسين الفخذية، المأبظية)
الركبة	مد	عضلات الفخذ الرباعية الامامية
الكاحل	أخمصي الانحناء	عضلات الساق الامامية والخلفية

خامسا ـ تحليل ركلة كرة القدم

- الاداء في الركلة يتم **السطح الجانبي والافقي** وحول مفاصل الورك والركبة والكاحل.
- عظام الفخذ وحزام الحوض تشكل مفصل الورك الكرة والحق.
- هي مفصل الركبة يتكون من عظم الفخذ والساق التي تشكل مفصلاً مشتركاً.
- عظمي الساق والعقب يشكلان مفصل الكاحل.
- الركله يتألف من مرحلتين، المرحلة التحضيرية ومرحلة الركل
- **المرحلة التحضيرية**

المفاصل المعنية	عمل	عضلة مؤثر
الورك	ثني مع مد	عضلات الاليوية (العظمى والصغرى)
الركبة	الثني والمد	أوتار الركبة الخلفية والامامية الرباعية
الكاحل	أخمصي الانحناء	عضلات الساق

- **المرحلة الركل**

المفاصل المعنية	عمل	عضلة مؤثر
الورك	الثني	الفخذية والحرقفية الخصرية والبطن
الركبة	مد	المجموعة الرباعية للعضلات
الكاحل	ثني	القصية

الفصل الثاني عشر

مبادئ تنمية القوة

يشكل موضوع تنمية القوة الركن الأساس والمكمل للتحليل التشريحي وأنواع العضلات العاملة . لذا فمن المنطقي ان يكمل هذا الموضوع بتناول مبادئ تنمية القوة ، ولقد عرف ازانوفيتش (1992) القوة بأنها" قدرة الجهاز العضلي الهيكلي على توليد القوة او الشدة" ومعنى ذلك أن تدريب القوة هو عملية تنمية او زيادة في القدرة العضلية. وأن الهدف من تدريب القوة هو زيادة قدرة العضلات ضد الإصابة وقدرتها على اداء انواع الشغل العضلي ، اما الهدف الثاني للتدريب فهو زيادة القدرة على الأداء،وعلى هذا الأساس لايمكن ان نخلط بين هذه الأمور – فتدريب القوة أساسا" هو آلية للوقاية من الاصابه. فبزيادة قوة العضلات سوف تقوم العظام والأنسجة الرابطة بتقليل او الحد من احتمال التعرض للإصابة ، ذلك لايعني ان الشخص بهذا لن يصيبه آذى أبدا" ، فعادةً او في أحيان معينة تكون الإصابة محض صدفة. مع ذلك سيقلل تدريب القوة هذه الخطورة بشكل كبير.

أن تنمية القوة البيولوجية وما تقوم به من وظائف متعددة ستكون من خلال فهم القوة البدنية، فتدريب القوة لا يضمن للمتدرب تحسن ألأداء ، رغم ذلك يمكن ان يعزز تدريب القوة القدرة ليصبح النجاح ممكناً قدر الإمكان عند أداء أي عمل او جهد بدني.

1- الخطوط العريضة لتدريب القوة:

عجز العلم عن كشف تفوق أي من طرق تدريب القوة على بقية الطرق التدريبية الاخرى. فالأبحاث أظهرت فقط أن هناك تفاوت في طرق التدريب التي تزيد القوة . على سبيل المثال ، لاحظ (بيرغر 1962) إن زيادات كبيرة في تدريب القوة لجميع المجاميع العضلية المستخدمة لوحدة او اثنين او ثلاث تمارين مشتركة ومختلفة ولتكرارين وستة وعشرة تكرارات. ووجد (ديستكوت 1989) انه ليس هناك فروق إحصائية كبيرة في زيادات القوة الناتجة عن تسعة طرق تدريب مختلفة لمجموعات مختلفة من التمارين والتكرارات.

ويمكن ان تتولد زيادة القوة عن الاختلاف في التجهيزات والوسائل المستخدمة للتدريب.و أوضحت بعض الدراسات عدم وجود فروق في تنمية القوة بين مجاميع

استخدمت الأوزان الحرة ومجاميع استخدمت الأجهزة المقيدة(بايبس 1978، ميسير و ديل 1985) .

و لابد لنا أن نختار ما هو عملي ومعتمدا على اعتبارات الأمان والوقت لان أي نوع من البرامج او التجهيزات ســـتعطي نتائج مرغوبة. يمكن أداء التمرين الآمن والمفيد والشامل والعملي بأي نوع من المعدات عن طريق استخدام مبادئ تنمية القوة العشرة التالية:

2- التدريب بمستوى عالي من الشدة:

أن الشدة والتي تتعلق بالجهد هي أهم عامل في تحديد الاستجابة لتدريب القوة ، وتعرف الشدة بأنها"نسبة القدرة السريعة (قوة ×سرعة)، بعبارة أخرى ، تتعلق الشدة بدرجة الاجهادات او مقدار الإجهاد الناتج في العضــلة في موقف معين عندما تكون العضــلات متهيئة في بداية التمرين تكون نسـبة القدرة السـريعة عالية وتكون الشـدة على حســاب زيادة الســرعة والإقلال من المقاومة أي تكون المقاومة واطئة بشــكل ملحوظ. وعند إجهاد العضـــلات في نهاية التمرين تقل نســبة القدرة الســريعة وتقل الشدة(لابد من عدم الخلط بين نسبة القدرة السريعة او الشدة مع نسبة الثقل او الوزن الأقصى) .

توصـــلت الأبحاث الى أن مســـتوى الجهد العالي هو أهم عامل في تحديد النتائج المرغوبة من تدريب القوة(ديلورمي 1945) ولوحظت من قبل العديد من الباحثين نفس هذه النتائج منذ ذلك الحين ففي الأســاس كلما كان التدريب أكثر كلما تحسنت استجابة العضلة أكثر .

ويتميز المستوى العالي من الشدة بأداء كل تمرين الى حد الإخفاق العضلي المركزي ، أي عندما تتعب العضـــلات لدرجة عدم القدرة على رفع الوزن بتكرار إضـافي. كما ان الإخفاق في الوصـول للمسـتوى المرغوب من الشـدة – او الإعياء العضـــلي– ســـيؤدي الى انعدام الحصـــول على نتيجة في تطور قوة وزيادة حجم العضلة.

3- مبدأ الحمل الزائد:

مبدأ الحمل الزائد – وهو اصـطلاح صـاغه الدكتور(ارثر سـتيفهاوس عام 1933) (ارنت 1984). ولقد (قام هيلبرانت وهوتز1956) بأولى العروض التجريبية لهذا المبدأ، وينص مبدأ الحمل الزائد على أنه في سـبيل زيادة حجم وقوة العضـلة يجب ان يتم إجهاد هذه العضـلة أو زيادة حملها بتمرين أثقال اكبر من قابليتها الحالية ، ولابد ان تكون شـدة التمرين كبيرة لتتجاوز المسـتوى الاولي للقوة ، بحيث ينتج مقدار كافي من الإجهاد العضلي للحصول على الاستجابة المطلوبة وهو النمو العضلي. ويؤكد ان العضلة سوف حجمها تستجيب بزيادة وقوتها ان أعطيت تغذية مناسبة ومقدار جيد من أوقات استرداد الشفاء بين التمرينات.

4- تكرار تمارين مابعد الإجهاد:

بعد الوصول للإجهاد العضلي المركزي قد تزداد شدة التمرين بشكل إضافي بأداء 3–5 تكرارات إضافية بعد الإجهاد . وهذه التكرارات الشديدة قد تكون سلبية او رجعية وستتيح للعضلة ان تتحمل الحمل الزائد بطريقة كفؤه وأمينة.

5- التكرارات السلبية (اللامركزي):

بعد الوصول لتأثيرات التقلص العضلي المركزي تكون إحدى طرق زيادة شدة التمرين هي من خلال أداء التكرارات السلبية .وقد ذكرنا سابقا ان رفع الثقل يسمى أحيانا التقلص الموجب من الحركة اذا كان هناك تقلص عضـلي مركزي وان إنزال الثقل يسـمى التقلص السـالب من الحركة اذا كان هناك تقلص العضـلي لامركزي(المركزي واللامركزي) . وعادة ما تكون القوة بالتقلص اللامركزي اكبر من القوة في التقلص المركزي. هذا يعني انه عندما تصـل إلى نقطة لا تسـتطيع عندها رفع الثقل مركزيا فانه لايزال هناك القدرة على إنزال الثقل بتقلص لا مركزيا". ومن هنا تأتي عملية تقييم فائدة التكرارات السـالبة (اللامركزية)، حيث يمكن ان يرفع المتدرب الثقل مركزيا وينزله لامركزيا ،ويتكرر ذلك لـ 3–5 تكرارات. وقد أوصى براون(1989)بأن على كل تكرارا سالب قد يستغرق 6–8 ثواني.

وكمثال ، نفرض اننا وصلنا للحدود القصوية في تدريبات التقلص العضلي المركزي في تمرين ضغط المصطبة (بنج بريس)، ويساعد اللاعب زميل له في التدريب على رفع الثقل عن الصدر حتى استقامة الذراعين. ثم يتم تنزيل الثقل بسيطرة تامة إلى الصدر ثانية ويمكن للساعد ان يضيف القليل من المقاومه الزائدة بالضغط على القضيب عند إنزال اللاعب الثقل. ويعرف هذا التنويع في التكرار السالب باستخدام ضغط إضافي أثناء مرحلة الإنزال بالتكرار الإجباري .

في الواقع فان هذه التكرارات ما بعد ألاجهاد هي مدعومة إيجابيا ومقاومة سلبيا كما ان الأداء لبضعة تكرارات سلبية في نهاية التمرين يتيح الوصول للحدود القصويه للتقلص العضلي اللامركزي- حين تكون العضلات مجهدة لدرجة عدم إمكان إنزال الثقل. ولهذا السبب يكون التمرين لدرجة الحدود العالية والمتبوع بعدة تكرارات سلبية فعال جدا مركزيا ولا مركزيا(نجد لاحقا جداول تمارين سلبية فقط وتمارين سلبية مشتركه)

6- التكرارات الرجعية(تدريبات القوة من اعلى شدة الى اقل شدة):

وهي طريقة أخرى لتحقيق مستوى اكبر من الشدة وما يصاحبها من زيادة العبء العضلي – اداء التكرارات لغاية التعب مع انخفاض الثقل – بعد الوصول لحدود التقلص العضلي المركزي، فعند الوصول لهذه الحدود تبقى العضلات قادرة على توليد القوة – و مع ذلك ، تكون قدرتها على توليد القوة غير كافية لتحريك ذلك المستوى المطلوب بعد الوصول للتعب العضلي ،لذا يمكن القيام بالعمل بسرعة في الأداء مع تقليل الثقل بحوالي 25-30 % ، حيث يقوم اللاعب بأداء 3-4 تكرارات بعد ألإجهاد و بمقاومة أخف قليلا"، ولنقل إن اللاعب أدى 14 تكرارا بوزن 100 كغم بتمرين رفع الكعبين قبل الوصول للإجهاد العضلي المركزي، ويمكن أداء المحاولة بتكرارات 3-5 بوزن اقل . ويمكن أداء 3-5 تكرارات رجعية بعد اول مجموعة تمارين مباشرة بتقليل الوزن بنسبة بحوالي 25-30 % (حيث يتم تقليل 70-75 كغم الواردة في هذا المثال الى 50 -55 كغم).

ان طريقة استخدام التكرارات الرجعية (من اعلى شدة الى اقل شدة) هذه هي في الواقع تنويع اقترحه زينوفيف (1951) وقدمه الى Oxford Technique. والفكرة هي اســـتخدام أثقال أكثر وزنا ، انه يمكن أثناء التمرين تقليله بانتظام لتكرارات متتابعة لمعادلة الإجهاد الذي يزيد عن التمرين الأول.

ان بعض اختصـــاصـــي تدريبات القوة واللياقة يعتبرون اداء التكرارات بعد الإجهاد على إنها مجموعة او تمرين ثاني او ثالث (أي التكرارات السالبة والرجعية) ، وبما ان هذه التكرارات تلي الوصول للإجهاد العضلي مباشرة من دون قدرة على استرداد الشفاء ، فان البعض يرى التكرارات الإضافية بعد الإجهاد على إنها امتداد للتمرين الأول، بغض النظر عن كيفية فهم تكرارات ما بعد الإجهاد، فلابد من أدائها بحذر عند الأفراد ذوي القدرة القليلة على تحمل الضغط الجسدي او التوتر بشكل استثنائي.

7- تزامن التكيف العام:

ان مقدار الإجهاد الناجم عن التمرين يحدد تأثير التدريب (راخ 1979) كما ان التمرين الذي لا يولد توترا كبيرا لن يحفز النمو العضـــلي(هلبرانت و هوتز 1956) والتمرين الذي يولد توترا كبيرا لن يحفز النمو العضلي أيضا ، وقد يؤدي الى فقدان حجم وقوة العضـــلة ، ان تزامنيه التكيف العام(GAS) هي عملية ذات ثلاث مراحل اقترحها سيلي (1956) لتفسير آثار الشدة التدريبية. ويمكن ان تنطبق هذه العملية على الشد الفسلجي على العضلة اثناء فعاليات تدريب القوة. في المرحلة الأولى من التكيف (GAS) تؤدى المتطلبات او الشد الفسلجي المطبقة على العضلة الى أضرار او إصابات فيها ، ويعقب ذلك المرحلة الثانية التي تدافع العضله خلالها عن نفسها ضد الأضرار الناجمة عن الشد وهو ما يسمى بالتكيف التعويضي(أي زيادة الحجم والقوة). مع ذلك فان الجهد الحاد او الطويل الأمد يحفز مرحلة ثالثة تتجاوز فيها المتطلبات على قدرة العضلة على الاستمرار والتكيف.

8- تسلسل تطبيق الشدة:

يؤدي تسلسل تطبيق الشدة للوصول لمستوى معين الى تحسنات شبه قصوى، ومع الآسف لا يعرف أحد بدقه المستوى الأدنى من الشدة المطلوبة لتجاوز البداية وتحفيز النمو العضلي، مع ذلك فحتى لو كان الحد الادنى مجهولا فيمكن تحديد المستوى الأكثر فائدة عن طريق المنطق الاستدلالي. وهنا لنفرض ان مستوى 90 % من الشدة هو البداية لتحقيق أفضل النتائج، فأن كان كذلك كيف لنا ان نعين بالضبط 90% من الشدة او 95 % من الشدة او أي مستوى اخر من الشدة بهذا الشأن؟ الجواب: لا نستطيع ذلك(ومرة أخرى يجب عدم الخلط بين نسبة الشدة ونسبة الثقل القصوى). هناك بالضبط مستويين من الشدة يمكن تحديدهما بسهوله ودقة، الأول هو صفر % شدة او السكون التام . ومن الواضح ان السكون التام لا يخلق تحفيزا وبالتالي لا يولد أي تأثير. والمستوى الثاني الوحيد المعروف هو المقابل لهذه الشدة وهو 100 % من الشدة المتميز بجهد تام وشامل لفترة معينة من الزمن . ويستحيل تحديد أي مستوى أخر للشدة وبالتالي فان مستوى الشدة الوحيد المفيد والقابل للقياس هو 100 % وهو الذي يتم على أساسه بناء باقي الشدد.

9- الزمن والشدة :

من المهم ايضا فهم وجود علاقة عكسية بين الزمن والشدة. حيث عند زيادة طول اية فعالية زمنيا يقل مستوى الشدة(ماتفيف 1981) وبعبارة أخرى لايمكن للفرد التمرن عند مستوى عالي من الشدة لفترة طويله من الزمن(منتزر 1993).

مثلا، نفرض ان علينا ان نركض بكل قوتنا وسرعتنا لأطول فترة ممكنة من الوقت. فان كنا بحالة جيدة فلن نستطيع ركض أكثر من 300 متر بالسرعة القصوى قبل ان نتوقف جراء الإعياء والتعب. ويقدر الزمن الذي نقطع به هذه المسافة حوالي 40-50 ثانية. في هذه الحالة فان مستوى الجهد يكون عالي للغاية لكن الوقت المستغرق قليل نسبيا. من جانب آخر ، اذا كان المطلوب من ان نركض نفس المسافة في ثلاث دقائق، وبالنسبة للمثال ألاول سيكون مستوى الشدة اقل والوقت المستغرق عالي(كبير).

والحقيقة يمكن للفرد أن يتمرن لوقت قصـــير بمســـتوى عالي من الشـــدة ، او لوقت طويل بمســـتوى واطئ من الشـــدة . مع ذلك لايمكن للمرء أن يتدرب بمســـتوى شـدة عالي لفترة زمنية طويلة. ولأجل التدريب بمسـتوى عالي معقول من الشـدة يجب أن يتدرب المرء لفترة زمنية قصـــــيرة ، والمهم ان تفهم ان زيادة عدد التمارين المنفذة يزيد طول الفترة الزمنية ويقلل مستوى الشدة.

10- نتائج التدريب المطلوبة:

بكل بساطة ، يؤدي الجهد بالشدة شبه الأقصى الى نتائج شبه قصوى. والحقيقة ان النتائج ترتبط مباشـرة بمسـتوى الجهد الغير مبالغ فيه او الفجائي. وهذا يشـبه أي شـــــيء آخر في الحياة: فان اجتهادنا في الدراســـــة او التمرين او العمل او حتى العلاقات سيحدد نجاحنا حسب مسعانا، وهذا ينطبق أيضـا" على تدريب القوة . فمن الواضـح ان مسـتوى الشـدة العالي هو مطلب لتحقيق أفضـل النتائج في الحجم والقوة العضلية.

وقد أشـــــار(ماني 1990) الى ان تدريب القوة بشـــــدة عالية"" هو الأكثر فائدة وكفاءة دون شـك فضـلا" عن انه الأكثر طلبا في تدريب القوة التقليدي" عندما يؤدي اللاعب تمرينا الى حد الإجهاد العضلي وتتبعه مباشرة بأداء بضعة تكرارات سلبية او رجعية ستدرك سريعا سبب تسميته بتدريب الشدة العالية .

11- زيادة المقاومة المستخدمة او التكرارات التي تؤدى في كل تمرين:

في أواخر الأربعينيات صـــــاغ الدكتور توماس ديلورمي (ديلورمي و واتكنز 1948) اصـطلاح (تمرين المقاومة بشـدة ثابتة) . وعادة ما يشـار الى ديلورمي في الواقع بكونه رائد تمرين المقاومة بشـــــدة ثابتة. فقد بدأ ممارســـــة رفع الأثقال عام 1932 في عمر 61 ســـنة محاولة منه لزيادة حجم وقوة عضـــلاته ، وخلال الحرب العالمية الثانية طبق الدروس التي تعلمها من تجاربه الخاصـــــة لإعادة تأهيل أعداد هائلة من الجنود المصـابين في الحرب. مع الآسـف فقد تحيز الكثير مما كان يجري في صـالات الأثقال بكونه تقليدي ، ومن الشـائع ان نسـمع عن شـخص يؤدي نفس عدد التكرارات بنفس الثقل مرات عديدة تمرينا بعد اخر، ونفرض ان شـــخصـــا اليوم

أدى تمرين عضلة الساق (بطة الساق) لعشرة تكرارات بوزن 100 كغم ، وبعد شهر لايزال يؤدي العشـر تكرارات بنفس الوزن. فهل تزداد قوته؟ ربما لا، من جانب اخر ، ماذا لو كان نفس الشخص قادرا على أداء (11) تكرار بوزن 120 كغم بعد شهر؟ في هذه الحالة سـتكون قادرا على اداء 10 % من التكرارات الإضـافية مع 20 % من الوزن الإضافي وهذا تقدم في فترة شهر واحد.

تعتمـد التغيرات في القدرات الوظيفيـة والبيولوجيـة للعضـــلـة على التطبيق المســـتمر لمبدأ الحمل الزائد(اينوكا 1988) ، بالتالي ، فأنه اذا لم يزداد حجم وقوة العضـــلة باســـتمرار فلابد من إجبارها على أداء جهد أقوى بشـــكل متدرج وبوزن أعلى(يستكوت 1983، فهرمان 1987، بولوك 1999). لابد من زيادة الثقل والحمل على العضـــلات بزيادة التدريب بشـكل معتدل ومنتظم خلال مجريات برنامج تدريب القوة. وهذا مايدعى عادة بالحمل الزائد المتدرج .وهناك أسطورة تقول ان أحد رياضـي اليونـان القديمـة وهو (ميلو من كروتوفا) الأولمبي كان يرفع عجلا يوميا ومن فترة لأخرى واسـتمر بهذا العمل الى ان اصـبح العجل ثوراً لزيادة حجم عضـلاته وقوته ووزنه. وهذه الطريقة البدائية كانت السبب وراء زيادة قوة ميلو الأسطورية.

ولأجل زيادة التحميل على العضـــلات لابد من المحاولة في كل وحدة تدريب على زيادة الوزن الذي يســـتخدم في التدريب او التكرارات التي تؤدى بالنســـبة للتمرين السابق. ويمكن ان يعتبر ذلك أسلوب تزايد وزن الثقل المستخدم (المقاومة والتكرار) . كما ان العمل بهذا الأسلوب سيحفز العضـلات من اجل إحداث التكيف التعويضـي للاستجابة للجهد المفروض عليها .

في كل مرة يتم الحصـــول فيها على أقصـــى عدد للتكرارات تزداد المقاومة في التمرين التالي فالتقدم لا يكون بالقفزات الفجائية بل لابد من زيادة الثقل على الدوام بشكل تدريجي . ويجب زيادة المقاومة بمقدار يلاءم مستوى الفرد. و يمكن إتمام ذلك بانتظام اكبر بكثير من الطريقة التي اســتخدمها ميلو لتنمية عضـــلاته، فتســتجيب العضـلات بشـكل أفضـل أن كان التقدم في المقاومة(5 %) أو اقل. لكن يجب ان نتذكر ، انه لابد دوما من زيادة المقاومة، فان كان المرء قد بدأ للتو ببرنامج تدريب

قوة او تغيرت مجريات التمارين فقد يســـتغرق ذلك عدة تمارين حتى يتم إيجاد الثقل النهائي، وهذا جيد فالمرء يجب ان يستمر في التقدم بالمقاومة كما مطلوب.

ان كل شــخص لديه اســتعداد وراثي لتنمية القوة، ولذا فلا يجب ان تهتم بما تستطيع ان ترفعة من ثقل مقارنة بشخص آخر مع ذلك يجب ان تهتم بما يمكنك ان ترفع من أثقال مقارنة بأدائك الســابق، بعبارة أخرى ، تأكد فقط من انك تملك مقدارا" من القوة هي أقصى ما تستطيع.

12- اداء مجموعة تمارين واحدة إلى حد الإعياء العضلي:

وهذا مجال آخر للجدل في تدريب القوة والمتعلق بعدد مجاميع التمرين المطلوبـة لزيـادة الحجم والقوة العضـــليـة. قـد تكون مجموعـة التمـارين التقليـديـة المتعددة(أي أكثر من مجموعة) فعالة في زيادة الحمل على العضــلة إذا ماتم تأديتها بالشــكل الصــحيح. فقد تمرن عليها بشــكل ناجح امهر لاعبي رفع الأثقال وبناء الأجســام لعقود خلت. ومن غير العجيب إن تتضــمن البرامج الرياضــية والتأهيلية برنـامج المجموعـة المتعـددة التقليـدي لان الكثير من محترفي القوة واللياقـة كـانوا قد تناسوا في الكثير من مباريات رفع الأثقال وبناء الأجسام.

لكن قســم من المختصــين بالقوة واللياقة يوصــون دوما بأداء أكثر من ثلاث مجموعات في كل تمرين. وكل ما يزيد على هذه الثلاث مجموعات يعتبر جهدا بدنياً ضــارا ، وقد يعمل أداء مجموعات كثيرة جدا على توليد تأثير انعكاســي يعمل على انهيار العضلات بحيث يكون الجسم عاجزا عن إعادة تجديد الأنسجة العضلية(خاصة البروتينات الليفية).

أن التســاؤل المهم في البحث عن طريقة تدريب القوة الأكثر عملية وكفاءة وبأقل فترة زمنية ممكنة: هل بإمكان أداء مجموعة واحدة من كل تمرين بمستوى شدة عالي ان يعطي الفرد نفس النتائج عند أداءه لمجموعتين او ثلاث ؟ والجواب : نعم . تذكر انه في سبيل زيادة حجم وقوة العضلة لابد من إجهادها وزيادة حملها. والأمر بســيط، فلا يهم حقا ســواء أأجهدت العضــلة في مجموعة واحدة او عدة مجموعات طالما تقع العضـلة تحت مستوى معين من الإجهاد، عند اداء مجموعات متعددة فان التأثير المتراكم للمجموعة التالية يعمق التلف داخل العضــلة وبالتالي يخلق إجهادا

عضليا ،وعند أداء مجموعة واحدة حتى الإعياء فأن التأثير المتراكم لكل تكرار تالي يعمق الإجهاد داخل العضلة وبالتالي يؤدي الى إعيائها. أظهرت الكثير من ألأبحاث انه بإمكان مجموعة تمرين واحدة توليد تحسنات كبيرة في القوة. كما بينت دراسات أخرى انعدام الفروق الواضحة بين مجموعة او اثنين او ثلاثة من التمرين، وبالطبع فان مجموعة واحدة من التمرين تكون مفيدة شرط أداءها بمستوى شدة مناسب(أي الى نقطة الإجهاد العضلي المركزي) . ويجب إجهاد العضلة تماما في نهاية كل تمرين. فبعد الإجهاد العضلي المركزي يمكن تعريض العضلة للحمل الزائد بأداء بعض التكرارات ما بعد الإجهاد(سواء سلبية او رجعية).

ان كل من مجموعة التمرين حد الإجهاد والمجموعات المتعددة توليد إجهادا عضليا ومع ذلك فليس بالضرورة ان تضمن المجموعات المتعددة تعرض العضلة لمستوى كافي من الإجهاد . في الواقع ان تكرار ممارسة تمرين ذي شدة واطئة لا يكفي لزيادة القوة لكن أداء مجموعة تمرين واحدة لدرجة عدم قدرة الفرد على القيام بتكرار إضافي يحقق دوما مستوى مرغوب من الإجهاد العضلي.

13- الاجهادات الفعالة في التطوير :

كيف يكون مستوى الإجهاد العضلي المرغوب الناجم عن اداء مجموعه واحدة فقط؟ نفرض ان علينا أداء مجموعة من تمرين مد الرجل بوزن 100 كغم. ولكي تتغلب على حالة السكون وتحرك المائة كغم من المقاومة لابد ان تولد العضلة الرباعية قوة اكبر من 100 كغم بقليل، فالثقل لن يتحرك ان كانت القوة اقل او مساوية للمائة كغم. أثناء التكرار الأول تكون الشدة واطئة، عند هذه النقطة يتم استغلال نسبة قليلة فقط من الألياف العضلية الموجودة والتي تكفي لتحريك الثقل ، وعند ألأداء لكل تكرار تزداد الشدة تصاعديا وستعمق الإجهاد داخل العضلة، وستجهد وتتعب بعض الألياف العضلية وتعجز عن اللحاق بمتطلبات الايض المتزايدة، ثم تتحفز الألياف الساكنة في نفس الوقت لمساعدة الألياف التعبة في توليد قوة إضافية ، تستمر هذه العملية حتى أخر تكرار عند الوصول أخيرا للإجهاد العضلي المركزي وتكون الشدة في ذروتها، وعندها لايمكن للألياف المتبقية ان تولد

قوة كافية لرفع الثقل. وأثناء هذا التكرار الأخير يكون التأثير المتراكم لكل تكرار سابق قد اجهد العضلة وبالتالي يوفر حافزا كافيا وفعالا للنمو العضلي، والجدير بالملاحظة ان التكرارات القليلة الأولى تكون اقل فائدة بسبب قلة الشدة . من جانب آخر تكون اخر تكرارات يقوم بها اللاعب هي الأكثر فائدة لان الشدة تكون عالية جدا، وان مجموعة واحدة تؤدى بأقصى مستوى من الجهد تعادل ايضيا عدة مجموعات مؤداة شبه أقصى من الجهد(تذكر أيضا مبدأ الحجم في تحفيز ليف العضل في الفصل الرابع).

14-الاستفادة:

حسب ما نص علية ستون وكرول(1978):"بإمكان مجموعة تمرين واحدة ان تولد تطوراً كبيراً في القوة" فقد أشار غريفز وزملاؤه (1990) أيضا الى ان أداء مجموعة واحدة غالى حد الإجهاد هو طريقة الأكثر شيوعا وفعاليةً في تدريب القوة. والحق ان أداء مجموعة واحدة لحد الإجهاد كان الأسلوب المفضل الذي أوصى به الكثير من خبراء القوة واللياقة (كوتش 1990، بتيرسون ويستكت1990، هوتشتر1992، مينتزر 1993) . فضلا عن ذلك ، تبنى مدربوا القوة للفرق الجامعية نظام التدريب بمجموعة تمرين واحدة حتى الإجهاد(جيتلسون 1984، كندي 1986، اندريس 1990، براون 1990، توماس 1994، واتسن 1994) وكذا فعلت الفرق المحترفة ذات الشيء(روود 1991، ريبولد 1993، ويتزل 1994) .

15-نتائج الأبحاث:

ظهر ان أداء مجموعة واحدة حد الإجهاد فعالا ومقاربا لنتائج أداء المجموعات المتعددة ان لم يتفوق عليها في الكثير من الأبحاث . ففي دراسة استمرت مدة (12) أسبوع اشترك فيها (177) شخص توصل بيرغر(1962) الى زيادات كبيرة في القوة لدى المجموعة المستخدمة لمجموعة واحدة ذات (6) تكرارات ومجموعة أخرى استخدمت مجموعة واحدة ذات(10) تكرارات . فضلا عن ذلك ، فقد لاحظ ان نسبة تحسن القوة في المجموعة المستخدمة للمجموعات المتعددة من التمرين كانت نفسها

بشكل عملي خلال آخر ثلاث أسابيع من التدريب. وقد أفاد بيترسون(1975) زيادة في المعدل الإجمالي للقوة بحدود 54 و 58 % وتحسن القفز العمودي حوالي 49ر6 % لدى (18) لاعب كرة قدم أدوا مجموعة واحدة من كل تمرين لحد الإعياء العضلي، ففي هذه الدراسة التي استغرقت ستة أسابيع كان زمن التدريب الإجمالي لكل شخص اقل من 8.5 ساعة في (17) تمرين(أي اقل من 30 دقيقة لكل تمرين) والجدير بالملاحظة أن الأشخاص قد أدوا لأسبوعين من التمارين قبل هذه الدراسة لتقليل تأثير ما يسمى بأثر التعلم.

وجد سلفستر واخرون (1982) فروق لاتذكر عند مقارنة جداول التدريب بمجموعة واحدة مع التدريب بمجموعتين، كما أفاد ستور ومساعدوه(1983) انعدام الفوارق في زيادات قوة عضلات أعلى الجسم عند مقارنة برنامج أحادى المجموعة وآخر متعدد. كما أظهرت دراسة استغرقت (16) أسبوعا آجراها هورلي واخرون(1984) زيادة (50 %) في قوة عضلات أعلى الجسم وزيادة (33 %) في قوة عضلات أسفل الجسم من تأدية تمرين أحادى المجموعة لحد الإجهاد الإرادي. ولم يجد (ميسير و ديل) أية فروقات في زيادات القوة بين مجموعة مستخدمة لتمرين أحادى المجموعة(بالآلات) وتمرين ثلاثي المجموعات (بألاوزان الحرة) في دراستهما المستغرقة (10) أسابيع. فقد أظهرت المجموعة المؤدية للتمرين الأحادي الى حد الإجهاد زيادة 30 %) في قوة عضلات أعلى الجسم و (46 %) زيادة في قوة عضلات أسفل الجسم. كما لم يجد تربيزان وبارتلز (1985) اية فوارق بين أربعة مجاميع باستخدام طرق تمرين أحادى المجموعة ذي(9-6) تكرارات أخر ذي (10-15) تكرار وتمرين ثلاثي المجموعات ذي(9-6) تكرارات أخر ثلاثي المجموعات ذي(15-10) تكرار في دراسة لهما استغرقت (8) أسابيع على(100) انثى غير متدربة.

وتقصت الأبحاث كذلك تأثيرات تمرين المجموعة الأحادية على عضلة منفصلة، ففي دراسة آجراها برايث واخرون(1989) على مجموعتين باستخدام جداول تكرار ظهرت زيادات كبيرة في القوة من أداء مجموعة أحادية لتمرين مد الساق . كما قارن غريفز وزملاؤه في دراستهم(1991) تأثير أداء مجموعة مقابل مجموعة ثنائية من

التمارين ووجدوا ان المجموعة الأحادية مساوية في فعاليتها لنمو قوة عضلات تمدد الفقرات القطنية على حدة. وقد أفاد ليجيت ومساعدوه(1991) وجود زيادات كبيرة في قوة تمدد عضلات الرقبة على(6) من(8) زوايا قيِّمت بعد (10) أسابيع من التدريب الذي اجري لمرة واحدة في الأسبوع باستخدام مجموعة أحادية لتمرين المقاومة الحركية المتنوعة. ثم استنتجت دراسة لبولوك ومساعدوه(1993) ان تمرين أحادى المجموعة واحد فقط لاغير لتمرين تمدد الرقبة تتم تأديته لحد الإعياء كافي للحصول على نطاق كامل من زيادة القوة الحركية شريطة تكرار التمرين مرتين بالأسبوع على الأقل. واستنتج ستاركي واخرون (1994) كذلك ان أداء مجموعة واحدة من تمرين مقاومة عالي الشدة يكون فعالا كأي مجموعة ثلاثية تماما لزيادة مرونة تمدد الركبة وقوتها وسمك العضلة كما يعتبر استغلالا أكثر فائدة للوقت. ولقد وجدت الكثير من الدراسات الاخرى زيادات كبيرة في القوة استجابة لتمرين أحادى المجموعة لحد الإجهاد العضلي(جيتمان وارد و هاغمان 1982 ، غريفز1988،غريفز 1989، بولوك 1989، غريفز1990، ليجيت1991، ريخ 1993).

16-الهدف من التطبيق العملي:

ان كان أداء تمرين أحادى المجموعة يولد نفس النتائج التي يولدها تمرين ثنائي او ثلاثي المجموعة ، فأذن يعتبر أسلوب التمرين الأحادي المجموعة وسيلة اكثر كفاءة وعملية لتدريب القوة. وفوق هذا ، وبعد كل ماتقدم، لم يؤدي الفرد عدة مجموعات في حين يمكنه الحصول على ذات النتائج بأدائه مجموعة واحدة لاختصار الوقت؟ ومرة أخرى ، هذا لايعني ان برامج المجموعة المتعددة التقليدية غير مجدية،بل مجرد القول بأنها غير كافية من منطلق الوقت وبالتالي غير مرغوبة لدى الكثيرين. فأن كنت كالبقية فان الوقت سلعة ثمينة لان الكثيرين ببساطة ليس لديهم متسع من الوقت وكفى. تذكر ان أداء الكثير من المجاميع التدريبية قد يعوق النمو العضلي. أخيرا ، قد تزيد المجاميع المتعددة بشكل كبير من مخاطر حدوث الإصابات الناجمة عن الإجهاد المفرط – كالتهاب المفاصل – جراء التمزق العضلي المتكرر.

لابد ان يكون لكل ما تفعله في قاعة الأثقال هدف: وهو تقليل مخاطر أصابتك وأدراك استعدادك ألادائي كما يجب ان تركز على نوعية العمل المنجز في قاعة الأثقال وليس كميَّته، فلا تؤدي مجاميع تدريبية لامعنى لها في قاعة الأثقال ، واحسب حساب كل تمرين فالبرنامج الأكفأ هو الذي يعطي أقصى النتائج الممكنة بآفل وقت ممكن.

17- الوصول للإجهاد العضلي المركزي ضمن عدد التكرارات المقررة أو الوقت المحدد:

هناك سؤال يحتمل عدة إجابات هو" كيف يمكن أداء تكرارات كثيرة""، مع ذلك ،انه ليس هناك دليل علمي محدد يفسر كيف يمكن للتكرارات الواطئة ان(تضخم) العضلات وكيف يمكن للتكرارات العالية ان(تبرز) العضلات. يعتمد عدد التكرارات المؤداة على أربعة عوامل:

1. فترة كل تكرار .
2. الفروق الفردية الوراثية.
3. حدود تكرار التمرين .
4. القضايا الصحية او التقويمية .

اولا - فترة التكرار : يجب تدريب العضلة لفترة معينة من الزمن لزيادة حجمها وقوتها. وتكون المدة المثلى للزمن حوالي (120-90) ثانية لعضلتي الوركين و (60-90) ثانية لبقية أجزاء أسفل الجسم و(70-40) ثانية للجذع العلوي (رايلي 1980 ، فيرخوشانسكي 1991). ويجب تدريب عضلات أسفل الجسم لوقت أكثر بقليل نظرا لحجمها الكبير وقدرتها على العمل(اندريس 1990).

و ليس من العملي عادة أداء مجموعة لمقدار قليل من الوقت. مع ذلك قد تستخدم هذه المعلومة لتكوين شيء اكثر إقناعا : وهو مدى التكرار. على سبيل المثال ،إذا توجب رفع ثقل في ثانيتين وإنزاله في أربعة ثواني فان التكرار سيستغرق ستة ثواني. تحتاج عضلتي الوركين إلى حوالي (20-15 تكرار)بالاعتماد على المدة المثلى للوقت وبتطبيق مدة (6) ثواني لتكرار الواحد ان أردنا تدريبها، كما يحتاج أسفل الجسم إلى(15-10) تكرار والجذع العلوي إلى(12-6) تكرارا". من جانب

أخر فان ما يسمى بالنظام السريع- البطيء ، الذي طوره (هوتشينز 1992) يوصي برفع الثقل في عشـرة ثواني وإنزاله في خمس ثواني (شـرط ان يكون للتمرين مقدار كبير من الاحتكاك الميكانيكي). وهكذا يكون طول كل تكرار حوالي (15) ثانية ، ويمكن تدريب عضـلتي الوركين حوالي(8-6) تكرارات وأسـفل الجسـم(6-4) تكرارات والجذع العلوي (5-3) تكرارات اعتمادا على المدة المثلى للوقت ،باسـتخدام تكرار بطول (15)ثانية.

كما نرى، ان مديات التكرارات ، بنفس أهمية طول الوقت الذي تسـتغرقه العضـلة في التدريب. مع ذلك، يكون حسـاب التكرارات أثناء التمرين أكثر عملية عادة من متابعته من قبل شـخص أخر يحمل سـاعة توقيت. على العموم، من الأفضل الوصول بتكرار الستة ثواني التقليدي لحد الإجهاد العضلي المركزي ضمن (15-20) تكرار للتمارين الموجهة لعضـلتي الوركين و(10- 15) تكرار للسـاقين و(6-12) تكرار للجذع العلوي. فأن حدث الإجهاد العضـلي المركزي قبل الوصـول للمسـتوى ألا وطأ من نطاق التكرار يكون الوزن ثقيل جدا ويجب تقليله في التمرين التالي . فان تجاوز المستوى ألا على من نطاق التكرار قبل تحقيق الإجهاد العضلي يكون الوزن خفيف جدا ويجب زيادته قبل التمرين التالي بحوالي (5 %) او اقل.

18-الفروق الفردية الوراثية:

قد يحتاج البعض لعدد تكرار اقل بقليل او اكثر بقليل بسـبب تركيبهم الوراثي لزيادة اسـتجابتهم لتدريب القوة. على سـبيل المثال ،يرث البعض نسـبة من الألياف العضـلية السـريعة التوتر أعلى من الشـخص العادي . وقد ينتفع هؤلاء أكثر من تدريب القوة باستخدام تكرارات اقل بقليل بسبب نسبة أليافهم العضلية السريعة التوتر العالية التي تحد من تحمل عضـلاتهم. وقد يؤدي الأداء بتكرارات اقل بقليل ربما (10-15) تكرار لعضلتي الوركين و(12-9) تكرار لبقية أجزاء أسفل الجسم و(6-10) للجذع العلوي الى نتائج أفضل بالنسبة لشخص تغلب على أليافه النوع الثاني (البيضـاء) في تلك الأجزاء من جسـمه . وبالعكس ، قد يرث البعض نسـبة عالية من أليـاف النوع الأول (الحمراء) البطيئـة التوتر ، لـذا يحتمـل ان تكون عـدد التكرارات أعلى بقليل ، مثل(25-20) تكرار لعضـلتي الوركين و(15-20 تكرار لبقية أجزاء

أسفل الجسم و(15–10) للجذع العلوي ذات استجابة أفضل لشخص يغلب النوع الأول من الألياف في تلك الأجزاء من جسمه. لقد قارن(ويستكوف) في دراسة له (1987) بين عداءين يتدربون بتكرارات واطئه وعدائي مسافات متوسطة يتدربون بتكرارات متوسطة وعدائي مسافات طويلة يتدربون بتكرارات عالية. وكشفت الدراسة عن حدوث زيادات ممتازة ومتساوية في القوة بين هذه المجاميع الثلاثة(تذكر ان العداء قد يرث نسبة عالية من ألياف النوع الثاني وقد يرث عداء المسافات المتوسطة نسبة عالية من ألياف النوع الأول).

ان السبيل الوحيد لتحديد توزيع نوع ألياف الفرد العضلية إيجابيا هو بإزالة قطعة صغيرة من العضلة باستخدام الاستئصال وتحليل عينة النسيج تحت المجهر {***تزن عينة العضلة حوالي 15–45 ملي غرام . وتجمّد عينة العضلة وتقطع لشرائح وتوضح بالمواد الكيماوية المظهرة لنشاط الأنزيمات كمؤشر على نوع الألياف عند ملاحظة العينة تحت المجهر***}. يتردد اغلب الناس باستئصال عينات من أنسجتهم العضلية . مع ذلك يمكن أجراء تخمين منطقي لنوع ألياف المرء العضلية أحيانا بالاعتماد على بعض الخواص الجسمية والايضية، فأولئك المتميزين في انواع الرياضة التي تطلب توليد قوة كبيرة في فترة زمنية قصيرة ، لديهم نسبة عالية من ألياف النوع الثاني وعليهم استخدام تكرارات اقل بقليل. وأولئك الناجحين في القيام بفعاليات التحمل يمتلكون نسبة عالية من ألياف النوع الأول وعليهم استخدام تكرارات أعلى بقليل.

وهناك طريقة أخرى لإجراء تقدير معقول لنوع ألياف المرء الغالبة، عن طريق اختبار مدى النمو العضلي ، يحتمل ان تكون العضلة النامية محتوية كثيراً على نسبة عالية من ألياف النوع الثاني لان هذا النوع ذو قدرة اكبر على التضخم من ألياف النوع الأول، وبالعكس ، فالعضلة ذات النمو القليل تتألف من ألياف النوع الأول.

أن **<u>اختبار التحمل</u>** هو اختبار قديم و بدائي ، رغم فعاليته المعقولة في تقدير نوع الليف العضلي بطريقة غير مؤذيه اعتمادا على خواص الإجهاد. لا يفضل استخدام هذا الاختبار بالمعدات التقليدية نظرا لكونه مشتمل على تحديد الـ (1RM). رغم ذلك ، فلايزال ذو أهمية معينة ومفيد ان يجرى اختبار التحمل بـ(80 %) من

القوة القصـــوى او في هذه الحالة (160) كغم .فان أجريت عددا كبيرا" نســـبيا من التكرارات بـ160 كغم (اكبر من 15 تكرار) يمكنك تقدير ان عضلتك الرباعية متكونة أساسا من ألياف النوع الأول ، وأن أديت عددا اقل من التكرارات بـ(160) كغم (اقل من 5 تكرارات) يحتمل ان تكون عضـلتك الرباعية فيها نسـبة عالية من ألياف النوع الثاني. وبسـبب تفاوت توزيع أنواع الألياف من عضـلة لأخرى قد يمكن تأدية اختبار التحمل لكل مجموعة عضـلية . ثم ان هذا الاختبار غير مفضـل باسـتخدام الأجهزة التقليدية لأنه يشـتمل الحصـول على (1-RM) لان فيه خطورة. وقد تقدمت شـركة واحدة في الأقل أجهزة اختباريه أفضـــل بكثير و آمن وأدق لأجراء اختبارات التحمل العضلي لتحديد نوع الألياف.

اما الاعتبار الآخر الذي يخص نطاقات التكرار في التعامل خصـــوصـــا مع التأثيرات الوراثية وهو طول عتلة الذراع. افرض ان شـــخصـــين اســـتخدم كل منهما (100) كغم في تمرين ضـــغط المصـــطبة لكن أحدهما كان طول ذراعه (72) ســـم والأخر (60) ســـم ، وهذا يعني ان الفرد ذو الذراع الأطول عليه الحفاظ على توتر عضلي لمسافة اكبر من الفرد ذو الذراع الأقصر. وقس على ذلك، فذو الذراع الأطول يجهد ويتعب أســـرع بعد عدد قليل من التكرارات عكس ذو الذراع الأقصـــر. في حالة استطالة الأطراف ، فان استخدام تكرارات قليلة سيمنع حدوث الإجهاد العضـلي بعد السـقف الزمني المحدد. ولذا فأن الشـــخص ذو الذراعين او الرجلين الطويلين جدا قد ينتفع أكثر من نطاق التكرارات القليلة خاصـــة في تمارين المفاصـــل المتعددة (مثل ضـغط الرجل وضـغط المصـطبة والسـحب الجانبي). وهذا في الواقع لايعد عاملا خلال حركات المفصـــل الواحد المؤداة على الآله بحركة اذرع ثابتة لان طول حركة الذراع على الآله مشـابه لدى الجميع بغض النظر عن طول الأطراف. مع ذلك ، قد يكون هذا عاملا مؤثرا باسـتخدام الأوزان الحرة لأداء حركات أحادية المفصـل معينة ذات نطاقات اكبر من الحركة مثل فتل العضلة الثنائية ومد العضلة الثلاثية.

ان نطاقات التكرار المقترحة في البداية تكون إرشـــادات ممتازة ومفيدة للذين في شـك بخصـوص عدد التكرارات التي يجب ان يؤدوها وبالنسـبة للذين يشـعرون بأنهم

طبيعيين من ناحية الوراثة. في الواقع تصـــبح هذه النطاقات للأغلبية الســـاحقة من الأفراد (تم تناول العوامل الوراثية بشكل مفصل سابقا)

19- حدود تكرار أداء الحركة :

هناك عامل آخر في تحديد نطاقات التكرار المناســـبة يخص حدود تكرار الحركة لبعض التمارين. لوحظ ان التمارين التي تعطى لأعلى الجسم يجب تأديتها بـ (6-12) تكرار (على افتراض 6 ثواني لكل تكرار) ، وتكون بعض الحركات ذات نطاقات قصـــيرة نســـبيا من الحركة وتتطلب تعديلا ثانويا في الحد الأدنى من عدد التكرارات لضـــمان توليد التوتر العضـــلة لفترة كافية من الوقت. بالتالي يجب إجراء تمارين الكتف والدوران الداخلي / الخارجي مع تمارين الذراعين وعضـــلات البطن والرقبة بنسبة(12-8) تكرار لضمان مقدار التقلص المناسب في الوقت.

20-القضايا الصحية او التقويمية:

من الأمن لبعض الأفراد أداء تكرارات أكثر مما مقترح ســلفا لتقليل الضــرر التقويمي او شد العظام، على سبيل المثال ، على اللاعبين الشباب استخدام نطاقات تكرار عالية – مثل (25-20) تكرار لتمارين عضـــلتي الوركين و(20-15) تكرار للرجلين و(15-10)تكرار للجذع العلوي. وان نطاقات التكرار العالية ستحتم استخدام أوزان اكبر نوعما مما يقلل بدوره من الشـد على عظامهم ومفاصـلهم . وعلى الكبار سنا استخدام نطاقات تكرار مشابهة لذلك خاصة من يعاني منهم من ارتفاع ضغط الدم . أخيرا تعاني الإناث من ازدياد ارتخاء مفاصـــلها وأربطتها أثناء الحمل . لذا على الحامل استخدام تكرارات أعلى قليلا" لتقليل شد العظام الذي تتعرض له تراكيبها المفصلية الهشة.

21- أداء كل تكرار بأسلوب صحيح:

في الواقع ان التكرار هو الجانب الأكثر أســاســا وتوحدا لبرنامج تدريب القوة، ويتألف التكرار من رفع ثقل معين لوضـع متوسـط المدى والتوقف السـريع ثم إرجاع الثقل لوضـــع البداية / المرتخية . يؤدى التكرار أيضـــا على اكبر مدى ممكن من الحركة التي يسمح بها الأمان.

22- رفع الثقل :

يبدأ التكرار الجيد برفع الثقل او المقاومة، ويجب رفعه بشكل مركزي (تقلص مركزي) بطريقة جيدة ومسيطر عليها دون اية حركة فجائية (ويستكوف 1983 ، هيوغلي 1984، رايلي 1992، برادلي 1994) . وكما تم ذكره فان رفع الثقل بأسلوب سريع وفجائي غير جيد وضار لسببين (الاول) يعطي قوة ضمن الحركة تجعل التمرين اقل فائدة واقل كفاءة ..,(ثانيا) يعرض العضلات والمفاصل والأنسجة الرابطة لأخطار واضرار قد تزيد من احتمال حدوث إصابة أثناء تدريب القوة. ان رفع الثقل في غضون (2-1) ثانية يضمن سلامة الشخص أثناء التمرين وأسلوبا جيدا"(رايلي 1982، جتلسون 1984،ليستز 1986،بترسون و هوروديسكي 1988، برادلي 1994) .

22-التوقف في منتصف الانقباض:

بعد رفع الثقل علينا التوقف لفترة قصيرة في وضع التقلص التام للعضلة (جتلسون 1984، ليستتز 1986،جونز 1988، ماني 1989، دون 1989، كيرنز 1990،رايلي 1992، منتزر 1993، برادلي 1994) يكون اغلب الناس ضعفاء جدا في التقلص التام للعضلة من التمارين لانهم نادرا ، ان لم يكن أبدا، ما يركزون على هذا الوضع. ان التوقف لفترة قصيرة في هذا الوضع يتيح لنا تركيز الانتباه على العضله عند كامل تقلصها. فضلا عن ان التوقف القصير في وضع منتصف التقلص يتيح التحول الانسيابي بين مرحلتي التقلص المركزي واللامركزي للتكرار (ماني 1989) ويساعد ذلك في استبعاد آثار القوة الدافعة (دون 1989) (برادلي 1994) . ان لم يكن الفرد قادرا على التوقف للحظة في وضع منتصف التقلص سيتحرك الثقل سريعا جدا وينزل بسرعة.

23- إنزال الثقل:

قارن كولياندرو تيخ (1990) إحدى المجموعات التي أدت التقلصات المركزية فقط مع أخرى أدت التقلصات المركزية واللامركزية. فقد أفاد الباحثان هناك

زيادات كبيرة في قيمة العزم العضـلي وارتفاع القفز العمودي لأقصـى ثلاث تكرارات لدى المجموعة الثانية ، فالتمرين المتضـمن تقلصـات مركزية ولامركزية سـوية يولد زيادات اكبر في القوة من التمرين ذي التقلصـات المركزية فقط ، في دراسـات أخرى(هاكينين وكومي 1981، دودلي 1991) أظهرت دراسة هاثر واخرون(1991) أن أفضل تضخم عضلي لايتم الحصول عليه بتدريب المقاومة مالم تحتوي التمارين على تقلصـات لامركزية. ولوحظت أهمية شـمول التقلص اللامركزي في تدريب المقاومة لدى باحثين اخرين(كومي و يوسـكيرك 1972، كندي 1986، كريمر 1992)

تشير دراسة جونز واخرون (1993) الى ان نسبة القوة توجد بين مستويات القوة المركزية والمستقل واللامركزية ، فالعضلة النشيطة تكون فيها هذه النسبة حوالي (1.4: 1:1.2) بعبارة أخرى قد ترفع أنت بشكل مستقل حوالي (20 %) اكثر مما يمكنك ان ترفع مركزيا ويمكنك إنزال حوالي (40 %) لامركزيا أكثر مما ترفع مركزيا ، لذا فان استطاع شخص ان يرفع (100) كغم مركزيا يمكنه ان يرفع (120) كغم بشكل مستقر ويمكنه إنزال (140) كغم لامركزيا.

اقترح جونز (1976) ان الفوارق في مسـتويات القوة هذه ناجمة عن تأثيرات الاحتكاك العضلي الداخلي والناجم بدوره عن تقلص العضلة، فأثناء تقلص العضلة المركزي يتولد الاحتكاك بين روؤس المايوسين وسطوح شعيرات الآكتين عند انزلاق الشعيرات فوق بعضها البعض. وينتج الاحتكاك أيضا أثناء تقلص العضلة لامركزيا بسبب انزلاق الشعيرات فوق بعضها البعض بالاتجاه المعاكس. عند رفع ثقلا ، يعمل الاحتكاك سلبيا – أي أنت ترفع الثقل زائدا الاحتكاك العضلي الداخلي ، وعندما تنزل الثقل يعمل الاحتكاك الى جانب الشخص– أنت تنزل الثقل ناقصا الاحتكاك العضلي الداخلي . وهذا لان رفع الثقل يأخذ جهدا اكبر من إنزاله.

يمكن الاستفادة من حقيقة استطاعتك إنزال الثقل اكثر من استطاعتك رفعه لصـالحك في سـبيل تعميق الإجهاد ضـمن قوتك اللامركزية فان نسـبة الإنزال من الحركة يجب ان يتم التأكيد عليها لوقت اطول . فعليها ان تسـتغرق (4–3) ثواني لانزال الثقل لوضع البداية، او السكون(بيترسون وهوروديسكي 1988، كيرنز 1990،

توماس 1994) وكذلك يجب التأكيد على إنزال الثقل لانه يجعل التمرين اكثر كفاءة . فنفس العضلات المستخدمة رفع الثقل مركزيا تستخدم أيضا لإنزاله لامركزيا والفرق الوحيد هو انه عند رفع الثقل تقصـــر العضـــلة مقابل الحمل وعند إنزاله تســـتطيل العضـــلة مقابل الحمل. لذا يصـــبح كل تكرار اكثر فائدة وتصـــبح كل مجموعة اكثر فائدة بالتركيز على إنزال الثقل. وكذلك يضـــمن إنزال الثقل بأســـلوب مســـيطر تمدد العضـــلة الممرنة بشـــكل اكثر ســـلامة ودقه لان العضـــلة "المحملة" تســـتطيل عند الإنزال.

في الواقع يخمن زمن كل تكرار بـــ (6-4) ثواني . ان اغلب مدربي القوة المعارضين للحركات الفجائية السريعة في صالة الأثقال يعتبرون الـــ(6-4) ثانية من التكرار كأســـلوب إرشـــادي عام للرفع" المســـيطر عليه"او" دون قوة دافعة". أوضـــحت دراســـة هورلي واخرون(1984) اســـتغرقت(16) أســـبوع زيادة (50%) في قوة أعلى الجسم وزيادة (33 %) في قوة اسفل الجسم في مجموعة آدت كل تكرار برفع الثقل في ثانيتين وانزاله في أربع ثواني.

24- مجال الحركة التام :

أخيرا يتم أجراء التكرار الجيد ضـــــمن اكبر مجال ممكن من الحركة التي تسمح بها السلامة من وضع التمدد التام الى وضع التقلص العضلي التام رجوعا الى التمدد التام. ان التمرين ضـــــمن النطاق التام للحركة يتيح لك المحافظة على المرونه (وربما زيادتها)(رايلي 1982 ، تراش و كيلي 1987، ريانت1988،فاهي 1989، ليليغارد و تيرو 1994) مما يقلل احتمال الإصابة . فضلا عن انه يضمن تمرين العضـــلة كلها او تأثير التمرين عليها كلها- وليس مجرد نســـبة منها-بالتالي جعل الحركة اكثر كفاءة(رايلي 1982، فاهي 1989، ليليغارد وتيرو 1994)

أظهرت الأبحاث ان تدريب القوة بتحديد الزاوية مهم جدا (ســـالي و ماكدوغل 1981) عند تدريب عضلة بزاوية محددة تزداد قوتها بشكل محدد بحوالي (20-15) درجـة على كلا الجـانبين من تلـك النقطـة (غرادنر 1963، لينـد 1979،كنـابـك و ماودســـــلي وراموس 1983، غريفز 1989). بعبارة اخرى فان التمرين بمجال كامل ضـروري للحصـول على تأثير عام ، وهذا لايعني ان الحركات المحددة المجال يجب

تفاديها برمتها. أثناء إعادة التأهيل على سبيل المثال ، يمكن ان يتمرن الشخص ضمن مجال خالي من الألم وقد يحصل على بعض الزيادة في القوة. مع ذلك تكون الحركة التامة المجال اكثر فائدة ويجب أدائها كلما أمكن . ومن المهم ان تذكر ، ان كيفية رفع الثقل أهم من كمية او مقدار الثقل المرفوع (براون 1990، رايلي 1992) ويكون تدريب القوة اسلم وأكثر كفاءة بأداء كل تكرار بأسلوبه الصحيح . وان أكثر التحفيزات العضلية كفاءة هو الذي يتضمن إشراك التمارين المركزية والمستقله واللامركزية.

25- زمن التدريب في كل مجموعة تمارين:

الزيادة في المعرفة أفضل والزيادة في الرغبة اكبر، ولكن الزيادة في تدريب القوة ليست جيدة بالضرورة . ويجب ان نتذكر ان التدريب بمستوى شدة عالي لايمكن ان يستمر لفترة طويلة من الوقت.

ومن المهم ملاحظة ان الكاربوهيدرات هي أفضل وقود للجسم أثناء التمرين المكثف ، فهي مخزونة في الكبد وفي الدم بشكل كلوكوز ، وفي العضلة بشكل كلايكوجين، يفقد اغلب الناس مخزونهم من الكاربوهيدرات بعد ساعة واحدة من التمرين المكثف (بايبس 1989)، وبالتالي يجب اتمام تمارين القوة في ساعة واحدة او اقل(اولمان 1976، بايبس 1989و 1992،سبازوف1989، ويتزل 1994) فان استمرار التدريب اكثر من ساعة واحدة في قاعة الأثقال تحت الظروف الاعتيادية لايمكن ان يكون فيه التدريب بمستوى الشدة المطلوب. ان سقف الساعة الواحدة الزمني يكشف أيضا عدد المجموعات مما يمكن أداءه لكل تمرين.

تعتمد الفترة المضبوطة للتمارين على عدة عوامل مثل الحجم والسهولة والتجهيزات والاستعداد لكل تمرين(أي تبديل الأقراص وتحريك البارات .. الخ) وعدد الأشخاص في المجموعة و الزمن بين كل مجموعه تمرين واخرى ووفرة الكادر الإشرافي وقدرة ذلك الكادر ألادارية. ان زمن الانتقال بين تمرين أخر يتفاوت مع مستوى التكيف . ويجب ان يكون الانتقال من تمرين الى الآخر حالما يلتقط الشخص انفاسه او يشعر انه قادر على إعطاء مستوى أقصى من الجهد(دون 1989) .و لابد ان يكون المرء قادرا" على ان يسترد قواه ضمن (3-1) دقائق . فالتمرين بمقدار

قليل من الراحة بين التمارين يعطي تأثير تكيفي ايضـــي لايمكن حصـــوله باســتخدام برامج مجاميع التمارين المتعددة. فان كل من مر بدورة تدريبية قاســـية يعرف تماما مايعني ذلك. لاحقا لابد من تجربة اداء تأثيرات هذه التمارين لغرض الحصـــول على تقييم كامل.

26- مجموع التمارين في كل مجموعة

يمكن لأغلب الناس أداء برامج تدريب القوة باســـتخدام(14) تمرين أو أقل خلال كل مجموعة. ونقطة تركيز اغلب هذه التمارين يجب ان تكون على مجاميع العضـلات الرئيسـية (أي الخصـر والرجلين والجذع العلوي) و يتضـمن تمرين واحد لكل من الخصـــر ثم أوتار المأبض والعضـــلة الرباعية ومجموعة بطتي الســـاق والعضـلة الثنائية والعضـلة الثلاثية والعضـلات البطنية واسـفل الظهر ، يجب اختيار تمرينين للصـدر و أعلى الظهر والكتفين لان مفصـل الكتف يتيح الحركة بزوايا كثيرة مختلفة وعلى المرء اختيار أي تمرين مفضل لتدريب هذه الأجزاء من الجسم.

قـد يتطلـب التمرين الشـــامـل من بعض الأفراد حركـات أكثر من(14) تمرين،مثلا،لابد ان يتضمن التمرين الشامل للرياضـي الممارس للرياضـة القتاليه، كرة القدم، الركبي، المصـــارعة، الملاكمة، والجودو (4-2) تمارين رقبة إضـــافية لتقوية وحماية المنطقة العنقية من الإصـــابات المحتملة فضـــلا عن ذلك، فان أي مهتم برياضـــة أو فعالية تتطلب قوة مســك ، كالبيســبول والتنس والكولف يجب ان يؤدي تمرين واحد للذراع(الساعد).

مرة اخرى ، ليس ازدياد تدريب القوة هو الأفضـــل دوما فان اداء حركات كثيرة جدا قد يؤدي الى شـد كبير جدا يعوق النمو العضـلي، قد يكون التمرين المتكون من (20) حركة ضار جسميا لفرد ذو مستوى تحمل واطئ للتمرين. بالإضافة لذلك، كلما زادت التمارين كلما أصبح المحافظة على مستو ى الشدة المطلوب أصعب. قد يتم أداء حركة إضـــافية أحيانا للتركيز على جزء معين من الجســـم، طالما اســـتمرت التحســـنات في القوة فان على الفرد ان لا يكثر من التمارين كثيرا، فان بدأ المرء التدريب من مسـتوى الاسـتقرار لتمرين او اثنين قد ينتج أداء حركات كثيرة ناجم عن التأثير ردود الافعال.

27- كيفية الابتداء بتمرين العضلات:

على برنامج تدريب القوة ان يبدأ بالتمارين المؤثرة على العضـــلات الأكبر بالتدريج حتى العضـــلات الصـــغرى. (جونز 1970،ويســـتكوت 1983،جيلســـون 1984،بريانت 1988،بتيترســـون و هورودیســـكي 1988، بايبس 1989، بايتس و ولف وبلونك 1990، ليلغارد وتيرو 1994).يجب اولاً الابتداء بتمارين الوركين ثم أعلى الرجلين (المأبض والعضلة الرباعية)، ثم أسفل الساقين(الربلتين) ثم الجذع العلوي(الصـــدر أعلى الظهر والكتفين) ثم الذراعين(العضـــلة الثنائية والثلاثية والساعدين) ثم العضلات البطنية وأخيرا أسفل الظهر.

والجدير بالملاحظة عدم إجهاد الجزء الأوســـط مبكرا في التمرين . تعمل العضـــلات البطنية على اســـتقرار القفص الصـــدري وتســـاعد على الزفير ألقســـري . بالتالي فان الإجهاد المبكر للعضـــلات البطنية يقلل أداء التمارين الأخرى المشـــتملة لعضلات اكبر أقوى . ويجب ان يكون اسفل الظهر آخر عضلة مدربة. لان إجهاد أسفل الظهر مبكرا في التمارين سيعيق أيضا" اداء الحركات الباقية.

اقترح رايلي (1982) وتومـاس(1994) و ويتزل(1994) تمرين الرقبـة في بداية التمرين أو بعد أسفل الجسم مباشرة (قبل البدء بأعلى الجسم) . قد يبدو خرقا لقاعدة ((الكبرى ثم الصـغرى)) . ومع ذلك فان الأفراد يجهدون عادة جسـديا وعقليا في نهاية التمرين. ولهذا السبب يقل اهتمامهم بتدريب منطقة الرقبة المهمة بالمستوى المطلوب من الجهد والحماس. ان تدريب الرقبة في بداية التمرين عندما يكون الفرد غير مجهدا يؤدي لاستجابة جيدة.

المهم بشكل خاص عدم تدريب الذراعين قبل تدريب الجذع العلوي. فان الحركات على مفاصـــل متعددة لاعلى الجســـم تتطلب اســـتخدام الذراعين لدعم الحركة. اما الذراعين فهما الوصـــلة الضـــعيفة في التمرين لأنها اصـــغر العضـــلات . ولذا فان إجهادهما المبكر سيضعف الوصلة الضعيفة أصلا وبالتالي سيزيد من الحمل الواقع على العضـــلات الأكبر والأقوى للجذع العلوي. كذلك فان الســـاقين هما الوصـــلة الضعيفة عند اداء تمارين الوركين والردفين . بالتالي يجب تجنب تدريب الساقين قبل اداء تمرين الوركين مثل ضغط الساق – خاصة المأبضية والرباعية.

28- التدريب من(3-2) مرات في الأسبوع في أيام غير متتالية:

ان تدريب القوة المكثف يؤدي الى إجهاد وشد كبير على العضلات . يجب ان تتلقى العضلات مقدارا مناسبا من الراحة بين تمارين القوة للتكيف على هذه المطالب.

يحصل التكيف للشد أثناء عملية الراحة(ماكافراتي و هورفاث 1977)، بعبارة أخرى ، لاتقوى العضلة أثناء التمرين – بل أثناء الراحة من التمرين(رايلي 1992). عند رفع الأثقال ينهار النسيج العضلي وتتيح فترة الراحة للعضلة الوقت لاستجماع قوتها. نعتبر ذلك كأننا ترى جرحا يلتئم ، فان كان لدينا جرح أزيلت لحمه الملتئم يوميا، سوف تؤخر عملية الالتئام، لكن ان تركته وشانه ستتيح له وقتا للشفاء. هناك فروق فردية في القدرة على التعافي فلكل شخص مستوى من تحمل التمرين. مع ذلك ، تكفي فترة(72-48) ساعة عادة لاستعادة الشفاء ، او تكون ضرورية، لإراحة النسيج العضلي بشكل تام من تمرين القوة(جاكوبسون 1981، رايلي 1982، فيرخوشانسكي1991).

وتكون فترة (48) ساعة ضرورية لتعويض خزين الكاربوهيدرات (او الكلاكوجين) المستهلك . لان عملية إعادة تركيب كلايكوجين العضلة هي ثنائية المرحله. يتم تعويض كلايكوجين العضلة بسرعة ورجوعه للمستوى الأول خلال (24)ساعة بعد التمرين والاستهلاك الكبير للكاربوهيدرات . بعد ذلك، يزداد كلايكوجين العضلة ببطىء شديد الى ما فوق المستوى الاعتيادي(ايفي 1991) . أظهرت أبحاث بيهل(1974) ان فترة (48) ساعة كانت ضرورية للوصول الى ما قبل التمرين من الكلايكوجين شرط تناول الأغذية الغنية بالكاربوهيدرات والبقاء دون جهد جسدي لاطول فترة ممكنة. لذا من المقترح ان يتم أداء تدريب القوة في أيام غير متتالية – (مثل الاثنين و الأربعاء والجمعة) (ماني 1988، بايبس 1989، توماس 1994).

يستجيب البعض جيدا لثلاثة وحدات تدريبية كل أسبوع ويستجيب البعض الآخر أفضل بمرتين في الأسبوع (في حالات نادرة قد يستجيب الفرد افضل من تمرين واحد في الأسبوع) على العموم قد تحصل تحسنات كبيرة في القوة في التمرين لمرتين بالأسبوع على الأقل. أفاد برايث ومساعدوه(1989) ان مجموعة تدربت

مرتين بالأسـبوع قد أظهرت (80 %) تقريبا من الزيادة التي حققتها مجموعه أخرى تمرنت ثلاث مرات بالأسبوع بعد فترة (10) و (18) أسبوع . توصي الكلية الأمريكية للطب الرياضـي (1991) بأداء تدريبات القوة (3–2) مرات أسبوعيا. وان أداء اكثر من ثلاث مرات أسبوعيا قد يأتي بنتائج عكسية سبب التأثير الانتفاضي. يحدث ذلك عندما تتجاوز الإعياء على العضلات قدرة التعافي (الاستشفاء).

تبدأ العضـلة تدريجيا بفقدان حجمها وقوتها ان لم تمرن خلال (96) سـاعة من تمرينها السـابق. وهذا سـبب اسـتمرار تدريب القوة للرياضـي ضـمن الجدول او أثناء المباريات. مع ذلك يجب تقليل التدريبات إلى مرتين بالأسـبوع جراء النشـاط الزائد للتمارين والألعاب . ويجب أداء دورة تدريبية قدر الإمكان بعد المباراة وأخرى بعد (48) سـاعة قبل بداية المباراة التالية. لذا فان الرياضـي الذي يلعب أيام السـبت والثلاثاء يجب ان يدرب قوته أيام الأحد والأربعاء (او الخميس – شريطة عدم وقوع ذلك ضمن الـ 48 ساعة من المباراة التالية). ومن وقت لاخر قد يستطيع الرياضي تدريب قوته مرة أسبوعيا بسبب الجدول العملي المكثف (مثل أداء ثلاث مباريات في أسبوع واحد ، او المشاركة في رحلة او معسكر ما بعد الموسم).

كيف تعرف ما إذا كان الفرد قد اخذ كفايته من الراحة ؟ لابد من وجود تحسـن تدريجي في مقدار الثقل، او عدد التكرارات القادر على أدائها في فترة عدة أسـابيع. ان لم يكن كذلك فيحتمل ان يكون الفرد لم يأخذ كفايته من الراحة بين التدريبات.

29- طرق تقسيم وحدات التدريب

يسـمى تدريب أجزاء مختلفة من الجسـم لأيام غير متتالية بجدول الحصـص. وهذه هي طريقة شـائعة لتدريب القوة لبناة الأجسـام ورافعي الأثقال لسـنوات كثيرة مضت. في هذا النوع من الجداول يتمرن الشخص لأيام متتالية لكنه يمرن عضلات مختلفة مثلا: يمكن تقسيم مجموعة عضـلات بحيث يتم تمرين أسفل الجسم في أيام الاثنين والثلاثاء ، أعلى الجسم أيام الخميس والجمعة.

من الصحيح بالتأكيد ان الشخص المستخدم لجدول الحصص لايمرن عادة نفس العضـلة ليوميين متتالين. مع ذلك تذكر ان المطلوب على الأقل (48) سـاعة كي

يعوض الجســـم خزينه من الكاربوهيدرات بعد التدريب المكثف(مرة اخرى، تعتبر الكاربوهيدرات الوقود الأساسي أثناء التمرين المكثف). لذا اذا تم تمرن أسفل الجسم في يوم الاثنين سينفذ مخزون الكاربوهيدرات في الجسم. وحتى إذا تدربت عضلات مختلفة في الثلاثاء فان الجسم لم يأخذ ألـــ (48) ساعة الضرورية لراحته التامة واستعادة خزين الكاربوهيدرات.

هناك فروق فردية في قدرة الاستشفاء ، لكن جدول الحصص أسلوب غير مناسب عموما وغير كفؤ ولامعقول لأغلب الرياضيين. وتذكر ان اكثر البرامج كفاءة هو الذي يعطي أقصى النتائج الممكنة بأقل وقت ممكن.

30- الاحتفاظ بتدوينات دقيقه للأداء :

لاتحتاج اهمية المحافظة على تدوين دقيق الى المبالغة بالتأكيد ، فالتدوينات هي خارطة لما استكمله المرء عند انجازه كل تمرين في كل دورة تدريب للقوة . قد تكون بطاقة التدريبات أداة قيمة جدا لمراقبة التقدم وأجراء تدريبات أكثر فائدة وقد تستخدم أيضا لتأشير التمارين التي تم الوصول فيها الى حالة الاستقرار. وفي حالة الإصابة يمكن قياس فعالية عملية إعادة التأهيل ان كان هناك تسجيل لمستويات القوة قبل الاصابه.

هناك أشكال لاحصر لها لبطاقة التدريبات . مع ذلك يجب ان يكون الأفراد قادرين على تسجيل أوزان أجسامهم وتاريخ كل تمرين والثقل المستخدم لكل تمرين وعدد التكرارات المؤداة لكل تمرين ونظام استكمال التمارين واية تعديلات ضرورية لها.

بالإضافة الى ذلك، فالبطاقة مفيدة في تحديد التمارين حسب أجزاء الجسم مع العدد المقترح من التمارين الواجب أدائها لكل جزء من الجسم. وتدرج في البطاقة التمارين المحددة والحركات الأكثر شيوعا(مثل ثني الرجل ومدها وضغط المسطبة) ، و قد تحتوي على فراغات يستخدمها المرء لملئ قائمة تدريباته الخاصة . كما يجب تسجيل بطاقات التكرار المفروضة ازاء كل تمرين مع مجال لتسجيل أي تعديلات مقترحه

يوضح الجدول ادناه مثال على بطاقة التدريبات.

يتم تســـجيل بيانـات دورات تدريـب القوة في منطقـة اليمين مباشـــرة لهذه المعلومات. يوضــح الشــكل كيفية تســجيل الثقل المســتخدم والتكرارات المؤداة ونظام استكمال التمرين.

بطاقة التدريب بالأثقال

	التمرين	التاريخ									
		وزن الجسم									
		التكرار / المدى	مجموعه	وزن / تكرار	وزن / تكرار	وزن / تكرار	وزن / تكرار	وزن / تكرار	وزن / تكرار	وزن / تكرار	وزن / تكرار
الوركين	ضغط الساق	20-15									
	مدالوركين	20-15									
الساقين	مد الرجلين	15-10									
	ثني الرجلين	15-10									
الساقين	الكولف رفع	15-10									
	ثني خلفي	15-10									
الصدر	ضغط مصطبه	12-6									
	تقاطع الذراع	12-6									
الظهر	سحب علوي	12-6									
	صف جلوس	12-6									
الكتف	ضغط جلوس	12-6									
	رفع جانبي	12-6									
الذراعان	ثني	12-6									
	مد	12-6									
	ثني الرسغ	12-8									
الرقبة	مد الرقبة	12-8									
	ثني الرقبه	12-8									
	ثني جانبي /يسار-يمين	12-8									
الجذع	الانتصاب	12-8									
		12-8									
الظهر	مد الظهر	15-10									
		15-10									

الفصل الثالث عشر

عرض للعضلات العاملة

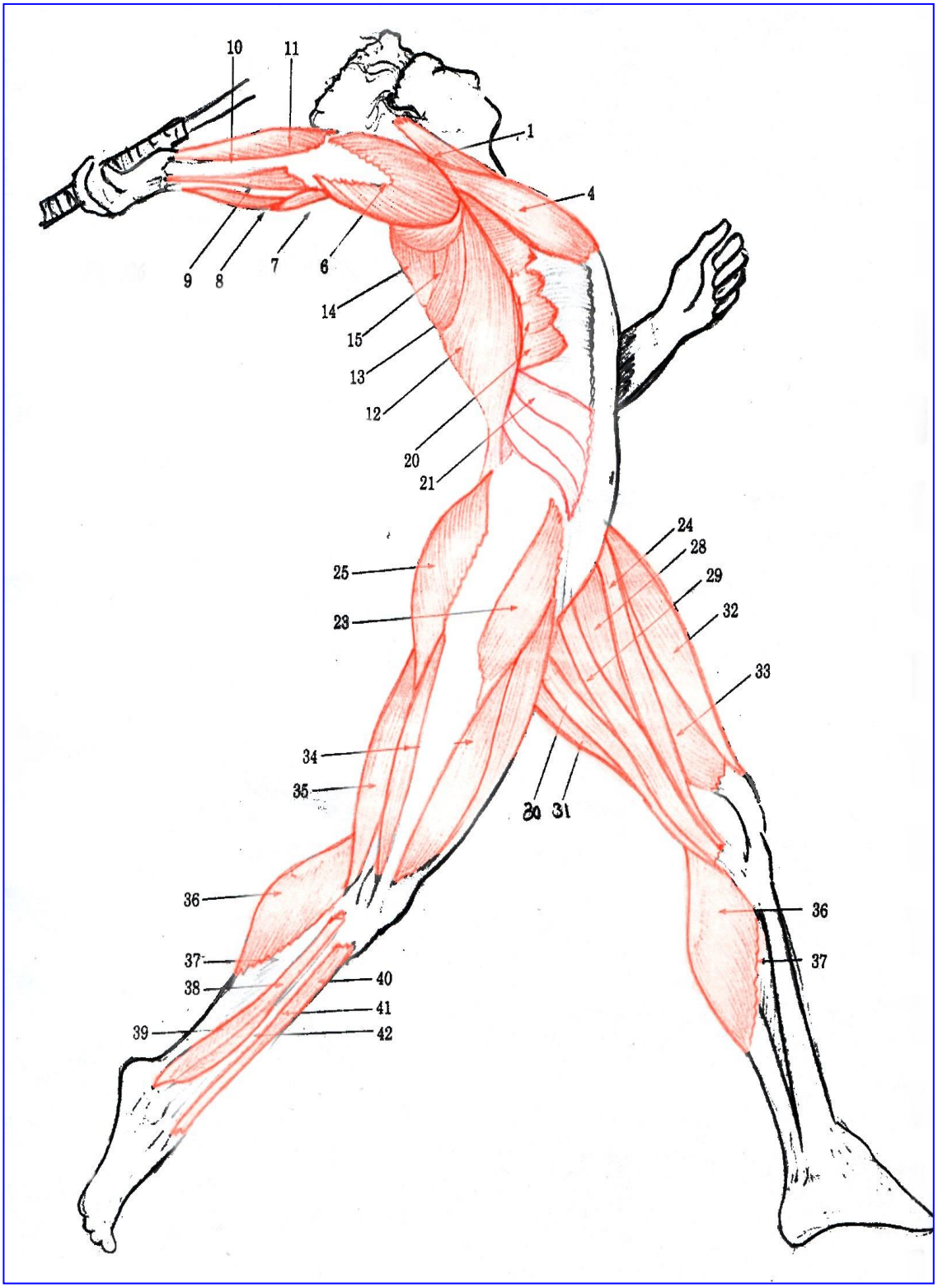
في هذا الفصل سوف نعرض العضلات التي لها علاقة بالفعاليات الآتية:

1- رمي الرمح

2- القفز العالي

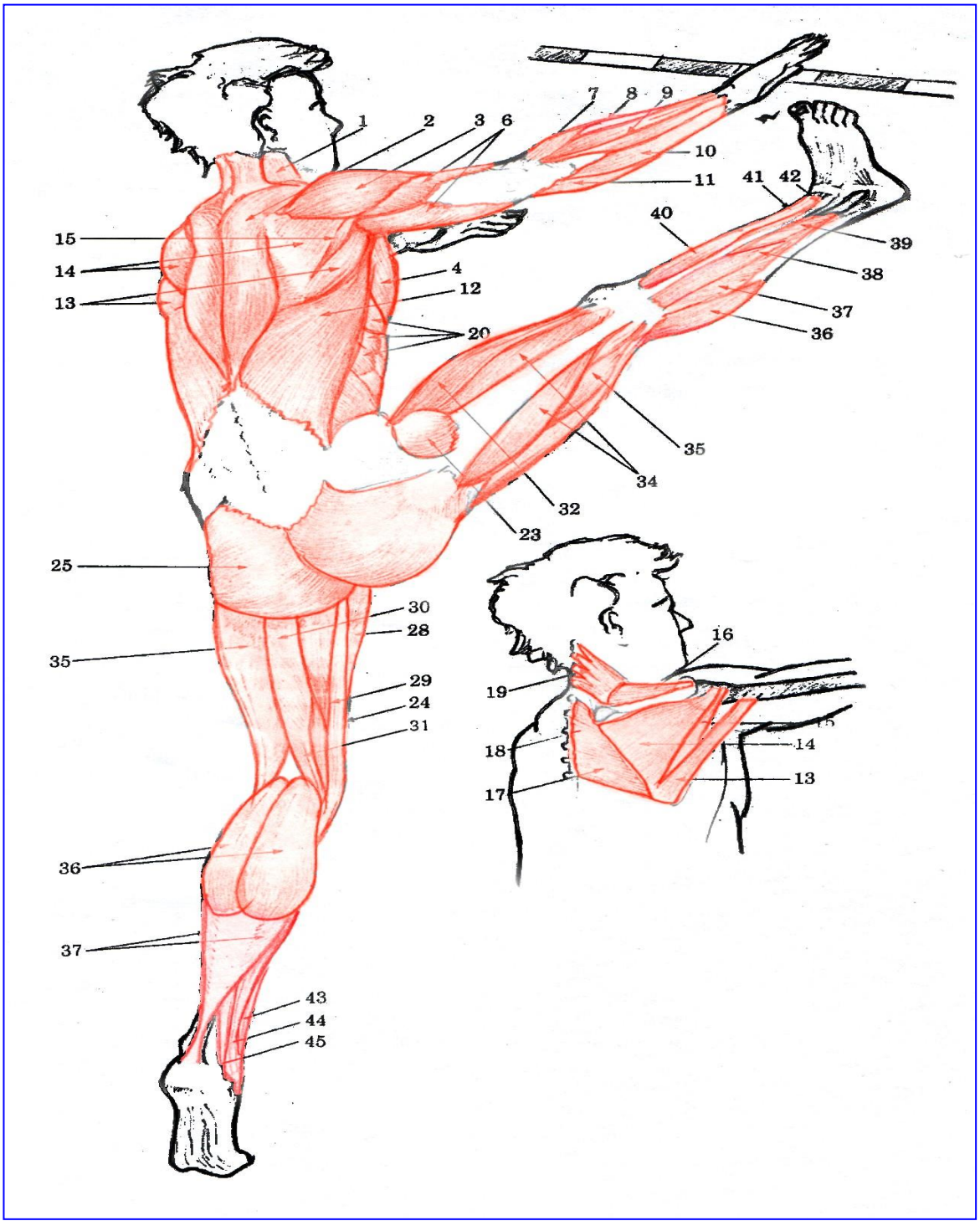
3- ركلة كرة القدم

سوف نستعرض العضلات العاملة في هذه الألعاب باعتبار إن هذه الألعاب تعبر عن طبيعة الحركات التي تحتويها جميع الرياضات وسوف تكون الإشارة إلى هذه العضلات من خلال الأشكال التوضيحية التي يكون مؤشرا عليها جميع العضلات العاملة ومن ثم عرض قائمة بأسماء هذه العضلات من اجل التعرف عليها بشكل سهل ، ومن جانب اخر يمكن الرجوع الى هذه العضلات لغرض التعرف على طبيعة عملها الأساسي وبناء برامج تدريب خاصة لكل عضلة وضمن واجبها الرئيسي في الأداء الحركي ووفقا لما تكلمنا عنه في الفصول السابقة



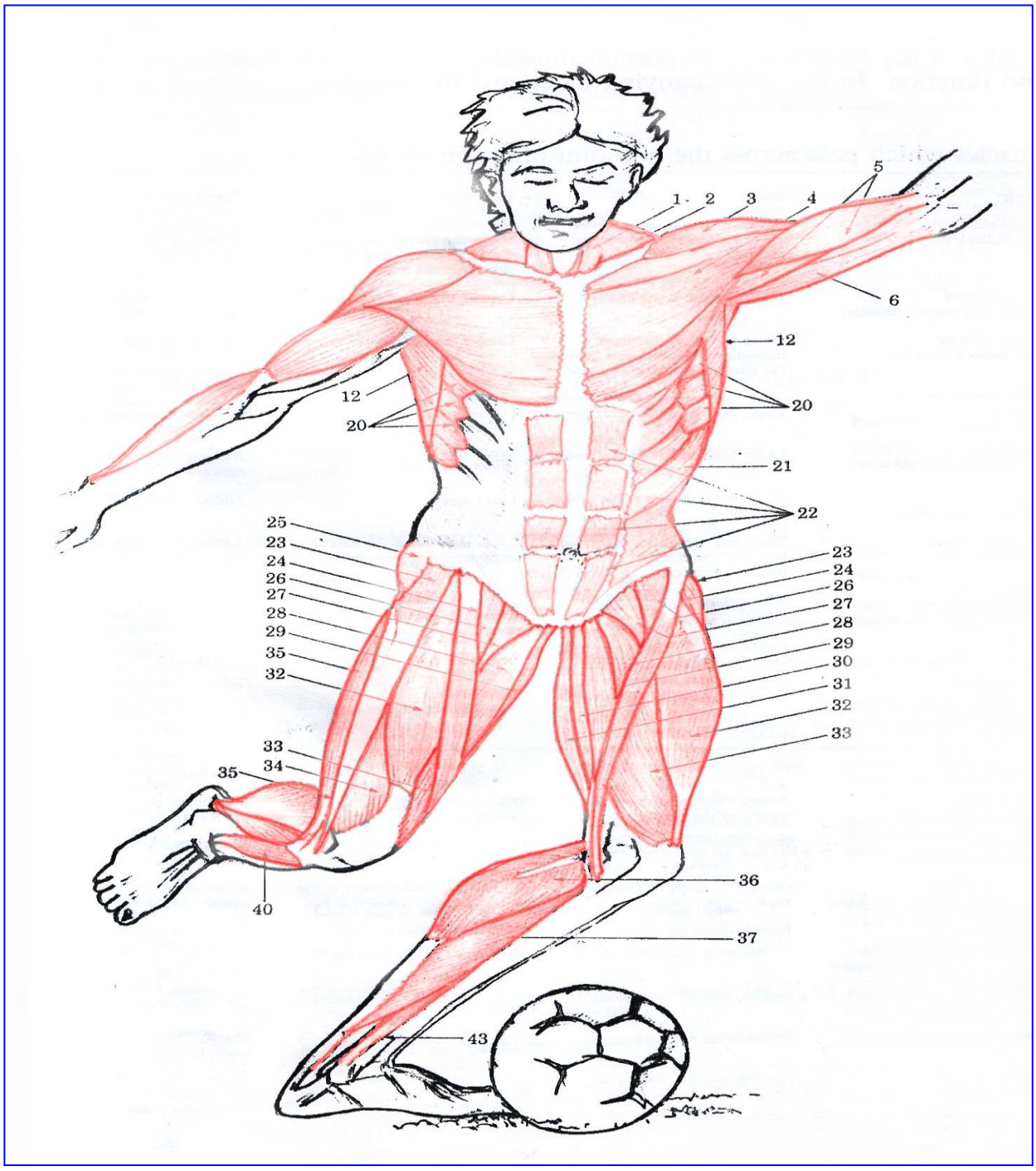
الشكل (406)

العضلات العاملة في رمي الرمح



الشكل (407)

العضلات العاملة في القفز العالي(السرجيه)



الشكل (408)
العضلات العاملة في ركل كرة القدم

قائمة بالعضلات التي تشارك في العمل في الأشكال 406،407 و 408

1- القصبة الترقوية الغشائية
2- المربعة المنحرفة
3- الدالية
4- الصدرية العظمى
5- ذات الراسين العضدية
6- ذات الرؤوس الثلاث العضدية
7- العضدية الكعبرية
8- باسطتا الرسغ الكعبريتان الطويلة والقصيرة
9- باسطة الأصابع
10- باسطة الرسغ الزندية
11- ثانية الرسغ الزندية
12- الظهرية العظيمة
13- المدورة الكبيرة
14- تحت الشوك
15- المدورة الصغيرة
16- فوق الشوكية
17- المعينية العظمى
18- المعينية الصغرى
19- رافعة اللوح
20- المنشارية الأمامية
21- البطنية المائلة الخارجية
28- مبعدة الإبهام الطويلة
29- الرشيقة
30- النصف غشائية
31- النصف وترية
32- الفخذية المستقيمة
33- المتسعة الإنسية
34- المتسعة الوحشية
35- ذات الرأسين الفخذية
36- التوأمية الساقية
37- الاخمصية
38- الشظوية الطويلة
39- الشظوية القصيرة
40- الظنبوبية الأمامية
41- باسطة الإبهام الطويلة
42- باسطة الأصابع الطويلة
43- الظنبوبية الخلفية
44- ثانية الإبهام الطويلة
45- ثانية الطويلة للأصابع

22- **البطنية المستقيمة**

23- **موترة اللفافة العميقة**

24- **الخياطية**

25- **الألوية العظمى**

26- **الحرقفية الخصرية**

27- **المشطية**

جداول بالعضلات المهمة في الجسم مع منشأها ومدغمها وعملها

العضلات التي تمر فوق مفصل الورك فقط

العضلة	المنشأ	المدغم	العمل
المقربة الطويلة	من القسم العلوي لجسم عظم العانة وفرعه الأسفل	في وسط الخط الخشن لعظم الفخذ	**تقرب الفخذين**
المقربة القصيرة	من السطح الأمامي لجسم عظم العانة وفرعه الأسفل .	في أسفل المدور الصغير عند الخط الخشن .	تشترك في عملها مع المقربة الطويلة .
المقربة العظمى	فرعها الأول من عظم العانة والثاني من الحدبة الوركية	بالحافة الإنسية للحدبة الألوية والخط الخشن .	تشترك في عملها مع المقربة الطويلة.
الخصرية العظمى الحرقفية	من السطوح الأمامية لنتوءات الفقرات القطنية الخمس والفقرة الصدرية12.	بالمدور الصغير لعظم الفخذ .	ثني مفصل الورك ، تدوير عظم الفخذ للجهة الإنسية ، ثني الفقرات القطنية للجانب .

العضلات التي تمر فوق مفصل الورك والركبة

العضلة	المنشأ	المدغم	العمل
الفخذية المستقيمة	الشوك الحرقفي الأمامي ومن الحافة العليا للحق	بالحافة العليا لعظم الرضفة عن طريق الوتر المشترك للعضلة الرباعية	بسط الساق على الفخذ وثني الورك
الرشيقة	عظم العانة	بالقسم العلوي الإنسي لجسم عظم القصبة	تقريب الفخذ وثني الركبة وتدوير الساق للداخل .
موترة اللفافة العميقة	من القسم الخارجي للشوك الحرقفي الأمامي العلوي	في الوتر القوي لغشاء الفخذ (السبيل الحرقفي)	ثني وتقريب الورك وبسط مفصل الركبة
ذات الرأسين الفخذية	الحدبة الوركية والخط الخشن	برأس عظم الشظية الوحشي	بسط (استقامة) الورك ، ثني الركبة وتدويرها للخارج .
النصف وترية	من القسم العلوي للحدبة الوركية	عند القاعدة العليا لعظم القصبة	بسط(استقامة) الورك ، ثني الركبة وتدويرها للداخل .
النصف غشائية	من القسم العلوي للحدبة الوركية	بالسطح الخلفي للقمة الإنسية لعظم القصبة	بسط مفصل الورك ، ثني الركبة وتدويرها للداخل .
الخياطية	من القسم العلوي لعظم الحرقفة	عند القاعدة العليا لعظم القصبة	ثني مفصل الورك وإبعاده وتدويره للخارج ، ثني الركبة وتدويرها للداخل .

العضلات التي تمر في مفصل الركبة فقط

العضلة	المنشأ	المدغم	العمل
المتسعة الإنسية	من السطح العلوي والإنسي لعظم الفخذ	مباشرة بمحفظة الركبة	تعمل هذه العضلات الثلاث سوية وتسمى بالعضلة الرباعية وتعمل على مد مفصل الركبة ، المحافظة على القامة ، ثني الحوض من مفصل الورك . (بمشاركة العضلة الفخذية المستقية)
المتسعة الوسطى	من السطح الخلفي لعظم الفخذ	بمحفظة الركبة بواسطة الوتر للعضلة الرباعية	
المتسعة الوحشية	من السطح الخلفي لعظم الفخذ	بمحفظة الركبة بواسطة الوتر للعضلة الرباعية	
المأبضية	من السطح العلوي للقمة الوحشية لعظم الفخذ	من السطح العلوي للقمة الداخلية لعظم القصبة	ثني مفصل الركبة وتدويره للداخل ، المحافظة على الغضروف الهلالي الوحشي لمفصل الركبة .

العضلات التي تمر في مفصلي الركبة والكاحل من الجهة الخلفية

العضلة	المنشأ	المدغم	العمل
التوأمية الساقية	فرعها الأول من اللقمة الوحشية والثاني من اللقمة الإنسية لعظم الفخذ .	في السطح الخلفي لعظم العقب .	ثني مفصل الركبة وثني مفصل الكاحل ، تثبيت القدم بالأرض .

العضلات التي تمر في مفصل الكاحل

العضلات التي تنشأ من لوح الكتف وتعرز في أعلى عظم الساعد

العضلة	المنشأ	المدغم	العمل
فوق الشوكية	من المنطقة فوق شوك لوح الكتف	في الحدبة الكبرى لعظم العضد	أبعاد الذراع ، تثبيت رأس العضد وتدويره للخارج .
المدورة الكبيرة	من الزاوية السفلى للوح الكتف	من الحافة الإنسية لعظم العضد	تقريب الذراع وتدويره للداخل.
تحت الشوك	من الجهة الإنسية للحفرة تحت الشوك	في السطح الخلفي للحدبة الكبيرة لعظم العضد	تدوير الذراع للجهة الخارجية .
المدورة الصغيرة	من الحافة الوحشية للوح الكتف	في السطح الخلفي للحدبة الكبيرة لعظم العضد	تدوير الذراع للجهة الخارجية .
تحت اللوح	من السطح الإنسي الأمامي للوح الكتف	بالقسم الأمامي للحدبة الصغيرة لعظم العضد	تدوير الذراع للجهة الداخلية .
الغرابية العضدية	من قمة النتوء الغرابي للوح الكتف	في السطح الداخلي لعظم العضد	تدوير الذراع للأمام والتقريب .

العضلات التي تنشأ من الجذع وتندغم في لوح الكتف

العضلة	المنشأ	المدغم	العمل
رافعة اللوح	من فقرات الرقبة من (1) الى (4)	في الزاوية العليا الإنسية للوح الكتف	رفع لوح الكتف، تقريب الذراع وتدويره.
المعينية	من فقرات الرقبة 6 و 7 والصدرية 1-4	في السطح الإنسي العريض للوح الكتف	تثبيت لوح الكتف وتدويره للأمام
المربعة المنحرفة	من قاعدة الجمجمة ومن فقرات الرقبة والصدر	شوك لوح الكتف وفي الجزء الوحشي لعظم الترقوة	تقريب وتدوير الرأس وثني الرقبة للخلف
المنشارية الأمامية	تنشأ من الأضلاع (1) الى (9)	في السطح الداخلي للوح الكتف	تثبيت لوح الكتف عند دفع الأشياء
الصدرية الصغيرة	تنشأ من الأضلاع (3) الى (5)	في قمة النتوء الغرابي للوح الكتف	خفض لوح الكتف للأسفل وللأمام .

العضلات التي تنشأ من الجذع وتندغم في الذراع

العضلة	المنشأ	المدغم	العمل
الصدرية العظيمة	من الجزء الداخلي لعظم الترقوة وعظم القص وغضاريفه	في الشفة الوحشية للأخدود بين الحدبة الكبرى والصغرى	تقريب الذراع وتدويره للداخل , سحب الذراع أمام الصدر من أي وضع
الدالية	من الثلث الأمامي الوحشي لعظم القص ومن شوك لوح الكتف	من الناحية الوحشية للحدبة الدالية للعضد	تشارك في جميع حركات الذراع وفي جميع الاتجاهات .
الظهرية العظيمة	من الفقرات الصدرية 6-12 . الجزء الخلفي لحافة عظم الورك ومن الأضلاع 9-12 . وعظم الردف .	في أخدود ذات الرأسين بين حدبة عظم العضد الصغيرة والكبيرة.	مرجحة الذراع للخلف , سحب الجسم للأعلى عند التعلق , تدوير الذراع للداخل

العضلات التي تمر في مفصلي الكتف والمرفق

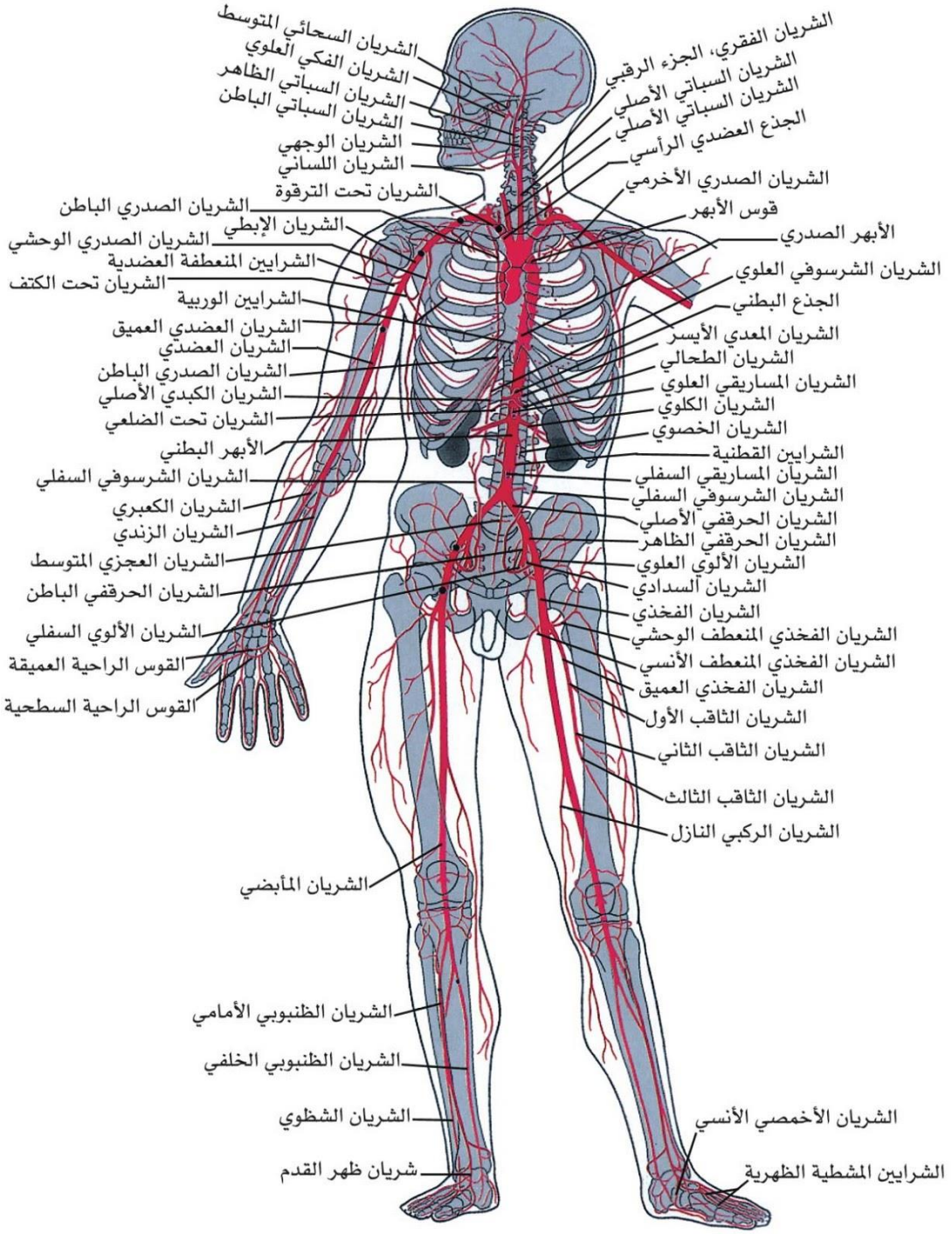
العضلة	المنشأ	المدغم	العمل
ذات الرأسين العضدية	1. من الدرنة فوق الحقانية للوح الكتف. 2. من النتوء الغرابي للوح الكتف .	في الحدبة الكعبرية للعظم الكعبري ويتصل باللفاف العميق للساعد	ثني وتدوير المرفق للخارج ، مرجحة الذراع للأمام .
ذات الرؤوس الثلاث العضدية	1. الرأس الطويل في الدرنة تحت الحقانية للوح الكتف 2. من السطح الخلفي لعظم العضد 3. من السطح الخلفي لجسم عظم العضد في الأخدود الكعبري	في القسم الخلفي للسطح العلوي للنتوء ألمرفقي لعظم الزند وفي للفاف العميق للساعد	بسط مفصل المرفق وحماية مفصل الكتف . تقريب الذراع وتثبيت رأس عظم العضد بالتقعر الحقانية .

العضلات التي تمر من خلال مفصل الرسغ فقط

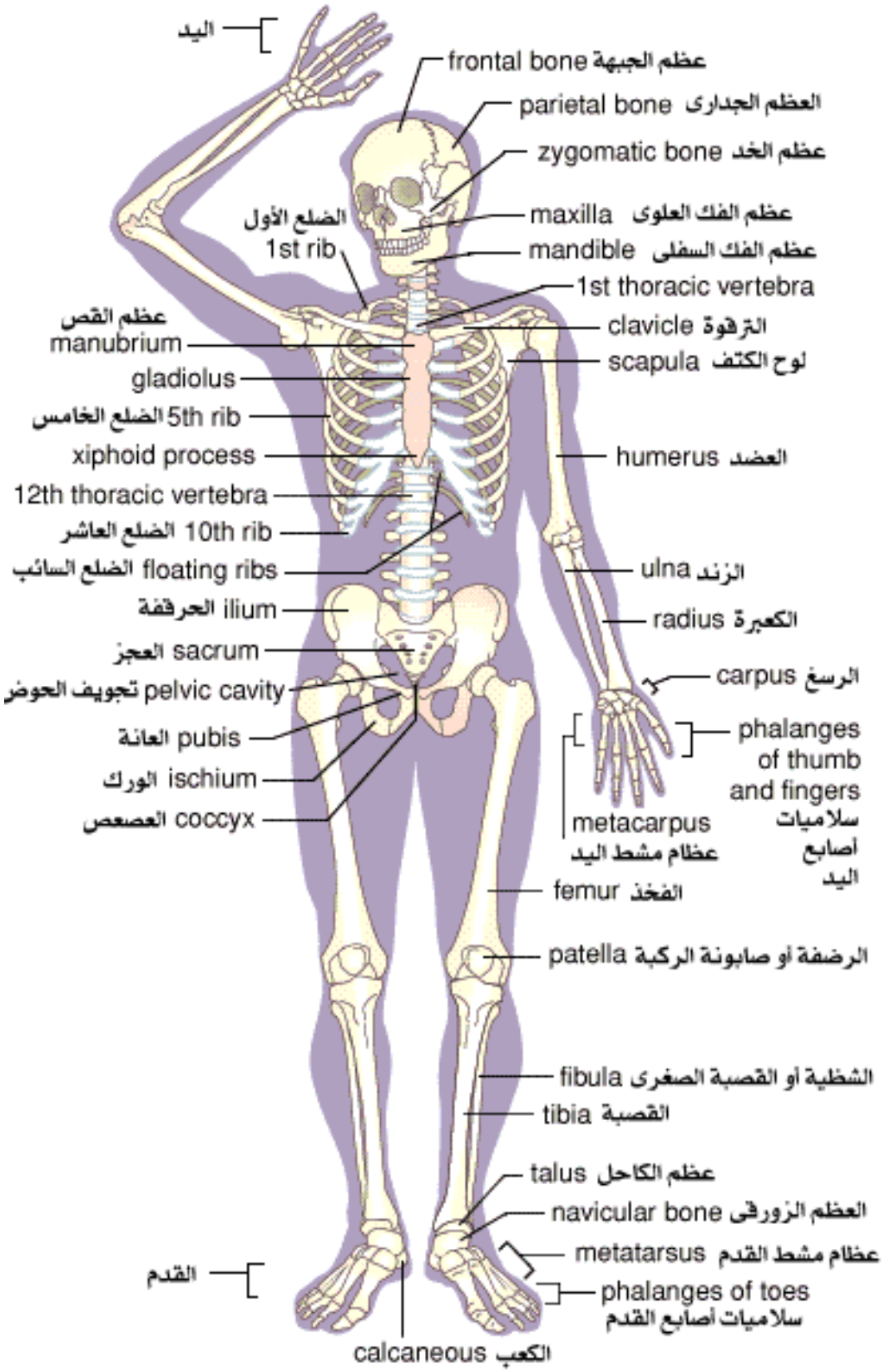
العضلة	المنشأ	المدغم	العمل
العضدية	من النصف السفلي للقسم الأمامي لعظم العضد	في القسم الأمامي للنتوء التاجي لعظم الزند	ثني مفصل المرفق
العضدية الكعبرية	من الحدبة الوحشية لعظم العضد	في الناحية الوحشية السفلى لعظم الكعبرة فوق النتوء الابري	ثني مفصل المرفق ، تدوير الساعد للداخل والخارج بالاعتماد على الوضع الابتدائي
المرفقية	من السطح الخلفي للقمة الوحشية لعظم العضد	في القسم الوحشي للنتوء المرفقي لعظم الزند وفي الربع العلوي للسطح الخلفي لعظم الزند .	**بسط المرفق**
الطارحة	من اللقمة الوحشية لعظم العضد	السطح الوحشي لعظم الكعبرة	تدوير الساعد للخارج
الكآبة المدورة	من اللقمة الإنسية لعظم العضد	السطح الوحشي لعظم الكعبرة	تدوير الساعد للداخل

العضلات التي تؤثر على كل من الساعد ورسغ اليد

العضلة	المنشأ	المدغم	العمل
باسطة الأصابع	من اللقمة الوحشية لعظم العضد	في السطح الخلفي لأصابع اليد (عدا الإبهام)	بسط الأصابع ، الرسغ والمساعدة في بسط مفصل المرفق
باسطة الرسغ الطويلة والقصيرة	من اللقمة الوحشية لعظم العضد	في قاعدة عظم المشط الثاني والثالث	بسط اليد عند المفصل ابعاد اليد عن الجسم
باسطة الرسغ الزندية	من اللقمة الوحشية لعظم العضد	في قاعدة عظم المشط الخامس	تساعد في بسط الرسغ ، وتقريب رسغ اليد من الجسم.
ثانية الأصابع الإضافية	من اللقمة الإنسية لعظم العضد ومن السطح الأمامي لعظم الكعبرة	في الصف الوسط للسلاميات	ثني مفصل المرفق والرسغ مع ثني الأصابع.
ثانية الرسغ الكعبرية	من اللقمة الإنسية لعظم العضد	في القسم الأمامي من الأمشاط الثانية والثالثة	ثني مفصل المرفق، تعمل بمفرها على ثني الرسغ، تساعد في تدوير الساعد واليد للداخل.
ثانية الرسغ الزندية	من اللقمة الإنسية ومن الجزء الداخلي للنتوء المرفقي	بالعظم ألحمصي	ثني الرسغ . عند استمرارها في التقلص تعمل على ثني مفصل المرفق.



شرايين والاوردة الدموية في جسم الانسان



العظام في جسم الانسان

المصادر العربية

1- إبراهيم البصري : **الطب الرياضي** ، مطبعة جامعة بغداد, 1983 .

2- السـيد المقصـود: **نظريات التدريب الرياضـي، فسـيولوجية تدريب القوة**، القاهره،دار المعارف،1996

3- عبد علي نصيف : **التعلم الحركي** ، جامعة الموصل, 1980 .

4- عقيل الكاتب ، أثير محمد صـبري ، عايدة علي حسـين وجنان حسـين : **اللياقة البدنية للطالبات** ، مطبعة التعليم العالي ، 1988 .

5- قصي السامرائي و وهبي البياتي: **التكنيك الحديث في السباحة**, مطبعة بايار,2005.

6- ريسـان خريبط : **تطبيقات في علم الفسـيولوجي والتدريب الرياضـي** ، دار الشـروق عمان, 1997 .

7- ريسان خريبط وعلي تركي : **تطبيقات تدريب القوة** ، بغداد ,2002 .

8- قيس إبراهيم الدوري : **علم التشريح** ، دار المعرفة للطباعة, 1985 .

9- شبكة المعلومات الدولية.

المصادر الاجنبية

1. Astrand & Rodahl :. Textbook of work physiology , McGraw Hill, 1995 .
2. Bosmajian J.V: Muscles Alive , 4th ed (Illus) 1979 .
3. Biogio , J.M& Gilbert , M.E. : Medical Dictionary , Willams & Wilkins , 1985.
4. Biomechanics : International series on Biomechanics , Volume I-VI . University Park press , USA , ISBN 0-8391 – 1242-4 .
5. Dagg , A: Running , Walking and Jumping , Wykeham Publication , London 1977 ISBN 0-85109 – 530 – 5 .
6. Doherty . K : Track and field book ISBN 0-911520-73-2 .
7. Dyson , G : The mechanics of athletics , University of London Press Ltd 1962 , SBN 340-08905-9 .
8. Eaves , G : Diving , A.S. Barnes & Co , Granbury, N.J. USA, 99-042-1168 – X .1998
9. Ekstrand , J: Soccer injuries and their prevention , No 130 SBN 91-73-72-526-2006.
10. -Frankel – Burstein:Orthopedic biomechanics , Lea & Febiger , philadelphia 1970 ISBN 8121-0090-5 .
11. -Harris R: Kinesiology , Houghton Miffin co , Boston, USA, 2001 ISBN 0-395-20668-5 .
12. -Hay , J: The biomechanics of sport techniques , prentice – Hall, INC . NJ. 2USA ISBN 0-13-035-139-3.
13. -Hjortsjo , C.H. Rore Iseapparaten spec del . , Gleerups , Lund 1997 .
14. -Hochmuth: Biomechanics sportlicher Bewegungen , sportverlag , Berlin 1974
15. Lic no 140355-5-74-9004 .
16. -Scott K. powers & Edward T. Hawley : Exercise physiology , McGraw Hill
17. Thompson C.W. : Manual of structural Kinesiology , 1977 C.V. Mosby Co, st .
18. Louis USA ISBN 0.8016-4939-0.
19. -Williams & Lissner: Biomechanics of Human Motion , SBN 0-7216-9440-3 .
20. Williams & Sperryn : Sport Medicine , ISBN 0-7131-4275-8 .