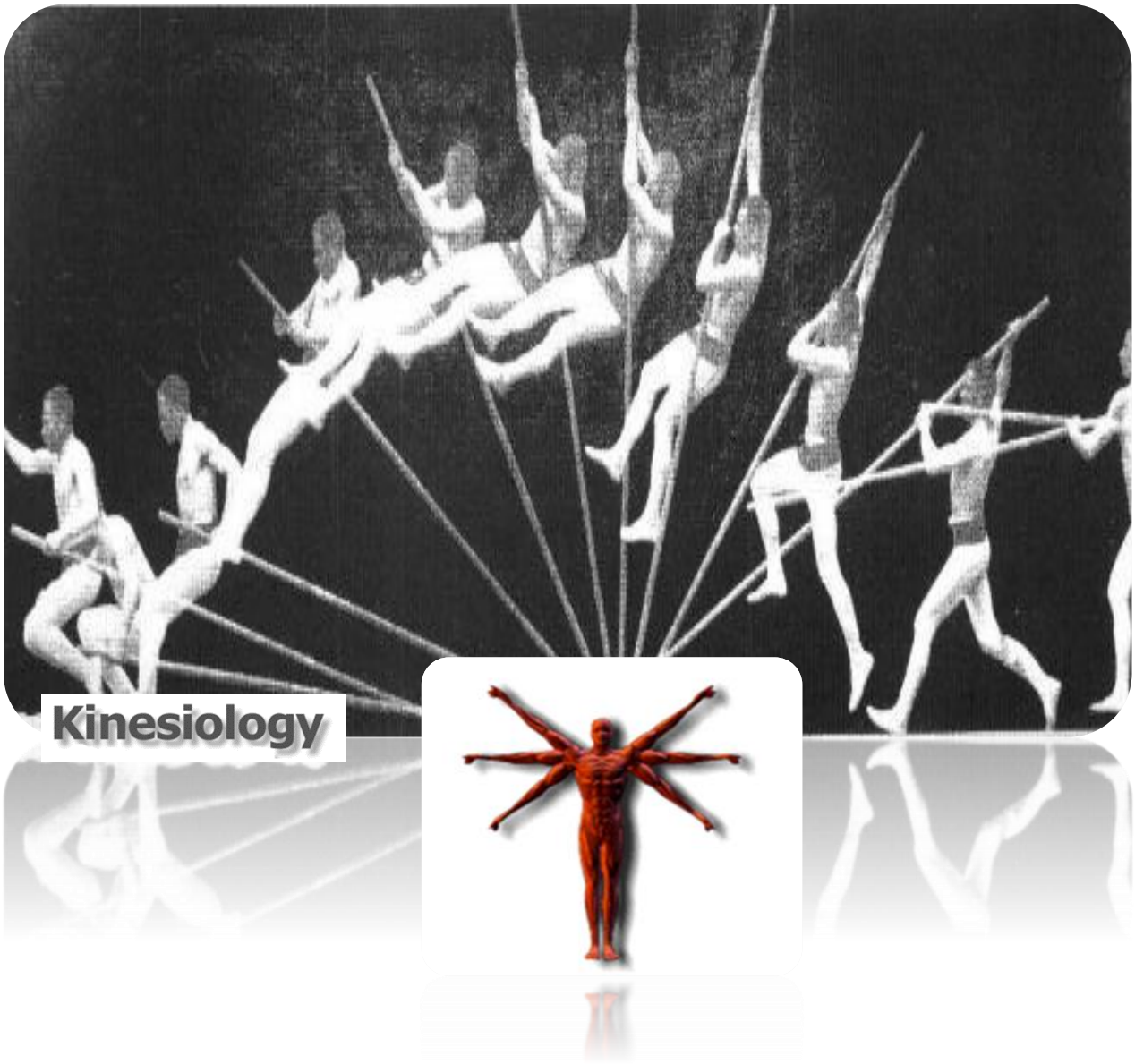
علم الحركة التطبيقي (الكنسيولوجيا)



تأليف

أ.د صريح عبدالكريم الفضلي

ا.د ايهاب داخل حسين

2019 م

بسم الله الرحمن الرحيم

صدق الله العلي العظيم

الفصل الأول

- حركة الإنسان.....9
- مفهوم الحركة 9
- ماهو علم الحركة التطبيقي.....12
- مزاولة مهنة النشاط البدني.....16
- طبيعة الحركة وتدرجها عند الانسان.....17
- مفهوم وتعريف علم الحركة.....18
- أهمية دراسة علم الحركة.....24
- التمرينات والتدريبات في علم الحركة.....26
- مجالات علم الحركة.....27
- مجال دراسة الحركة الرياضية.....28
- مجال العلاج والتاهيل.....29
- مجال الصناعة والانتاج.....29
- مجال التطور الحركي.....30
- مجال الحركة في الفراغ.....30
- مجال التعلم الحركي.....31

- الفصل الثاني

تقسيم الحركة وفقا لأنواعها

تقسيم الحركة وفقا لأنواعها.....34
- تقسيم الحركات من الجانب الميكانيكي.....36
- تقسيم الحركات هندسيا 41
- تصنيف المهارات الحركية من حيث خصائص الحركة (بناء الحركة).....45
- تقسيم الحركات فسيولوجيا.....54
- الاعمال اللاارادية الغير حسية.....56
- الاعمال اللاارادية المرتبطة بالحواس.....58
- تقسيم الحركات الرياضية من الناحية الفسيولوجية.....63
- مستويات ومحاور الحركات في الانسان.....66
- المستويات.....67
- المحاور.....69
المحاور الميكانيكية والتشريحية.....74

الفصل الثالث

الخصائص المؤثرة على حركة الانسان.....89

- الخصائص التشريحية.....94
- الخصائص التشريحية الحركية.....94
- العضلات.....104
- المقطع الفسيولوجي للعضله.....109
- اثر قوة الجاذبية على نوع الانقباض العضلي.....123
- العوامل المؤثره في القوة العضلية والعزوم.....126
- خط اتجاه قوة العضلة(خط العمل العضلي).....127
- التوافق العصبي- العضلي والسيطرة على العضلات و العظام.....129
- الوحدة الحركية.....134
- التحفيز والتوافق العصبي – العضلي.....136
- التوافق العصبي العضلي بين الالياف العضلية.....137
- الجهاز العصبي والعضلة، والقوة.....138
- سرعة الحركة والقوة اللحظية.....141
- خاصية القوة اللحظية السريعة.....142
- الاقتصاد بالقوة.....142
- أنواع الانقباض العضلي وطرق التدريب تنميتة.....143
- دينكاميكية تدريبات القوة العضلية.....145
- زيادة فاعلية العضلات.....146
- آلية عمل الخلايا العصبية الشوكية في تفعيل الخلايا الحركية العصبية.....149
- المستقبلات الحسية.....150
- العين.....151
- السمع.....154
- اللمس.....155
- المكونات الوظيفية للمس.....157
- أمثلة حول كيفية عمل النظام الحسي 158
- وصف ماهية ظهور الحركة.....159
- مغزل العضلات وتمدد الريفلكس(المنعكس العصبي).....161

- منعكس التمطط العضلي 165
- منعكس التمطط الديناميكي.....166
- منعكس التمطط السكوني.....166
- -التدريب الحسي حركي.....170
- المؤشرات البيوميكانيكية المرتبطة بالمؤشرات الفسيولوجية.....174
- المبادئ الميكانيكية المرتبطة بالاداء الحركي المهاري.....175
- الميكانيكيا الداخلية للقوة.....179

الفصل الرابع

- المؤشرات الحركية المرتبة بالاداء.....181
- قياس الانسياب الحركي بدلالة تغير الزخم الخطي للجسم.....181
- قياس الانسيابية.....181
- الاستنتاج العلمي 183
- كفاءة الانسيابية.....186
- ظاهرة النقل الحركي بين اجزاء الجسم المختلفة من .
خلال قانون انتقال الزخم.....187
- مفهوم النقل الحركي من وجهة النظر البيوميكانيكي
وفق حركة كتل أجزاء الجسم وسرعتها.....189
- استخدام زاوية الطيران وتناقص الطاقة الميكانيكية
كمؤشر للنقل الحركي للجسم عند لحظات القفز العمودي.....193
- الاستنتاج.....194
- استخدام زاوية الطيران وتناقص الزخم الخطي كمؤشر
النقل الحركي للجسم عند لحظات القفز الافقية.....196
- قياس الايقاع الحركي.....196
- استنتاج.....197
- الدقة الحركية.....197
- دقة الاداء المهاري.....199
- زوايا الاطلاق والهجوم والاتجاه في المقذوفات وعلاقتها
بالاداء المهاري.....200
- المبادئ الميكانيكية الاساسية لدقة ظهور الحركات.....203
- التوقع الذاتي.....204
- التوازن الحركي.....205
- الثبات (الأستقرار).....209
- مقاييس درجة الثبات 210
- الإتزان.....211
- مهارات العضلات الدقيقة – مهارات العضلات الكبيرة.....213

- مهارات مستمرة، ومهارات متماسكة، ومهارات متقطعة.....213
- مهارات السيطرة الذاتية – مهارات السيطرة الخارجية.....214
- مهارات مغلقة – مهارات مفتوحة.....215
- القدرة الانجازية.....217
- مقومات القدرة الانجازية.....218
- مساهمة الطاقة الحيوية بالقدرة الانجازية.....220
- المساهمة البيوميكانيكية في القدرة الانجازية.....221
- مساهمة القدرات البدنية في القدرة الانجازية.....222
- مساهمة التدريب الرياضي في القدرة الانجازية.....224

الفصل الخامس

- الميكانيكا الداخلية.....227
- القوى الداخلية وآثارها على الجسم وحركات الاجزاء حول المحاور....228
- طاقة حركة العضلات.....230
- كيفية عمل العضلات.....231
- كيفية تنبيه العضلات.....232
- اضطرابات العضلات.....233
- بعض الامثلة التطيقية.....242
- مؤشر تغير الزخم.....243
- مرونة العظام.....245
- مفهوم الاجهاد.....246
- هل الالياف السريعه.....247
- انواع القوى.....248
- قوة الاحتكاك.....254
- الميكانيكا الخارجية.....255
- العتلات والقوة.....258
- قانون الروافع.....259

الفصل السادس

- العلوم المترابطة بعلم الحركة.....268
- مواصفات جسم الإنسان.....269
- علم التشـــريح ووظائف الأعضـــاء 271
- التحليل الحـــركي 271
- التحليل الكمي.....273
- التحليل النوعي.....273
- التحليل البايوكينماتيكي للمهارات الحركية.....275
- التحليل الكيناتيكي للمهارات الحركية 275
- علم الميكـــانيكا الحيـــوية 275

- علم القياسات البشرية " الإنثروبومترية " 276
- تكنولوجيا المعلومات 276

الفصل السابع

- البحث العلمي في علم الحركة.....278
- علم الحركة والبحث العلمي.....281
- الأسلوب العلمي في منهج البحث.....281
- خطوات الاسلوب العلمي في البحث.....281
- خطوات الاسلوب العلمي.....281
- تصنيف مناهج البحث 282
- مجالات البحث العلمي لعلم الحركة.....284
- -في مجال التربية الرياضية.....285
- تطبيق علم الحركة في مجال البحث العلمي.....285
- -التطبيق في مجال العلاج الطبيعي:.....285
- -التطبيق في المجال المهني (الصناعي).....285
- حركة الأنسان.....285
- المشكلة الحركية.....286
- التطبيق في مجال التعلم الحركي.....287
- بعض المدخلات للمشاكل الحركية.....287
- اهمية دراسة المشاكل في علم الحركة.....289
- مكونات التحليل.....290
- التحليل الحركي في علم الحركة.....291

- المقدمة

الحياة بكل ظواهرها ليست سوى صورة للحركة وان كل مايحدث من ظواهر في العالم بكل مظاهره المختلفة وهو في الواقع نتيجة مباشرة للحركة الأبدية للمادة.

وتمثل معرفة الحركة ضرورة حتمية لايمكن الاستغناء عنها فالمعلم او المدرب او المتخصص في المجال الرياضي المتسلح بها يكون مثاليا خاصة اذا ما أفترض فيه انه قد قام بأدائها مسبقا حيث يمكّنه هذا الامر من تكوين فكرة نظر واقعية وصحيحة عنها ، اذ لاتاتي هذه النظرة عن طريق الناحية النظرية فقط .

ويعتبر علم الحركة فى العصر الحديث من أهم العلوم فى تفسير الحركات الرياضية بمجاليها (التعليمي و التدريبي) من حيث التعرف على الشكل الخارجي للأداء و مسببات حدوث الحركة والتعرف على الحركات الجديدة و تطويرها علميا. وارتباطها بالجانب التشريحي والعصبي والوظيفي، بما يخدم الكفاءة الحركية لدى الشخص المؤدي لمختلف هذه الحركات.

كما أن أدوات علم الحركة تطورت في الآونة الأخيرة و منها التحليل الحركي الذي ظهرت منه أنواع كثيرة جدا و على رأسها التحليل الميكانيكي باستخدام التصوير بكاميرات الفيديو الحديثة وتحليل النتائج باستخدام الحاسب الآلي، والأشعة تحت الحمراء، و جهاز الليزر لرصد الحركات باستخدام أشعة التصوير .

والمعنى اللغوي لعلم الحركة *Kinesiology* يعني دراسة الحركة، وهي كلمة إغريقية مركبة من مقطعين *Kines* وتعني الحركة وكلمة *Olagy* وتعنى دراسة وفي اللغة الألمانية تطلق كلمة *Bewegungslehre* على العلم الذي يبحث في حركة الإنسان من كافة نواحيها.

وعلم الحركة يعني دراسة ومعرفة شكل الحركة وتحديد خط سيرها وعلاقة أجزاء الجسم بعضها ببعض أثناء الأداء الحركي ، كما يبحث في كل ما له تأثير على الأداء سواء كان ميكانيكيًا أو فسيولوجيًا أو نفسيًا أو تشريحيًا كما يهتم بدراسة التطور الحركي للإنسان منذ فجر التاريخ وحتى العصر الحديث.

ولقد وردت في المراجع العلمية عدة تعريفات لعلم الحركة نذكر منها "علم الحركة هو ميدان دراسة القوانين والمبادئ المتعلقة بحركة الجسم الإنساني بهدف الوصول إلى الكفاءة الحركية. وكذلك ان علم الحركة هو العلم الذي يبحث في الشكل أو التكوين الموروفولجي للحركة. وعرفه كورت ماينيل بأنه العلم الذي يبحث في المظهر الخارجي لسير الحركة.

ومن التعريفات السابقة يتوضح لنا المجالات التي يبحث فيها علم الحركة دون الإشارة إلى هدف ودراسة الحركة ، ولذا فإننا نرى ان علم الحركة وهو :

"العلم الذي يقوم بدراسة الأداء الحركي للإنسان بغرض الوصول بالأداء إلى أعلى مستوى تسمح به إمكانات وطاقات البشر".

وتختلف حركة الإنسان في خصائصها وتتنوع في أشكالها وتتباين في أغراضها ولكنها تتحد كلها في التعريف بها ، فهي ككل حركات الأجسام الأخرى ، لا تخرج عن كونها انتقال للجسم أو دورانه لمسافة معينة في زمن معين . وعلى ذلك فالمشي حركة وكذا الجري والوثب والمرجحة والتسلق ...الخ وهذه كلها حركات لها أغراض محددة ، وهناك أيضا الحركات التي ليس لها أغراض معينة كحركة المريض بالصراع مثلا الذى يسير في الطريق وتهتز يداه باستمرار أو حركات المجانين العشوائية .

وعلى ذلك يمكن أن نطلق كلمة حركة على كل انتقال أو دوران للجسم أو أحد أجزائه سواء كان بغرض أو بدونه . ولابد للحركة سواء كانت انتقالية أو دائرية او دورانيه أن يكون لها سرعة ثابتة أو متغيرة ، والحياة الرياضية غنية بالحركات الهادفة التي تمارسها كل يوم في الملاعب والساحات والأندية وبالأدوات وعلى الأجهزة أو بدونها في التمرين أو التدريب أو المباريات أو المنافسات ، ولقد اصطلح على تسمية هذه الحركات الرياضية بالتمارين ولهذا نفرق بين الحركة والتمرين بان التمرين لابد أن يكون له غرض معين ، أو هو حركة لها غرض ثابت وواضح ، أما الحركة فهي إما انتقال أو دوران في زمن معين سواء كان له غرض معين أو لم يكن له هذا الغرض.

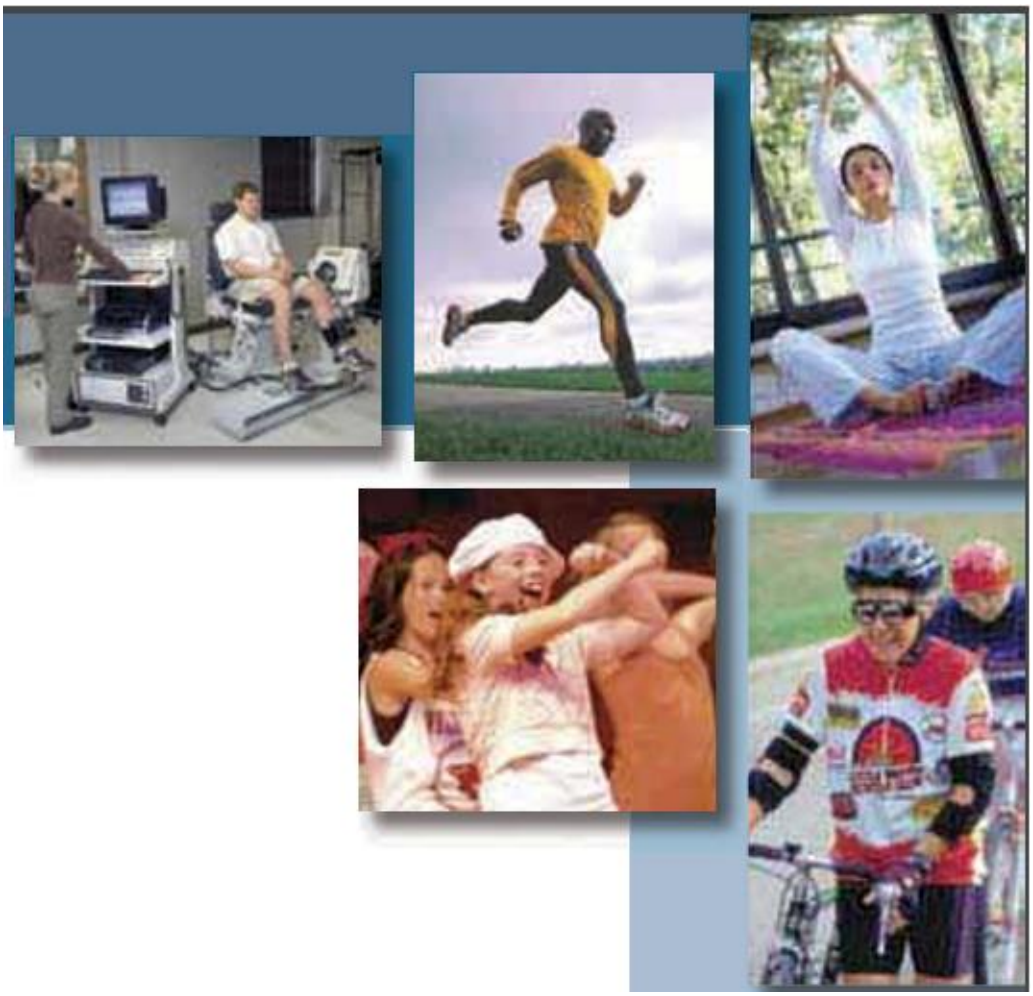
ولقد استعان الإنسان منذ وجودة بالحركة في كسب رزقه وفى الدفاع عن نفسه بل أنها كانت وسيلته الوحيدة في الحفاظ على حياته واستمرارها ومع تطور المدنية ودخول الإنسان في عصر الآلة بدأت حركته تقل مما انعكس بالتالي على صحته وتكوينه ، وبعد أن كان اهتمام الإنسان وتركيزه منصبا على الآلة وتطويرها بدأ أخيرا يهتم بحركته ويحاول تطويرها وثقلها والارتفاع بها ومن هنا وجدت المشاكل الحركية ، ولذلك لابد لنا أن نوضح معنى المشكلة الحركية.

وقد حاولنا فى هذا الكتاب تقريب المعلومات العلمية الخاصة بعلم الحركة إلى الواقع العملي لها فى مجالنا الرياضى مع توضيح مدى ارتباط علم الحركة بالعلوم الأخرى و منها علم التشريح والفسيولوجي و الميكانيكا. وعلم التدريب – علم وظائف الأعضاء – وعلم النفس.

المؤلفان 2019م

الفصل الأول

- حركة الإنسان
- مفهوم الحركة
- ماهو علم الحركة التطبيقي
- مزاولة مهنة النشاط البدني
- طبيعة الحركة وتدرجها عند الانسان
- مفهوم وتعريف علم الحركة
- أهمية دراسة علم الحركة
- التمرينات والتدريبات في علم الحركة
- مجالات علم الحركة



الفصل الاول

- **حركة الإنسان**
- **مفهوم الحركة :**

الحركة هي النشاط وهي الشكل الأساسي للحياة وهي الطريقة الأساسية في التعبير عن الأفكار والمشاعر والمفاهيم وعن الذات بشكل عام ، فهي استجابة بدنية ملحوظة لمثير ما سواء كان داخليا" أو خارجيا". وتعد الحركة من أقدم أشكال الاتصال والمشاركة الوجدانية ، فلقد استخدمت من قبل الإنسان القديم لحماية نفسه وجماعته ، فضلا" عن إنها من أهم وسائل المرح والمتعة من ممارسة الأنشطة في وقت الفراغ والتي بدورها تؤدي إلى التخلص من التوتر والقلق والغضب ؛ وقد ظهرت أهمية الحركة لإنسان العصر الحديث عصر التكنولوجيا المتقدم كجزء أساسي لتعويض النقص الدائم والمتزايد في الحركة الإنسانية الناتجة عن هذا التقدم العلمي فجاءت أهميتها إضافة إلي الجانب البنائي كجانب تعويضي لمعالجة حالات القصور والضعف الناتج عن طبيعة العمل والمهنة التي يمارسها الفرد .

كما تعد الحركة من طرق التعلم قديما" وحديثا" ، فهي تساعد الفرد على اكتساب الجوانب المعرفية وتشكيل المفاهيم وحل المشكلات ، ومن خلالها أيضا" تمكن الفرد من تحقيق اكتشافات عديدة في البيئة الاجتماعية والطبيعية مما ساعده ذلك على الاقتصاد بالجهد والحركات وتكيف أنماط حياته تبعا لذلك .

الشكل (1)
علم الحركة النظري
ومكوناته

وتعرف الحركة بأنها تعبير عن القوة البدنية وهي انعكاس للنواحي العقلية والنفسية ، وتعبير عن شخصية الفرد ، وهي أيضا إحدى الوسائل الهامة لتربية الفرد تربية شاملة متزنة . والحركة هي أيضاً الفعل في التغيير المكاني ، أي التحرك من مكان إلى مكان أخر بواسطة قوه خارجية . فالحركة تحدث أما بتأثير جسم على جسم آخر أي قوة خارجية ، أو تكون داخل الجسم (ذاتية) بتأثير قوة العضلات. إن الحركة هي الوسيلة الاجتماعية التي يتعامل بها الإنسان مع عالمه المحيط به تماماً مثل اللغة ، و تعتبر الحركة الرياضية بأنها حركة ذات مستوى ، ولها إنجازاتها التي يجب أن نحققها تماماً ، كذلك لها أهدافها ومعانيها الخاصة بها، ونحن هنا في حاجة ماسة إلى فهم معنى المستوى الرياضي ، ولذلك يمكن أن نقول بأن جميع الحركات الرياضية التي تحقق أهدافاً ولو بسيطة لها خواص المستوى ، فالمستوى بالنسبة لطفل عمره سنة مثلاً يتحقق عندما يستطيع أن يقف وحده ، أو ربما عندما يتمكن من المشي ، أما بالنسبة لطفل عمره ثلاث سنوات ، فإن المستوى يتغير ، ونقول أن الطفل ذو مستوى حركي عندما يثب إلى أسفل من ارتفاع مستوى صدره ، أو إذا استطاع أن يرمي الكرة من فوق سور ارتفاعه مترين مثلاً ، كذلك يتضح لنا المستوى الحركي ، ويظهر أثناء أداء مجموعة تمرينات أو حركات تعبيرية في توافق حركي جيد ، ولا شك أن فهم المستوى الحركي ، يظهر أثناء أداء مجموعة تمرينات أو تعبيرات حركية في توافق حركي جيد ، ولا شك أن فهم المستوى الحركي بل وتحديده بالنسبة لمراحل النمو سوف تساعدنا كثيراً في مراعاة النواحي التربوية والأسس التعليمية ، وتطبيقها أثناء تدريسنا للتربية الحركية ، فمبدأ التطابق ينص على أن تكون مادة الدرس مطابقة للسن والجنس والمستوى ، والمطابقة للمستوى هنا تعني أن تكون المادة أعلى قليلاً من المستوى الحركي القائم فعلاً عند الطفل وقت تدريس المادة .

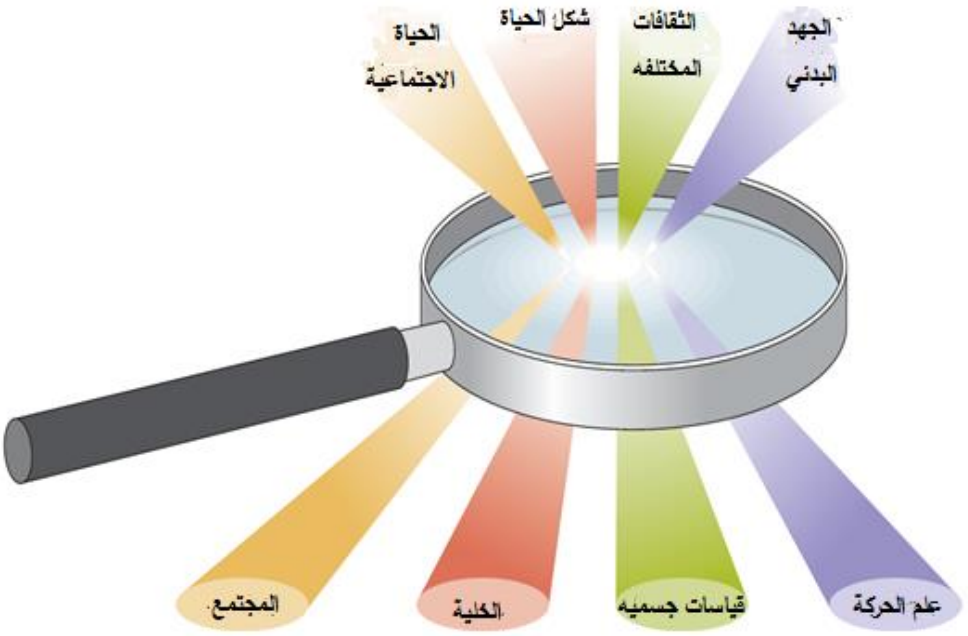
الشكل 2

الحركات التي لها معنى بالنسبة للطفل

وعلم الحركة هو العلم الذي يضبط المعلومات التي تركز على النشاط البدني. وهذا العلم يستمد ويدمج المعرفة من ثلاثة مصادر مختلفة هي:

- **النشاط البدني (المعرفة التجريبية)**
- **الدراسة النظرية والمفاهيم بالاسناد الى النشاط البدني (المعرفة النظرية)**
- **الممارسة المهنية في النشاط البدني (المعرفة المهنية للممارسة)**

لذا فان التعرف على النشاط البدني ومكوناته يعد من الامور الهامة في معرفة هذا العلم و ليس من المستغرب أن هذه أيضا هي الطرق التي نحن نقترب مقدمة لعلم الحركة والنشاط البدني.



شكل (3)

ضبط علم الحركة ضمن الانشطة الحياتية والبدنية الحيوية

- **ماهو علم الحركة التطبيقي**

علم الحركة، يعرف أيضا باسم علم الميكانيكا الحيوية، وهو يعني دراسة مختلف الظواهر الحركية التي يمارسها الجسم الحيوي ، وهذا يندرج ضمن سياق علم الحركة التطبيقي الذي هو كما نعرف أيضا دراسة قوة العضلات كقوى داخلية لجسم الانسان وما يمكن ان تسببه من ظهور لمختلف الحالات التي يتخذها الجسم سواء بالحالة الثابتة او المتحركة ، فضلا عن ارتباط قوة العضلات كأسلوب للتشخيص والعلاج استناداً إلى الاعتقاد بأن هناك عضلات مختلفة ترتبط بأجهزة خاصة وبالغدد ، واي ضعف في هذه العضلات يمكن ان يشير الى وجود مشاكل داخلية مثل تلف الأعصاب، وانخفاض إمدادات الدم، والاختلالات الكيميائية أو غيرها من المشاكل التي ترتبط بالغدد او بعض الاجهزه الوظيفية، وهذا يفرض على الممارسين القيام بتصحيح هذا ضعف العضلات، ليتمكنوا المساعدة في علاج المشكلة في الاجهزة الداخلية المرتبطة بها. ويمكن لممارسي هذا العلم تطبيقه لتشخيص وعلاج مشاكل الجهاز العصبي، ونقص التغذية أو التجاوزات والاختلالات في "مسارات طاقة الجسم " والعديد من المشاكل الصحية الأخرى.

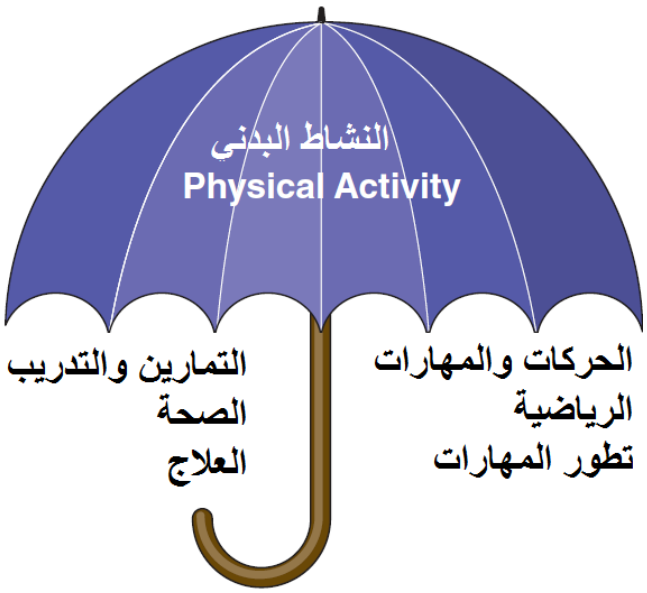
وضع (جورج جودارت) مقوم العظام الذي بدأ بكتابة محاضراته وأفكاره حول هذا العلم في عام 1964. في ان ممارسة علم الحركة التطبيقي بدء بتقويم العمود الفقري، وان على الاطباء أو أطباء الأسنان دراسة هذا العلم من اجل معرفة حالات تقويم الجهاز الحركي للانسان ، وانه يجب أولاً تدريبهم في مجالات تخصصهم والزامهم دراسة علم الحركة التطبيقي ، وخصوصا في مجال الدراسات عليا لتخصصاتهم، وهذا يشمل ، هشاشة العظام، ومرض باركنسون، والعديد من المشاكل الصحية الأخرى كالتخلص من الامراض التي ترتبط بالحياة كالسكري وضغط الدم ... فضلا عن الحاجة لهذا العلم في مجالات التعلم وصعوبات التعلم وعلم النفس والتدريب الرياضي.. فيما يخص تطبيقة على الجانب الحيوي للانسان والذي يعد المجال الرياضي احد واجهات هذا التخصص. ويمكن الاشارة في ذلك الى دراسة حالة اختلال التوازن في الجسم مثلا ، وردود الفعل وكما قد يلاحظ طبيعة المشية ونطاق الحركة. بعد الانتهاء من تحديد المشكلة، يتم اختبار قوة العضلات ضد الضغوط التي يجابهها الممارس. اذ من خلال معلومات علم الحركة التطبيقي تحديد استخدام القوة العضلية كاختبار محدد يتناسب وحركة الممارس، وينبغي أن يتم اختبار العضلات الرئيسه فقط كجزء من دراسة تشخيصية كاملة. وبالإضافة إلى اختبار العضلات العاملة الاخرى.

و يهتم دارسوا علم حركة الانسان في جميع صورها ومجالاتها بالدراسة الكاملة لحركة الانسان ولذلك يتعلق علم الحركة بدراسة واحدة من اكثر الظواهر تعقيدا في ارتباطها بأكثر اعضاء الكائنات الحية تعقيدا ألا وهي السلوك الحركي

للإنسان والنشاط البدني وما يرتبط به من ممارسات حركية ومهارية وما يتعلق بالصحة والعلاج ... الخ.لاحظ الشكلين (4 و 5) الذي يوضح مجالات الكينسولوجيا (علم الحركة)

شكل (4)

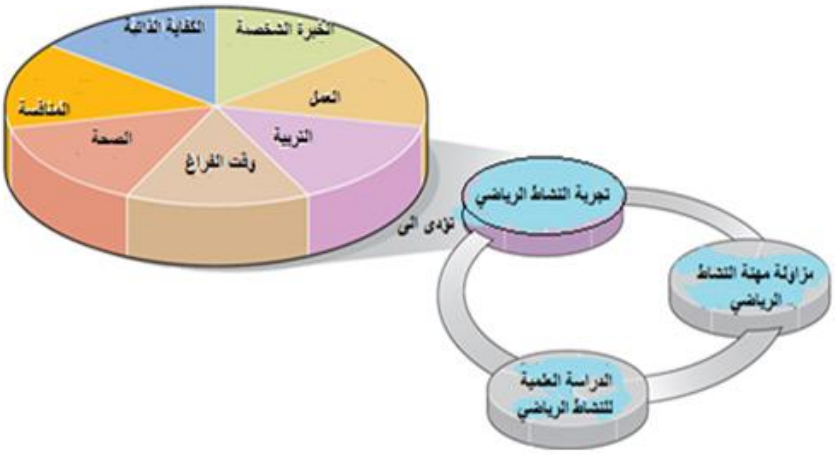
مجالات تطبيق الكينسولوجيا في المؤسسات العلمية المختصة



شكل (5)

مميزات النشاط البدني التي يدرسها الكينسولوجيا

- تجربة النشاط البدني : تعني ارتباط علم الحركة بالعوامل والمتغيرات الخاصة التي تحيط بطبيعة مجالات الحياة التي يعيشها الانسان سواء كانت ببرامج الرياضية او تربوية او الاعمال اليومية التي يقوم بها اوالحركة لاجل الصحة العامة ،او الحركة لاجل المنافسة وطبيعة ارتباطها بنظامه الحياتي، لاحظ الشكل(6)



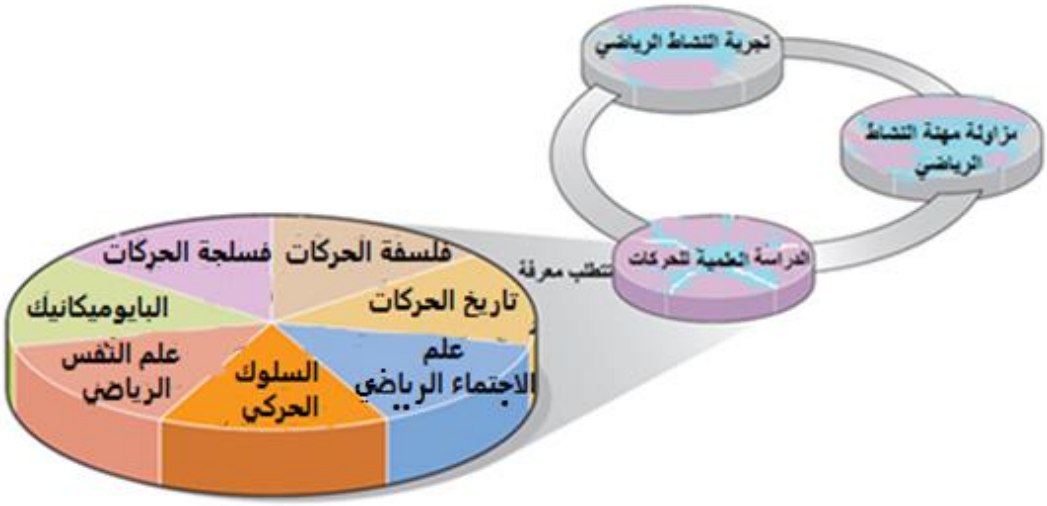
شكل (6)

تفرعات تجربة النشاط الرياضي في مختلف جوانب الحياة

- اما الممارسة العملية للنشاط البدني : فهي تعني الاهتمام بالدراسة والتعلم حول النشاط البدني خصصت الكثير من البلدان البرامج الأكاديمية لدراسة النشاط البدني باهتمام شديد واولت قسم من هذا الاهتمام الى أعضاء هيئة التدريس الذين يقومون بتصميم البرامج الرسمية للدراسة في الكليات والجامعات المتخصصة لتعزيز فهم أكمل لهذا الموضوع. لأن النشاط البدني مرتبط بفئات متعددة من شرائح الشعب وبمختلف الاعمار ومن اجل تعزيز المعلومات حول كيفية ادارة النشاط الرياضي وتنفيذه، حتم ذلك معرفة العلوم المختلفة حول هذا النشاط مثل علم النفس، وعلم وظائف الأعضاء، علم الاجتماع، وعلم الأحياء،التاريخ، أو الفلسفة. فعلى سبيل المثال، ممارسة علم وظائف الأعضاء يعتمد على المفاهيم الأساسية ونظريات علم وظائف الأعضاء؛ وعلم النفس يعتمد دراسة السلوك الحركي ... الخ؛ وهذا يعني أن طلاب علم الحركة يجب أن يطوروا مفاهيمهم في كيفية تطبيق الممارسة التطبيقية لهذا النشاط البدني وفق هذه العلوم. وسيكون هذا الأمر تحديا كبيرا لهم يستوجب الدراسة والمتابعة الجدية لامكان اجابتهم عن مختلف الأسئلة حول الرياضة وممارستها. اذ عادة ما تسأل عن التغيرات قصيرة الأجل التي

تحدث بسبب ممارسة أو التغيرات الطويلة الأجل التي تحدث بسبب التدريب. وأسئلة اخرى لها علاقة عن طرق تغيير أسلوب الأداء لتحسين الأداء البدني من الناحية الفسيولوجية، وكذلك يمكن ان يكون السؤال عن الجوانب الميكانيكية الحيوية وكيف تؤثر على أداء المهارة، والآليات العصبية الأساسية لأداء المهام الحركية،وتأثير أنواع من الممارسات على تعلم المهارات الحركية. فضلا عن العلوم الاخرى كعلم النفس الرياضي الذي يدرس مظاهر القدرات العقلية والنفسية كالقلق والجوانب النفسية للأداء، والعوامل المحفزة التي تجعل الناس يلتزمون بممارسة برامج التدريب. فضلا عن دراسة المسائل المتعلقة بالقيم والأخلاق التي تتصل بالرياضة وممارستها، مثل "ما هي القيم التي ينبغي أن توجه لتصميم البرامج الرياضة ؟ "أو" يمكن أن تكون الرياضة شكلاً من أشكال الفن؟ "

علماء الاجتماع يمكن ان يساهموا بتحليل تأثير عوامل الجنس، العرق، الطبقة، وسائط الإعلام، السياسة، والدين على المشاركة في الرياضة وممارستها.(الشكل 7)



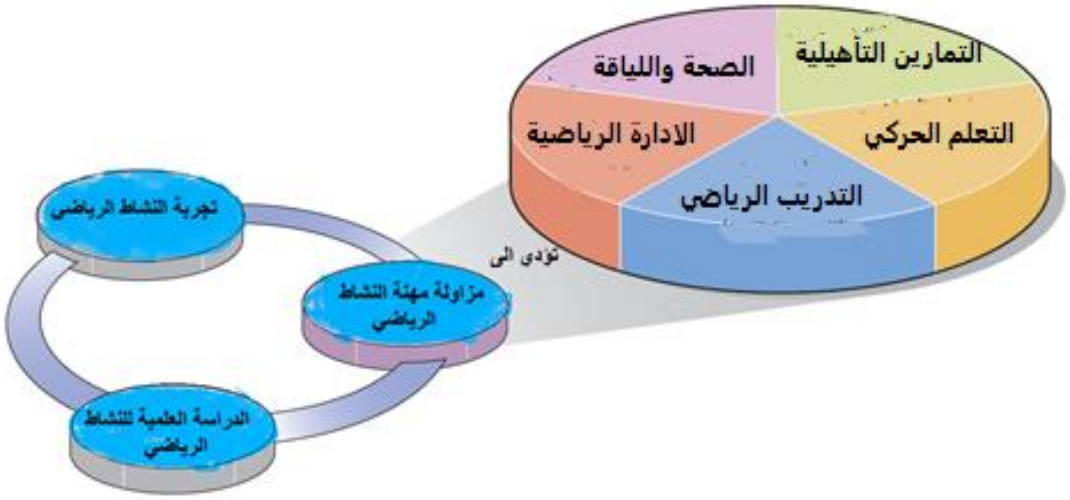
شكل (7)

متطلبات الدراسة العلمية لعلم الحركة

- **مزاولة مهنة النشاط البدني:**

كثير من الناس من يستمتع بممارسة الانشطة البدنية المختلفة ولكن من يكون هدفه أن يصبح مدربا على مستوى معين فان يجب إكمال شهادة بكالوريوس في علم الحركة او في إدارة الرياضة ويصبح مدير رياضي في مؤسسة أو مدير ساحة رياضية كبرى أو الملعب، وهذا يتطلب ان يمتلك مصادر معرفة متعددة عن علم الحركة وتفرعاتها ، والمصدر الهام من مصادر المعرفة في علم الحركة هو:

➤ **البحث ومنهجيته والدراسة العلمية وتنمية المعلومات حول النشاط البدني والممارسة المهنية وكيفية تقديم الخبرات عن الممارسة البدنية ، وكيفية تنظيم المناهج الدراسية، وكيفية ربط الطلاب بعملية التدريب وإلاعداد البدني، هذه المعرفة تكتسب من خلال الخبرة العملية، فضلا عن الخبرة أثناء العمل، والمعرفة المكتسبة من خلال البحوث، ويختلف عن المعرفة التي اكتسبوها من خلال الخبرات المباشرة الخاصة بأداء النشاط البدني. الشكل(8)**



شكل (8)

مزاولة مهنة النشاط الرياضي

ان مزاولة مهنة النشاط البدني سيمنح الممارس لهذه المهنة معارف عديدة ، يستند عليها لاحقا ليكون مؤهلا في علم الحركة وقادرا على احدث الافعال المطلوبة احداثها على جهاز حركة الانسان والشكل (9) يبين ذلك

شكل (9)

اخلاقيات مهنة الخبير بعلم الحركة

- **طبيعة الحركة وتدرجها عند الانسان**

الحركة هي سلوك حركي يتخذه الانسان او الكائن الحي لتحقيق هدف من الاهداف الحياتية اليومية ولمختلف المجالات ، فهي تعد الشكل الأساسي للحياة في التعبير عن الأفكار والمشاعر والمفاهيم الخاصة بالذات بشكل عام ، ويمكن ان تكون هذه الحركة دالة على استجابة بدنية ملحوظة لمثير ما سواء كان داخليا" أو خارجيا".

وتعد حركات الكائن الحي ومنها الانسان من أقدم أشكال الاتصال بالبيئة للمساهمة في تحقيق الغايات والمتطلبات المختلفة التي يرغب في تحقيقها ، فلقد استخدمت من قبل الإنسان القديم لحماية نفسه وجماعته ، ولقد استعان الإنسان منذ وجوده بالحركة في كسب رزقه وفي الدفاع عن نفسه ، بل إنها كانت وسيلته الوحيدة للمحافظة على حياته واستمرارها ، ومع تطور المدنية ودخول الإنسان في عصر الآلة بدأت حركته تقل ، مما انعكس بالتالي على صحته وتكوينه ، وبعد أن كان اهتمام الإنسان وتركيزه منصباً على الآلة وتطويرها ، بدأ أخيراً يهتم بحركته ، ويحاول تطويرها وصقلها والارتفاع بها ، ومن هنا وجدت المشاكل الحركية . وتطورت فيما

بعد لتعد من أهم وسائل المرح والمتعة من ممارستها في وقت الفراغ ، فضلا عن تاثيرها النفسي للتخلص من التوتر والقلق والغضب والحالات النفسية الاخرى.

وقد ظهرت أهمية الحركة لإنسان العصر الحديث عصر التكنولوجيا المتقدم كجزء أساسي لتعويض النقص الدائم والمتزايد في الحركة الإنسانية الناتجة عن هذا التقدم العلمي فجاءت أهميتها إضافة إلي الجانب البنائي كجانب تعويضي لمعالجة حالات القصور والضعف الناتج عن طبيعة العمل والمهنة التي يمارسها الفرد .

كما عدت الحركة قديما" وحديثا" من طرق التعلم واكتساب السلوك الحركى الهادف ، فهي تساعد الفرد اذا ما طبقت وفق منهج علمي مدروس على اكساب الفرد الجوانب المعرفية وتشكيل المفاهيم وحل المشكلات الحركية المختلفة سواء للانسان الاعتيادي او المعاقين او الرياضين ذوى المستويات المميزه ، ومن خلالها أيضا" تمكن الفرد من تحقيق اكتشافات عديدة في البيئة الاجتماعية والطبيعية مما ساعده ذلك على الاقتصاد بالجهد والحركات وتكيف أنماط حياته تبعا لذلك .

- **مفهوم وتعريف علم الحركة**

تعرف الحركة بأنها تعبير عن القوة البدنية التي تكون السبب في انتقال الجسم ، وكذلك هي انعكاس للنواحي العقلية والنفسية ، وتعبير عن شخصية الفرد ، وهي أيضا إحدى الوسائل الهامة لتحسين حركات الفرد بصورة شاملة متزنة . والحركة أيضاً تعني الفعل الناتج من تطبيق القوة لضمان الحصوول على التغيير المكاني للجسم سواء كانت هذه القوة داخلية او خارجية ، أي التحرك من مكان إلى مكان أخر يتم بواسطة قوه داخلية ترتبط بالجهاز العصبي – الحسي والعضلات والعظام او قوة خارجية ترتبط بالبيئة التي يؤدي فيها الانسان تلك الحركات . فالحركة تحدث أما بتأثير جسم على جسم آخر أي قوة خارجية ، أو تكون داخل الجسم (ذاتية) بتأثير قوة العضلات.

والحركة المقصودة في مجال التربية البدنية والرياضية هي الحركة الهادفة التي تؤدي إلى ان يبذل الانسان نشاط ملحوظ في عضلاته الهيكلية الداخلية والتي تكون على شكل انقباضات لامركزية لتحضيرها للعمل العضلي المركزي والتبادل فيما بينما بشكل امثل والذي يعد من ضروريات تحقيق التكامل بالحركة ، أي الحركة الإرادية، وتكون هذه الحركات بأشكال متعددة (دورانية ، انتقالية ، منتظمة ، وغير منتظمة، دائرية) .

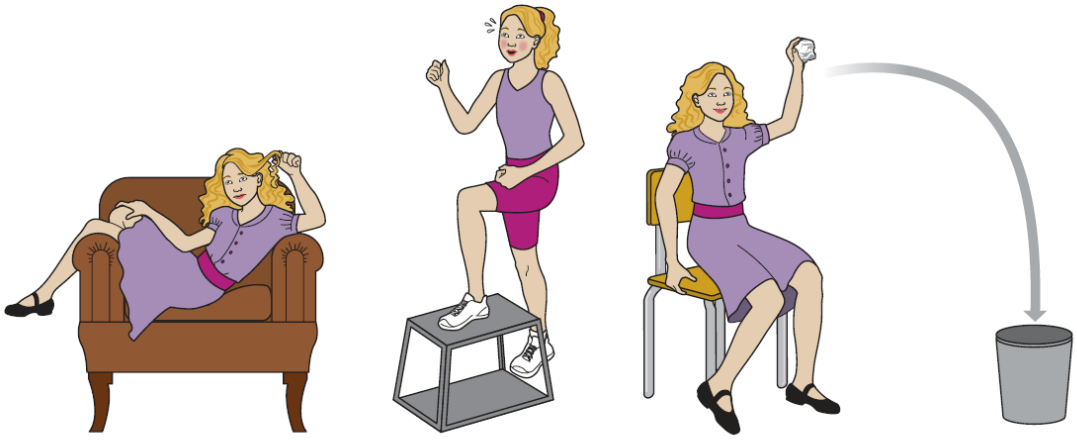
وتختلف حركة الإنسان في خصائصها ، وتتنوع في أشكالها وتتباين في أغراضها ، ولكنها تتحد كلها في التعريف بها ، فهي ككل حركات الأجسام الأخرى ، لا تخرج عن كونها انتقال للجسم أو دورانه لمسافة معينة في زمن معين ، وعلى

ذلك فالمشي حركة ، وكذا الركض، والوثب والقفز بانواعه ، والمرجحة ، والتسلق... الخ ، وهذه كلها حركات لها أغراض محددة.

وهناك أيضاً الحركات التي ليس لها أغراض معينة كحركة المريض المصاب بنوبات الصراع مثلاً ، او الانسان الذي يسير في الطريق وتهتز يداه باستمرار أو حركات المجانين العشوائية.

وعلى ذلك يمكن أن نطلق كلمة حركة على كل انتقال أو دوران للجسم أو لأحد أجزائه، سواء كان بغرض أو بدونه . ولابد للحركة سواء كانت انتقالية أو دورانية أن يكون لها سرعة ثابتة أو متغيرة ، والحياة الرياضية غنية بالحركات الهادفة التي نمارسها كل يوم في الملاعب والساحات والأندية وبالأدوات أو بدونها، وعلى الأجهزة أو في التمرين أو التدريب أو المباريات والمنافسات، ولقد أصطلح على تسمية هذه الحركات الرياضية بالتمارين ، ولهذا نفرق بين الحركة والتمارين بأن التمرين لابد أن يكون له غرض معين ، أو هو حركة لها غرض ثابت وواضح ، أما الحركة فهي أي انتقال أو دوران سواء كان له غرض أو لم يكن له هذا الغرض.

لذا يمكننا أن نقول أن الحركة هي البهجة والسعادة ، وهي الحياة بالنسبة للإنسان ومصدر حياته ولو نظرنا إلى المفهوم الأبعد للحركة ، نرى أنها جوهر الحياة ، ولا يمكن للحياة أن تسير أو تتطور بدونها ، فمن خلال الحركة نستطيع تطوير وتنمية قدراتنا وطاقاتنا في نمو الذكاء ، وتعزيز الإرادة .



شكل(10)

انوع الحركات

ولقد اشار العديد من العلماء المختصين بدراسة الحركة الى العديد من تعريفات علم الحركة فلقد عرف هذا العلم بانه " ميدان دراسة القوانين والمبادئ المتعلقة بحركة الجسم الإنساني بهدف الوصول إلى الكفاءة الحركية". وكذلك عرف علم الحركة بانه " العلم الذي يبحث في الشكل أو التكوين المورفولوجي للحركة".

وعرفه كورت ماينل بأنه "العلم الذي يبحث في المظهر الخارجي لسير الحركة".

وعرفه حامد عبد الخالق بأنه "هو العلم الذي يقوم بدراسة الأداء الحركي للإنسان بغرض الوصول بالأداء إلى أعلى مستوى تسمح به إمكانات وطاقات البشر".

اما العالم باور "Bawer" فعرفه: "بأنه ميدان دراسة القوانين والمبادئ المتعلقة بحركة الانسان بهدف الوصول إلى الكفاية الحركية".

مما تقدم وبعد ما عرضناه سواء لعلم الحركة أو نظريات الحركة يمكن تعريف علم الحركة وكما يلي:

"العلم الذي يبحث في جميع التمارين التي تحقق أهدافاً حركية أو مستوى حركي يتضمن شكلاً وأداءاً وتعلماً وتطوراً وجمالاً لمختلف حركات الإنسان وعلى مر العصور".

والعلم الذي يهتم بدراسة حركة الانسان هو ما نطلق عليه بعلم الحركة ، لذا فان علم الحركة بالحقيقه يعني العلم الذي يهتم بدراسة الحركة الإنسانية من وجهة نظر العلوم الطبيعية،والتي تعتمد على ثلاث ميادين دراسية اساسية ، هي علم الميكانيكا وعلم التشريح وعلم وظائف الأعضاء. ومعظم الدراسات الخاصة بعلم الحركة تعتمد أساساً على علمي الميكانيكا والتشريح بجانب دراسات منفصلة عن فسيولوجية عمل العضلات والتي تغطي جزء كبير من الجانب الثالث إلا وهو علم وظائف الأعضاء اذ أن هناك مفاهيم فيسولوجية معينة لا يمكن تجاهلها عند تدريس مادة علم الحركة. ويوجد تداخل بين العلوم المرتبطة بالحركة وخصوصا بين الميكانيكا الحيوية وعلم الحركة اللذان يعدان المصطلحان ألاساسيان لدراسة علم حركة الإنسان.

فعلم الحركة (Kinesiology) هو العلم الذي يهتم بحركة الكائن الحي نفسياً واجتماعيا وتشريحياً وفسيولوجياً وبالتالي أصبحت أقسام ومعاهد التربية الرياضية في العالم تعتمد عليه. ويستخدم في علم الحركة تطبيقات وظائف الجهاز الحركي وهو العصبي والمفصلي والعضلي(أعصاب + مفاصل + عضلات). واول علم يترتبط بدراسات علم الحركة هو الميكانيكيا الحيوية..

1. **فالميكانيكا الحيوية Biomechanics:**

علم يبحث في تقييم حركة الكائن الحي والقوى الواقعة عليه الناتجة من وقوع قوى عليه وما ينتج من ردود افعال على المفاصل والعظام والعضلات ورد فعل قوى رد فعل الأرض.

اما العلم الثاني ، فهو التشريح الوظيفي الذي يرتبط بعلم التشريح....

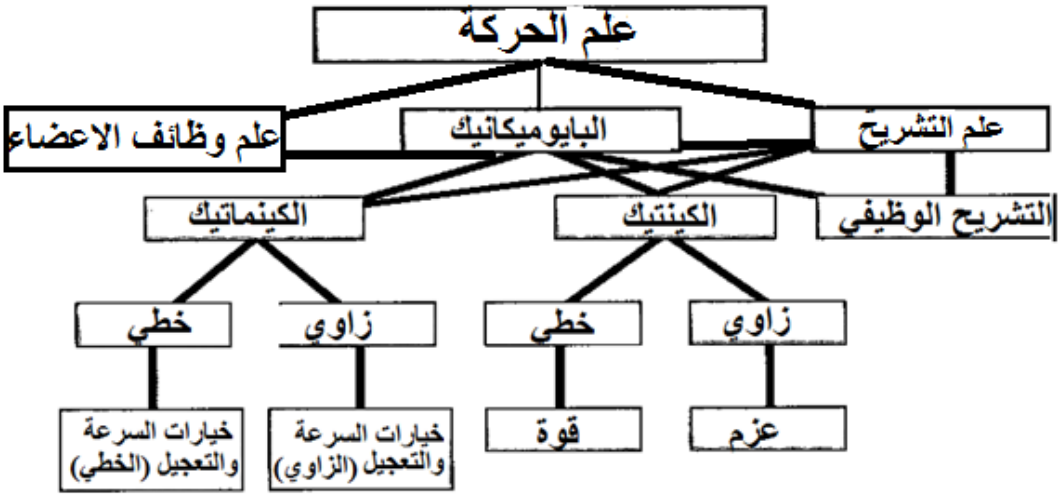
2. **فالتشريح Anatomy: هو العلم الذي يبحث تكوين الجسم.**

3. **والتشريح الوظيفي Functional anatomy: هوالعلم الذي يدرس مكونات وأجزاء الجسم اللازمة لإنجاز حركة معينة أو وظيفة معينة من الحركات (حركة مجموعة من العضلات والمفاصل التي تقوم بالحركة) في جسم الكائن الحي. فلا يعني التشريح الوظيفي معرفة أين توجد العضلة، بل كيف اثرت على حركة الجسم، وأي مجموعات ساهمت في تحريك جزء معين منه. ومن خلاله يمكن معرفة حركة الإنسان وتطويرها. بمعني أننا إذا أردنا بحث حركة ومفاصل وعضلات شخص يريد الوقوف من الجلوس نبحث في حركته من بدء الحركة حتى نهايتها (علم الحركة من ناحية تشريحية).**

فضلا عما تقدم علم وظائف الأعضاء Physiology الي هو العلم الذي يبحث بوظائف أعضاء جسم الكائن الحي. يرتبط ايضا بعلم الميكانيكا الحيوية بـ:

4. **علم وظائف الأعضاءPhysiology**

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، لاحظ المخطط (1).



مخطط (1)

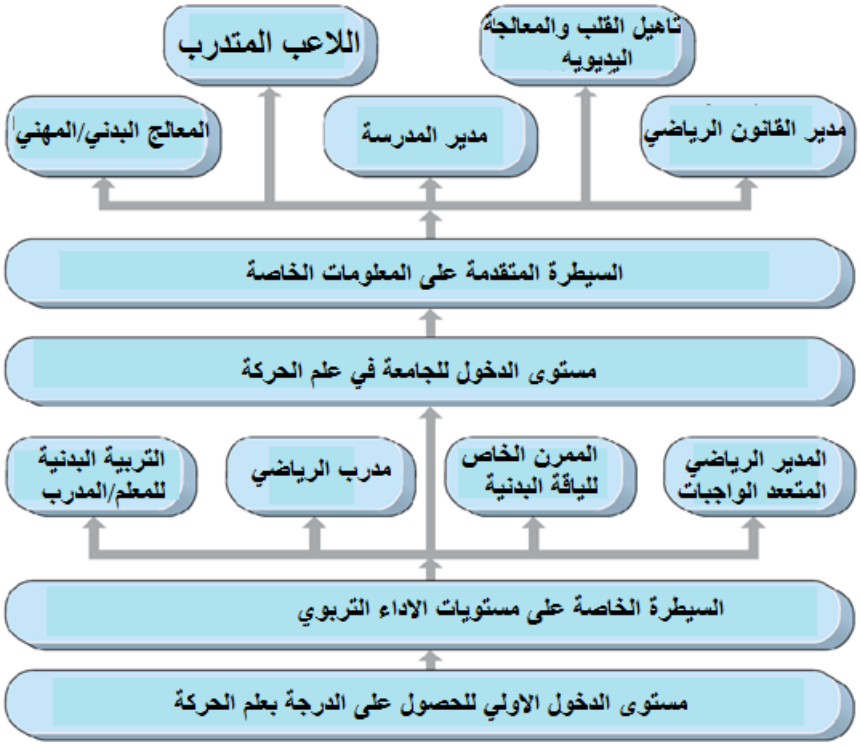
علم الحركة والعلوم الاخرى

ان جميع الحركات التي ندرسها وفق المنظور العلمي على اساس ارتباطها بالجوانب التشريحية والميكانيكية فضلا عن ارتباطها بالجوانب الوظيفية انما تندرج وفق اساسيات مادة علم الحركة التي تعتمد أساساً على التشريح الوظيفي المرتكز على فهم الواجبات العضلية وفق الاداء الحركي والمهاري والتي تؤدي الى حركة الجسم او اجزاؤه وفقا للهدف منها والتي ترتبط فيما بعد بتعقيد اداء المهارات الحركية التي تتطلب توافق عضلي وعصبي ودرجه عالية من التحكم والاتزان ، ما ولد ذلك الحاجة الى ان تكون تلك الدراسة وفق الأسس الميكانيكية التي تطبق على الاداء الحركي والمهاري للوصول بالأداء لا على مستوى ممكن.

والأسس الميكانيكية لا تطبق فقط على حركة الجسم الإنساني بل تطبق كذلك على حركة الأداة المستخدمة مثل الكرة والمضرب، والرمح، والثقل، والقرص وسلاح المبارزة وفي التعامل مع الخصم او المنافس في الالعاب القتالية وفي التعامل مع الدراجات في سباق الدراجات وفي التعامل مع المحيط كالوسط المائي عند السباحة.. إلى آخره من الأدوات والبيئات التي تستخدم في تحقيق الهدف من الاداء المهاري و الرياضي.

ولأن الأسس التي تعتمد عليها دراسة الحركة مستندة على العلوم الأساسية كالتشريح والفسيولوجي والطبيعة ، لذا فان علم الحركة يعتمد على اساس ان الحركة ليست علم قائم بذاته، وعلى أي حال فإن الإسهام الحقيقي لهذا العلم يجب ان يكون على الأسس التي تحكم الحركة البشرية والمتاتية من عدة علوم وتنظيم طريقة تطبيقها.

ولقد فتح هذا العلم افاق جديدة للحركة الإنسانية التي نعايشها ودراستها ، وفتح توجها على عالم جديد لدراسة وتقدير الحركة الإنسانية للارتقاء بكل مظاهرها الحركية المتعلقة بجماليتها وانسيابتها وايقاعها الى اخره من المظاهر المرتبطة بظهور الاداء المثالي، والذي يتطلب تحقيق التناسق البنائي والميكانيكي المناسب لها ، وطريقة تكيفها وتفاعلها مع البيئة المحيطة المناسبة لادائها ، فلا شيء متروك للصدفة أو للمصادفة ، فكل عضو مشترك في حركة الجسم يقوم بهذا الأداء في خضوع تام للأسس الحركية والميكانيكية والفسيولوجية والطبيعية.



مخطط (2)

الاساس الذي يعتمد عليه للحصول على درجة بعلم الكينسولوجيا

لقد نوقشت مطولاً على الصعيد الدولي وبعض الدول العربية، تسمية الجهات التي تنتمي اليها والتي يكون على عاتقها ادارة علم الحركة والتربية البدنية وتهيئة واعداد مدرسي التربية البدنية والمدربين عموما وهذه الجهات على اختلاف إنتمائها هي:

- وزارة الصحة والتربية البدنية والترويح والرقص.
- إدارة التربية البدنية والصحة، والعلوم الترفيهية.
- إدارة التربية البدنية واللياقة البدنية.

- **قسم العلوم الصحية.**
- **قسم علوم الرياضة والتربية البدنية.**
- **قسم علم الحركة.**
- **قسم العلوم الرياضية.**
- **قسم التربية البدنية وعلوم الحركة.**
- **إدارة حركة العلوم والدراسات الترفيهية.**
- **قسم الأغذية والتغذية، وممارسة العلم.**
- **إدارة الدراسات لحركة الإنسان.**
- **قسم الدراسات الرياضية.**

- أهمية دراسة علم الحركة:

يعتبر علم الحركة فى العصر الحديث من أهم العلوم فى تفسير الحركات الرياضية بمجاليها (التعليمي و التدريبي) من حيث التعرف على الشكل الخارجي للأداء و مسببات حدوث الحركة والتعرف على الحركات الجديدة و تطويرها علميا.

إن الحركة هي الوسيلة الاجتماعية التي يتعامل بها الإنسان مع عالمه المحيط به تماماً مثل اللغة، و تعتبر الحركة الرياضية بأنها حركة ذات مستوى ، ولها إنجازاتها التي يجب أن نحققها تماماً مثل حركة العمل ، كذلك لها أهدافها ومعانيها الخاصة بها ، ونحن هنا في حاجة ماسة إلى فهم معنى المستوى الرياضي ، ولذلك يمكن أن نقول بأن جميع الحركات الرياضية التي تحقق أهدافاً ولو بسيطة لها خواص المستوى الذي ينبغي تحقيقه منها ، فالمستوى بالنسبة لطفل عمره سنة مثلاً يتحقق عندما يستطيع أن يقف وحده ، أو ربما عندما يتمكن من المشي ، أما بالنسبة لطفل عمره ثلاث سنوات ، فإن المستوى يتغير ، ونقول أن الطفل ذو مستوى حركي عندما يثب إلى أسفل من ارتفاع مستوى صدره ، أو إذا استطاع أن يرمي الكرة من فوق سور ارتفاعه مترين مثلاً، كذلك يتضح لنا المستوى الحركي أثناء أداء مجموعة تمرينات أو حركات تعبيرية في توافق حركي جيد ، ولا شك أن فهم المستوى الحركي ، يظهر أثناء أداء مجموعة تمرينات أو تعبيرات حركية في توافق حركي جيد ، ولا شك أن فهم المستوى الحركي بل وتحديده بالنسبة لمراحل النمو سوف تساعدنا كثيراً في مراعاة النواحي التربوية والأسس التعليمية ، وتطبيقها أثناء تدريسنا لعلم الحركة، فمبدأ التطابق ينص على أن تكون مادة الدرس مطابقة للسن والجنس والمستوى ، والمطابقة للمستوى هنا تعني أن تكون المادة أعلى قليلاً من المستوى الحركي القائم فعلاً عند الطفل وقت تدريس المادة .

كما أن أدوات علم الحركة تطورت في الآونة الأخيرة و منها التحليل الحركي الذي ظهرت منه أنواع كثيرة جدا و على رأسها التحليل الميكانيكي باستخدام التصوير بكاميرات الفيديو الحديثة وتحليل النتائج باستخدام الحاسب الآلي، و الأشعة تحت الحمراء، و جهاز الليزر لرصد الحركات باستخدام أشعة التصوير .

وباتت دراسة علم الحركة ضرورة لازمة لمعلمي ومدرسي التربية البدنية ولا يمكن الاستغناء عنه ، فهو جزء رئيسي لتنمية خبراتهم التعليمية والتدريبية ، وتتضح كذلك أهمية دراسته للرياضيين لما له من أثر مباشر على الارتفاع بمستوى الأداء.

ونلاحظ أنه كلما زاد الصراع في المقابلات والمنافسات الدولية في المجال الرياضي كلما اندفع الباحثون نحو دراسات أعمق للحركة الرياضية لتحديد العوامل التي تؤثر على مستوى أداء الفرد. ويمكن ان تلخيص الاهمية من دراسة علم الحركة بالنقاط الاتية:

- **المساعدة على إتقان الأداء الحركي للوصول الى المثالية بالاداء.**
- **مساعد الفرد على فهم الاداء الحركي للقيام بأدائه بطريقة سليمة بدون خلل واصابه.**
- **المساعدة في تحقيق بالقوام المعتدل ووالتناسق الحركي لحركة الجسم وأجزائه المختلفة.**
- **مساعدة الفرد على تقويم حركاتة ومعرفة الأخطاء وسببها.**
- **مساعدة الرياضي للوصول إلى مستوى عالي من البطولة في حال بتطبيق المبادئ والقوانين الميكانيكية والحركية في التدريب.**
- **تطوير قدرة الفرد على تحليل الحركات المختلفة.**
- **تسهيل عملية التعليم وفق الأسس العلمية بالاعتماد على التحليل الحركي لإمكان تحديد الأخطاء واكتشافها والعمل على تصحيحها ،**
- **المساعدة في معرفة النقاط الفنية الخاصة بكل مهارة حركية.**
- **مساعدة المعلم على وضع يرامج التدريب والتعليم، وبرنامج للمعاقين.**

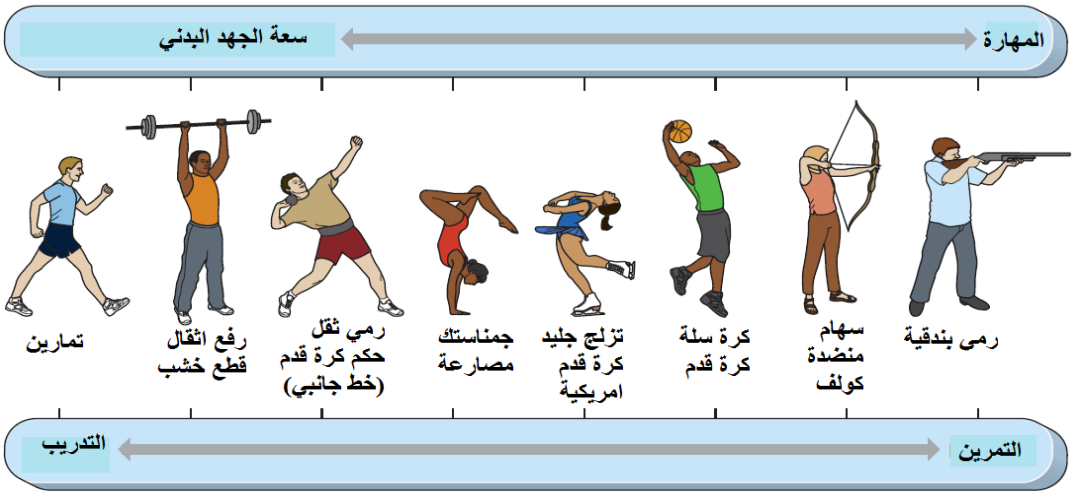
ـ التمرينات والتدريبات في علم الحركة

يشار الى ان مصطلحي التمرينات والتدريبات يرافقان البرامج الحركية التي ترتبط بعلم الحركة، فالتمارين تستخدم لتطوير المهارة او الاداء المهاري و تكون نتيجة هذه التمارين حدوث عملية التعلم ، اما التدريبات فهي ترتبط بدرجة الجهد البدني الذي يراد منه تطوير القدرات والذي نتيجته تكون تكيف في المجاميع العضلية وفق القدرة البدنية المدربة ، لاحظ المخطط (3) الذي يبين ذلك.

مخطط (3)

التمارين والتدريبات في علم الحركة

ان استخدام التمارين او التدريبات يكون بالاشارة الى اهمية كل منها عند الاستخدام فاذا كانت المهارة تتجه باتجاه التعليم وتحتاج الى تكرار وممارسة تمرينات معينة نهدف من خلالها احداث حالة تعلم واتقانه لتلك المهارة ، فيكون لزاما علينا استخدام تمرينات، اما اذا كانت الحاجة الى تطوير مكون بدني او قدرة بدنية فيجب ان يكون هناك تدريب ليكون الناتج تكيف يحصل في اجهزة الجسم المختلفة. والشكل (11) يوضح هذا المفهوم.



الشكل (11)

مفهوم التمرينات و التدريبات نسبة لحاجة المهارة منها في التعليم او التطوير

- **مجالات علم الحركة:**

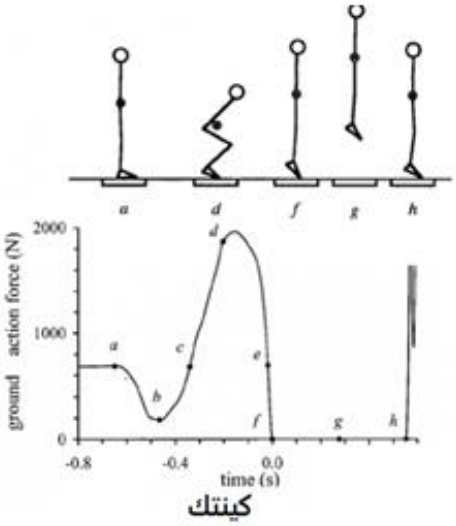
يخضع اداء حركات الإنسان والحيوان للقوانين الميكانيكية التي تحكم ذلك الاداء سواء كان الاداء انتقالا خطيا او منحنيا او زاويا، ويبحث هذا العلم عن تطابق الشروط الميكانيكية سواء الوصفية الناتجة عن بذل قوة (كينماتيكيا الحركة) او السببية التي تسبب ظهور الحركة (كيناتيكية الحركة) وهذين الشرطين يكونان اساس العلم الذي يبحث فى حركات الإنسان الرياضية من الناحية الميكانيكية فقط، ويجب أن يشترك علم التشريح والفسيولوجي والبيولوجي مع علم الحركة والميكانيكا الحيوية جنباً إلى جنب في هذا الطريق.

- **فعلم الحركة Kinetics- :**

يهتم بتحليل القوى على جسم ما او نظام ما لتحديد المشاركة ووصف الحركة (ان وجدت) فيقوم بفحص القوى المؤثرة على الجسم ويحاول من خلاله معرفة وتحديد هذه القوى التي تؤثر على الجسم. ولا يمكن عادة أن نرى القوى ولكن نشعر أو نشاهد تأثيرها. لذلك يجب وجود قياس أساسي لاستقراء واستنباط القوى المؤثرة..

- **وعلم الحركة المجردة-Kinematics**

يهتم بتحليل مظاهر الحركة لجسم ما او نظام ما دون دراسة القوة ، كالمسافة المقطوعة، و السرعة او التعجيل. .... الخ. اي دراسة الحركة من حيث المكان والزمان بدون تحري أسباب الحركة.



شكل (12)

كينماتيكية وكينتيكية الحركات

ويمكن عن طريق هذا العلم أيضاً معرفة نتيجة الحركة وحصيلتها وكذا التنبؤ من ظروفها المختلفة إذا توافرت المعرفة الدقيقة والدراسة العميقة لقواعد الحركات ومن ذلك يمكن الكشف عن اخطاء الاداء الحركي ، وصولا الى تحقيق التكامل في كل المظاهر الخاصة بالحركة ومن ثم تحقيق الهدف الرئيس من الاداء باعلى اقتصادية، لذا فان من الاهمية دراسة علم الحركة والميكانيكا الحيوية عند تدريب وتعليم جميع الحركات اذ لايمكن ان نستمر في التعليم والتدريب دونهما وفي جميع المجالات التي ترتبط بعلم الحركة ومن هذه المجالات:

1- مجال دراسة الحركات الرياضية:

لقد وصل التنافس بالمستويات الرياضية الى درجة عالية جدا لتحقيق الفوز، ولقد اهتمت دول المقدمة بالانجاز الرياضي الى اجراء التجارب العملية المستند على العلوم الرياضية للوصول الى اعلى المستويات في الالعاب الاولمبية، ولذلك فقد زاد الاهتمام بعلم الحركة والميكانيكا الحيوية اهتماماً كبيرا من اجل تطوير الحركات وادائها والوصول الى مستويات عالية من التوافق العصبي العضلي للتغلب على حالات التعقيد في الحركات المتولدة جراء الحاجة للحصول على افضل المستويات وتحقيق النجاح ، وزاد هذا الاهتمام حينما اشتد الصراع في المقابلات الدولية. وتحول الصراع إلى استعراض للمستوى العلمي الذي وصلت إليه الدول المتنافسة في مجال الرياضة، وكلما زاد الصراع بين هذه الدول في المجال الرياضي كلما اندفع الباحثون نحو دراسات أعمق للحركة الرياضية لتقنين جميع العوامل التي تؤثر على مستوى

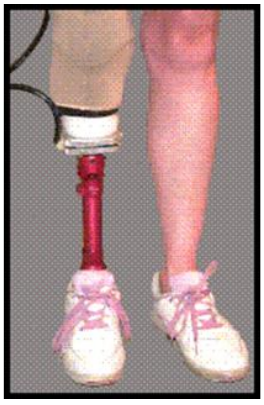
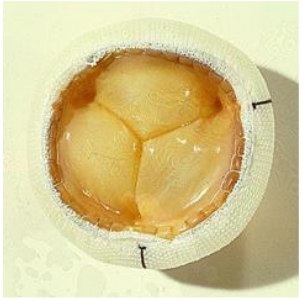
أداء الفرد، وتأثير القوى المختلفة سواء كانت هذه القوى داخلية أو خارجية أو التأثير المتبادل بينهما.

2- المجال العلاجي والتأهيلي:

دخل علم الحركة والميكانيكا الحيوية في تحديد اساس العمل في مجال التاهيل والعلاج الطبيعي وفي تشخيص بعض حالات التشوهات والانحرافات القوامية، وتحديد و معرفة نواحي القصور أو العجز والمساهمة في تحديد التمارين الحركية والتدريبات المناسبة للارتقاء بالقدرات البدنية وتطوير واجباتها الحركية فضلا عن المساهمة في تصنيع الأطراف الصناعية و تحليل حركات المعاقين والمساعدة في وضع برامج لتأهيلهم والمشاركة في علاجهم.

3- مجال الصناعة والإنتاج:

دخل علم الحركة وعلم الميكانيكا الحيوية ميدان تصنيع الاجهزة المساعدة بالتدريب والتعلم وتطوير الحركات والمهارات الرياضية المختلفة وفي مجال التحليل الحركي وكذلك دخل هذين العلمين في المحالات الحياتية الاخرى فقد اهتما بدراسة وتحليل الحركات المهنية وطبيعة حركة العامل والمهني ومدى توافقها مع طريقة تشغيل الآلة، ومحاولة إيجاد أعلى توافق بين حركة العمل وأسلوب تشغيل الآلة بهدف تحقيق أفضل مستوى لتشغيل الآلة بأقل جهد ممكن من العامل.

شكل (13)

المجال العلاجي والانتاجي لعلم الحركة

4- مجال التطور الحركى للإنسان:

يستخدم مصطلح المهارات الحركية الأساسية في مجال التربية الرياضية للإشارة إلى بعض مظاهر الإنجاز الحركي التي تظهر مع مراحل النضج البدني المبكرة مثل : الزحف ، والمشي ، والركض ، والدحرجة ، والوثب ، والرمي ، والتسلق ، والتعلق ، وغيرها من الحركات التي ترتبط ببعض مظاهر النضج البدني في مراحله الأولى ، ولأن هذه الأنماط الحركية تظهر عند الإنسان في شكل أولي لذا يطلق عليها البعض اسم المهارات الحركية الأساسية . وفى هذا المجال يقوم علم الحركة والميكانيكا الحيوية بدراسة تطور حركة الإنسان منذ الولادة وحتى الشيخوخة أي دراسة المميزات الحركية لكل مرحلة سنية يمر بها الإنسان.

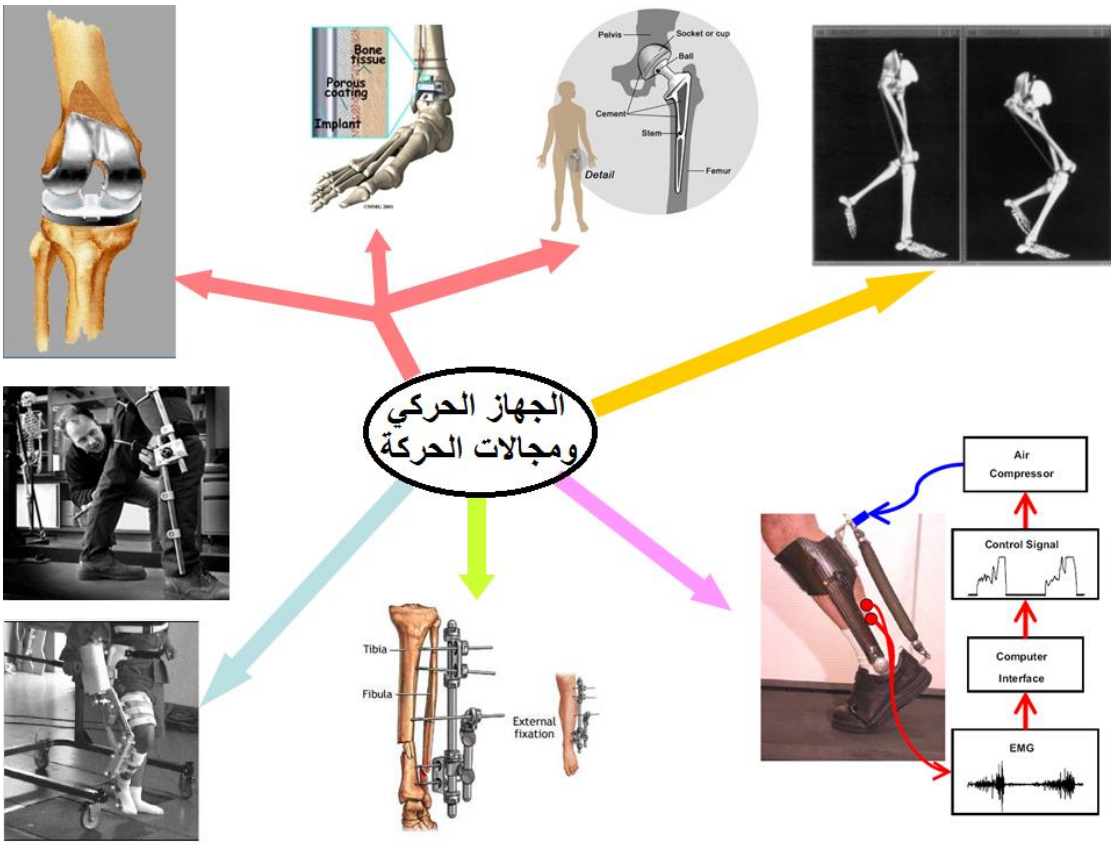
5- مجال الحركة فى الفراغ:

يساهم علم الحركة والميكانيكا فى دراسة وتحليل حركة الإنسان في أي مكان وتحديد العوامل المؤثرة عليها سواء في الفراغ أو في أي مجال آخر.

6- التعلم الحركى:

من المعروف أن الدراسات التى تهتم بطريقة تعلم المهارات الحركية هى مجال مشترك بين علم النفس وعلم الحركة هذه الدراسات تهتم بالعوامل التى تساعد على التعلم الحركى. كما تهتم بالمراحل التى يمر بها الفرد أثناء تعلمه للمهارات الحركية. وهدف هذه الدراسات هو إيجاد تصور صحيح لدى المعلمين والمدربين للمراحل التى يمر بها التلميذ أثناء تعلمه لأحدى المهارات الحركية وخصائص كل مرحلة وواجبات المعلم أثناء كل مرحلة.

ويحتاج علم الحركة إلى استخدام دمج للمعلومات من عدة علوم فرعية . مثلا يحتاج مدرب السباحة ان يدمج المعلومات من عدة علوم فرعية لمساعدة سباح القفز على تعلم مهارة جديدة. منها معرفة المدرب بقوة ومرونة السباح(فسيولوجيا التمرين) يجب أن تدمج مع المعرفة لأشكال مختلفة من التكنيك(البايوميكانيك) وكذلك التمرين يحتاج إلى (تعلم حركي) والى الحالة النفسية للسباح إلى (سيكولوجيا الرياضة). ينشا التناقض في علم الحركة من فروعه العلمية الأساسية المتشابكة على الرغم من أنها لم تدرك على أنها مسألة واضحة المعالم يمكن ان تحقق هدفها الخاص بها .

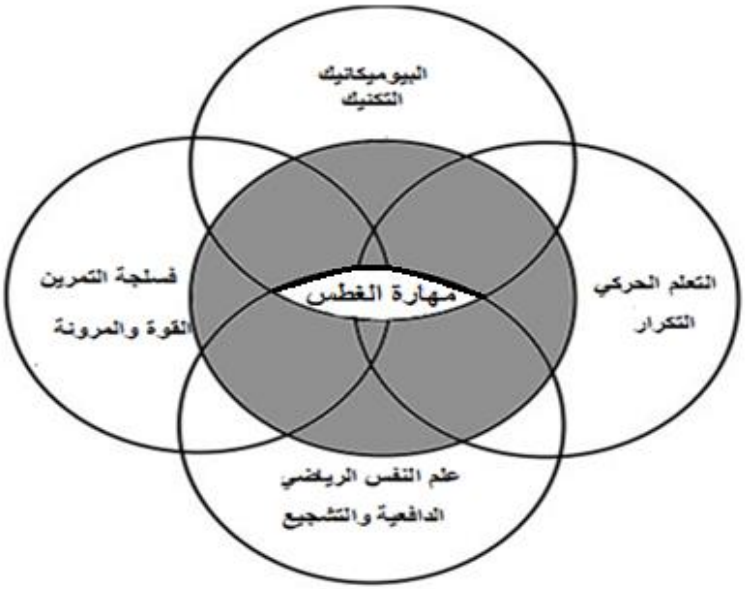


شكل (14)

بعض مجالات علم الحركة

ويعتقد بعض ألأخصائيين في علم الحركة أن هذه المسالة قد عانت الكثير نتيجة النقص في إدراك أهمية التحليل الحركي والنوعي . ويبدو من الغريب أن هذا قد اخذ وقتا طويلا جدا لك يظهر على انه يستخدم في علم الحركة، لكن هناك عدة تفسيرات مقبولة لذلك، مثل لماذا البطئ لعلماء علم الحركة بشكل رسمي في تحديد هذه القابلية المهمة، لقد خلقت التقنية الحديثة طرق ملائمة (الفلم ذو السرعة العالية - أجهزة الفيديو – الكومبيوترات) للتغلب بمستوى عميق و كافي على الصعوبة في المعرفة والمعلومات الخاصة لكي تؤثر على المعلومات الخاصة بالأداء. نفرض أن تطور القابلية على انواع التحليل تبدأ من محاضرات البايوميكانيك خصوصا لطلبة الدراسات الأولية والدراسات العليا والتخصص باستخدام العلوم الفرعية. ويجب على الأخصائي اختيار مختلف الحقول الرياضية لكون ان تحليل الحركات يعتمد على استخدام الدمج للعديد من هذه العلوم الفرعية لعلم الحركة وانه من الصعب ضمن حدود العمل هذه خلق المثال الجيد في كيفية تطوير التحليل دون اللجوء إلى تجزئته

عن طريق استخدام أساليب مختلفة متنوعة بدلا من أسلوب الدمج والذي هو عبارة عن استخدام مصطلحات متنوعة من علوم فرعية متنوعة لكي نهتم بتحليل حركة الإنسان



شكل(15)

دمج المعلومات عن المهارة من عدة علوم فرعية من علم الحركة

من المحتمل أن المختصين من ثلاث علوم فرعية في علم الحركة على سبيل المثال يستخدمون مصطلحات مختلفة عند تطبيق حركة اساسية.حيث يمكن أن يستخدم هؤلاء الأخصائيين مصطلحات مثل المراقبة أو معرفة /او تحيد كشف الخطأ والتي على الأغلب لها علاقة بالتحليل وقد يستخدم أيضا مصطلحات مثل التخمين النوعي والتشخيص ألسريري،و ظهر هذا الارتباك أيضا في أنواع مختلفة من مصطلحات التحليل مثل التحليل الحركي للمهارة و التحليل البصري و التحليل اللا موضوعي .

المشكلة الأخرى هي أن مصطلح المراقبة المنتظمة والتي أصبحت تستعمل في تدريس التربية الرياضة والتي تعني المراقبة وتصنيف المدرس لسلوك الطالب وتقييم الطالب للدرس، لايبدو استخدام التحليل النوعي للأداء على أنها الكلمة المناسبة.

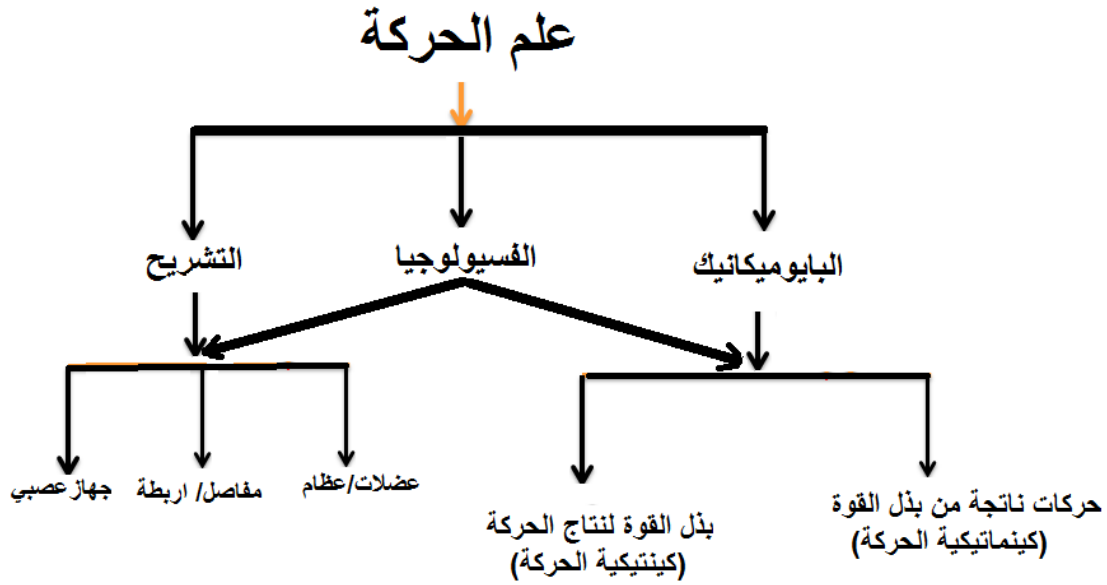
الفصل الثاني

تقسيم الحركة وفقا لأنواعها

- **تقسيم الحركات من الجانب الميكانيكي**
- **تقسيم الحركات هندسيا**
- **تصنيف المهارات الحركية من حيث خصائص الحركة (بناء الحركة**
- **تقسيم الحركات فسيولوجيا**
- **الاعمال اللاارادية الغير حسية**
- **الاعمال اللاارادية المرتبطة بالحواس**
- **تقسيم الحركات الرياضية من الناحية الفسيولوجية**
- **مستويات ومحاور الحركات في الانسان**
- **المستويات**
- **المحاور**
- **المحاور الميكانيكية والتشريحية**

- **تقسيم الحركة وفقا لأنواعها**

تقسيم الحركات في منظور علم الحركة ينطلق من المفاهيم الاساسية للعلوم التي تدخل في هذا العلم والتي من خلال ترابطها مع بعضها تظهر مختلف الحركات سواء كانت هذه الحركات على شكل انتقالات خطية او زاوية او مركبة او حركات ارادية او لاارادية والى اخره من الانواع الحركية الهادفة او غير الهادفه، الرياضية او غير الرياضية. والمخطط (5) يبين هذا الترابط.



مخطط (5)

ترابط العلوم الاساسية بعلم الحركة

ولقد أكد العالم (شـــيمدت) في ان هناك عدد هائل من الحركات والمهارات الرياضية التي ترتبط بالانواع العديدة من الالعاب سواء كانت العاب اولمبية او غير اولمبية او حتى الحركات اليومية التي يمارسها الانسان في حياته العادية في البيت او ممارســـته لمهنة معينة او واجباته في الوظيفه، يقابلها عدد محدد من القدرات البدنية لاتتعدى (50) قدرة بدنية، بحيث يكون تقسيم هذه القدرات بنسب تتناسب ونوع المهارة او الحركة المطلوبة. وجميع هذه الحركات انما تعود لنفس تقسيمات الحركة التي اتفق عليها جميع العلماء .

إن فلسفة تقسيم الحركات المختلفة في علم الحركة يتطلب منا معرفة ما يلي:

1. **معرفة الأســـس الحركية للأداء البشـــري والذي يرتبط بكفاءة الجهاز الحركي للانســـان والجانب الوظيفي ، والمبادئ التي تحكم الأداء حركيا ووظيفيا وان الالتزام بهذه المبادئ هو احد شـــروط ظهور الحركة الناجحة.**

2. المعلومات الأساسية التي تدخل في بناء المهارة الرياضية وعلاقة كل واحدة منها بالجانب البدني مثل قوانين الحركة الاساسية وماينتج عنها من قوانين احرى ترتبط بالاداء الحركي. وهذا يقودنا إلى معرفة كل من (الزمن – الإزاحة – الكتلة - والقوة) والتي من خلالها يمكن ان تتوفر لنا معلومات كبيرة عن تفا صيل الحركة ونوعها وعلاقتها بتطور القوة أو المجاميع العضلية المسئولة عن ظهور وتطبيق هذه الحركات لاجل وضع المعايير الى تحكم تطورهذه الحركات.
3. تحديد المكونات البدنية للأداء أو تحديد المدخل الميكانيكي الخاص بدراسة هذا الأداء ونعني بالمدخل الميكانيكي نوع المعالجة المتبعة في التعامل مع المسارات المدروسة بالقوانين التي تتلاءم وطبيعة الحركة
4. اخضاع تطبيق الحركات لمعايير جودتها والتي نتعرف عليه من خلال التقييم النوعي والتقييم الكمي.

مخطط (6)

بعض الانظمة الحيوية لبناء استراتيجية علم الحركة

لذا يمكن ان تكون تقسيمات الحركة البشرية و المهارات الحركية الرياضية وفق الاتي:

- **تقسيم الحركات من الجانب الميكانيكي:**

من الممكن ان نحدد أهمية دراسة البايوميكانيك للمتخصص في علم الحركة وتقسيم الحركات من خلال النقاط الآتيـة:-

- **البيوميكانيك يساعد المتعلم على اتقان الحركة من خلال فهمه الكامل لتفاصيل الحركة.**
- **ان فهم القوانين الميكـانيكيـة والتشـــريحيـة تعطي الريـاضـــي ذو المواصفات الفرصـة المناسبة للوصول الى الانجاز العالي من خلال المعرفـة الـدقيقـه لنوع الحركـة المطلوبـة واتبـاع افضـــل الطرائق والاساليب التدريبية لتحقيقها.**
- **أعطاء الفرصــة للمدرب و المدرس لتعليم الحركة الصـحيحة سـواء كانت خطية او زاوية وفقاً للمبادئ العلمية الصـحيحة مما يسـهم الى تسريع التعلم .**
- **أن الفهم الكامل للمبادئ الميكانيكية التي تحكم المســـارات الحركية يساعد في تصميم التمارين وفقاً لخصائص المهارة وطبيعتها.**
- **ان فهم المســـارات الحركية الصـــحيحة و المتغيرات البايوميكانيكية المؤثرة في المهارة يسهم في تجنب الاصابات الرياضية خلال الاداء.**
- **يوفر علم البايوميكانيك المعرفة العلمية والدقيقة لتصـــميم المناهج التدريبية بكل محتوياتها ســـيما من خلال التمارين المســـتخدمة وطرائق تنفيذها والشـدد والاحجام المسـتخدمة وعلى هذا الاسـاس يمكن للمدرب او المعلم التوجه لتحديد نوع الحركة والتي قد تكون كما يأتي:**

أولاْ: أنواع الحركة وفقا لشكلها في الفراغ:

تنقسم الحركات وفق شكلها في الفراغ إلى نوعين:

أ- الحركة المســـتوية: و هي الحركة التي يمكن أن يكون مســـارها على مســـتوى واحد، و يتم تحديدها عن طريق محورين وعلى مســـتويين حركيين فقط ، هما المحور الطولي والافقي والمستويين العرضي والجانبي.(البعدين).

ب- الحركة الفراغية: و هي تلك الحركة التي يُرسـم مسـارها في أكثر من مسـتوى، و يتم تحديدها عن طريق ثلاثة محاور وثلاث مستويات (الابعاد الثلاثة) .

ثانيا - حركات ترتبط بالمسار الزمني : وهذه الحركات لها علاقة بالمجال الزماني التي تكون فيه حركة الجسم، ويمكن ان يكون هذه الحركات كما يأتي:

1. الحركات المنتظمة

وهي تلك الحركات التي تسير بسرعة ثابتة و بقيمة تعجيل ثابتة المقدار، وهذا النوع من الحركات غير وارد في الأنشطة الرياضية او قليل الحدوث او الظهور، ويوجد منها نوعان هما:

- **حركة منتظمة التغير موجبة. اي يكون التقدم بزيادة السرعة بتعجيل ثابت لكل مسافة محددة من خلال نقصان الزمن بقيمة ثابتة، مثلا ، يقطع متسابق الدراجات مسافة 100 متر بزمن 5 ثانية ويقطع مسافة 100 متر الاخرى بزمن 4.5 ث ويقطع مسافة 100م الثالثة بزمن 4 ث ، وهكذا اي ان نقصان الزمن يكون بقيمة متشابهه وثابتة ، بحيث تبقى قيمة التعجيل ثابتة دائما وبقيمة موجبة.**
- **حركة منتظمة التغير سالبة. في هذا النوع من الحركات يكون التغير بالسرعة بزيادة الزمن بقيمة متشابهه لكل مسافة محددة (متشابهه) والمثال اعلاه ينطبق على متسابق الدراجات في حالات التعب.**
- **حركة منتظمة ثابتة : في هذا النوع يتم قطع مسافات منتظمة بازمان منتظمة اي تكون قيمة التعجيل صفراً.**

ان جميع الانواع اعلاه ، قليل الحدوث في الحركات الرياضية ، وحتى ان حدثت فيكون حدوثها لاوقات محددة ولحظية جدا.

2. حركات غير منتظمة :-

وفيها يقطع الجسم مسافات غير متساوية في وحدات زمنية متساوية ، او يقطع مسافات متساوية بوحدات زمنية غير متساوية ، يوجد منها نوعان ايضا هما:

- **حركة غير منتظمة التغير موجبة وهذه النوع من الحركات شائع الحدوث في جميع الالعاب، وذلك لان اللاعب في جميع الالعاب مطلوب منه يقطع مسافات مختلفة وبازمان مختلفة لتنفيذ الواجبات الرئيسه من المهارة سواء كانت واجبات هجومية او دفاعية كما هي في الالعاب المنظمة ، او لتنفيذ اقصى سرعة لقطع مسافة محددة كما في سباقات السرعة بالعاب القوى والسباحة وسباقات الدراجات او السرعة المطلوبة للحالات الدفاعية او الهجومية للاعبي المضرب(تنس، طاولة،ريشه ، سكواش...) وهكذا فجميع هذه الحركات تكون بحاله ايجابية ، اي نقصان الزمن وزيادة ايجابية بمعدل السرعة.**

- **حركة غير منتظمة التغير ســـالبة. وهذا النوع من الحركات يتم على نفس نمط الحركـات الغير منتظمـة موجبـة التغير، الا انـه يكون هنـاك زيـادة في الزمن ونقصـــان ســلبي في الســرعة ، ويمكن ان يكون تنفيذ هذه الحركات وفق الهدف الحركي من المهارة.**

ثالثا ـ تقسيم الحركات هندسيا :

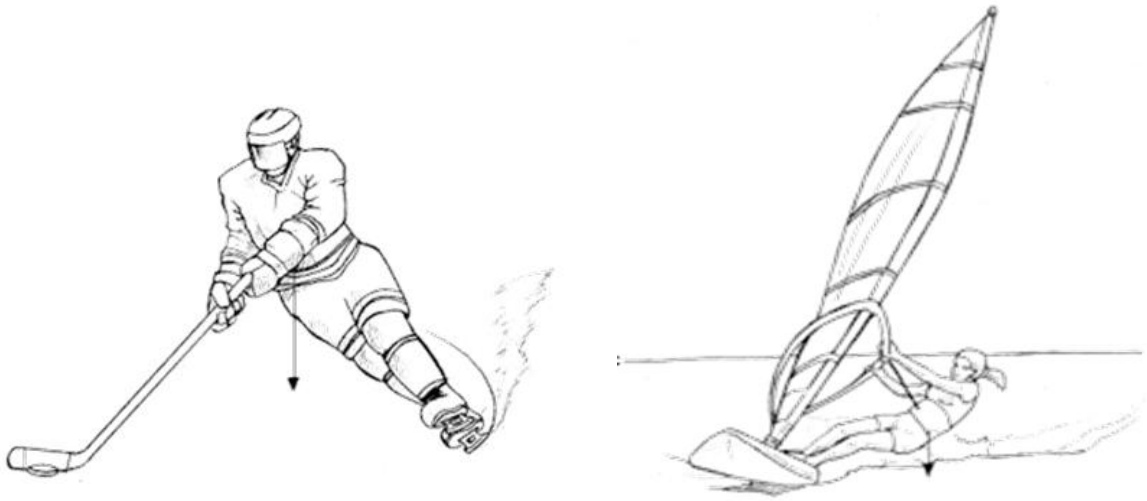
وهذه الحركات تقســم من ناحية شــكلها الظاهري وعلاقتها بالمجال المكاني والفراغي وتقسم هذه الحركات الى:

1- حركات انتقالية :

وهي حركة انتقال مركز ثقل الجســـم ككل او مركز ثقل جزء الجســـم بخط موازي للمحور الافقي (الارض) او بابعاد متســاوية عن محاور الدوران الخاصــة باجزاء الاجسـام(المفاصـل) بغض النظر عن الاتجاه الايجابي او السـلبي للمحاور الاحداثية (أي تتحرك بالاتجاه الموجب للمحور السيني او السالب بغض النظر عن المسافة و السرعة المقطوعة) وقد بحث أرسطو في المنطق عندما نظر إلى طريقة مشـــي الحيوان ولاحظ انتقاله من نقطة إلى أخرى خطياً، ولاحظ أن ســبب الحركة الخطية حركة دورانية (انتقال زاوي). الزوايا المفصــلية من ثني ومد هي حركات زاوية ولكن النتيجة خطية، والانتقال الخطي له أشـكال مختلفة(على شـكل قوس، متعرج، خط مستقيم).لذا تنقسم هذه الحركات إلى قسمين رئيسين هما:

أـ الحركة الانتقالية الخطية (الحركة المستقيمة) :

وهي الحركة الخطية المسـتقيمة لمركز ثقل الجسـم ككل تحت تأثير قوى متبادلة داخلية و خارجية مثل (حركة مركز ثقل الجســم اثناء الركض ـــــ حركة مركز ثقل الجسـم لمتسـابق الدراجات – مسـار مركز ثقل الجسـم لمتسـابق الزوارق ، حركة مركز ثقل لاعب المظلات.....). وتحدث هذه الحركات اما بفعل بذل قوة داخلية للتغلب على قوة خارجية ، او بسبب قوة خارجية فقط.

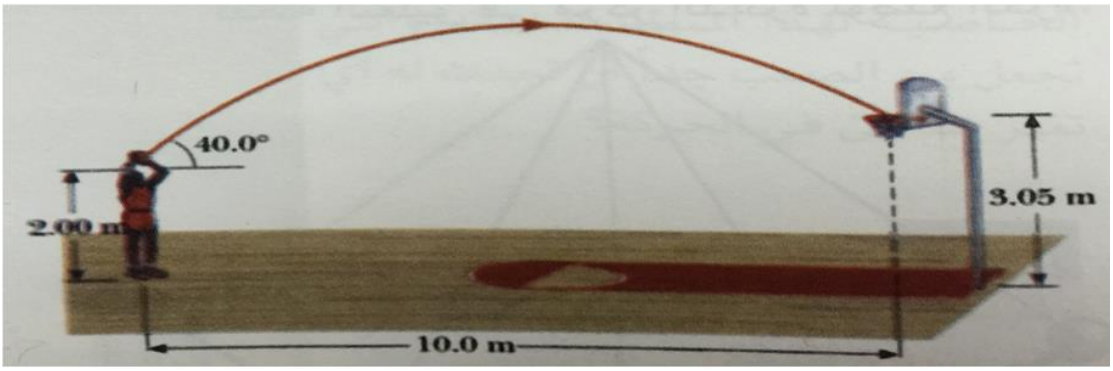


الشكل (16)

الحركة الانتقالية المستقيمة

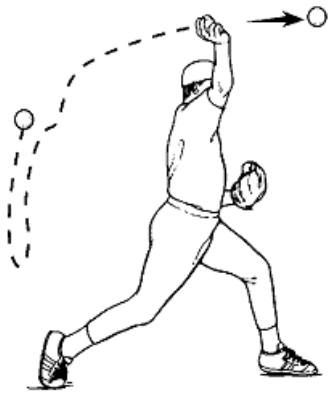
ب- الحركة الانتقالية المنحنية (الدائرية):

هي حركة انتقالية للجسم ككل في مسار منحني (قوسي او على محيط دائرة) ايضـــا تحت تاثير متبادل للقوى الداخلية والخارجية ، مثال ذلك، حركة مســـار المقذوف أثنـاء طيرانـه (كـالادوات مثل الكرات او ادوات الرمي بـالعـاب القوى او القوس والســـهم ،،،) او الحركة على مجال منحني ، كالركض على قوس الركض لعدائي 200 و400 م او ســـباق الدراجات في الصـــالات او حركة الاداة الدورانية كحركة راس المطرقة او القرص او نـهاية حركة نـهاية ذراع او رجل اللاعب اثنـاء اداء ضـــربة او ركلة او رمية ..) اي ان هذا النوع يكون عند قطع مركز الثقل هذا مســـافة منحنية (مســـار الجســـم على محيط دائرة) حول محور دوران ويبعد مركز الثقل هذا بمسافة ثابتة عن ذلك المحور.(الشكلين 17 و 18)



شكل (17)

الحركة الانتقالية المنحنية (الدائرية)

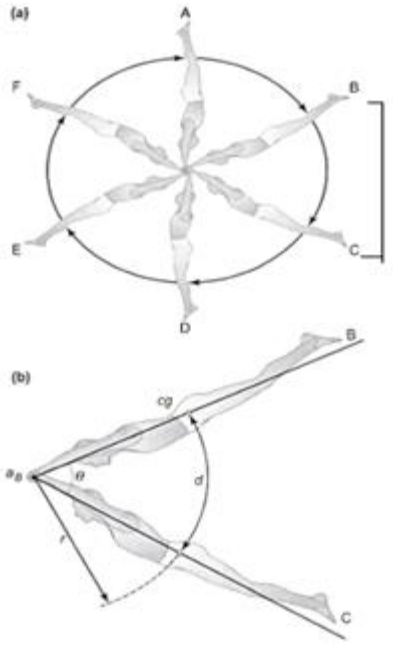


شكل (18)

الحركة الانتقالية المتعرجه

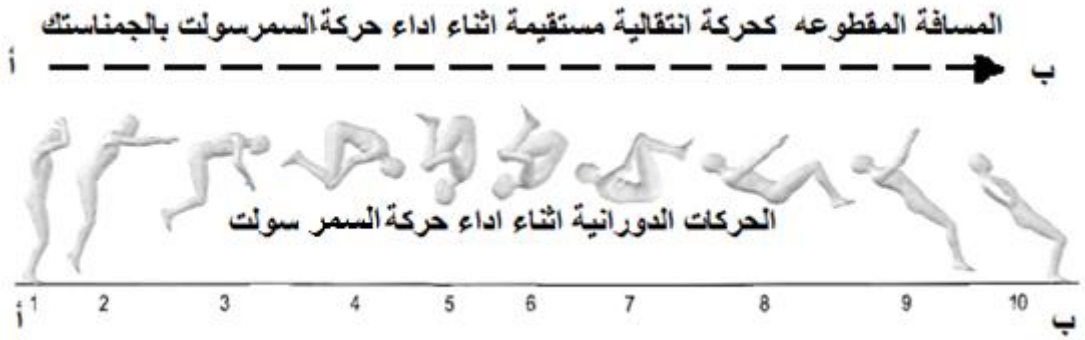
جـ . الحركة الدورانية (الزاوية):

وفيها يقطع مركز ثقل الجسم الذي يدور حول محور ما او جزء الجسم الذي يدور حول مفصل معين ، مسافة زاوية تقدر بالدرجات وتكون أبعاد نقط الجسم او جزء الجسم المختلفة ثابتة المسافة بالنسبة لهذا المحور ومثال لهذه الحركة، دوران لاعب العقلة في الجمناستك . أو حركة الذراع او الرجل او الجذع الزاوية ، اثناء اداء مهارة الضرب او الرمي اوالركل (الشكلين 19 و 20).



شكل (19)

الحركة الدورانية للاعب العقلة

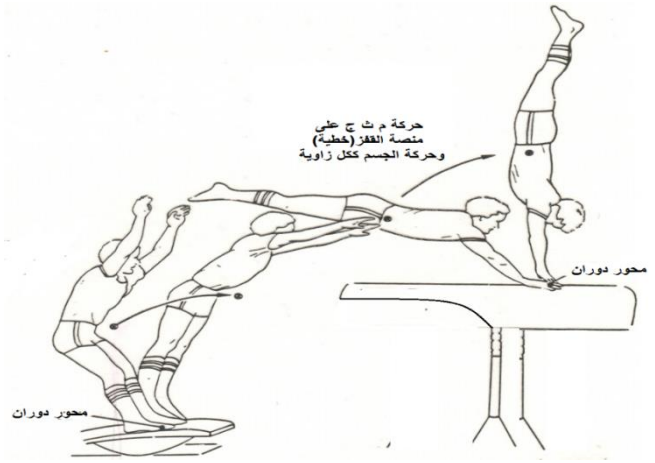


شكل (20)

الحركة الدورانية وانتقال الجسم خطيا خلال حركة القفزة المكورة الامامية بالجمناستك

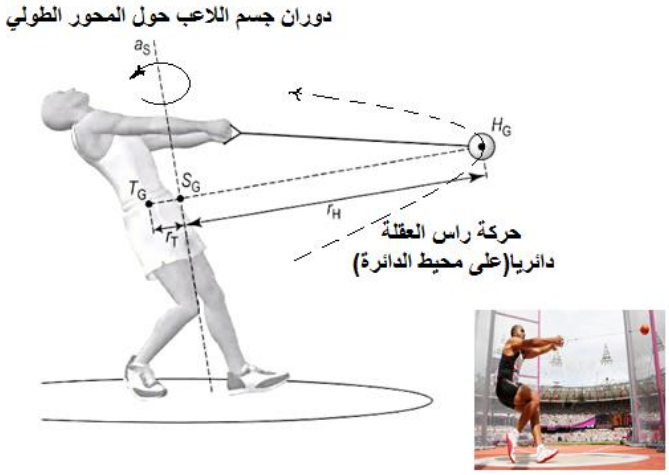
د- الحركة العامة (المركبة):

هي عبارة عن حركة انتقالية و دورانية بآن واحد وفيها تخدم الحركة الدورانية الحركة الانتقالية من خلال التحكم بانصاف اقطار الجسم ،وتشكل ما نسبته (90%) من الحركات الرياضية ،هذا النوع من التقسيم والامثلة على ذلك كثيرة ، فحركات لاعب الجمناستك جميعها هي حركات دورانية يريد بها لاعب الجمناستك نقل مركز ثقله انتقاليا الى مكان محدد، وكذلك الحركات الدورانية للاعبي الرمي بالعاب القوى تهدف الى تحقيق سرعة محيطية (منحنية انتقالية) للاداة وسرعة دورانية لمركز ثقل الرامي التي تنتهي بسرعة انتقالية خطية لاطلاق الاداة. وكذلك حركات الركض هي حركات زاوية بالرجلين والذراعين تهدف الى انتقال مركز ثقل الجسم انتقالا خطيا متموجا(اقواس متتابعة) وهكذا،،(الاشكال 12 و 22 و23)



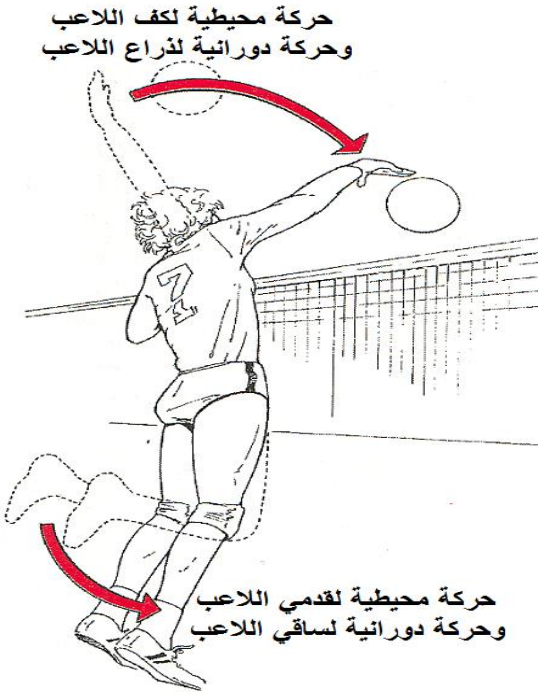
شكل(21)

مهارة القفز على منصة القفز بالجمناستك كحركة مركبة



شكل (22)

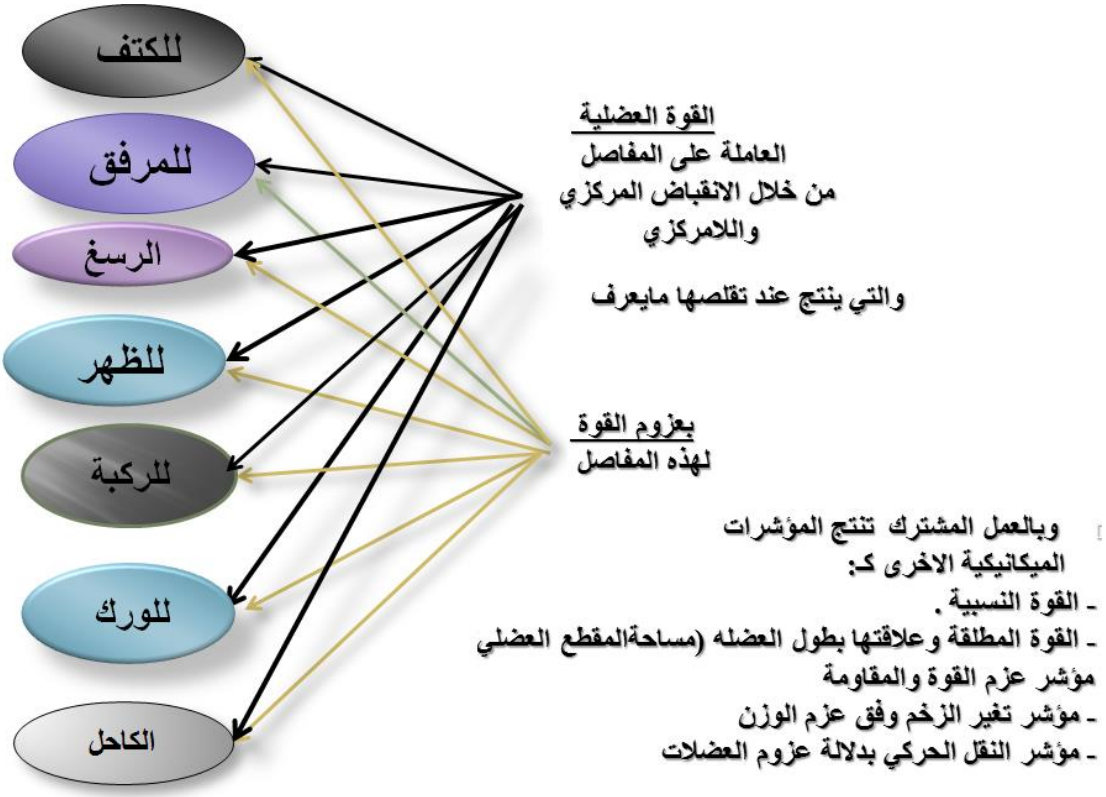
حركة راس المطرقة الدائرية والحركة لدورانية للرامي



شكل (23)

الحركة الانتقالية المنحنية (الدائرية) والحركة الدورانية معا لذراع وساقي لاعب الضرب الساحق بالكرة الطائرة

ان كثير من الحركات الرياضية تتشابه في مساراتها الحركية الا ان الاختلاف بينها يكون في الهدف الحركي لها ، وهذا التشابه يشمل العضلات العاملة والايعازات العصبية وحركة المفاصل والتوقيتات الصحيحه لظهور تسلسل الحركات وما الى ذلك من متطلبات تقييم هذه الحركات فيما يخص الجانب الفسيولوجي والحركي والميكانيكي ، فضلا عن تقييم البناء الحركي بالرغم من اختلاف القسم الرئيسي لهم. وهذا يتطلب التعمق في طرق تقييم الاداء وفق الاسس العلمية التي تخص هذه الجوانب. ولهذا فمن الضروري التعرف على القوى الداخلية المختلفة الخاصة بالجسم البشري والتي من الضروري ان يفهمها المدرب او المدرس والتي تدخل في ظهور الحركات الرياضية بمختلف تقسيماتها وهذه القوى هي كما موضحة بالشكل(24)

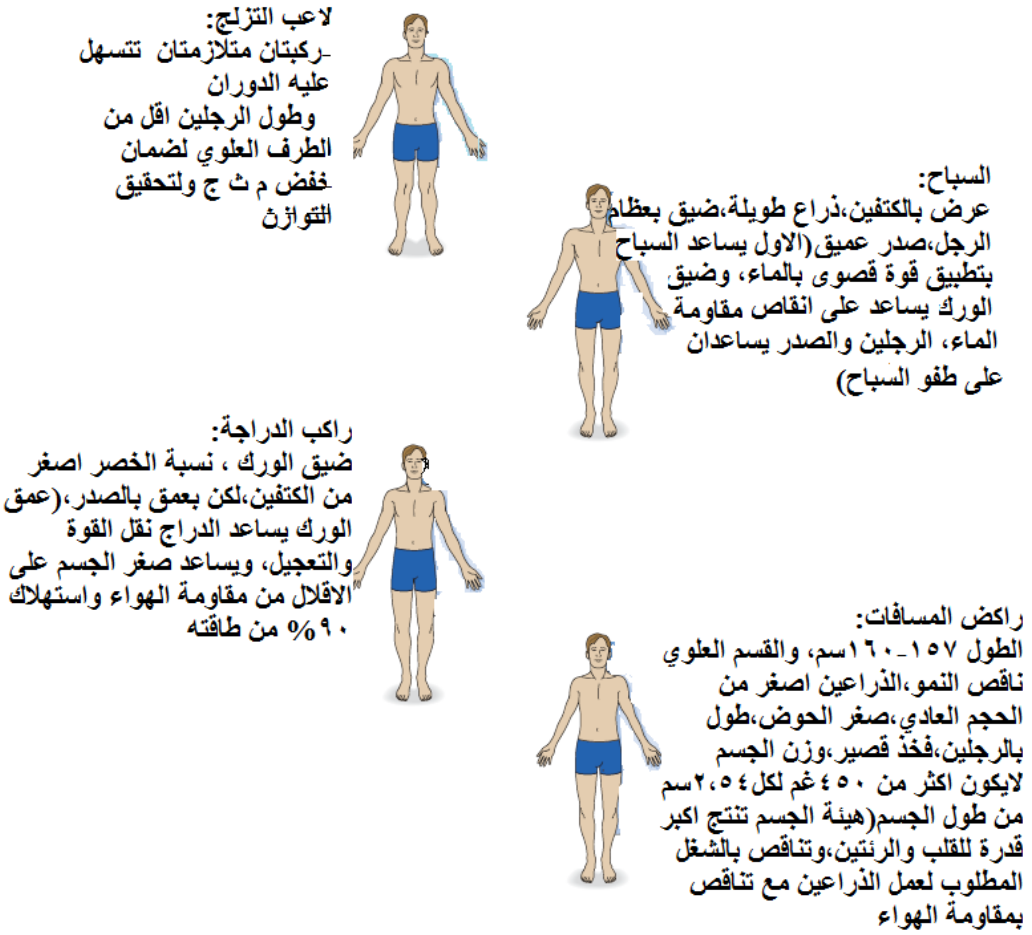


شكل (24)

القوى الداخلية لجسم الانسان وما ينتج عنها من حركات

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، فأن هناك حركات ابتدائية لتهيئة القوة العضلية المناسبة للاداء من خلال العضلات المحركة الرئيسية والعضلات المساعدة ، ولهذا يكتسب جزء الجسم التعجيل المطلوب للبدء بالحركة . فضلا عن ذلك فان لكل مهارة او فعالية رياضية مواصفات جسمانية تسهل على اللاعب من تنفيذ هذه القوى بالشكل الامثل وبفاعلية جيدة ، ويبين الشكل (25) الاجسام المثالية ومميزاتها البيوميكانيكية لبعض الالعاب.



شكل (25)

الاجسام المثالية لبعض الفعاليات التي تتناسب بالتعامل بين القوى الداخلية والخارجية

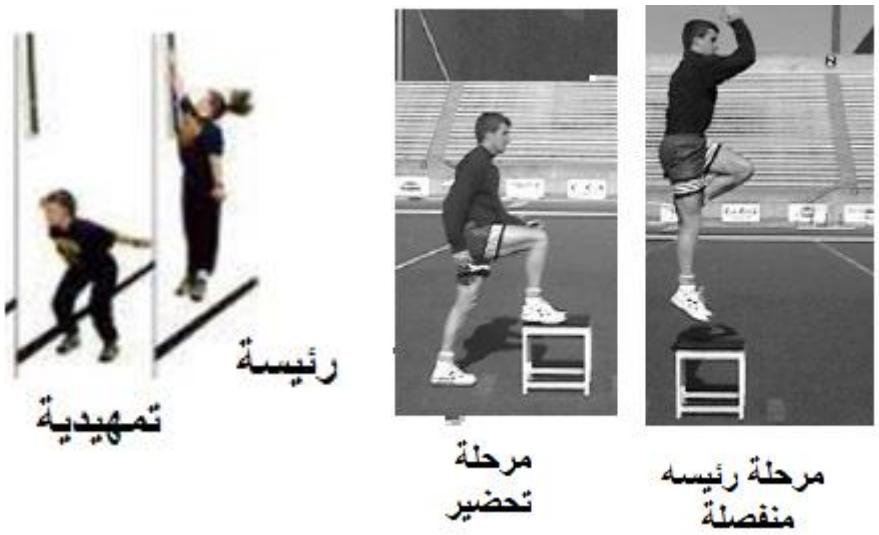
ـ تصنيف المهارات الحركية من حيث خصائص الحركة (بناء الحركة):

1. بناء الحركة (تقسيم مراحل المهارة او الحركة).

غالباً ما يمكن تقسيم المهارات الحركية الرياضية إلى ثلاثة مراحل واضحة ، وهذه المراحل تشكل الحالة الظاهرية لبناء الحركة او الشكل الفني المتسلسل للحركة، اذ لايمكن البدء بأداء الواجب الحركي بصورة مباشرة دون التحضير المسبق لذلك الاداء (كمرحلة تحضيرية) وهي تسبق المرحلة الرئيسية التي تعين أداء هذا الواجب الحركي سواء كانت فترتها طويلة أو قصيرة، وعند الانتهاء من أداء الواجب الحركي(القسم الرئيسي) ، أي عند انتهاء المرحلة الأساسية فإن الأداء الحركي لا يتوقف مباشرة ، وإنما يقلل تدريجياً وهو ما نطلق عليه اسم المرحلة النهائية.
وتشكل هذه الاقسام الثلاثة البناء الحركى لكل المهارات الرياضية داخل احد الأشكال التالية :

- **الحركة الوحيدة (المنفصله)**
- **الحركة المتكررة (المستمرة)**
- **الحركة المركبة (منفصلة ومستمرة)**

آـ الحركة الوحيدة (المنفصله): التي تؤدى لمرة واحدة فقط ، تكون على انواع وفق الهدف الحركي وتتكون مراحلها الحركية من الاتي:
ـ المرحلة التمهيدية: وتكون على انواع:
ـ المرحلة التمهيدية في عكس اتجاه الحركة (مع الجاذبية): وتتضمن اداء حركة تمهيدية تبدأ بثني المفاصل تصحبها استطالة في العضلات العاملة على هذه المفاصل، تمهيديا لمد هذه المفاصل(بانقباض العضلات مركزيا) باسرع مايمكن وغالبا ما تكون هذه المرحلة طويلة الزمن نسبيا ، كما في حركات التحضير للوثب الافقي او العمودي من الثبات ، او التحضير لرمي كرة قدم جانبية بالذراعين.. .



شكل (26)

مرحلة تحضيرية ورئيسه لحركة وحيدة منفصلة

- المرحلة التمهيدية من الحركة (الاقتراب): وهي اداء ثني المفاصل تحضيرا للمد عند اداء كل خطوة من خطوات اقتراب ، وغالبا ما يكون هذا الثني والمد قصير الزمن كما في حركة التحضير للارتقاء بعد الانتهاء من الاقتراب، وكالذي يحدث عند التحضير لاداء التهديف بكرة السلة بكل انواعه من الحركة او التحضير لاداء الضرب الساحق بالكرة الطائرة اوالتهديف بكرة اليد من الركض والقفز، او الارتقاء بفعاليات القفز او الدفع بفعاليات الرمي والجمناستك.

- المرحلة التمهيدية المتكررة: وهي تكرار اداء حركات الثني والمد او استطالة وتقصير العضلات كحركات تمهيدية لاكثر من مرة مثل حركات المرجحة التمهيدية للاعب القرص والمطرقة او اداء اكثر من حركة ثني ومد عند القيام بالوثب من الثبات افقيا او عموديا.... هدف هذه المرجحات او التكرارات اكساب الجسم الزخم المطلوب للانتقال بكمية حركة اولية للقسم الرئيسي.(الشكل 27)

شكل (27)

حركات تمهيدية متكررة تتبعها المرحلة الرئيسه

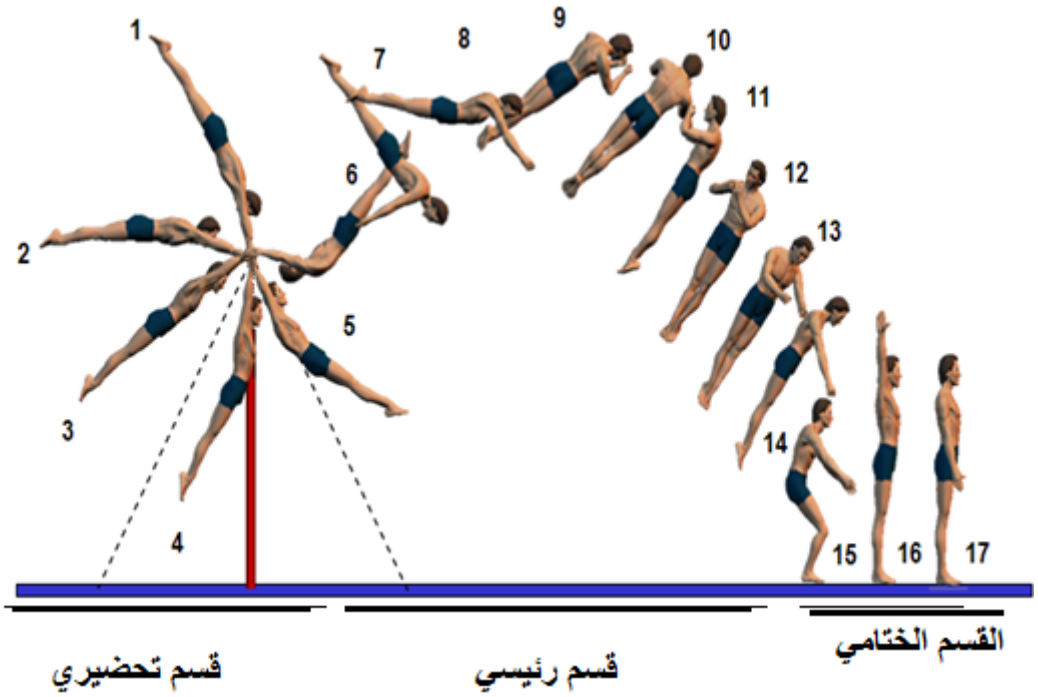
- **المرحلة الرئيسية :**

وتبدأ هذه المرحلة من نهاية المرحلة التمهيدية ، اذ يجب ان تخدم المرحلة التمهيدية هذه المرحلة الرئيسية التي ترتبط بتحقيق الهدف الميكانيكي الرئيسي للأداء الحركي. وتنتهي هذه المرحلة ببداية المرحلة الختامية او النهائية.(مثل لحظة البدء بالدفع عند الوثب الافقي او العمودي من الثبات، او عند لحظة حركة الذراعين من فوق الرأس لاداء الرمية الجانبية بكرة القدم... او لحظة الانتهاء من المرجحات التمهيدية والبدء بالدوران لدى لاعب القرص... ؟

ان تنفيذ المرحلة الرئيسة يرتبط بفاعلية القوى العاملة على اجزاء الجسم العليا اذا كان الدفع اللحظي بالرجل او الرجلين معا لامكان تكامل تحقيق الواجب الحركي من الاداء وفقا لنوع المهارة المراد اداؤها.

- **المرحلة النهائية :**

هي نهاية مدى الحركة ، وهذا يعنى الوصول إلى حالة الاتزان الديناميكي للحركة ، ويعنى الوصول إلى السكون النسبي او السكون المطلق ، وتكون على نوعين ، الاول تحقيق افضل وضع للجسم واتزانه مثلا الوصول الى افضل حالة اتزان في نهايات مهارات الجمنستك ، او تحقيق افضل وضع لمركز ثقل الجسم بعد انتهاء القسم الرئيسي مثلا بعد حالات التصويب بالكرة على مرمى كرة القدم ، أو الحصول على افضل وضع نهائي لتحقيق مسافة افقية بعد القفز من الثبات.... .(الشكل 28).



شكل(28)

مهارة الدائرة العظمى على العقلة ومرحلة الهبوط

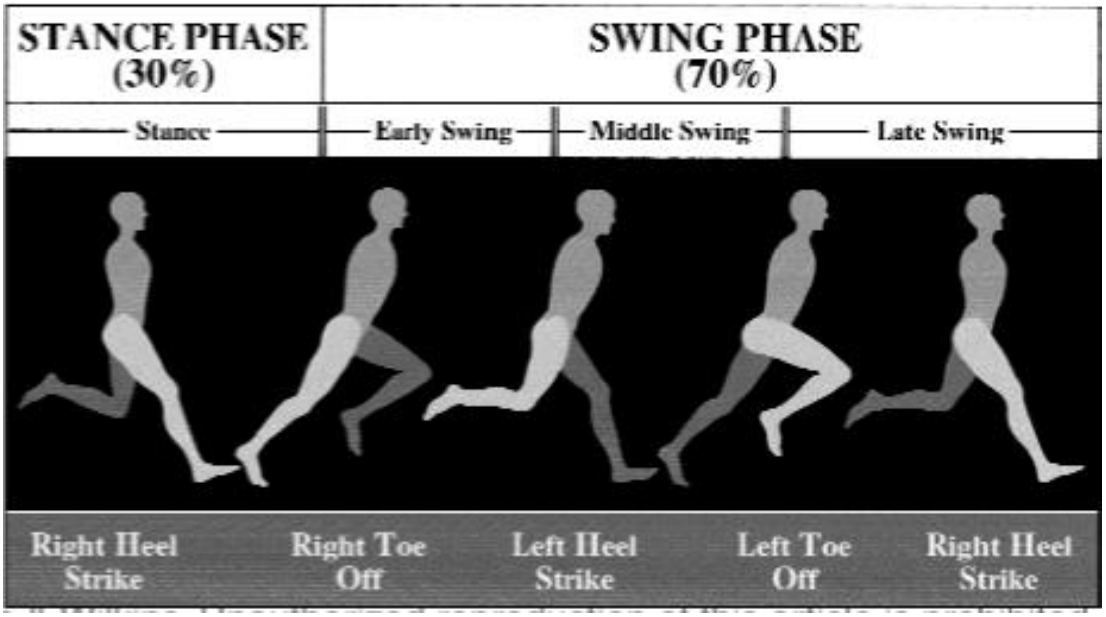
2. الحركات المستمرة(المتكرره):

الحركة المستمر هي الحركة التي يتكرر ظهور الاقسام الثلاثة بشكل مستمر، كحركات الحجل المتسلسل على رجل واحدة او بالرجلين معا (اي الحركة بجزء من اجزاء الجسم)او الحركات المستمرة (المتكررة) الانتقالية كما في حالات الركض الطبيعي والتي تكون حركة كل رجل اثناء الركض من ثلاث اقسام ايضا وكذلك الحال في حركات السباحة الحرة والصدر ،او حركات لاعب الدراجات ، على العكس مما ذكر في المصادر، والتي اشارت الى تداخل القسم النهائي مع القسم التحضيري ليظهر على انهما قسما واحد ومن ثم ظهور القسم الرئيسي . هذا الامر يعني انتفاء احد اقسام الحركة المهمة ، اذ لايمكن ان يكون واجب القسم التمهيدي هو نفس واجب القسم الختامي في اي حال من الاحوال، وفي ذلك يتعرض الذين يقولون ان هناك دمج بين القسم التحضيري والقسم الختامي الى انتقاد.(الشكل 29)

شكل (29)

سباحة الصدر حركات مستمرة

لهذا فان لكل حركة من الحركات الرياضية بشكل عام اقسامها الثلاثة. والذي يحدث ان يكون اداء القسم الختامي لحظي وسريع ليتم الانتقال الى القسم التحضيري ومن ثم الى القسم الرئيس، ويتكرر حدوث هذا الانتقال بشكل مستمر لتبدو ان الحركة مدمجة الاقسام ، فلو نلحظ على سبيل المثال ، خطوة ركض واحدة من ضمن خطوات عديدة مستمرة كخطوات عداء 100 متر مثلا، نلاحظ انه بعد ان يتم الدفع باحد الرجلين كواجب رئيس لهذه الرجل ، يتم مرجحة الرجل الاخرى (القائدة) بنفس اللحظة كقسم رئيس لهذه الرجل، لذا فان اتمام القسم الرئيسي في الرجل الدافعة ، يليه قسم رئيسي اخر في رجل المرجحة والتي يعقبها قسم ختامي يتمثل بوضع قدم الرجل المرجحة على الارض ، وهذا هو القسم الختامي لخطوة الركض، ثم بعد ذلك يتم الانتقال الى القسم التحضيري المتمثل بوضع الامتصاص (العمل السالب للجاذبية والذي يجبر اللاعب القيام بثني بسيط لمفاصل الطرف السفلي) ليتم بعد ذلك اداء الدفع اللحظي الفعال في هذا الطرف الاخر للقيام بقسم رئيسي جديد يتمثل في مرجحة جديدة وهكذا تستمر الحركة لحين الانتهاء من قطع المسافة. اي ان الذي يحدث ثلاثة اقسام رئيسية لكل رجل اثناء الركض ،لاحظ الشكل (30).

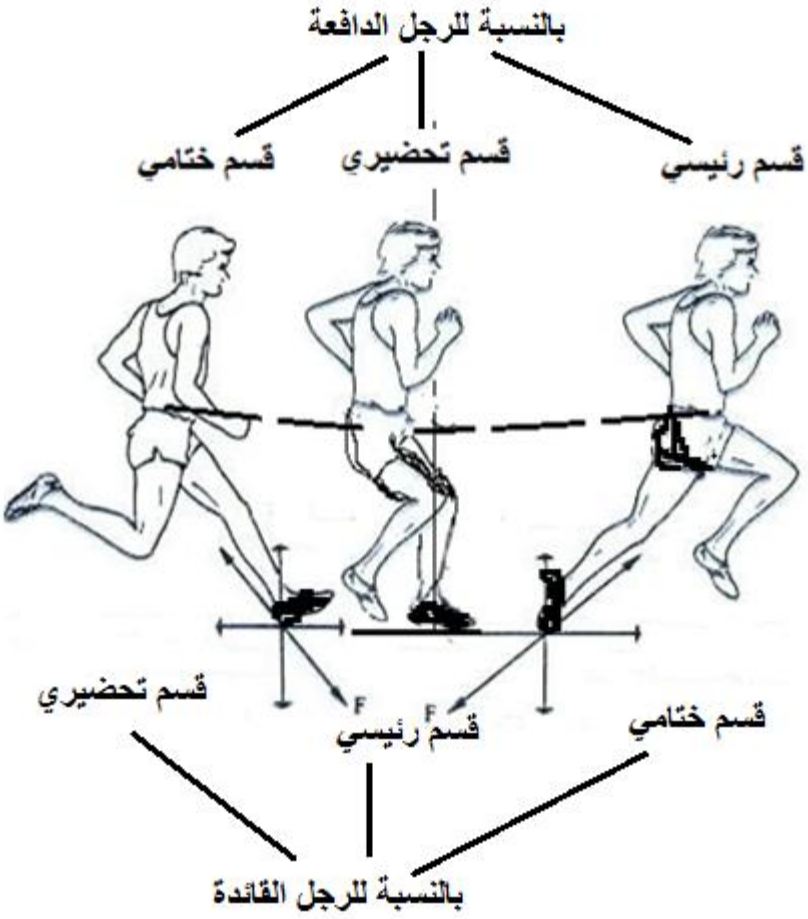


شكل (30)

دورة رجل اليمين باقسامها الثلاث

نلخص ما تقدم بالاتي:

- **الرجل الدافعة ، يكون القســـم الختامي بعد الهبوط من طيران الخطوة لحظة مس القدم الارض، ثم يليه القسـم التحضـيري اثناء مرحلة الامتصـاص، ثم يليه القسم الرئيسي لحظة الدفع**
- **بالنســـبة للرجل القائدة(رجل المرجحة):يكون القســـم التحضـــيري لحظة المرجحة الخلفية للرجل، والقسم الرئيسي لها في المرجحة الامامية، والقسم الختامي يكون في المرجحة النهائية. وهكذا لاحظ الشكل (31)**



شكل (31)

الحركات المستمرة (المتكررة) بالركض

وسواء كان الأداء بطيئاً كقفزات متبادلة باليمين اواليسار(حجل) او كليهما معا (ركض على شـــكل وثبات) او ســـريعا كحركات الركض الســـريع او حركات السباح، فسوف يظهر لنا ثلاث مراحل واضحة في كل واحجة من هذه الحركات.

كما يوجد عدة أشكال للمهارات المستمرة (المتكررة) وكما يلي :

1. **المهارة المستمرة البسيطة : التي يؤديها الجسم كله كمهارة واحدة ، ويستمر تكراراها كحركات القفز للامام او الاعلى سواء برجل واحدة او رجلين وبفترات توقف لحظية.مثل الحجل على رجل اليمين واليســـار أو الحجل بكلتا الرجلين..... .**
2. **المهارة المســتمرة المتبادلة : وهي أن يؤدى احد اجزاء الجســم حركة مستمرة بصورة متبادلة ، أي ان أحد الاطراف يؤدي المهارة باقسامها الثلاث ويقوم الطرف الثاني نفس الاقســام ولكن بتبادل لاحركي منســق ،مثال السباحة الحرة وحركات الركض بانواعه.**

3. المهارة المســـتمرة المتلازمة : وهي أن تؤدى اجزاء الجســـم المتقابلة نفس الحركة، وفي نفس الوقت مثال ســـباحة الدولفن وبعض حركات الجمناستك ذات الاداء الفني المركب.
4. المهارة المســـتمرة المترابطة: عبارة عن تكرار مجموعة من الحركات لكل حركة اقسامها الثلاث لترتبط بحركة اخرى ايضا لها اقسامها الثلاث ، مثال : جمل حركية والتي هي عبارة عن وصـــل مهارتين ببعضـــهما ، مثال عند أداء الجملة الحركية للحركات الأرضـــية في الجمباز بصـــفة مستمرة ، وكذلك حركات سباق الحواجز .

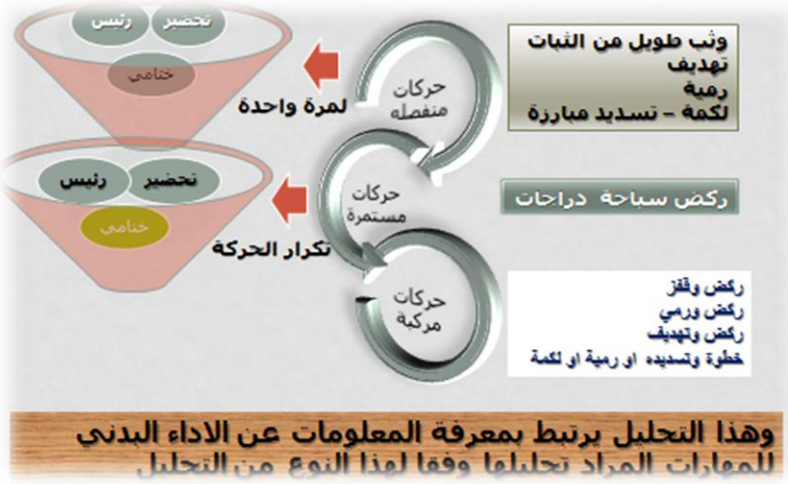
شكل(32)

الحركة المترابطة بركض الحواجز

3. **الحركات المستمرة المركبة:**

هي أكثر الحركات الرياضية صعوبة حيث أنها تستهدف تحقيق أكثر من هدف ميكانيكي أساسي، وبالتالي فإنها تعتبر منظومة من الحركات المنفردة المستمرة التكرار تتخذ نسقاً محدداً ومتطلبات خاصة لكل من هذه المفردات ، حيث قد تحتوى المرحلة الرئيسية منها على أكثر من هدف مطلوب تحقيقه ، فالتصويب من الوثب في كرة اليد نموذج لحركة مركبة تعمل فيها أطراف الجسم في اتجاهات مختلفة ، وبتوقيتات زمنية مختلفة بهدف تحقيق أكثر من هدف أو واجب حركي ، فالاقتراب والارتقاء وتصويب الكرة أو السقوط على الدائرة لاستلام الكرة وتصويبها أو استلام الكرة من الجري ثم تصويبها نحو المرمى.ولكل حركة من هذه الحركات اقسامهما

الثلاثة ايضا. نلحظ من الشكل (33) توضيحا مفصلا لطبيعة الحركات واقسامها وانواعها.



شكل (33)

الحركة وفق البناء الحركي ظاهريا

جميع الحركات التي ينفذها الجسم البشري ترتبط بنسب محددة لكل نوع وتشكل الحركة المركبة النسبة الاكبر من هذه الحركات لانها تعكس واقع التطبيق المزدوج للحركات الدورانية والخطية بآن واحد عدا بعض الحركات الدورانية المفردة او الخطية لنقطة مركز ثقل الجسم

الشكل (34)

ترابط الحركات

- تقسيم الحركات فسيولوجيا:

لابد من مقدمة قبل الدخول بوظائف المخ والدماغ وربطها بالجانب الرياضي:

فقد خاضت بعض الدراسات في مسألة الموت والوفاة والروح والنفس لايجاد فهم عميق له دلالة هامة للغاية لمعرفة طبيعة العلاقة بين الحركات التي يؤديها الانسان ومعنى النفس وماهيتها ومقارنتها بالروح بالإضافة لفهم الفرق بين الموت والوفاة مستشهدا بالنص القرآني الكريم الذي يتبين من خلاله فروق حساسة ومهمة ، وهذه المقدمة تشتمل على نتائج توصلت إليها هذه االدراسات تأسيساً على بحث الفرق بين الموت والوفاة والروح والنفس وباعتقادي أن قراءته واستيعابه هام لمواصلة فهم ما سأستعرضه في هذا المقام. ولكني سأوجز الفكرة التي توصلت إليها هذه الدراسات بدون أسوق الدلائل أو الحجة، فأقول أننا توصلنا إلى عدة حقائق أوجزها في ست نقاط رئيسية :

أولا :أن النفس هي ذات الإنسان الحقيقية التي تتنقل من جرم لآخر وتتقمص بدنه وتغادره بعد الموت، وأنها موجودة منذ خلق أبينا آدم .

ثانياً :أن النفس هي مناط الفعل والإدراك والإرادة وهي التي تحكم البدن الذي تسكن فيه إذا كان بدناً حياً توجهه لإتيان الأفعال العاقلة كالحركات التي يقوم بها أوالسلوك الحركي الذي يتميز به.

ثالثاً :أن الوفاة هي متعلقة بالنفس وتحصل عندما تفارق النفس الجسد سواء بالنوم أو بالموت أو بالجنون أو الغيبوبة فيكون معنى الوفاة استيفاء ما مضى من أجر على ما سبق من عمل وإيفاء أجره لصاحبه وتوقف جريان القلم عن المتوفّى لحين يقظته إن كان نائما أو غائبا عن الوعي أو مجنوناً.

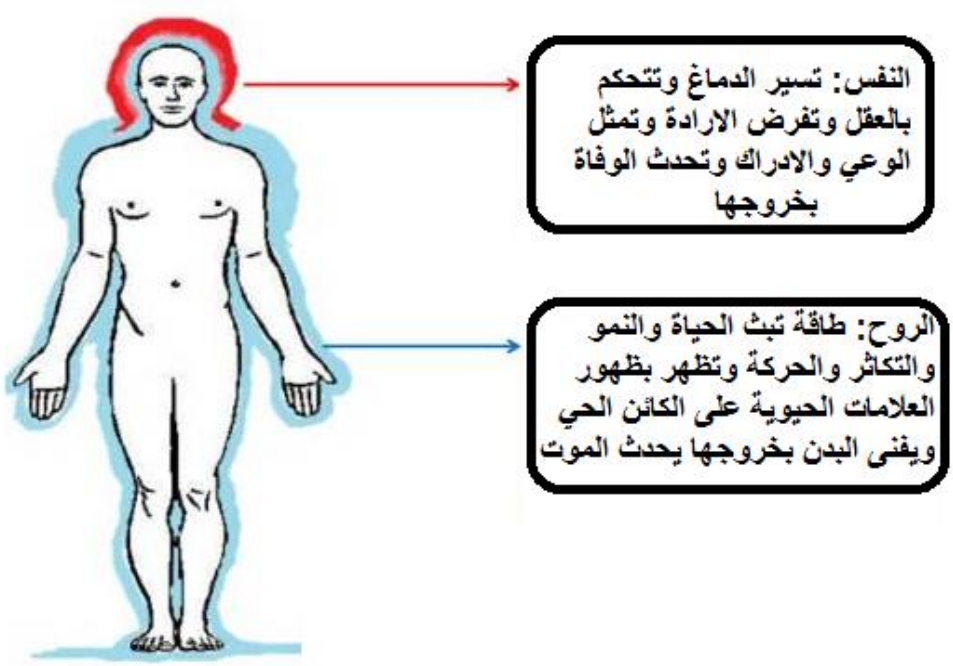
رابعاً :أن الروح طاقة يبثها الله في المخلوقات الحية ومنها الإنسان تسري في البدن فينمو ويحيا ويتحرك فإذا حق القول وحان أجل الحي نزع الله من جسده هذه الروح فيحصل الموت ، فالموت متعلق بالروح ووجودها في البدن، فإن وقع الموت بليت الأعضاء وسكنت عن الحركة وخبت فيها مظاهر الحياة ووقع على ذلك البدن الفناء (كلٌّ من عليها فان).

خامساً :أن الموت حقٌّ على كل حي صَغُرَ أم كَبُر ، ولكن الوفاة لا تطلق إلا على المكلفين من المخلوقات وهم الإنس والجن لتعلقها بالعمل والكسب الأخروي.

سادساً :أن وقوع الموت بمفارقة الروح للبدن يلزمه وقوع الوفاة والاستيفاء بمغادرة النفس وتوقف جريان القلم بالأعمال وهذا اللزوم قطعي، ولكن وقوع الوفاة لا يلزم أن يقع معها الموت وشاهد ذلك النوم والغيبوبة والجنون ونحو ذلك من الحالات التي

يتوقف فيها جريان القلم بالكسب (الوفاة) ولا تنزع الروح من البدن ولا يفقد الجسد وظائفه الحية.

وهذه المفاهيم الدقيقة والعميقة تقودنا للتفكر والبحث في دور العقل وماهيته والدماغ والذاكرة ، ومادة المخ ووظائفها وحدود سيطرتها وعلاقتها بالنفس طالما كانت بالصورة التي توصلنا إليها ، وبالتالي فقد تولدت فكرة هذا البحث كمادة مكملة لما سبق.



شكل (35)

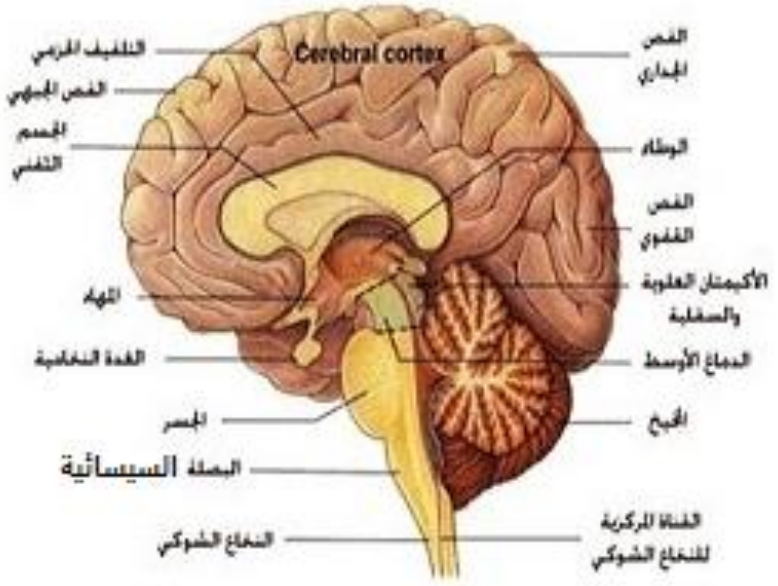
الروح والنفس والحركة

ينام الإنسان ملء عينيه، ورئتاه تخفقان بانتظام، ينام الإنسان ملء عينيه، وقلبه يضرب بانتظام، ينام الإنسان ملء عينيه، وجهازه الهضمي يعمل بإحكام، ينام الإنسان ملء عينيه، وجهاز التصفية يعمل بدقةٍ مذهلة ، لو أن جهاز التصفية، وجهاز الهضم، وجهاز الدوران، والقلب، والرئتين كان منوط عملهما إلينا، هل منا من يستطيع أن ينام لحظة، أو أن يعمل لحظة، هذه الآية الكبيرة هي الأفعال اللاإرادية، إنها تعمل بشكلٍ مدهش، بدقةٍ ما بعدها دقة، بحكمةٍ ما بعدها حكمة، بتدبيرٍ ما بعده تدبير.

هناك نوعين من الاعمال اللاارادية هما:

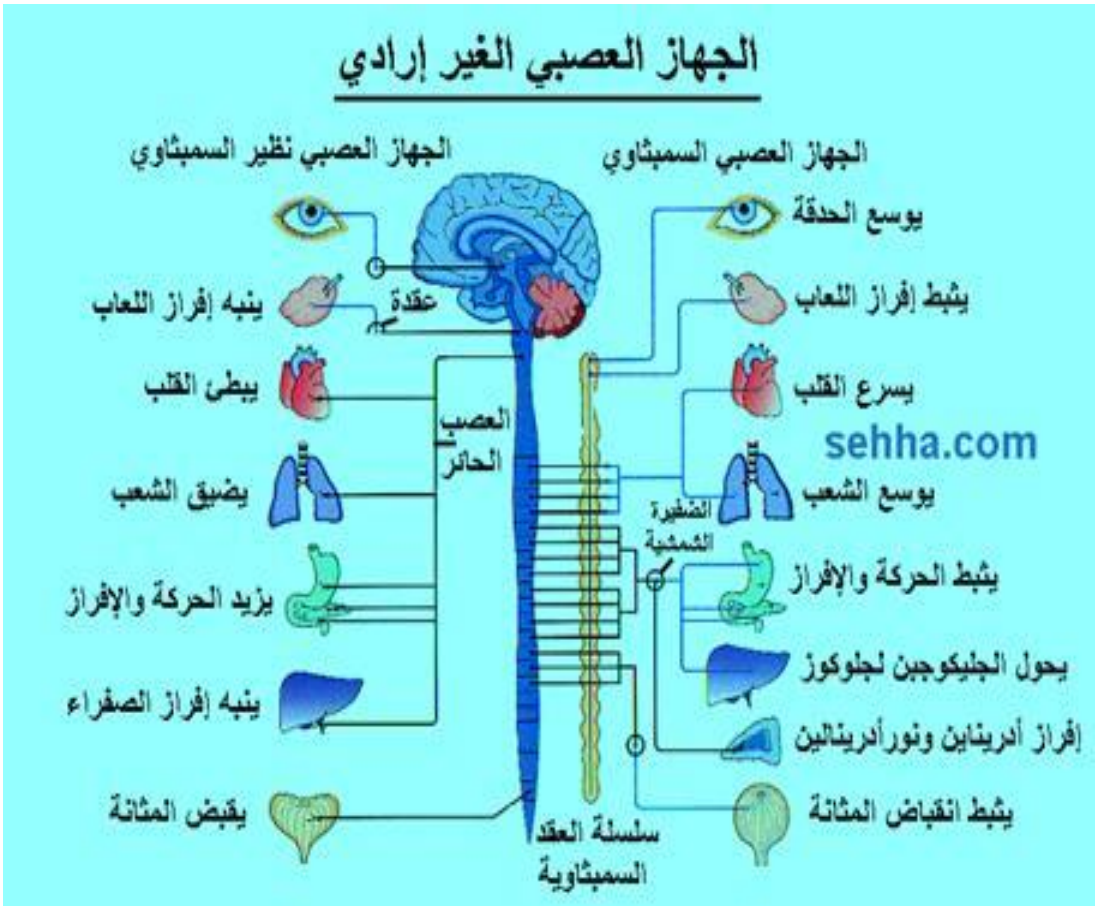
الاول ـ الاعمال اللاارادية الغير حسية:

يقول العلماء ان هناك مراكز للأعمال اللاإرادية التي لاتتدخل بها الحواس والتي تتحكم في ضربات القلب، ووجيب الرئتين، وعملية الهضم، وعملية الإفراز، وأعمال كثيرة لا يعلمها إلا الله، أعمال الغدد الصمَّاء، البنكرياس، الكبد، الكظريتان، الدرقية، النخامية، وأجهزةٌ، وغددٌ، وأعمالٌ معقدةٌ، والتوازن الحراري، وتوازن السوائل، وتوازن ضربات القلب، وأعمال كثيرة أخرى تتم بشكل لا إرادي. لايمكن للانسان ان يسيطر عليها اراديا.اذ ان هناك عقدة تسمى عقدة الحياة في الانسان لها أثر كبيرفي حياته ؟ ويقول العلماء ان هناك في البصلة السيسائية التي هي في القسم السفلي من جذع الدماغ تقع عقدة تدعى "عقدة الحياة"، في هذه العقدة يقع مركز تنظيم التنفُّس، ومركز تنظيم ضربات القلب، والمراكز المسؤولة عن توسيع وتضيق الأوعية الدموية، ومركز البلع، ومركز المضغ، ومركز التصويت، ومركز توازن السكر، ومركز العرق، ومركز اللعاب، ومركز النوم واليقظة، ومركز المشي، ودورة الحيض، وحرارة البدن، ومركز الغدد التناسلية في القسم الأسفل من جذع الدماغ، يسمَّى هذه المكان بعقدة الحياة, وهو أخطر مكانٍ في الإنسان، لو أصيب بخلل مات الإنسان فوراً .



الشكل 36

البصلة السيسائية في جذع الدماغ (عقدة الحياة)



شكل(37)

مراكز الافعال اللاارادية

وايضا يوجد غاز في جسم الانسان يسمى بغاز الفحم(غاز ثاني اوكسيد الكربون) ، ما هو دوره، وهل له خطورة إذا اختل توازنه عن نظامه الطبيعي ؟

ينتج جسم الانسان تقريباً 1 كغم من ثنائي اوكسيد الكربون كل يوم ،وهذه الكمية تحوي 290 غم من الكربون والباقي اوكسجين ، وينتقل ثنائي اوكسيد الكربون الناتج من عملية التمثيل الغذائي في جسم الانسان في الاوردة ثم ينتهي به المطاف خارج الجسم في هواء الزفير، وينتقل ثنائي اوكسيد الكربون في جسم الانسان من خلال ثلاث طرق ، بحيث ان النسبة المئوية الدقيقه تعتمد على نوع الوعاء الدموي ان كان شريانا او وريداً. ان اغلب ثنائي اوكسيد الكربون (من 70 % -80%) يتحول الى ايون بيكربونات (HCO_3) وذلك بواسطة انزيم الانهيدراز الكربوني (كربوانهيدراز) في خلايا الدم الحمراء ، وحوالي 5 % الى 10% ينحل في بلازما الدم، و5% الى 10 % يرتبط مع خضاب الدم (الهيموغلوبين) وذلك على شكل كربامينوهيموغلوبين.

ويقع في جذع الدماغ ايضا ضمن هذه العقدة بقعتان هما: بقعةٌ للشهيق، وبقعةٌ للزفير، اذ يقول العلماء ان هناك في البصلة السيسائية التي هي في القسم السفلي من جذع الدماغ ، في عقدة الحياة، مركز تنظيم التنفس .

إن غاز الفحم المتواجد في الدم ينبه الجهاز العصبي بالشهيق والزفير، وإذا نُبِه مركز الشهيق ثبّط مركز الزفير، وإذا نبه مركز الزفير ثبّط مركز الشهيق، لو نبها معاً لاضطرب الأمر، اي ان تنبيه أحدهما تثبيطٌ للآخر.

شيءٌ آخر، هناك تنفسٌ إرادي يستطيع الإنسان بإرادته أن يحدث شهيقاً إرادياً، أو زفيراً إرادياً، الامر ياتي من عقد الحياة في الدماغ للشهيق الإرادي، والزفير الإرادي، هذا المركز ، يعمل بشكلٍ ذاتي، والذي ينبّه هذين المركزين ؟

غاز CO_2 الذي يكون في الدم، فإذا تراكم هذا الغاز ، وكَثُر في الدم، تضاعف الشهيق والزفير، لو أن الإنسان غطَّى رأسه بالغطاء، وقل الأوكسجين في الفراش، وكثر غاز CO_2، ليراقب نفسه، يزداد وجيب رئتيه من دون أن يشعر، هذا الشهيق والزفير السريع، بسبب ازدياد غاز CO_2، الذي اذا ازداد في الدم، نبَّه مراكز الشهيق والزفير، فضاعفت حركاتها، ونحن لا ندري، فسبحانه الله وتعالى بيده كل شيء.

يقول العلماء: لو زاد غاز CO_2 اثنان بالعشرة(0.2) عن كميته النظامية في الدم لتضاعف التنفس، ولو قلَّ غاز CO_2 اثنان بالعشرة عن كميته النظامية في الدم، لتوقَّف التنفس، ما هذا التوازن؟ إذا ارتفع غاز CO_2 في الدم من دون أن ينبه مراكز التنفس، دخل الإنسان في غيبوبةٍ ثم مات، وهؤلاء الذين يختنقون في الحمام أحياناً بسبب استخدام وقود غازي، ما السبب؟ ارتفاع نسبة غاز CO_2 في الجو، وبالتالي في الدم، وبالتالي يتوقف التنفس، فيموت الإنسان. ويمكن ربط هذه الامور العلمية بالجانب الرياضي وخصوصا فيما يخص البيئة التي يتدرب بها الرياضيين ، ومن ناحية اخرى يجب ان يكون الرياضي خالي من الامراض التنفسية التي ترتبط بكل من غاز الاوكسجين و ثاني اوكسيد الكربون لعلاقتهما الدقيقه بالجهد البدني وانتاج الطاقة .

- **الاعمال اللاارادية المرتبطة بالحواس:**

في المجال الحركي للانسان ، يمكن دراسة كل العوامل المرتبطة بطبيعة الانقباضات العضلية والقدرات العقلية المرتبطة بالحركات الارادية واللاارادية التي يتميز بها الاداء الحركي البشري، فنحن نعرف ان جميع حركات الانسان مرتبطة بعمل العضلات الهيكلية كاجهزة تقوم تنفيذ الاوامر الصادارة من الجهاز العصبي للقيام بالحركة.

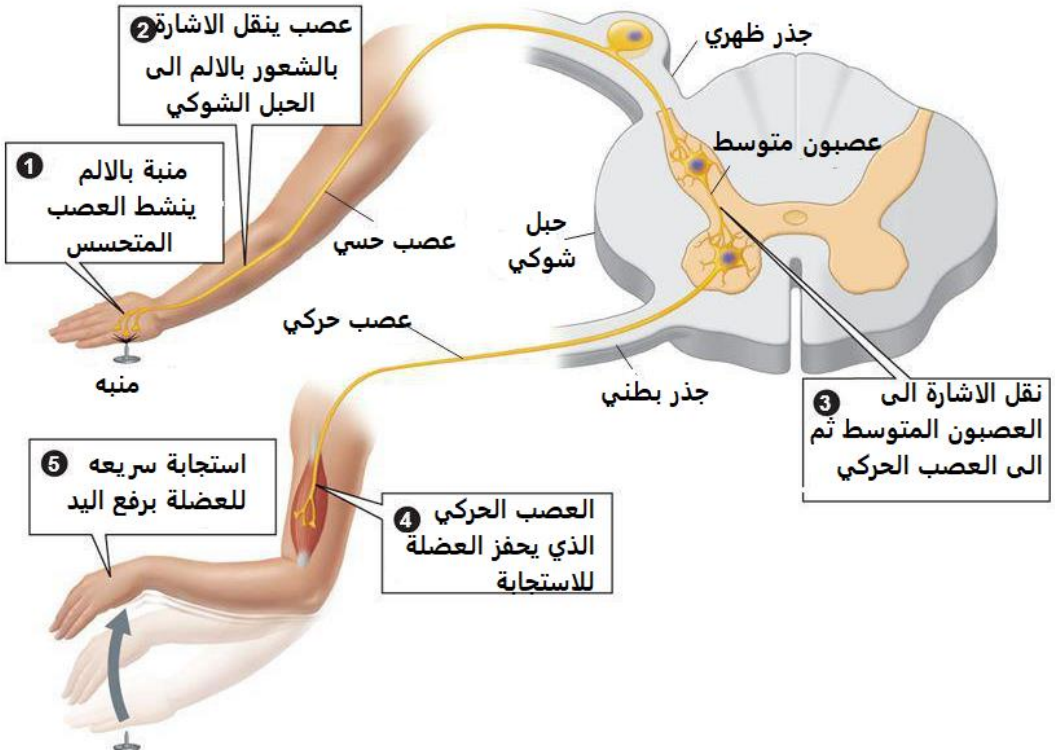
فالمخ هو المسؤول عن الافعال التى نقوم بهـا من حركات و أفكار و....الخ، لكـن بعض الحركات لا يتحكم بها المخ و هذه الافعال تكون عبارة عن منعكسات عضليـة يقوم بها الشخص منا دون شعور اي بمعني أنه لا يتحكم بها. فعلـى سبيل المثال : عندما تتكلم مع شخص ما و تضع يدك على منبع حراري كالمدفئـة مثلا فانك تقوم برفع يدك بسرعة و بدون تفكيـر. و هذه الافعال المنعكسـة يتحكم بها النخاع الشوكي . فجسم الانسان به مركزين عصبيين هما المخ و النخاع الشوكي. فاذا اراد شخص أن يسدد الكرة على المرمى عليه أولا أن يرى الكرة ثم يحدد مكان تسديدها بعينيه هنا تقوم العين بدور المستقبل فترسل رسالة الى المخ الذي يقوم بدوره بارسال رسالـة عصبية الى النخاع الشوكي الذي بدوره يرسل رسالة عصبية حركيـة الى الرجل التي تقوم بدور العضو المنفذ و ترمى الكرة.

واما من الناحية الحسية فانه يرافق الإحساس نوعين من الحركة:

حركة لاإرادية: عندما يكون الشخص غير مدرك أو واع لحظة التنبيه .

حركة إرادية : عندما يكون الشخص مدرك وواع لحظة التنبيه الأعضاء الفاعلة في الحركة الإرادية.

رد الفعل المنعكس(اللاارادي) بسبب وجود حافز



الشكل 38

الحركة اللاارادية عندما يكون الشخص غير مدرك لحظة التنبيه

أما الافعال اللاارادية كما سبق وذكرت في المثال اعلاه يقوم الجلد بدور المستقبل الحسي الذي يشعر بالالم فيرسل رسالة عصبية حسية الى النخاع الشوكي فيقوم بارسالة رسالة عصبية حركية الى المستقبل فترفع اليد عن المنبع الحراري، اي ان المخ لا يتدخل في جميع حركاتنا . (الشكل 38)

ويتدخل في انجاز المنعكس الفطري (الفعل اللاإرادي) خمسة عناصر تشريحية هي :

- **المستقبل الحسي (و هو الجلد بنهاياته العصبية).**
- **ناقل حسي (العصب الحسي).**
- **مركز الأفعال الانعكاسية.**
- **ناقل حركي (عصب حركي).**
- **منفذ حركي (العضلات).**

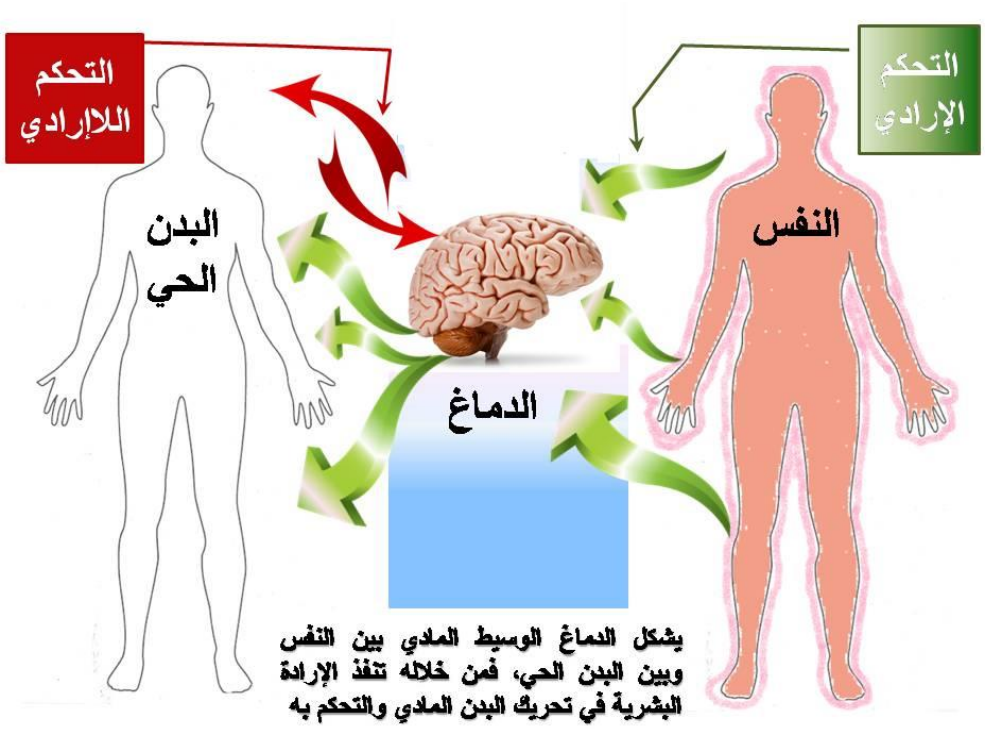
و كل عطل أو تلف يصيب أي عضو من هذه الأعضاء فانه يؤدي إلى عدم تشكل الاستجابة الانعكاسية للمنبه الخارجي.

فالحركة اللاارادية (التفاعل اللاارادي) اذن هي: رد فعل ناتج عن تنبيه فعل معين ، و يكون تلقائيا اي انه لا يخضع للارادة و يتميز بالتماثل اي ان رد الفعل اللاارادي يتشابه عند جميع الاشخاص ، وهو يقوم على الفطرة اذ أن أجزاء البدن يتحكم بها الدماغ بدون تدخل البشر كحركة القلب والتمثيل الغذائي في الجسم وردود فعل أجزاء الجسم الحية وهذا التفاعل ينحصر في علاقة مباشرة بين الدماغ وبين تلك الأعضاء مباشرة ولا يتمكن الإنسان من إيقافها حتى لو تمكن من التأثير عليها بصورة أو بأخرى كأن يوقع أثراً نفسياً يخفض معدل نبضات القلب أو خفض الضغط ولكنه لا يستطيع إيقاف قلبه أو منع الخلايا من حمل الغذاء لأجزاء الجسم المختلفة، وهذه العملية تحدث طالما سرت الحياة في الجسد سواء كان ابن آدم نائماً أو واعياً أو غائباً عن الوعي فتأثير ذلك لا يعدو رفع وتيرة التفاعلات أو إضعافها وفق نشاط الجسم وبالتالي فهي تفاعلات حتمية لاإرادية يتحكم فيها الدماغ.

شكل(39)

تقسيم الحركات من الناحية الفسيولوجية

اما الحركة الارادية (التفاعل الارادي) : هي رد فعل يخضع لارادة الشخص و يكون منظما و لكن غير متماثل. والمقصود بغير متماثل اي ان الفعل الارادي يختلف من شخص لاخر. فالتفاعل الإرادي وهو لبُّ القضية ، وهو كل الأفعال التي يفضي إليها الإنسان بوعي تام وإدراك ونية ، وهذا التفاعل منفصل عن التفاعل اللاإرادي، فالنفس هي التي تلقي الأمر لأعضاء البدن لإتيان الفعل أو تركه أو الفعل ورد الفعل وهي التي تقع عليها التفاعلات العاطفية كالغضب والرضا والحزن والسعادة فتصدر الأمر إلى الدماغ ومنه إلى العضو البشري ليؤدي وظيفة كالضحك أو البكاء أو الغضب أو الأفعال المحسوسة بكافة أشكالها ومن ثم الحركات المختلفة، فإذا حصل النوم فإن النفس تغادر البدن فيتوقف جانب التفاعل الإرادي بالضرورة.



شكل (40)

التحكم الارادي واللاارادي بجسم الانسان

وقد اشارت دراسة علمية تناولت التفاعلات اللاارادية والارادية والذاكرة الحركية ووظائف المخ والدماغ ، وتوصلت الى الاستنتاجات الاتية:

أ- أن الذاكرة والإدراك والشعور عناصر عقلية مرتبطة بالنفس البشرية وليست متعلقة بالدماغ والمخ وبالتالي فليس لها اصل مادي ملموس ضمن البعد الدنيوي.

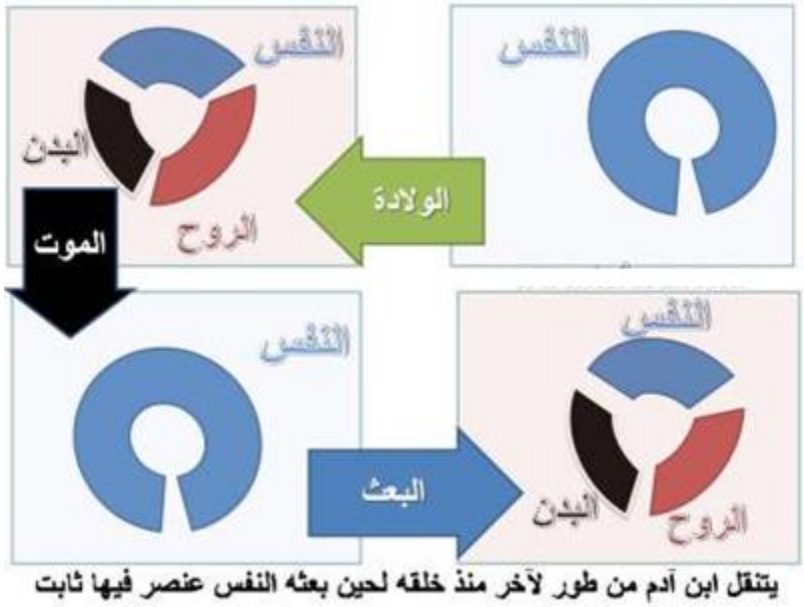
ب- أن الدماغ والجهاز العصبي ليس جهازاً مركزيا لتلك العناصر العقلية ولكنه وسيط قادر على نقلها من بُعْد النفس إلى بُعْد الجسد.

ت- أن تعلق النفس بتلك العناصر العقلية سبق خلق الجسد ويتلو حالة الموت والوفاة.

ث- أن كافة الأفعال الإرادية هي أفعال تنتجها النفس ويترجمها الدماغ لينقلها للبدن وتظهر على شكل افعال حركية وافعال اعتيادية يومية.

ج- أن كافة الأفعال اللاإرادية تدور ضمن دائرة داخلية بين الدماغ وأعضاء الجسم المحسوسة وتحكم النفس فيها محدود وغير متاح (كوظيفة القلب والرئتين والأعضاء الحيوية المتحركة لا إراديا).

ح- أن إصابة الوسيط (الدماغ) بالإصابات المادية التي تعجزه عن الاستمرار في القيام بوظيفته بتمرير وترجمة البيانات بين النفس وبين أجزاء البدن وهو لايعني فقدان ما سبق تلك الإصابة من معلومات وبيانات وذكريات لكونها ليست مخزنة ومحفوظة في هذا الدماغ.



شكل (41)

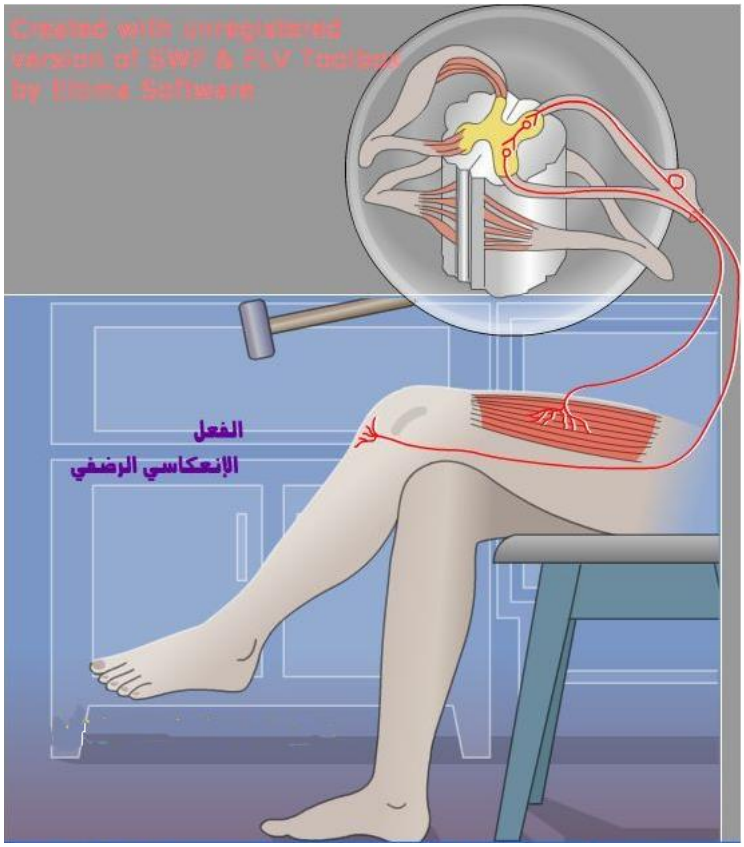
توضيح لنتائج دراسة عن النفس والروح

- **تقسيم الحركات الرياضية من الناحية الفسيولوجية:**

يمكن تقسيم الحركات الرياضية من الناحية الفسيولوجية في مجال علم الحركة الرياضي وفقا لما تقدم الى ما ياتي:

1. **الحركات الارادية : وغالبا مايكون العمل العضلي هذا ارايديا (اي بسيطرة الجهاز الحركي للانسان كالاعصاب والعضلات والعظام والمفاصل)، فلاعب كرة السلة الذي يقوم بالتهديف بذراعه اليسرى يكون عمله هذا عملا عضليا مسيطرا عليه ، وكذلك اداء الارتقاء لنواع القفزات على الرجل المفضلة وهكذا .**
2. **الحركات اللاارادية: بعض حركات الاجهزة الوظيفية التي يتدخل به الجهاز العصبي اللاارادي ، كحركات القلب وحركات التنفس ، او الحركات التي تتم بالاطراف غير المفضلة مثال ذلك استخدام الذراع الغير مفضلة بالتهديف بكرة السلة او اداء الضرب الساحق ,,,, الخ، كذلك الرجل الغير مفضلة واستخدامها بالركل او التهديف بكرة القدم او اداء الارتقاء ،، ،**

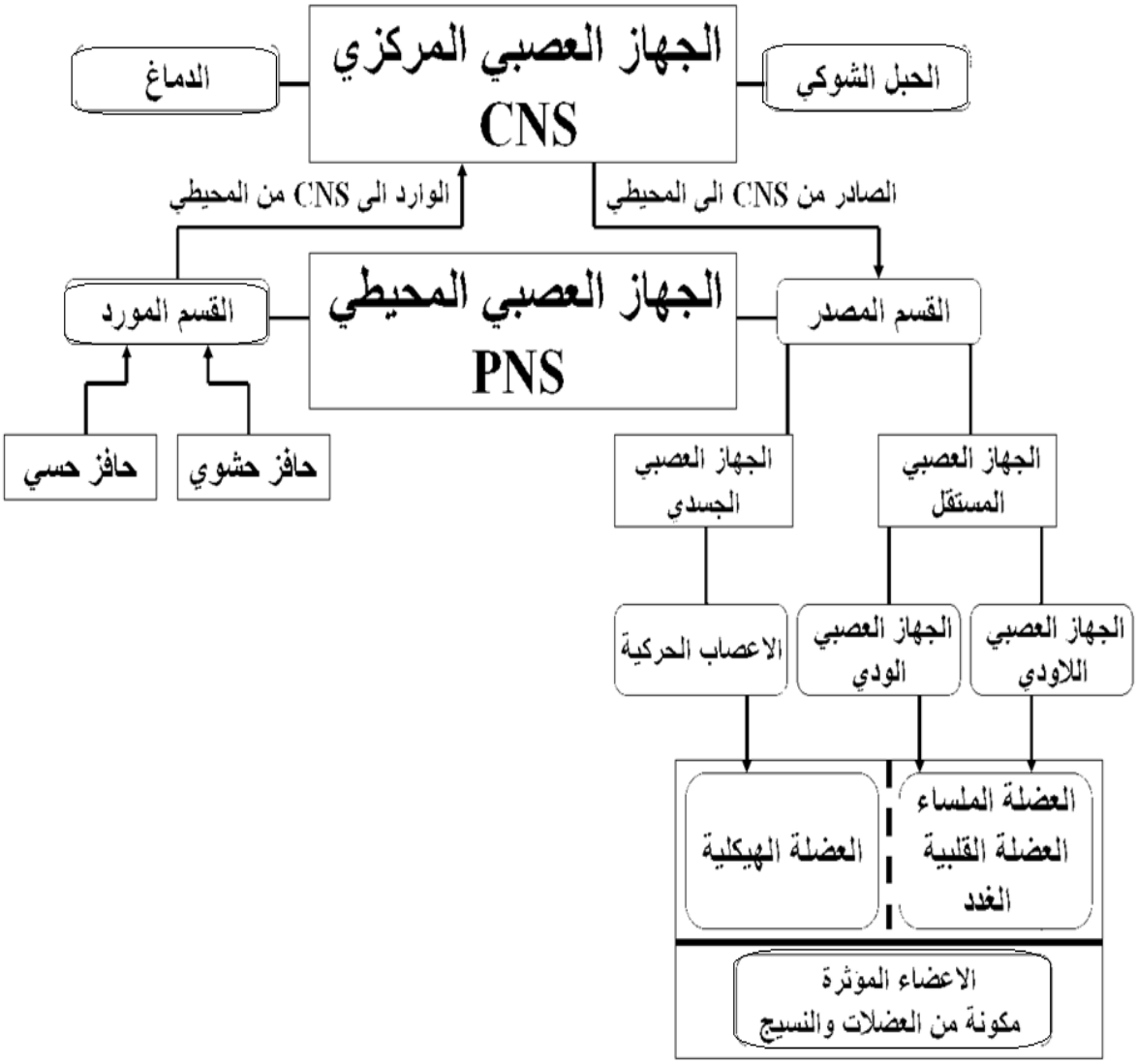
فان هذا العمل يصاحبة صعوبة كبيرة كون ان حركة الذراع الغير مفضله غير مسيطرة عليها ، وكذلك حركة الرجل الغير مفضلة



الشكل 42

الحركة اللاارادية من خلال الفعل المنعكس الرضفي

3. **الحركات المركبة : وهي الحركات التي تكون ارادية ولاارادية ومسيطر عليها من قبل اللاعب، كالتحكم بحركات التنفس اجباريا مع حركات الركض بان واحد ، اوحركات القلب من خلال التعرض الى حالات نفسية معينة مع القيام بحركات ارادية .. اوجميع المهارات التي تؤدى بالذراع اوالرجل الغير مفضلة وبجودة المفضلة وجميع هذه الحركات يتدخل بها الجهاز العصبي في التاثير على العضلات والوحدات الحركية للقيام بالفعل، لاحظ الشكل (43)**



شكل (43)

الجهاز العصبي المركزي وواجباته

ومن النماذج الحركية المركبة ،انه يمكن اعطاء تدريبات بدنية بكتم التنفس واطلاقه بتوقيات ايقاعية معينة ، مثل كتم النفس والركض بشدة قصوى لمسافة 01م تعقبها 10م اخرى باطلاق التنفس وبنفس الشدة وهكذا على شرط السيطرة على ايقاع طول وتردد الخطوات خلالها ،فمن خلال تجربة هذا العمل ميدانيا ظهر ان القيام بقطع التنفس لمسافات محددة واطلاقة لمسافات اخرى تظهر على اللاعب علامات عدم التحكم بخطوات الركض وذلك بسبب تحميل الدماغ واجبات هي اصلا لارادية كحركات التنفس واجبر اللاعب على تنفيذها اراديا، وظهر انه بتكرار هذا التدريب يتعود الدماغ فيما بعد على اصدار القرارات بشكل انسيابي مما سبب ذلك زيادة كفاءة الدماغ في اصدار الاوامر وباعلى ايقاع للحركات ، وهذا يعني زيادة كفاءة الدماغ في السيطرة على اصدار الاوامر الصحيحة والتكيف مع الوضع الجديد. ومن جهة

اخرى ، ايضا يمكن ان نزيد من ضربات القلب اراديا من اجل تحفيز العضلات وزيادة الدم الوارد اليها في كل ضربة قلبية عند القيام بجهد بدني ،، وهكذا. اذ تحتم هذه العمليات ان يقوم به الرياضي بعمليات عقلية – عصبية لارادية (عمليات الشهيق والزفير او ضربات القلب) وتحويلها الى عمليات ارادية يتحكم بها الرياضي وفقا للموقف التدريبي ،وهذه العملية ربما تضيف واجب جديد على الدماغ لم يتعود عليه سابقا مما ينعكس على زيادة تكيف الدماغ على زيادة الاعباء لتنفيذ الواجب الحركي.

- **مستويات ومحاور الحركات في الانسان**

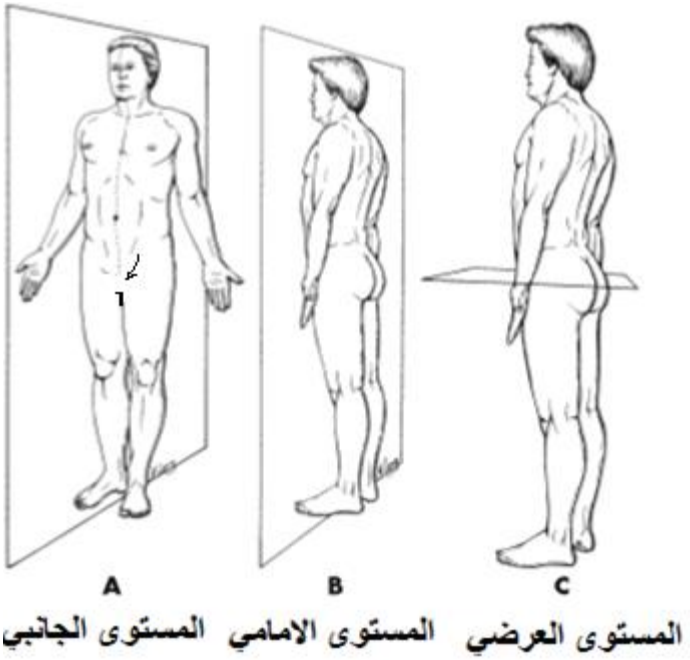
يهتم علم حركة الإنسان فى معناه الواسع بدراسة الحركات الفراغية للإنسان السوي أوالمعاق خلال جميع مجالات أنشطته الحركية فى الحياة وفى جميع الأوساط البيئية المحيطة (الهواء – الأرض – الماء - الفراغ الكوني) طوال المراحل العمرية المختلفة (الحركة الأساسية - والتطور الحركي لها ، الأنشطة الحركية اليومية المعتادة – العمل والحركات المهنية ،الرقص والحركات التعبيرية ، والحركات الرياضية). ورغم أن اهتمام علم حركة الإنسان ينصب فى المقام الأول على دراسة السبب والشكل والسلوك والمسارات الميكانيكية للحركة إلا أنه يأخذ فى اعتباره أيضاً الخصائص البيولوجية (التشريحية الفسيولوجية – النفسية والبدنية ...الخ) لهذا الكائن المتحرك ، اذ يساهم هذا العلم بدراسة القوانين والأسس العامة للجهاز الحركي للإنسان والأفعال والأنشطة الحركية التي يستطيع جهاز حركة الانسان أن يقوم بها خلال ممارسته لمختلف أوجه الحياة بهدف ترشيد حركاته . ولهذا وجب ان تكون دراسة حركة الانسان وفقا لخصائص جهازه الحركي الخاص به ، اذ ان هذا الجهاز يتميز بوجود عتلات ومفاصل وعضلات واعصاب تشترك معا للقيام بانتاج الحركات والتي غالبا ماتكون حركات دورانية في مختلف اجزاء الجسم ، وهذا مايفرض علينا دراسة طبيعة هذه الحركات الدروانية التي تفرض عليها وجود محاور تدور حولها هذه الاجزاء ووفقا لمستويات الحركة ، وهذه المحاور والمستويات هي التي تحدد حركة هذه الاجزاء واتجاهها وتاثيرها في اتجاه مجمل حركة جسم الانسان . وهذا يحتم علينا فهم طبيعة الحركات وعلاقتها بالمستويات والمحاور وكيفية استخدامها فى وصف حركة الانسان ، وعليه يجب أن نفهم كيف يمكننا من وصف الحركة وفقا لمستوياتها ومحاورها المتعامدة عليها ، أو بالمحور ثم المستوي المتعامد عليه. وقبل أن نخوض فى شرح وتحديد الحركات وفقاً للمستويات والمحاور ، فاننا نشير كما ذكرت سابقا الى ان معظم حركات أطراف الجسم تتحرك حول محاور فى مسار دوراني ، وتظهرعلى شكل مرجحة حول هذه المفاصل، وإذا استطعنا تخيل اتجاه حركة جزء الجسم المتحرك (الطرف المتحرك)، فإننا سوف تستطيع تحديد مستوى الحركة التي تمت فيه هذه الحركة والذي يكون عموديا على محور الدوران.

- **المستويات:**

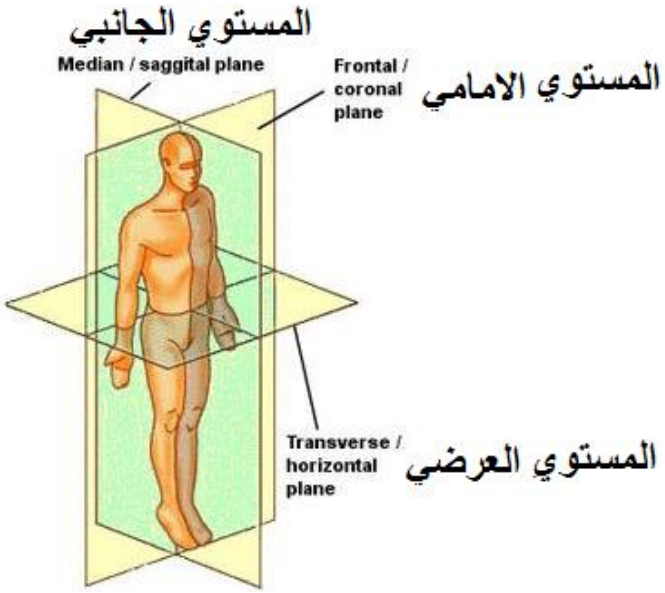
المستويات هي اسطح وهمية تعمل على تقسيم الجسم إلى أنصاف متساوية (يمين و يسار- علوي و سفلي - أمامي و خلفي) تلتقي هذه (المستويات)الثلاثة في نقطة تنصف كل المستويات و هي مركز ثقل للجسم و تتعامد هذه المستويات مع محاور الدوران الثلاثة (الشاقولي و الافقي والعميق) ودراسة المحاور و المستويات من الأمور المهمة جدا عند وصف حركه الإنسان وكذلك حركات الأجزاء المختلفة منه.

والمستوى من الناحية الهندسية (هو مستوى فراغي منتظم يدور فيه او عليه الجسم، وقد اصطلح على أن تنسب حركة الجسم إلى ثلاث مستويات فراغية متعامدة تلتقي عند نقطة مركز الثقل وهي:

- **المستوى الجانبي (السهمى): يمر بالجسم من الأمام للخلف و يقسم الجسم إلى نصفين متساويين أحدهما جهة اليمين والأخر جهة اليسار.**
- **المستوى الأمامي: يمر بالجسم من اليمين الى اليسار و يقسم الجسم إلى قسمين أحدهما أمامي والأخر خلفي.**
- **المستوى الأفقي (العرضي): يقسم الجسم إلى قسمين علوي وسفلي.**

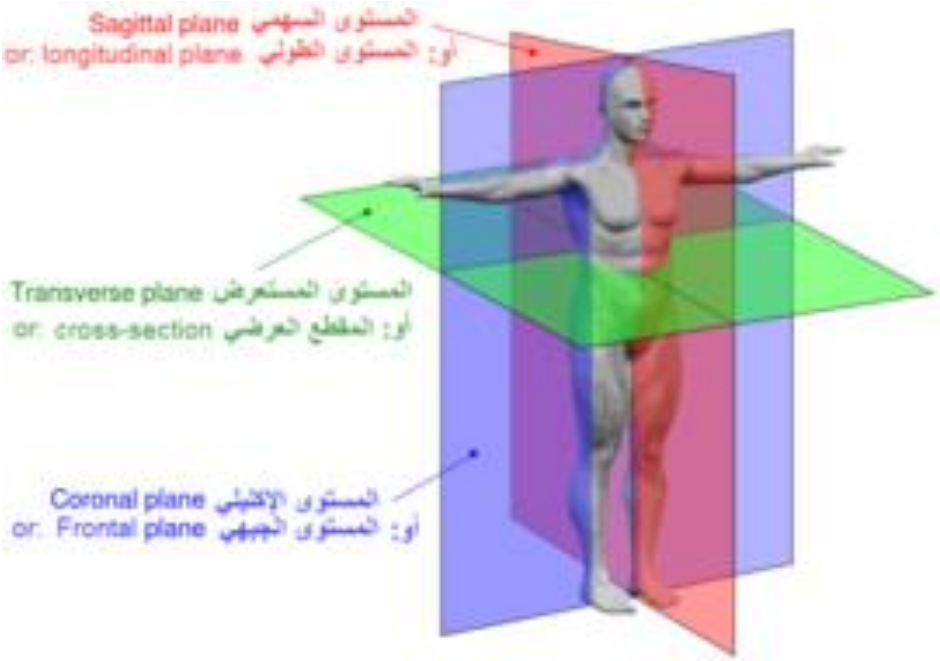


شكل (44)
المستويات الثلاثة بجسم الانسان



شكل(45)

المستويات والمحاور الثلاثة مجتمعه في جسم الانسان



شكل (46)

حركة الذراعين جانبا ضمن المستوى الامامي في جسم الانسان

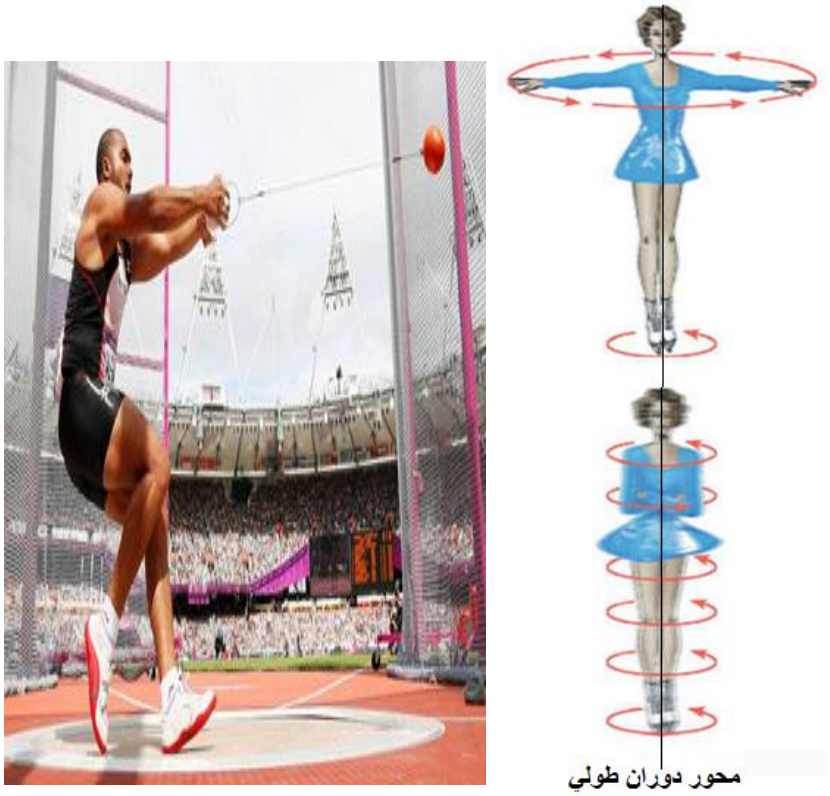
وهناك مهارات تؤدى على مستوى واحد كـ (الركض - الدراجات – رمي كرة بيسبول من الاسفل للبنات ....) ومهارات تؤدى على اكثر من مستوى كـ (كمهارة الارسال بكرة لتنس - بعض حركات التاكوندو - حركة ضارب كرة القاعدة ...) لاحظ الشكل (47)

شكل(47)

اداء المهارات على مستويات مفردة ومتعددة

- **المحاور :**

وهي خطوط او نقاط وهمية يدور الجسم او جزء الجسم حولها
و هناك ثلاث محاور أصلية للحركة هي :
أ -المحور الطولي (الشاقولي)
هو خط وهمي يمر من الرأس للقدمين عمودي على المستوى الأفقي.يخترق الجسم من الأعلى إلى الأسفل فيدور حوله الجسم من اليمين الى اليسار او العكس كما في دوران الجسم في المطرقة او التنس او لاعبة الجمناستك الفني.الشكل(48)



شكل (48)

الحركة حول المحور الطولي

ب- المحور الجانبي (الافقي)

هو خط وهمي يخترق الجسم من الجانب إلى الجانب الآخر عمودي على المستوى الجانبي وهو موازي لسطح الأرض ، وتحدث على هذا المحور كل حركة ثني ومد للامام وللاعلى كما في الجذع عند رفع الثقل للرباع وكما في حركة دوران لاعب العقلة، وكما في حركة الرجلين عند التخلص من العارضة بعد عبورها في الوثب العالي.

شكل (49)

حركة لاعب العقلة حول المحور الافقي

جـ - المحور السهمي (العميق)

خط وهمي يخترق الجسم من الأمام إلى الخلف ، عمودي على المستوى الأمامي وموازي للأرض ، كما في العجلة البشرية حيث يدور الجسم يميناً ويساراً ، وكذلك في كل حركة ميل الجسم لليمين او اليسار ولاعب رمي الثقل لحظة وضع الرمي الشكل (50).

شكل (50)

حركة جذع لاعب الثقل لحظة وضع الرمي حول المحور العميق

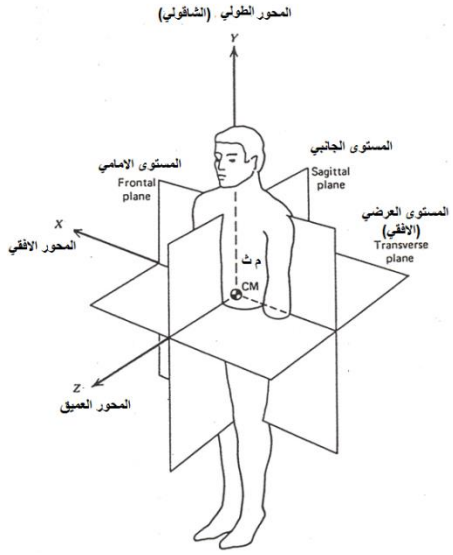
وتتعامد هذه المستويات بعضها البعض ، وتتلاقى في نقطة مركز ثقل الجسم فيحدث الاتزان عندما تتساوى الابعاد الجانبية لهذه الاجزاء حول المحاور الثلاثة سواء عند الثبات او الحركة ، وفي هذا الوضع التشريحي ، تقع جميع مراكز ثقل اجزاء الجسم عند نقطة الصفر(CM). وبذلك فان الاسطح والمحور الثلاث الرئيسية للحركة تتعامد في هذه النقطة وهي كما في الشكل (51)

@ Sagittal Plane المسطح الجانبي

@ Frontal Plane. المسطح الامامي

@ Transverse Plane. المسطح الافقي

 # Other Movements.حركات اخرى



شكل(51)

تعامد المستويات والمحاور

وللمحاور والمستويات اهمية كبيرة عند دراسة الحركات ، اذ تستخدم لوصف حركات اجزاء الجسم وفقا للاوضاع التشريحية للجسم او لاجزاءه:

فعند دوران جزئين ظاهرين متقابلين في جسم الكائن الحي فانهما يدوران حول محور مشترك . ففي كائن ثنائي التناظر (مثل الإنسان) ، يوجد (6) نقاط متقابلة يعطون ثلاثة محاور تتقاطع في زوايا قائمة،وتلك المحاور هي"س" و"ص" و "ع"(x, y and z, axis) المعروفة من الهندسة الفراغية (المحاور الثلاثية الابعاد).

ومن الامثلة الحقيقة لدوران الاجزاء هي دوران اجزاء الجسم حول نقاط التقاء عظام الاجزاء هذه، وينبغي ان نحدد اولا النقاط التشريحية للجسم لكي نتمكن لاحقا من استخراج المديات الزاوية لهذه الاجزاء ،ومن ابرز هذه النقاط التشريحية:

1- مفصل الورك (محور دوران الجذع ، وبنفس الوقت محور دوران الفخذ)

2- مفصل الركبة (محور دوران الساق)

3- مفصل الكاحل (محور دوران القدم)

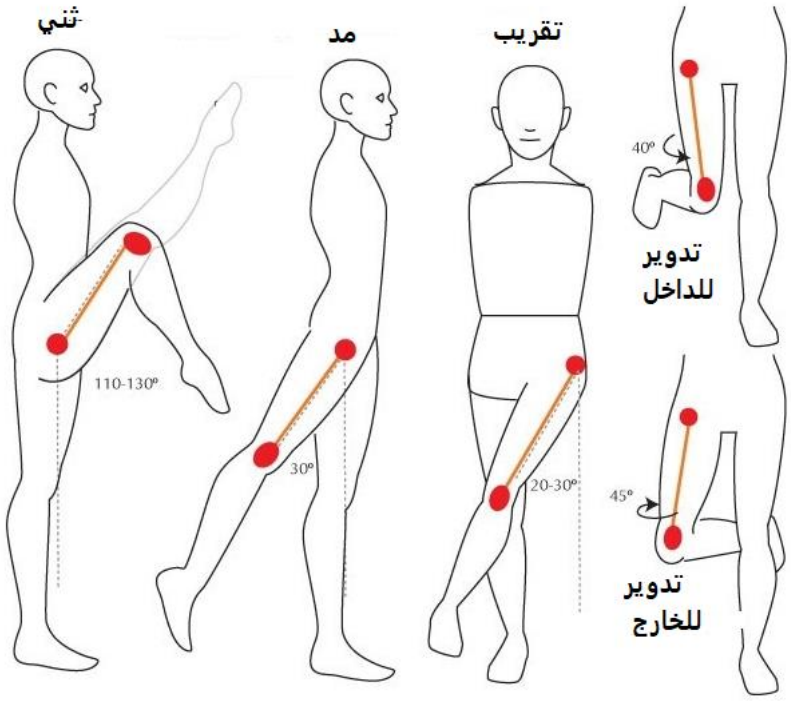
4- مفصل الكتف (محور دوران العضد)

5- مفصل المرفق(محور دوران الساعد)

6- مفصل الرسغ (محور دوران اليد)

7- المفصل الاطلسي (محور دوران الرأس وهو نقطة الراس)

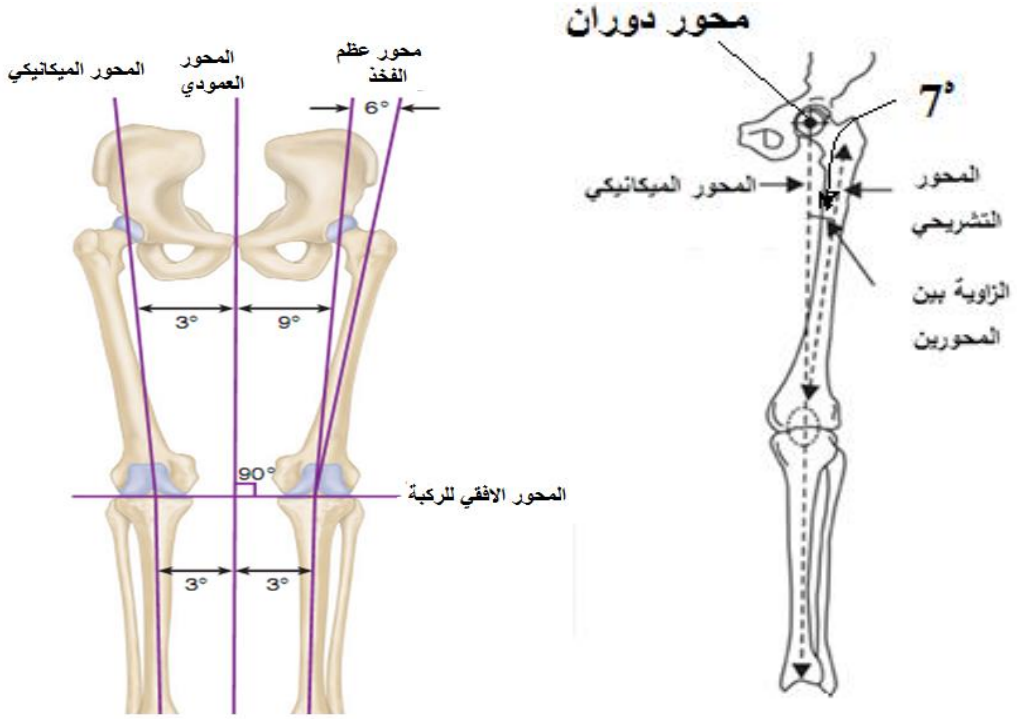
وتتكون الزاوية بين ضلعين متصلين بنقطة واحدة(محور واحد) ويكون نوع المحور(الاجداثي) اما بوضع عمودي(صادي) او افقي (سيني) او عميق(عيني) في مفاصل الجسم حسب طبيعة دوران جزء الجسم حول هذه المحاور، اذ يمكن ان يكون هناك دوران للساق حول مفصل الركبة فيكون الدوران حول محور عمودي وبذلك يكون مفصل الركبة محورا تحدث حوله حركات الساق من اليمين الى اليسار او بالعكس، ويمكن ان يحدث على نفس المفصل حركات الساق بالثني والمد فيكون حول محور افقي ، اي ان نوع الحركة في اجزاء جسم الانسان هي التي تحدد نوع المحور التي تدور عليه هذه الاجزاء.(لاحظ الشكل 52)



شكل (52)

حركة عظم الفخذ حول مفصل الورك بالمحاور الثلاثة

ولما كانت المحاور العمودية والافقية والعميقة هي خطوط وهمية متعامدة في مركز ثقل الجسم عند وقوف الانسان الاعتيادي ، وتكون هذه المحاور متعامدة في مفاصل الجسم المختلفة عند حركة اجزاء الجسم المرتبطة بهذه المفاصل ، اي ان اجزاء الجسم تدور حول هذه المفاصل والتي تعد محاور دوران ،وعندما نقول مفصل الركبة مثلا فاننا نقصد به محور الدوران الذي يدور حوله الساق فقط ، وعندما نقول مفصل الورك فاننا نقصد به محور الدوران الذي يدور حوله الفخذ عندما يكون الجذع ثابت ويكون محور دوران للجذع عندما يكون الفخذ ثابت وهكذا لباقي المفاصل (محاور الدوران) اذ تصبح نقطة مركز ثقل الجسم او مراكز ثقل اجزاء الجسم الاخرى تدور حول هذه المفاصل التي هي محاور دوران؟



شكل (53)

المحاور في الطرف السفلي

- **المحاور الميكانيكية والتشريحية:**

يتصف جسم الانسان بوجود العديد من العظام (الاطراف)الكبيرة والتي تمثل اطوالها محاور دوران خاصة بها، وقد اصطلح على ان هناك محاور ميكانيكية لهذه الاطراف وفقا لخصوصيتها ، فمثلا ان هناك محاور ميكانيكية للطرف السفلي تعرف بالخطوط المرسومه على المحاور الطولية للرجلين من مركز رأس الفخذ إلى مركز الكاحل (كما في الشكل 53) اما المحاور التشريحية لعظم الفخذ والساق والتي تمثلها هذه العظام فان المحور الطولي لعظم الفخذ يشكل زاوية قيمتها (6˚) درجات

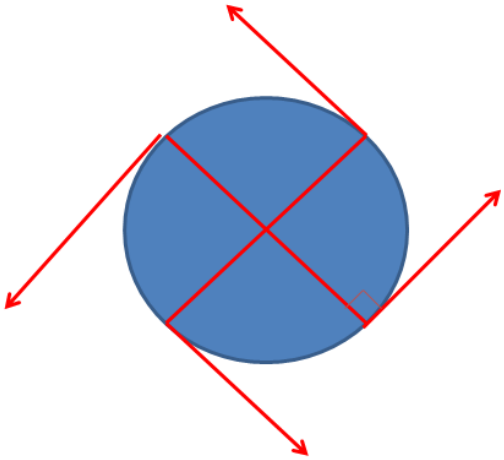
(بانحراف معياري ±2) ويبتعد هذا المحور التشريحي عن المحور الميكانيكي بمقدار هذه الزاوية ، اما بالنسبة لعظم الساق فانه يبتعد عن المحور الميكانيكي بـ 3ْ في مركز الكاحل ويكون مجمل الابتعاد للمحور التشريحي بدءً من الكاحل ووصولا لراس عظم الفخذ هي 9ْ.

ولقد ذكرت المصادر العلمية المتخصصة ببيوميكانيكية جسم الانسان ، ان محاور الدوران في مفاصل جسم الانسان تكون في نقطة منتصف رأس العظم الذي يرتبط باربطة واوتار مع العظم الاخر، وان معظم مفاصل الجسم البشري يوجد فيها اكثر من مفصل يدور حول جزء الجسم، فمثلا في مفصل الورك يمر الخط الوهمي للمحور الطولي (الميكانيكي) بين مركزمفصل الورك ومركز مفصل الكاحل ، وهناك محور اخر هو المحور الطولي التشريحي الذي يمثل المحور الطولي لعظم الفخذ ويمر من مفصل الركبة ويمتد مع عظم الفخذ طولياً وتكون الزاوية بين خطي المحورين هي 7° , (لاحظ الشكل 54)

شكل (54)
الزاوية بين المحور التشريحي والميكانيكي لعظم الفخذ

ومركز الدوران اللحظي (Instant center of rotation) يكون دائما كما ذكرنا سابقا في مركز راس العظم الذي يدور حوله جزء الجسم المجاور.

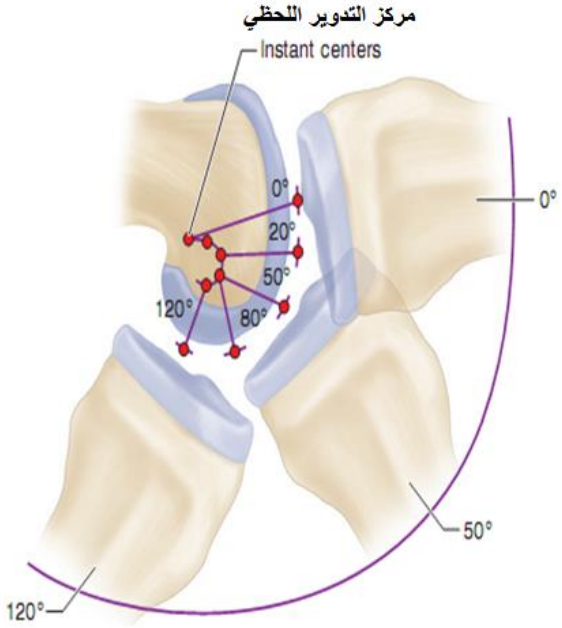
ويعرف مركز الدوران اللحظي عادة بنقطة التدوير للمفصل اذ يتعامد الخط المار من هذا المركز مع خطوط تماس القوى لسطح راس العظم المشترك في جميع جهات الاتصال (لاحظ 55)



شكل (55)

مركز الدوران في رأس العظم

ان مركز الدوران اللحظي يتغير موضعه بتغير المدى الزاوي لجزء الجسم الذي يدور حول هذا المركز، وهذا يعد من الامور المهمة التي يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار عند القيام بتحليل الزوايا والحركات الدورانية فيما يخص تحديد مركز الدوران(لاحظ الشكل 56) الذي يوضح تغير مركز الدوران مع التغير الزاوي للساق عند دورانها حول الفخذ.

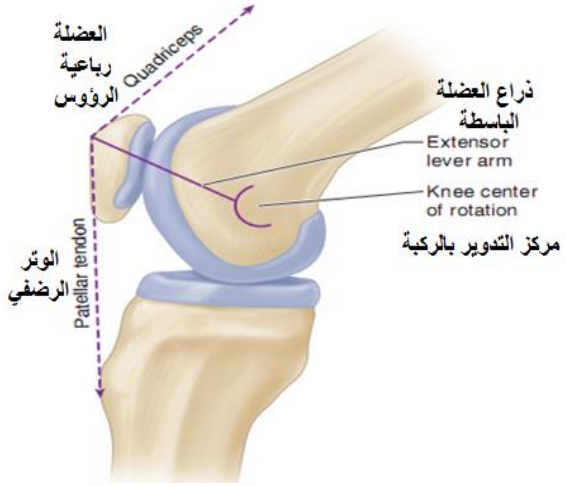


شكل (56)

تغير مركز الدوران اللحظي في نهاية عظم الفخذ عند ثني ومد حول الركبة

ان محور الحركة اللحظي عند ثني الركبة يتحرك انيا في حركات حلزونية في الركبة الطبيعية، بمتوسط قدرة 2 ملم من الخلف للامام وبمدى زاوية من (صفر- 120)ْ.

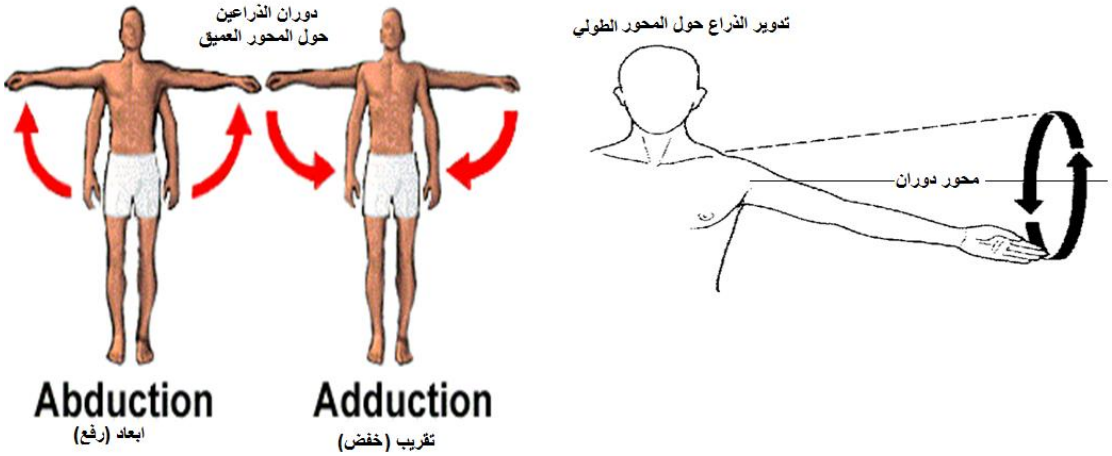
ووفقا لما تم ذكره فان مراكز محاور الدوران جميعها تكون داخل راس العظم الذي يدور حوله العظم الاخر. ويلاحظ من الشكل (57) ان أفضل ذراع للعضلة الباسطة للركبة يكون في زاوية ˚45، اذ يمكن ان تتحرك الرضفة 7 سم خلال الثني الكامل. ويكون في هذا الوضع اقصى تماس بين الرضفة وراس عظم الفخذ عند الثني بهذه الزاوية ، وعندما تتحرك الرضفة الى مسافة 7 سم فان ذلك يساعد على زيادة ذراع العتلة. ويختلف طول ذراع الرافعة وفقا للوضع الهندسي لمفصل الفخذ الرضفي واختلاف مناطق الاتصال للمفصل الرضفي وبتباين واختلاف مركز الدوران للركبة.



شكل (57)

يتحقيق اكبر ذراع للعضلة الباسطة عند حركة الركبة˚45عن المحور السيني

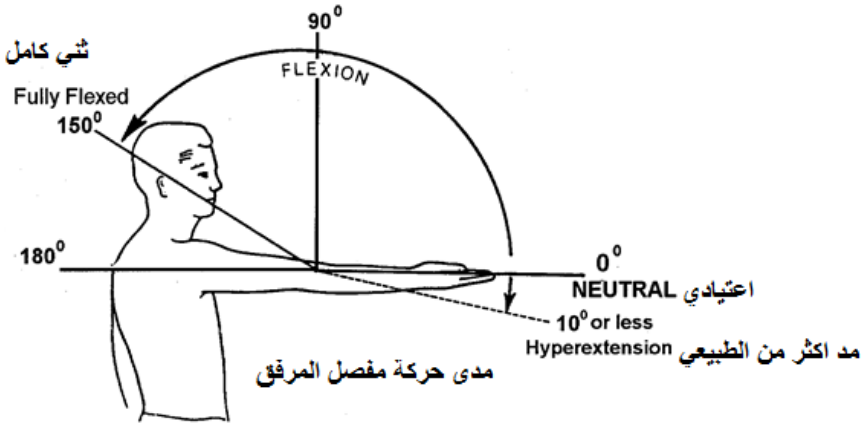
وما يحدث في الطرف السفلي من حركات حول المحاور ايضا يحدث في الطرف العلوي حركات حول المحاور وخصوصا في الذراعين لاحظ الشكل (58)



شكل (58)

بعض محاور الدوران في مفصل الكتف

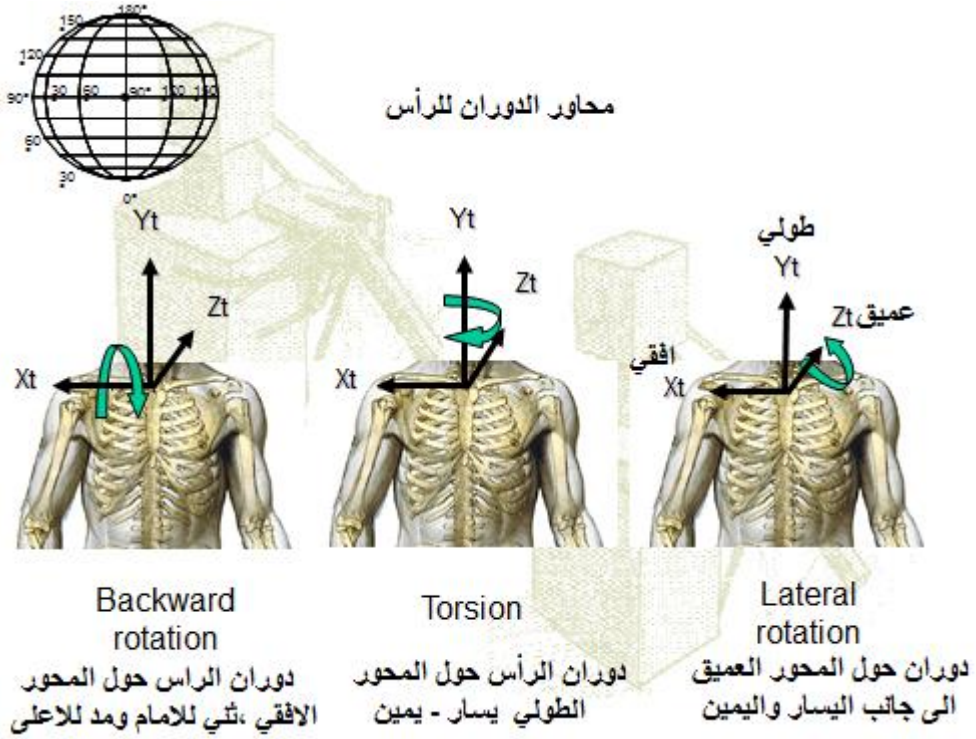
ويبين الشكل 59 مديات حركة مفصل المرفق الذي يتراح بين (صفر عند المد الكامل وبين150 درجة بالثني القصوي) عند القياس من الخارج:



الشكل(59)

مدى حركة مفصل المرفق

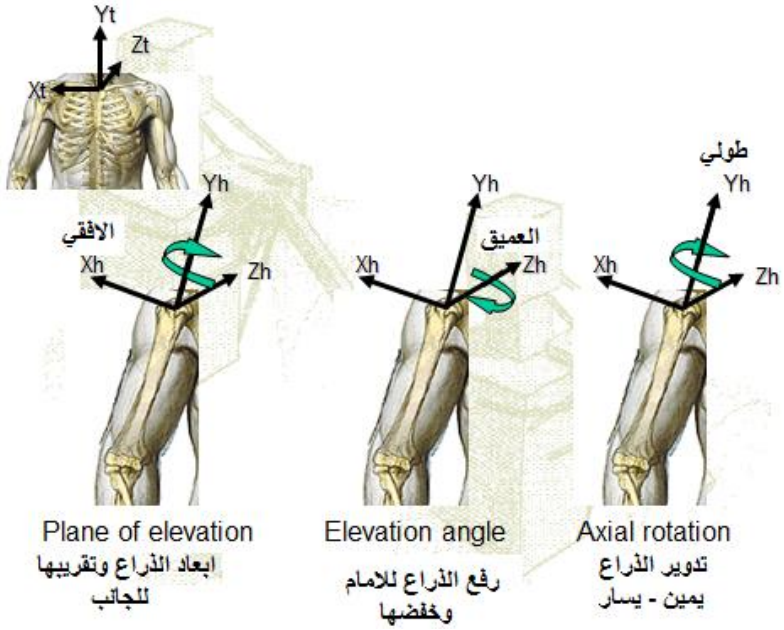
وكذلك حركات الرأس حول المحاور الثلاث كما في الشكل (60)



شكل (60)

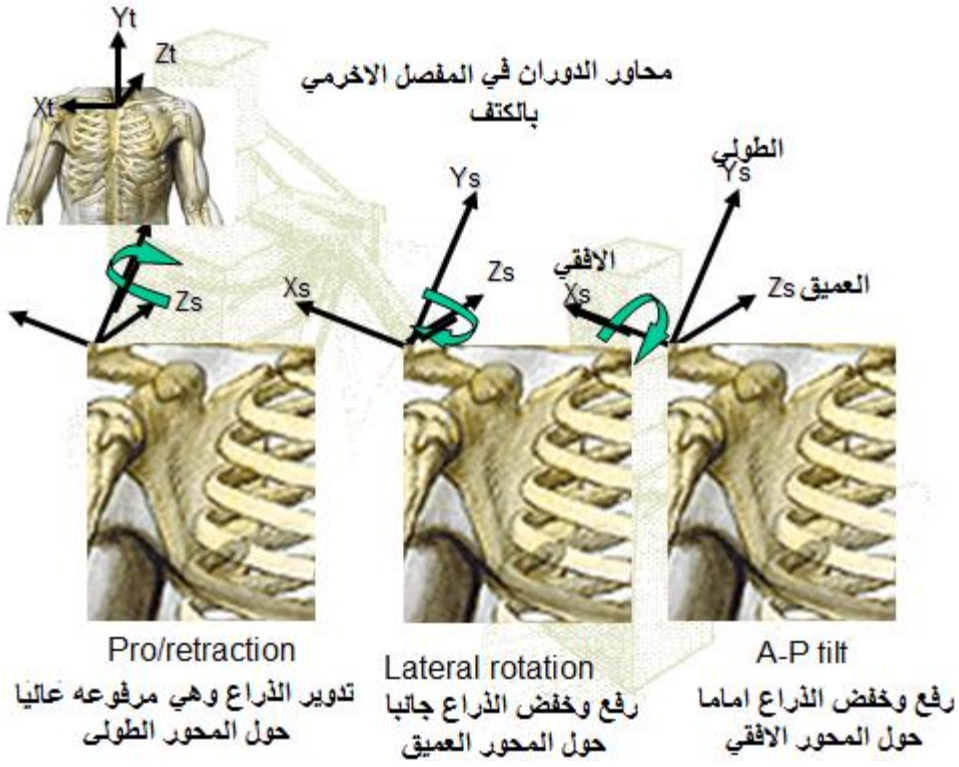
محاور دوران الرأس

حركة العضد حول المحاور الثلاث في الكتف كما في الشكل (61)



شكل (61)

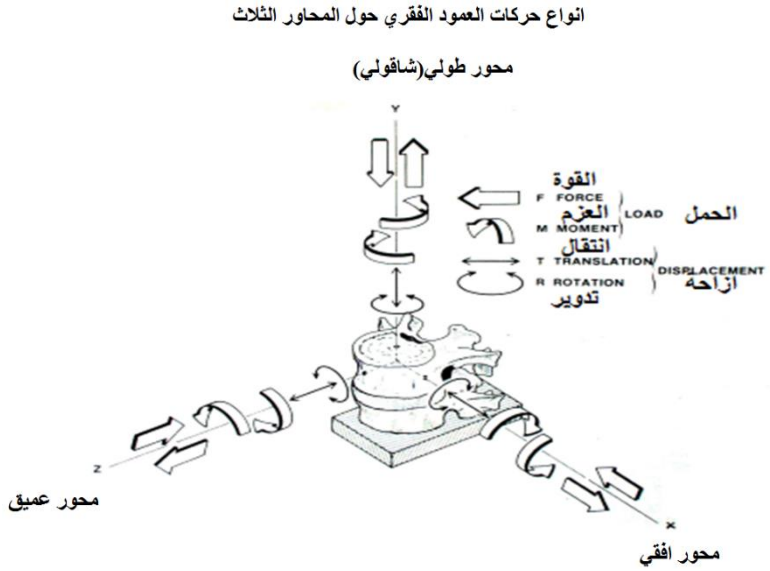
محاور الدوران بمفصل الكتف



شكل (62)

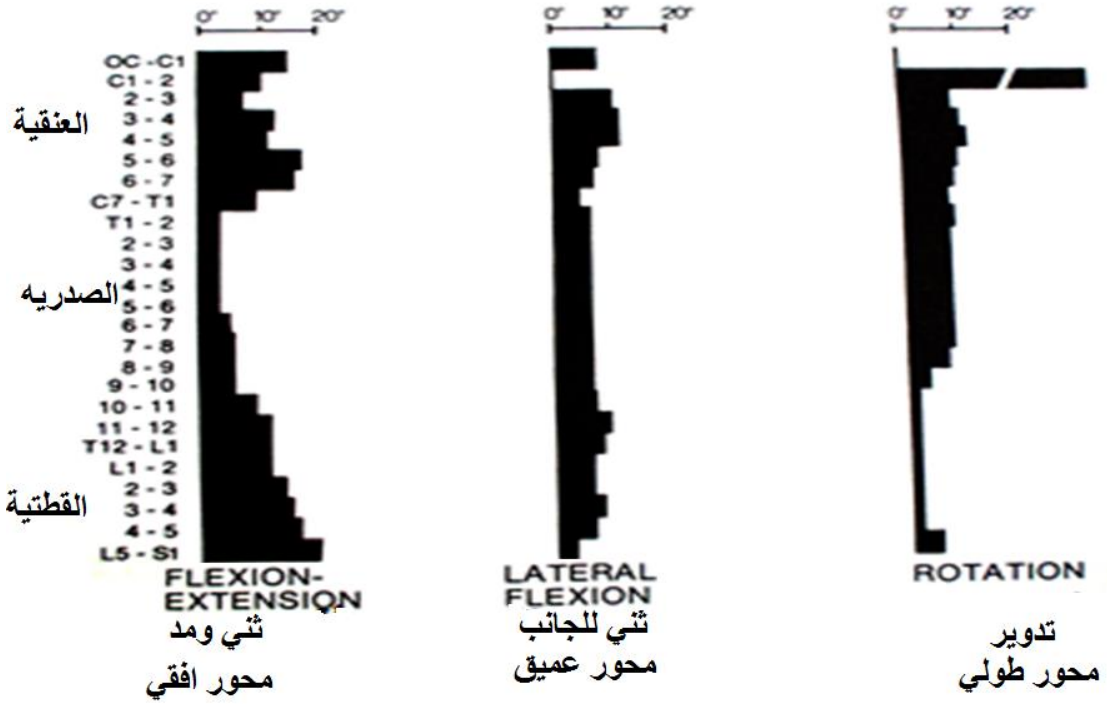
حركة الذراع في مستويات ومحاور حركتها

اما حركات العمودي الفقري فهي تحدث حول المحاور الاحداثية الثلاثة (الطولي والافقي والعميق) كما هو موضح بالشكل (63)



شكل (63)

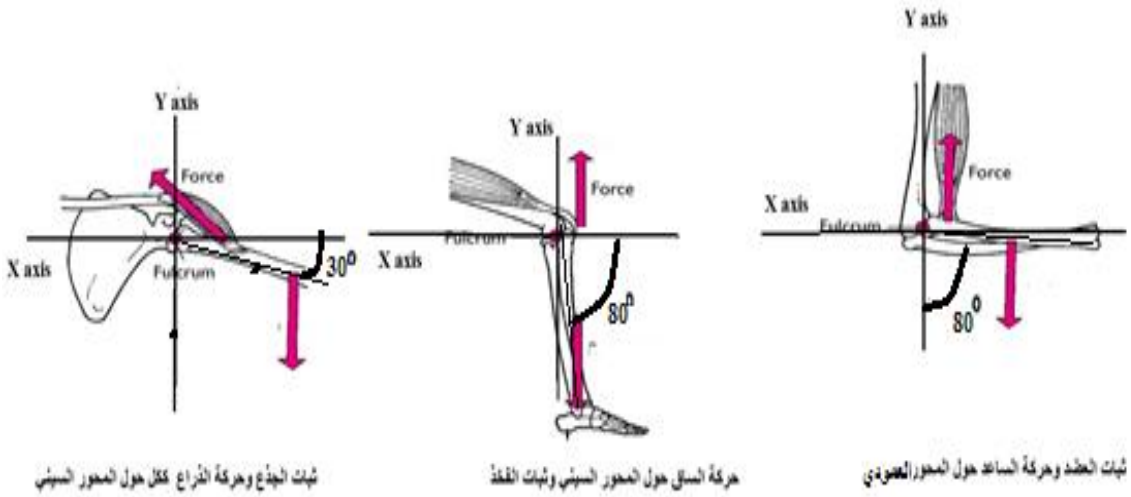
محاور الحركة وانواعها بالعمود الفقري



شكل (64)

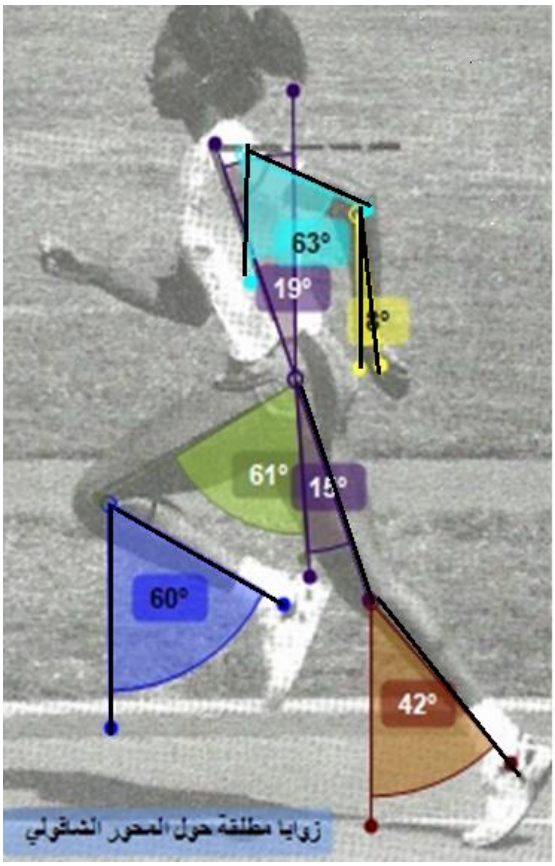
مديات حركة العمود الفقري حول المحاور الثلاث

و تعزى حركة هذه الاجزاء الى حركتها الزاوية بالمحاور الاحداثية الثلاثة حول محور الدوران الذي يتمثل في مركز تقاطع هذه الاحداثيات . لذلك تسمى الزاوية التي يقطعها جزء الجسم بدورانه حول المفصل المرتبط به والذي يكون في مركز تقاطع هذه المحاور (سواء كان دوران عظم العضد او الساعد في الطرف العلوي او دوران عظم الفخذ او الساق اوالكاحل في الطرف السفلي او الجذع ككل) تسمى بالزاوية المطلقة (Absolute angle) التي تعبر عن حقيقة الانتقال الزاوي الذي يقطعه ذلك الجزء حول المفصل والذي ترتبط حركته بقوة العضلات المسؤوله عنه (العزوم). لذلك يمكن ان نفهم من الزاوية المطلقة بانها" الزاوية التي يقطعها احد اجزاء الجسم الذي يرتبط بمفصل مشترك مع جزء اخر ويتم قياس هذه الزاوية وفقاً للزاوية التي يقطعها بابتعاده الزاوي عن المحور المعني او اقترابه منه عبر دورانه حول المفصل المرتبط به ذلك الجزء ، ويتم تدوير ذلك الجزء بوساطة العضلات التي تدوره بشرط ان يتم تثبيت الجزء الاخرالذي يرتبط بنفس المفصل ليتحرك الجزء الاول. ويمكن ان تعبر الزاويه المطلقة عن ميل زاوي لجزء من الجسم بالنسبة للمحاور الاحداثية العمودية او الافقية او العميقه (لاحظ الاشكال 65 ،66)، لذلك عندما نطلق زاوية ميل الجذع فهي تعني زاوية الجذع المطلقة وهكذا.



شكل(65)

الزوايا المطلقة لاجزاء الجسم حول نقطة تقاطع المحاور الاحداثية

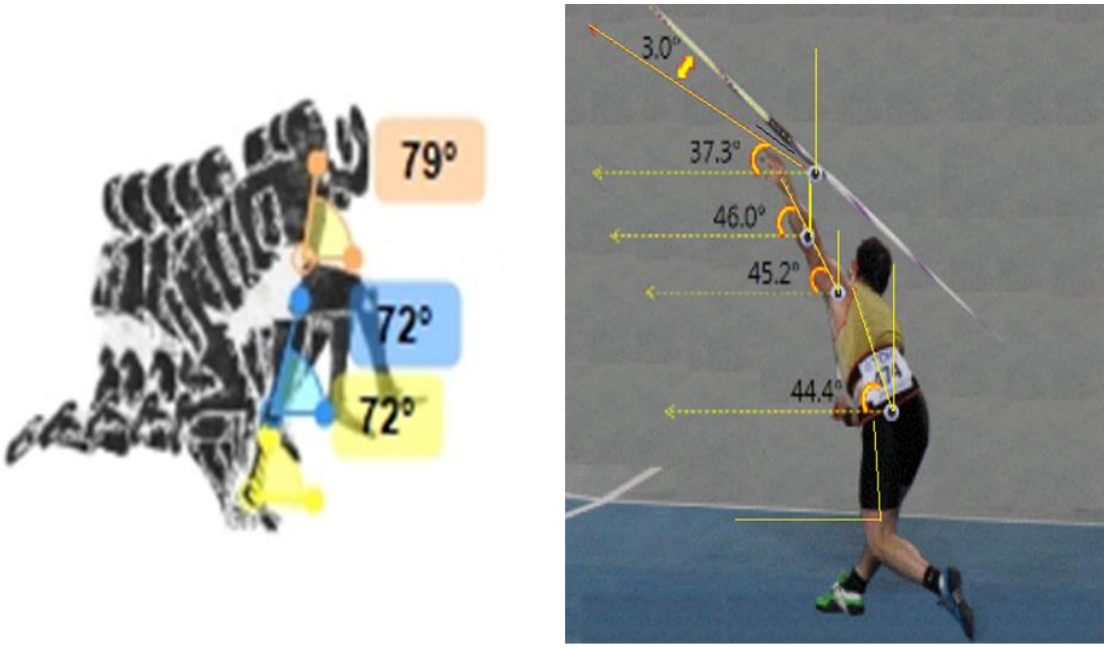


شكل (66)

زوايا مطلقة لاجزاء الجسم نسبة الى المحور الشاقولي(X-axis)

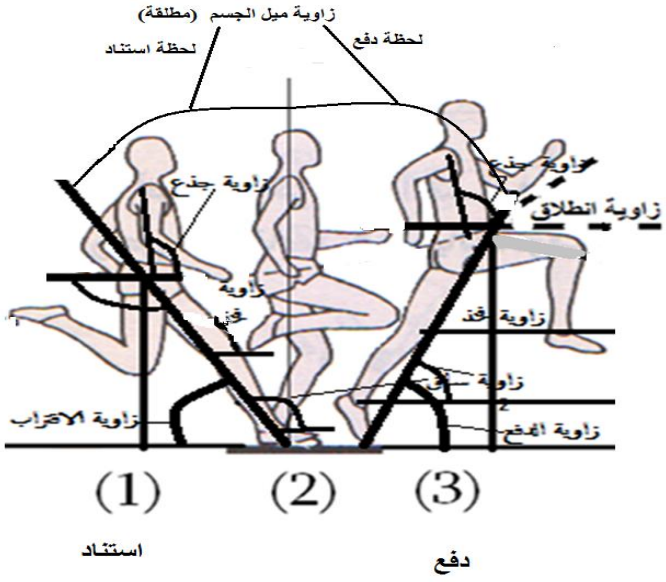
وعندما يتم التعامل مع كل الجسم واجزاؤه كعتلات، كما يحدث في لحظات الدفع بالقسم الرئيسي سواء عند القفز لاداء المهارات المرتبطة بهذا القفز او الدفع

للرمي ، فان الزوايا المطلقة التي يشكلها الجسم لها اهميتها من ناحية التدريب ومن ناحية تطبيق الاداء.لاحظ الشكل (67)



الشكل(67)

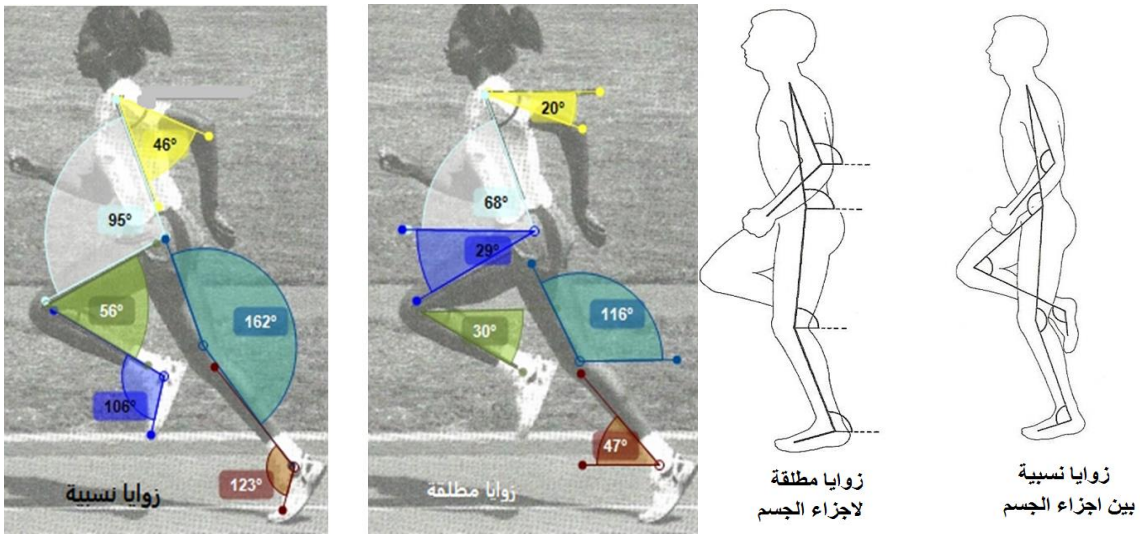
تقارب قيم الزوايا المطلقة لاجزاء المساهمة في تنفيذ القسم الرئيسي برمي الرمح وبالوثب الطويل

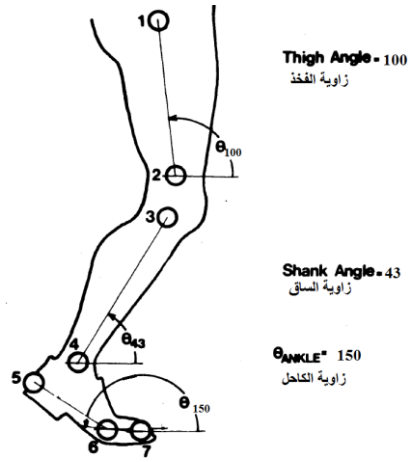


الشكل (68)

زوايا اجزاء الجسم والجسم المطلقة اثناء الاداء

اما الزوايا بين اجزاء الجسم اللذان يرتبطان بمفصل مشترك ، فنطلق عليها زوايا نسبية (Relative angle) ، وهي زاوية مشتركة المفصل تتشكل بين المحاور التشريحية الطولية لأقسام الجسم المتجاورة لذلك المفصل وتسمى باسم المفصل ، وتقاس بالدرجات بين المحورين التشريحين اللذان يشكلان هذه الزاوية. وتكون قيمة هذه الزاوية عند وضع الاستقامة الممدود لجزئي الجسم بشكل كامل المفصل في المفصل بين درجة الصفر ودرجة 180 ْ .





شكل (69)

مقارنة الزوايا المطلقة والنسبية

ان تحقيق التقارب بين الزوايا المطلقة لاجزاء الجسم سواء عند الاوضاع التحضيرية او عند الاوضاع الرئيسه وبفارق يتراوح من (صفر – 10) يدل على

تحقيق تكامل بالاداء الحركي والذي يتضمن مفهوم النقل الحركي او نقل القوة بين اجزاء الجسم والتي غالبا ما تكون بسبب العمل العضلي المبذول .ولنوضح هذه الحقيقة بتطبيقها على رامي الرمح في الشكل (67) السابق ، اذ نلاحظ ان اقل قيمة كانت لزاوية الانطلاق المطلقة وهي 37,3 درجة ، واكبر قيمة كانت لزاوية الساعد المطلقة وهي 46 درجة ، فالفرق بينهما هو 8,7 درجة وهذه القيمة تقع ضمن المدى(صفر – 10 درجة)، اي يعني ان هناك تطابق لاتجاه اجزاء الجسم خلال القسم الرئيسي ضمن اتجاه مسار الرمح ، وهو ما نطمح اليه في تحقيقه خلال الرمي دون تشتت في اتجاهات اجزاء الجسم بعيدا عن زاوية الانطلاق، وهكذا يمكن الحكم من صحة الاداء وخطأه من خلال هذا المعيار.

ويعد نقل القوة احد وسائل تقويم الحركة المهمة ، وذلك لان النقل الحركي "مصطلح علمي يلجأ إليه الجسم البشري لزيادة فاعلية وكفأءه أو قوة أو سرعة العضو المكلف بالأداء النهائي".أما بمعناه العام فهو "عبارة عن تآزر حركي بين مجموعة عضلية وأخرى لغرض تعضيد إحدى المجموعتين الأخرى للإسهام في تحقيق الهدف المنشود" و يعرف أيضا " التدرج بظهور الحركة من خلال تجزئة الأجزاء والمفاصل من حيث مظهرها الخارجي بحيث يتصف هذا التدرج باتجاه الواجب الحركي لاستغلال القوة الكلية لخدمة الهدف "

وبما ان القوة = (الكتلة × السرعة) ÷ الزمن

فان هذه القوة ترتبط بانجاز العزم العضلي وهذا العزم العضلي يرتبط بالتغلب على الكتلة المرتبط بها ، وتختلف قيمة العزم وفقا لطول هذه الكتلة، وبهذا فان القانون اعلاه يتحول الى العزم الذي يبذل للتغلب على كتلة الجسم وطوله وفقا لما يأتي:

(العزم = كتلة الجسم × طوله^2) والذي يطلق عليه عزم القصور الذاتي الذي يرتبط بالحركة الزاوية المطلقة الخاصة بكل جزء لقيام ذلك الجزء بالحركة اولا ، ولهذا يتم التحكم بطول ذلك الجزء من خلال اقلال هذه الزوايا عند الاوضاع التحضيرية وزيادة قيم الزوايا المطلقة لهذه الاجزاء عند القسم الرئيسي للبدء بالحركة ، ولهذا نرى الاوضاع التحضيرية للحركات كلها ترتبط بثني هذه المفاصل العاملة لزيادة طول العضلات المرتبطة بهذه المفاصل بتقلصها لامركزيا والتغلب على القصور الذاتي (اي كتلة ذلك الجزء) للبدء بالحركة.

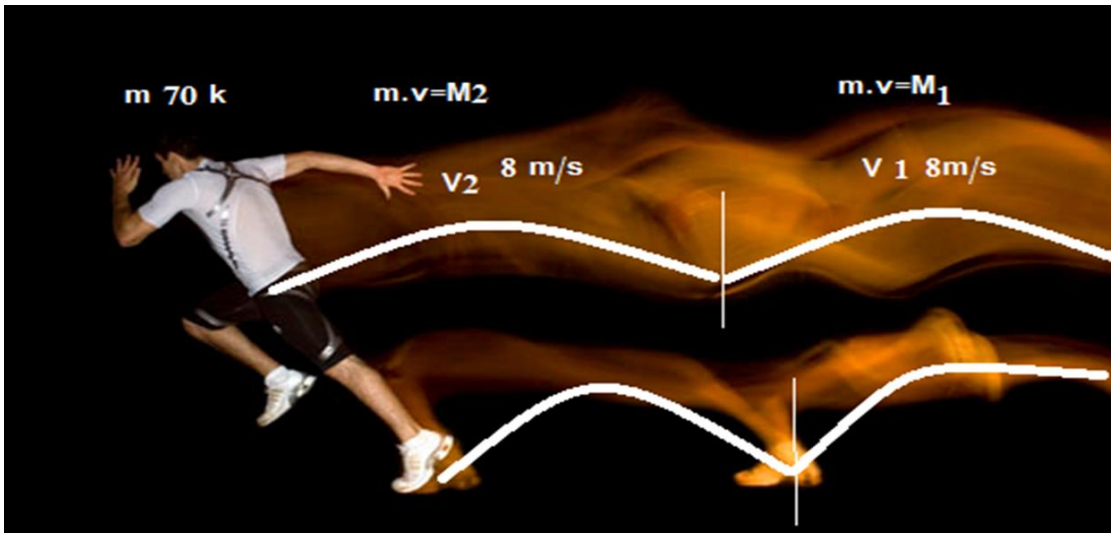
كل هذه المؤشرات تشير الى ان الحركة تتم اولا بجزء الجسم الذي يمتلك كتلة اكبر ثم الجزء الذي يكون اقل كتلة وهكذا ، ووفقا لهذا المبدأ يكون نقل القوة وفقا لهذه القاعدة. وبتسلسل ظهور اقسام الحركة جميعها.

وفيما يأتي تلخيص للمبادئ الاساسية لدقة حركات اجزاء الجسم اثناء الاداء:

- **اولا- لايتحرك الجسم الا اذا كان مقدار القوة المؤثره فيه كافية للتغلب على قصوره الذاتي وعلى المقاومات المصاحبة لحركة الجسم،**
- **ثانيا- تحقيق المدى الحركي والقوة المبذولة المطلوبة للمفصل او المفاصل المشاركة في الحركة يجب ان يناسب نوع الحركة المطلوبة (تهديف كرة السلة، رمي رمح، تهديف يد ....)**
- **انسيابية نقل السرعة الزاوية في الطرف المستخدم الى سرعة خطية للجسم المقذوف، فالسرعة الخطية للطرف البعيد تعتمد على السرعة الزاوية ونصف الدوران(والتحكم بنصف الدوران يرتبط بقدرة الفرد على الاحساس بالمجال المكاني له والمناسب للاداء)**
- **تسلسل مشاركة اجزاء الجسم يعتمد على وزنها حيث الاثقل وزنا هو الاسبق في المشاركة وهذا بالحقيقة مبدا تجميع القوى الداخله لاجزاء الجسم بدقة عالية.**

تناسق الدفع للحظي مع العزم الزاوي اللحظي لتغير كمية حركة الجسم نحو الافضل.

المحافظة قدر الامكان على القصور الذاتي للجسم المتمثل بالزخم المكتسب خلال مس وترك الارض عند الركض واحد من مؤشرات دقة الاداء وتعكس امكانية التحكم بالمجالات المكانية (الزوايا المطلقة) والزمانية(زمن هذه الزوايا) لاجزاء الجسم المختلفة والمساهمة بهذه الحركات التي تعد من العوامل الرئيسه في تعلم المهارات الرياضية خصوصا عند المبتدئين ، واذا لم يدرك المبتدئ الاداء المهاري من خلال المستقبلات الحسية فلن يؤدي المهارة بأي حال من الاحوال. لاحظ الشكل(70).



شكل (70)

دقة الاداء في لحظات مس وترك الارض عند الركض بمقارنة زخوم الجسم فيها

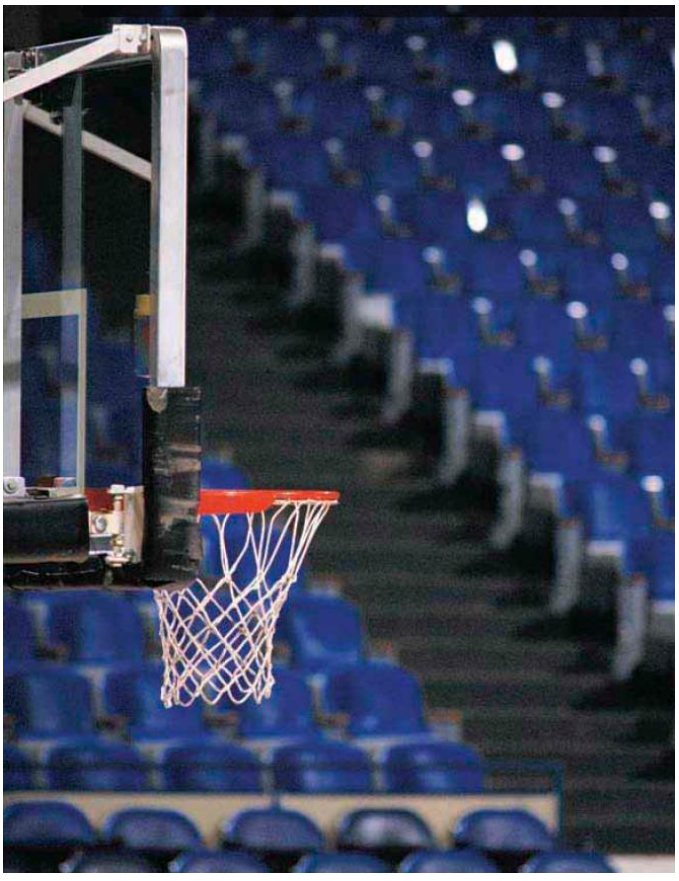
شكل(71)

حركات رياضية مختلفة

الفصل الثالث

الخصائص المؤثرة على حركة الانسان

- **الخصائص التشريحية**
- **الخصائص التشريحية الحركية**
- **العضلات**
- **خط اتجاه قوة العضلة(خط العمل العضلي**
- **التوافق العصبي- العضلي والسيطرة على العضلات و العظام**
- **الوحدة الحركية**
- **التحفيز والتوافق العصبي – العضلي**
- **التوافق العصبي العضلي بين الالياف العضلية**
- **الجهاز العصبي والعضلة، والقوة**
- **سرعة الحركة والقوة اللحظية**
- **خاصية القوة اللحظية السريعة**
- **أنواع الانقباض العضلي وطرق التدريب تنميتة**
- **دينكاميكية تدريبات القوة العضلية**
- **آلية عمل الخلايا العصبية الشوكية في تفعيل الخلايا الحركية العصبية**
- **المستقبلات الحسية**
- **العين**
- **السمع**
- **اللمس**
- **المكونات الوظيفية للمس**
- **أمثلة حول كيفية عمل النظام الحسي**
- **وصف ماهية ظهور الحركة**
- **مغزل العضلات وتمدد الريفلكس(المنعكس العصبي**
- **منعكس التمطط العضلي**
- **منعكس التمطط الديناميكي**
- **-التدريب الحسي حركي**
- **المؤشرات البيوميكانيكية المرتبطة بالمؤشرات الفسيولوجية**
- **المبادئ الميكانيكية المرتبطة بالاداء الحركي المهاري**



ـ الخصائص المؤثرة على حركة الانسان

إن كل من علم الميكانيكا الحيوية (Biomechanics)، وعلم التشريح الوظيفي(Functional anatomy)، وعلم الحركة (Kinesiology) بمصطلحاتها تتطلب تفكيراً حيويا ونشطاً خصوصا عندما نتعامل مع حركة الإنسان، اذ أن هذه العلوم تسهل عملية التعليم إذا استخدمها المعلم، وتفعل التدريب إذا استخدمها المدرب، وتساعد على العلاج إذا استفاد منها المعالج حيث يكون معرفة من خلال هذه العلوم لوصف التمرينات لمختلف التشخيصات، أي التعامل مع كل حالة خاصة أو مرضية بخصوصية. إن معرفة العلوم السابقة معاً تساعد على وصف التمرين وتشخيصه بشكل أفضل وبرؤية أوضح. ومن الممكن أن تخرج من كل هذه العلوم فكرة جديدة لاستكشافها، حيث أن أي حركة لا تتم بالفراغ ولكن بتداخل مع البيئة. ومثال ذلك: المشي وتداخله مع الأرض (رملية، أو صلبة، أو مرتفعة، أو منحدرة)، او الوثب العالي والاقتراب بمسار منحني والتقوس بالظهر، ويمكن أن نرى التداخل أيضا في قوة العضلات عند رفع الثقل بجهاز Bench press من وضع الرقود فهناك تأثر بالجهاز. وهناك تصميمات مختلفة للأجهزة تختلف عن الأجهزة المعتادة لأنها صممت على أساس التكامل بين الحركة والبيئة المراد استخدامها وكفاءة العضلة المراد تقويتها أو تحريكها في هذه البيئة مثل الوثب العالي يتم فيه عمل جري على مسار محدد وفوق عارضة. كل هذه الامور تجعلنا ان نلجأ الى فهم الخصائص المؤثره بحركات الانسان ومنها:

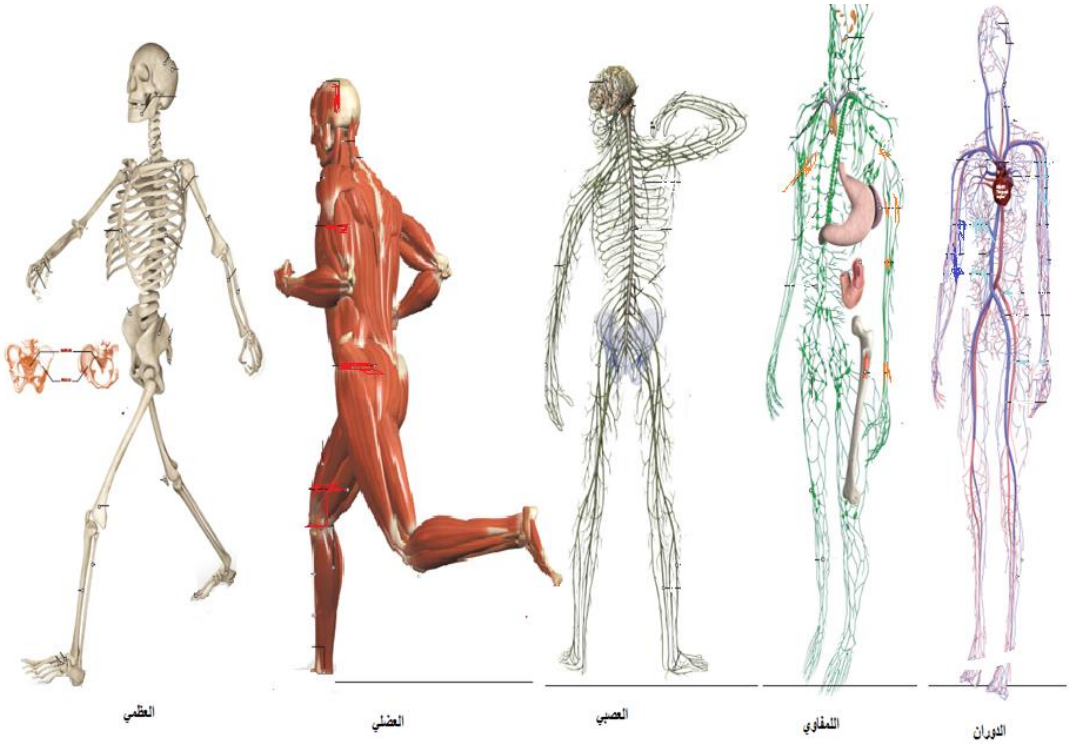
اولا – الخصائص التشريحية

- **العظام والعضلات:**

ان فهم المعلومات المرتبطة بالحركات الرياضية بشكل خاص سواء كانت من الناحية التشريحية او البيوميكانيكية او الفسيولوجية او البيولوجيه تعد من المقومات الاساسية في نجاح وتنمية وتطوير هذه الحركات ، ولهذا فان دراسة هذه المعلومات يمكن ان يعطي مردودات ايجابية في العملية التعليمية والتدريبية وطرق تدريس المهارات والحركات الرياضية. وهذا يعتمد على قدرات وخبرات واتجاهات من يتعاملون مع هذه المعلومات ، والإستراتيجية التي يتبعونها عند التعامل معها.

ان من الامور الهامه التي يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار عند التعامل مع الاداء الرياضي هو فهم نظام عمل الجسم البشري عند اداؤه الحركات الرياضية ومنها فهم البيئة الميكانيكية،وطبيعة تكوين الجسم البشري اذ ان الجسم البشري عبارة عن اله متباينة التركيب ومختلفة الخصائص ، يتكون من عظام ومفاصل وعضلات وجهاز

عصبي معقد تمثل مصدر الحركة الاساسية وأجهزة مساعدة تمد العضلات بالطاقة اللازمة للعمل، كل ذلك يتم في حدود معينة للحركة. لاحظ الشكل (72)



شكل (72)

اجهزة الجسم الحركية المختلفة في جسم الانسان

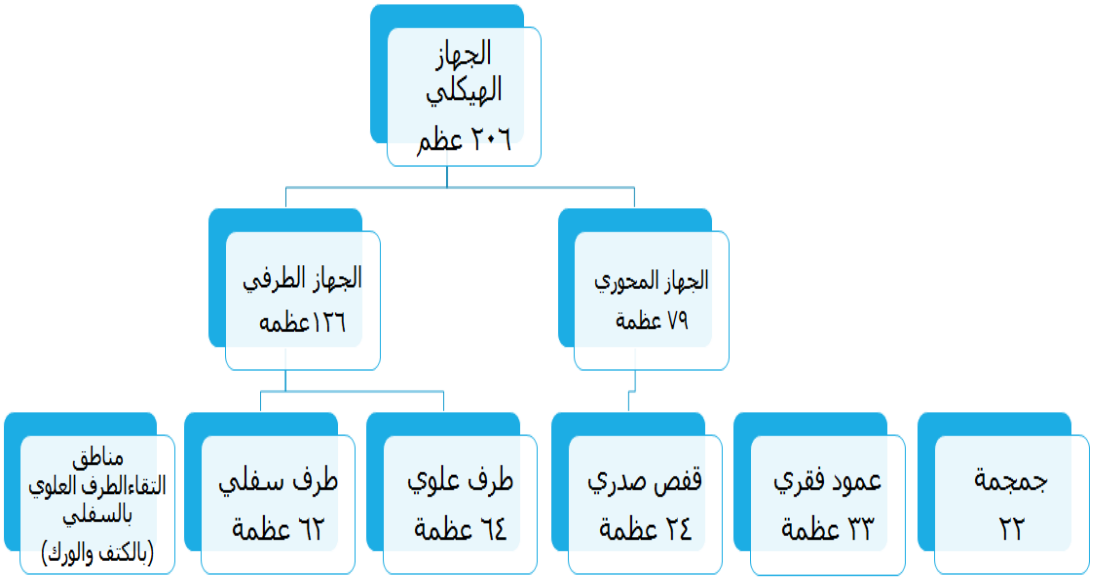
يوجد في جسم الانسان ما مجموع 206 عظمة مختلفة الانواع والاحجام (لاحظ الشكل 73)

شكل (73)

عظام الانسان

وتوجد في الجمجمة (29)عظمة ، و 26 عظمة في العمود الفقري،و(64)عظمة في اليدين اليمنى واليسرى، ففي كل كفٍ باليد توجد(27)عظمة و(35) عضلة، وتوجد (62)عظمة في الرجلين اليمنى واليسرى ففي كل قدمٍ توجد

بها(26)عظمة، و(33) مفصلاً، و(107) رباط ، و(25)عظمة في القفص الصدري منها (12) زوجاً من الأضلاع. فيكون مجموع العظام (206) عظمة ، تقابلها عضلات هيكلية , يقارب تعدادها ستمائة عضلةٍ، وتكون على شكل أزواج، وترتبط هذه العضلات بالهيكل العظمي وتعمل عن طريق ارتباطها بالعظام على تحريك جسم الإنسان.



مخطط (7)

الجهاز الهيكلي ومكوناته

العمود الفقري يمثل العضو الحامل للجزء العلوي من الجسم، ويوجد فيه الحبل العصبي (النخاع الشوكي). وتعتبر الأقراص الفقرية هي المسؤولة عن حركة العمود الفقري وبعض القطاعات الأخرى. ولذلك، فإن تلفيات العمود الفقري يمكن أن تسبب آلامًا شديدة، وغالبًا ما تظهر على الأعضاء والأطراف التي لا تصاب بشكل مباشر. سبب هذه الآلام هو توترات العضلات أو تآكل الأقراص الفقرية بشكل كبير. والضغط الذي يتعرض له العمود الفقري ناتج من:

- وزن جسم + الوزن للذراعين واليدين.
- عند الوقوف.
- خط مركز ثقل الجسم يكون امام العمود الفقري.
- يكون عزم المقاومة للامام دائما (امام العمود الفقري).

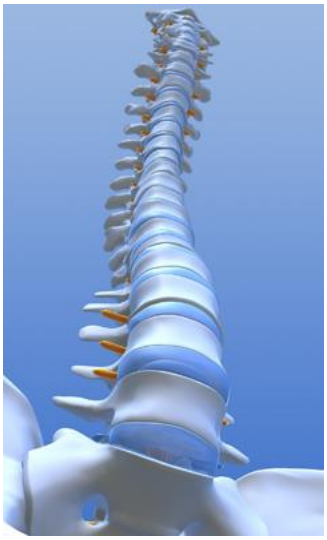
وتوجد أربعة مناطق مختلفة في العمودي الفقري وهذه المناطق هي:

- العمود الفقري العنقي: ويتكون من 7 أجسام فقرية (يسمى أيضًا HWS – أو قسم الفقرات العنقية):

- **العمود الفقري الصدري: و يتكون من 12 جسم فقري (يسمى أيضًا BWS – أو قسم الفقرات الصدرية):**
- **العمود الفقري القطني (مع بعض الاستثناءات) ويتكون من 5 أجسام فقرية (يسمى أيضًا LWS – أو قسم الفقرات القطنية)؛**
- **الرابع، وهو العجز(sakrum OS) ويتكون من 5 فقرات ومنطقة العصعص(Coccygeum Os) وتتكون من 4 فقرات ، وهي الأقل عمومًا في الحاجة للعلاج.**

وتكون انحناءات هذه المناطق (الاولى محدب، الثاني مقعر ، الثالث محدب ، الرابع مقعر)

كل منطقة من العمود الفقري ونظرًا لخصائصه التشريحية (خطة الجسم) تتميز بدرجات تحميل "مسببة للأمراض" في الحياة العملية الحديثة، ولذلك فهو يرتبط بمجموعة منفردة من الأمراض المختلفة والتي بدورها تستخدم عددًا كبيرا من المصطلحات المتنوعة.



شكل (74)

العمود الفقري

ما الفائدة من التحدبات والتقعرات بالعمود الفقري وعلاقتها بطاقة الوضع (طاقة الاجهاد)، طاقة الوضع تعني قدرة الجسم أو الأداة علي بذل شغل عند وقوعه تحت تأثير اجهادات سواء كانت بالامتطاط أو بالضغط أو باللف، فكل الأجهزة بما فيها الكرات التي تستخدم في المجال الرياضي تتميز بدرجة من المطاطية أو قدرة علي العودة إلي حالتها الأصلية مما ينتج عنها قوة، فالسلم المتحرك أو الترامبولين أو عصا الزانة او العقلة وحتي نعل الحذاء الرياضي لها القدرة علي

الارتداد . وعظام الجسم البشري والعضلات ، والانسجة الضامة تتمتع ببعض من هذه القدرة ، وقد أضاف الله سبحانه وتعالى هذه الخاصية لأجزاء الجسم في أي أداء. فعندما يتعرض الجسم أو أي جزء من أجزائه إلي طاقة حركة مؤداها تغيير في الشكل عن طريق الامتطاط أو الضغط أو اللف فإنها تتحول إلي طاقة اجهاديه في حدود خصائص هذه الأنسجة وبالإضافة أن جزء منها يتحول إلى طاقة حرارية . ولهذا امكن تصنيف الحركات الرياضية الى عدة انواع ليسهل دراسة خصائصها وبناء البرامج لتطويرها وتنميتها. لاحظ الجدول (1)

الجدول (1)

المحاور والاتجاهات التشريحية

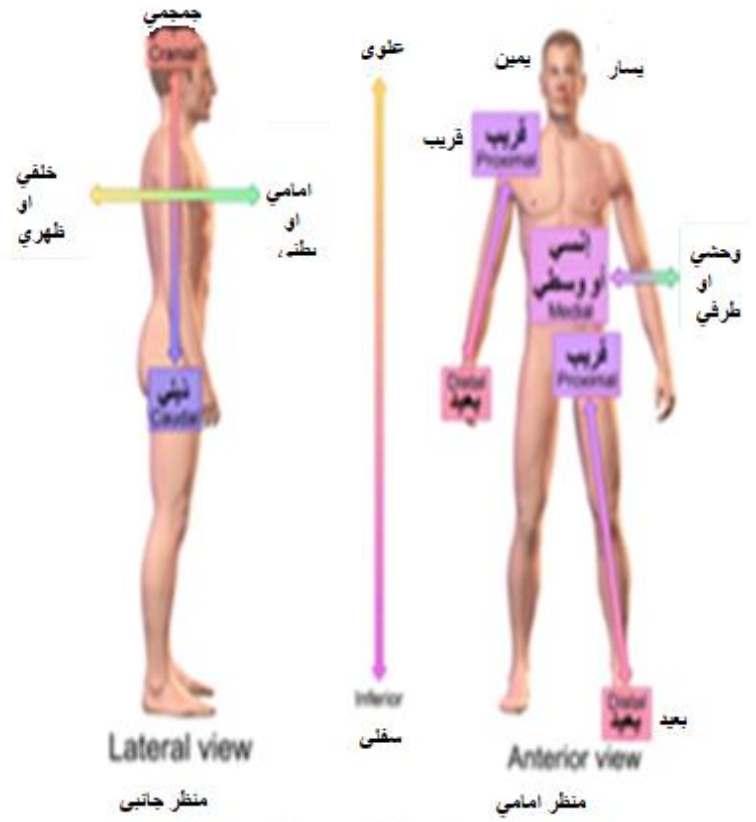
اسم المحور	الإتجاه	يتجه نحو
أمامي خلفي(Anteroposterior) منقاري ذيلى1(rostrocaudal) جمجمي ذيلي2(craniocaudal) رأسي ذيلي 3(cephalocaudal)	أمامي(Anterior)	نهاية الرأس
	خلفي(Posterior)	الخلف / نهاية الذيل
ظهري بطني(Dorsoventral)	ظهري(dorsal)	الخلف / عمود الفقري
	بطني(ventral)	البطن
يمين يسار (Left-right, dextro-sinister 1, sinistro-dexter 2)	يمين	الجهة اليمني
	يسار	الجهة اليسرى
جانبي ناصفي (Mediolateral) 3	وسطي(Medial)	المنتصف / المركز
	جانبي(Lateral)	يمين ويسار
قريب بعيد(Proximal/distal)	قريب(Proximal)	مكان تعلق الأطراف أو اللواحق بالبدن
	بعيد(Distal)	طرف / نهاية الأطراف أو اللواحق

الملاحظات: كل رقم من الارقام تعني مايأتي:

[1]) استعمال شائع الى حد ما

[2])استعمال غير شائع

[3]) اي ما يعادل نصف محور يمين ـ يسار



شكل (75)
مرجعيات الاتجاهات

- **الخصائص التشريحية الحركية**

وضع التشريحيون مصطلحات للمحاور يتم على اساسها معرفة حركة اجزاء الجسم المتناظرة ودراستها ، وكما ياتي:

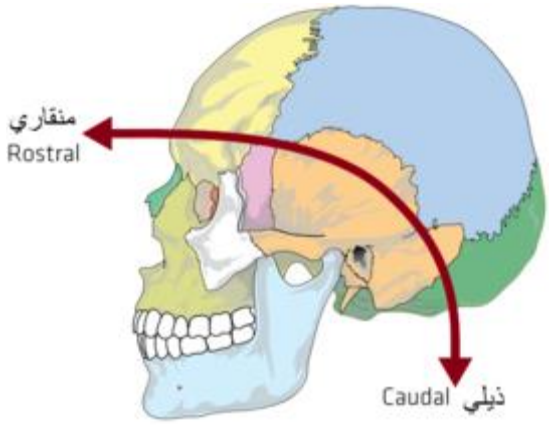
- **النقاط التشريحية في وصف حركة الجسم واجزاؤها:**

تستخدم المصطلحات الاتية في وصف الجسم البشري وأعضائه وغيرها فيما يتعلق بحركة جسم الإنسان او اي جزء من اجزاء الجسم يرتبط بمفصل (محور).

اولا: علوي وسفلي:

- **علوي (Superior) : معناه أقرب إلى الرأس ، ويطلق عليه مصطلح آخر وهو الجمجمي (cranial) أو (cephalic). وهناك مصطلح آخر مستخدم فى علم الأجنة نادرا ما يستخدم في التشريح الآدمي وهو**

مصطلح : منقاري (rostral) ، الذي يشير إلى القرب من "مقدمة الوجه" أو منطقة الفم أو الأنف ، أو كما في حالة المخ فيشير إلى القرب من "الفص الجبهي" (frontal lobe) ، وذلك أكثر عن كونه يشير إلى "المنطقة العلوية" ، وهو ما ينطبق أكثر على تشريح الكائنات . لاحظ الشكل(76)



شكل(76)

مصطلحات و مرجعيات الإتجاهات في الجمجمة

سفلي (inferior) : معناه أقرب إلى القدم ، ويطلق عليه مصطلح آخر نادرا ما يستخدم التشريح الآدمي وهو الذيلي (caudal).

والمحور الواصل بينهما اسمه: محور علوي-سفلي (superior-inferior axis) وأحيانا (cranio-caudal axis).

ثانيا: أمامي وخلفي:

امامي (Anterior) : معناه أقرب إلى الجهة الأمامية من الجسم ، ويطلق مصطلح آخر عليه وهو البطني (ventral) .

خلفي (Posterior) : معناه أقرب إلى الجهة الخلفية من الجسم ، ويطلق مصطلح آخر عليه وهو الظهري (dorsal).

والمحورالواصل بينهما في الإنسان اسمه:محور أمامي-خلفي (Anteroposterior) ، كمثال: القُطر الأمامي-الخلفي للصدر (anteroposterior diameter of the chest) أو (AP diameter of the chest) وهو قياس عمق الصدر من الأمام إلى الخلف (و ليس عرضه من اليمين إلى اليسار).

ثالثا: وسطي - جانبي:

وسطي (Medial) : معناه أقرب إلى الخط المنصف لجسم الإنسان، ويطلق مصطلح آخر عليه وهو الإِنْسِيّ .

جانبي (Lateral) : معناه أبعد عن الخط المنصف لجسم الإنسان أي "جانبي"، و منها "الجانبي الأيسر" (left lateral) و "الجانبي الأيمن" (right lateral) ويطلق مصطلح آخر عليه وهو "الطرفي" وقد يسمى أيضا "الوَحشِيّ".
المحور الواصل بينهما اسمه: محور جانبي- ناصفي (mediolateral axis).
ونادرا ما يستخدم فى الطب مصطلح "محور يمين - يسار" (left-right axis).
المصطلحات الاخرى المشتقة:
الجانب المقابل (Contralateral) ، على سبيل المثال: الذراع الأيسر على الجانب المقابل للذراع الأيمن أو الساق اليمنى.
نفس الجانب (Ipsilateral) ، على سبيل المثال: الذراع الأيسر على نفس الجانب مع الساق اليسرى.
ويشيع استخدام هذان المصطلحان الأخيران في التشريح العصبي نتيجة لطبيعة تخطيط الجهاز العصبي. على سبيل المثال، القشرة الحركية (motor cortex) في الدماغ الأيمن تسيطر على حركة الذراع الأيسر في الجانب المقابل.
رابعا: قريب وبعيد:
يُستخدم مصطلح "قريب" و "بعيد" لوصف القرب أو البعد عن الكتلة الرئيسية من الجسم خاصة أطراف الجسم العلوية والسفلية (الذراعين والرجلين) أو لوصف القرب أو البعد لنقطة ما عن نقطة مرجعية أخرى. تختلف هذه النقطة المرجعية ولكنها عادة ما تكون هى نقطة تعلق الأطراف بالبدن ، وعنها ، يُنسب البعد أو القرب:
قريب (Proximal) : معناه أقرب إلى منشأ الطرف ويطلق عليه مصطلح آخر هو: الدانِ أو المتاخم أو المحاذِ.
بعيد (Distal) : معناه أبعد عن منشأ الطرف ، ويطلق عليه مصطلح آخر هو: القاصي.
رابعا- أخمصي (Volar) يشير إلى الجانب السفلى لليد والقدم وهو اسم شامل.
خامسا:مصطلح راحيّ (Palmar) اسم يشمل يتضمن راحة اليد ، مثال: عضلة راحية طويلة.
كذلك (Plantar) تعني أخمصي للقدم.
سادسا- سطحي وعميق:
سطحي (Superficial) : معناه أقرب إلى الجلد ، ويطلق مصطلح آخر عليه وهو الظاهري أو الخارجي.
عميق (Deep) : معناه أبعد عن الجلد ، ويطلق مصطلح آخر عليه وهو الغائر.
-المعالم التشريحية الاخرى:
النقاط التشريحية لفقرات العمود الفقري:
هناك العديد من المعالم التشريحية الأخرى لوصف أماكن أعضاء الجسم. اذ يمكن وصف كل فقرة من فقرات العمود الفقري بحسب وقوعها في أحد أجزاء العمود

الفقري. وغالبا ما يتم اختصار هذا الموضع بحرف ورقم ، يعبران باختصار عن الجزء الذي تقع فيه هذه الفقرة من العمود الفقري و عن ترتيب الفقرة فيه. فيؤخذ الحرف الأول من الاسم اللاتيني أو الإنجليزي اختصارا لإسم الجزء الذي تقع فيه من العمود الفقري، ثم رقم يدل على ترتيب هذه الفقرة في ذلك الجزء. هناك 33 فقرة مرتبة من الأعلى إلى الأسفل حسب الرموز التالية:

الفقرات العنقية: (Cervical vertebrae) - عبارة عن 7 فقرات (C1-C7).

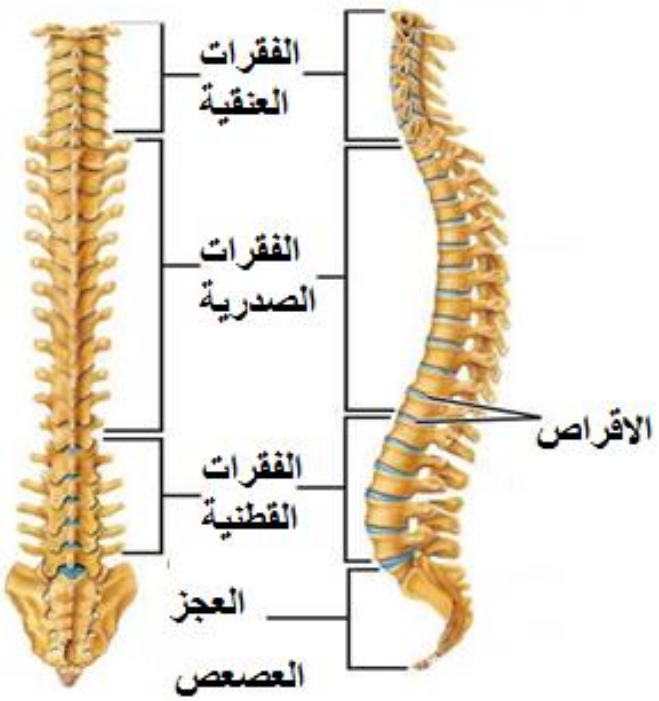
الفقرات الصدرية : (Thoracic vertebrae) - عبارة عن 12 فقرة (T1-T12).

الفقرات القَطَنِية: (Lumbar vertebrae) - عبارة عن 5 فقرات (L1-L5)

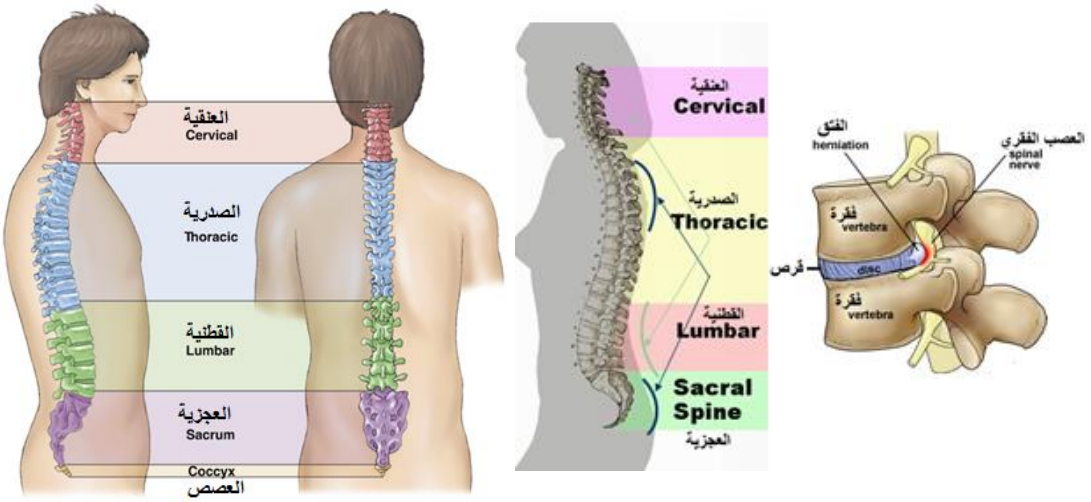
العجز : (Sacrum) - عبارة عن 5 فقرات (S1-S5) ملتصقة ببعضها لتكون العجز.

العصعص : (Coccyx) - عبارة عن 4 فقرات (أحيانا 3 أو 5) ملتصقة ببعضها لتكون العصعص.

فعلى سبيل المثال، الفقرة الرابعة الواقعة ضمن الفقرات العنقية تُسمَّى "C4"، الفقرة السادسة الواقعة ضمن الفقرات الصدرية تُسمَّى "T6" ، الفقرة الثالثة الواقعة ضمن الفقرات القَطَنِية تُسمَّى "L3". لأن فقرات العجز ملتصقة ببعضها في قطعة واحدة، لا يتم استخدامها في كثير من الأحيان لتحديد الموقع.



شكل(77)
العمود الفقري



شكل (78)
الإشارة إلى المواضع عن طريق علم التشريح السطحي

قد يمكن الإشارة أيضاً إلى المواضع عن طريق علم التشريح السطحي، وذلك عن طريق المعالم الظاهرة على الجلد أو التي تُرى من فوق الجلد. على سبيل المثال،

يمكن وصف الفقرات بالنسبة إلى الشوكة الحرقفية الأمامية العلوية ، والكعب الإنسي أو اللقيمة الإنسية (للفخذ أو للعضد).

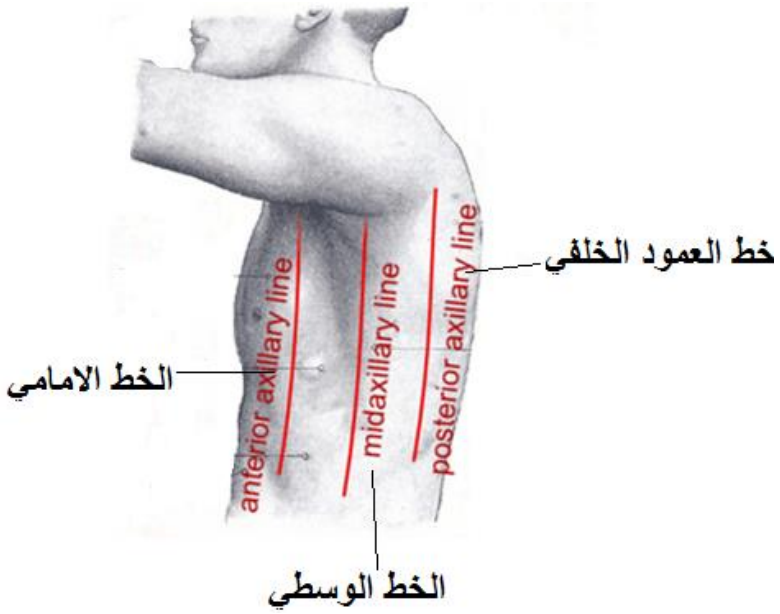
-الخطوط التشريحية :

هى خطوط نَظَرِيّة مرسومة على البدن، تستخدم أيضا لوصف المكان التشريحي. على سبيل المثال:

-الخطوط الابطية :

الخطوط الإبطية ظاهرة باللون الأحمر: كما في الشكل (79) هي:

خط منتصف الإبط (midaxillary line) خط الإبط الأمامي (anterior axillary line) وخط الإبط الخلفي (posterior axillary line).

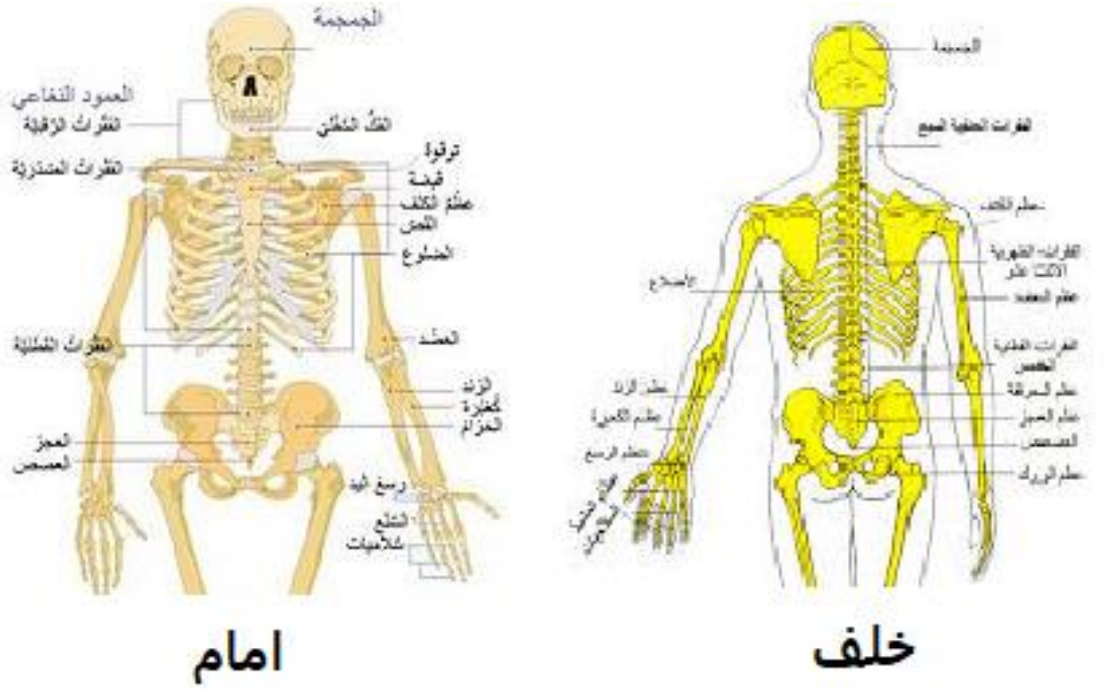


شكل (79)

خطوط الابط التشريحية

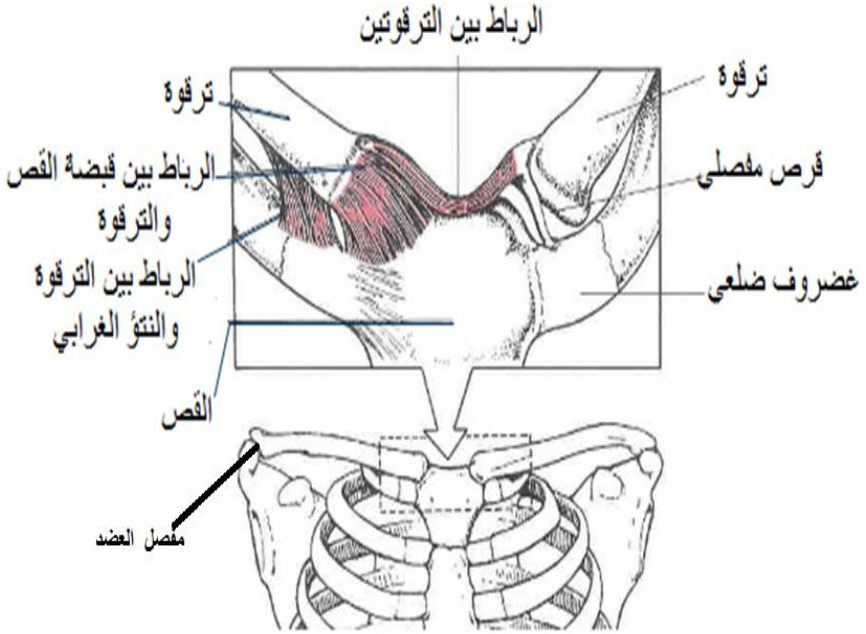
- **خط منتصف الإبط (midaxillary line)، وهو خط يمتد رأسياً إلى أسفل سطح الجسم و يمرّ عبر قمة الإبط. بالتوازي معه يوجد خط الإبط الأمامي(anterior axillary line)، الذي يمر عبر ثنية جلد الإبط الأمامية، وخط الإبط الخلفي (posterior axillary line)، الذي يمرعبر ثنية جلد الإبط الخلفية. وهناك خطوط تشريحية اخرى يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار عند دراسة الجوانب الحركية والتشريحية والميكانيكية وهي:**
- **خط منتصف الترقوة (mid-clavicular line)، وهو خط يمتد رأسياً إلى أسفل سطح الجسم يمر عبر منتصف الترقوة.**
- **خط منتصف الحدقة (mid-pupillary line)، وهو خط يمتد رأسياً إلى أسفل الوجه ويمر خلال منتصف الحدقة عند النظر إلى الأمام مباشرة.**

- **نقطة منتصف الأربي (mid-inguinal point)، تقع في منتصف المسافة بين نقطة الشوكة الحرقفية الأمامية العلوية و الارتفاق العاني.**
- **خط بين العرفين (Intercristal line)، وهو خط مستعرض يمر عبر العمود الفقري القطني و الجوانب العليا من العُرف الحَرقَفي.**
- **خط منتصف الظهر (Mid-dorsal line)، هو خط التقاطع بين جلد الظهر والمستوى المنصف.**
- **خط منتصف البطني (Mid-ventral line)، اهو خط التقاطع بين جلد البطن و المستوى المنصف.**



شكل(80)

الطرف العلوي للانسان



شكل (81)

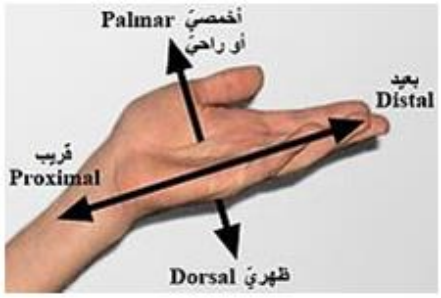
تركيب الكتفين

ان عدد محاور الدوران يكون وفقا لعدد المفاصل الموجود ، ففي الكتفين يكون عدد المحاور وفق تركيب الكتفين خمسة محاور لوجود خمسة مفاصل ، وهذا الامر يشير الى ان الباحثين في التحليل الحركي يجب ان يأخذوا بعين الاعتبار هذه المفاصل عند قيامهم بالتحليل وهي كالاتي:

- ❖ **المحور الاول يمثل المفصل بين قبضة القص والترقوة**
- ❖ **المحور الثاني يمثل المفصل بين الترقوة والنتوء الاخرمي**
- ❖ **المحور الثالث يمثل المفصل بين الترقوة والنتوء الغرابي**
- ❖ **المحور الرابع يمثل المفصل لتجويف العضد**
- ❖ **المحور الخامس يمثل المفصل بين لوح الكتف والقفص الصدري.**

- **اليدان والقدمين:**

يبين الشكل (82) مرجعيات الحركة لكل من القدم واليد بالنسبة لمحاور الدوران



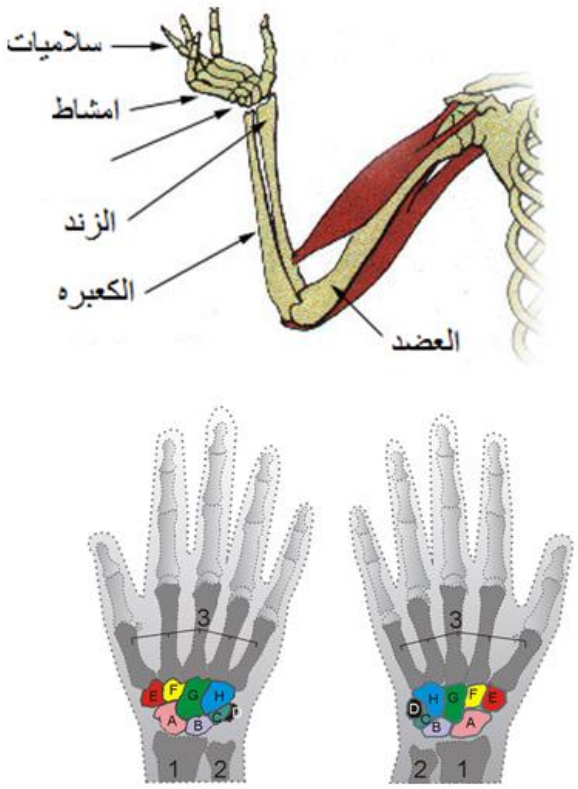
شكل (82)

مرجعيات محاور الإتجاهات لليد والقدم

في الوضعية التشريحية القياسية، تكون راحة كل اليد مواجهة للأمام. ولتجنب الإلتباس، تُستخدم العديد من المصطلحات الخاصة.المصطلح الإتجاهي "راحيّ" (palmar) (palma) يُستخدم للجزء الأمامي من اليد (حسب الوضعية التشريحية القياسية) ، ويُستخدم مصطلح "ظهري" لوصف ظهر اليد. ومن خلال ربط الطرفين المتقابلين يتشكل محور "راحي-ظهري" (dorsopalmar) الذي يشيع استخدمه لوصف اليد، كما يستخدم أحيانا لوصف الذراع ككل (انظر الشكل 28). هذان المصطلحان يحلان محل مصطلحيّ "الأمامي" و "الخلفي"، واللذان يمكن أيضا

استخدامهما ، حيث يستخدم "راحي" محل "الأمامي" و "ظهري" محل "خلفي" لوصف ظهر اليد أو الذراع. المحور الثالث (لايظهر فى الشكل المقابل) هو محور "منتصف- وحشي" (mediolateral) ، ولكن اذا استخدم لوصف الذراع فإن "وسطي" قد تشير إلى وسط الذراع نفسه.

في الساعد (الشكل 84) ، يتم تسمية الجانبين بالنسبة لقربهم من العظام ، فالأجزاء الأقرب إلى عظم الكعبرة هي كعبرية (radial)،و الأجزاء الأقرب إلى عظم الزند هي زندية (ulnar) ، و الأجزاء المتعلقة بالعظمتين معا يشار إليها بـكعبري-زندي (radioulnar) . وبالمثل ، في الجزء الأسفل من الساق، فالأجزاء الأقرب إلى عظم الظنبوب (قصبة الساق) (Tibia) يقال لها ظنبوبية ، والأجزاء الأقرب من عظم الشظية يُقال لها شظوية (fibular أو peroneal) .



شكل (84)

عظام الذراع والكف

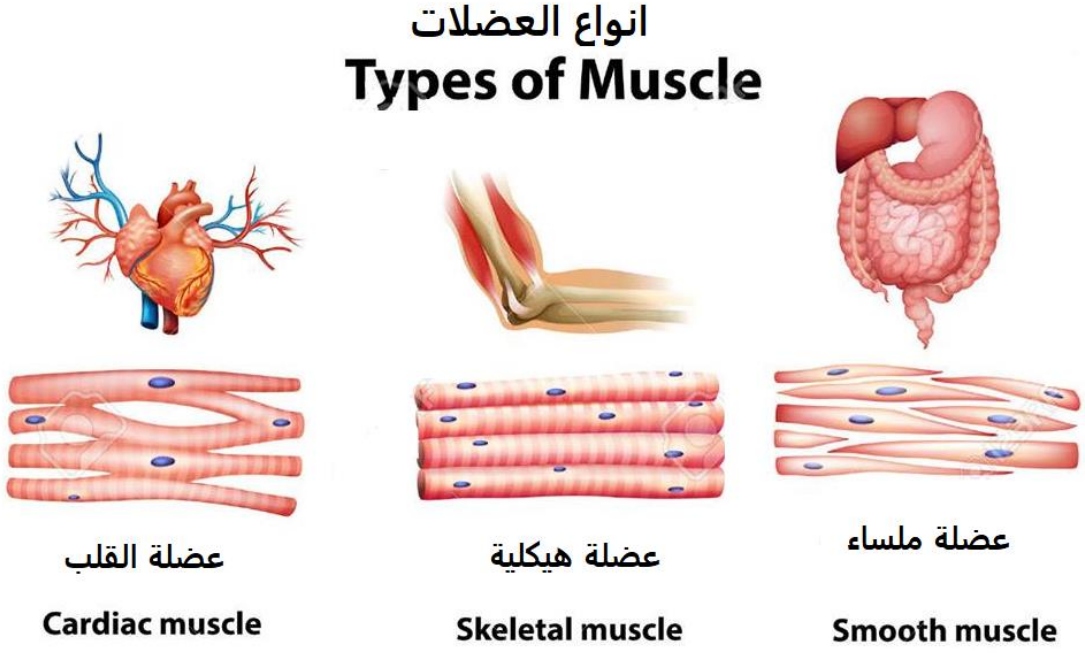
ومن خصائص الحركة الفاعلة في الاداء البشري ، انها تتميز بغياب الحركات الاضافية التي ليس لها معنى بالنسبة للاداء الحركي الخاص، فاستخدام العضلات المناسبة وبالقدر المناسب وفي التوقيت المناسب دون اضاعة لاي قوى في يحيط

اتجاهات غير مرغوب فيها هي هدف من اهداف الاداء المهاري المتميز، وهذا يرجع الى توفر قدر من التوافق العصبي العضلي كقدرة حس – حركية

كيف يمكننا من تطوير هذه القدرة بالاعتماد على متغيرات الزمن – المكان و القوة، وماهي نوع التدريبات المستخدمة وعلى اي اسس ترتبط بالمتغيرات اعلاه لكي نعتمدها في اعداد هذه التدريبات، هذا الامر يحتم علينا ان نلقي نظرة على طبيعة الجهاز العصبي الذي يساهم بشكل فاعل في تنفيذ مختلف الحركات والمهارات.

- العضلات:

يوجد في جسم الإنسان ثلاثة أنواع من العضلات: العضلة الملساء، والعضلة القلبية، والعضلة الهيكلية. في كتابنا هذا سوف نتعامل مع النوع الثالث من هذه العضلات ، والتي تسمى أيضا بالعضلة المخططة او الهيكلية.



الشكل 83

انواع العضلات بجسم الانسان

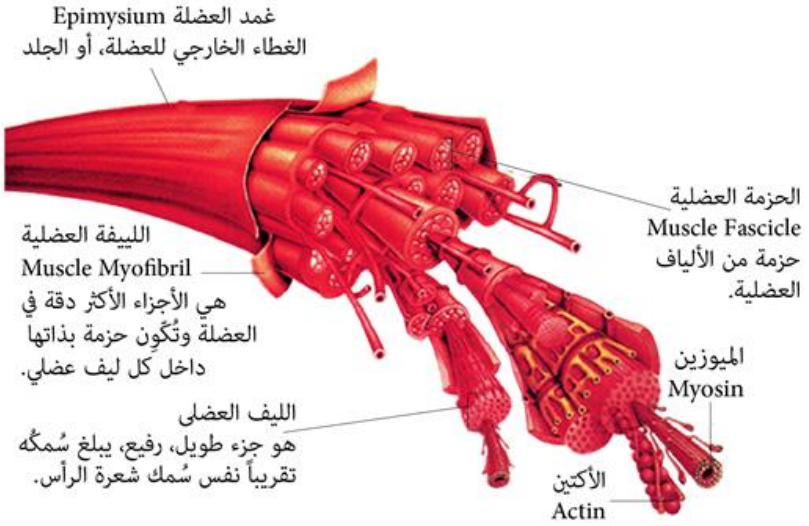
بالعضلة الهيكلية طبقة من النسيج الضام ويشبه بناء هذا النسيج الضام طريقة بناء الطبقة الخارجية من محفظة المفصل ، واجب هذا النسيج الضام هو حماية سطح العضلة من العضلات المحيطة بها عند حركتها ، ويعطي للعضلة شكلها.

يسمى 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

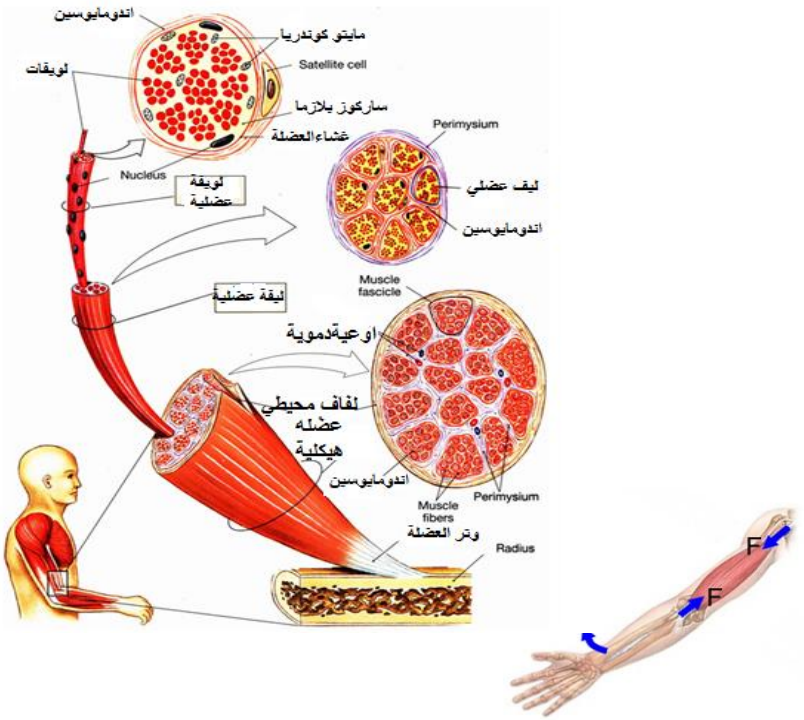
بلفاف الحزم العضلية ، تحتوى هذه الطبقة من النسيج الضام (التي تتكون من نوعين من الألياف الكولاجينية والمطاطية) على تفرعات عصبية ودموية تمتد حتى تصل نهاياتها الى ألياف العضلة ، ونشاهد تحت المجهر ان كل حزمة تحتوي على عدد من الألياف العضلية ،ويحيط بكل ليفه طبقة رقيقة من النسيج الضام يدعى اندومايوسين (Endomysium = اندو تعني اخيرا و مايوسين تعني عضلة). هذا النسيج الضام يستمر في الامتداد فيغلف العضلة ويغلف أيضا أوتارها.

تسمى 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 صغيرة تدعى اللويفات (مايوفايبرز) و تتراصف هذه اللويفات بشكل متوازي لتعطي للعضلة مظهرها المخطط ، وهذه اللويفات مكونة من أجزاء اصغر تدعى الصفائح (الخيوط) ، التي تتراصف بشكل منتظم. 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) والمايوسين (الذي يكون سميك وذو اشطة غامقة اللون).



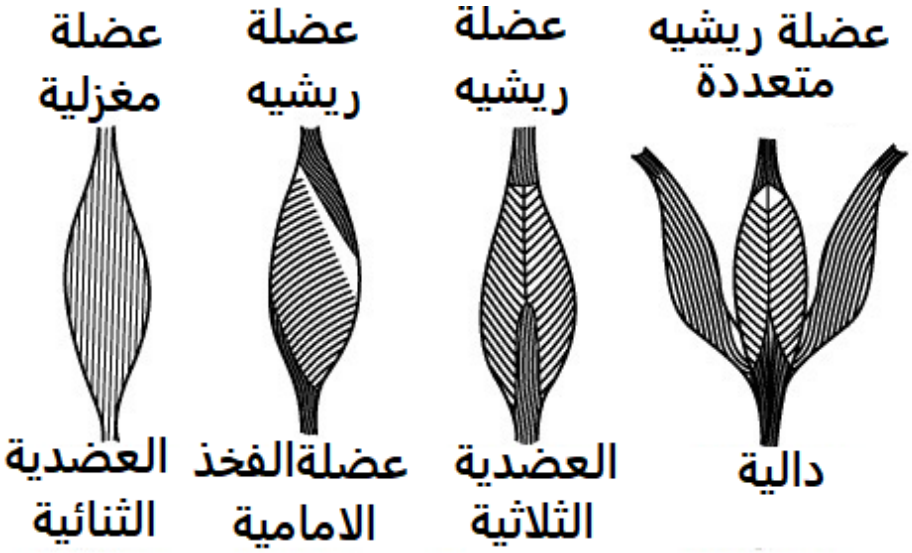
شكل (84)
تركيب العضلة



شكل (85)

شكل العضلة وإنتاج القوة

- **عندما تتقلص العضـلة تدخل خيوط الاكتين داخل صـفائح المايوسـين ، وكنتيجة لهذه التقلص يقل طول الخيوط ويزداد سـمكها ، ويحدث من جراء التقلص العضـلي قوة تؤثر بالتسـاوي على منشـأ ومدغم العضـلة لكن باتجاهين مختلفين، والعضلات في الجسم لها أشكال مختلفة ويظهر الشكل (68) هذه الأنواع المختلفة.**



الشكل (86)

أنواع العضلات

ونستطيع ان نلخص خصائص النسيج العضلي والعصبي كما ياتي/:

- **النسيج Tissue:**
- مجموعة من الخلايا المتشابهة في التركيب و الوظيفة ، و تربط بينها مادة معينة تسمى المادة بين الخلوية أو الأساسية Intercellular Substance or Matrix تنتجها الخلايا ذاتها .
- **العضو Organ:**
- كل مجموعة من الأنسجة تكون عضوا Organ ، و يشترك عدد من الأعضاء في تكوين جهاز عضوي Organ System ، و يتكون جسم الحيوان ككل من مجموعة من الأجهزة المختلفة .
- **علم الأنسجة Histology :**
- هو علم يختص بدراسة الأنسجة بواسطة المجهر، ويعرف بعلم التشريح المجهري Microscopic Anatomy أو الهيستولوجيا Histology .
-

الأنسجة العضلية

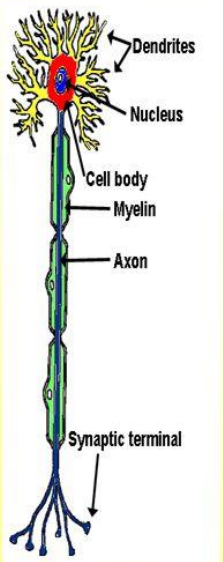
- تقوم الأنسجة العضلية بوظيفة الحركة.
- حركة العضلات إما (إرادية كحركة الأطراف) أو(غير إرادية كحركة القلب والأمعاء)
- تصنف العضلات بالنسبة لمواقعها إلى 3 أنواع.
- **1- العضلات الهيكلية أوالمخططة: (Skeletal Muscles)**
- سميت بذلك لتحريكها أجزاء الهيكل العظمي وبالتالي إرتباطها به
- المخططة سميت بذلك لوجود خطوط عرضية تظهر فيها لدى فحصها.
- تتكون من نوعين من الخيوط الليفية خط فاتح (أكتين – Actin) وخط داكن يسمى (ميوسين – Myosin)
- بها كميات كبيرة من الميتوكوندريا لإنتاج الطاقة و الانقباض السريع.
- توجد في (عضلات اللسان والأطراف)

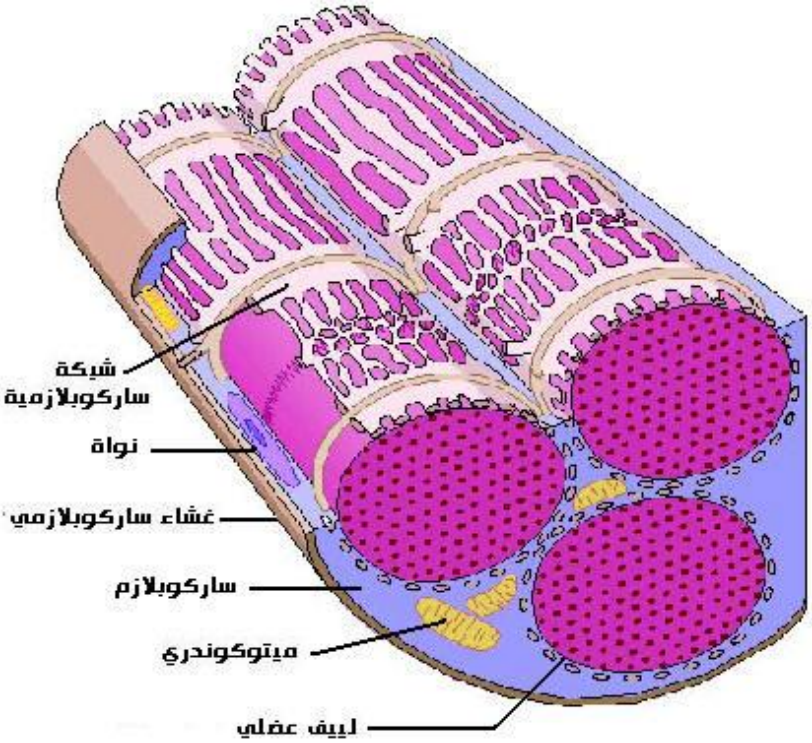
الأنسجة العصبية

- **أهمية النسيج العصبي :**

أهميته بأنه يقوم بربط أقسام ووظائف الجسم المختلفة.

- **مكونات الأنسجة العصبية:**
- تتكون من 1-(الخلايا العصبية)2-خلايا الغراء العصبي
- **الخلية العصبية:(Neurons)**
- **تعريفها**: هي الوحدة الأساسية التركيبية والوظيفية للنسيج العصبي.مكوناتها: جسم الخلية وبه النواة و النوية وحبيبيات نسل وليفيات عصبية.
- **جسم الخلية العصبية**: له زوائد شجرية وزوائد مستطيلة تسمى المحور.
- **المحور:** وهو مغطى بالغمد النخاعي. الغمد النخاعي: يعمل كعازل للمحور و كمصدر للطاقة. وهو يفرز من خلايا شفان ويمتاز بوجود عقد على مسافات متقاربة تسمى عقد رانفيية.
- **خلايا الغراء العصبي تعريفها**: تمثل 90% من النسيج العصبي حيث يحيط بكل خلية عصبية ما يقارب عشر من خلايا الغراء العصبي , وتسمى الساندة
- **وظيفتها**: 1- تقوم بدعم وحماية الخلايا العصبية 2- تخليص النسيج العصبي من الفضلات



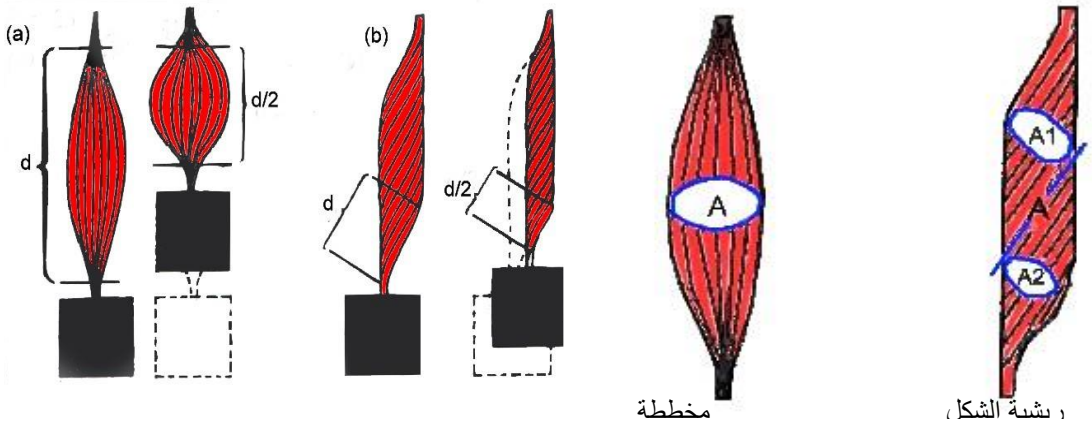


الشكل 87

مكونات الليف العضلي

- **المقطع الفسيولوجي للعضلة وقوتها وطولها وشغلها:**

يمكن ان تطور العضـــلة من قوتها القصـــوى الى حوالي (50) نيوتن لكل سنتمر مربع من مقطع العرضي للعضلة ، والمقصود بالمقطع العرضي هنا هو الحالة الفسيولوجية ويشرح بالطريقة الآتية : المقطع العرضي الهندسي A في الشـــكل (88) يعطينا قياس لعدد خيوط الاكتين والمايوســـين التي تحتويها العضلة مثلا، اذا كانت مساحة المنطقة 6 سم^2 فان القوة القصوى التي ينتجها التقلص هي 6×50=300 نيوتن (10 نيوتن= 1 كغم) . أما اذا كان ترتيب خلايا العضلة منحرف عن الاتجاه الطولي لمحور العضلة ، عندئذ ينبغي قياس المقطع العرضـي A1 و A2 لأجل حسـاب عدد خيوط اللاكتين والمايوسين التي تحتويها العضلة(لاحظ الشكل(88)



شكل (88)

الترتيب الطولي والمنحرف لالياف العضلات ومساحتها

يكون تواجد العضـــلات الريشـــية (المنحرفة عن الخط الطولي) في الأماكن التي يتطلب فيها تنفيذ حركات بمســـافة 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 العضـــلة يجب علينا معرفة مكان اتصال العضلة وعلاقتها بالمفصل.

وقد اشارت بعض المصادر العلمية الى امكانية قياس المقطع الفسيولوجي للعضلة بجميع انواعها من خلال طول العضلة وكثافتها وكتلتها وكما يأتي:

- **الالياف المتوازية: تستخدم المعادلة الاتية لقياس مساحة العضلة:**

مســـاحة مقطع العضـــلة الفســـيولوجي = كتلة الالياف العضـــلية (غم) ÷ كثافة العضلة × طولها

(كثافة العضلة =1.056 غم/سم^3)

ولقد لوحظ انه لقياس قوة العضلة الريشية عبر مقطعها الفسيولوجي فانه يمكن استخدام المعادلة الاتية لذلك:

قوة العضلة الريشية = كتلة العضلة(غم)× جتا الزاوية× مساحتها ÷كثافة العضلة× طولها. (كثافة العضلة = كتلة العضلة/حجمها)

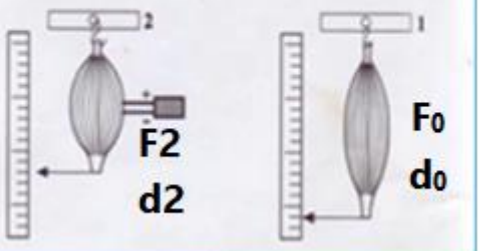
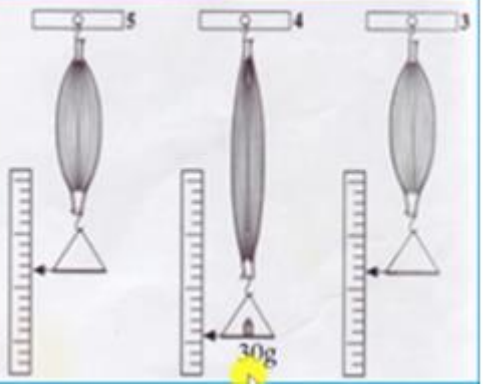
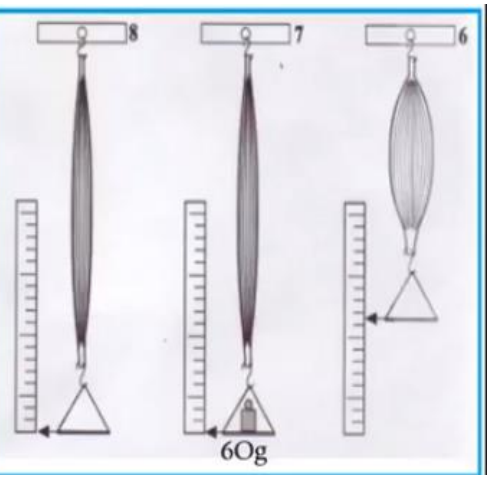
وفيما يلي جدول بكتل واطوال ومساحة وزوايا الالياف العضلية الريشية لعضلات الرجل:

جدول (2)

العضلات ومواصفاتها

العضلة	الكتلة (غم)	الطول (سنتم)	مساحتها (سم^2)	زاوية الليفة الريشيه(د)
الخياطية	75	38	1,9	صفر
الراس الطويل للفخذية الخلفية ذات الراسين	150	9	15,8	صفر
العضلة نصف الوترية الخلفية	75	16	4,4	صفر
الاخمصية	215	3	58	30
التوأمية	158	4.8	30	15
العضلة القصبية الخلفية	55	2.4	21	15
العضلة القصبية الامامية	70	7.3	9.1	5
المستقيمه	90	6.8	12.5	5
المتسعة الوحشية	210	6.7	30	5
المتسعة الانسية	200	7.2	26	5
المتسعة الوسطية	180	6.8	25	5

عند تحليل حركة ما من الضروري معرفة ان قوة تقلص العضلة يعتمد على مسافة تقلصها مقابل طولها وهي في حالة الراحة ، لنفرض إننا أردنا دراسة قابلية التقلص لحزمة عضلية واحده، أولا علينا معرفة طول الحزمة العضلية وهي في حالة الراحة(1 شكل 89) ،اذا ثبتنا احد طرفيها وأوصلنا الطرف الآخر بمقياس حساب القوة ، يظهر مقياس القوة Fo عندما تكون الحزمة في حالة الراحة والمسافة بين الطرفينd_o. وفي (2 الشكل 89) نلحظ ان المسافة بين الطرفين المثبتين للحزمة قلت الى d_1 بعد تعريض العضلة لحافز كهربائي لحثها على التقلص، ونحسب مقدار قوة هذا التقلص (سوف تعتمد القيمة المطلقة للتقلص على سمك الحزمة العضلية)(عندئذ سوف تزداد القوة الى اي زيادة في القوة بسبب تقلصها مركزيا

التجارب	الملاحظات	الاستنتاجات
	نخضع العضلة إلى إهاجة كهربائية فعالة نلاحظ أنها تستجيب للاهاجة التي تتمظهر في تصلب وانتفاخ بطنها مع انخفاض طولها	من خاصيات العضلة الاهتياجية القلوصية
	تسترجع العضلة طولها بعد إلغاء الكتلة المسببة لتمددها	من خاصيات العضلة
	لا تسترجع العضلة طولها الأصلي بعد إلغاء الكتلة المسببة لتمددها	مرونة العضلة محدودة ويؤدي التمديد القوي إلى إتلاف مكوناتها

الشكل 89

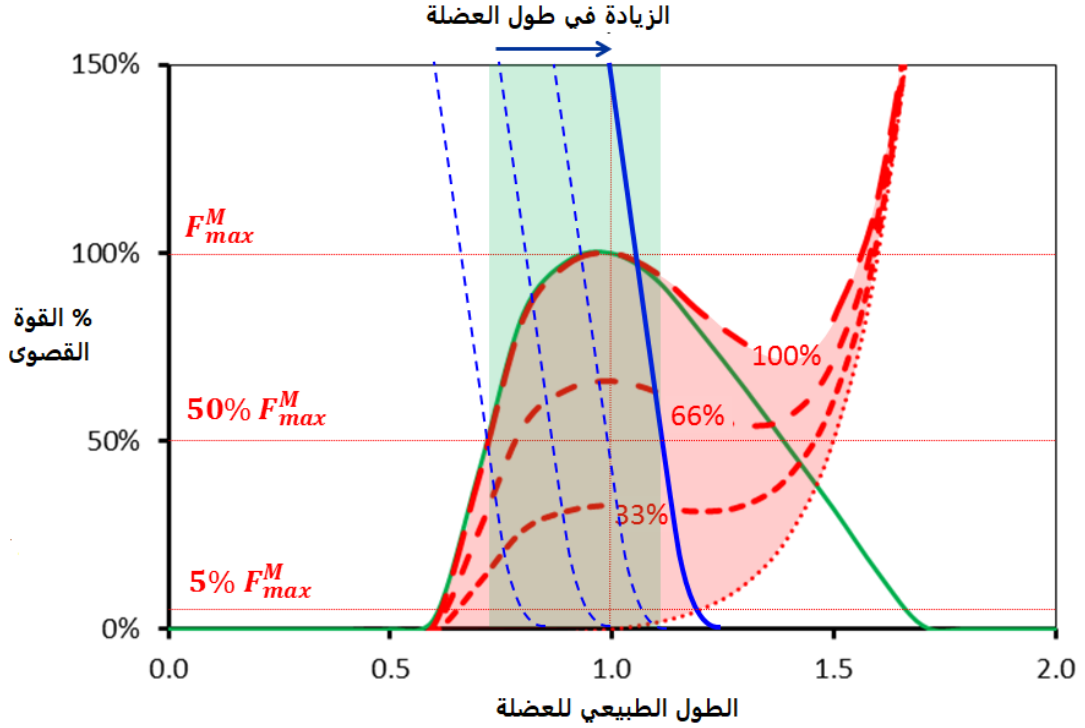
قوة التقلص وطول العضلة

و تكون القوة F_2 وهي القوة التي سلطت على كلا النهايتين من قبل الحزمة العضلية عند تعرضها لحافز كهربائي.

اما في الاوضـــاع (3 و4 و 5 من الشـــكل 89) فعند تعرض العضـــلة الى مقاومة تقدر بـ (30 كغم) مع تحفيز كهربائي، فان طولها سيزداد الى الضعف تقريبا (اي 100 % من طولها الحقيقي قبل التعرض للمقاومة) فان التقلص هنا سـيكون مركزيا وسـيزداد شـغل العضـلة بما يسـاوي (30 كغم × طول العضـلة بعد تعرضـها للمقاومة).

اما اذا تعرضت العضلة ذاتها الى مقاومة ضعف المقاومة التي تعرضت لها والتي سببت لها استطالها 100% من طولها ، فان هذه المقاومة الجديدة ستسبب لها زيادة مضطرده في طولها قد تتجاوز 120 % من طولها وممكن ان تؤدي هذه الاطالة الجبرية الى تلف في مكونات العضلة ولاتسترجع العضلة طولها الحقيقي ، الاوضاع (6 و 7 و 8 من الشكل 89) ، فأن قوة تقلصها تنخفض مرة ثانية ، وهذا بسبب سحب خيوط اللاكتين والمايوسين بعيدا عن بعضهما يؤدي الى انخفاض قابلية التقلص الإرادي للعضلة الى خلف حدود قابلية القوة المطاطية لتقلصها.

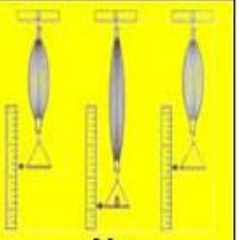
ويمكن ان تزداد قيمة شغل القوة مع وجود مقاومة والعضلة باستطاله ما بين 100 -120 % ، ويظهر الخط المتقطع في (الشكل 90) مقدار القوة التي تحاول العضلة إظهارها للعودة الى طولها الطبيعي (حالة الراحة) قبل ان تتمدد (العضلة في هذه الحالة سلبية أي انها غير متقلصة- لامركزى).

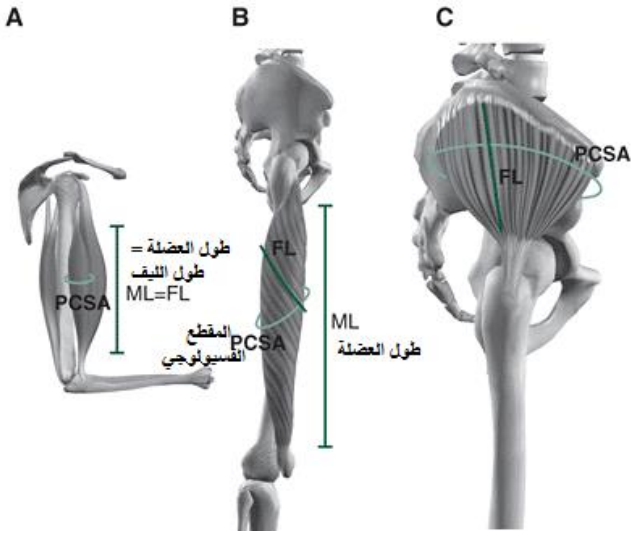


شكل(90)

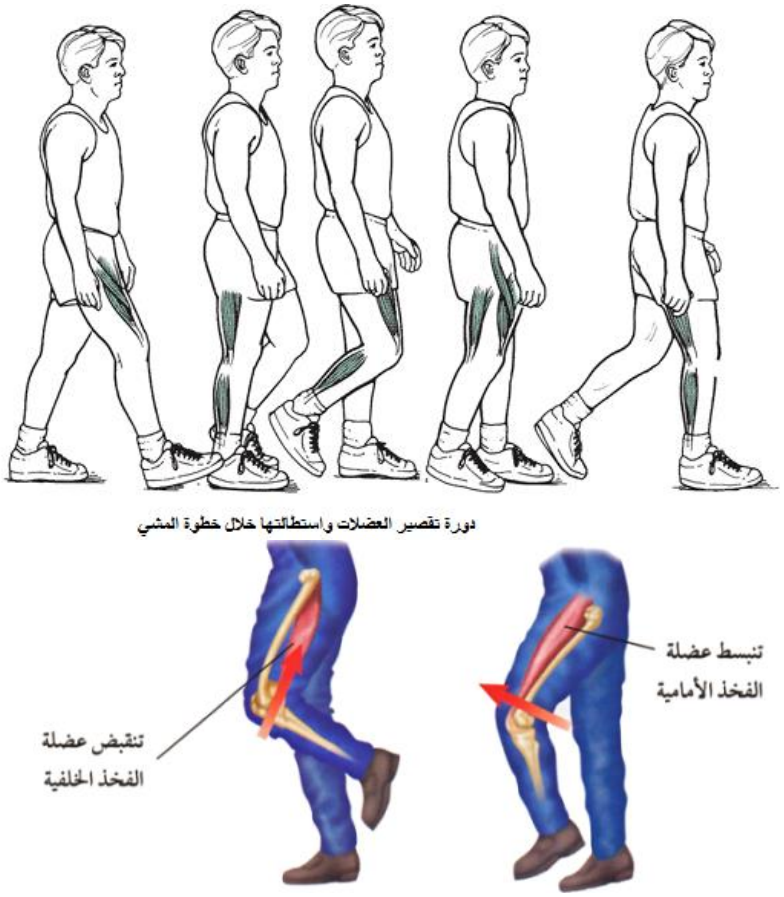
العلاقة بين الطول والقوة في العضلة

جدول (3)
خلاصة العلاقة بين تمدد العضلة والمقاومة المسلطة وطولها

التجارب	الكتلة بـ g	تمدد العضلة بـ mm	الملاحظة بعد إزالة الكتلة	إستنتاجات
 30g	5	5	استرجاع العضلة لطولها الأصلي	تتميز العضلة الهيكلية بخاصية **المرونة**
	10	7		
	20	10		
	30	11.5		
60g	60	13	عدم استرجاع العضلة لطولها الأصلي	**مرونة** العضلة **محدودة** بحيث يؤدي التمديد القوي لها إلى إتلاف مكوناتها



شكل (91)
اوضاع مختلفة للعضلات



شكل(92)

التغير في طول العضلة خلال المشي

خطوة المشي والجدول (3) يبين النسب المئوية لمساحة المقطع الفسيولوجي لعضلات الكاحل والركبة والورك.

الجدول(4)

نسبة مساحات المقاطع الفسيولوجية لعضلات الاطراف السفلى

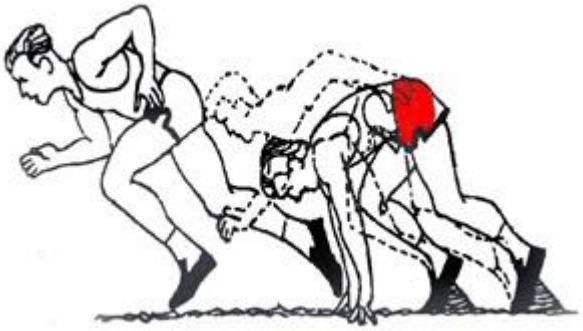
الكاحل Ankle		الركبة Knee		الورك Hip	
الاخمصية	41	توأمية	19	حرقفية	9
ثانية الابهام الطويلة	22	فخذية ذات راسين(الراس القصير)	3	مشطية	1
ثانية الاصابع طويلة	3	نصف وترية	3	مستقيمة فخذية	7
قصبية خلفية	10	نصف غشائية	10	اليوية كبرى	16
شظوية قصيرة	9	متسعة وحشية	20	الاليوية وسطى	12
قصبية امامية	5	متسعة انسية	15	اليوية صغيرة	6
باسطة الابهام طويلة	1	متسعة وسطى	13	العضلة المقرية	-
باسطة الاصابع الطويلة	3	مستقيمة فخذية	8	عضلة مقربة طويلة	3
		الخياطية	1	المقربة القصيرة	3
		رشيقة نحيفة	1	لفافة فخذية	1
				ذات الراسين فخذية(الراس الطويل)	6
				نصف وترية	3
				نصف غشائية	8
				كمثرية	2
				المدورة الوحشية	13

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:

العضلة التي تستخدم في سحب الرجل بقوة للخلف هي العضلة 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 العضلة مما يولد قوة عالية (كما لاحظنا زيادة طول العضلة الى 120%).

ما الذي يمكن ان يفعله شخص لزيادة سرعته عندما يركض او على سبيل المثال عندما يرغب الرياضي بتنفيذ ضربة قوية في كرة القدم، يجب عليه ان يبدأ الحركة بسحب الفخذ حول مفصل الورك الى الخلف،وسحب الساق حول مفصل الركبة للخلف ايضا، وذلك لأهمية هذا الوضع في مد العضلات الباسطة للورك و للركبة التي

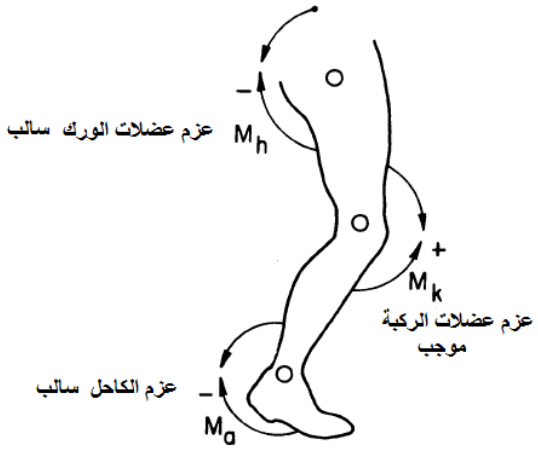
تمر فوق مفصل الورك والركبة (لاحظ الشكل 90) ،أما اذا اردنا قوة اكبر من العضلة ، فمن الضروري ان تكون المسافة بين المنشأ والمدغم اكبر من المسافة وهي في حالة الراحة .



شكل (93)

اطالة العضلات الاليوية والمستقيمة الفخذية عند التحضر للانطلاق

عند الانطلاق ستعمل عضلات الرجل على بذل عزوم القوة في مفصل الورك ومفصل الركبة ومفصل الكاحل ولكن باتجاه مختلفة ، اذ يكون عزم عضلات الورك سالب وعزم عضلات الركبة موجب وعزم الكاحل ايضا يكون سالب وفقا لاتجاه مد المفصل (باتجاه الحركة او عكسها) لاحظ الشكل (94)

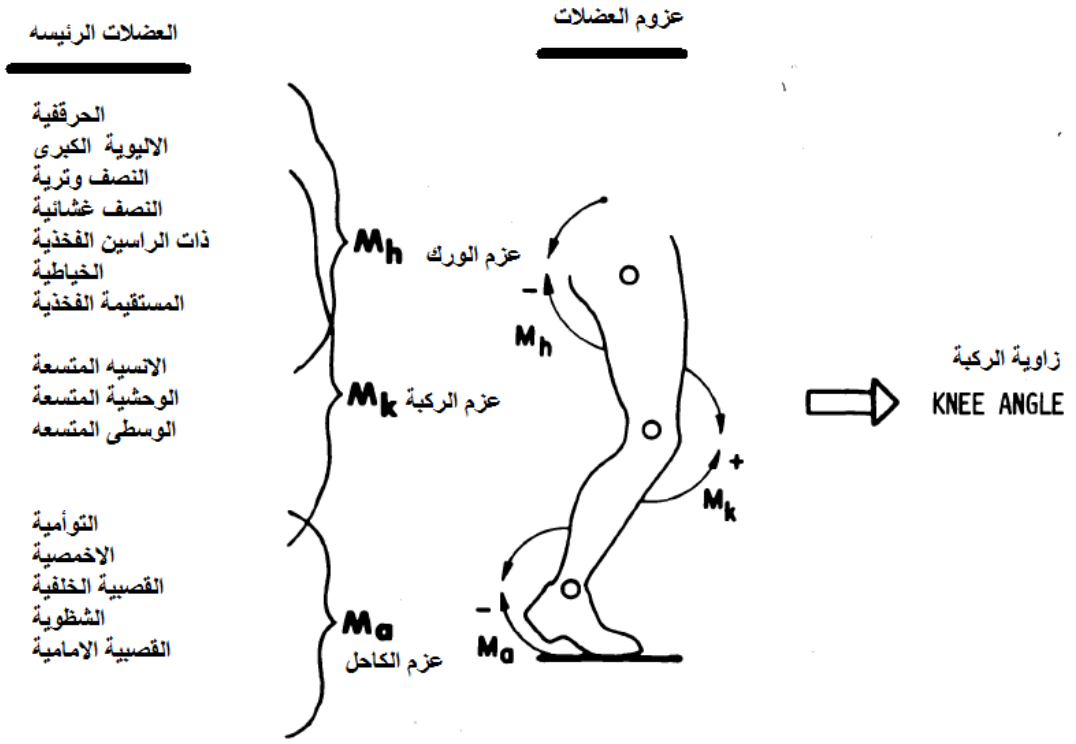


شكل(94)

عزوم العضلات المتولد في مفاصل الرجل عند الركض

والشكل (94) يبين العضلات العاملة على مفاصل الورك والركبة والكاحل التي تولد العزوم اعلاه خلال خطوة الركض ، اذ يظهر ان هناك خمسة عشر عضلة رئيسية مسؤولاً عن توليد العزوم في مفاصل الكاحل والركبة الورك. فمن خلال توليد العزوم

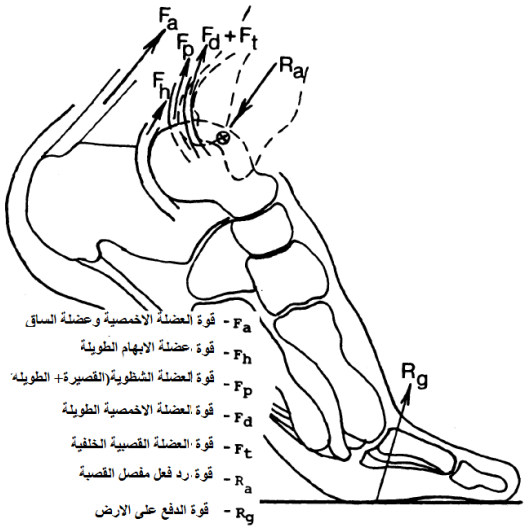
المشتركة بهذه المفاصل يتم توجيه الركبة خلال خطوة الركض التوجيه الصحيح والتحكم بزاوية الركبة.



شكل(95)

العضلات المسؤوله عن عزوم القوى بالرجل

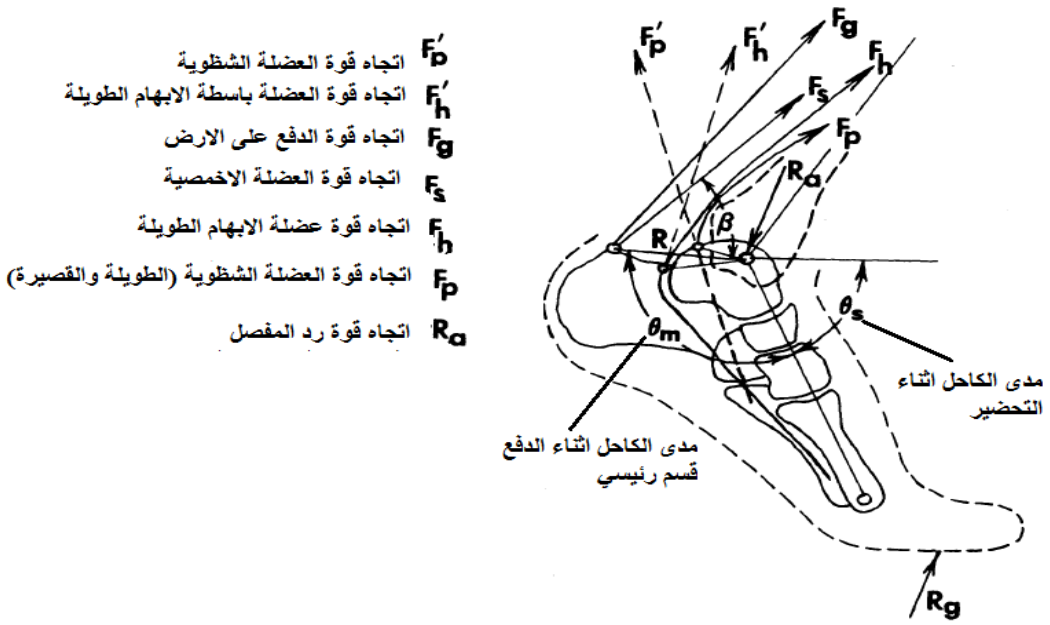
ان قوى العضلات العاملة على مفصل الكاحل والقوة المسلطة على الارض ورد فعل مفصل الكاحل و القوة المبذولة من جميع العضلات العاملة على هذه المفصل ، جميع هذه القوى تعطي ناتج الدفع النهائي في خطوة الركض والتي تظهر بالشكل (96).



شكل(96)

القوى العاملة على الكاحل والارض لحظة الارتكاز بخطوة الركض

ان لكل قوة تعمل على مفصل الكاحل خط عمل يؤثر فيه على المفصل ويمثل هذا الخط اتجاه عمل القوة ، وتظهر هذه الخطوط مركبات القوى التي يمكن ان نستخرج محصلتها النهائية التي تمثل القوة النهائية التي تبذل لاستمرار الدفع، لاحظ الشكل (79)



شكل(97)
اتجاهات القوة المبذولة على الكاحل

ان الغرض من تناولنا موضوع الخصائص الميكانيكية ، هو فهم آلية تكيف الجهاز الحركي للأنسان للتدريب العضلي الخاص مبدئيا وما ينتج عنه من تكيف ميكانيكي في زوايا عمل اجزاء الجسم التي تدور دوما اثناء الحركة حول هذه المفاصل ، اذ ان هنالك شكلان من التكيفات الوظيفية التي تدعم تدريب القوة التقليدي وتؤدي الوصول الى الوضع الميكانيكي المحدد ، وهما :

اولا- تدريب القوة يقود اما الى تعزيز خاصية الأنقباض العضلي في الخيوط البروتينية نفسها المكونه للعضلة.

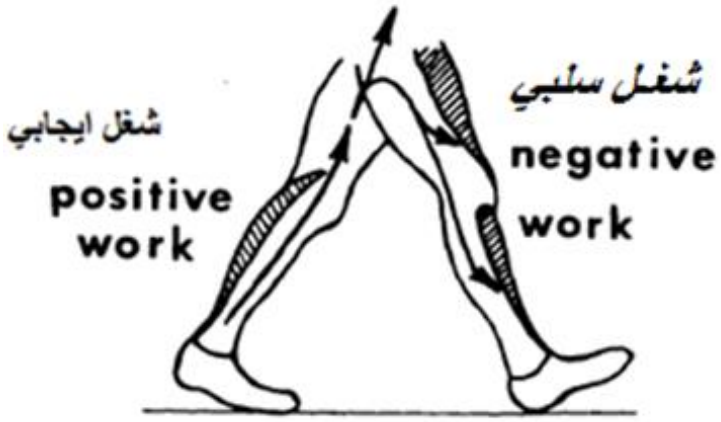
ثانيا- أو قد يقود التدريب الى تطور السيالات العصبية المسببة للأنقباض العضلي أو تطور المجموعة العضلية القائمة بالانقباض . ويمكن توجيه هذين النوعين من التكيفات من خلال تصميم برامج تدريبية خاصة بأستخدام مستويات متباينة من الشدة والحجم والكثافة (حمل التدريب).

ان كلا النوعين يرتبطان بظهور تكيف ميكانيكي لها يتعلق بمقادير القوة اللحظية المبذولة ، ومقدار شغل العضلة خصوصا عند اداء الانقباض اللامركزي ، وعزوم العضلة عند اداء الانقباض المركزي ،والطاقة الميكانيكية وطاقة وضع الجسم .. وما

يرتبط من هذه الانقباضات العضلية من كمية السيالات العصبية المطلوبه والمرافقة لهما والتي تهدف ان يكون الاداء باعلى اقتصادية وانسيابية حركية وبافضل نقل للزخوم فيما بينها مما يعكس ذلك امكانية ظهور حالة من التكيف الميكانيكي لها اثناء اداء المهارات الرياضية المختلفة. فضلا عما يتحقق من تفاعل بين اجهزة الجسم الحركية وبين بعض الادوات التي يستخدمها الرياضي في بعض الالعاب (كالقفز بالزانه وادوات واجهزة الجمناستك والقوس والسهم....)وما تتميز بها من مرونة وقدرة عالية خاص بك اداة او جهاز على تحمل التغير في نتيجة القوة المبذولة من اللاعب .

فمن المعروف ان هناك مداخل متعددة للتدريب. فلكل لاعب ومدرب فلسفته الخاصة بالنسبة لهذه المسابقة او تلك ، والتي قد لا يتفق معها الكثيرون . وعادة ما يتم الحكم على تلك الفلسفات من خلال نجاح الاداء والتفاصيل والمبادئ الاساسية التي يمكن ان تساعد في تحقيق الهدف من الاداء ، وان اللاعبين عادة ما يحاولون الاعتماد على دراسة تفاصيل أداء اللاعبين المتميزين في بناء التدريبات الخاصة بهم.

ان جميع المؤشرات البيوميكانيكية لمختلف الحركات الرياضية، تتطلب جهازا حركيا كفؤاً يتميز بقدرة عضلية عالية وبقوى ترتبط بنتاج الشغل العضلي وعزوم القوة والتي هي حتما لها علاقة كبيرة بمدخل الطاقة الميكانيكية والشغل الداخلي والخارجي، وذلك عن طريق فحص حركة اللاعب وكذلك رد فعل القوى الخارجية كمحددات رئيسية ، وبالتالي تصميم التدريبات الخاصة بالقوة العضلية لتحقيق الكفاءة العالية فيها من خلال اتباع التكنيك المتبع وفق الشروط العلمية . كما انه من المهم ايضا توضيح انه اثناء الدفع في معظم المهارات التي تتطلب قفز يكون انتقال الطاقة بشكل متسلسل بين مفاصل الجسم بدءً من المفاصل الكبيرة والى المفاصل الصغيرة في الطرف السفلي،والعكس صحيح عند الامتصاص، حيث ان هناك جزء من الطاقة الحركية الناتجة عن الاقتراب يتم اختزاله في الطرف السفلي بحكم العمل العضلي في هذا الطرف الذي يتميز بانه انقباض عضلي بالتطويل (لامركزي) اي شغل سالب، اولا وان هذه الطاقة تنتقل الى مرحلة الانقباض بالتقصير (مركزي) ثانياً ، اي شغل موجب. لاحظ الشكل(98)



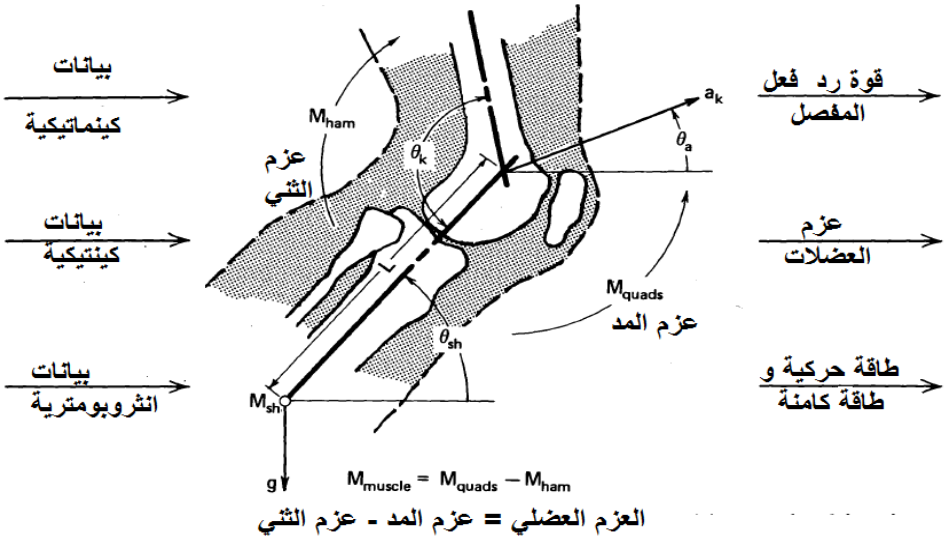
شكل(98)

تبادل الشغل الموجب والسالب في خطوة المشي او الركض

وتبادل الشغل السالب والشغل الموجب ينتج قوة رد فعل المفصل والذي يمثل مجموع قوى العزوم العاملة على المفصل والتي تنتج فيما بعد الطاقة الحركية اللازمة للانتقال ، لذا فان رد فعل المفصل يعني بالنهاية العزم العضلي النهائي وهو يساوي:

المجموع النهائي للعزوم = العزم الموجب + العزم السالب { ع م =(+ع1)+(-ع2)}لاحظ الشكل (99)

++



شكل (99)

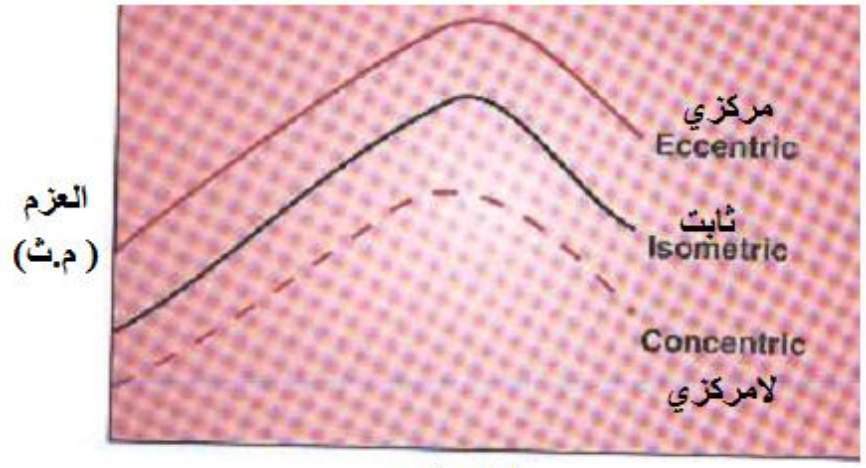
قوة رد فعل مفصل الركبة

وهذا يلزم علينا ان نعطي تدريبات العزوم اهتمام اكبر من اجل ان تكون كفاءة المفصل عالية في تحمل عمل العزوم المختلفة الواقعة عليه اثناء اداء الحركات وفقا للهدف منها، ومايقع على الركبة ، يقع ايضا ردود الافعال على باقي المفاصل الاخرى. علما أن الانقباض المركزي(الموجب) يوفر الحد الأكبر من العزم الحاصل

خلال المدى الحركي، ويكون الانقباض، أما الانقباض اللامركزي(السالب) فيوفر الحد الأقل من العزم.

ومن نتائج بعض الابحاث (Komi, 1986) التي تناولت قياس العزوم (مركزيا ولامركزيا) عند تخطيط الإشارة العضلية العصبية في جهاز (IEMG) لوحظ أن قوة الإشارة تكون في الانقباض الثابت أعلى من المتحرك. مع العلم ان هناك قناعة بأن حجم (الاشارة الكهربائية (IEMG) تعادل حجم القوة المبذولة في نفس العضلة ، ولكن هذا مفهوم خاطئ ويدلل على ذلك أنه لرفع القوة نتدرب باستخدام الانقباض اللامركزي أكثر من المركزي ويسمى بالتدريبات السلبية. وهو كما يحدث في حركة الطلوع على العقلة , وحمل وزن الجسم عند الهبوط من اجهزة الجمناستك ، أوعند 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.

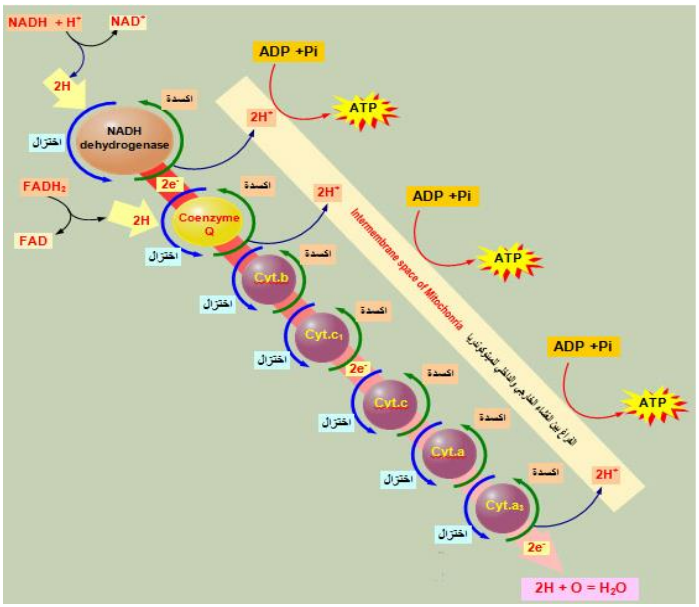
عند عمل التخطيط العضلي نحصل على بيانات خام(ough data) وهي عبارة عن إشارات ترتفع عن الخط الأوسط (الذي يعبر عن التقلص الثابت ، كما في الشكل 99) وإشارات أخرى تنخفض عنه، وتعبر هذه البيانات عن الاستقطاب الفسيولوجي للشحنات، حيث أنه عند حصول الإثارة يتغير موقع الأيونات السالبة والموجبة بتبادل مواقع أيونات الصوديوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم.



شكل (100)

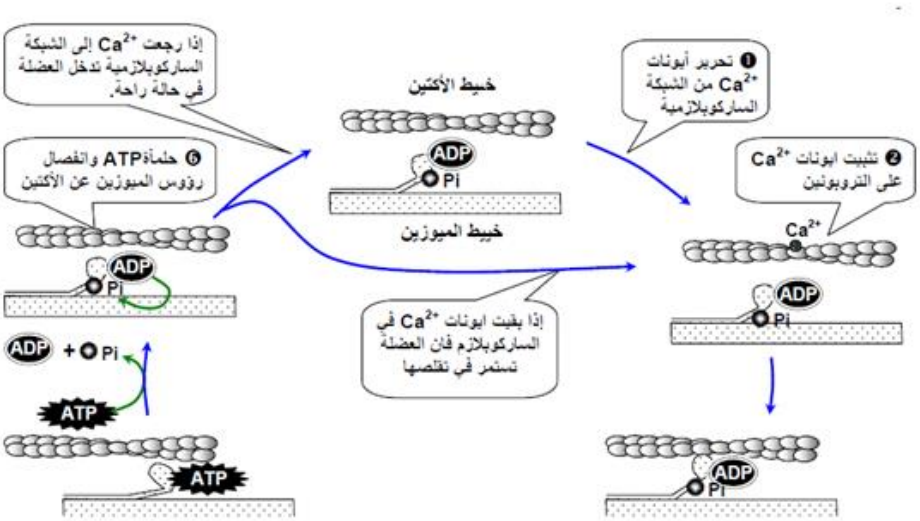
ازدياد عزوم نشاط العضلة ثنائية الرأس العضدية biceps branchii في الانقباض العضلي المركزي والثابت أكثر من اللامركزي(بجهاز IEMG

ويتم تصحيح هذه البيانات (rectification) بحساب التكامل لتجميع البيانات فترفع البيانات المسجلة تحت الخط الأوسط وتجمع المساحة الناتجة تحته فتعرف قيمة التخطيط المقاسة للعضلة. والشكل (100) يبين ذلك.



الشكل 101

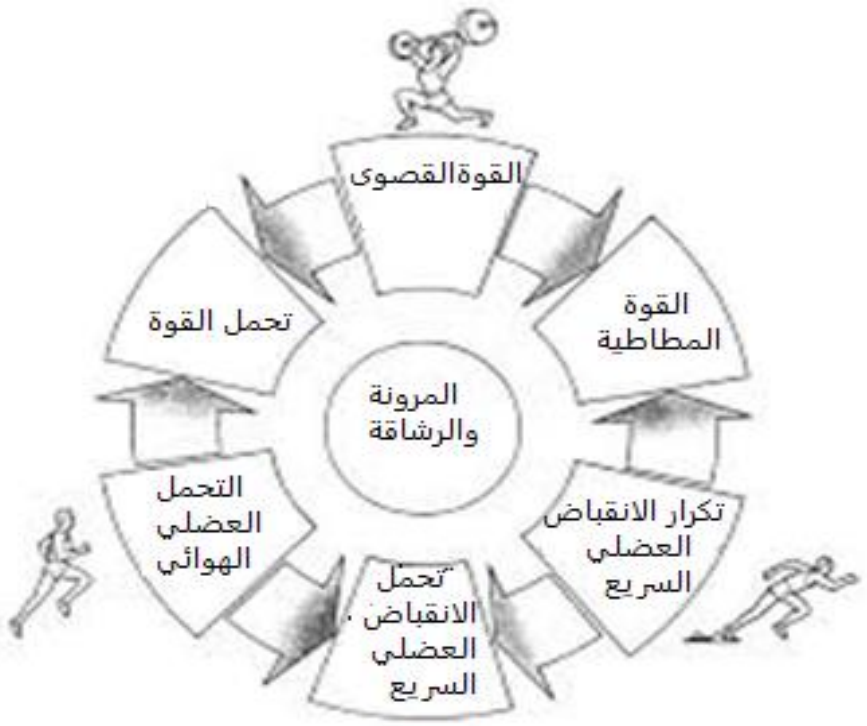
سلسلة النقل الاليكتروني والمركبات الحالة للاليكترونات



الشكل 102

انتاج القوة وتغير موقع الأيونات السالبة والموجبة بتبادل مواقع أيونات الكالسيوم

وتعد القوة العضلية اهم قابلية بدنية اساسية لها ارتباط جدا وثيق في تنمية وتطوير القدرات البدنية الاخرى لاحظ الشكل 103

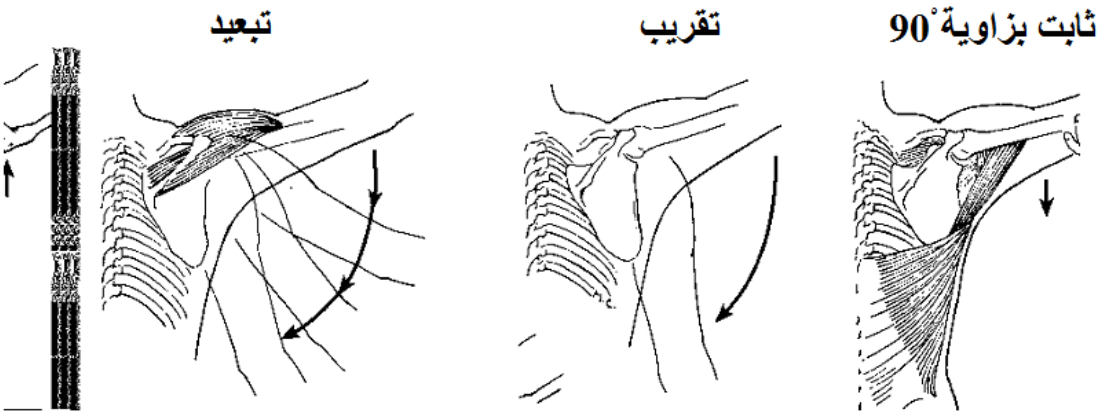


الشكل 103

العلاقة المترابطة بين القوة والقدرات الاخرى

- **أثر قوة الجاذبية على نوع الانقباض العضلي:**

انواع الانقباض العضلي في الحالات التالية لحركة تبعيد وتقريب الذراع حول الكتف:



شكل (104)

نوع التقلص العضلي مع حركات الابعاد والتقريب للذراع حول مفصل الكتف

- **تقريب عادي ببطء:**
- **انقباض لامركزي : تتحكم وتنظم حركة التقريب العضلة الدالية .**

تقريب سريع جداً(أسرع من الجاذبية):

- **انقباض مركزي تسهيلي للعضلة الدالية.**

تقريب باستسلام الذراع لقوة الجاذبية؟

- **لا يوجد انقباض والعمل للجاذبية الأرضية.**
- **تقريب مع وجود مقاومة لأعلى؟**
- **انقباض لامركزي، ويلغى عمل الجاذبية.**
- **مقاومة حركة الذراع: المقاومة لأسفل والحركة لأعلى -- الانقباض مركزي بالعضلة الدالية (المقاومة عكس اتجاه الحركة)**
- **مقاومة الحركة :**
- **المقاومة لأسفل والحركة لأسفل --- الانقباض مركزي (المقاومة بنفس اتجاه الحركة)**
- **مقاومة حركة أسرع من المقاومة:**
- **المقاومة لأسفل والحركة لأسفل أسرع من المقاومة --- الانقباض مركزي**

(مراعاة السرعة)

- **مقاومة الحركة مع الجاذبية**
- **المقاومة لأسفل والحركة لأسفل مع الجاذبية --- لا يوجد انقباض عضلي (ألغي عمل العضلات)**

جدول(5)

ملخص نوع الانقباض العضلي نسبة لسرعة الحركة واتجاهها

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

وعند استخدام مطاط او زنبرك (لولبي) ونمسكه باليد وقمنا بحركة تدويرية بالساعد حول مفص المرفق، فما نوع الانقباض العضلي، وما هي العضلات العاملة عند العمل على هذه المقاومة ؟ وإذا تغلبت مقاومة الزنبرك على قوتنا، فما نوع الانقباض وما هي العضلات العاملة؟

- اولا: عند التغلب على مقاومة الزنبرك يكون الانقباض مركزيا، والعضلة العاملة هي العضلة ثنائية الرأس العضدية .biceps brachii

- **أمّا إذا تغلبت مقاومة الزنبرك على قوة العضلة فيكون الانقباض لامركزيا،**

والعمل لنفس العضلة ثنائية الرأس العضدية .biceps brachii

وإذا قمنا بمد الساعد بوضع أفقي بعد دورانه حول المرفق فما العضلات العاملة؟ وإذا رفعنا العضد عاليا والساعد بحالة انثناء واردنا ان نرفع الساعد عاليا فما العضلات العاملة؟

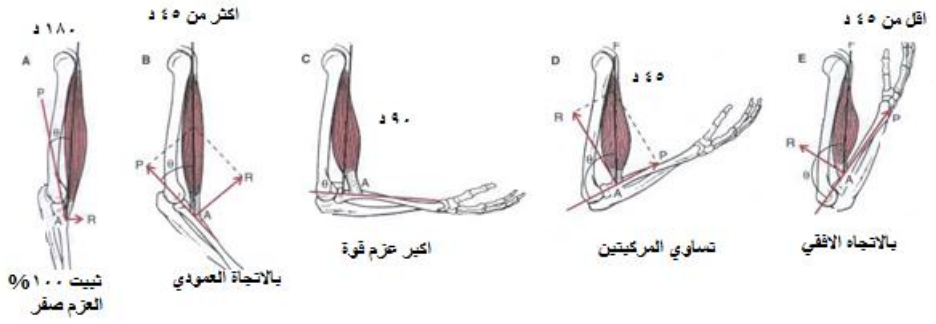
- **عند مد الساعد من الوضع الافقي الى الاسفل فان الجاذبية الأرضية تساعد في سحب الساعد.**

- **أما إذا مد المرفق من أعلى الرأس فالعضلة ثلاثية الرووس العضدية triceps branchii تعمل ضد الجاذبية في رفع الساعد.**

وعند العمل على جهاز مكبس الزيت مثلا ، فيعمل هذا الجهاز على تمرين العضلات بالانقباض اللامركزي والمركزي بنفس الوقت. لأنه عند سحب الجهاز لا يعود وحده وإنما يلزم أن تقوم العضلات المعاكسة بإعادته لوضعه الأصلي.

- **العوامل المؤثرة على القوة العضلية والعزوم :**

العمل العضلي في جسم الانسان يعتمد على قوة العضلة التي تقوم بواجب تدوير جزء الجسم المدغمة به عند تنفيذ التقلص المركزي الذي غالبا مايكون ضد الجاذبية الارضية، وكذلك عند تنفيذ التقلص اللامركزي الذي غالبا مايكون مع الجاذبية. وعند تبادل العمل بكلا التقلصين تتغير زاوية خط عمل بالعضلة ،اذ يشكل خط عمل العضلة مع المحور الطولي للعظم الذي تندغم به العضلة هذه الزاوية وتسمى بزاوية مدغم العضلة اثناء العمل ، اذ تتحلل قوة العضلة(كمحصلة) إلى مركباتها الافقية والعمودية، وعندما تكون هذه الزاوية اقل من 45 درجة فان المركبة العمودية تكون اكبر من الافقية، واذا كانت قيمة هذه الزاوية اكبر من 45 درجة فان المركبة العمودية تكون اكبر من الافقية، وفي كلا الحالتين تميل العضلة الى تدوير الساعد(العتله) فيكون واجب العضلة الرئيس هو التدوير وبنسبة قليله التثبيت، اما اذا كانت الزاوية 90 درجة فان واجب العضلة هو التدوير كليا ، باعتبار ان في هذه الزاوية يكون ذراع القوة باكبر قيمة.



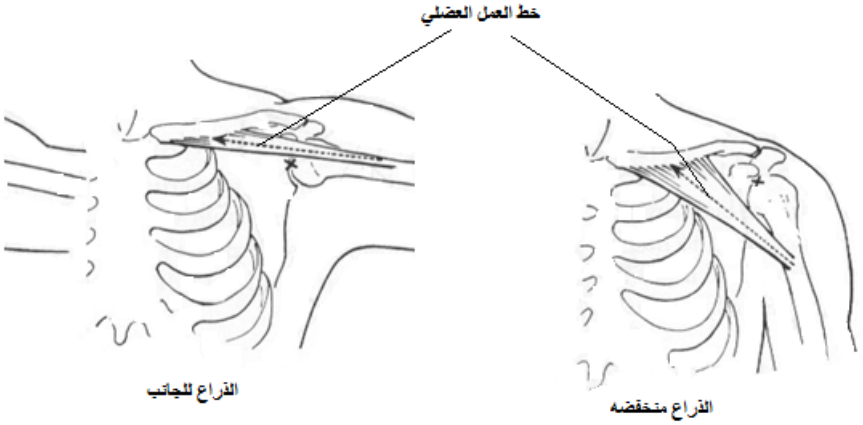
شكل(106)

زاوية العمل العضلي عندما تثبت زاوية العمل العضلي

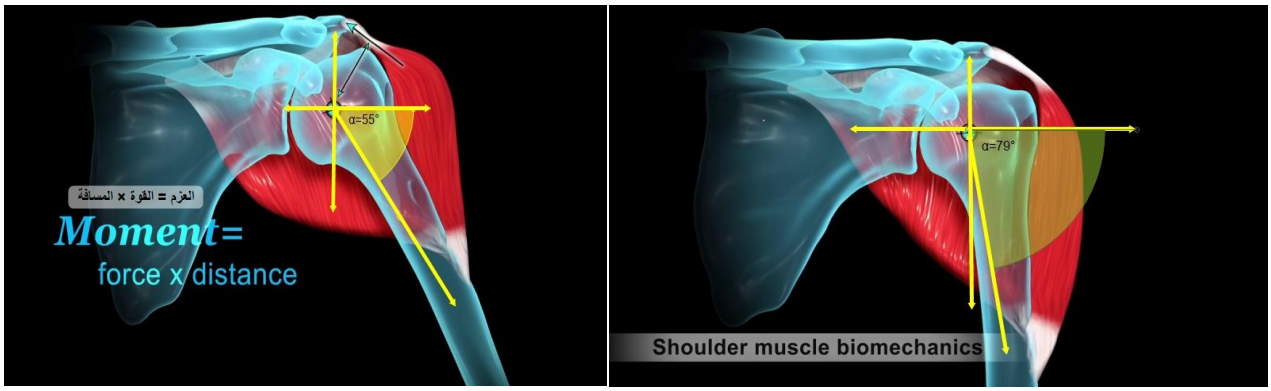
في الشكل (A106) نلاحظ اتجاه العضلة نحو التثبيت عندما يكون خط اتجاهها يكون موازي مع محور العظم نحو الأعلى ويكون واجب القوة هو تثبيت المفصل ، ويزداد عمل العضلة الدوراني بحدوده القصوى عند زاوية 90 ° شكل (C 106) ويتضاءل ويتلاشى العمل الدوراني عند الزوايا التي تقل عن 90 ° (شكل C 106) وتكون قيم التثبيت والدوران متساوية عند القيم الوسطى (شكل D,B 106)

ـ خط اتجاه قوة العضلة(خط العمل العضلي):

خط السحب العضلي هو اتجاه خط عمل العضلة سواءً عند اداء التقلص المركزي او اللامركزي عندما تؤدي العضلة واجب التدوير (العزم)(اي السحب للتقريب او للتباعد)، ولتوضيح ذلك نقول ان خط السحب للعضلة الصدرية العظيمة واضح في التقريب، عندما تكون الذراع مرفوعه للجانب (كما موضح بالشكل 107) اذ يكون محور الدوران في منتصف راس عظم العضد وعتد تقلص العضلة الصدرية مركزيا تقوم بسحب الذراع نحو الداخل اماما ويكون ذراع القوة عندها كبيراً، فيتم إنتاج عزم قوة أكبر. بينما إذا كانت الذراع منخفضة فان خط السحب يكون قريب من محور الدوران، فإن ذلك يعني قصر في ذراع القوة فتكون حركتها أصعب وعزم القوة أقل.



A

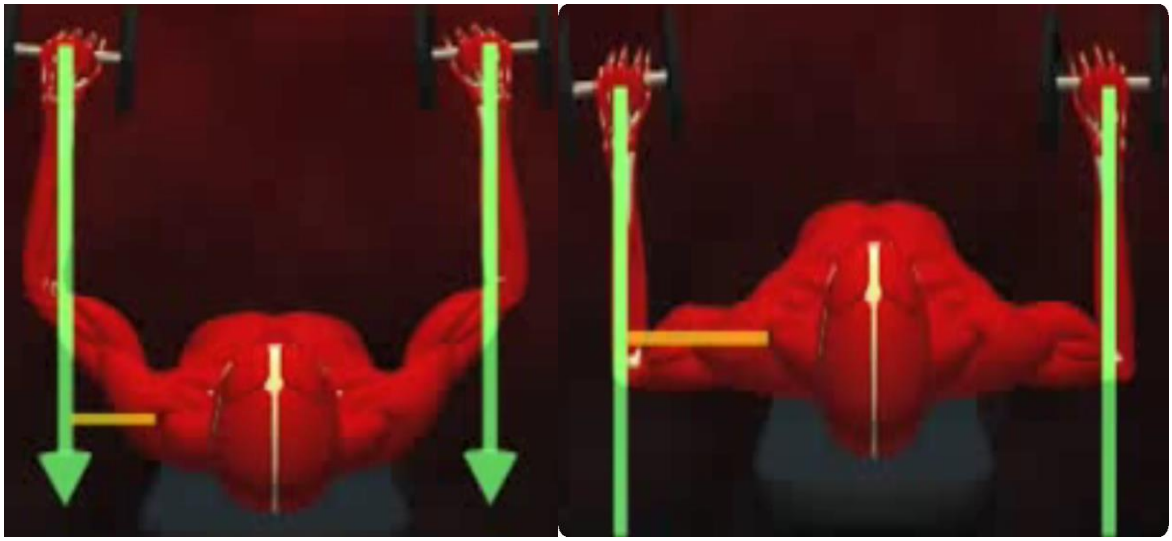


شكل (107)

خط اتجاه قوة العضلة(خط العمل العضلي)

نلحظ من الشكل B 108 ان خط السحب العضلي يكون أعلى من مركز الكتف فإنه يساعد على حركة التبعيد. اما الشكل A 108 فان خط عمل العضلة الصدرية العظيمة pectoralis major muscle يساعد على إتمام العضلة لوظيفتها المعتادة في التقريب عندما يكون خط السحب أسفل مركز الكتف لذا فهو يساعد على حركتي الثني، والتقريب.

مثال : إذا كان الوزن المرفوع (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 العزم حينها يزداد 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. وعندما يكون العبء في التبعيد والثني أكبر على العضلة نستفيد أكثر في تنمية القوة العضلية.



B **A**

شكل (108)

دفع الثقل بالذراعين من الرقود(بنج بريس)

- التوافق العصبي- العضلي والسيطرة على العضلات و العظام:

الجهاز العصبي يقوم بجمع المعلومات من مؤثرات الخارجية والداخلية.. ثم تبدأ استجابة لهذه المحفزات من خلال النظام العضلي و العظام على شكل حركات تدويره فيها (عزوم) ونحن نفهم ان العمل الأساسي للنظام العصبي العضلي هو ضبط حركة الإنسان اللازمة لاداء واجب معين وربطها بالجوانب الميكانيكا الحيوية.

الغرض من هذا المبحث هو عرض بسيط عن كيف تعمل السيطرة العصبية على الجهاز العضلي الهيكلي.

أن الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي المحيطي والدماغ والحبل الشوكي تشكل بمجموعها الجهاز العصبي المركزي. وكل من هذه العناصر محمي من قبل الهياكل العظمية الجمجمة والعمود الفقري.

الدماغ هو المعالج المركزي في الجهاز العصبي، والحبل الشوكي يحمل ويرسل إشارات الى الجهاز العصبي المحيطي للجميع،اي الى الأنسجة العصبية التي تقع خارج الجمجمة والعمود الفقري التي تشكل الجهاز العصبي المحيطي.

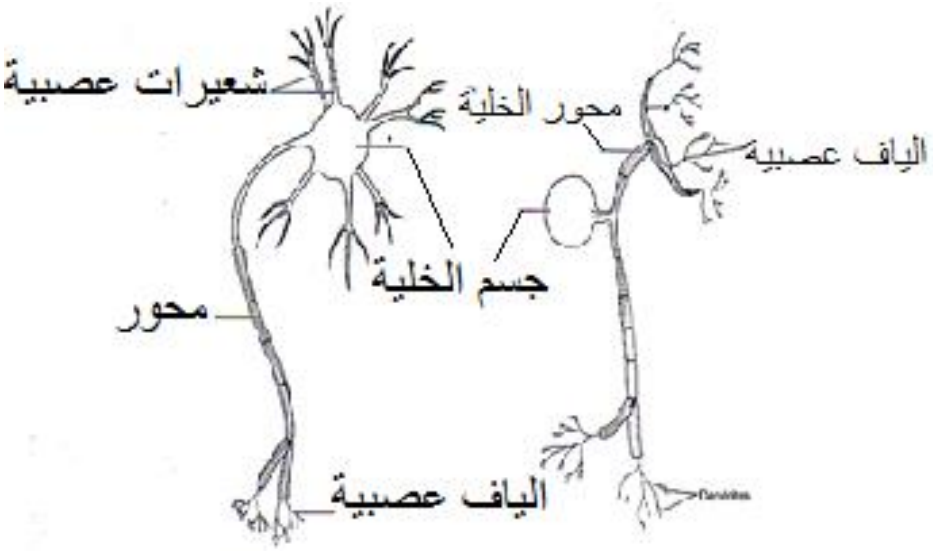
الأعصاب القحفية 12 و بالاضافة الى 31 زوجا من الأعصاب الموجودة في العمود الفقري هي التي تنفذ تنقل الاوامر الى الجهاز العصبي المحيطي. هذه الأعصاب هي في الواقع حزم من الألياف العصبية التي قد تشمل معها الأعصاب الحسية، ان الاوامر المنقولة هي عبارة عن معلومات حول البيئة الخارجية والداخلية للجسم، والتي تستلم وتفسر وترسل للعضلات لغرض القيام بالواجب الحركي.وينظم ذلك الجهاز العصبي بجزئية الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي المحيطي.

ينقسم الجهاز العصبي وظيفيا الى الجهاز العصبي الارادي،والجهاز العصبي اللاإرادي. يشارك الجهاز العصبي الارادي في الإحساس الواعي. وادارة الاوامر الطوعية . ويشارك الجهاز العصبي اللاإرادي مع الأحاسيس بالاوامر اللاارادية.

الجهاز العصبي اللاإرادي ينظم معظم وظائف الأعضاء الداخلية، في حين أن الاوامر الارادية تكون من واجب الجهاز العصبي الارادي لتنيظم الحركة.

الوحدة الأساسية في الجهاز العصبي هي الخلية العصبية و الأعصاب. والخلايا العصبية تنتشر ضمن خلايا الجسم المختلفة، وتحتوي كل خلية على نواة الخلية والمحاور العصبية والتشعبات العصبية الأخرى.

المحور العصبي،هو ليف عصبي، طويل يمتد عادة بين خلايا الجسم في الاتجاه المعاكس.. ويبين الشكل (109) مثال على اثنين من الخلايا العصبية واجزاؤها.



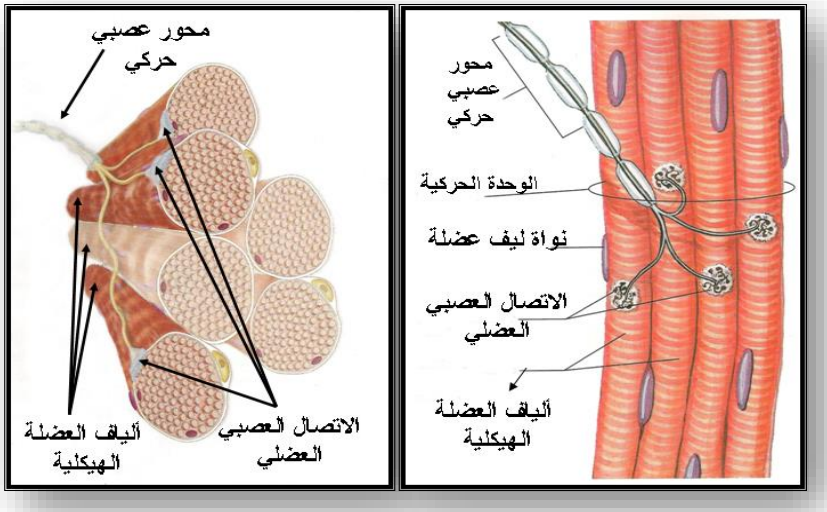
شكل (109)

الخلايا العصبية

وكما ذكرنا ان الوحدة الصغيرة في الجهاز العصبي هي الخلية العصبية أو الأعصاب. وهناك ثلاثة أنواع من الخلايا العصبية: (1) الحسية الخلايا العصبية: (2) الخلايا العصبية المحركة و(3) الخلايا العصبية الموصلة (الناقلة) للاوامر الحركية من الجهاز العصبي. وتقع هذه بين الخلايا العصبية داخل الجهاز العصبي المركزي.

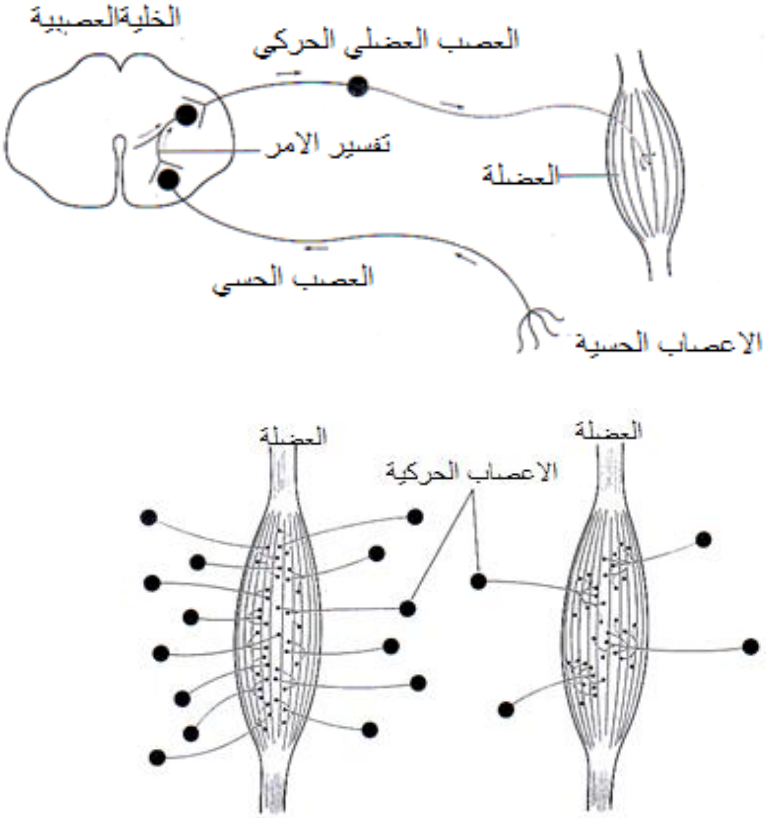
الخلايا العصبية الحسية هي المسؤولة عن الاستجابة للأحاسيس ونقلها. وتتلقي جميع المحفزات من البيئة الخارجية أو الداخلية وترسلها الى الوراء في اتجاه الجهاز العصبي المركزي، حيث يتم التفاعل داخل الخلايا العصبية لتفسير نوع الحافز داخل هذه الخلايا. وتكون كل خلية من الخلايا العصبية الحسية خارج الحبل الشوكي.

وبعيدا عن الجهاز العصبي المركزي. توجد أجسام لخلايا عصبية حركية تقع بالقرب من النخاع الشوكي موجودا في النهايات البعيدة للدماغ، يمكن ان تقوم مقام الدماغ في اعطاء الاوامر الحركية بعد فترة من التدريب والتاقلم يطلق عليها بالمنعكسات العصبية.



شكل (110)

العمل الانعكاسي بين الخلايا العصبية



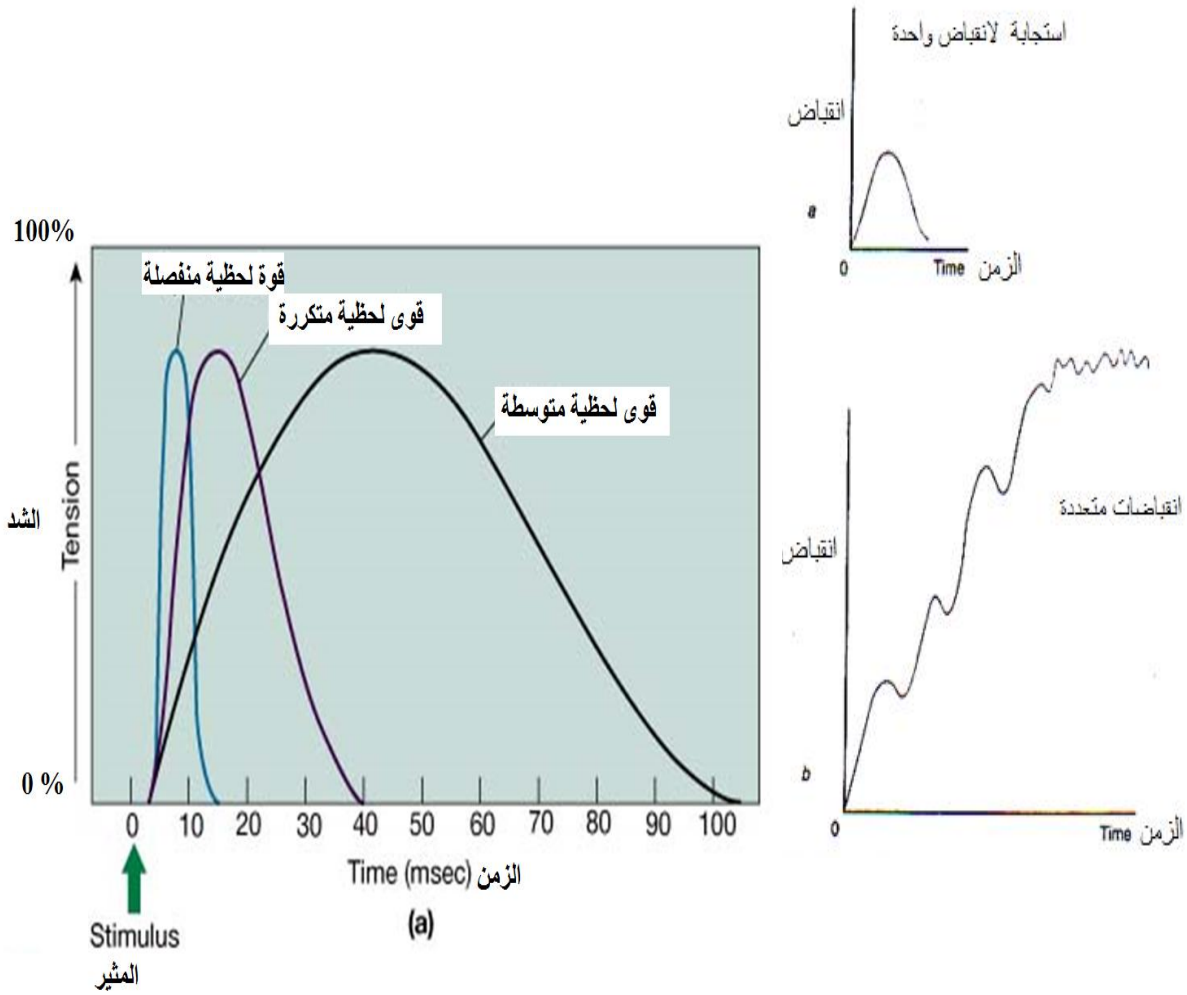
شكل (111)

الامر الحركي الانعكاسي السريع

ان الخلايا العصبية الحركية الكبيرة عادة ما تستخدم لتنفيذ إمكانات حسية اكبر بحيث تكون نسبة الألياف العضلية إلى الخلايا العصبية الحركية في العضلات

كلها تدل على درجة كبيرة من السيطرة اذا كان مطلوب من الشخص القيام بتقلص عضلات كبيرة لتنفيذ واجب حركي منفصل او متصل يتطلب اكبر قوة واعلى سرعة (الشكل 112). ان الوحدة الأساسية للنظام العصبي العضلي ، هي الوحدة الحركية،التي تتكون من الخلايا العصبية الحركية وجميع الألياف العضلية المسؤوله عنها . وهذه الوحدات الحركية تعنى بالاستجابة للاوامر العصبية الناتجة الصادرة من الاعصاب الحسية، وعادة مايحدث ذلك عند تدريبات القوة اللحظية لمرة واحدة (منفصلة) او عدة مرات لحظية (مستمرة) .

وقد اشار بعض الباحثين (JANSSON ET AL 1990; GRUBER, GOLLHOFER 2004). انه من الناحية الوظيفية، يحدث التكيف المطلوب في معدل تطور القوة RFD (rate of force development) بعد تدريب القوة بدرجة أكبر مما هو عليه فيما لو تم أكتساب قوة قصوى بالتحفيزMVC (maximum forces) . اما من الناحية الديناميكية ، وكما هو معروف فترتبط الزيادة الحاصلة في معدل تطور القوة RFD بعد تدريب القوة اللحظية المنفصلة على وجه الخصوص ،ارتباطا وثيقا بالتطورات الحاصلة في الدافع العصبي للعضلات العاملة،ويتضح من هذا أن التكيفات العصبية التي تحدث نتيجة التدريب اللحظي هي التي تتحمل بالدرجة الأولى مسؤولية زيادة سرعة أنقباض العضلة الأرادية. هذا وقد تمكن الباحثون من خلال تحليلهم لمعطيات وحدة حركية منفردة من توضيح آلية تجنيد وحدة حركية ثابتة.علما ، أنه قد تم تفعيل الوحدات الحركية MUs في وقت سابق وقد اظهرت زيادة في سرعة اطلاق التكرارات بعد التدريب.

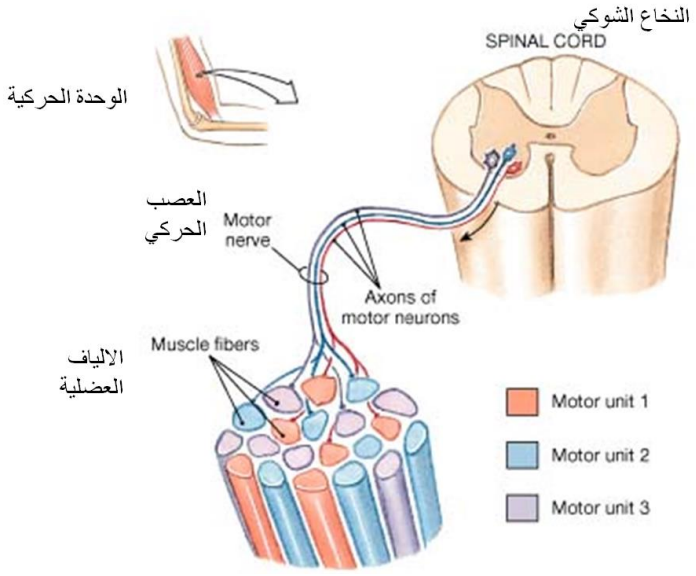


شكل (112)

الزمن والتحفيز العضلي المنفصل والمتكرر

- **الوحدة الحركية**
- **التحفيز والتوافق العصبي ـ العضلي**

التوافق العصبي العضلي يعني قدرة الجهاز العصبي على إعطاء أكثر من أمر في الوقت نفسه لاكثر من وحدة حركية ، أو مع فارق زمني قليل جداً. وقد تناوله العديد من الباحثين والعلماء بالبحث والدراسة واعطوا له عدة تعريفات فهو يعني، قدرة الفرد للسيطرة على عمل أجزاء الجسم المختلفة والمشتركة في أداء واجب حركي معين وربط هذه الأجزاء بحركة أحادية بانسيابية ذات جهد فعال لإنجاز ذلك الواجب الحركي.



شكل (113)

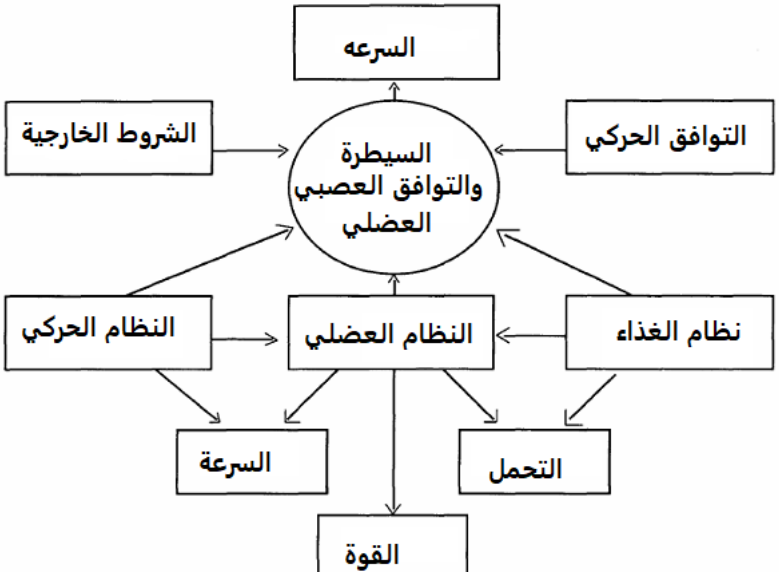
الوحدة الحركية

وكذلك هو قدرة الفرد على إدماج حركات من أنواع مختلفة داخل إطار واحد . ومنهم من قال بأنه قدرة الفرد على إدماج أنواع من الحركات في إطار محدد. وكذلك عرف بإنه قدرة الفرد على أداء عدد من الحركات التكتيكية في وقت واحد.

أن أدمغة الأطفال الصغار تكون سهلة التطوير وطيعة للتكيف وفهم الحركات الجديدة ونتيجة لهذا، يكون تعلم المهارات والقابليات الجديدة أكثر سهولة في مرحلة الطفولة، خصوصاً في الحادية عشر من العمر، على خلاف مايحدث في المراحل المتأخرة من العمر، اذ تسجل هذه الخبرات وتخزن في الذاكرة بعمر مبكر. فاذا لم يمتلك الفرد خزين مبكر من الخبرات الحركية، فلن يكون لديه ما يتذكره كدليل حسي للخبرات الحركية التي سيتعلمها مستقبلاً. فكلما زادت الخبرات الحركية للفرد في

وقت مبكر من العمر كلما كان تعلمه للحركات الجديدة والمعقدة أكثر سهولة وهو أكبر. لكن هذا لايعني عدم قدرة اللاعبين الكبار في السن ممن يفتقدون الخبرة الحركية المبكرة على تعلم المهارات الجديدة بسهولة. وأنما يعني حاجتهم الى المزيد من الفهم لمعنى التعلم الحسي حركي. وهذا الموضوع اكيد سيزيد من قدرة الفرد مستقبلا على اداء المهارة التي تعلمها بالصغر بتوافق عالٍ.

والتوافق من وجة نظرنا يعني تنسيق تفسير المثيرات الحسية المعلنة لتطبيق اداء حركي معقد من قبل الدماغ والايعاز الصحيح للوحدات الحركية باداء الواجب المطلوب تحديداً وهذا اكيد قد يتطلب حركة اكثر من جزء من اجزاء الجسم باسيابيه عالية وتوقيت منظم وبايقاع حركي مميز عندما تعمل معاً في وقت واحد.



الشكل 114

السيطرة والتوافق العصبي العضلي وعلاقتهما بالقدرات البدنية

ويعبر عن مسالة التوافق العضلي على أنه انسجام و توافق عمل العضلات العاملة أثناء الحركة و المقابلة كل ضمن مامطلوب منها من واجب توافقي لتحقيق الهدف الحركي فعندما تنقبض العضلات العاملة مركزيا أثناء الواجب الرئيس للحركة فيجب أن تنقبض العضلات المقابله لامركزيا للتحضير لواجب قادم تقوم به العضلة العاملة.

وقد يكون تطبيق الحركة التوافقية بين الأطراف مع بعضها البعض ، ويظهر في الأداء الحركي الذي يتطلب استخدام الذراعين معاً أو الرجلين معا أو الذراعين والرجلين ، او قد يكون تطبيق الحركات بتوافق عالي بين الاطراف ومجمل الجسم و يظهر في حركة الجسم كله.

وهناك حركات التوافق بين ما يجب ان تنفذه الذراعين مع متطلبات العين وهي الحاسة التي تورد المعلومات للدماغ من اجل ان يفسر الدماغ المعلومات ويصدرها الى الوحدات الحركية الخاصة بالذراعين ووفق لما هو مطلوب من اداء توافقي. او وفق لما هو من مطلوب القيام به بالنسبة للرجلين كذلك. وقد درج على استخدام توافق الذراع والعين او توافق الرجل والعين. واعتقد انه يجب الفصل بين القدرة الحسية والقدرة الحركية في ذلك.

ونحن نرى أن التوافق هو قاعده بدنية بحته مركبة وليس كما ذكره بعض العلماء في انه قاعدة فسيولوجية او حركية، اذ ينبغي أن تتوفر لإتمامه التكرار مع التصحيح بالإضافة إلى العوامل الداعمه له من تغذية راجعة وتصحيح المسارات والمراقبة الدورية الذاتية والخارجية، وكل هذه المتطلبات يكون مسؤول عنها الجهاز الحس - الحركي والذي يكون من المتطلبات والقابليات البدنية للشخص ذاته.

أما على صعيد تاثير التدريب على النظام العصبي ، فإن تمرينات المقاومة العالية تؤثر بنسبة 70% فما فوق في تطور هذا النظام وتعطي تحفيزا لعدد اكبر من الوحدات الحركية والذي غالبا ما يصاحبه تضخم عضلي. ومع الإستمرار بالتدريب، فأن الإيعازات العصبية تنتظم و تنسجم لتتناسب مع متطلبات الحركة في بذل القوة المطلوبه للمجموعات العضلية التي تقوم بالواجب الرئيسي او الواجب التحضيري للحركة وعليه يتطلب العمل العصبي أن تتوفر لدى اللاعب مسألة الإحساس بالمحيط حيث تعمل قنوات الإحساس خارجياً على التقاط المؤثرات و تعمل الأعصاب الحسية داخلياً على نقلها إلى الدماغ لذلك فإننا نرى رافع الأثقال مثلاً يقوم قبل رفعه للثقل بمحاولات تجريبية بسحب بسيط للأثقال وهو على الأرض لإعطاء شعور داخلي حسي إلى الدماغ مع التهيئة لمقدار القوة المطلوب بذلها باستخدام قوة الإيعازات العصبية الصادرة إلى المجموعات العضلية العاملة عبر مسار حركة الرفع و من خلال ذلك

يمكننا أن نؤكد كلما كان هناك تطوراً في مستوى التوافق العصبي العضلي كان هناك تطوراً في الأداء المهاري لمختلف الفعاليات الرياضية.

ويؤدي التوافق العضلي العصبي دوراً أساسياً فعالاً في مختلف حركات الإنسان لذلك فالحاجة إلى التوافق تكون مهمة في أداء المهارات الرياضية وإننا نجد بجانب دقة الاستيعاب الحركي بواسطة المعلومات المتأتية من حاسة الشعور العضلي و المعلومات المتأتية من الحواس الأخرى ومن ضمنها حاسة النظر تزداد وتتحسن فيما يخص الوضع واجزاء الحركة للالعاب الفردية وكذلك وضع الخصم ووضع الكرة المراقبة عن طريق النظر بالنسبة لالعاب الكرة. ويعتبر تنسيق المعلومات بين العين والذراع اوالرجل أكثر العوامل أهمية بالنسبة للأداء الرياضي حيث انه خلال الاداء يكون هناك انتقال للأشارات العصبية (الحسية والحركية) بين الجهازين العصبي والعضلي ولذلك فان جميع الحركات التي يقوم بها الفرد سواء كانت الحركات العادية اليومية او حركات ترتبط بمجال الاداء الرياضي انما تتطلب قدر من التوافق بين الجهاز العصبي والجهاز العضلي.

- **التوافق العصبي العضلي بين الالياف العضلية:**

يظهر التوافق العصبي العضلي بين الألياف العضلية في شكل تحسين قدرة الرياضي على إنتاج القوة العضلية بمستويات مختلفة تبعاً لمقدار القوة المطلوبة للأداء ، وفي نفس الوقت أيضاً قدرة الرياضي على تعبئة أكبر عدد ممكن من الألياف العضلية لإنتاج أقصى مستوى ممكن للقوة العضلية ، وتختلف الوحدات الحركية المسيطرة على عمل الألياف العضلية تبعاً لمتطلبات العمل العضلي. ففي حالة العضلات الصغيرة التي تتطلب قدراً من دقة الأداء ودقة التوافق ، فإن هذا التوافق يحتاج إلى عدد كبير من الوحدات الحركية (2 – 3 ألف وحدة حركية) لزيادة السيطرة العصبية ، إلاّ أن عدد الألياف العضلية في كل وحدة حركية يعتبر قليلاً، إذ يتراوح ما بين (8 – 10 إلى 40 – 50) ليفة عضلية ، وعلى العكس من ذلك فإن عدد الوحدات الحركية للعضلات الكبيرة يقل عن (2 – 3) مرات مقارنة بعدد الوحدات في العضلات الصغيرة . إلاّ إن عدد الألياف العضلية التابعة لكل وحدة حركية يزداد بشكل كبير ، إذ تتراوح ما بين (100 – 1200 إلى 1600 – 2000) ليفة عضلية في كل وحدة حركية ، ونظراً للتباين الواضح في اختلاف عدد الألياف العضلية في الوحدات الحركية للعضلات الصغيرة والكبيرة فإن مستوى القوة الناتجة يتراوح ما بين (بضعة مللي نيوتن إلى عدّة نيوتنات) ، ويرتبط تنفيذ أي حركة بمدى مشاركة الوحدات الحركية في العمل العضلي من حيث عدد الوحدات الحركية وتوقيت عملها، وكلما زادت الوحدات المشاركة في الانقباض زاد مستوى القوة العضلية. تشارك الوحدات الحركية في الانقباض العضلي تبعاً لمقدار المقاومة التي تواجهها العضلة، ففي حالة مقاومة قليله ، تعمل وحدات حركية أقل بألياف عضلية أقل ، وفي حالة

زيادة المقاومة تزداد مشاركة الوحدات الحركية، ومن ثم الألياف العضلية في إنتاج القوة اللازمة لمواجهة المقاومة أو التغلب عليها ، وبذلك تتم مشاركة الألياف العضلية تبعاً لشدة الحمل التي تواجهه العضلة، ففي حالة السباحة ببطئ تقوم الألياف العضلية البطيئة السرعه بالعمل (ب)، وكلما زادت سرعة السباحة تزداد نسبة مساهمة الألياف السريعة (أ) ، وعندما يكون الأداء بالسرعة القصوى تشارك الألياف العضلية (أ ، ب) بالعمل. وترجع قدرة الإنسان على تجنيد الألياف العضلية للمشاركة في الانقباض العضلي إلى عامل التدريب وتكرار التدريب ووفقا لنوع المقاومة، فالفرد المدرب يستطيع تجنيد حوالي (85 - 95%) من الألياف العضلية لتسهم في الانقباض العضلي لاداء الواجب الحركي المطلوب، أما الشخص غير المدرب لا يستطيع تجنيد أكثر من(55 – 60 %) الألياف العضلية لاداء نفس الواجب الحركي، وعند أداء عمل عضلي بشدة (30 – 40 %) من الوحدات الحركية ، فتكون نسبة مشاركة الوحدات الحركية الصغيرة كبيرة نظراً لعدم الحاجة لزيادة القوة العضلية ، ولذلك يسهل في هذه الحالة التحكم العضلي في الأداء بدرجة عالية من التوافق ، إلاّ إن هذه الميزة تقل كلما زادت شدة الحمل ، نظراً لزيادة نسبة مشاركة الوحدات الحركية الكبيرة الأقل قدرة على خلق التوافق والتحكم الحركي. وبالرغم من زيادة قدرة الجهاز العصبي للرياضي على تعبئة أكبر عدد ممكن من الألياف العضلية للمشاركة في الانقباض ، إلاّ إن هناك جزء من الألياف العضلية لا يشارك في الانقباض العضلي ، ويطلق على القوة التي تنتج بناءً على انقباض هذه الألياف (القوة الاحتياطية) وهي تبلغ نسبة (10 – 15 %) لدى الرياضيين المتقدمين، بينما تبلغ نسبة أكبر لدى غير الرياضيين ، إذ تصل إلى 30 – 40 لدى الرياضية الناشئين، وهذه الألياف العضلية غير المشاركة في العمل يمكن استثارتها للمشاركة في الانقباض العضلي إذا ما استخدمت طريقة التنبيه الكهربائي لتنمية القوة العضلية.

- **الجهاز العصبي والعضلة، والقوة:**

تستلم الألياف العصبية اشارة الإنقباض من الأعصاب المتفرعة من الحبل الشوكي وتحت سيطرة الدماغ يدعى هذا الجمع بالوحدات الحركية ، تمتلك العضلات القوية مثل العضلة المستقيمة الفخذية في مقدمة الفخذ للرجل على وحدات حركية كبيرة ، اذ يتصل كل عصب حركي بعدد كبير من الألياف العضلية ، وتمتلك العضلات الصغيرة مثل التي تحيط بالعين على وحدات حركية صغيرة جداً ، أي عدد قليل من الالياف العضلية للوحدة الحركية.

يعتمد إختيار نوع الوحدات الحركية ، السريعة او البطيئة الإنقباض على العمل المطلوب ادائه من العضلة ، نلحظ اننا نستخدم الألياف سريعة الإنقباض في اثناء رفع الأوزان الثقيلة أو الركض السريع ، والسبب أنها الياف قوية في انقباضها

وبزمن قصير ، ويتم اختيار الألياف البطيئة التقلص للوقوف لمدة طويلة او المشي البطيئ ، بسبب أن هذه الألياف لها مقاومة للتعب.

يبذل جسم الانسان القوة بتجنيد وحدة او عدة وحدات حركية للإنقباض وتدعى هذه العملية "بالتجنيد" للوحدات الحركية. وعند رفع وزن قليل على سبيل المثال تستخدم عدد قليل من الوحدات لاداء هذا الواجب ،وبالمقابل ، عند رفع وزن ثقيل تستخدم عدد اكبر من الوحدات الحركية ، وعند استدعاء الوحدات الحركية لجميع اليافها للإنقباض فان هذا يعني تقلص الالياف العضلية باقصى حدود لها.

ويمكن تدريب الوحدات الحركية اعتمادا على مبدأ الحجم، اذ تستخدم الوحدات الحركية الصغيرة في حمل الاوزان الخفيفة ، والوحدات الحركية الكبيرة والقوية في اثناء بذل الجسم قوة قصوى ضد مقاومات كبيرة، وتمتلك الوحدات الحركية ذات الألياف العضلية الكبيرة عتبة تحفيز مرتفعة ، وتستطيع زيادة حجمها مقارنة مع الوحدات الحركية الصغيرة ، بسبب ان هذه الوحدات الصغيرة لا تدرب الى المدى المرتفع الا اذا قام الانسان بعمل ذلك ، لذا من الضروري ان يحتوي المنهج التدريبي على تكرارات بوزن عالي لتجنيدها بقوة لتدريب وحداتها الحركية، وهذه التدريبات ستحدد من حجم العضلة.

ان تحسين القوة العضلية يكون من خلال تطوير تجنيد الوحدات الحركية، وهذا ياتي من خلال التدريب برفع نمط وحجم الأثقال لتحسين قابلية الجهاز العصبي في تنسيق توافق تجنيد الألياف العضلية ، تسمى هذه العملية بـ "تعلم العضلة" ويعد اسلوباً لزيادة القوة ، وطريقة مباشرة لتكيف الجهاز العصبي ويعزى الى هذا التكيف اغلب التغيرات التي تحدث في القوة العضلية خلال الاسابيع الاولى من تدريب القوة. يسلط معظم الرياضين اهتمامهم على تطوير حجم النسيج العضلي ، اذ يحاولون زيادة حجم العضلة مع نظام غذائي منظم و مكملات غذائية ، مثل الستروييدات البنائية وهرمون النمو ، وتعتمد القوة من ناحية أخرى ليس فقط على حجم العضلات بل ايضا على قابلية الجهاز العصبي في تحفيزها ، اذ يسبب تدريب القوة العضلية الى دفع الجهاز العصبي على تحفيز العضلة بفعالية لاداء حركات معينة وبتوافق جيد.

ويتم زيادة القوة العضلية من خلال تنشيط وحدات حركية أكثر ، فالوضع المثالي لتنفيذ رفع اقصى وزن هو من خلال تجنيد اكبر عدد ممكن من الوحدات الحركية قدر المستطاع، اذ كلما ارتفع عدد الوحدات المجندة ارتفعت انتاج القوة المتولدة. وتشمل التكيفات العصبية لتدريب الأثقال على زيادة النشاط الكهربائي للعضلة (EMG)، وزيادة مدة نشاطها الكهربائي في الوحدة الحركية ، وزيادة قابلية تحفيز الوحدات الحركية اللحظي في حالة مدها المفاجيء ، وتحسين توافق المجاميع

العضلية المقابله (العضلات العاملة على تحريك المفصل باتجاه معاكس كوضع تحضيري).

ان درجة تاثير التدريب على الجانب الاخر من الجسم (تدريب عضو يؤثر على العضو في الجانب الاخر من الجسم مثل الذراع المفضلة والذراع الغير مفضلة ..) يسهم بتحسين التوافق داخل الوحدة الحركية المرتفعة بعتبة التحفيز ،وزيادة زمن نشاط الوحدة الحركية مرتفعة الشدة.

تظهر الزيادة في ارتفاع النشاط الكهربائي في بداية تدريب القوة ، اذ تظهر الزيادة في القوة لدى المبتدئين والنساء في الاسبوع الاول من التدريب ، وهذا على الاغلب بسبب التحسن في نشاط الجهاز العصبي بدلا من نمو الياف العضلة ، وظهور هذه القوة بوقت مبكر هي نتيجة لزيادة قابلية تجنيد الوحدات الحركية ، وهذه التغيرات في الجهاز العصبي للمبتدئين والنساء حرجة بسبب عدم ظهور تضخم في العضلة لديهم بالمقدار نفسة مقارنة مع الرجال ، وهذا يعود الى مستويات التستوسترون العالية لدى الرجال.

بعض الوحدات الحركية من الصعب تحفيزها مقارنة مع الوحدات الاخرى، فمن الصعب تنشيط الوحدات الحركية مرتفعة العتبة ، بوصفها الاقوى والاكثر قدرة، ويوجد طريقين لتطوير التكيف العصبي هما:

- **تحسين تجنيد الوحدات الحركية مرتفعة العتبة.**
- **وزيادة مدة عملها.**

ولهما تاثير مباشر على مجمل تطور القوة، وتدرب هذه الوحدات الحركية بما يتناسب مع درجة قابليتها على الاستثارة والعمل ، وهذا يعني ان الوحدات الحركية مرتفعة العتبة (الياف العضلة وعصبها الحركي) لاتدرب الا اذا جندت واستخدمت في اثناء التدريب ، وتظهر التكيفات العصبية الناتجة من تنشيط الوحدات الحركية مرتفعة العتبة قبل ان يظهر تاثير التدريب على تلك الوحدات ، واثناء المحاولة لتطوير القوة العضلية،على المدرب ان يركز على تنشيط تجنيد الوحدات الحركية مرتفعة العتبة وتدريبها لاطول مدة زمنية ممكنة.

باختصار ، لتحقيق القوة العضلية القصوى ، من الضروري تدريب الوحدات الحركية مرتفعة العتبة ، وتدرب هذه الوحدات فقط في اثناء تجنيدها ، ولتجنيد هذه الوحدات علينا تدريبها بشدة وزيادة سرعة تكرارات الاداء.

لذا كان لابد من تدارس العديد من التصاميم التدريبية التي ترتقي بمستوى القوة العضلية الخاصة . اذ كما هو معروف ان طبيعة الجهاز الحركي للانسان حتمت ان تربط العضلات العظام مع بضعها بوساطه المفاصل المدعومة بالاربطه والعضلات المحيطه بها مما يجعلها تشكل نظام ميكانيكيا يتمثل بنظام العتلات ،

وهذا يعني ان كل تقلص عضلي يسبب تدوير تلك العظام المرتبطه به لتحقيق الهدف من حركتها ومن اجل زيادة نتاج هذه العتلات يتطلب ذلك زيادة القوة العاملة وتحفيزها وزيادة تكيفها عن طريق تحشيدها بزيادة عزوم المقاومات عليها.

- **سرعة الحركة والقوة اللحظية:**

إن البحث عن وسائل لزيادة السرعة والقوة والقوة اللحظية اصبح من الامور المهمة للوصول لاعلى مستوى مهاري وانجازي في كل الالعاب الرياضية. وقاد البحث في هذه الموضوع إلى واحد من أكثر المواضيع جدلاً في حقل القوة والمستوى البدني. وقد كثرت التساؤلات والمناقشات عن السرعة التي يجب يتم بها أداء التمارين أو الحركات. وفي الحقيقة هناك انقسام في هذا الموضوع للمهتمين بها، فقد ذهب بعض المهتمين الى تطبيق السرعة العالية والحركات السريعة واللحظية ذات الطبيعة الفجائية، وذهب اخرون الى تطبيق الحركات المتقنة وأداءها بأسلوب يتسم بسرعة غير قصوية اوفجائية.

ويقول أنصار الحركات العالية السرعة انه لكي تصبح "القوة لحظية سريعة" يجب ان يكون التدريب "لحظيا سريعا". وهذا الافتراض يتم بالرفع الفجائي للمقاومة عند تدريب الاثقال، حيث ان الحركة السريعة تغير من التركيب الكيميائي لألياف النوع الأول وتعمل على تطويع ألياف النوع الثاني.

وان رفع الثقل سريعا لايعني بالضرورة إن الشدة عالية على العضلة. إذ ان سرعة حركة احد الأطراف لا علاقة لها بالمقاومة، وان كانت هناك علاقة فهي علاقة عكسية. فأما أن تكون هناك سرعة او مقاومة ولا يمكن حيازة كليهما بان واحد (القوة × السرعة = القدرة). باختصار ليس هناك مطلقاً دليل بان أسلوب الحركة الفجائي اللحظي يمر بالألياف من النوع الأول او الوسطي لتطويع ألياف النوع الثاني ، بإيجاز تتطاوع الألياف العضلية حسب زيادة الحجم فيها والذي يترجم إلى انعدام الحاجة للسرعة.

وهذا التطاوع المتعاقب للألياف العضلية هو مثالي في الواقع من وجهة نظر الكفاءة الفسلجية. تتطاوع ألياف النوع الأول المولدة لقوة اقل من النوع الثاني سلفاً عند انخفاض الحاجة للقوة. بالإضافة لذلك فان مقاومتها للتعب مؤثره 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.

- خاصية القوة اللحظية السريعة:

يعتقد ايضاً إن الرفع اللحظي السريع للثقل يتحول الى حركات فجائية يمكن أداؤها في الميدان الرياضي. بالأخص ان هناك حركات اولمبية اثبتت ذلك اتسمت بالحركات السريعة لمهارات رياضية أخرى إن تم أداؤها بحركات عالية السرعة .

لم يرد دليل في مؤلفات التعلم الحركي يؤيد فكرة مساهمة الحركات التي تتسم بالقوة اللحظية وبالسرعة في قاعة الإثقال في تنمية القوة السريعة واللحظية في المجال الرياضي. وكما أورد (شميدت 1991) ان الممارسة بإعطاء الرياضي تمارين سريعة مختلفة على أمل أن تدرب هذه التمارين القدرة الأساسية على الرشاقة وبالتالي توليد استجابات أسرع في رياضة معينة، غير صحيحة بالمرة. بعبارة أخرى تكون الحركة السريعة اللحظية ظاهرة أثناء حركة مثل الرفع الصحيح القانوني خاصة بالرفع بالاثقال . وكذلك تكون القوة اللحظية العمودية ظاهرة في مهارة رياضية كالقفز العمودي خاصة بالقفز العالي وبعض فعاليات الجمناستك.

وبمعزل عن جميع الحقائق العلمية الخاصة بمطاوعة الألياف العضلية والخاصية اللحظية السريعة، فان رفع الإثقال بأسلوب سريع وفجائي غير صحيح لسببين يتعلق كلاهما بتأثير القوة الرافعة وكما يلي:

- الاقتصاد بالحركة:

ينطوي الرفع الفجائي على قوة دافعة في الحركة تجعل التمرين اقل فائدة وكفاءة ، اذ بعد بداية الحركة الفجائية لا تقدم العضلات مقاومة خلال النطاق الباقي من الحركة، بعبارة ابسط يتحرك الثقل عملياً بقوته الذاتية.

يقول (هيل 1922) انه في سبيل الحصول على أقصى الجهد من العضلة المتقلصة يجب مقاومة تقلصها في كل مرحلة بقوة تتغلب عليها. فعند رفع الثقل انفجارياً يقع الحمل على العضلة خلال الجزء الأول من الحركة ويتوقف في الجزء الأخير منها. وتقل الحاجة للشد العضلي بالفعل. تقل تنمية القوة لان زيادة الحجم والقوة متعلقة بمقدار الشد المتولد عن العضلة.

من جهة اخرى لوحظ ان هناك 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. اذ اظهر جهاز راسم الألياف الالكتروني ان هناك نشاطاً كبيراً في العضلة لمجموعة استخدمت سرعة حركية أبطأ متسلسلة من ثلاث مجموعات . ويشير هذا النشاط العالي إلى استجابة عضلية اكبر نتيجة المقاومة القصوى خلال مجال الحركة. وبالتالي تولد العضلة أقصى شد باقل سرعة. ان توليد الحركات الأقل سرعة بفترات أطول من الشد العضلي

المستمر خلال التقلص المركزي واللامركزي يؤدي الى تتعاظم قوة تلك العضلة. ولذا تكون الحركات العالية السرعة اقل فائدة باعتبار توليد أقصى شد عضلي.

وظهر ايضاً إن نتائج القوة الأكبر تظهر أثناء الحركات السريعة. وان لم يكن كذلك فالعكس صحيح. اذ 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).

- **أنواع الانقباض العضلي وطرق التدريب تنميتة:**

هناك أنواع من الانقباضات العضلية والفرق هو في العمل العضلي(مركزي، لامركزي):

1. **التدريب المركزي الثابت (أيزومتري).**
2. **التدريب المركزي المتحرك: يمكن إنتاج قوة بتقلص مركزي فقط في أي حركة فهي إما تزيد أو تقل.**
3. **التدريب اللامركزي الثابت (PNF)**
4. **التدريب اللامركزي المتحرك.**
5. **التدريب الأيزوكينتيكي isokenetic: عبارة عن جهاز صمم لكي تكون سرعته ثابتة أي لا يوجد تسارع (جـ = صفر) في كل الحالات. ولكي يتغلب الفرد على المقاومة يجب أن يبذل جهد قوة شبه متساوي على كل الزوايا (لكن الحقيقة هي أن السرعة ثابتة ونحن نتغلب على مقاومة بسرعة ثابتة).**

   مثال: حمل شخص ثقل (دمبلز) وثنى الساعد على العضد.
6. **السلسلة المقفلة في التدريب: مثل رفع الثقل من الإقعاء من الجلوس والجسم مرتبط مع الأرض.**

الشكل115

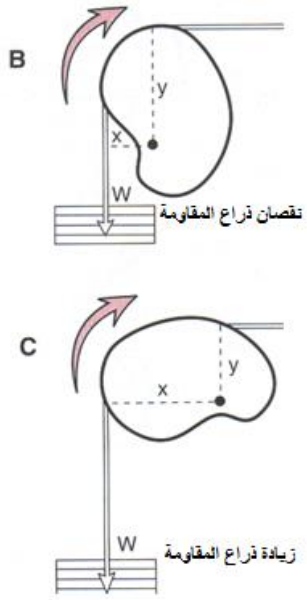
السلسلة المقفلة في التدريب

7. **السلسلة المفتوحة في التدريب: وضع ثقل على اليد مع رفعه وخفضه فيتحرك بوضع مفتوح.**

الشكل 116

السلسلة المفتوحة في التدريب

8. **التدريب متغير المقاومة: التصميم الميكانيكي لـ (جهاز البكرات GAM) وحسب شكلها تتغير المقاومة بتغير مركز الدوران بالنسبة للوزن المقاوم؛ فعندما ينزل الوزن لأسفل يطول ذراع المقاومة والذ ايضا يصاحبه طول وقصر العضلة حسب الاوضاع الحركية، وبالتالي يقل أو يزداد الجهد المبذول بطول أو قصر العضلة.**



شكل(117)

التدريب على جهاز البكرات CAM مع اختلاف الجهد المبذول

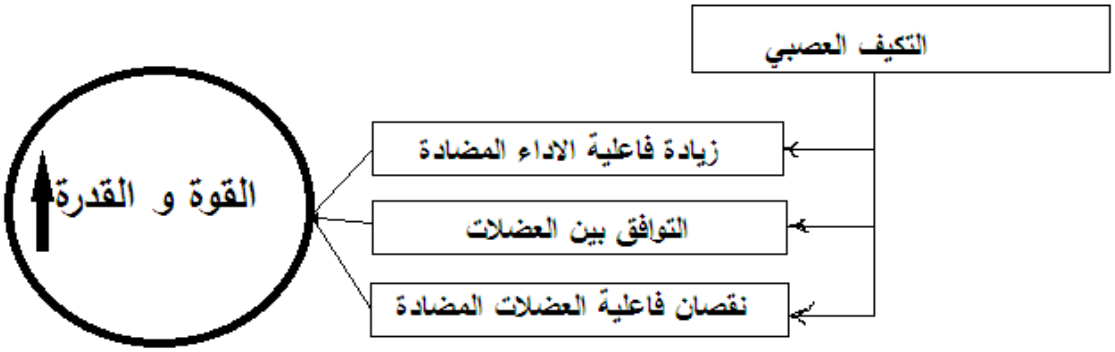
نلاحظ زيادة القوة العضلية بعد اتباع التدريبات السابقة أو اختيار أحدها والتي يعبر عنها من خلال زيادة في ضخامة اللويفات العضلية وهذا ما ثبت على الحيوان ولم يتم إثباته على جسم الإنسان بعد. التدريبات جميعها تزيد من حجم الألياف العضلية.

- **دينكاميكية تدريبات القوة العضلية:**

ان التدريب بتكرارات عالية نسبيا ضمن المجموعة الواحدة (على سبيل المثال 6-15 تكرار قصوي)، والمصحوب بتعب شديد للمجموعة العضلية العاملة،كما تشير الأدلة ، تؤدي الى تعزيزالقوة والقدرة للعضلات العاملة. حيث أظهر الرياضيون العاملون وفقا لهذه الطريقة استجابة تكيفية في النسيج العضلي و المقطع العرضي للعضلة والزوايا الريشية المتبادلة والأفرازات الهرمونية في حين اشارت دراسات عديدة اخرى الى حدوث تطورات في القوة والقدرة، بعد تدريب القوة، غير مصحوبة بتكيف حقيقي او جوهري في شكل العضلة. لهذا كان لابد من اعتماد نوع بديل من الأستجابة الوظيفية عند تصميم البرامج التدريبية للاعبين بمختلف الالعاب. وظهرت أدلة أخرى قدمتها الدراسات الحديثة بدورها مفادها أنه بأمكان نوع معين من التدريبات أن يعزز آلية الخلايا العصبية الشوكية وفوق الشوكية. فخلافا للتكيفات العضلية المصاحبة للتدريب بتكرارات عالية العدد، يمكن،ان تحصل التكيفات العصبية عند التدريب بتكرارات قليلة العدد (1-8 تكرار

قصـــوي) ، عالية الشـــدة وبأنقباضـــات لحظية ســـريعة وفترة راحة طويلة بين المجاميع.

تركز الدراسات حاليا على آليات التكيف العضلي العصبي التي تنتج من تدريب القوة عالي الشدة ومن تدريب القدرات الحس حركي. اذ تشكل الخلايا الحركية ـ العصبية الحلقة الأخيرة في الحبل الشوكي والتي ترتبط مباشرة بالألياف العضلية التي تقوم بالانقباضات العضلية المتبادلة والمناسبة لتحقيق الهدف الحركي . و نظرا لأعتماد الخصائص الوظيفية للوحدات الحركية المباشر على الخلايا العصبية عند تدريب القوة العاملة, كان لابد من الفصل بين الأستجابات التكيفية المختلفة للجهاز العصبي العضلي للتدريب وفقا للنماذج التدريبية المختلفة.



شكل (118)

عوامل زيادة التكيف العصبي

- **زيادة فاعلية العضلات**

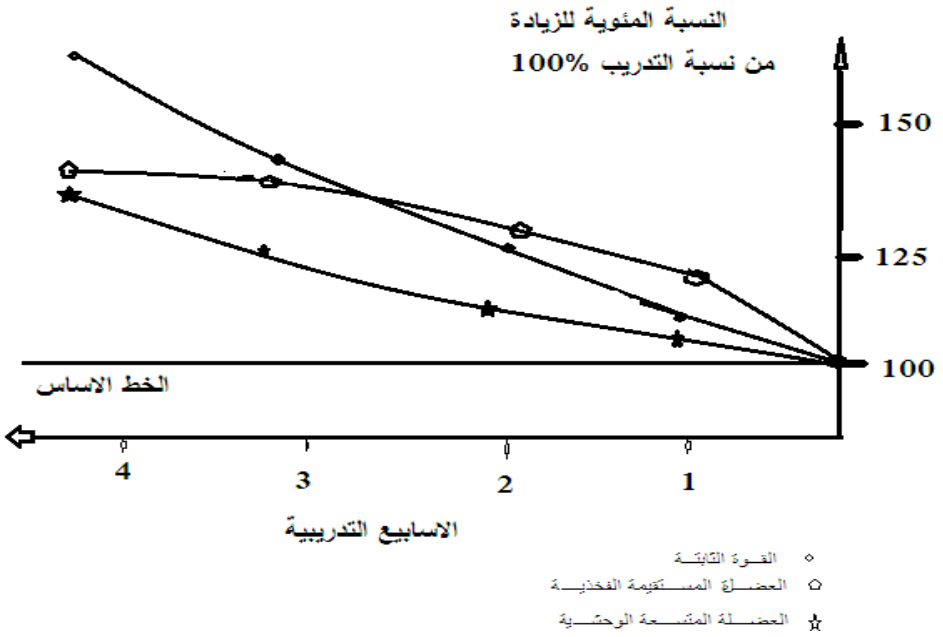
تشـير الدراسـات التي تهتم بالتدريب الرياضـي انه يمكن زيادة فاعلية العضـلات من خلال أحداث تغييرات في:

أ- آلية تجنيد الخلايا الحركية العصبية العاملة.
ب- سرعة التكرارات أو التزامن الحركي .
ج- بواسطة الأشكال اعلاه مجتمعة.

فقد تبين بوضـوح من خلال دراسـة التخطيط الكهربائي للعضـلات EMG (electromyography) وجود ارتباط بين تدريب القوة عالي الشـدة والعضـلة العاملة الخاضعة للتحفيز الكهربائي. وبالرغم من محدودية هذه الطريقة ، فقد خرج عدد من الدراسات بنتيجة ثابتة تؤكد على أمكانية الاستجابه و تطور للقوة وحدوث التكيف العصبي.

من النـاحيـة الوظيفيـة ، يحـدث التكيف المطلوب في معـدل تطور القوة RFD (rate of force development) بعد تدريب القوة بدرجة أكبر مما هو عليه بعد أكتسـاب قوة قصـوى بالتحفيز(maximum forces - MVC). اما من الناحية الميكانيكية ، وكما هو معروف فترتبط الزيادة الحاصـــلة في معدل تطور القوة (RFD) بعد تدريب القوة اللحظية على وجه الخصـــوص (القوة × زمن تاثيرها) ، ارتباطا وثيقا بالتطورات الحاصلة في الدافع العصبي للعضلات العاملة.

ويتضح من هذا أن التكيفات العصبية التي تحدث نتيجة التدريب اللحظي هي التي تتحمل بالدرجة الأولى مسـؤولية زيادة سـرعة أنقباض العضـلة الأرادية. هذا وقد تمكن الباحثون من خلال تحليلهم لمعطيات وحدة حركية منفردة من توضـــيح آلية تجنيد وحدة حركية ثابتة.علما أنه قد تم تفعيل الوحدات الحركية MUs في وقت سابق وقد اظهرت زيادة في سرعة اطلاق التكرارات بعد التدريب.

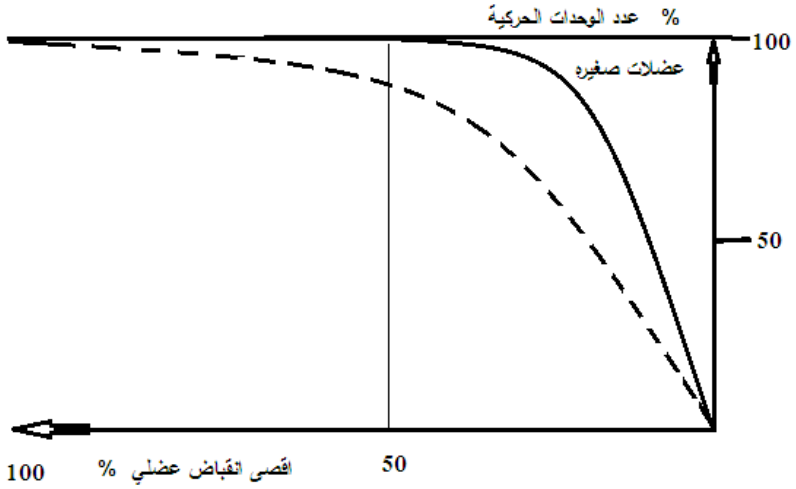


(شكل 119)

ألارتباط بين تدريب القوة الثابتة و بين زيادة القوة والتكيف العصبي للعضلة

وتسـند المعطيات المأخوذة من التخطيط الكهربائي الداخلي للعضـلة EMG ، فكرة أرتبـاط التـدريب اللحظي بـالتكرارات العـاليـة في بـدايـة الوحـدة الحركيـة العضلية في دراسة سابقة، تم تدريب أفراد عينة على حركات الرمي من ثني الظهر بدرجة 30 الى 40 % من التكرارالقصـــوي على مدى 12 أســـبوع. أرتفع معدل تطور القوة RFD بنسبة كبيرة (+80%) بعد التدريب ويعود ذلك بالدرجة الأولى الى زيادة معدلات سرعة الرمي في بداية حركة الأختبار الثابت (isometric test)

. و من خلال تحليل المعطيات لوحدة حركية منفردة، يتضـــح زيادة التكرارات في بداية الوحدة الحركية تقريبا الى الضـــعف بعد التدريب. وظيفيا ، تعمل الوحدات الحركية (MUs) التي تبدء بتكرارات عالية على تعزيز معدل تطور القوة على مســـتوى الوحدة الحركية (MU) الواحدة . ولكون المشـــاهدات التي ترصـــد التكرارات المطلقة المتغيرة مأخوذة بشكل رئيسي من دراسات تبحث في عدد صغير فقط من الوحدات الحركية المنفردة لذا، لم يتضـــح فيما اذا كان هذا النوع من التدريب سوف يغير بدوره مستوى تجنيد أو طريقة تجنيد الخلايا الحركية العصبية العاملة. ويشـير باتين وآخرون الى التغيير البسـيط الذي يحدثه تدريب الرمي على عتبة الأداء(الى اليســـار كما هو مبين في(الشـــكل 120) والذي يؤدي بدوره الى تســـبيق عملية تجنيد الوحدات الحركية MUs. مع هذا ، يتفق الباحثون على ثبات طريقة التجنيد تمشيا مع النتائج التي توصل اليها جارلاند وآخرون .



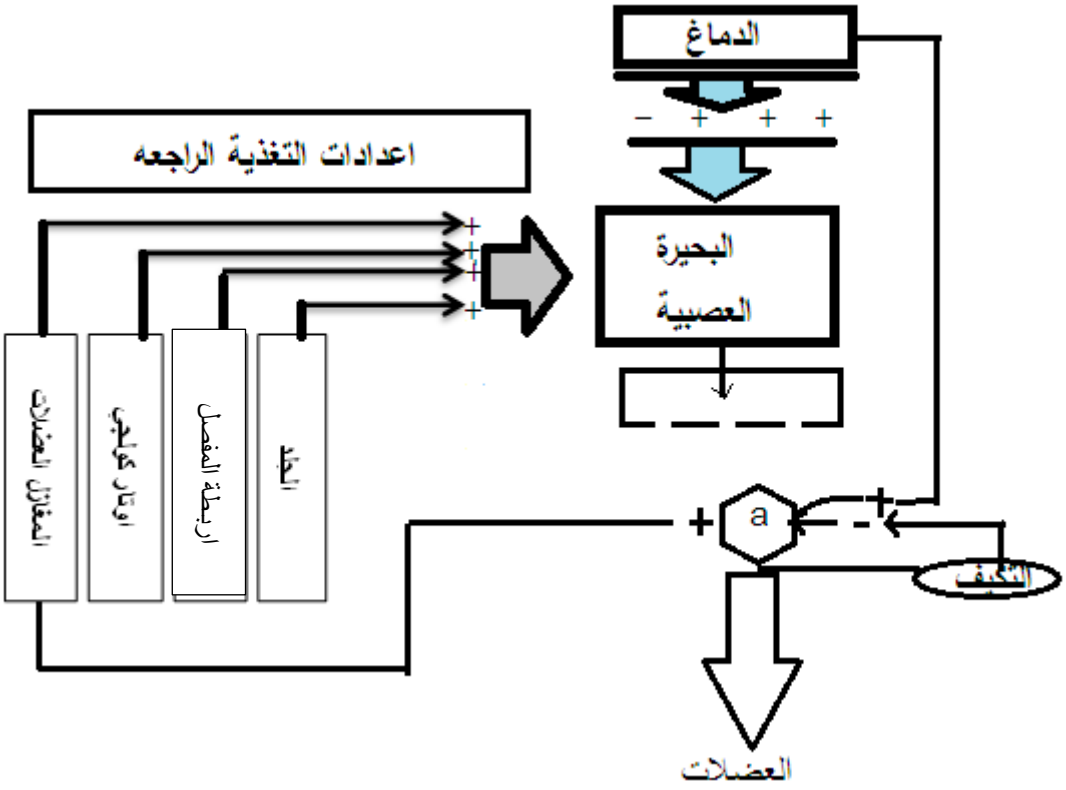
شكل (120)

نسبة القوة الثابتة من القوة القصوى وتجنيد الوحدات الحركية المنفردة في العضلات الصغيرة والكبيرة

ويجدر بالأشارة هنا الى ضرورة تمتع افراد العينة بصحة جيدة ليتمكنوا من تجنيد جميع الوحدات الحركية للعضـــلة اثناء التدريبات القصـــوية الثابتة. وبهذا يكون تطور معدل سرعة الأطلاق بعد التدريب هو التفسير الوحيد للتكيف العصبي. وكما هو معروف يصل تجنيد العضلات الكبيرة للوحدات الحركية MUs الى درجة 80% من القوة القصوى MVC بينما ينتهي تجنيد العضلات الصغيرة عند درجة 50% من القوة القصـــوىMVC . وعليه يمكن التعرف على حجم القوة المنجزة من خلال التغييرات الحاصلة في نمط أطلاق الوحدات الحركية MUs .

- **آلية عمل الخلايا العصبية الشوكية في تفعيل الخلايا الحركية العصبية:**

يوضح الشكل (121) أنواع الأيعازات الصادرة من الجهاز العصبي المركزي الى الخلايا الحركية عصبية في مجموعة عضلية معينة. ولا يقتصر عمل الخلايا الحركية عصبية على أستلام السيالات العصبية عن طريق مسارات مركزية قادمة من خلايا الدماغ , بل يتعداه كذلك الى أستلام معلومات اخرى مختارة من الموردات الحسية السطحية الراجعة (peripheral feedback afferents) . تنتقل المعلومات الحسية من الخلايا الحسية الموجودة في الجلد والأغشية و الأربطة و الأوتار والعضلات اما بشكل مباشر الى الخلايا الحركية عصبية أو غير مباشر عن طريق خلايا عصبية بينية. ومن الجدير بالذكر أن معظم هذه الموردات الحسية السطحية (afferents peripheral) تكون على شكل مسارات لولبية تعمل على تسهيل او أعاقة عمل الخلايا الحركية عصبية في الحبل الشوكي.



(شكل 121)

المصادر المتنوعة للموردات الحسية للوحدة الحركية الشوكية

وتعد الموردات الحسية (la-afferents) واحدة من اهم مسارات التغذية الراجعة من العضلات المغزلية (spindles). هذا المسلك العكسي يسهل بشكل مباشر عمل الوحدات الحركية المتماثلة (العضلات الباسطة extensors) ويعيق

عمل العضلات المتعاكسة (العضلات القابضة flexors) التي تقع في نفس الجهة. أما التي تقع في الجهة المقابلة , فترتبط الموردات الحسية afferents بطريقة معكوسة حيث تسهل عمل العضلات القابضة flexors وتعيق عمل العضلات الباسطة extensors . ومن ناحية أخرى, تعمل الموردات الحسية القادمة من أجسام كولجي الوترية (lb-Golgi-Tendon-Units (GTO بشكل عام على اعاقة عمل الوحدات الحركية المتماثلة وتسهيل عمل الوحدات الحركية المتعاكسة. هذا وتجتمع المؤثرات القادمة من المستقبلات الحسية الموجودة في الجلد و المفاصل مع الموردات الحسية المساعدة القادمة من العضلات المغزلية la والموردات الحسية المعوقة القادمة من أجسام كولجي lb لتصب في بحرة عصبية بينية واحدة (lb-interneuron pool) (البحيرة العصبية البينية تكون في التشابك بين نهاية الخلية العصبية مع بداية الخلية العصبية الاخرى). مع هذا, أتضح أنه عند الأنسان وخاصة في حالتي الحركة والثبات ينقلب عمل الموردات الحسية lb من معوقة الى مساعدة. و يعتمد هذا المسار العكسي على الحمل المسلط على الأطراف السفلى. عمليا ، تعرف آلية الموردات الحسية lb بتكيف مستقبلات – الحمل (load-receptor modulation).

من الناحية الوظيفية ، تشكل شبكة الخلايا العصبية الشوكية العمود الفقري لعمليات التكيف العصبي الحاصلة نتيجة للتدريب والتعلم والتغذية الراجعة . فبواسطة التكيفات الناجمة من الأيعازات المتغيرة القادمة من الدماغ وكذلك من جهاز المستقبلات الحسية يمكن تعديل الأيعازالمنقول من البحرة العصبية البينية الى الخلايا الحركية العصبية ، أو بمعنى آخر تعديل امر التفعيل المنقول من آخر مسار عصبي الى العضلة ليتكيف اما مع المتطلبات الآلية التي تقتضيها حركة معينة أو مع مستوى خبرة وتدريب الفرد.

- المستقبلات الحسية:

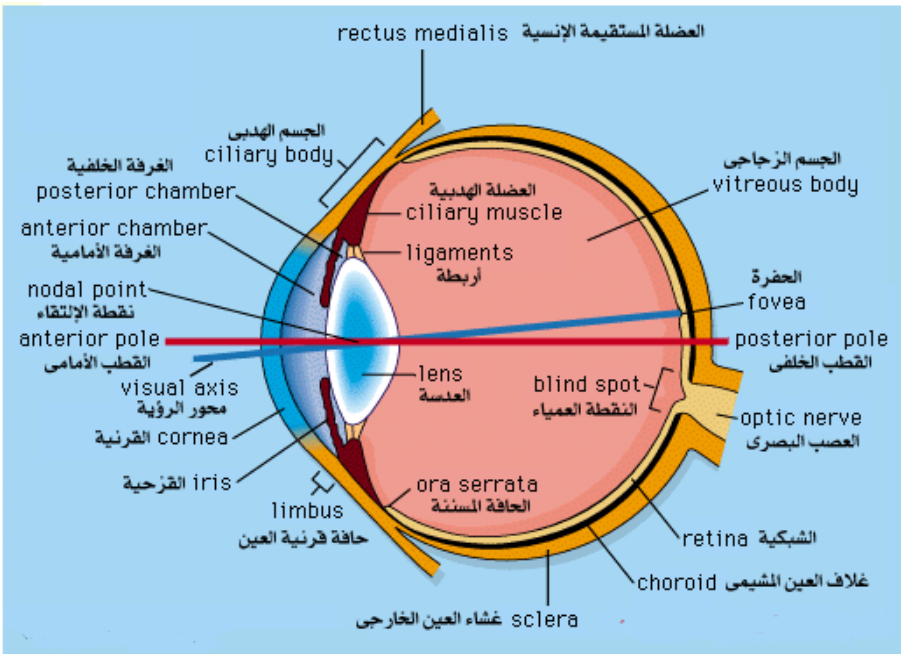
الحواس هي القدرة التي تتميز بها العين او الاذن او الجلد او العضلة لتفسير مختلف المنبهات التي يتعرض لها الانسان ويستجيب على اساسها الجهاز الحركي بعد تفسيرها بالدماغ. والمستقبل الحسي المستخدم في حاسة النظر هو العين . ويأخذ هذا المستقبل الحسي الطاقة من الطيف المرئي للأشعة الكهرومغناطيسية وتحويلها إلى العصب الكامل مباشرة ثم إلى الأجزاء المخصصة لها في الدماغ . لهذا من الضروري فهم تركيب ووظيفة العين .

أن مشاهدة أي شئ أو حدث هو عبارة عن ما تكتشفه عين الإنسان. هذه الظاهرة معقدة بسبب وجود مستويات متعددة للاكتشاف التي تكون مهمة ويعتمد عليها في تحليل الحركات ، اذ من المحتمل أن يكون اوطا مستوى لواجب العين هو

ملاحظة أو معرفة الفعل الحركي . ومن المهم ان نعرف كيف يتم التعامل مع العين لفحص عملية الإدراك والتي من ضمنها الكشف عن المحيط بعمق اكبر . أما الموضوع الأخر عن قابلية العين هي في الكشف وتمييز المعلومات حول الحركة ووضع الواجبات على النظام البصري ويعتبر هذا الموضوع المستوى الأعلى لواجب العين، أما المستوى الاوطا فيوجد فيه عاملين مهمان للرؤيا هي حالة الإضاءة وتباين المحيط.

- العين

قابلية العين في التركيز على الشيء المراد مشاهدته تنخفض إذا كان المشاهد يتابع هدف في حالة حركية. وسيحتم ذلك ان تكون هناك حدة نظر للهدف المتحرك (DVA) ، أو امكانية التمييز للشيء المتحرك بشدة بواسطة النظر عندما تكون هناك حركة نسبية بين الشيء المتحرك والمشاهد . تنخفض حدة النظر المتحرك بشدة عندما تتجاوز سرعة الهدف السرعة الزاوية للعين التي تقدر (60 -70 درجة / ثانية) . ونقصان الوقت المسموح لمشاهدة الهدف المتحرك في الساحة سوف يقلل من القدرة على الرؤيا والحكم على حركة ذلك الشيء المتحرك بشكل صحيح . وتزداد حدة النظر للاهداف المتحركة من عمر(16 إلى 20) سنة وبعد ذلك تميل للانخفاض، لذا يجب أن تكون تمارين الكرة من الثبات للأعمار تبدأ من تحت سن السادسة ثم تتطور الى الحركة بعد تجاوز سن السادسة.



الشكل 122

مكونات العين

وتوجد أمثلة عديدة في الألعاب الرياضية تكون فيها حركة الأشخاص أو الأهداف التي تمر من أمام المشاهد بسرعة عالية بحيث لا يمكن الاعتماد على صحة المشاهدة . والتحكيم في الألعاب الرياضية مثل كرة السلة وكرة القدم كانت ولا تزال موضع نقاش لسنوات عديدة. وفي لعبة التنس هناك حالة تستدعي من الحكم اتخاذ قرار فيما إذا كانت الكرة داخل أو خارج المنطقة عند الإرسال او في الحالات المعقدة ، مما استدعى ذلك تطوير متحسسات كهربائية للمساعدة في تحديد مكان الكرة عند الإرسال في مباريات الأهداف.وكذلك الحال في مسألة التحدي بالكرة الطائرة اذ تم استخدام الفيديو للحكم على الحالات المشكوك بها بخروج الكرة خارج الملعب من عدمة.وهناك مشكلة أخرى لها علاقة بالزمن وحدة النظر المتحرك وهي المسابقات الرياضية التي تحدث في زمن قصير جدا، الأمثلة هي سابقات الانطلاق أو التصادم في الألعاب العالية السرعة ، ففي معظم المسابقات التي فيها إرسال مثل التنس يستعمل المدرب الكلمات التعليمية التي تجعل اللاعب يراقب مسار الكرة متى تصطدم بالمضرب ، اذ من غير المحتمل أن الرياضي سوف يشاهد الكرة وهي تصطدم بالمضرب بسبب الفترة الزمنية القصيرة (من 1-2 جزء من الثانية) عندما يتم التصادم بين الكرة والمضرب في لعبة التنس . وقد عرض(watts and Bah ill 1990) دراسة حول حاسة النظر في البيزبول واستنتج أن اللاعب الضارب لا يمكنه متابعة مسار الكرة إلى نقطة التصادم حتى في الرميات البطيئة. وفي معظم السباقات تتجاوز سرعة الكرة قابلية العين على متابعة مسار المقذوف بسهولة. وقد درس(باردن Braden 1983) دقة القرار عندما تهبط كرات التنس في مواقع مختلفة من الملعب ووجد أن اللاعبين اقل دقة في اتخاذ القرار الصحيح .إذ كانت (قيمة الخطأ 11 % مع خطأ للوسط الحسابي 7 سنتم) مقارنة مع حكام الخطوط أو الحكام الرئيسين .

أن الحركات التي تتطلب الحركة فيها أحداث سرعه من 4/1 من الثانية (اي 0.25 ث) عادةً لا يمكن مشاهدتها . إذا كان الإنسان يمتلك سرعة نظر عالية فانه سوف لا يشاهد الخداع البصري للحركة عندما يشاهد الأفلام التي هي في الحقيقة مكونة من 24 صورة منفصلة في كل ثانية . و يوجد في الحقيقة وقت مجرد لقابلية ألعين لإدراك حركة الأشياء في مجال عرضنا. ومعرفة هذا التحديد حاسم لأجل التخطيط للتحليل، وما هي أشكال الأداء التي يمكن مشاهدتها بدقة . في المبحث القادم سوف نصف حركات العين لتتبع مسار الأشياء والادوات والاجسام المتحركة .

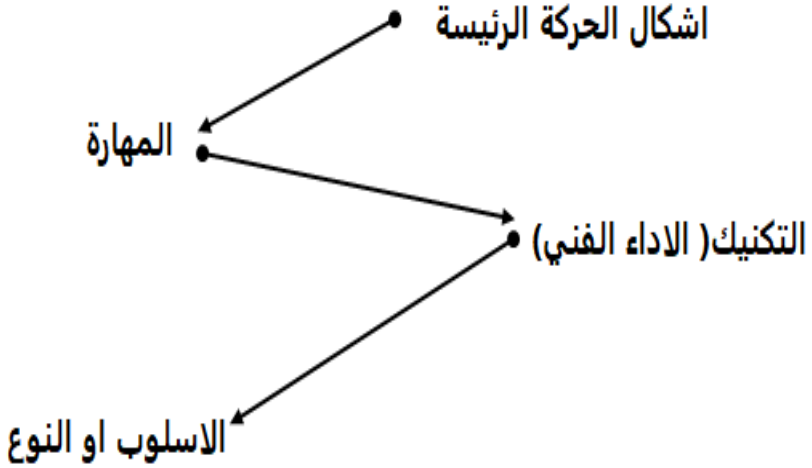
أن حركات العين التي تمكننا من مشاهدة عرض الأشياء عن قرب تدعى بالتقارب وعن مشاهدة عرض الأشياء عن بعد بالتباعد. وتكيف العين لهذا التقارب والتباعد له علاقة بقابليتها على التركيز وسرعتها وبانسيابية وبدقة عند مشاهدة الجسم عند اقترابها أو ابتعادها. هذه القابلية مهمة في مجالنا الرياضي بسبب التغير

المستمر لحركة الأشياء والأشخاص نسبة لنا عند مشاهدها خلال أداء الحركات الرياضية في الملاعب على اختلاف أنواعها ووفقا لنوع المسابقة. وهذه القابلية لها أهمية متساوية في إجراءات التحليل الحركي عند استخدام الة تصوير لتسجيل هذه الحركات . ويتعلق هذا الموضوع بوظائف وفسلجة العين وتكيفها لمختلف التغيرات التي تتطلب التقلص والشد في عضلات العدسة والعضلات التي تحرك العين .

أن استخدام العين لمتابعة حركة الأشياء ظاهرة معقدة جدا ، وأجريت العديد من البحوث حول مهارة النظر في الألعاب الرياضية بسبب أهمية النظر في الرياضة. اذ نفذت العديد من بحوث الرياضة في مجال البرامج التجريبية لتدريب حدة النظر الحركية، مثل حركات (الايروبك Eyerobic).

في عام 1984 أنشأت الأكاديمية العالمية لحاسة النظر في الرياضة وهي منظمة تحتوي العديد من المواضع التخصصية لحاسة النظر في الرياضة وهي المسئولة عن عقد الاجتماعات وإصدار مجلة خاصة بحاسة النظر في الرياضة وتعد المجلة العالمية المتخصصة لحاسة النظر الرياضية. ولخص (كولاكKula 1991) هذه البحوث ولاحظ وجود 14 مهارة مهمة لحاسة النظر لها علاقة بتعلم المهارة الحركية وبعض العوامل التي تؤثر على إدراك حاسة النظر.

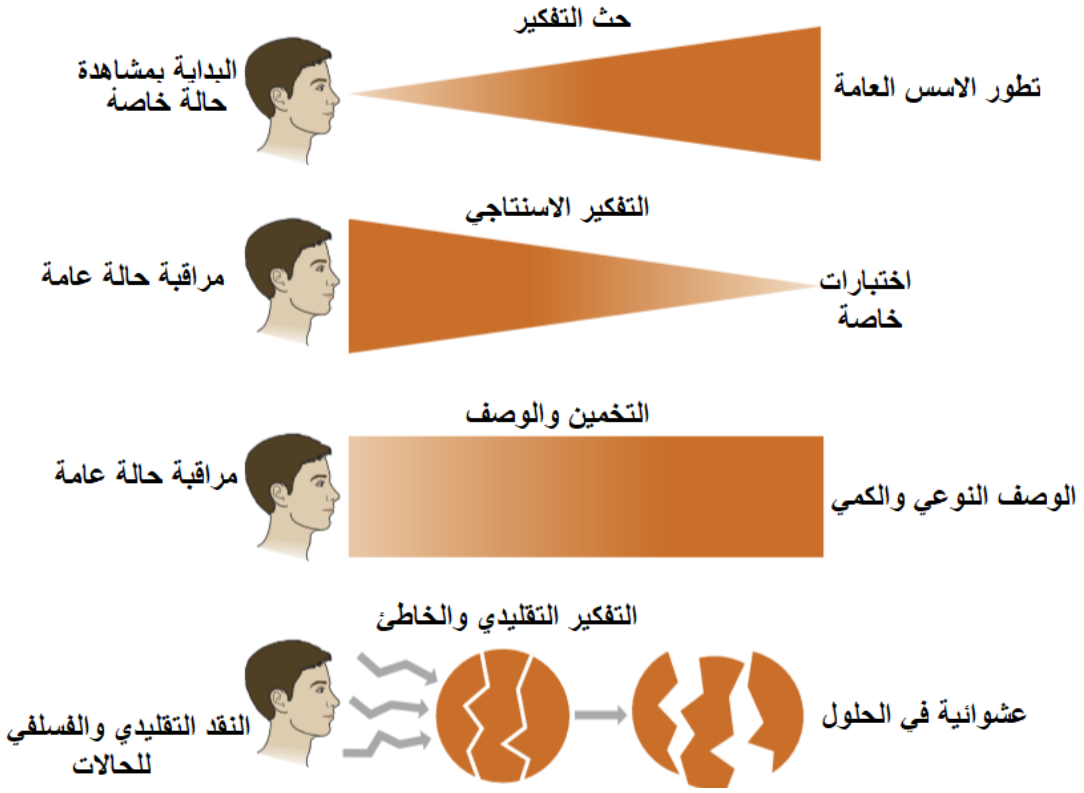
يحتاج المدربون إلى معرفة كيف يستعمل الرياضيون أعينهم في العديد من المهارات الرياضية. إن معرفة كيف تعمل العين وتحديداتها مهم جدا للمحللين لكي يعرفوا ما لذي يمكن مشاهدته وما هي التغذية الراجعة حول استخدام العين التي لها مردود ايجابي في تصحيح الاداء، مثال ذلك، أن التعليمات لتي يقولها المدرب للاعب مثل "احتفظ بالنظرعلى الكرة" من المحتمل ان تتعارض مع الأداء في بعض الألعاب الرياضية ، ولكن أعطاء تعليمات مثل" راقب الكرة تضرب المضرب " من المحتمل أن تؤثر على الأداء عن طريق تشجيع حركة الرأس وخفض وقت تركيز النظر على مسار الكرة في مراحلها الأولية. والايعازات في تتبع مسار الكرة، ويجب أن يؤكد على تركيز الانتباه بأقل ما يمكن وبأنسيابه حركة الرأس، والتركيز على حركة الكرة (الارتداد، الدوران) ومن المحتمل أن يكون أكثر أهمية وبعض المهارات . ومن المهم أيضا معرفة ، أن أي تداخل يخص حاسة النظر يجب أن يكون لتحسين الدقة والفعالية . لاحظ الشكل (123) الذي يبين مراقبة وتحليل وتقييم ثلاث مستويات من الحركة.



شكل(123)

مخطط بياني يبين ثلاث مستويات من تقييم الحركة البشرية

ولايضاح هذه المستويات نتابع الشكل 124 الذي يبين الثلاث مستويات من تقييم الحركة البشرية، فنلحظ من المستوى الاول ان هناك تركيز على حالة خاصة دقيقة في الاداء مما يجعل الشخث يحث تفكيره في دور هذه الحالة في تطوير مجمل الاداء العام، ونلاحظ من المستوى الثاني ان هناك مرتقبة عامة للاداء تجعل من الشخص يستنتج اين يكمن الخلل الرئيسي في الاداء الذي يحتاج الى اختبار. اما المستوى الثالث فيهتم بالمظهر العام للحركة والذي يساعده في وصف وتخمين الهدف العام من الاداء. وعدا هذه المستويات الثلاث ، يمكن ان يكون العمل تقليدي وبعيد عن المنطق العلمي مما ينتج منه عشوائية في الحلول الحركية.



الشكل (124)

المستويات الثلاث لتقييم الحركة البشرية

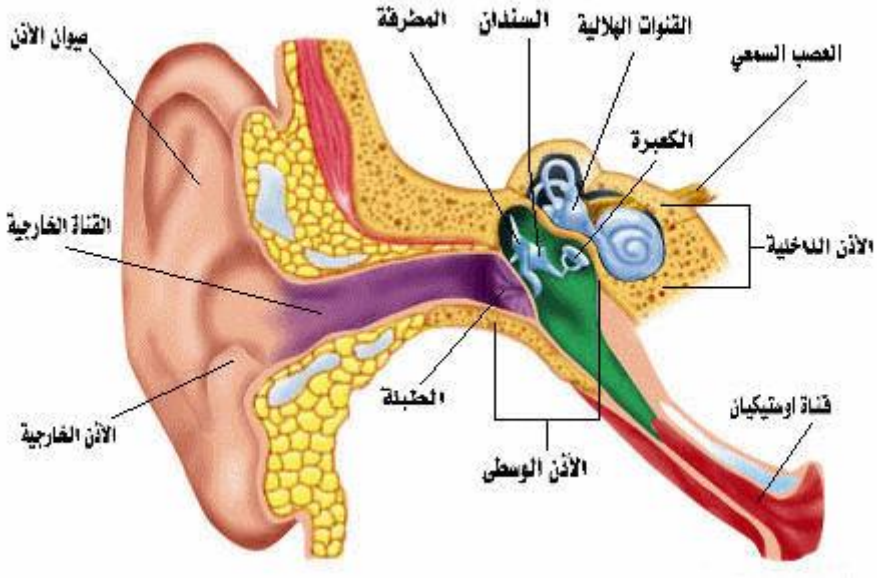
- **السمع**

أن تشريح نظام السمع اقل تعقيدا من حاسة البصر . اذ أن نظام حاسة السمع يحول طاقة الموجة الصوتية إلى الإحساس بالصوت ويمكن أن يكون مصدر مهم للمعلومات لأجل اداء الحركة . فأصوات الإيقاع الحركي أو الصوت المتقطع للتصادم بين الأجسام ،جميعها تعطي معلومات عن الاداء وما تم عنه، ويسمح لنا التفاعل بين الإذن والدماغ باستلام الصوت. ويمكننا عن طريق ما نسمع أن نجعل تردد الموجات الصوتية مفهومة لدينا (تفسر على أنها نغمة) وموجات الصوت المرتفع (تفسر على أنها صخب). ويمكن للعضلات المتصلة للعظام الصغيرة أن تتقلص أو تنبسط لتعديل الصوت. هذا يشابه طريقة عمل عضلات عدسة العين لأجل تركيز الضوء عند النظر، تظهر هذه القابلية في حالة الضوضاء العالية مثل صوت الطائرات. تتقلص عضلات العظام الصغيرة لخفض الاهتزاز ونقل الصوت إلى الدماغ .

يمكننا أيضا التحديد الأفضل لزمان الحركة عن طريق جمع المعلومات الواردة من آذاننا . تأتي هذه المعلومات من التتابع في التردد والنغمة. يعطينا الجمناستك الإيقاعي أمثلة عديدة لدمج هذه المكونات الصوتية لعوامل التحليل النوعي. مثلا ، يمثل عد الأرقام من (1،2،3،4) من قبل المدرب الطريقة المفضلة

لتوقيت الحركات. ويعمد المدرب إلى رفع وخفض صوت عند النطق بأحد هذه الأرقام كي يشدد على اللاعب و التأثير عليه عند أداء الحركات التي يجب إظهارها في ذلك الوقت.

المعلومات التي تجمع من الإذن (التردد والصوت الصاخب) مهم جدا خصوصا للحركات الإيقاعية (كالجمناستك ، ركض الحواجز) وأيضا المعلومات السمعية من للحركات غير الإيقاعية مهمة جدا. إذ أن صوت التصادم في الجمناستك عند الهبوط هي مصدر مهم للمعلومات حول الأداء .



الشكل 124

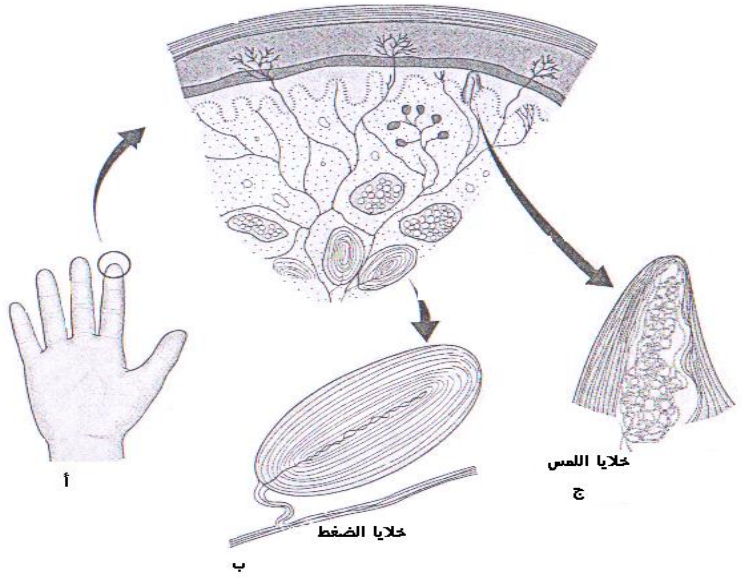
الاذن ومكوناتها

-اللمس

نظام اللمس هو مصدر اخر للمعلومات عن الحركة والذي يجمع عن طريق المستقبلات الحسية حركية واللمس ، باستطاعة كل من اللاعبين والمدربين من استخدام هذه الحاسة لجمع المعلومات عن نوعية الاداء ، فيمكن مثلا لمدرب المصارعة الذي يدرب حركة جديدة ان يشعر بقوة المصارع مكن مقاومته للحركة، بينما بامكان المصارع الشعور بوضعية جسمه وفعل الحركة عندما ينفذ المدرب الحركة، وعندما يحاول المصارع تنفيذ الحركة على المدرب يمكن ان يستعمل المدرب المعلومات الواردة عن طريق اللمس والمستقبلات الحسية الاخرى لملاحظة التوقيت والوضعية الصحيحه لجديدة لتطبيق الاداء الصحيح.

تستخدم مستقبلات اللمس في نظام اللمس لدينا وهي المستقبلات المغلفة واللامغلفة في الادمة الموجودة مباشرة تحت الطبقة الظهرية للجلد. تستخدم هذه

المستقبلات شبكة من الاعصاب حول حويصلات بصلات الشعر، والمستقبلان المهمان هنا هي جسيمات اللمس وجسيمات باتشيني(الضغط) والموضحان بالشكل (125) ، ويمكن لهذين المستقبلين اعطاء معلومات مهمة للمدرب حول الاداء عندما يتم حدوث اتصال غير مباشر مع منفذ الاداء. مثل عندما يحدد لاعب الجمناستك موقع يديه في القفزة الخلفية، او ان يسال المدرب منفذ الاداء باستعمال احساس اللمس، مثال ذلك،على لاعب التنس ان يريد ضغط المسكة بوضع اليد الاخرى فوق اليد الماسكه لقبضة المضرب.



شكل (126)

متحسسات خلايا اللمس وخلايا الضغط

المستقبلات الحسسية الحركية مثل المغازل العضلية(مستقبلات امتطاط العضلة) واجسام كولجي الوترية، يمكنها ايضا توفير معلومات مهمة حول الاداء للمدرب ومنفذ الاداء، وتخبر المغازل العضلية الدماغ بتغيرات السرعة وطول العضلة بينما تجمع اجسام كولجي الوترية المعلومات عن الشد في العضلة. مغزل العضلة عبارة عن محفظة مدببة عند كلا النهايتين ومملوءة بسائل، ينتفخ المغزل عند الوسط ويمتلك الياف عضلية ملتحمة في كلا النهايتين، وينتفخ المغزل عند الوسط ويمتلك الياف عضلية ملتحمة في كلا النهايتين، تسمى هذه الالياف العضلية بالملتحمة لانها تقع ضمن غشاء يغلف المخزن.وتنظم هذه الالياف مديات الطول للمغزل العضلي، وهناك شبكة من الاعصاب تحيط بمنتصف الالياف وهي نهايات العصب الرئيسي، اما نهايات العصب الثانوي والتي تشبة الزهرة فهي تنتسر داخل الياف العضلة بالقرب من المغزل العضلي ولها وظائف متعددة، الالياف الرئيسة او الثانوية حساسة للحركة الديناميكية عند حدودها الدنيا ولها القابلية على سرعة ايصال المعلومات

للدماغ. وتمتلك النهايات التي تشبة الزهرة على عتبة عالية ولها قابلية بطيئة على ايصال المعلومات.وهي اقل حساسية للحركة مقارنة مع الالياف الثانوية.

تقع اجسام كولجي الوتري عند التقاء العضلة بوترها وتشكل سلسلة من نهايات تفرع العصب والتي تشبه بدرجه كبيرة الزهره المتفرعة لمغازل العضلة، وعندما تتقلص او ترتخي العضلة، فان الشد يتغير في الوتر الذي يتصل بالعظم ويتم اكتشاف هذا التغير من قبل وتر كولجي ويرسله الى الدماغ، ويمتلك وتر كولجي عتبة واطئه ، لهذا فهو يرسل سيل ثابت من المعلومات عن حالة الشد في العضلة والتغيرات الحاصلة فيها، ومن الطبيعي ان يرسل وتر كولجي حافز مثبط للدماغ لحماية العضلة من عمل قوة عالية جدا فيها. ومن الطبيعي ان ذراع المصارع مثلا التي تقوم بالحركة السريعة والمستمرة تتباطأ بسرعة بسبب تعب المصارع وبالتالي يفقد قابيلته في السيطرة على كبح وتر كولجي.

واخيرا المستقبلات الحسية الموجودة في المفصل تنقسم الى ثلاث انواع:مستقبلات الضغط ، ومستقبلات كولجي الوتري، والمستقبلات المنتشرة الاخرى، ترسل هذه المستقبلات المعلومات ممباشرة الى الدماغ حول ظهور الحركة في المفاصل بدلا من اعطاء معلومات مفصلة عن الحركة مثل ما يفعل جسم كولجي الوتري ومغزل العضلة، تعطي هذه المستقبلات معلومات عامة عن حدوث حركة المفاصل ووضع زاوية المفصل.

- المكونات الوظيفية للمس:-

يرسل الاحساس باللمس (في الاصابع) والضغط (باتشيني) معلومات الى الدماغ عندما يتم تحفيزهما ، وتوجد هذه المستقبلات في الجلد وتلامس تجويف الشعرة، وتتحفز مستقبلات اللمس في الجلد وعند تجويف الشعرة عند اقل ضغط، عندما تخرق هذه الحوافز عتبة العصب فتنبعث اشارات الى الدماغ كمؤشرعلى وجود اتصال مباشر مع جسم ما، او ان هذا الجسم قريب جدا.

تمتلك مستقبلات الضغط (متحسسات باتشيني) عتبة عالية مقارنة مع مستقبلات اللمس ، وتستجيب عندما يصبح اللمس ضغطا عندئذ ترسل المعلومات عن الحوافز مباشرة الى الدماغ. فمستقبلات الضغط خصوصا في القدم تميل الى تحفيز العضلات الباسطة الى الارتخاء. النقطة المهمة الاساسية هي يمكن ان يوفر نظام اللمس (الاحساس باللمس) معلومات لها معنى حول الاداء الى المدرب والرياضي وتجمع هذه المعلومات بدرجة رئيسه من مستقبلات اللمس والضغط.

- المكونات الوظيفية في نظام المستقبلات الحس –حركية:-

جميعنا يعرف إن العين تسمح لنا بالرؤيا والاذن تسمح لنا بالسمع ويمكننا ايضا الاحساس بالحركة والتميز باللمس. من ناحية أخرى توفر حواسنا معلومات عامة

أكثر عن طريق النظر، والسمع، والحس حركي واللمس. كل نوع من هذه الحواس يثير نوع معين من اشكال الطاقة وتفسره لاجل اعطاء معلومات محددة جدا عن ما الذي يحدث عند حركتنا . يهيئ لنا دمج وتفسير هذه المعلومات الطريق في اتخاذ القرارات حول كيفية مواصلة الاجراءات في التحليل الحركي.

نحن نعُّرف الإدراك على انه تنظيم وتفسير للمثير من المحيط عن طريق حواسنا ، وتوفر كل حاسة من حواسنا معلومات معينة ذات معنى عن محيطنا وتصبح هذه المعلومات هي الأساس لاتخاذ القرارات.

- **أمثلة حول كيفية عمل النظام الحسي .**

جزء من عمل هذه المجاميع الحسية الأربعة الرئيسية المستقبلة يتم عملها اما عن طريق الطاقة الكهربائية او الكيمياوية او الميكانيكية. الجزء الأخر من عملها يتم عن طريق استخدام الإدراك. مثال ذلك: تصور تتبع مسار طيران كرة مضروبة ، تستخدم الطاقة الكهربائية في إرسالها من خلال العصب ، ثم الطاقة الكيمياوية في الإذن إلى العظام الصغيرة الثلاث في الاذن الوسطى. ببساطة يمكن تصوير مكون الادراك عن طريق تكيف حركة العين والراس الى اتجاه الطاقة المستلمة عن طريق الحواس .

مثال ذلك : حول احتمالية استخدام جميع الحواس لاجل فهم الحركة وتوفير التغذية الراجعة للرياضي أو فيما يتعلق بتحديد المدرب لموقع قفز لاعب الجمناستك يقوم الرياضي بعمل الركضة التقريبية ثم القفز نحو القفاز،ثم الطيران ثم وضع اليدين على الحصان، والطيران مرة أخرى ثم الهبوط في هذه المهارة يمكن للمدرب استخدام جميع حواسه لجمع المعلومات عن الاداء لاجل اعطاء تغذية راجعة مناسبة للاعب .

يساهم الصوت في اتخاذ قرارات التغذية الراجعة. يتم توفير بيانات مفيدة جدا عن طريق جمع المعلومات من درجة السرعة، درجة الصوت ، درجة نغمة الركض ، القفز فوق الحصان ، موقع اليدين على الحصان وهبوط القدمين على البساط .و تعطي درجة سرعة الركضة التقربية اختلاف نغمة ضرب لوحة القفز، و ضرب الحصان بالذراعين ثم التصادم مع البساط . المدرب يستطيع الحكم على صحة او خطأ الاداء من خلال سماع ارتفاع او انخفاض صوت الارتطام بالقفز او على الحصان او عند الهبوط ، فصوت احد هذه الاجزاء يوفر للمدرب شيء ما حول نوعية هذه المهارة .

بإلامكان استخدام نظام الرؤيا للمدرب لتتبع حركة الرياضي وتوفير المعلومات عن موقع الجسم ، وإزاحة الجسم نسبة للجهاز وعلاقة اجزاء الجسم مع بعضها البعض . ومن المحتمل ان تكون السرع الخطية او الزاوية مثيرة للاهتمام عندما يكون الرياضي على لوح القفزاو الحصان عندما لايحصل المدرب على معلومات مفيدة من

حاسة النظر. هذا الموقف يجبر المدرب لاتخاذ قرارات حول الاداء اعتمادا على البيانات من انظمة احساس اخرى .

وعندما لاتوجد أنظمة حسية أخرى (تقنيه) عندئذ سوف يعتمد المدرب على انظمة الصوت واللمس والحسية العصبية للحكم على نوعية الأداء. وقد يرغب المدرب خلال الطيران او الهبوط من لمس الرياضي ،او ربما يقوم برفعه لمساعدته على الدوران او الطيران ، عند هذه النقطة تتم اضافة معلومات اللمس او الضغط الى المعلومات الواردة التي يتم جمعها من قبل المدرب من باقي الانظمه. وسوف تدقق المعلومات الحسية الحركية الى النظام العصبي بسبب تحريك المدرب لاجزاء جسمه لمساعدة لاعب الجمناستك . من الواضح ان هناك معلومات كبيرة تدخل الى الدماغ. جميع هذه المعلومات يجب ان تدرك وتعطى لها معنى ومن ثم تدمج في الصورة الشاملة .

- **وصف ماهية ظهور الحركة:-**

باختصار يقال إن عملية الإدراك هي نظام كبير وفعال حتى انه اكبر من التفكير به . بسبب إننا نستخدم كل هذه الانظمة لجمع المعلومات حول حركة معينة .حتى لو إننا استخدمنا نظامين او ثلاثة من هذه الانظمة فقط فاننا نستطيع تصور ان الانظمة اخرى سوف تساعد على الشعور والرؤيا والسمع إلى حد ما. مثال ذلك اذا كان المدرب في مثالنا السابق للجمناستك بعيد عن حصان القفز فانه سوف يبقى يتصور ان القفزة سوف يشعر بها ويحسها حركيا ويلمسها على اساس مقارنتها بالقفزة غير الجيدة.

- **دمج الحواس**

كما لاحظنا ان نظام الادراك يستمر في استقبال المعلومات وإيصالها عن طريق الموردات الحسية. كيف نسلط انتباهنا الى ماهو مهم؟ كيف نستخدم جميع هذه المعلومات التي توفرها لنا الحواس لاتخاذ القرارات؟ عرف كل من(ص Welch & Warren 1980) العملية المعقدة للتصور الحسي الداخلي على انها ادراك الحدث، وإنها قياس يعبر عنها بوسيلة حسية واحدة ، تتغير بطريقة ما عن طريق التحفيز المتزامن لوسيلة حسية واحدة او أكثر. إن إدراكنا للحدث من خلال حاسة واحدة يتاثر بواسطة ادراكنا لنفس الحدث من خلال اي من الحواس الاخرى .

هذا يشبه تحديد المكان في الجمناستك عندما تستخدم حاسة اللمس والمستقبلات الحسية الحركية بالاضافة الى النظر والسمع. يمكن مقارنة صوت اصطدام اليدين مع ظهر الحصان مع معلومات النظر او المستقبلات الحسية الحركية التي يتسلمها المدرب عند المشاهدة .

إن الركضة التقريبية والصوت الدال على للضرب على ظهر الحصان غير كافيان لاعطاء معلومات ذات معنى . ماهي الحاسة التي من المحتمل ان يستعملها المدرب والاكثر مناسبةً عندما تكون المعلومات الحسية المعقدة.

والجدير بالذكر انه مع التدريب الجيد يمكن للدماغ اوتوما تيكيا دمج المعلومات الحسية واولياتها اعتمادا على اهميتها للتحليل النوعي الذي يراد تنفيذه. من المحتمل ان يسمع المدرب ايقاع غير طبيعي في اداء قافز الغطس ومن ثم ينظر ليشاهد الحركة عن طريق تحليلها نوعيا. يهتم مدرب سباحة الغطس في مشاهدة الغطس عن طريق ملاحظة صوت اصطدام الرياضي بالماء لاجل مساعدة الرياضي لدخول الماء من خلال الملاحظات الواردة من حاسة النظر.

كيف يتعامل الدماغ مع الحواس المشاركة في توريد المعلومات وكيف تتدقق المعلومات مع تفاعل الحواس المختلفة. تقسم المعلومات التي يتعامل معها الدماغ الى ثلاث فئات: الكشف عن الحدث ، والمثير المكاني والمثير الزماني. يمكن شرح شعور التعامل مع الموردات الحسية من هذه المصادر الثلاث عن طريق معالجة المعلومات التي يمكن شرحها كما ياتي:

1- الفترة الزمنية اللازمة للكشف عن الحدث:-

إن الكشف عن الحدث بالنسبة للمحلل يحتاج الى مدة زمنية لكل حافز من الحوافز الحسيه ، فيحتاج عن الحافز السمعي او اللمسي نسبياً إلى(حوالي 110 إلى 120 جزء من الثانية) ، أما حافز البصري فيأخذ مدة نسبية اطول (حوالي 150 جزء من الثانية). من ناحية ثانية يبدو انه مع التدريب المكثف يمكن للمحلل ان يزيد من سرعته في كشف الحدث بواسطة النظر مع دمج هذا الحافز بالحوافز الأخرى بإقلال الزمن إلى 33 جزء من الثانية .لاحظ ان زمن رد الفعل يرتبط بعلاقة عكسية مع شدة الحوافز. هذا يعني ان الاستجابة السريعة سوف تكون للحوافز الاكثر وضوحا ، من المحتمل انها تاخذ جهد عالي من المدرب عند استخدام حاسة السمع في محيط تنافسي مزدحم بالضوضاء.

من النادر إن تعمل حوافز المحلل في محيط منعزل . فتأثير الحافز الثانوي(الحافز الذي لانسلط عليه اهتمامنا) على الحافز الرئيسي (الحافز الذي نختاره للتركيز) هي اما ان تكون مثبطة او مساعدة . فإذا كان الحافز الثانوي واطيء او متوسط الشدة، فانه يساعد في ادراك الحوافز الرئيسية. إما إذا كان الحافز الثانوي عالي الشدة فانه سوف يمتلك تاثير مثبط . ولكي يكون هذا التاثير مثالي، يجب ان تظهر هذه الحوافز قريبة من بعضها. ومن المحتمل أن تكون هذه التاثيرات نتيجة الاستجابات فسيولوجية او انتباه اختياري ، و يبدو إن المؤشرات الفسيولوجية تعزز من الكشف الذي له علاقة بشد العضلات الخاصة بالأعضاء الحسية (عضلات العظام الثلاث في

الاذن الوسطى او عضلات البؤبؤ في العين). من المحتمل ان يسبب الانتباه الاختياري لشخص ما زيادة من الانتباه لحركة معينة بسبب الاستثارات الفرعية .

2- المثير المكاني :-

المثير المكاني يعني ترتيب المتغيرات المسيطرة. فحاسة النظر هي المسيطرة اولا في ما يخص المثير المكاني ، تتبعها حاسة السمع، ثم المستقبلات الحركية ومن ثم حاسة اللمس. الاختلاف الرئيسي الاخر هو ان حاسة السمع تظهر فقط في المستوى الافقي بينما تظهر حاسة النظر في جميع المستويات . من المهم ملاحظة تقارب تفاعل إدراك النظر والسمع في عملية معالجة المعلومات المكانية.و يظهر ان ادراك النظر يوفر المعلومات للنظام السمعي . وان ذاكرة حاسة النظر توفر الخريطة الاساسية للتمكن من استخدام المعلومات السمعية لها.

كما ذكرنا سابقا ،فانه يمكننا ان نميز اليسار عن اليمين بوضوح أكثر من المعلومات المكانية الصوتية. حتى تم الاعتقاد ان هذه المعلومات هي إطار لخريطة حاسة النظر .

تستطيع المستقبلات الحسية الحركة لحركات اليد الكشف عن الاختلافات المكانية بمقدار(± 2.5 سم) . التي تخمن باننا نستطيع الحصول على معلومات دقيقة جدا تتعلق بالحركة من مستقبلاتنا الحسية الحركية . باستطاعتنا الإحساس بالحركة البسيطة لجزء من جسم شخص ما نراقب موضعه .

3- المعلومات الزمانية :-

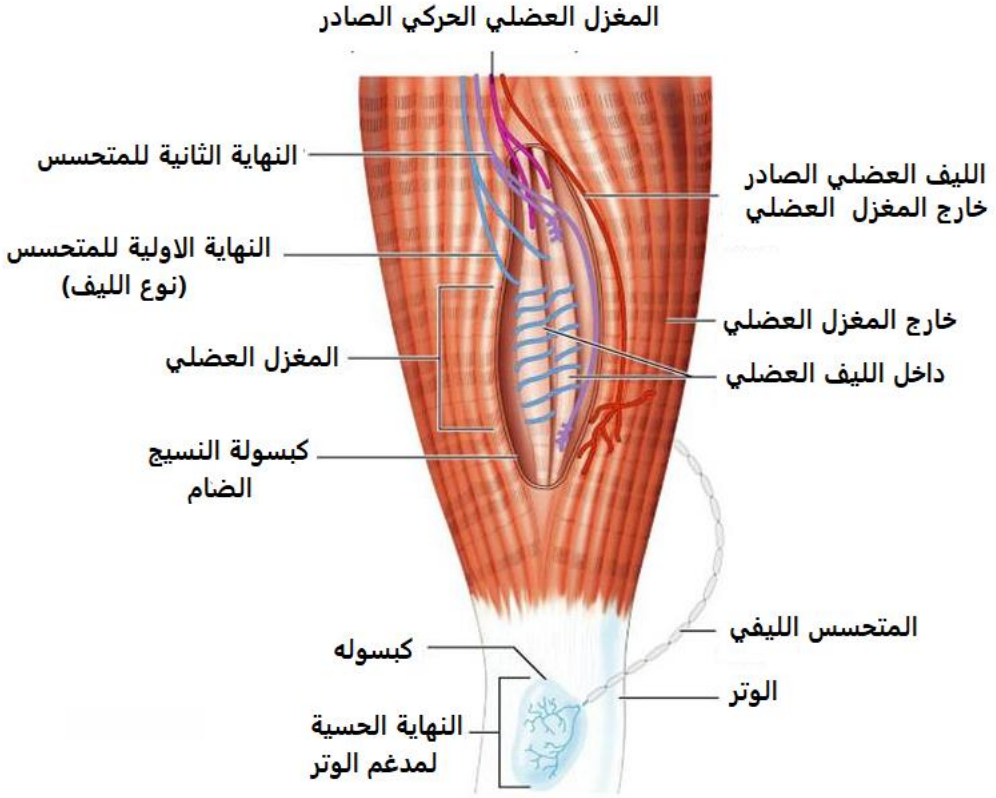
يظهر عند معالجة المثير ذو المدة الصغيرة إن حاسة السمع هي الأكثر دقة يتبعها اللمس ومن ثم النظر. ويبدو إن المثير السمعي هو الاطول بقاءً مقارنة مع المثيرات الاخرى، لذا نستطيع تحليل المعلومات السمعية لفترة طويلة مقارنةً مع المعلومات الأخرى. دقة المستقبلات الحسية الحركية غير واضحة نسبةً للحواس الأخرى . لذا يرغب المحلل النوعي مثلاً أن يركز نظره على لحظة النهوض من الوثب الطويل، واستخدام السمع لسماع صوت إيقاع الخطوات الاخيره للركضة التقربية والنهوض كمعلومات إضافية .

ومن المستقبلات الحسية الاخرى هي:

- **مغزل العضلات وتمدد الريفلكس(المنعكس العصبي):**

المغازل العضلية هي عبارة عن مستقبلات حسية توجد في بطن العضلة و التي تكشف في المقام الأول تغيرات في طول هذه العضلة. و تعمل على نقل معلومات الطول الى الجهاز العصبي المركزي عن طريق الخلايا العصبية. يمكن معالجة هذه

المعلومات من قبل الدماغ لتحديد موضع أجزاء الجسم. تلعب ردود المغازل العضلية للتغيرات في الطول دورا هاما كذلك في تنظيم انقباض العضلات، عن طريق تنشيط الخلايا العصبية الحركية بواسطة منعكس الشد لمقاومة شد العضلات.



الشكل 127

المغزل العضلي

المغزل العضلي يظهر بوضع نموذجي في عضلة العضد الثنائية (للذراع اليسار) في الشكل (127) اعلاه، وتظهر العصبونات الحسية والحركية المرتبطة في النخاع الشوكي والحزم العضلية خارج المغزل وكذلك الالياف العضلية داخل المغزل . المغزل هو مستقبل له مديات شد حركية خاصة و يحتوي على عدّة ألياف عضلية داخل مغزلية. العصبونات الحركية تفعّل الألياف العضلية الداخليه المغزلية، و بذلك تعمل على تغيير التيار العصبي في حالة الراحة و حساسية الشد في النواقل العصبية الواردة ويكون التحكم المناسب بنشاط العضلة من خلال :

- **اثارة العضلة، بواسطة عصبونات القرن الأمامي للنخاع الشوكي.**
- **تحفيز مستمر للعصب الحسي ، يخبر الجملة العصبية المركزية في كل لحظة عن طول العضلة وتوترها، والتغيرات الآنية في الطول والتوتر يتولى هذه المهمة نوعان من المستقبلات:**

- **المغازل العضلية: منتشرة في كل بطن العضلة، مسؤولة عن طول العضلة وسرعة التغير بطولها.**
- **أعضاء كولجي الوترية: موجودة في الأوتار. مسؤولة تقلص العضلة وسرعة تغيره.**

ولفهم وظيفة المغزل العضلي:Muscle Spindleيتطلب ذلك الإحاطة بالنقاط التالية:

- **بنية المغزل العضلي**
- **ارتباطه العصبي: الحسي والحركي.**
- **استجابة المغزل: السكونية والحركية.**
- **التحكم بوظيفة المغزل.**

فبنية المغزل العضلي تشير الى ان:

- **المغزل العضلي يحوي 3-12 ليفاً عضلياً داخلياً .**
- **لا تحوي المنطقة المركزية لهذه الالياف على خيوط ألاكتين والميايوزين**
- **لا تتقلص هذه الالياف وإنما تشكل الجزء المستقبل من المغزل.**
- **الألياف العضلية داخل المغزل على نوعين، وذلك حسب شكل جزئها المركزي:**
- **الألياف ذات المحفظة النووية Nuclear bag fibers: أقل عدداً، تحوي ضمن جزئها المركزي عدداً كبيراً من النوى في جزئها المركزي، مما يعطيها شكل الكيس.**
- **الألياف ذات السلسلة النووية Nuclear chain fibers: أكثر عدداً، تحوي ضمن جزئها المركزي نوى مرصوفة بعضها البعض، مما يعطيها شكل السلسلة.**

اما الارتباط العصبي للمغزل العضلي فيكون من خلال:

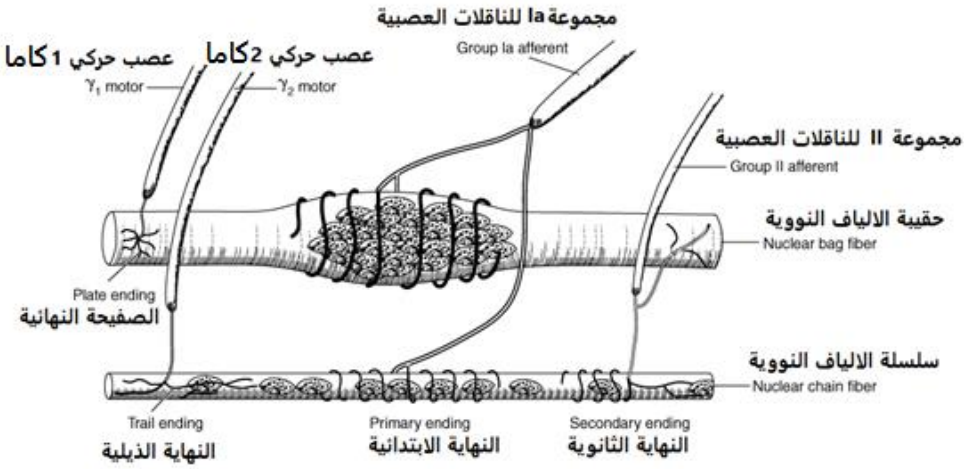
ـ التعصب الحسي للمغزل : أن الجزء المركزي من الليف داخل المغزل هو الجزء المركزي، وهذا المستقبل بدوره يحوي نوعين من النهايات الحسية:

1. النهاية الأوليةPrimary ending : في مركز المستقبل تماماً، ينقل الإشارات منها ليفي عصبي من النوع Ia ذو القطر(17µ) وسرعة النقل 70 – 120 م/ثا.كل الألياف داخل المغزل (ذات المحفظة، وذات السلسلة) تملك نهايات أولية.

2. النهاية الثانويةSecondary ending :على جانبي النهاية الأولية (أو أحد الجانبين فقط)، ينقل منها الإشارات ليف عصبي من النوع II ذو القطر(8µ)، وهي

أبطأ نقلاً من الألياف Ia . تقتصر النهايات الثانوية على الألياف ذات السلسلة النووية.

- التعصيب الحركي للمغزل العضلي: تعصب الألياف داخل المغزل بشكل عام حركياً بنوع من العصبونات مختلف عن تلك التي تعصب الألياف خارج المغزل. ورغم أن كلا النوعين صادر عن القرن الأمامي للنخاع الشوكي، إلا أن الألياف Aα (ذات القطر 14µ) متخصصة بتعصيب الألياف خارج المغزل. وبالتالي فإن تنبيهها يسبب تقلص العضلة.



الشكل 128

الالياف النووية والياف كاما في المغزل العضلي

أما الألياف Aγ (ذات القطر 5 µ)، والتي تشكل 31% من الالياف الصادرة عن القرن الأمامي، فتعصب الألياف داخل المغزل فقط · ويمكن تقسيم هذه الألياف Aγ إلى نوعين:

1 . ألياف غاما الديناميكية (gamma – d): تعصب الألياف ذات المحفظة النووية.

2 . ألياف غاما السكونية (gamma –s): تعصب الألياف ذات السلسلة النووية.

اما استجابة المغزل العضلي: فتكون من خلال تنبيه الألياف الحسية المعصبة للمغزل بتمدد الجزء المتوسط للمغزل (المؤلف من نهايتين أولية وثانوية)، ويحدث ذلك بأحد طريقتين:

- تطويل كامل العضلة.
- تقلص الأجزاء الطرفية من الالياف داخل المغزل(المعصبة بالألياف γ)

من المعلوم أن أقصر في المسافة بين منشئها ومرتكزها يعني طول العضلة، بدليل تقاصرها عند ابتعاد القطع العظمية في حالة مد المفصل وبالتالي، فإن العضلة تخضع لتمطيط عند اقتراب هذه القطع العظمية بثني المفصل في كل لحظة. وبناء

على ما ذكرناه آنفاً، فإن ذلك يقتضي تنبيه المغزل العضلي بشكل مستمر ، تسمي هذه الاستجابة الدائمة للمغزل العضلي بالاستجابة السكونية static response للمغزل العضلي .ووجد انه أثناء الاستجابة السكونية تتنبه النهايتان الأولية)المعصبة بالألياف (Ia, 17µ والثانوية)المعصبة بالألياف II 8µ) ولما كانت الألياف داخل المغزل ذات السلسلة النووية هي التي تملك النهايتين معاً، فهي المسؤولة أساساً عن الاستجابة السكونية.

وعند استطالة المغزل العضلي بصورة مفاجئة) بأحد الطريقتين المذكورتين اعلاه(تتنبه النهاية الأولية)المعصبة بالألياف Ia 17µ (بصورة خاصة، وبشدة أقوى بكثير من الشدة التي تحدث في الاستجابة السكونية. يسمى هذا التنبيه الشديد للنهاية الأولية بالاستجابة الحركية أو الديناميكية(dynamic response) ولما كانت الألياف داخل المغزل تحوي نهاية أولية فقط فهي المسؤولة أساساً عن الاستجابة الحركية.

ونتيجة لما تقدم نخلص إلى ما يأتي:

- الألياف ذات المحفظة النووية: نهاية أولية فقط = ألياف Ia ذات القطر µ= 17 مسؤوليتها الاستجابة الديناميكية.
- الألياف ذات السلسلة النووية: نهايتان(أولية Ia 17µ) (وثانوية)(II) 8µ = مسؤوليتها الاستجابة السكونية.

وكلا النوعين معصب بالألياف الحركية(Aγ 5µ) ووظيفة هذه الأخيرة تقلص الألياف داخل المغزل، وبالتالي تنبيه المستقبل أو زيادة حساسيته للتنبيه. يذكرنا ذلك بالكامن بعد المشبك الإثاري EPSP، فهو يجعل العصبون بعد المشبك أقرب إلى عتبة التنبيه، أو قد ينبهه إذا كانت شدته فوق عتبة التنبيه. الأمر ذاته تفعله العصبونات γ مع المغزل العضلي.لاحظ أننا حتى الآن لم نتكلم عن منعكس التمطط العضلي، إنما نتحدث عن وظيفة المغزل العضلي كمستقبل فقط.

- **منعكس التمطط العضلي Muscle Stretch Reflex:**

إن أبسط وظيفة للمغزل العضلي هي منعكس التمطط العضلي وكما يأتي: .

- الدائرة العصبية لمنعكس التمطط العضلي:
- المغزل العضلي –(ألياف حسية) أجسام خلاياها في العقدة الخلفية للعصب الشوكي (يدخل النخاع الشوكي عبر قرنه الخلفي. داخل النخاع يتشابك هذا الليف مباشرة مع العصبون α المعصب للعضلة نفسها، دون أي عصبونات بينية، مما يجعل المنعكس وحيد المشبك. تخرج الأوامر الحركية من العصبون α المنبه عبر ليفه(Aα 14 µ)، وتكون النتيجة

تقلص العضلة الممطة. ويمكن تقسيم منعكس التمطط حسب نمط استجابة المغزل إلى:

- **منعكس التمطط الديناميكي:**

عندما تتمطط العضلة بشكل سريع ومفاجئ تتنبه النهاية الأولية لليف داخل المغزل ذي المحفظة النووية، وتنتقل هذه التنبيهات عبر الألياف Ia ذات القطر 17.μ تكون نتيجة المنعكس الديناميكي تقل العضلة، وذلك كرد فعل معاكس لتمططها.

- **منعكس التمطط السكوني(المقوية العضلية):**

قلنا أن المغزل العضلي يخضع لشد)وبالتالي تنبيه(مستمر، ينجم ذلك عن أمرين:
أ. المسافة بين منشأ العضلة ومرتكزها أكبر من طول العضلة نفسه، مما يعني أن العضلة ممططة في حالة الراحة.

ب. الألياف : γ التي تسبب تقلص الجزء الطرفي من المغزل، وبالتالي تنبيه الجزء المركزي، وإرسال التنبيهات المستمرة عن درجة من التمطيط تخضع لها العضلة. تتنبه نتيجة لذلك النهاية الأولية والثانوية لليف داخل المغزل ذي السلسلة النووية، وتنتقل هذه التنبيهات عبر الألياف II ذات القطر 8μ . ولما كان هذا التنبيه مستمراً، فالنتيجة حالة مستمرة من التقلص العضلي، هي ما نسميه المقوية العضلية muscle tone .

ان العصبونات γ لا علاقة لها بالدائرة العصبية لمنعكس التمطط العضلي، ولا علاقة مباشرة لها بالمقوية العضلية، وإنما تحافظ على درجة من التقلص العضلي)هي ما نسميه المقوية العضلية(muscle tone) من خلال تنبيه المغزل العضلي.

نفهم من ذلك أن تنبيه(أو حتى تسهيل)، العصبونات γ يعني :

- **زيادة تنبيه المغازل العضلية**
- **زيادة الاستجابة السكونية**
- **زيادة شدة منعكس التمطط العضلي السكوني (hyperreflexia)**
- **زيادة المقوية العضلية(hypertonia) .**

وبالمقابل، فإن تثبيط العصبونات γ يعني:

- **نقص تنبيه المغازل العضلية**
- **نقص الاستجابة السكونية**
- **نقص شدة منعكس التمطط العضلي السكوني(hyporeflexia**
- **نقص المقوية العضلية (hypotonia).**

- بعض الامثلة

- لماذا لا نشعر بالم الاسنان الا فى الليل غالبا .
- لماذا لا يشعر اللاعب بألم الاصابة الا بعد انتهاء المباراة .
- لماذا لا يشعر المصاب برصاصة الا بعد حين.

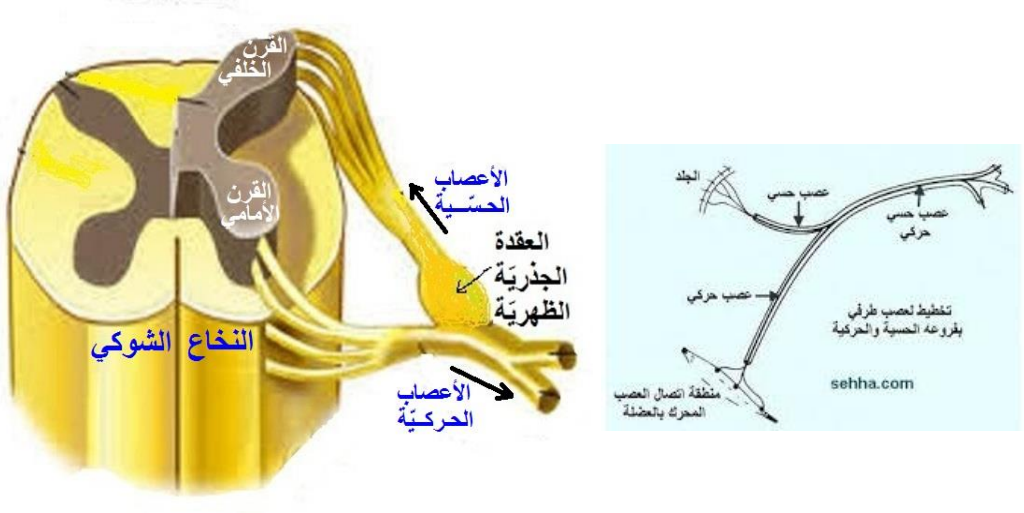
ان اعصاب الانسان عبارة عن شبكتين احدهما تصدر من الدماغ والاخرى تعود اليه.

1- الاعصاب الحركية: motor nerves

وهى المسؤولة عن تحريك المجاميع العضلية .وهى عبارة عن شبكة مصدرها الدماغ ثم الحبل الشوكى وتتشعب الى كافة انحاء الجسم .ان اى عطب او قطع فى احد هذه الاعصاب يؤدى الى توقف عمل العضلات التي تستثار بوساطة ذلك العصب .ان الشلل paralyze في اي جزء من الجسم هو نتيجة عطب او قطع فى العصب المغذي.

2- الاعصاب الحسية: sensory nerves

وهي المسؤولة عن تزويد الجهاز العصبي المركزي بما يحدث داخل انحاء الجسم .وهي عبارة عن شبكة تبدأ تشعباتها من كافة انحاء الجسم وتتجمع فى الحبل الشوكى لتذهب الى الدماغ .ان واجبها تزويد الدماغ بمعلومات حول كيفية عمل العضلات وهذا ما يسمى التغذية الراجعة الداخلية internal feedback.ان اى عطب او قطع فى احد هذه الاعصاب يؤدى الى فقدان الاحساس فى الجزء المرتبط به.



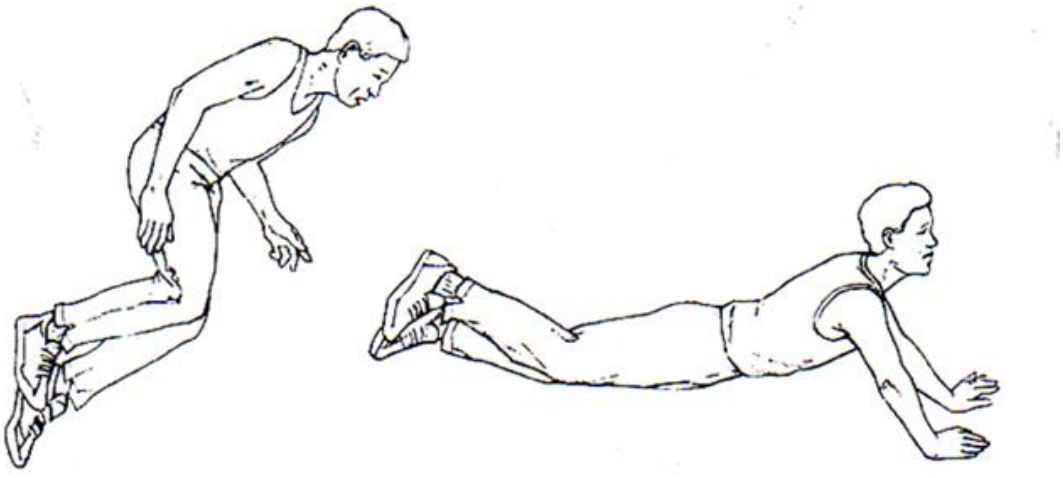
الشكل 129

الاعصاب الحسية والحركية

سنتكلم عن النوع الثاني للاجابة على الاسئلة اعلاه:

ان الاعصاب الحسية تعمل على شكل وتيرة ثابتة. اما الدماغ فانه لا يعمل على وتيرة ثابتة حيث يستلم الاحساس بشكل فاعل وقت استرخاء الجسم . وعندما يشعر الانسان بالاسترخاء اثناء الليل وعند النوم، تبدأ الرسائل من كافة انحاء الجسم الى الدماغ لتخبره عن مناطق التعب ومناطق الالم . اما خلال اليوم فان الدماغ مشغول بالعديد من الاعمال العصبية مما يجعله لا يعطى اهتماما صافيا للاحساس. اما فى اثناء المباريات او السباقات فان الدماغ مستثار بشكل كبير مما يجعله يهمل الاحساسات الواردة من انحاء الجسم. وفى اغلب الاحيان لا يشعر بالم الاصابة الا بعد انتهاء المباراة. وهذا ما يحدث عندما يصاب شخص برصاصة حيث لا يشعر باى الم الا بعد حين.

ومن الامثلة الاخرى ، نلاحظ ان هناك حركات سريعة للرأس عند تعرضة الى ضربة متوقعه من خصم او كرة و مشابهه ذلك والتي يتعرض لها الرياضي في مختلف الالعاب والحركات الرياضية ويطلق عليها ردود الفعل الناتجة عن التحفيز من تلقاء مستقبلات الرقبة بمنشط ردود فعل الرقبةproprioceptors . هذه المستقبلات تتواصل مع الخلايا العصبية الحركية لعضلات الطرف العلوي. لاحظ الشكل(129)، اذ يبدأ منشط الرقبة الاستجابة لرد الفعل الذي يسهل تقلص الباسطة للمرفق والكتف على الجانب الأيمن والعضلات القابضة للمرفق والكتف على الجانب الأيسرعند التعرض لاعاقة تسبب سقوط الجسم فالاستقبال الخارجي لردود الأفعال تؤثر بشكل كبير على حركة الجسم التي تشمل مستقبلات البصر والسمع واللمس والألم .

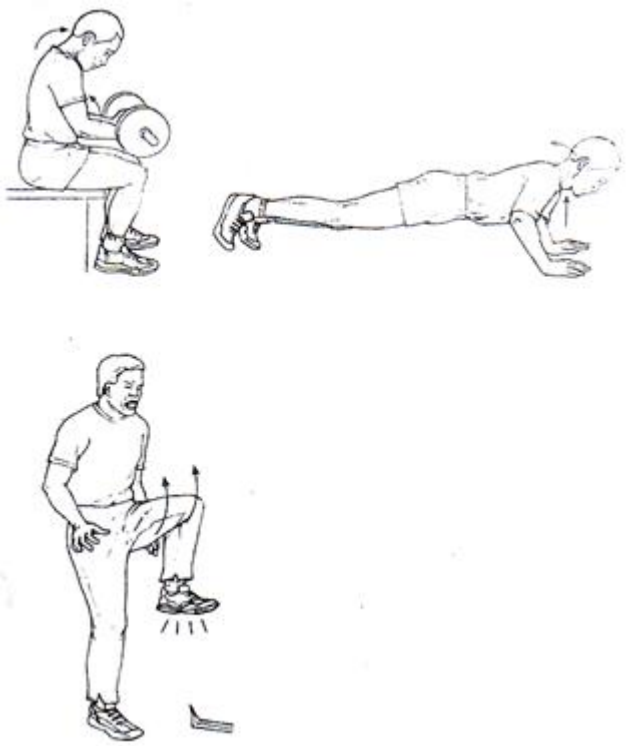


عند تعثر شخص اثناء تقدمه امام فانه لااراديا سيقوم بمدالرقبةوالظهر خلفا ومد الذراعين عبر المرفقين والكتفين كرد فل انعكاس لتفادي السقوط العنيف ويكون الاشعار بذلك من خلال لمغزل العضلي

الشكل (130)
الحركات السريعة للراس عند التعرض للاصابة

مستقبلات الألم في قوس القدم تشارك أيضا في الأفعال المنعكسة من الجهاز الحركي التي تعمل على حماية الجسم المنعكس يظهر في حركة ثني مفاصل الرجل السريعه ، أو السحب اللا ارادي الذي يحدث عندما يتم لمس الألم في مكان البعيد كألاطراف مثلا .كما هو موضح في الشكل(130) استجابة لهذا.

مستقبلات الحواس الخاصة التي تكشف عن وضع أو تغيير في الوضع القائم في بيئة الجسم .ردود الفعل هي إجراءات غير طوعية التي تنتج من المدخلات الحسية Proprioceptors. للكشف عن حالة الثبات أو تغيير في حالة نظام العضلات والعظام ، والمغازل العضلية هي التي تكشف الزيادات في طول العضلات و يبدأ عمل المنعكس مع امتداد وإطالة المغزل مع العضلات والنتائج والتي تعطي عن التقلص والانبساط بالعضلات.



الشكل(131)

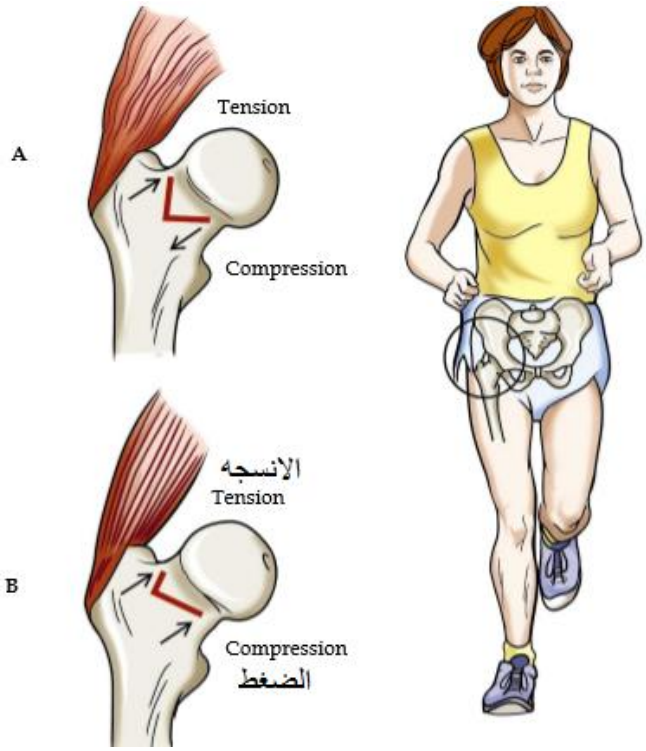
امثلة متعددة من ردود الفعل الانعكاسية

وتر كولجي يكشف التوتر في العضلات الباسطة لمفصل الكاحل ،اذ يبدأ منعكس هذا الوتر في تثبيط تقلص العضلات تحت التوتر .الرقبة والراس مشتركة بالجهاز الدهليزي بالاذن الذي يساعد بالكشف عن موقف اوالتغير بالموقف من الرأس وأيضا حركة الرأس نسبة إلى الرقبة ، وردود الفعل التي تظهر هي الي تسهم بالمحافظة على الجسم والرأس باستقامة . وردود فعل الرقبة تسهل العديد من

الاوضاع في الطرف العلوي او الاستدارة إلى أي من الجانبين .اما كريات باتشيني ونهايات الاصابع فهي تكشف عن التغييرات في الضغط والضغط المطلق .و تبدا هذه المستقبلات بالسيطرة الإرادية الحركية وتتطلب ردود الفعل الارادية وتحديد شدة النبضات العصبية إلى الخلايا العصبية الحركية.

مثال :غالبا مايصاحب حركات الركض ان يكون هناك شد عضلي غير مناسب في عضلات الذراعين والرقبة وتعد هذه حركات اضافية ليس لها معنى وتؤثر على مجمل الحركة بدنيا ووظيفيا . كيف نعالجه؟

او مثلا :تحتاج بعض الالعاب(كرة قدم او يد او سلة او تنس) الى التحكم بالقوة المطلوبة لتنفيذ مهارة معينة فضلا عن وزن الكرة او الاداة التي قد تتاثر في بعض الالعاب بالمناخ ككرة القدم .؟ كيف نعالج ذلك علميا؟ او مثلا : كيف نجعل الراكض يتحكم بطول خطوته؟



الشكل(132)

حركة الراكض

عند لحظة الاستناد يكون الضغط على رأس عظم الفخذ كبير ، وعند الوصول الى الوضع العمودي يصل الشد العضلي اقصاه في العضلة الاليوية (الوضع) وبذلك ستزداد قوة الضغط على راس عظم الفخذ.

-التدريب الحسي حركي:

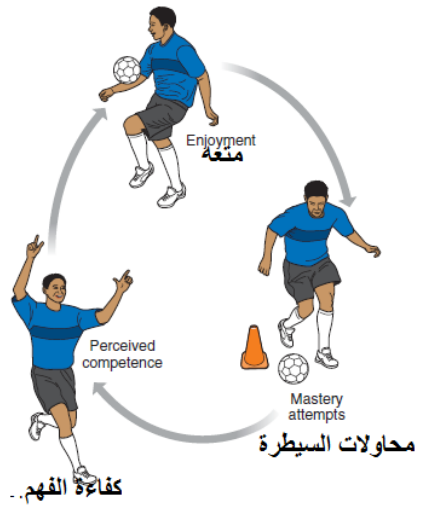
لأعادة تأهيل أصابات الجهاز الحركي ، يسود الأعتقاد بأن التدريب الحسي حركي هو التدريب المناسب لأعادة الوظائف العصبية العضلية الى وضعها السابق. حيث تخضع جميع المستقبلات الموجودة في مجموعة المفاصل وفي الأوتار والأربطة وفي أنسجة الجلد والعضلات للتدريب من أجل تعزيز أشتراك جهاز المستقبلات الحسية في التطبيقات العملية. والهدف من ذلك هو تطوير فعالية الموردات الحسية الراجعة من أجل تحقيق سيطرة فعلية على الأطراف وأيجاد منفذ عصبي عضلي مناسب الى العضلات المحيطة بمجموعة المفاصل. قام بعض العلماء بمقارنة أستقرار قوام الجسم لأفراد عينة يتمتعون بصحة جيدة وبين أفراد يعانون من أصابة مزمنة في الكاحل. دراسات أخرى بحثت في الاحساس بالزوايا للمفاصل عند أداء حركات مختلفة تحت ظروف ايجابية أو سلبية ، كشفت هذه الدراسات عن وجود عجز في جهاز المستقبلات الحسية عند اداء زوايا حركية معينة لدى الأفراد الذين يعانون من أصابة مزمنة في الكاحل.

وفي تجارب أخرى عن مفاصل الركبة والكاحل ، أفترض الباحثون أن لتعزيز جهاز المستقبلات الحسية الأثر في تفعيل العضلات المحيطة بمجموعة مفاصل. مع هذا، فقد كان هنالك بعض الدراسات القليلة الضابطة التي أشارت الى وجود تطور في الموردات الحسية المنقولة الى العضلات بعد التدريب.

حيث قام كولهوفر وهو احد علماء الفسلجة، خلال سلسة من التجارب، بدراسة التكيفات العصبية العضلية التي تتبع تطبيق التدريب الحسي حركي. وأعتمد في توضيح قابلية التكيف للموردات الحسية والمصدرات الحركية على جمع البيانات التجريبية . تم في هذه الدراسات برهنة الفرضية التي تشير الى الأثر الأيجابي للتدريب الحسي حركي المصمم خصيصا لأعادة التأهيل على النشاط العصبي والقوة اثناء المد القصوي الثابت للرجل . وأستعان غولهوفر في دراسته بعينة تتكون من 12 فرد من الأناث على مدى 4 أسابيع قبل وبعد تطبيق المنهج التدريبي وبمعدل 8 وحدات تدريبية. زمن كل وحدة (60 دقيقة) وتتكون هذه الوحدات من عدة تمارين متنوعة للتوازن وثبات الجسم ، لا يسمح خلالها بأستخدام تمارين تدريب القوة التقليدية. وكشفت التخطيطات الكهربائية لعضلات الساق وكذلك القيم المعلمية المتغيرة للقوة المحصلة من قياسات القوة القصوية الثابتة عن وجود زيادة معنوية في فاعلية الجهاز العضلي عصبي والقدرة الثابتة بعد انتهاء فترة التدريب. من هذا يتضح دورالتدريب الحسي حركي في أحداث أفضل التكيفات العصبية العضلية في مستهل أنتاج القوة. اذ تظهر القوة اللحظية و فاعلية الجهاز العضلي عصبي عند بداية الحركات الأرادية وقد زادت بشكل فعال. وهي تعكس مقادير الزيادة الحاصلة في القوة وفاعلية الجهاز العصبي مراحل التكيف التي تطرأ على مستوى الخلايا الحركية عصبية. فقد أشارات دراسات عن انقباض العضلات الأرادية في فعالية

المشي وفاعليتة الى حدوث التغذية الحسية الراجعة عند بداية العمل العضلي. كما اشار كلا من (مونييه و بييرو- ديسيلغني)الى اسهام الموردات الحسية الراجعة -Ia afferents في تسهيل عمل العضلات المتماثلة والمتعاكسة من الناحية العملية ، يجدر الأشارة الى ان زيادة القوة من خلال ضبط الجهاز العصبي عضلي هي أحد العوامل المهمة والمسببة لتشنج العضلات المحيطة بالمفاصل. لذا ، يمكن الأفتراض بأن للتدريب الحسي حركي الأثر الكبير على المستقبلات الحسية للعضلة العاملة. توعز هذه الزيادة الحاصلة الى تكيف أعاقة الخلايا الحركية عصبية قبل نقطة الأشتباك العصبي presynaptic. وعلى خلاف مايحدث في تدريب القوة التقليدي ،لا ترتبط الزيادة الحاصلة في قيم معدل تطور القوة RFD مع زيادة القوة القصوى.عليه، يجوز الأقرار بالدور الفعال للتدريب الحسي حركي في زيادة قوة منافذ الجهاز العصبي عضلي الى الوحدة الحركية عصبية، ولكن ليس في زيادة القوة الأنقباضية للعضلات تحت الظروف القصوى.وقد تنجم زيادة فاعلية الجهاز العصبي العضلي من زيادة فعاليات الثني التي تعمل على مستوى الخلايا العصبية الشوكية اثناءالتدريب.

وخلاصة لما تقدم ، لايعتبر تكيف الجهاز العصبي العضلي حالة فريدة من نوعها ولكن في نفس الوقت يصعب التعرف عليها. وهنالك أحتمالات عديدة للجهاز العصبي تدفعه الى تسهيل أو أعاقة عمل الخلايا الحركية العصبية. اذ خرج عدد كبير من الدراسات المبنية على التخطيطات الكهربائية للعضلات بدليل يشير الى حدوث زيادة نوعية في التكيف العصبي بعد تطبيق برامج تدريبية مختلفة. تم الكشف مؤخرا عن معلومات تفصيلية توضح آليات العمل على مستوى الخلايا العصبية الشوكية بأستخدام تقنيات حديثة. اذ تم التعرف على درجة تأثيرالأعاقة قبل نقطة الأشتباك العصبي presynaptic على حساسية الخلايا الحركية العصبية بواسطة تقنيات H- reflex . كما تم التمييز بين التكيفات السطحية والتكيفات المركزية الناجمة عن التدريب بواسطة التحفيز المغناطيسي للأعصاب القحفية --TMS (transcranial magnetic stimulation). يوصى في المستقبل بضرورة توحيد الأدوات المختلفة للطرق الكهروفيزيولوجية electrophysiological methods لفحص التغيرات الحاصلة في المسارات الحركية القشرية والمسارات الشوكية الأنعكاسية وكذلك لتفسير التغيرات الحاصلة في خصائص الخلايا الحركية العصبية، اذ ان التحكم والسيطرة العصبية من خلال الجهاز العصبي المركزي ووفق المستوى البايوميكيانيكي ستعطي التحفيز العصبي المناسب لتطبيق الخطة الحركية واصدار النتائج الخاصة وباوامر الحركة ،(لاحظ الشكل 133).



الشكل (133)

السيطرة العصبية والتحكم وفق المستوى البايو ميكانيكي

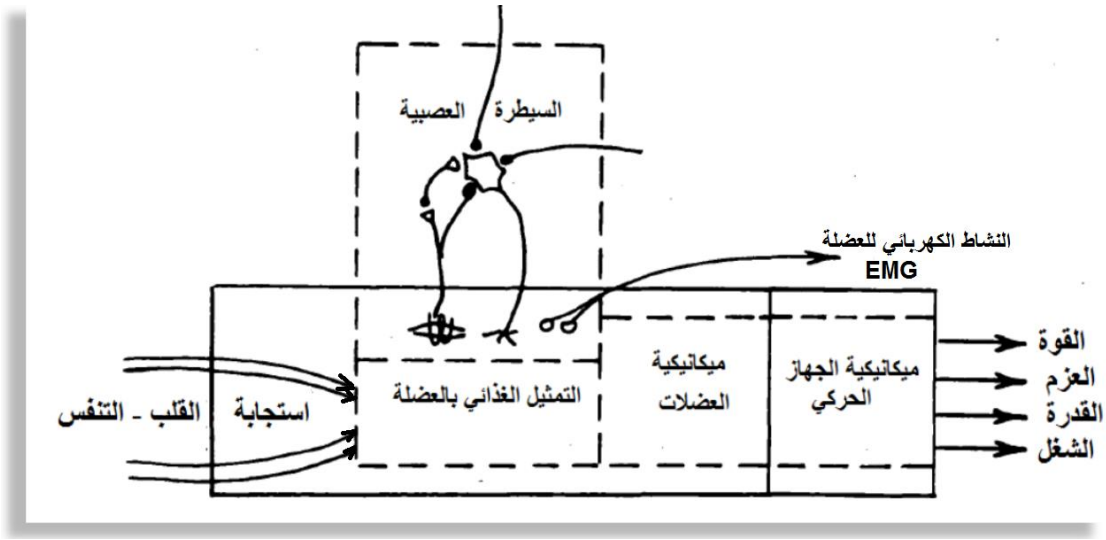
ومن جهة اخرى ايضا تلعب العوامل النفسية ، كالتحفيز اللفظي الى يوجه الى اللاعب من قبل المدرب دورا في نجاح اللاعب في تطبيق الحركات والمهارات الرياضية ، الشكل (134).

الشكل 134

التحفيز الخارجي اللفظي والاداء الحركي

ـ المؤشرات البيوميكانيكية المرتبطة بالمؤشرات الفسيولوجية:

تركز الدراسة البيوميكانيكية للحركات الرياضية في الربط بين مسببات الحركة داخليا ومايقابلها من مقاومات خارجية في التاثير على الاداء الرياضي وظهور مختلف الحركات . ونحاول هنا التركيز على الوصف الخارجي للحركة بعد ان يتم فهم العمليات الداخلية المصاحبة للاداء . وهذا يعني الدراسة الدقيقه التي تتضمن بيان التفاعل الداخلي للعضلات والاربطة والاوتار وما يصاحبها من تكيف مطلوب للتغلب على المقاومات الخارجية بمختلف المهارات والحركات الرياضية، التي تلعب فيها التفاعلات الداخلية بين اجهزة حركة اللاعب دورا اساسيا للتعامل مع الاجهزة والادوات والملعب للتغلب على الزمن والمسافات والارتفاعات والادوات والاجهزة الرياضية.فضلا عن ان العمل العضلي يرتبط بنظام التغذية والسيطرة العصبية التي هي المسئوله عن الانقباض العضلي والذي بدور لايتم ان ان يتكامل جهاز الدوران والتنفس للقيام بالتغذية الصحيحة للعضلة التي تقبض والتي تؤدي واجب ميكانيكي يتبلور في ظهور الحركة بدلالات القوة والعزم والشغل والقدرة، لاحظ الشكل (135)



الشكل 135

ارتباط العمل العصبي والقلب والتنفس بميكانيكية العمل العضلي والجهاز الحركي

ولمعرفة أثر التدريب على القوة الأنقباضـية للعضـلات التي تعد القوى الداخلية و تعد ايضـا السـبب الحقيقي لظهور مختلف الحركات وما تمتاز به من سـرعة و اسـتمرار لهذه السـرعة او انتقال بالهواء اوما شـابه ذلك لكثير من الحركات نقول ان اهم قدرة بدنية يكون مسؤول عنها الجهاز العصبي والجهاز العضلي هي القوة ، اي من وجهة نظر البيوميكانيك ـ الجانب الكينتيكي تحديدا ، يسبب بذل القوة في انتقال للجسم من خلال خطوات متتابعة ومتزايدة، واذا كان

معدل بذل القوة باقل زمن فان التردد يكون باعلى مايمكن، عندئذ تظهر السرعة القصوى ، واذا كان بذل القوة باقل من القصوى يظهر تحمل السرعة ، واذا كان بذل القوة باقل من ذلك يظهر لنا التحمل لمسافات طويله ، وهكذا لبقية الالعاب اذ تبذل القوة ووفقا للحاجة منها كالانتقال السريع والخاطف بكرة السلة او اليد او القدم ، او لاستمرار الركض وفق الحالة الهجومية او الدفاعية لهذه الالعاب ، او قد تستخدم القوة باعلى حالاتها لاداء قفز قصوية (افقية او عمودية) او لرفع ثقل قصوى او لتغير الاتجاه او .... الى عدد لايحصى من المهارات.

القصد مما تقدم ان القوة العضلية هي المسبب لانتقال الجسم ووفق طبيعة وهدف ذلك الانتقال ، لذا فان القوة هي قدرة بدنية حقيقية ،اما السرعة او تحمل السرعة او التحمل او القوة المميزة بالسرعة او الانفجارية او الرشاقة ... فانها قابليات تنتج عن بذل القوة وحسب نوعها ، ويمكن تدريب هذه القابليات عن طريق تدريب القوة او تدريب ما ينتج من قابليات كينماتيكيا(اي ظاهريا) من خلال تعديل السلوك الحركي المتضمن الشروط الميكانيكية الخاصة بكل قابلية . وهذا ما اشارت اليه كل القوانين الميكانيكية التي ترتبط بالاداء وبهذه القابليات تحديداً، وسوف نشير اليه بالاتي:

- **السرعة: سواء الخطية او الزاوية.**
- **تحمل السرعة .**
- **التحمل.**
- **الرشاقة.**
- **القوة السريعة.**
- **التوافق.**

-المبادئ الميكانيكية المرتبطة بالاداء الحركي المهاري :

يتحدد المدى الحركي لاي مفصل بمرونة الاربطة والانسجة المحيطة ومطاطية العضلات العاملة ، عليه ولذا فان زيادة مدى المفصل يرتبط باطالة هذه الاربطة والعضلات .ان اطالة هذه الاربطة يجب ان يتم باسلوب متدرج.

يجب ان لاتزيد مديات المفاصل عن قدرة العضلات المسئولة عن المحافظة على الاوضاع الصحيحه كما اوضحنا سابقا .اما المبادئ المرتبطة بالتركيب العضلي ووظائف الجهاز العصبي فهي :

•المبادئ التشريحيه : ان جميع الحركات الرياضية لها ارتباط بالمبادئ التشريحيه لارتباط هذه المبادئ بالخصائص الدقيقه للاداء من جهة وارتباطها بالاسس والمبادئ الميكانيكية التي تحكم الحركة، وكما يلي :

- كما ذكرنا ان انقباض العضلات يكون بفاعلية اكبر اذا ما وضعت هذه العضلات بحالة اطالة قبل بدء 0% من الطول الحقيقي للعضله (مع الاخذ بنظر الاعتبار ان لاتزيد الاطالة عن 120% من الطول الحقيقي) وهذا المبدأ يفسر اهمية الوضع التمهيدي كمرحله اساسية في العديد من المهارات الرياضية(رمية جانبية بكرة القدم،رمي الرمح، الركلة ،الضرب الساحق...الخ) .

ان القوة العضلية تنمو بزيادة الحمل المستخدم عند التدريب ويعرف ذلك بمبدأ التحميل - وهو يعني ان العضلة يجب ان تحمَّل احمال تكون اقرب مايكون الى ما اعتادت عليه العضلة، فالقوة العضلية لايمكن ان تنمى من خلال تكرار العمل ضد مقاومات متواضعة.

تؤدي الحركات الاضافية الى تشنج في العضلات وعدم توافر الانسيابية والتوافق وظهور التعب المبكر، لذا يجب عزل هذه العضلات اثناء الاداء ويتم ذلك بالتكرار المستمر وتنمية الادارك الحس حركي وتحسينه من خلال التدريب.

يمكن تطوير الاداء المهاري المتميز المنتظم والفعال للمهارة مع توفر الضبط المطلوب لميكانيكية العمل العضلي العصبي وتأكيد التوافق الجيد في الاداء .ان اكثر انواع الحركات فاعلية هي الحركات السريعة ، كما في مهارات الرمي والضرب والقفز ، لذا يجب ان يغلب هذا الطابع على انواع التمارين المستخدمه في التدريب حتى في مراحل التعليم المهارة الاولى اولا ثم يجب التأكيد على دقة الاداء في مرحلة تالية من التدريب.

كذلك يجب التاكيد التدريب الحس حركي لدى المبتدئين الذي يعد عاملا رئيسيا في تعليم المهارة اذ ان تنمية الادراك المبتدئ وضمن الادا ء المهاري من خلال المستقبلات الحسيه الخاصة سيؤدي الى تطويرالمهارة باي حال من الاحوال .
ان اختيار العتلة والملائمة من عتلات الجسم المشاركة في الاداء يتطلب الالمام التام بخصائص ومميزات وعيوب العتلات وكيفية تدريبها بشكل عام، كاستخدام العتلات ذات اذرع المقاومة الكبيرة لزيادة المدى الحركى لزيادة السرعة، واستخدام العتلات ذات اذرع القوة الكبيرة لاداء الحركات التي تتطلب قوة .

لذا فان ارتباط المبادئ الوظيفية والتركيبية بالمبادئ الميكانيكية ينطوي على بعدين رئيسين يجب الالمام بهما :

- البعد الاول هو المبادئ الميكانيكية المفسرة للاداء.
- والبعد الثاني هو المبادئ والاسس الوظيفية والتركيبية.

وكلا البعدين يرتبطان ببناء المهارة والهدف منها . فالبعد الاول يرتبط باتقان الاداء

وتوصيف المهاري ، فمميزات الجسم البشري وحركاته تحتم علينا ان نعلم المتعلم للإطار العام للفكرة من الاداء ، والبعد الثاني يساعد على فهم طبيعة عمل العضلات المسئولة عن تطبيق هذه الحركات .الحركة من وجهة نظر الميكانيكيا الحيوية.

تعرف حركة الانسان من الوجهة الميكانيكية بأنها " تغير موضع الجسم او اجزاؤه في الفراغ وفي زمن محدد بالنسبة للأجسام الأخرى من خلال تطبيق مقادير متغيرة من القوة او العزوم . و ينطوي جوهر الحركة علي العلاقات الزمنية والمكانية ، ويفترض ان يكون هذا التغير في الحركة في الفراغ وفي الزمن بدلالة احد صور الاتية التي يكون مسبباتها التبادل بين القوى الداخلية والخارجية وهي:

- **التغير في الموضع (حركة جسم الى نقطة ثابتة نسبيا).**
- **تغير الحركة بين جسمين(السرعة النسبية بين حركة جسمين وفق الاحداثيات).(سرعة الجسم الاول واتجاهه – سرعة الجسم الثاني واتجاهه)**
- **التغير المستمر لحركة الجسم (التعجيل بكل انواعه) (ق = ك جـ).**

وعلى كل حال فجميع هذه الحركات تدخل في اطار نوعين اساسين فقط من انواع الحركة هما:

1- الحركة الخطية.
2- الحركة الزاوية.

ولتعيين موضع الجسم المتحرك ، نثبت مجموعة من محاور الاحداثيات لإمكان دراسة حركة الجسم بالنسبة اليه ، ويطلق عليها مجموعة محاور الاحداثيات المتعامدة و يتكون القياس بوجه عام وفقا لهذه الاحداثيات الفراغية ، لتحديد موضع مركز ثقل الجسم ،او مركزثقل جزء من اجزاؤه، علاوة على قياس الزمن . ومن خلال ذلك يتم قياس المجال المكاني (المسافة او البعد الحقيقي لحركة الجسم) والمجال الزماني وما ينتج عنهما من معدل سرعة ناتجة حقيقية.

وتجري حركة الأجسام في الفراغ مع مرور الزمن . ويقصد بالفراغ حركة الجسم بفراغ ذو الابعاد الثلاثة . ويؤخذ المتر وحدة الطول عند قياس المسافات ويؤخذ الثانية كوحدة للزمن.

والزمن عبارة عن كمية قياسية متغيرة باستمرار ، وفي مسائل الكينماتيكا يؤخذ الزمن كمتغير مستقل ، وتعتبر الكميات المتغيرة الأخرى (مثل السرعة والمسافة ....الخ) كميات متغيرة بمرور الزمن.

ويحسب الزمن من لحظة ابتدائية (t = 0) يتفق علي اختيارها في كل حالة وتتعين اللحظة الزمنية الابتدائية المعطاة " ti " بعدد الثواني التي مرت من اللحظة البداية حتى لحظة نهاية الحركة ، ويسمي الفارق بين أية لحظتين زمنيتين بالفترة الزمنية،

والحركة من الواجهات الميكانيكية المحددة بمكان وزمان ، ولذا فانه من المستحيل فصل الزمان والمكان عن المادة المتحركة ونحن نحكم علي حركة جسم ما بانتقاله بالنسبة لغيرة من الاجسام وانتقال جسم بالنسبة للأجسام الأخرى يسمي " بالحركة الميكانيكية."

اما السكون فنعني به سكون الاجسام سكوناً نسبياً ، أي عدم حركتها بالنسبة لجسم اخر التي غالبا ماتكون بالكرة الارضية ، فالسكون المطلق غير موجود باعتبار ان الاجسام الساكنة تتحرك في الواقع بالاشتراك مع الارض حول محورها وحول الشمس. وترسم كل نقطة من نقاط الجسم المتحرك اثناء حركتها بالنسبة لنظام محاور معين مسارا بشكل محدد ، وهذا الخط يسمي بخط السير ويمكن ان يكون خط السير مستقيما او منحنيا وتبعا لذلك تسمي الحركة الحركة المستقيمة او المنحنية.كما ان النقط خلال حركتها تقطع مسافة معينة تعتمد قيمتها علي فترة زمنية معينة وعلى سرعة حركة الجسم ، فإذا ماقطع الجسم مسافات متساوية في فترات زمنية متساوية كانت سرعة الجسم ثابتة وسميت حركة الجسم المنتظمة ، اما في حالة عدم توافر هذا الشرط فالحركة تسمي الحركة غير المنتظمة او المتغيرة، فإذا تغيرت السرعة في فترة زمنية متساوية بمقادير متساوية فالحركة تسمي منتظمة التغير (منتظمة التسارع او منتظمة التباطؤ) ومقياس تغير السرعة يسمي التعجيل.

اما انواع العمل العضلي المرتبط بنوع العتله من الجانب الميكانيكي ، فعند مراقبة عمل العضلات من الضروري التمييز بين عملها الحركي (الديناميكي) وعملها الثابت ، العمل الديناميكي يعني ان هناك تأثير قوي على منشأ ومدغم العضلة مما يؤدى الى أحداث تغير في طول العضلة، حيث تسبب القوة العضلية تحريك منشأ ومدغم العضلة باتجاه بعضهما الآخر ، ويسمى هذا العمل العضلي بالتقلص المركزي (اى ان العضلة قصر طولها) أما اذا أنتجت العضلة القوة بينما لم يلاحظ تباعد بين المنشأ والمدغم) تحاول العضلة الحركة مع الجاذبية الارضية (، يسمى هذا العمل بالتقلص اللامركزي). و على الرغم من محاولة العضلة على التقصير ، لكن هناك قوى خارجية تحاول أطالتها(، وعندما تتقلص العضلة بدون حدوث اية حركة في المفصل ، يسمى هذا التقلص العضلي بالتقلص الثابت سواء كان الثبات والعضلة منقبضة انقباضا مركزا او لامركزيا.

كل ما تقدم هو مقدمة للدخول بحديث اوسع عن ارتباط الميكانيكيا بالفسلجة الرياضية .فمصطلح الكفاءة العضلية او كفاءة الليفه العضلية ، يعني قياس اقتصاد الليفة العضلية ، وهذا بمعناه ان الليفة العضلية الكفء ستتطلب طاقة اقل لاداء مقدار معين من العمل مقارنة بالالياف الاقل كفاءة، وعمليا يتحقق ذلك من خلال قسمة ناتج الشغل المبذول (جول) على كمية الطاقة الحيوية المستخدمة (سعرة).

وهنا يبادر سؤال الى اذهاننا ، هل الالياف السريعه تبذل قوة اكبر من البطيئة؟

- **الميكانيكا الداخلية للقوى وتاثيرها على حركة الجسم:**

يتم تحديد حركات الجسم ككل من قبل قوى خارجية على الجسم والتس تسبب في ظهور السلوك الميكانيكي الخاص بالجسم (المظاهر الكينماتيكية) ، ولكن ماذا عن القوى الداخلية التي تمسك الجسم معا؟ كيف يمكن لهذه القوى ان تؤثر على الجسم وحركته؟ هذه الأسئلة. تتم معالجتها في الفصول القادمة، ويخصص معظمها "الحيوي" جزء من الميكانيكا الحيوية. ويتضمن ميكانيكا المواد البيولوجية.

الفصل الرابع

- المؤشرات الحركية المرتبة بالاداء
- قياس الانسياب الحركي بدلالة تغير الزخم الخطي للجسم
- كفاءة الانسيابية
- ظاهرة النقل الحركي بين اجزاء الجسم المختلفة من خلال قانون انتقال الزخم
- مفهوم النقل الحركي من وجهة النظر البيوميكانيكي وفق حركة كتل أجزاء الجسم وسرعتها
- استخدام زاوية الطيران وتناقص الطاقة الميكانيكية كمؤشر للنقل الحركي للجسم عند لحظات القفز العمودي
- استخدام زاوية الطيران وتناقص الزخم الخطي كمؤشر النقل الحركي للجسم عند لحظات القفز الافقية
- قياس الايقاع الحركي
- الدقة الحركية
- دقة الاداء المهاري
- زوايا الاطلاق والهجوم والاتجاه في المقذوفات وعلاقتها بالاداء المهاري
- المبادئ الميكانيكية الاساسية لدقة ظهور الحركات
- التوقع الذاتي
- التوازن الحركي
- الثبات (الأستقرار
- مقاييس درجة الثبات
- الإتزان
- مهارات العضلات الدقيقة – مهارات العضلات الكبيرة
- مهارات مستمرة، ومهارات متماسكة، ومهارات متقطعة
- مهارات السيطرة الذاتية – مهارات السيطرة الخارجية
- مهارات مغلقة – مهارات مفتوحة
- القدرة الانجازية
- مقومات القدرة الانجازية
- مساهمة الطاقة الحيوية بالقدرة الانجازية
- المساهمة البيوميكانيكية في القدرة الانجازية
- مساهمة القدرات البدنية في القدرة الانجازية
- مساهمة التدريب الرياضي في القدرة الانجازية

- **المؤشرات الحركية المرتبة بالاداء**

غالباً ما يمكن تقسيم المهارات الحركية الرياضية إلى ثلاثة اجزاء واضحة ، ولا يبدأ التكوين الحركي بأداء الواجب الحركي بصـــورة مباشـــرة إذ يســـبق المرحلة الرئيسية التي يتعين أثناءها أداء هذا الواجب الحركي مرحلة أخرى تكون طويلة أو قصـيرة ، يطلق عليها اسـم "المرحلة التمهيدية" ، وعند الانتهاء من أداء الواجب الحركي ، أي عند انتهاء المرحلة الأســاســية فإن الأداء الحركي لا يتوقف لتوه ، وإنما يضعف تدريجياً وهو ما نطلق عليه اسم "المرحلة النهائية".

و يتكون البناء الحركى فى الغالب لمعظم المهارات الرياضية داخل احد الأشكال التالية :

- **قياس الانسياب الحركي بدلالة تغير الزخم الخطي للجسم**

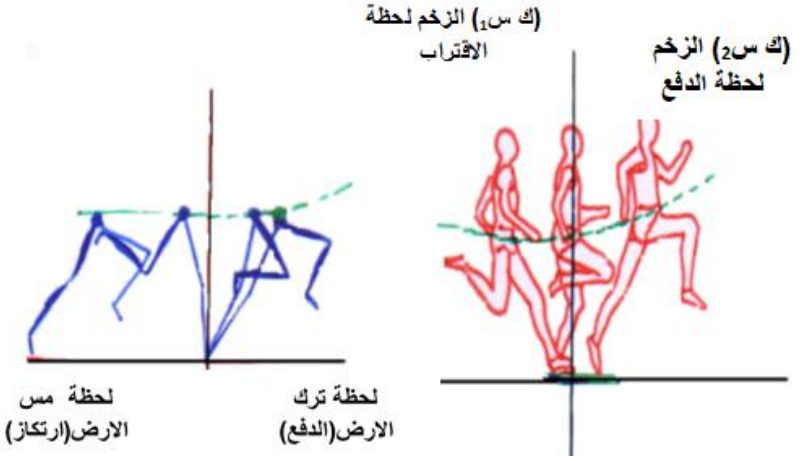
الانســـياب الحركي يعني ان يمتلك اللاعب القدرة على التوزيع الأمثل للقوة العضـلية المبذولة خلال زمن أداء الحركة ،ومن وجهة النظر البيوميكانيكية تعني وجود توافق في الدفع بين أجزاء الحركة المختلفة وباقل مايمكن من فقدان لكمية الزخم التي يمتلكها اللاعب وذلك يعني وجود تعاقب بين ظهور القوى أي بين نهاية الحركة الاولى مع بداية الحركة الثانية، وبداية ونهاية الحركة ترتبط بتعاقب متكامل بين دفع القوة عند الارتكاز والدفع (بدون وجود تناقص كبير للسرعة).

ويعتبر الانسياب الحركي الأساس الجيد للحركة المثالية ، لهذا فان الأساس التي يعتمد عليه في تطبيق انسيابية عالية في الحركة هو:

امتلاك اللاعب كمية الحركة خلال الاقتراب لغاية مس القدم الارض (ارتكاز القدم)اي امتلاكه زخم ابتدائي ، ومقدار الزخم النهائي الذي يمتلكه خلال مرحلة الدفع وهذا يعني اعتمادنا على قانون الدفع اللحظي المشتق من قانون نيوتن الثاني لمراقبة التغير الحاصل بالزخم والذي يعكس وجود انسيابية عالية من عدمها وكما يلي:

دفع القوة = التغير في الزخم..... (قانون نيوتن الثاني)

فإذا كان قيمة تغير الزخم سالبة وكبيرا (أي ناتج ضرب كتله اللاعب في سرعة اقترابه في لحظة مس الأرض تكون اكبر بكثير من ناتج ضرب نفس الكتلة في السرعة الثانية لحظة ترك الأرض). فان ذلك مؤشر على ضعف اللحظة الزمنية التي يؤدي اللاعب بها الدفع في أثناء الارتقاء. وهذا يعني دفع قوة ضعيف والذي يعني عدم تكامل انسياب حركة الجسم خلال هذه اللحظة،ويمكن التعبير عن علاقة الدفع والزخم بالمعادلة الاتية :-



شكل (136)

الانسيابية بدلالة تغير الزخم عند القفز

الدفع اللحظي =Δ بالزخم الخطي

ولتوضيح عناصر المعادلة السابقة نوجزها بالنتيجة الاتية:-

القوة × الزمن= الكتلة× التغير بالسرعة(•)

ق ن= ك (س2 – س1)

اي دفع القوة = التغير بالزخم

مثال (لاحظ الشكل(135): اذا كان رياضي كتلته 70 كغم ويركض بسرعة 7 م/ث(وهي سرعة اقترابه لحظة مس الارض) لاداء قفز طويل, وبلغت سرعته لحظة انطلاقه 6.5 م/ث عند الدفع ، فان تغير زخم جسمه (كمية حركة الجسم) في لحظة الارتقاء، تبلغ كما يلي:

دفع القوة = التغير في الزخم

دفع القوة = 70 كغم (6.5 م/ث – 7 م/ث) = - 35 كغم.م/ث

وهي قيمة قليلة تدل على فقدان قليل جداً بالزخم وفقا لمتطلبات القفز هذه، وهذا يدل على ان دفع القوة كان جيداً لديه في هذه اللحظة وان دفع القوة الجيد هذا دل على ان انسيابية لحركة جيدة عند الارتقاء وبدون ان خلل فيها.

•) اشتقت هذه العلاقة من قانون نيوتن الثاني وكما يلي:
ق =ك ج ، ولما كان ج = (س$_2$ –س$_1$ / ن) ، لذا فان ق = ك (س$_2$ –س$_1$ / ن) ، لذا فان(ق ن = ك س$_2$ – ك س$_1$)، اي ان دفع = التغير بالزخم.

اما اذا كانت سرعته انطلاقه لحظة الدفع مثلا 4.5 م/ث مثلاً فيكون التغير(-175 كغم.م/ث)، وهذه القيمة اكبر من السابقة وتدل على تغير كبير بالزخم وهذا يعني ضعف واضح في دفع القوة والتي تعني انسيابية ردئية.

الاستنتاج العلمي :

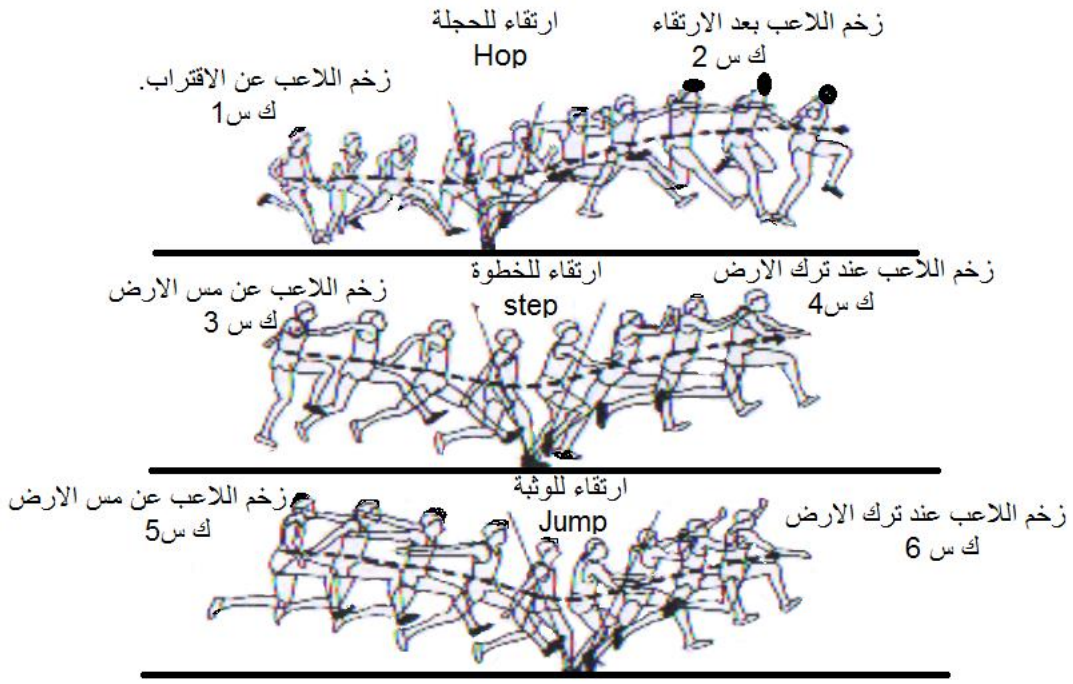
ان قيمة تغير الزخم عندما تكون موجبه بين اللحظات الزمنية المكون للأداء،فان قيمة الانسيابية تكون مثالية (كما هي الحال عند الانطلاق من الثبات او عند التحرك لأخذ موضع محدد في ملعب كرة القدم او السلة او اليد،او عند اداء حركات الجمناستك الأرضية.....الخ)اذ تتطلب هذه الحركات تزايد سرعة.

أما اذا كان تغير الزخم بقيمة سالبة قليله (أي كلما كانت القيمة بأقل مايمكن وبإشارة سالبه) فان ذلك يدل ايضا على انسيابية عالية خصوصا عند لحظات الربط بين الاقتراب والقفز (وثب طويل – ثلاثي- تهديف من الحركة والقفز – ضربة ساحقه من القفز .....الخ) والعكس صحيح اذا ظهر غير الذي اشرنا اليه اعلاه ، اذ ان ذلك يدل على انسيابيه ضعيفه.

اما اذا كانت قيمة تغير الزخم تسوي صفر، فان ذلك يدل على انسيابية ثابتة لانتظام السرعة .

هذه النتائج تعطي قيمة رقمية للتغير الحاصل بسرعة الجسم والتي تعطي فكرة عن عدم اتمام الدفع اللحظي المناسب من عدمه للحفاظ على الاستمرار بالسرعة المطلوبة والتي تعبر عن انسيابية الحركة من خلال كمية حركة الجسم والتي تم قياسها من حاصل ضرب كتلة الجسم × سرعته عند كل لحظة زمنية اي في لحظة مس القدم وفي لحظة تركها نستطيع تقييم الحركة ، اذ انه في هذه اللحظات لابد ان تحدث خلال انتقال الجسم سواء عند الركض او عند القفز لاداء مختلف المهارات الحركية.

ولهذا يمكن قياس التغير في الزخم بثبات كتلة الرياضي وتغير سرعته من عدمه للدلالة على انسيابية الحركة ان كانت تمت بشكل جيد ام رديء , وهذا مقياس كمي حقيقي يعبر عن مظهر من مظاهر الحركة كان لحد الوقت الحاضر يقاس وصفيا عن طريق النظر (نوعيا) لذا فإنه يمكن القول على ان انسيابية الحركة = التغير بالزخم على اعتبار ان دفع القوة الجيد يعني الانسيابية الجيدة وفقا لقانون نيوتن الثاني . وقد تم تطبيق هذا القانون في بحوث علمية تطبيقية داخل العراق .



يمكن قياس انسيابية اداء واثب الثلاثية خلال مراحل الاداء وفقا لقانون الدفع اللحظي ، اذ يحقق الدفع اللحظي الجيد والمحافظة على قيمته خلال مس وترك الارض في كل مرحلة افضل محافظة على الزخم الخطي وفق القانون الاتي (بعد الاستعاضة عن الدفع اللحظي):
الانسيابية = التغير بالزخم خلال مرحلة الارتقاء

شكل 137

امكانية قياس الانسياب الحركي بدلالة تغير الزخم عند الانتقال بين مراحل الحركة المختلفة للوثبة الثلاثية(الحجلة والخطوة والوثبة)

- **مثال تطبيقي اخر لواثب الثلاثية:**
  - ✓ **سـرعة الاقتراب لحظة مس اللوحة (لوحة الارتقاء) هي 9.85 م/ث (السرعة الابتدائية الاولى)**
  - ✓ **سرعة الانطلاق للحجلة (السرعة النهائية الثانية) هي 8.15 م/ث**
  - ✓ **سرعة اللاعب لحظة مس الارض بعد الحجلة (الارتقاء في الخطوة) هي 8 م/ث(السرعة الثالثة)**
  - ✓ **سرعة الانطلاق في الخطوة(السرع الرابعه) هي 7.35 م/ث**
  - ✓ **سـرعة اللاعب لحظة مس الارض بعد الخطوة(الارتقاء للوثبة) هي 7 م/ث (السرعة الخامسة)**
  - ✓ **سرعة الانطلاق في الوثبة (السرعة السادسة) هي 6 م/ث**
  - ✓ **كتلة اللاعب هي 78 كغم**

يمكن حسـاب التغير بالزخم خلال مراحل الاداء والتعرف على انسـيابية مسـار اللاعب من خلال القانون (الانسيابية = △ الزخم) وكما يأتي:

- **مرحلة الارتقاء للحجلة**

الانسيابية = ك (س2- س1)

= 78 (9.85-8.15) = (- 132.6) كغم.م/ث للحجلة

- **وللخطوة = ك (س4- س3)**

= 78 (7.35 - 8) = (- 0.65) كغم.م/ث للخطوة

- **وللوثبة = ك (س6- س5)**

= 78 (7-6) = (- 78) كغم.م/ث للحجلة

ولتفسير النتائج نقول ان افضل انسيابية كانت خلال الارتقاء للخطوة لان قيمة الانسيابية كانت باقل فرق سالب للزخوم وهذا يعني اقل مقدار لفقدان الزخم الخطي والذي يعني محاولة الحفاظ عليه باقل قيمة للتناقص به، وتليه الانسيابية في مرحلة الارتقاء للوثبة(المرحلة الثالثة) اذ جاءت بالمرتبة الثانية من ناحية التناقص بالزخم ثم الانسيابية عند الارتقاء في الحجلة (المرحلة الاولى) اذ كانت اكبر من قيم التغير بالزخم لباقي المراحل ، وبشكل عام ان القيم التي ظهرت لاتدل على انسيابية جيدة خلال المراحل الثلاث اذ يفترض ان يكون التغير بالزخم بقيم متقاربة بين المراحل وبدءً من المرحلة الاولى وصولا الى المرحلة الثالثة ، لذا فان مؤشر الانسيابية هنا يشير الى وجود خلل في مسارات هذا اللاعب ينبغي ايجاد حلول تدريبية لتلافيه ، ومن ذلك نستنتج ان هذا المؤشر يكون دليلا لوجود اخطاء فنية وميكانيكية يستطيع الباحث من خلاله البحث والتقصي وفق اسس البحث العلمي التجريبي لحل هذه المشكلة. اي يمكن استخدام مؤشر الانسيابية للتعرف على الاخطاء الميكانيكية في المسار والمتغيرات الميكانيكية المرافقة له لتحديد المشكلة البحثية التي يريد الباحث حلها.

ويمكن قياس ظاهرة الانسياب الحركي من الناحية الميكانيكية للاعبي الحواجز مثلا وهم يربطون بين مرحلتي الشد و الارتخاء دون توقف والمتمثل في الركض بين الحواجز واجتياز الحاجز، وكذلك في لحظات القفز عند التهديف بكرة اليد والسلة وحالات الضرب الساحق بالكرة الطائرة وحالات التعجيل الايجابي بعد الانطلاق من مكعبات البداية او حالات التعجيل السلبي بعد ظهور حالات التعب .... الخ.

كذلك الحال للاعب كرة القدم عند المراوغه بالكرة و تغير الاتجاه، حيث يمكن قياس تغير الزخم في حالات تغير الاتجاه لتكون دليلا على انسيابية الأداء لديه. وكذلك لاعب الجمباز وهو يؤدي حركاته على الأجهزة المختلفة دون توقف ، كل ذلك يعطي دليلا على أهمية قياس الانسيابية من خلال قيم رقمية لتكون دليلا على

جمالية الأداء والتعرف على الخلل في المســـارات الحركية ودراســـتة وفق هذا المؤشر.

- كفاءة الانسيابية:

يمكن قياس كفاءة الانســـيابية بدلالة الزخم الخطي الخارج (النهائي) والزخم الخطي الداخل (الابتدائي) اللذين يمكن قياســـهما من خلال التصـــوير والتحليل الفيديوي وقسمة الزخم النهائي على الزخم الابتدائي وضرب الناتج في 100%

كفاءة الانسيابية = (الزخم النهائي ÷ الزخم الابتدائي) ×100%

وكلما اقترب الناتج من (1) عدد صحيح يعني ان الانسيابية باعلى كفائه للاعب

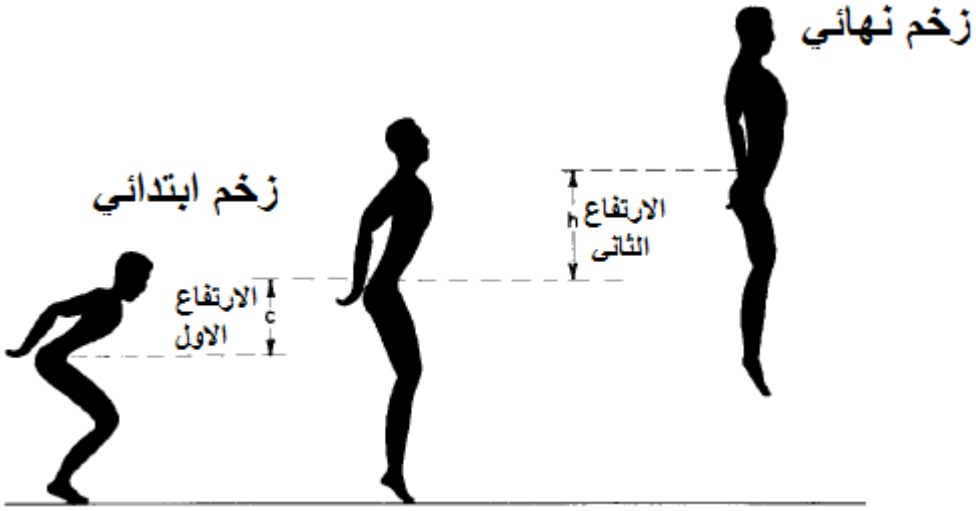
مثال: اذا كان الزخم الخطي الخارج هو 385 كغم.م/ث للاعب الوثب العالي لحظة الدفع و الزخم الداخل هو 420 كغم.م/ث لحظة الاقتراب فيمكن قياس كفاءة انسيابية هذا اللاعب كما يأتي

كفاءة الانسيابية = (الزخم النهائي ÷ الزخم الابتدائي)×100%

=(420÷385)×100%

=0.91

هذه النتيجة تدل على امتلاك لاعب الوثب العالي كفاءة عالية بانسيابيته



كفاءة الانسيابية

الشكل 138

مؤشر كفاءة الانسيابية

ان النتائج المســتخلصــة من قانون كفاءة الانســيابية تعطي للباحثين المهتمين ببحوث التعلم الحركي وســيلة جديدة وســهله للحكم على حدوث التعلم الصــحيح

للحركات ذات العلاقة بالانسيابية الصحيحة للحركات الرياضية واجراء المعالجات الاحصائية التي يتم قياسها بهذا القانون وبشكل منطقي وعلمي.

- **ظاهرة النقل الحركي بين اجزاء الجسم المختلفة من خلال قانون انتقال الزخم بينها:**

إذا مانظرنا إلى انتقال الحركة بين اجزاء الجسم البشري(الاطراف العليا والسفلى والجذع) عند اداؤه حركة ما، سواء من الجذع إلى الإطراف ومن ثم إلى الأداة ، أو تناسق انتقال هذه الحركة بين مفاصل الجسم المشاركة بالحركة بما يخدم تحقيق الزخم النهائي ، فان تحقيق ذلك يجب إن يحدث بمرونة عالية ، وبتوافق عالٍ لانقباض المجاميع العضلية المشاركة مع بعضها ، وهذا يعني تحقيق الزوايا الصحيحة والمناسبة وبمدياتها المثالية والتي تضمن عدم حدوث إي توقف في مسارات الأجزاء المساهمة بالحركة وبدون إن يحدث إي تناقص بالسرعة الزاوية لهذه الأجزاء ، مما يضمن لنا ذلك انتقال مثالي للزخوم بين هذه الأجزاء ، لهذا يمكن إن تقاس ظاهرة الزخوم المتولدة بين هذه الأجزاء (كتلة كل جزء وسرعته في حالة الزخم الخطي لها ، زخم خطي = ك س) و(كتلة كل جزء ومربع طوله وسرعته الزاوية في حالة الزخم الزاوي لها، زخم زاوي = ك نق^2 ×س ز) اثناء تطبيق هذه الحركة او تلك ، وبهذا يمكن ان نحصل على مؤشر حقيقي يشير إلى نقل القوة بين هذه الاجزاء من عدمه إذا تم قياسه وفقا للفروق بين هذه بالزخوم بأقل مايمكن من فقدان للسرعة المكتسبة.

مثال: (الشكل لاعب كرة سلة كتلة ذراعة 3.5 كغم وطولها 0.75م وسرعتها الزاوية اثناء اداء التهديف هي 200 د/ث ، اما كتلة جذعه فكانت 45 كغم وسرعة جذعه الزاوية(90 د/ث) وطول الجذع هو 0.55م ، مامقدار الزخم (نقل القوة) الذي يضيفه الجذع الى زخم الذراع في حالة اشراك الجذع بشكل فاعل في الاداء:

كتلة الجذع ×سرعته الزاوية× مربع طوله + كتلة الذراع × سرعتها الزاوية في مربع طولها = مبدأ انتقال الزخم الخطي

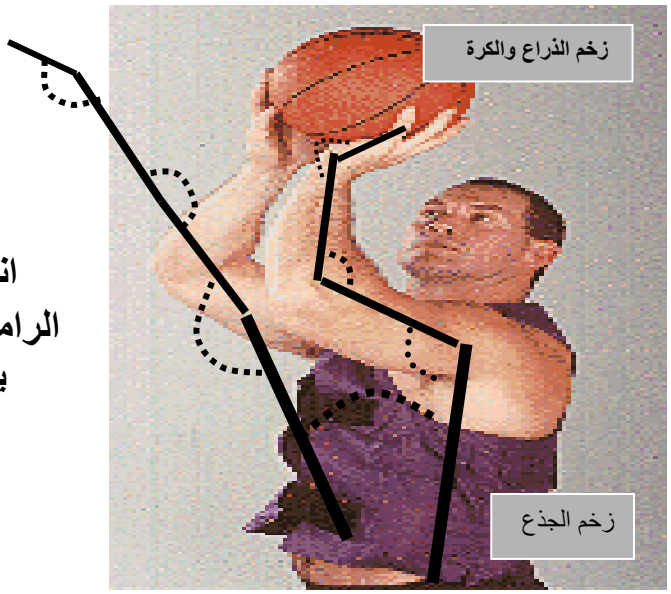
و = 45 كغم×90 د/ث×^{2}(0.55)م + 3.5 كغم×200 د/ث×^{2}(0.75)م

= 1225.125 كغم.د/ث.م^2 الزخم الزاوي للجذع+393.75 كغم.د/ث.م2 الزخم الزاوي للذراع

= 1618.875 كغم.د/ث.م^2

و = 28.2427 كغم.م /ث

يلاحظ مقدار الزخم الذي يضيفه الجذع لو ساهم بحركة التهديف بالسلة الى زخم الذراع، وقد دل الرقم المقاس على انتقال عالي للزخم او لنقل القوة بين الجذع والذراع، لاحظ الشكلين 138 و 139



شكل 139

انتقال الزخم بين الجذع والذراع الرامية لمهارة التهديف بالسلة بما يخدم تحقيق الزخم النهائي

شكل 140

نقل الزخوم والتوافق العالي لانقباض المجاميع العضلية المشاركة بعضها ببعض، و تحقيق الزوايا الصحيحة والمناسبة وبمدياتها المثالية والتي تضمن عدم حدوث إي توقف في مسارات الأجزاء المساهمة بالحركة لرامي المطرقة

- **مفهوم النقل الحركي من وجهة النظر البيوميكانيكي وفق حركة كتل أجزاء الجسم وسرعتها :**

تناول العديد من الباحثين والمهتمين في مجال التعلم الحركي مفهوم النقل الحركي الذي يحدث بين أجزاء الجسم المختلفة خلال تطبيق المهارات والحركات الرياضية، إذ أشار هؤلاء الباحثون والمهتمون إلى أن هناك نقلاً حركياً للقوة يحدث من الجذع إلى الأطراف ، ومن الأطراف إلى الجذع وفق نوع المهارة التي تؤدى وحاجتها لهذا النقل أو ذاك ، وهذا ما أكده الباحثون العراقيون والعرب والأجانب في بحوثهم ومحاضراتهم ومؤلفاتهم العلمية ذات التخصص الدقيق . علماً أن قياس نقل القوة هذا لديهم هو قياساً نوعياً .

أن مفهوم النقل الحركي من الناحية الميكانيكية بإعتبارات نقل الزخم بين أجزاء الجسم سواء كان زخماً خطياً (في الحركات الخطية = س × ك) أو زخماً زاوياً(في الحركات الدورانية = × نق^2 × س ز) ، وذلك بالإستناد والإتفاق مع علماء التعلم الحركي في أن هناك دور لكتلة كل جزء من أجزاء الجسم في تحقيق هذا النقل سواء سمي نقلاً حركياً أو نقلاً للزخوم ، وذلك لأن النقل الحركي كما ذكرنا يكون على نوعين ، الأول من الجذع إلى الأطراف، والثاني من الأطراف إلى الجذع، وكلا النوعين يتعاملان مع كتلة الجذع وكتل الأطراف وحركتهما .

ولما كانت الحركة تعني سرعه محددة ، وقد تكون سرعة خطية كما في حركة الجذع ببعض المهارات، أو تكون سرعة زاوية كما هو الحال في حركة جميع أجزاء الجسم . وبما أن الكتل هي عبارة عن كميات ثابتة ومعلومة سواء للجذع أو الأطراف، لذا تولدت الفكرة لقياس متغير النقل الحركي من خلال متغيرات الكتل والسرع التي تدل على كتل الاجزاء اوالأطراف وحركتهما ووفقاً لما يلي :

-النقل الحركي وفق منظور التعلم الحركي هو نقل الزخم الحركي وفق مفهوم البيوميكانيك يكون كالآتي :

نقل الزخوم الحركية = كتلة الجذع × سرعته + كتلة الأطراف × سرعتها

والذي يمكن قياسه قبلياً وبعدياً لمعرفة مدى تطوره بعد أن يتم قياس كتلة أجزاء الجسم وسرعها الخطية أو الزاوية من خلال التحليل.

إلا أن الجانب الأهم في هذا الموضوع سواء كان نقلاً حركياً أو نقلاً للزخوم ، هو من أين يبدأ نقل الحركة أو الزخم ، وإلى من ينتقل واين ينتهي ، وفق المنظور التشريحي والميكانيكي وطبقاً لهدف الحركة.

أن ضبط وتوقيت مشاركة المفاصل المختلفة في الناتج النهائي للدفع تعتبر عاملاً رئيسياً في زيادة الحد الأقصى للدفع النهائي ، فعدم توافر التوافق المناسب في تجميع مشاركات الدفوع الإضافية لأجزاء الجسم في الدفع الرئيسي يؤثر بشكل

ملحوظ في هذه المحصلة النهائية ، ويظهر ذلك في أي حركة دفع أو رمي أو سحب أو رفع اي في الحركات التي يكون فيها ترك (اي ترك الجسم للارض او ترك الاداة من اليد او القدم).

كما هناك مبدأ ميكانيكي يجب الأخذ به بعين الإعتبار هو أن أجزاء الجسم ذات الأوزان (الكتل) الأكبر التي تشكل مقاومات أكبر تتطلب وقتاً أطول لكي تحقق أقصى سرعة لها ، لذا يجب أن تتحرك أولاً قبل الأجزاء الأقل وزناً ، وبهذا الأسلوب نضمن وصول كل الأجزاء المشاركة إلى أقصى سرعة لها لحظة نهاية الدفع ، وبموجب هذا المبدأ يتحرك الجذع أولاً ثم الفخذ ثم الذراعان ثم الساق ثم القدم ثم الأصابع بهذا الترتيب في حركة الوثب الطويل من الثبات وفي حالات التهديف والضرب والدفع والسحب ... الخ .

وتفصيل ذلك كالآتي :

- تكون بداية الحركة بزاوية الوركين التي تسبب في حركة الجذع ليحصل على الزخم المطلوب وبذلك يكتسب الجذع زخماً زاوياً ثم تتبعه حركة مفصلي الكتفين او الركبتين حسب نوع الحركة اذا كانت نهايتها بالطرف العلوي او بالطرف السفلي والتي بحركتيهما معاً يحصلان على سرعة زاوية وبالتالي زخماً زاوياً يضاف إلى زخم الجذع . ثم بعد ذلك تكون حركة الكاحلين او الرسغين ليكتسبا أيضاً سرعة زاوية وبالتالي زخماً زاوياً ليضاف إلى زخم الجذع والذراعين والركبتين . نلاحظ مما تقدم أن الحركة إنتهت بالكاحلين او بالرسغين ، وهو آخر الأجزاء التي تترك الأرض عند نهاية الدفع (الكاحلين) او (المشطين)،وذلك يعني أن الحركة ابتدأت بالجذع ثم الذراعين المرتبطتين بالجذع ، وكذلك أيضاً فالركبتين فالكاحلين بالنسبة للطرف السفلي والتي ترتبط بحركات القفز والوثب والركل، وبالنسبة للطرف العلوي التي تنتهي بالرسغ كحركات الرمي والتهديف والضرب ، أي أن النقل الحركي أو نقل الزخم أخذ نفس المسار الحركي لهذه الأجزاء .

والأمثلة الرياضية التي تثبت أن النقل الحركي أو نقل الزخم يتم أولاً من الكتلة الأكبر إلى الكتلة الأصغر كثيرة ، مثال ذلك :

-المشي الإعتيادي يتم بتكرار خطوات المشي من خلال مفصل الوركين أولاً ثم الركبتين فالكاحلين سواء بالمرجحة أو الدفع .

-جميع أنواع الركض يتم تكرار خطوات الركض كما في المشي ويكون الدفع النهائي للارض بالكاحلين.

-جميع القفزات سواء بالرجلين (الوثب والقفز) أو الذراعين (قفزات اليدين بالجمناستك) ، تتم الحركة بالمفاصل المرتبطة بالجذع أولاً (الوركين ، أو الكتفين) ثم المفاصل الأخرى الأقل كتلة منها وهكذا الى ان نتتهي بالكاحلين او الرسغين حسب طبيعة الحركة.

-جميع حركات الدفع والرمي والسحب والضرب واللكم والركل ، والدفع بالرجلين (الورك، الركبة، الكاحل) ، بالذراعين (كتف ، مرفق ، رسغ ، ومشط) تكون نهاية الدفع اما بالكاحلين او الرسغين وحسب طبيعة الحركة.

-الرمي (الجذع ، الكتفين ، المرفقين ، الرسغين ، النهاية بالأمشاط)

-السحب (الجذع ، الكتفين ، المرفقين والنهاية بحركة الرسغين)

-الضرب (الجذع ، الكتف ، المرفق ، والنهاية بحركة الرسغ).

-اللكم (الجذع ، الكتف ، المرفق ،النهاية بالضرب باليد)

-الركل (الوركين ، الركبتين ، الكاحلين والنهاية بالضرب بالمشط).

أن هذا النقل أو الإبتداء بالحركة وفقاً للكتلة الأكبر يرتبط بمبدأ عزم العضلات الذي يرتبط بالكتلة الأكبر ، إذ أن الجذع يحتوي على 376 عضلة مقسمة إلى 112 زوجاً في الظهر ،و52 زوجاً في الصدر ، و 8 أزواج في الخصر ، و 16 زوجاً في اسفل الصدر ، وكل هذه العضلات تولد عزوم عند حركة الجذع وهي بلا شك النسبة الأكبر من عضلات الجسم البالغة (752 عضلة) وبذلك تكون محصلة عزوم الجذع العضلية هي الأكبر في كل الجسم ، وهذه العزوم هي بالحقيقة القوة المبذولة حول المفاصل المرتبطة مع الجذع الذي تدور حوله . لذا فأن قوة الإنقباض العضلي للوركين هي التي تسبب في حصول الجذع على السرعة المطلوبة التي تعد العامل الأساس في نجاح الأداء عند الدفع للوثب الطويل من الثبات . ثم ياتي بعدها قوة العضلات بالركبتين ثم الكاحلين وما يرتبط من ظهور السرعة فيهما.

أن عزم القوة المطلوب لحركة المفاصل يولد دفع زاوي فيها يكسبها أعلى سرعة زاوية والتي تخدم بمجموعها الدفع اللحظي الخطي للجسم لإكسابه أعلى سرعة خطية في إتجاه الطيران أو مسار الجسم لأداء المهارة المعينة . وتحقيق العزم المطلوب يرتبط بمبدأ التقلص المركزي للعضلة ، الذي يرتبط بالعزم لأداء الواجب الرئيسي للحركة ، أي يجب أن يتخذ الجسم أو جزء الجسم الوضع المناسب لتهيئة العضلة بأداء تقلص مركزي موجب دائماً ، وهذا ما يحقق العزم المحصل لأي مجموعة من العزوم ، وهذا يتطلب مشاركة جميع أجزاء الجسم التي لها القدرة على المشاركة بالجهد الأقصى لها أي ان مجموع الناتج النهائي للعزوم يعبر عن مجموع الحدود القصوى لعزوم الأجزاء لتحقيق الهدف من تلك المهارة، وهذا يعني مشاركة العزم الأكبر ثم الأصغر ، وهذا يعني أن هناك علاقة بين العزم المدور الذي يتعلق بالتقلص المركزي ، وبين شغل العضلة الذي يتعلق بالقسم التحضيري وكما يأتي :

الشغل = القوة × البعد (أي المسافة التي تعمل بها العضلة).

العزم = القوة × البعد (ذراعها)

ودائماً يجب أن تكون قيمة الشغل بالتقلص اللامركزي (التحضير) تساوي قيمة العزم في التقلص المركزي (الرئيسي) من الناحية النظرية ليتم التغلب على كتلة الجسم التي ترتبط بما يبذل من شغل وعزم فيها ، إلا أن ذلك لا يمكن من الناحية

العملية , إذ أن الفرق بين كلا التقلصين لدى رياضيي المستويات العليا يكون دائماً أقل من 5% ، وتزيد هذه النسبة لتصبح 45% لدى المبتدئين ، وهذه النسبة تسمى العتبة الفارقة للتعبئة ، لذا فأن

الشغل العضلي = العزم العضلي × 0,95 عند المتقدمين

الشغل العضلي = العزم العضلي × 0,55 عند المبتدئين والناشئين

والبعد في كل من الشغل والعزم يمكن أن يفسر إلى أنه ناتج السرعة × الزمن أي يمكن أن يكون العزم والشغل بعد تعويض البعد بما يعادله من السرعة والزمن في كل من الشغل والعزم ، كما يأتي:

القوة × السرعة × الزمن = القوة × السرعة × الزمن ×0,95

وعندما يكون إرتباط بين العزم المحصل الذي يخدم الدفع اللحظي وفق المعادلة أعلاه (القوة × الزمن) للحصول على أعلى سرعة خطية للجسم ، يكون الشغل العضلي عند التحضير لعمل المفصل بأعلى قيمة ممكنة (تقلص لامركزي مع الجاذبية) لكي نحصل على نتاج أكبر لعزم القوة في القسم الرئيسي (تقلص مركزي ضد الجاذبية) لكي يكون هناك نتاج أكبر عزم
للقوة في القسم الرئيسي،وعلى هذا الأساس تبنى تدريبات القوة بالإطالة لتطوير شغل العضلة بالوضع التحضيري ، وتبنى تدريبات عزم القوة بالوضع الرئيسي (ضد ومع الجاذبية) لكي يحدث تطور في العزم العضلي المرتبط أولاً بالمفاصل الكبيرة ليولد هذا العزم السرعة الخطية أو الزاوية المطلوبة لتحقيق الزخم الخطي أو الزاوي فيها ليخدم الزخم المتحقق في المفصل الأصغر وهكذا.
وفقاً لما تقدم من مناقشة علمية فأن النقل الحركي يتم دائماً من الكتلة الأكبر إلى الكتلة الأصغر في جسم الإنسان , وبذلك لا يمكن أن نقول أن الحركة إنتقلت من الذراع إلى الجذع أو من الرجل إلى الجذع , أو بشكل عام من الأطراف إلى الجذع، حسب ما تقول بعض المصادر المتخصصة ، ويتناوله وفقاً لذلك بعض المتخصصين في مجال التعلم الحركي.

يمكن قياس انتقال القوة بدلالة الزخوم بين الاجزاء المساهمة بالاداء من خلال قانون الزخم الزاوي والذي هو

الكتله ×السرعة الزاوية × مربع طول الجسم

اي النقل الحركي = مجموع زخوم اجزاء الجسم المساهمة بالاداء

والذي له علاقة بتناسق وانسيابية الحركة الزاوية في المفاصل العاملة وبذا يمكن ان يكون هناك انتقال للزخم الزاوي بين هذه الأجزاء ، اي (زخم ز= ك نق^2×س ز) لكل جزء يضاف اليه الزخم الزاوي للجزء الاخر.

طبق الباحث هذا المبدأ على لاعبي رمي القرص والمطرقة والثقل بالعاب القوى وكانت تطبيقات القانون ذا مردود ايجابي عند اعدادالبرامج التدريبية والتعليمية.

ـاستخدام زاوية الطيران وتناقص الطاقة الميكانيكية كمؤشر للنقل الحركي للجسم عند لحظات القفز العمودي:

من المعروف ان كل لحظة من لحظات الارتكاز سواء عند الركض او عند لحظات الارتقاء للقفز (انواع القفز) هناك مرحلتين مهمتين هما مرحلة الاستناد ومرحلة الدفع ، ولكل مرحلة من المراحل يمكن ان نحسب الطاقة الميكانيكية بنوعيها (الكامنة والحركية) والتي تشكل بالنهاية الطاقة الميكانيكية الكلية، لذا يمكن ان نحسب هذه الطاقة وكما ذكرنا سابقا وفقا الى لحظات الاستناد والدفع عند عملية النهوض وكما يأتي:

- الطاقة الكلية لحظة الاستناد وهي تتكون من طاقة حركية و طاقة كامنة.
- الطاقة الكلية لحظة الدفع وهي تتكون من طاقة حركية و طاقة كامنة.

ويمكن أن نطلق على الطاقة الكلية في لحظة الاستناد بالطاقة الميكانيكية الكلية الأولى وفي لحظة الدفع بالطاقة الميكانيكية الكلية الثانية

- الطاقة الكلية الأولى(الاستناد):

الطاقة الكلية لحظة الاستناد هي عبارة عن مجموع الطاقة الحركية(½ك س^2 + والكامنة (ك ع ج) لحظة أول مس لقدم الرجل الدافعة للأرض (الطاقة الابتدائية) اي في لحظة الاستناد.تقسم على كتلة الجسم لكي نتعامل مع الطاقة الكلية لكل 1 كغم من الجسم ومن تسهيل العلمليات الحسابية (الطاقة الكلية لحظة الاستناد / كتلة الجسم)

- الطاقة الكلية الثانية (الدفع) :

وهي الطاقة الكلية النهائية لحظة الدفع وهي ايضا عبارة عن مجموع الطاقة الحركية(½ك س^2 + والكامنة (ك ع ج) قبل ترك القدم الأرض (قبل لحظة الطيران) وايضا نقسمها على كتلة الجسم (الطاقة الكلية لحظة الدفع / كتلة الجسم).

وتحسب الطاقة الحركية في كل من لحظة الاستناد والدفع من خلال القانون التالي:

الطاقة الحركية = ½ ك س^2

أما الطاقة الكامنة فتحسب من خلال القانون التالي:

الطاقة الكامنة = ك ×ج ×ع

(ع ،هو ارتفاع مركز ثقل الجسم و يحسب قياس ارتفاع هذا المركز عن الأرض في كل لحظتي الاستناد والدفع،ج التعجيل الارضي،ك كتلة الجسم)

أذن يمكن أن نســـتخرج تناقص الطاقة وهي = الطاقة الكلية الأولى لحظة الاستناد – الطاقة الكلية الثانية لحظة الدفع

ويتعامل مؤشـــر النقل الحركي مع كل من زاوية الطيران طرديا ومع تناقص الطاقة عكسيا لحظات الارتقاء للقفز وفقا للعلاقة التالية :

مؤشر النقل الحركي = زاوية الانطلاق / تناقص الطاقة (د/ جول/كغم)

اذ يمكن تقسـيم الناتج على كتلة الجسـم كما ذكرت سـابقا،والمغزى من قسـمة الطاقة الكلية على كتلة الجســم هو لمعرفة مقدار هذه الطاقة بالجول لكل 1 كغم من كتلة الجسم.ولتسهيل العمليات الحسابية.

ولنضرب المثال التالي لإيضاح ماتقدم(لاحظ الشكل 140) :

اذا كان مجموع الطاقة الكلية الابتدائية (لحظة الاسـتناد) للاعب الوثب العالي هي 35.15 جول / كغم ، ومجموع الطاقة النهائية (لحظة الدفع) تسـاوي 30.88 جول /كغم، وبلغت زاوية الانطلاق لهذا اللاعب48.83ْ ، ماهو مؤشـــر النقل الحركي لهذا اللاعب ؟

مؤشر النقل الحركي = زاوية الانطلاق / تناقص الطاقة الكلية

= 48.83 / 35.15 – 30.88

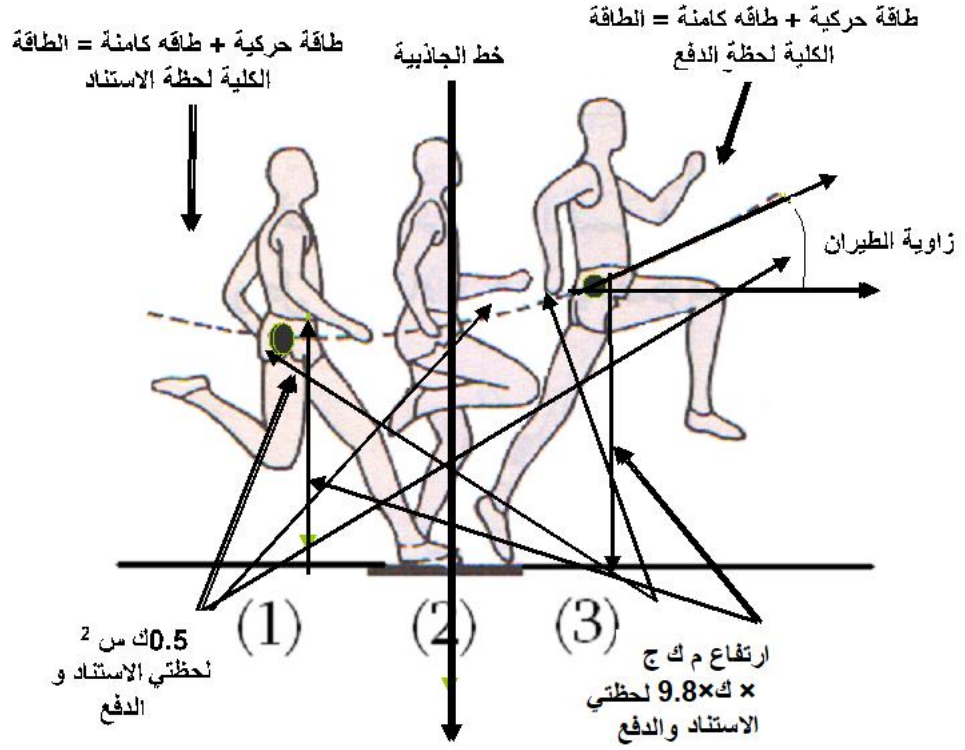
= 12.05 درجة/ جول / كغم

استنتاج التجربة

يعد مؤشر النقل الحركي أحد المؤشرات الميكانيكية والتي تعطي تفسيراً حقيقيا لنوع النقل الحركي المنجز في لحظات الارتقاء في جميع القفزات ، وذلك من خلال علاقة زاوية الانطلاق (لحظة الطيران) والطاقة الميكانيكية (مجموعة الطاقة الحركية والكامنة) المنجزة لحظة الارتقاء.اذ ان زاوية الطيران والتي هي الزاوية التي تحدد مسار الجسم المقذوف لحظة البدء بالطيران تتناسب طرديا مع المسافة الافقية او العمودية التي يحققها الجسم المقذوف.والزيادة في هذه الزاوية يجب ان ان يكون على حساب اقل تناقص ممكن بالطاقة الميكانيكية.

الشئ المهم هنا ماذا يعني هذا الرقم بالنسبة للمدرب او اللاعب ؟

الجواب: انه كلما كان تناقص الطاقة اكبر لكل (1جول /كغم) ،مع بقاء زاوية الانطلاق بقيمتها او بقيمة اقل ، قل مؤشـر النقل الحركي تبعا لذلك بمقدار من (1-2.5 درجة/جول/ كغم) وحسب زاوية الانطلاق المناسبة لذلك ، وهذا يعني ان هناك ضعف في تكامل النقل الحركي لحظة النهوض وبما يتناسب والحصول على أفضل مسار حركي لمركز ثقل الجسم المقذوف والذي يعبر عن عدم تحقيق الأداء المثالي الذي يتمكن من خلاله اللاعب تحقيق أفضل انجاز،أي أن مفاصل الجسم العاملة لم تعطي المديات المناسبة للعمل العضلي ولنقل القوة من جزء إلى أخر وفقا لمبدأ نقل الزخم والذي يسبب في عدم الحصول على زاوية انطلاق جيدة. والعكس صحيح.اذ يهمنا هنا ان تكون قيمة مؤشر النقل كبيرة لان ذلك يدل على ان تناقص الطاقة باقل مايمكن.



شكل 141

النقل الحركي بدلالة تناقص الطاقة و زاوية الطيران

لحظة ارتقاء بالقفز العالي

- **استخدام زاوية الطيران وتناقص الزخم الخطي كمؤشر النقل الحركي للجسم عند لحظات القفز الافقية:**

ومن اجل ان تكون الانسيابية تعكس تناقص الزخم الذي يحدث لحظة الارتقاء في الوثبات الافقية تحديدا ، اوجب ذلك ربط تناقص هذا الزخم مع زاوية الانطلاق ايضا باعتبار ان زاوية الانطلاق بالمقذوفات الافقية تكون قليله مع الحفاظ على اعلى سرعة ممكنة، اذ يجب ان تكون زاوية الانطلاق فعاله وبقيمة كبيرة دون ان يكون هناك تناقص في الزخم كبير، ولهذا يمكن ربط زاوية الانطلاق والتي يجب ان تتناسب تناسب عكسي مع تناقص الزخم بالمعادلة الاتية لتكون هذه المعادلة معبرة عن النقل الحركي بدلالة تناقص الزخم وزاوية الانطلاق وكما يأتي :

مؤشر النقل الحركي للقفزات الافقية = زاوية الانطلاق÷ تناقص ألزخم

ووحدة قياسه د/ كغم.م/ ث

(لان الناتج يقسم على كتلة الجسم من اجل وضوح القيمة النهائية لذا فيكون مؤشر النقل لكل 1كغم)

وتناقص الزخم يحسب كما تم شرحه سابقا، وكلما كانت القيمة المحسوبة من القانون اعلاه كبيرة يعني نقل حركي جيد؟

- **قياس الايقاع الحركي**

الايقاع الحركي يعني تقسيم دفعات القوة على مراحل زمنية متناسقة ومنتظمة، أي إخراج القوة بالقدر الأمثل في الزمن المناسب ،مثل إيقاع راكض الحواجز، وإيقاع راكض المسافات الطويلة ، و إيقاع الحركات المتكررة في التجديف او الجمباز.

والإيقاع الحركي من الجانب الميكانيكي ياتي من خلال التبادل الأمثل بين زمني الانقباض والانبساط في العضلات العاملة، والذي يجب ان ينسجم مع المديات الزاوية المتحققة في اجزاء الجسم التي تدور حول المفاصل العاملة وما يتحقق من سرع زاوية لها والذي يحقق الاقتصاد بالطاقة المصروفة. ويتعين علينا إيجاد النسبة بين الأطوال الزمنية لاجزاء الحركة لحساب هذا الايقاع.

ويوصف إيقاع حركات الركض – على سبيل المثال – على انه النسبة بين زمن الاستناد إلى زمن الطيران في الركض ، أو زمن الامتصاص (الثني في الرجل) إلى زمن الدفع (المد في الرجل) خلال الارتكاز او الاستناد في حركات الركض.

ويمكن أن تصلح النسب بين الأطوال الزمنية لاجزاء الحركة (التناسب بين الفترات المكونة لخطوة الانزلاق على الجليد مثلا) كمثال يعبر عن الإيقاع في خطوة الانزلاق على الجليد . او خطوات الركض لدى العداء ، فبتغير تردد الخطوات يتغير إيقاعها. ويشير بعض العلماء إلى إن النسبة بين زمني الارتكاز والطيران عند كل خطوة ركض يكون كما يلي:

بعد الانطلاق في مسابقة ركض 100 متر وفي الجزء الأول من هذه المسافة، تتراوح النسبة بين الارتكاز والطيران في الخطوة (1.50%، 1%) تقريبا (أي ان زمن ارتكاز يكون ضعف ونصف زمن الطيران) ، وعند أقصى سرعة (في منتصف المسافة تقريبا) تتراوح النسبة بين زمن الارتكاز وزمن الطيران ما بين(1.20%، 1.70%) تقريبا.

مثال: لو فرضنا ان زمن الخطوة هو0.50ث ، ونفرض زمن الارتكاز يمثل نسبة (20%) من زمن الخطوة، وتبقى نسبة 80% لزمن الطيران.فنحسب الازمان المطلقة كما يلي:

0.50 ث ×0.02= 0.1 ث زمن الارتكاز وفقا للنسبة المفترضة

0.50 ث×0.80=0.4 ث زمن الطيران وفقا للنسبة المفترضة

ولكي نحكم ان الازمان هذه تشكل ايقاعاً حركيا جيداً يجب ان تكون النسبة بين زمن الارتكاز الى زمن الطيران عالية بينهما من اجل ان لايشكل زمن الارتكاز عائقا لاستمرار الحركة بشكل انسيابي فيما لو كانت قيمته كبيرة ، وعلى هذا الاساس يمكن استخراج الايقاع بدلالة زمن الارتكاز الى زمن الطيران في مثالنا السابق كما يلي :

$$\text{الايقاع الحركي} = 1 - \frac{\text{زمن الارتكاز}}{\text{زمن الطيران}}$$

(ملاحظة: تم انقاص الناتج من 1 عدد صحيح لاعطاء معنى لقيمة النتيجة المتحققه)

وفي مثالنا اعلاه يكون الايقاع مساوي الى 0.75 وفقا لهذه النسبة عند السرعة القصوى ، واي زيادة في نتيجة هذه المعادلة فان ذلك يدل على ان الايقاع اقترب من الانسيابية العالية.

ان النسب اعلاه لها علاقة بالايقاع الحركي الذي يعد احد مظاهر الحركة الجيدة اذ باستخراجنا هذه النسب نستطيع ان نحكم على ان الحركة تمت بايقاع حركي جيد من عدمه.

وهكذا يمكن ايجاد الايقاع من خلال معرفة زمن كل طول زمني ولحظة زمنية تتكون منها الحركة وايجاد النسبة المثالية لها من خلال القانون التالي:

الايقاع الحركي= زمن الارتكاز/ زمن الطيران -1

استنتاج التجربة

ان اقتراب قيمة ناتج المعادلة من (1) تدل على عدم تاثير زمن الارتكاز على مسار الايقاع الحركي، وان هذا الايقاع ينسجم مع مسارات الانسيابيه المتحققه، وعلى هذا الاساس يكون هذا الايقاع بدون انكسارات او توقف غير مبرر قد يؤثر علية.

- **الدقة الحركية**

تعبر الدقة الحركية عن تطبيق الاداء المثالي الذي يتميز بالسرعة العالية وتحقيق الهدف من ذلك الاداء بشكل صحيح ، مثال ذلك لايمكن للاعب كرة القدم ان يحقق الدقة العالية بوضع الكرة في مرمى الخصم اذا طبق الاداء بشكل بطئ وذلك لان حارس المرمى سيكون مستعدا لمسك الكرة البطيئة التي ارسلها ذلك اللاعب ، لذا فان تحقيق الدقة العالية لايمكن ان يحقق الهدف من الاداء بوجود خصم وباداء بطئ ، وعلية يجب ان يمتلك لاعب كرة القدم الدقة في التهديف مع سرعة عالية في الاداء من اجل تصعيب الوضع على حارس مرمى الخصم في التصدى للكرة. وهذا ينطبق على جميع المهارات التي تتطلب دقة عالية مع سرعة مناسبة للاداء من اجل تحقيق الهدف الحركي من هذه المهارات.

وعلى هذا الاساس يمكن ان ترتبط الدقة مع السرعة لينتج عنهما ناتج للاداء عالي المثالية .

لذا فان الأداء المهاري المثالي الذي يتميز به لاعبي المستويات العليا والإبطال الدوليين ، وكما ذكرت بعض المصادر يعني:

الاداء المهاري المثالي = سرعة الاداء(بالزمن) × الدقه

ولما كان الاداء المثالي يعني ناتج العمل المهاري النهائي والذي يمكن ان يحسب من خلال تحقيق الدرجات الموضوعة للاختبار ، وزمن الاداء يمثل السرعة لذا فانه ومن خلال المعادلة اعلاه يمكن قياس الدقة من مايلي:

الدقة = الاداء المثالي (درجة)/ زمن الاداء(بالثانية)

اذ ان الدقة الحركية تقاس من ناتج الاداء وزمنه (درجة/ ثانية)،وكلما كانت النتيجة كبيرة دلت على دقة عالية.

مثال عملي:

طبق اختبار التهديف على مرمى كرة القدم بعد ان حددت في الهدف مناطق خاصة (مربعات) ولكل مربع درجة معينة تقيس فاعلية الاداء كناتج وكما يلي :

- الزاوية اليمنى من الهدف قسمت الى اربعة مربعات تكون درجة المربعين المجاورين للعمود 5 درجة لكل منهما ودرجة المربعين الاخرين هي3 درجة،واعطيت خمس محاولات لكل لاعب لاصابة المربع الذي يحقق له اعلى الدرجات،ويتم قياس زمن الاداء لكل محاولة(زمن الاداء يمثل زمن طيران الكرة من لحظة ترك الكرة قدم اللاعب الى لحظة دخولها المربع المحدد)؟فاذا حقق اللاعب من خمس محاولات11 درجة، وكان مجموع زمن طيران الكرة الكلي لخمس محاولات 3 ثانية بذلك نحصل على ما يلي:

ناتج الاداء= مجموع الدرجات التي جمعها اللاعب من اصابة المربعات

زمن الاداء= مجموع الزمن لطيران الكرة لهذه المحاولات.

وبما ان الدقة = مجموع ناتج الاداء / مجموع زمن الاداء

= 11درجة / 3 ثانية

= 3.66 درجة/ ثانية

واذا حقق اللاعب 20 درجة بنفس الزمن فدرجة الدقة ستكون وفقا لذلك:
الدقة = 20 درجة /3 ث

=6.66 د /ث

وكلما زاد عدد الدرجات كناتج اداء وقل زمن الاداء فان النتيجة ستكون اكبر وهذا يدل على الاداء تم باسرع مايمكن وباعلى دقة . وبذلك يمكننا ان نحقق الغاية من قياس الدقة بشكل علمي دون الاعتماد على حساب الدرجات الذي حققها اللاعب والتي لاتعبر عن حقيقة السرعة المطلوبة في اللعب والتي تعد من المتطلبات الاساسية في الاداء ، من اجل خلق موقف صعب للمنافس وتحقيق الهدف من الاداء.

إن الأداء المهاري له علاقة بتكامل جميع العوامل التي تلعب دورا في هذا الأداء من القدرات البدنية والخصائص الميكانيكية وقدرة الإحساس الحركي .

لذا فإن (الدقة الحركية = مجموع ناتج الاداء بالدرجات ÷ مجموع الازمان)

وعلى ذلك فان الدقة لمهارات الكبس والارسال والتهديف والتصويب والرمي لاجل تحقيق نقاط(رمي سهام).....الخ اي المهارات المرتبطة باداة ، يجب ان ترتبط بالسرعة وتحقيق النتيجة المرجوة وهو وضع الاداء في منطقة صعبة على الخصم

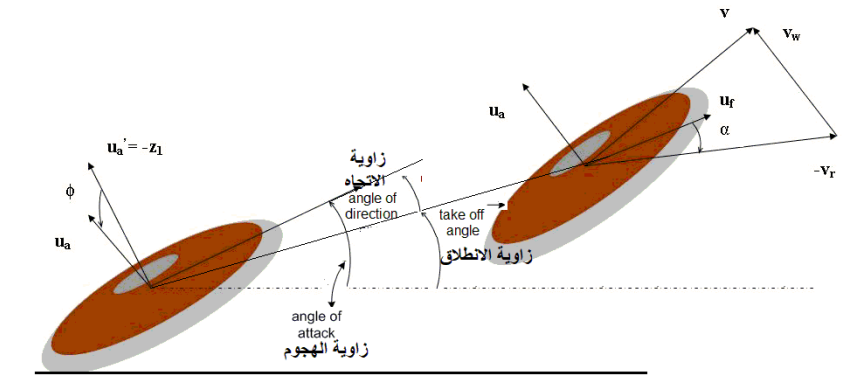
بالنسبة لمهارات الارسال والكبس والتهديف والتي تقابلها اعلى النقاط دون الفشل في تحقيق ذلك ، وذلك لان التباطؤ بسرعة الاداة تعني تسهيل صدها من قبل الخصم ، وهذا يعني فشل الاداء فيما يخص تنفيذ هذه المهارات، لذا فان هذا الامر يستلزم توافر الدقة في الاداء مهما تباينت صعوبة المهارات المؤداة.

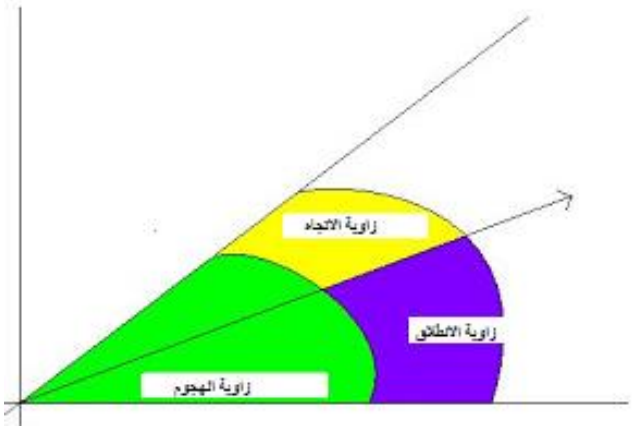
وعليه فانه يجب ان يغلب طابع التدريب على المهارات السريعه اولا ، ثم يأتي بعد ذلك التاكيد على دقة الاداء في مرحلة تالية من التدريب

- دقة الاداء المهاري
- زوايا الاطلاق والهجوم والاتجاه في المقذوفات وعلاقتها بالاداء المهاري:

تناول العديد من الباحثين زوايا تخص انطلاق المقذوفات وهي زوايا الانطلاق(angle of release) وزاوية الهجوم(angle of attacke) وزاوية الاتجاه (angle of direction) وحدث هناك لبس في تحديد هذه الزوايا لدى بعض الباحثين والمختصين ، وماذا تعني هذه الزوايا وطبيعة العلاقة بينها، وهل تحدث هذه الزوايا فقط للمقذوفات التي لها مسطح ، ام يمكن ان تحدث لجميع المقذوفات بشكل عام، ولتسليط الضوء حول ذلك ، ناخذ المثال الاتي:

- سيتم اخذ رمي القرص كمثال للمقذوفات لشرح هذه الزوايا :
- زاوية الانطلاق هي معروفه للجميع تمثل خط مسار المقذوف من لحظة الاطلاق والى مابعده بقليل وي الزواية المحصوره بين الخط السيني (الافقي المار من مركز ثقل الاداة مع الخط الواصل بين نقطتي مركز ثقل الاداء قبل الاطلاق وما بعده(لاحظ الشكل 142)
- زاوية الهجوم وهي الزاوية المحصوره بين الخط الطولي للاداة (هنا القرص) الذي يمر من مركز ثقله مع الخط السيني (الافقي) المار من مركز ثقل الاداة لحظة الاطلاق (لاحظ الشكل 142)
- زاوية الاتجاه وهي الزاوية التي تنتج من حاصل طرح زاوية الهجوم من زاوية الانطلاق (لاحظ الشكل 142)





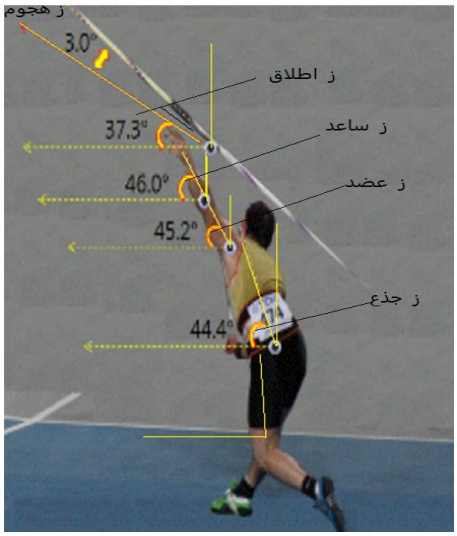
الشكل 142

زوايا الهجوم والانطلاق والاتجاه

اما العلاقة بين هذ الزوايا هي ان النتيجة التي تستخرج من طرح زاوية الهجوم من زاوية الانطلاق يجب ان تكون مابين (صـــفر – 10) درجات لكي نســـتطيع ان نقول ان هناك تقريبا تطابق بين الزاوية التي تمثل وضـــع الاداة قبل الاطلاق (وهي زاوية الهجوم) وبين زاوية الانطلاق ، وان القرص سياخذ مسارا وفق الوضع التي كان عليه قبل الاطلاق وبما يخدم المســـار الحقيقي، اما اذا كانت قيمة الناتج اقل من صـــفر او اعلى من (10) فان اتجاه القرص لايمثل اداء مثالي ولايخدم المســـار الحقيقي، وهذا ايضـــا ينطبق على زوايا اوضـــاع اجزاء جسـم الانســان (زوايا هجوم هذه الاجزاء) مع زاويـة انطلاق الجســـم او زاويـة انطلاق المقذوف في مهـارات الرمي والقفز، اذ ان النتيجة المحسوبة من طرح اعلى زاوية للهجوم مع اقل زاوية هجوم لاجزاء الجسم يجب ان تكون مابين (صفر – 10) درجة لنحكم على ان الاداء كان مثاليا من عدمه لاحظ الاشكال لرامي الرمح وواثب الطويل لحظة الاطلاق.

- **مثال لتقييم الاداء المثالي لرامي الرمح:**

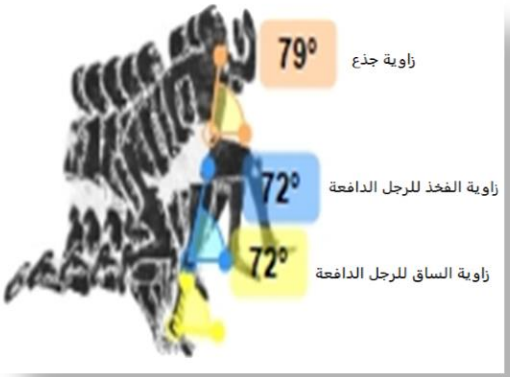
من الشكل 142 نلحظ ان اعلى قيمة (لزاوية الساعد 46) – واقل قيمة (لزاوية الانطلاق37,3)=8,3 وهذه القيمة تقع ضـــمن المدى(صـــفر – 10) الذي يعطي الحدود الامنة للحكم على تطابق هذه الزوايا باتجاه الهدف من الحركي من الاداء، وجميع هذه الزوايا هي مطلقة تدل على الاوضــاع الصــحيحة لهذه الاجزاء في هذه اللحظة. ويلاحظ ايضــا من الشــكل ان زاوية اتجاه الرمح هي (3 درجة) وهي ناتجة من (زاوية هجوم الرمح البالغة 40.3 – زاوية اطلاقه البالغة 37.3 = 3)



الشكل 143

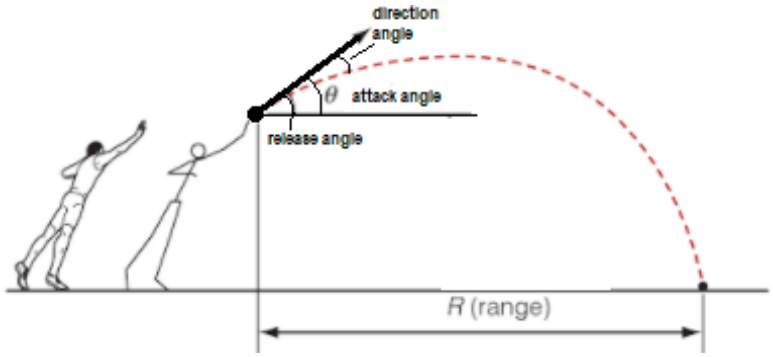
الاداء المثالي لرامي الرمح

وفي مثال الوثب الطويل(الشــكل 143) يلاحظ ان الفرق بين اعلى قيمة من قيم الزوايا واقل قيمه في حركة الواثب تســاوي 7 درجة ،أي ايضــا بحدود (0 – 10) درجة. وهذا يدل على تحقيق اداء مثالي لهذا الواثب لحظة الدفع للارتقاء.



الشكل 143

الاداء المثالي للواثب



الشكل 144

الاداء المثالي للرامي

اما المقذوفات التي لايوجد فيها مسطحات، مثل الكرات او الثقل فان زواية الهجوم لهذه الادوات تحسب بين الخط العمودي المار من مركز ثقل هذه الادوات عموديا على سطح الارتكاز (القدم او اليد ..) مع الخط الافقي الذي يمر من مركز هذه الادوات لحظة قبل الاطلاق ، وتحسب زواية الاتجاه وفقا لذلك لاحظ الشكل 144

ويمكن ان تكون قيم الزوايا المطلقة لاجزاء الجسم نهاية تنفيذ القسم الرئيسي مؤشرا للاداء المثالي اذا ما توافقت مع زاوية الهجوم وزاوية انطلاق المقذوف.

ان ربط هذه الزوايا بتدريب القدرات الحس حركية يمكن ان يساهم بالتحكم بزوايا الهجوم وتحقيق مستويات من الاداء الجيد ، وكذلك يمكن ان يكون الفرق بين زويا الهجوم مقياس للاداء المثالي والذي يمكن ان يتحسن من خلال تدريب اوضاع الجسم ببرامج تدريبية حس حركية

- **المبادئ الميكانيكية الاساسية لدقة ظهور الحركات:**

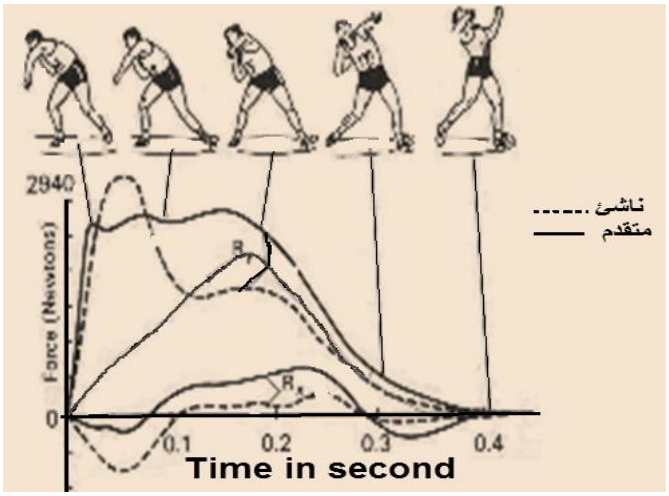
- **اولا- لايتحرك الجسم الا اذا كان مقدار القوة المؤثره فيه كافية للتغلب على قصوره الذاتي وعلى المقاومات المصاحبة لحركة الجسم،**
- **ثانيا- تحقيق المدى الحركي والقوة المبذولة المطلوبة للمفصل او المفاصل المشاركة في الحركة يجب ان يناسب نوع الحركة المطلوبة (تهديف كرة السلة، رمي رمح، تهديف يد ....)**
- **انسيابية نقل السرعة الزاوية في الطرف المستخدم الى سرعة خطية للجسم المقذوف، فالسرعة الخطية للطرف البعيد تعتمد على السرعة الزاوية ونصف الدوران(والتحكم بنصف الدوران يرتبط بقدرة الفرد على الاحساس بالمجال المكاني له والمناسب للاداء)**

- تسلسل مشاركة اجزاء الجسم يعتمد على وزنها حيث الاثقل وزنا هو الاسبق في المشـاركة وهذا بالحقيقة مبدا تجميع القوى الداخله لاجزاء الجسـم بدقة عالية.
- تناسق الدفع للحظي مع العزم الزاوي اللحظي لتغير كمية حركة الجسم نحو الافضل.

- ديناميكية الحركة(قوة الحركة):

يقصـد بديناميكية الحركة بالتوزيع الزمني للقوة (اسـتخراج نتائج منحنى قوة – الزمن) والتي يمكن ان تكون بالصور الاتية:

- ان الانقباض العضـلي المفاجئ يعني عدم وجود ديناميكية صـحيحة للحركة (أي ارتفاع المنحنى الحاد والمفاجئ) والعكس صحيح.
- ان ارتفاعات المنحني يجب ان يكون على شـكل أقواس متناسـقة والذي يدل على انسـيابية عالية، وإذا كانت هذه المنحنيات على شـكل زوايا حادة فيعني ذلك عدم وجود انسيابية.



الشكل 145

ديناميكية حركة رامي الثقل

من ذلك نستنتج ان مراقبة المسـارات والمنحنيات التي تعبر عن استخدام القوة في كل لحظة من لحظات زمن الاداء تعطي مقياسـا لديناميكية الحركة واقوتها التي يجب ان تنسجم مع انسيابية هذه المسارات وبدون وجود انكسارات حادة فيها.

- التوقع الذاتي:

التوقع الذاتي من الناحية الميكانيكية يعني قدرة اللاعب على تحديد موقع مركز ثقل جسـمه ووضـعه في الموقع المناسـب في قاعدة الاسـتناد ، والتوقع الصـحيح

بشـكل قاعدة الاسـتناد ومكان مركز ثقل الجسـم يجب ان ينسـجم مع كل مرحلة من مراحل الحركة او أقسامها (التمهيدية او الرئيسية او الختامية).

والتوقع الحركي له علاقة بالاتزان الحركي الذي يمكن قياســـه ميدانيا من خلال قرص التحدي.

ان جميع المظاهر الحركية التي عرضـــت والقوانين الميكانيكية التي نوقشـــت اعلاه ، لم يتطرق اليها احد من الباحثين سواء على الصعيد الدولي او العربي وعلى حد علمنا ، اذ ان هذه المظاهر كان يتم قياسـها وفقا للتقيم الذاتي وحسـب ما يمتلكه المقوم من خبرة في مجال تخصصـه، والذي قد يصـاحبه بعض الاخطاء لان التقويم يتم من خلال النظر واعطاء الدرجة ، اذ قد تختفي العديد من اجزاء الحركة نتيجة لعدم قدرة العين على متابعة ســـرعة الحركة. لذا فان الاعتماد على التحليل الحركي والقوانين الميكانيكية التي تناولناها هنا لقياس هذه المظاهر يعطي حلولا علمية للعديد من المشـــاكل العلمية التي يحتاجها الكثير من الباحثين في مجال الاختبارات والقياس والتقويم لتخصـص التعلم الحركي والتي على اسـاسـها يمكن اعداد برامج تعليمية وتدريبية لتطويرها.

- التوازن الحركي:

التوازن عند الانسان يعني القدرة على الحفاظ على مركز الثقل للجسم في أقل تأرجح ممكن لشكل الجسم باستخدام أقل دعم ممكن.

ويستطيع الإنسان حفظ توازنه عند المشي وذلك بفضل عضو توازن موجود في دهليز الأذن.

الشكل 146

جهاز التوازن بالانسان

– التوازن - وهي الحالة التي يكون فيها التسارع صفر حيث لا يوجد أي تغيير في سرعة أو اتجاه الجسم. وينتقل الاحساس بالتوازن من القنوات الهلالية الى المخ عن طريق العصب الثامن (شكل 147)

الشكل 146
الاحساس بالتوازن

اما التوازن الحركي العامّ: فهو يعني ان يتحفظ الجسم بتوازنه ليظل قائما فلا يميل ويسقط، وهذا الواجب يحقّقه المخيخ معتمداً على: حاسة البصر وعلى المتحسسات العضلية والمفصلية (تخبر المخيخ عن وضعيتهما بالنّسبة لبعضها البعض وبالنسبة للمحيط من حولها)، ويعتمد كذلك على دهليز الأذن (عضو في الأذن الداخلية).

وهناك توازن يدعى التوازن العضلي: الذي يكون ما بين عضلتين متقابلتين، فاعلة ومقاومة (مثلاً ما بين عضلتا العضد الأمامية ذات الرأسين والخلفية ذات الثلاث رؤوس، بتوازنهما نتحكم في حركة الساعد في سرعة انثنائه وانبساطه أو لإيقاف حركته في منتصف الطريق). مع العلم ان لكل عضلة انقباضها وانبساطها وواجبها الحركي المفرد، والذي يمكن ان يسهم باداء الواجب الحركي للعضلة المقابله.

الشكل 148

التوازن الحركي العام

- **وفي البيومكيانيك فالتوازن : يعني الوضع الميكانيكي الذي يصله الجسم في حالته الثابتة أو المتحركة بشرط أساسي هو أن محصلة جميع العزوم المؤثرة تساوي صفر.**
- **والتوازن يكون على نوعين :**

1. التوازن الثابت : وهو الحالة الثابتة أو الأستاتيكية للأجسام في حالة تكون محصلة القوى المؤثرة (مجموع العزوم) يساوي صفراً ، مثال على ذلك الوقوف على اليدين .

- **2. التوازن المتحرك : وهو الحالة الديناميكية لأجسام في حالة تكون محصلة القوى المؤثرة(مجموع العزوم) يساوي صفراً، مثال على ذلك حركات المرجحة على التوازن أو الدورة العظمى على العقلة.**

الشكل 149

التوازن الحركي

- **وضعيات التوازن هي ثلاثة :**

. التوازن المتعادل : ان يكون فيه مركز ثقل الجسم (ماراً) في محور الدوران.

الشكل 150

توازن متعادل

- **التوازن المستمر : أن يكون فيه مركز ثقل الجسم (أسفل) محور الدوران وفي هذه الحالة ينشأ عزم تدوير يعمل على إعادة الجسم الى الحالة الأولى بالدوران العكسي مثل (حركة بندول الساعة) كالمرجحة على العقلة.**
- **. التوازن القلق : أن يكون فيه مركز ثقل الجسم أعلى من محور الدوران .**
- **وهناك عدة عوامل مؤثرة على التوازن:**
- **-القوة العضلية.**
- **-الوراثة.**
- **-القدرات العقلية.**

- -الأدراك الحس - حركى.
- -مركز الثقل وقاعدة الارتكاز.

الشكل 151
التوازن المستمر

- **الثبات (الأستقرار):**

- **وهي المرحلة الأستاتيكية(الثابتة) التي يصل اليها الجسم في حالة تعادل جميع القوى الداخلية والخارجية التي تؤثر في ذلك الجسم بهدف الحفاظ على الأتزان لأطول فترة زمنية ممكنة ، وهذا ما يعرف بالأستقرار أي الإستقرار على حالة الإتزان.**
- **ويعد الثبات مظهر مهم لكل الحركات والمهارات. وكذلك من المظاهر المهمه لاستمرار الجسم بتوازنه، فضلا عن اهميته لاداء المهارات بمستوى عالي من الثبات او لاستقرار.**

وهناك عدة قواهد لتحقيق زيادة درجة الأستقرار(الثبات) وهي:

- **كلما كانت قاعدة الاستناد اكبر كان الثبات اكبر حصلنا على ثبات اكبر، وبذلك نضمن اداء الحركات بحرية اكبر وبقابلية عالية من الاتزان.**
- **كلما كان ارتفاع مركز ثقل الجسم اوطأ ازداد الثبات والتوازن.**

الشكل 152
زيادة قاعدة الاستناد وانخفاض م ث ج للاعب الكرة الطائرة

- كلما كان خط الجاذبية في قاعدة الاستناد حصلنا على الثبات.
- كلما زادت زاوية السقوط زادت درجة الثبات.
- الزيادة في وزن الجسم تزيد من الثبات.
- التقليل أو إلانخفاض بأرتفاع مركز ثقل الجسم .
- وضعية وتركيب الجسم .
- الإحتكاك عامل مهم في الحفاظ على الثبات.
- ضرورة مرور الخط العمودي لمركز ثقل الجسم ضمن قاعدة الإستناد.
- كبر مساحة القاعدة .

لذا فان زاوية كبر سقوط وانخفاض مركز ثقل الجسم ، وكبر قاعدة الاستناد يؤدي الى الثبات (استقرار) عالي والعكس صحيح يؤدي الى (استقرار) ضعيف.

والثبات يعني قدرة الجسم على التغلب على القوى الخارجية التي تحاول تغير حالته، وهو يعني ببساطه ،مقاومة التغيير في تسارع الجسم أو مقاومة اضطراب التوازن في الجسم. من أجل السيطرة على التوازن وتحقيق الموازنة ، ويعزز الثبات من خلال تحديد مركز جاذبية الجسم وتغييره بالشكل المناسب.

ثبات وقوانين الحركة

وهناك علاقة بين الثبات والتوازن ومصطلح القصور الذاتي للجسم (وفق قانون نيوتن الاول) وتتجلى هذه العلاقة وفقا لما ياتي:

- يبقى الجسم ساكنا او في سرعة خطية ثابتة مالم تسلط عليه قوة خارجية.
- يبقى الجسم ساكنا او في سرعة زاوية ثابتة حول محور الدوران مالم تسلط عليه قوة خارجية.

ويتحقق التوازن بنوعيه كما ياتي:

- التوازن الثابت:عندما تكون السرعة (خطيه او زاويه) صفر، يكون التعجيل صفر.
- التوازن الديناميكي:عندما لاتكون السرعة صفرولكنها ثابتة ، يكون التعجيل صفر
- مقاييس درجة الثبات :
- المقياس الهندسي : من خلال معرفة الخط النازل من مركز ثقل الجسم الى قاعدة الإستناد وبين المسافة الافقية وبين موقع مركز الثقل وحافة السقوط، ظا الزاوية = المقابل / المجاور .
- المقياس الميكانيكي : من خلال مقارنة عزم القوى المؤثرة مع عزم وزنه.
- عزم القوة = عزم المقاومة
- مقياس الطاقة(الشغل) : الطاقة المصروفة للتغلب على ثبات الجسم .

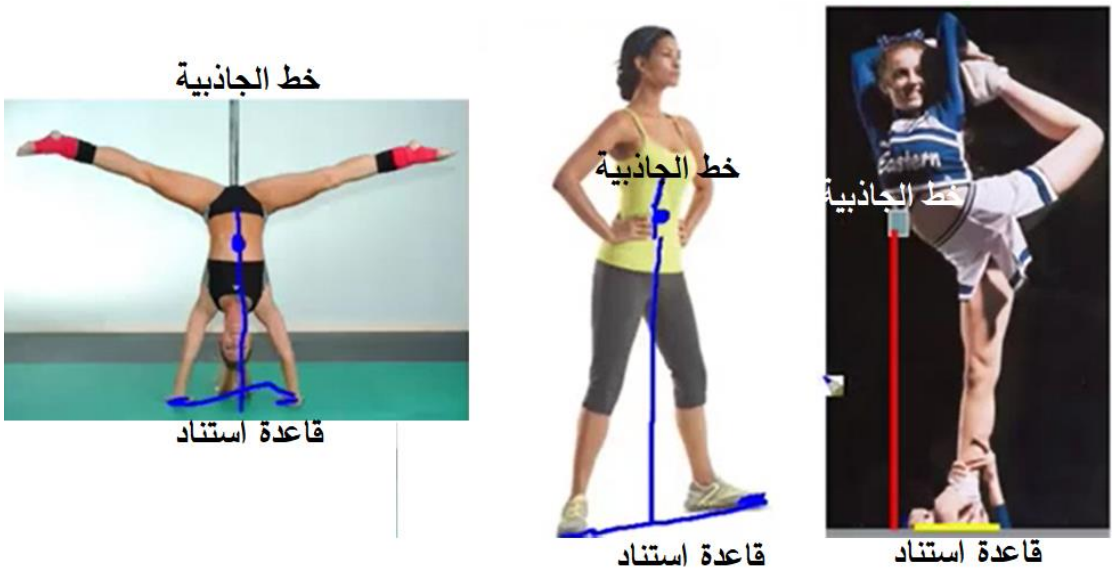
- **الإتزان:**

هو تعادل القوى الخارجية مع القوى الداخلية وهي المرحلة الأولية التي يحتاجها الجسم للوصول الى الثبات. ولكي يكون الجسم متزناً يجب ان يسقط الخط الوهمي الواصل من مركز ثقل الجسم عمودياً على قاعدة الأستناد، فالأتزان هو الحالة الأستاتيكية التي يصل اليها الجسم المتحرك في حالة توفر شرط أساسي هو مرور الخط الوهمي الواصل من مركز ثقل الجسم عمودياً على قاعدة الأستناد، واذا ما طال زمن الأتزان فانهُ سيتحول الى استقرار أو يسمى بالثبات.

- **ماعلاقة خط الجاذبية بقاعدة الاستناد والثبات والتوازن**

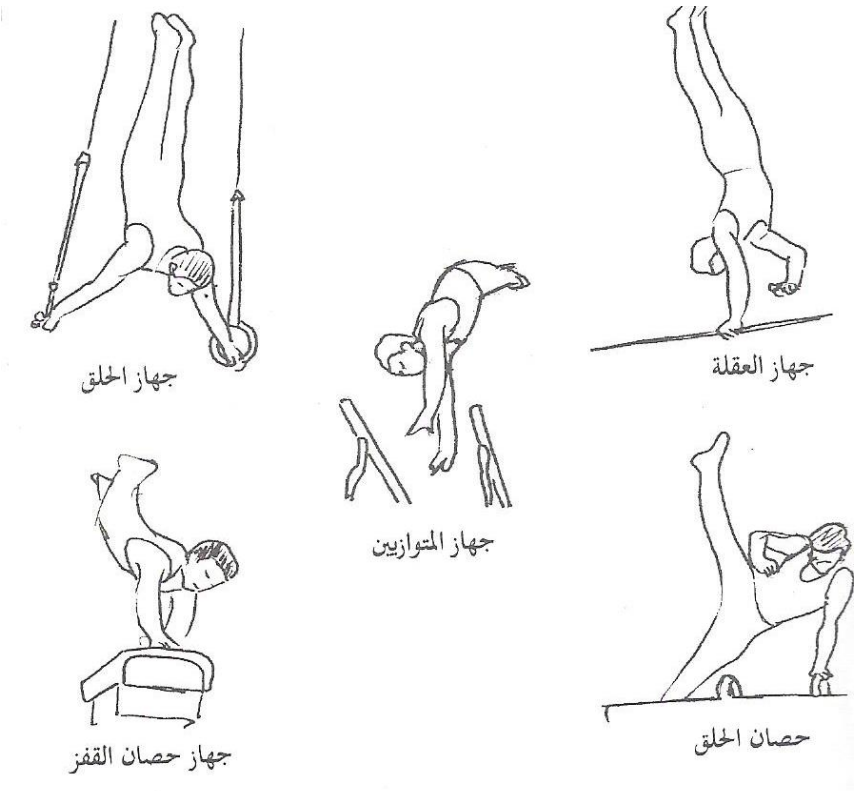
يتوجب للانسان اذا اراد الحركة خروج خط الجاذبية عن قاعدة الاستناد(مناقشة .. حول هذا الموضوع اي جزء من اجزاء الجسم يتحرك لكي يتم ذلك).

ان الحركة ستتولد بسبب ابتعاد خط الجاذبية لنقطه ابعد عن نقطة منصف قاعدة الاستناد وسيكون اتجاه حركة الجسم باتجاه حركة خط الجذب العمودي (اي يعني ان الجسم ينتقل كليا انتقالا زاويا حول نقطة ارتكاز على قاعدة الاستناد كزاوية مطلقة)، لاحظ الشكل 153.



الشكل 153

خط الجاذبية والثبات والتوازن



الشكل 154
حركات الاتزان

- ـ تصنيف المهارات الحركية من حيث طبيعة الأداء:

أنواع المهارات الحركية Skills Taxonomy of Sport:

يمكن ان تصـنف المهارات الحركية إلى أصـناف عدة وذلك تبعا لطبيعة المهارة أو حجم العضـلات المشـتركة أو عوامل اخرى، وقد صـنفت من قبل المختصـين في التعلم الحركي إلى أشكال كثيرة ولكن اغلبها تتفق على ما يأتي:

- **مهارات العضلات الدقيقة – مهارات العضلات الكبيرة**

Fine and Gross Motor Skills

- **مهارات مستمرة، ومهارات متماسكة، ومهارات متقطعة**

Continuos, Coherent and Discrete Skills

- **مهارات السيطرة الذاتية – مهارات السيطرة الخارجية**

Self Paced and Externally Paced Skills

- **مهارات مغلقة – مهارات مفتوحة**

Closed and Open Skills

- **مهارات العضلات الدقيقة – مهارات العضلات الكبيرة:**

غالبا ما تصنف المهارات الحركية إلى مهارات العضلات الدقيقة ومهارات العضلات الكبيرة، وذلك على وفق حجم العضلات المشتركة في أداء الحركة. فالمهارات الدقيقة هي تلك المهارات التي تشترك في أدائها مجموعات العضلات الدقيقة التي تتحرك خلالها بعض اجزاء الجسم في مجال محدود لتنفيذ استجابة دقيقة في مدى ضيق للحركة. وكثيرا ما تعتمد هذه المهارات على التوافق العصبي العضلي بين اليدين والعينين، مثل مهارات الرماية والبلياردو أو بعض مهارات التمرير والسيطرة على الكرة في الألعاب التي تستخدم فيها الكرات. أما مهارات العضلات الكبيرة فتستخدم في تنفيذها مجموعات العضلات الكبيرة، وقد يشترك الجسم كله أحيانا في تنفيذها، مثل مهارات كرة القدم والعاب القوى والمنازلات. وفي ضوء هذا التصنيف نضع جميع المهارات الرياضية على سلسلة افتراضية في أحد طرفيها تقع مهارات العضلات الدقيقة وفي الطرف الأخر مهارات العضلات الكبيرة.

أما المهارات الرياضية الأخرى فتقع على هذه السلسلة تبعا لحجم العضلات المشتركة في الأداء، ففي الرمية الحرة بكرة السلة أو الإعداد في الكرة الطائرة تستخدم أحيانا مجموعات العضلات الدقيقة بشكل واضح بالإضافة إلى اشتراك بعض العضلات الكبيرة في الجسم. وفي بعض أنواع الإرسال في تنس الطاولة يكون اشتراك العضلات الدقيقة على قدر متساو من الأهمية لاشتراك العضلات الكبيرة، وهكذا يمكن وضع جميع المهارات الرياضية على نقطة ما من هذه السلسلة الافتراضية.

- **مهارات مستمرة، ومهارات متماسكة، ومهارات متقطعة:**

في هذا التصنيف تحدد المهارات على وفق الزمن الذي تستغرقه وفترات التوقف التي تتخلل الأداء ومدى الترابط بين اجزاء الحركة بعضها بالبعض الأخر، إذ يمكن افتراض وجود سلسلة من المهارات في أحد طرفيها تقع المهارات المستمرة بينما تقع في الطرف الأخر منها المهارات المتقطعة وتتوزع جميع المهارات الرياضية على هذه السلسلة.

إن المهارة المستمرة هي المهارة التي تتكرر فيها الحركات بشكل متشابه ومستمر دون توقف ملحوظ، إذ يتداخل الجزء النهائي من الحركة الأولى مع الجزء التحضيري من الحركة التي تليها، وهكذا تظهر الحركات وكأنها حركة واحدة

مســـتمرة، كما هو الحال في الســـباحة والركض والمشـــي والتجديف. أما المهارة المتقطعة فهي المهارة التي تتكون من حركة لها بداية ونهاية واضـــحة ولا ترتبط بالضرورة بالحركة التي تليها كما هو الحال في الإرسال بالكرة الطائرة فبعد ان ينفذ الإرســـال تعتمد الحركة التالية على أســـلوب اســـتجابة الفريق المنافس وهذا أمر لايمكن معرفته أو توقعه دائما، لذا فان الحركة التالية للإرســـال قد تكون مختلفة في كل مرة، هذا فضلا عن ان هناك مدة زمنية بين تنفيذ الإرسال والمهارة التي تليها.

وتتميز المهارة المســـتمرة بإمكانية تعلمها بوقت أســـرع من المهارة المتقطعة عندما تكون من نفس مســـتوى الصـــعوبة، كما يمكن الاحتفاظ بالمهارة المســـتمرة لمدة زمنية أطول وذلك لان تكرار الحركة (التمرين عليها) هو جزء متأصـــل في طبيعة المهارة.

اما المهارات المتماســـكة فتتصـــف باعتماد الحركات فيها الواحدة على الأخرى، كمهارة الغطس إلى الماء والحركات الأرضية في الجمناستك إذ تعتمد كل حركة على ما يسبقها وما يليها من حركات، واغلب الحركات الرياضية هي من نوع المهارات المتماسكة. ويصعب أحيانا فصل هذه المهارات إلى اجزاء عند تعلمها وذلك من اجل المحافظة على وحدتها وترابطها فعلى ســـبيل المثال نلاحظ ان مهارة رمي الرمح تعتمد على مدى الترابط والانسـيابية بين حركة الاقتراب والرمي فانسـيابية الحركة والربط المناســـب بين أجزائها يعد العنصـــر الحاســـم في نجاح أدائها، وكذلك الأمر بالنسبة لحركتي الدوران والرمي في المطرقة.

- مهارات السيطرة الذاتية – مهارات السيطرة الخارجية:

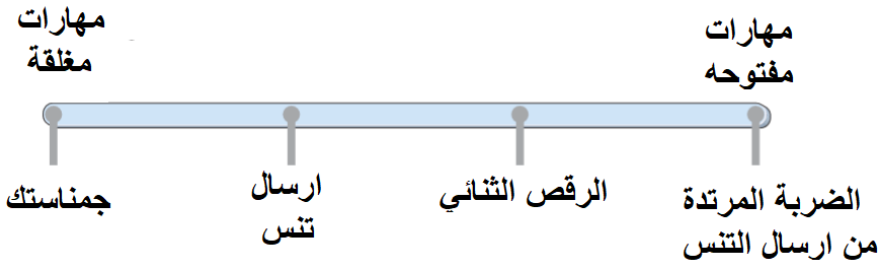
يمكن تقسيم المهارات الحركية إلى أربعة أنواع على وفق طبيعة الفرد والهدف، ففي بعض المهارات يكون الفرد في حالة ثبات عند قيامه بالاســـتجابة كما يكون هدف المهارة أيضـــا ثابت. بينما تنفذ بعض المهارات بطريقة يكون الفرد والهدف كلاهما في حالة حركة، لذا يمكن تصـــنيف المهارات إلى أربعة أنواع موزعة على سلسلة افتراضية في أحد طرفيها مهارات يكون فيها الفرد والهدف في حالة ثبات وفي الطرف الأخر منها مهارات فيها الفرد والهدف في حالة حركة. وبين هذين الطرفين نوعان آخران من المهارات أحدهما يكون فيه الفرد ثابتا والهدف متحرك أما الأخر ففيه الفرد متحرك والهدف ثابت.

إن الشـــيء المهم هنا هو المدى الذي تســـمح به طبيعة المهارة للفرد بالتنبؤ للاستجابة ومقدار السيطرة الذاتية أو الخارجية على أداء المهارة. وعلينا أن ننظر إلى المهارة التي تقع على هذه السلسلة في إطار الظروف التي تؤدى فيها المهارة. فعلى سبيل المثال في مهارة ضرب الكرة بالمضرب يكون اللاعب في حالة ثبات قبل

أدائه للضـــربة ولكنه ســـيتحرك أثناء قيامه بالمهارة ويمكن ان نلاحظ ان المهارات على هذه السلسلة تزداد صعوبة كلما انتقلنا من الطرف الأيمن نحو الطرف الأيسر. كما نستنتج إن أداء اللاعب للمهارات في الطرف الأيمن من السلسلة لا يعتمد كثيرا على ســـرعة القيام بالعمليات الإدراكية من قبل الفرد، بل يعتمد على مجموعة الاستجابات الملائمة التي يقوم بها، وذلك لان ثبات المثير يتيح للاعب الوقت الكافي للاستعداد قبل أدائه للحركة. أما بالنسبة للمهارات الموجودة في الطرف الأيسر من السلسلة فالأمر مختلف تماما إذ أن المثيرات هنا ليست ثابتة كما إنها قد تكون غير متوقعة بطبيعتها مما يفرض قدرا كبيرا من المتطلبات على اللاعب عند أدائه لها.

- مهارات مغلقة – مهارات مفتوحة:

يرتبط هذا التصنيف إلى حد كبير بالتصنيف السابق والخاص بالسيطرة الذاتية والسيطرة الخارجية. إن المهارة المغلقة هي المهارة التي تؤدى تحت ظروف بيئية ثابتة نســـبيا. أما المهارة المفتوحة فهي تلك المهارة التي تؤدى تحت ظروف تتغير أحداثها باســـتمرار. ويمكن أن تعرف المهارات المغلقة بأنها تلك المهارات التي ليست لها متطلبات بيئية عديدة وان كان لها بعض المتطلبات فهي غير متوقعة مثل رمي القرص وركض 100 م وغيرها وحركات الجمناستك. أما المهارات المفتوحة، فهي تلك المهارات التي لها متطلبات بيئية عديدة متوقعة وغير متوقعة مثل كرة القدم وكرة الســـلة ورياضـــات المنازلات والعاب المضـــرب. ويمكن تصـــنيف جميع المهارات الرياضية على سلسلة تقع في أحد طرفيها المهارات المغلقة وفي الطرف الأخر المهارات المفتوحة، وتتوزع المهارات ما بين هذين الطرفين.



الشكل (156)

سلسلة المهارات المفتوحة والمغلقة

ونلحظ من الشـــكل اعلاه ان بعض المهارات المغلقة هي تبقى مغلقة دائما، وبعض المهارات المغلقة ايضـــا تميل الى ان تكون مفتوحة بعد البدء بالحركة،، وبعض المهارات المفتوحة تبقى على وضـــعها ، الا ان البعض منها يميل الى ان يكون مهرات مغلقة ايضا.

إن المهارة المغلقة تشبه إلى حد كبير المهارة الحركية فهي تتكرر وتنفذ بالأسلوب نفسه في كل مرة بغض النظر عن الظروف المحيطة، إذ إنها لا تتأثر بما يجري في البيئة. فلو أخذنا مهارة رمي القرص على سبيل المثال نجد أن أفضل الرياضيين في هذه الفعالية هم الأشخاص الذين يمتلكون قدرات بدنية معينة بالإضافة إلى أسلوب أداء فني جيد (تكنيك) مناسب وسليم من الناحية الميكانيكية يتقنونه لدرجة انه باستطاعتهم تنفيذه تحت مختلف الظروف. وأكثر الرياضيين نجاحا في مثل هذه المسابقات هم الذين يستطيعون إهمال الإشارات القادمة إليهم من البيئة الخارجية (المنافسون، والجمهور، والحكام)، اذ ان أساس التفوق في المهارات المغلقة يتجلى بعاملين أساسيين هما التكنيك المستخدم والقدرات البايولوجيه للرياضي والتي نعني بها المواصفات البدنية مثل الطول والوزن والقوة العضلية والسرعة والقدرة العضلية والرشاقة وغيرها.

أما المهارات المفتوحة فتعتمد بشكل رئيس على القدرات الإدراكية للرياضي أي مقدرته على قراءة البيئة التي من حوله وتفسير المثيرات القادمة منها واختيار الاستجابة المناسبة لها ففي كرة القدم مثلا نلاحظ أحيانا أن اللاعب قد يمتلك تكنيكيا جيدا لأداء الحركات المختلفة ولكنه لا يستطيع القيام بها أثناء اللعب في الوقت أو المكان المناسب، لذا لن يعد هذا اللاعب ماهرا. ففي لعبة مثل كرة القدم يلعب الإدراك (تفسير الانطباعات الحسية) دورا مهما في حسن اختيار الاستجابة المناسبة. وهذا الأمر يتطلب من اللاعب أن يكون على اتصال دائم بالمعلومات القادمة إليه من البيئة المحيطة به كي يتمكن من تفسيرها بالشكل المناسب.

إن متطلبات التفوق في المهارات المفتوحة والمهارات المغلقة وطرائق التدريب المستخدمة في كل منهما تختلف على وفق طبيعة هذه المهارات فمن اجل ان يصبح اللاعب متفوقا في إحدى المهارات المغلقة عليه أن يهتم بتطوير البناء قدراته البدنية. فضلا عن اكتسابه لأسلوب أداء فني صحيح ميكانيكيا (التكنيك) لتلك المهارة ينسجم ومواصفاته البدنية والتدريبات المستخدمه حتى يتقنه بشكل جيد ويصعب في بعض الأحيان على الرياضي الوصول إلى المستويات العليا في المهارات المغلقة بسبب عدم توافر المواصفات البدنية اللازمة لتلك المهارة لديه أو نتيجة لنقص في أحد القدرات البدنية لديه. أما التفوق في المهارات المفتوحة مثل كرة السلة أو التنس الأرضي فيعتمد بشكل رئيس على مقدرة اللاعب في التعامل مع الكثير من الظروف والمتغيرات المختلفة فتعلم لعبة ككرة اليد مثلا لايتم عن طريق معرفة مجموعة من الرميات أو المناولات فقط، بل لابد للاعب أن يتعلم أيضا كيف ومتى يمكنه استخدام تلك المناولات والرميات بشكل مناسب تحت ظروف اللعب المختلفة.

وفي أداء المهارات المفتوحة يمكن للفرد أن يعوض بعض النقص في أسـلوب أدائه أو قدراته البدنية عن طريق امكانيته في الجوانب الإدراكية وحسـن التصـرف في المواقف المختلفـة، اذ يتطلـب التفوق في المهـارات المفتوحـة توافر بعض الخصائص البدنية المحددة لدى الرياضي.

إن السر وراء تمكن بعض اللاعبين من الاستمرار في ممارسة بعض المهارات المفتوحة والتفوق فيها سنوات متقدمة من عمرهم قد يكمن في مقدرتهم على حسن التصرف في الملعب واستخدام خبرتهم في تفسير المثيرات من حولهم بشكل يقلل من الحاجة إلى بذل مجهود بدني ضائع لا لزوم له.

ان اللاعب المتميز في المهارات المفتوحة يستجيب بسرعة افضل من اللاعب الاعتيادي نتيجة لمقدرته على الاستفادة من التلميحات الأولى التي تصله من البيئة عن الحركة دون الحاجة إلى الانتظار لتلميحات أخرى كي يتخذ قراره وينفذ استجابته.

وكل ماتقدم سواء كان الاداء بمهارةه مفتوحة او مغلقة ام متماسكة او بمشاركة عضلات صغيرة او عضلات كبيرة ، فانها جميعها يجب ان تحقق الهدف من استخدام القوة وجمعها وكما يأتي:

- **الهدف من استخدام القوة هو اعطاء الزخم الخطي او الزاوي المناسب لمختلف الحركات الرياضيه كحركات الرمي ، حركات الرفس ، حركات الركض وتغير الاتجاه او الحركات المستقيمة ...الخ.**
- **نقل الزخم باستخدام اكثر من عمل عضلي لاكثر من جزء من اجزاء الجسم.**
- **الحركة دائما تبدأ بالعضلات الكبيرة ثم الصغيرة.**
- **يتطلب الحصول على زخم كبير توبيد اكبر قوة.**
- **التسلسل الصحيح باستخدام العضلات وفقا للاداء المثالي وبدون حدوث لحظات توقف بينها.**
- **التوقيت الجيد وتطبيق الحركة بمدى كبير.**
- **استمرار دفع القوة بكفاءة عالية.**
- **المحافظة على الزخم المتولد يعني بذل قوة والاستمرار ببذل هذه القوة دون تعب.**
- **القدرة الانجازية**

كثير من الحركات الرياضية تتشابهه في مساراتها الحركية الا انه الاختلاف يكون في الهدف الحركي ، وهذا التشابه يشمل العضلات العاملة والايعازات العصبية وحركة المفاصل والتوقيتات الصحيحه لظهور تسلسل الحركات وما الى ذلك من

متطلبات تقييم هذه الحركات فيما يخص الجانب الفسيولوجي والحركي والميكانيكي، فضلا عن تقييم البناء الحركي بالرغم من اختلاف القسم الرئيسي لهم .

وهذا يتطلب التعمق في دراسة الاداء وفق الاسس العلمية التي تخص هذه الجوانب، وهذا الموضوع يدخل في صناعة وتحقيق الانجاز الحقيقي الذي هو الهدف الرئيسي لكل حركة او مهارة رياضيه وفقا لتخصصها سواء كانت هذه الحركة في العاب جماعية هدفها تحقيق افضل سرعة ودقة ، او العاب فردية هدفها تحقيق اقل زمن او اعلى ارتفاع او ابعد مسافة .او اعلى دقة وسرعة ، او تحكم مع سرعة ودقة، وعلى هذا الاساس تبنى ما يعرف بالقدرة الانجازية لكل حركة او مهارة رياضية وفقا للهدف منها ، ومن وجهة نظرنا، فان هذه القدرة تتأسس على ان يكون هناك تكامل في كل العوامل التي تتدخل في هذا الانجاز او ذاك، والذي قد يكون قفزة الغرض منها التصويب والتهديف او الكبس اوالارتفاع العالي او المسافة الافقية .....الخ. وكل هذه الحركات لاتحقق بدون تكامل القدرات البدنية المرتبطة بكل نوع من انواع الاداء المتحقق ، سواء كانت هذه القدرات عامة او خاصة ـــ وهذه القدرات يجب ان تتناسق وتتوافق مع تطور الايعازات العصبية المرتبطة بجهاز عصبي جيد ،، ومن جهة اخرى فان هذا الانجاز وفضلا عما تقدم يتطلب كفاءة وظيفيه عالية لجهاز القلب والتنفس والدم المسؤوله عن ادامة الجهد البدني باعلى كفاءة ،، فضلا عن تكامل القدرات العقلية والنفسية المرتبط بالقدرات الحس حركية والجوانب النفسية الاخرى . كل هذه العوامل يمكن ان تساهم بشكل فاعل في تحقيق انجاز افضل بشروط فنية وميكانيكية عالية وباقتصادية بالعمل ، اذ ان الانجاز هو مستوى معين من الطموح يبغي اللاعب والمدرب تحقيقيه من خلال ماتقدم .

- مقومات القدرة الانجازية:

عندما نتأمل الفعاليات الرياضية، فأن الأداء لكل فعالية يتضمن نظام عصبي خاص به ويكون فعال لتحقيق الإنجاز في كل فعالية،فمثلاً:

ان ما ينطبق على رامي الرمح يمكن أن ينطبق أيضاً على لاعب كرة اليد عند أداؤه التهديف البعيد، حيث يظهر أن حركة المفاصل العديدة لأجزاء الجسم المختلفة التي تقوم بتنفيذ التهديف الخاطف، بسيطرة النظام العصبي – العضلي، يتطلب من اللاعب نظام توقيت وربط مناسب مع زيادة وتقليل السرعة لجميع أجزاء الجسم وانطلاق الأداة من خلال أخر جزء بالجسم، والتوقيت المناسب لأجزاء الجسم يساعد في الحصول على تغير في محصلات القوى الناتجة من الأداء الأمثل، فالقوة ليست مؤثرة دون الحصول على توقيت للانقباض العضلي السريع . وهذا التوقيت له علاقة بنهاية حركة الجزء الاكبر ليبدأ الجزء الاقل حركته وبتوقيت متناسق وانسيابي .

وهذا يعني ان كل من مستوى القوة بكل مظاهرها مطلوب باعلى درجاته لاجل تحقيق هذا الاداء ، وتكامل تطور القوة سيؤدي حتما الى تحقيق السرعة المطلوبه بالجسم واجزاؤه اذ ان هذه القوة هي المسبب لظهور الحركة.

وفي المهارات ذات الإنجاز العالي، فأن انسجام عمل 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 الانقباضات اللامركزية، لتكون باعلى قوة وشغل عضلي لها ، ولهذا يكسب جزء الجسم التعجيل اللحظي المناسب لحظة البدء بالقسم الرئيسي ، الذي يجب ان لا يجابه بحركة اعتراض أو كبح خصوصا بالرجل القائدة كما يؤكد عليه البعض اذ يسبب هذا الكبح ان يكون خط عمل الجاذبية بالاتجاه العمودي المار من مركز ثقل الجسم في ابعد نقطة في لحظة التحضير اذا كانت لحظة الكبح هذه كبيرة وهذا يعني ان هناك قوة خارجية عبارة عن عزم الجاذبية الخلفي والذي يعمل على تباطئ هذا الجسم وهذا يعني تناقص بالسرعة بسبب هذه القوة المعيقة ، لذا يجب العمل على عدم توليد كبح بدرجة كبيرة لادامة السرعة الابتدائية المكتسبة من الاقتراب من خلال التطبيق الصحيح لوضع قدم الراجل الكابحة باقل ما يمكن من تماس على الارض والتي تجبر الرامي على ان يكون نقل جذعه بدون اعاقة كبيرة لعزم الجاذبية الخلفي من اجل المحافظة على الزخم المكتسب ونقله الى الرمح على سبيل المثال بانسيابية عالية ووفقا لهدف الحركة، وهذا الامر يتطلب التكرار باداء هذا الوضع الجديد من اجل احداث تكيف بالإشارات الصادر من الدماغ لاداء هذا التطبيق الصحيح.

وهذه المشكلة تولدت لدينا من خلال الملاحظه المستمرة لبطولات ومسابقات رمي الرمح المحلية والدولية والاولمبية والعالمية ومن خلال تحليلنا المستمر الذي نتج عنه اكتشاف هذه الحالة وعدم تشخيصها سابقا علما انها مستخدمة من معظم ابطال هذه اللعبة الدوليين .ومن اجل ذلك اجرينا تحليلات حركية عديدة من اجل التعرف على تطبيق الاداء الافضل لدى ابطال العالم وحقيقة ما يطبق لدى ابطال اللعبة بالعراق من اجل حل هذه المشكلة العلمية من خلال التجريب والبحث لتعزيز جانب التخصص الدقيق بالاداء وفقا للمعطيات الميكانيكية وتحقيق أعلى أداء بدني وتطور الانجاز ، ومن خلال بناء البرامج التدريبية لتطويرها وتنفيذ هذه الحركات بنجاح .

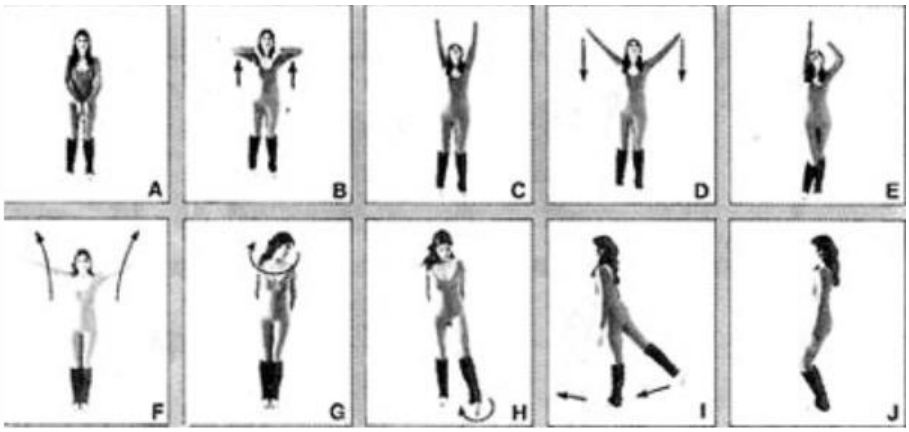
ومن التدريبات التي تحسن من هذا النظام هو نظام التدريب بالأثقال والذي يمكن أن يحقق كفاءة بشرط أن تراعى الاعتبارات الميكانيكية التالية:

-تنفيذ تمارين مقاومة باستعمال مفاصل متعددة (نقل القوة) وبمقاومات حره.

-تنفيذ تمارين مقاومة باستعمال حركات وتكرارات سريعة ومفاجئة(قوى لحظية وتعجيل لحظي).

- **تنفيذ تمارين مقاومة بتقلصات عضلية وبمديات حركة واسعة.**

مع ملاحظة انه عند تدريب مفصل واحد ربما يطور ذلك النظام العصبي لذلك المفصل وجميع العضلات العاملة عليه وفق المحاور الثلاث التي ترتبط بالمفصل (خصوصا الكتف والوركين) وليس له علاقة بباقي الأجزاء الأخرى، لذا فأن أهم عامل يسبب 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.



الشكل 157

مديات مفاصل الكتفين والوركين

- **مساهمة الطاقة الحيوية بالقدرة الانجازية:**

تشمل هذه المساهمة دراسة القدرات الاوكسجينية واللااوكسجينية في النظام العصبي، وهذه تتطلب:

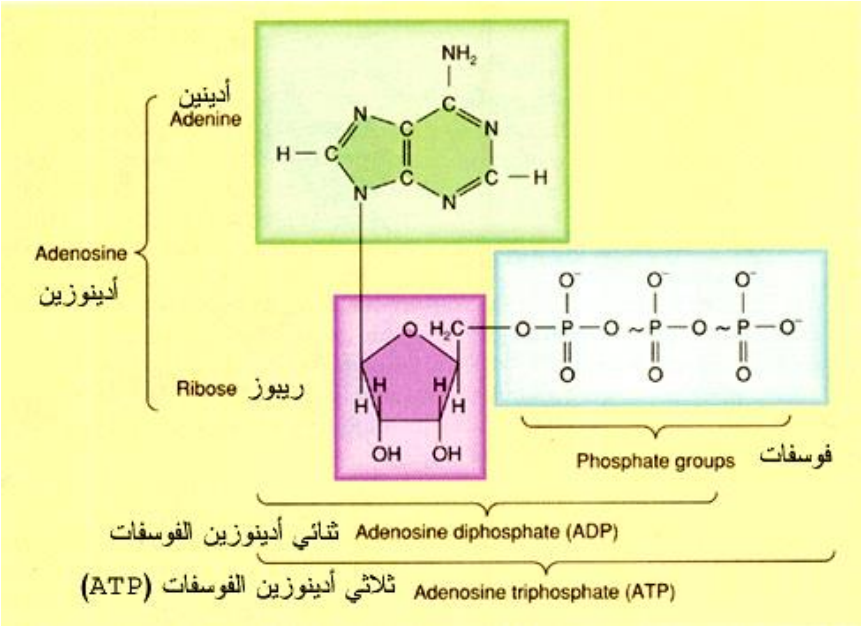
- **قياس أعلى كمية لاستهلاك الأوكسجين لتخمين هذه القدرة.**

- **التنبؤ بالأداء العضلي عن طريق استهلاك الأوكسجين .باعتبار ان الأوكسجين هو المادة الوحيدة لإنتاج الطاقة الحيوية العالية(جزيئات ATP) والتي هي المسئولة عن التقلص العضلي و أدامته.**

- **معرفة طريق العمليات الكيميائية للاستمرار التفاعل مع الأوكسجين (ألاكسده)، خلال سلسلة من التفاعل لذرة الهيدروجين ،وانتقال الإليكترون لتتوفر الطاقة مع إنتاج ATP . ولأجل أن تتم هذه العملية بنجاح فمن الضروري ظهور ADPوالفسفور، أن هذه المواد تستخدم بصورة ثابتة خلال عملية ألاكسده ، حيث**

تحول كل كمية من ATP الى ADP والفسفور (PC) بغياب الأوكسجين .فالأكسدة تسبب في النشاط العضلي وهذا بالمقابل يعمل على) تكوين (ATP ، اما إذا توقف النشاط العضلي (يعني إزالة ADP-PC) فالحركة تتوقف وتقل عملية الأكسدة.

- وينصب تقييم الاداء على ان لا يكون استخدام الخلية لكمية واسعة من الأوكسجين بدون الاستفادة من ATP المنتج ، وعند ظهور ذلك ، تظهر الأكسدة ، بهذه الطريقة يمكن احتراق الطعام مع التبذير بالطاقة والتي تظهر على شكل حرارة ولكن بدون استخدام ATP ، هذه الظاهرة الازدواجية بين الأكسدة والفسفور ثلاثي الادينوزين ،تبين ان حساب كمية الأوكسجين ربما لا يعطي تنبؤات صحيحة عن فاعلية الأداء.ان ماتقدم يشكل احد الاسس الفعالة في زيادة القدرة الانجازية.



الشكل 158

العمليات الكيميائية

- **المساهمة البيوميكانيكية في القدرة الانجازية:**

البيوميكانيك يشير إلى التطبيقات النظامية للقوانين الميكانيكية والأفكار البايولوجيه لحل مشاكل حركة الإنسان في المواقف المعينة، هي السبيل لمساعدة الانسان للتحرك بفعالية أكثر في المحيط الذي يتفاعل معه. اذ ان كل من التحليل الكمي والتحليل النوعي للقوة الداخلية والخارجية مع دراسة شكل هذه القوى وكل هذه الامور تدخل في تحقيق وتطوير القدرة الانجازية .فعند اجراء التقييم البيومكانيكي للأداء البشري،يجب ان يتضمن هذه الاسئله:

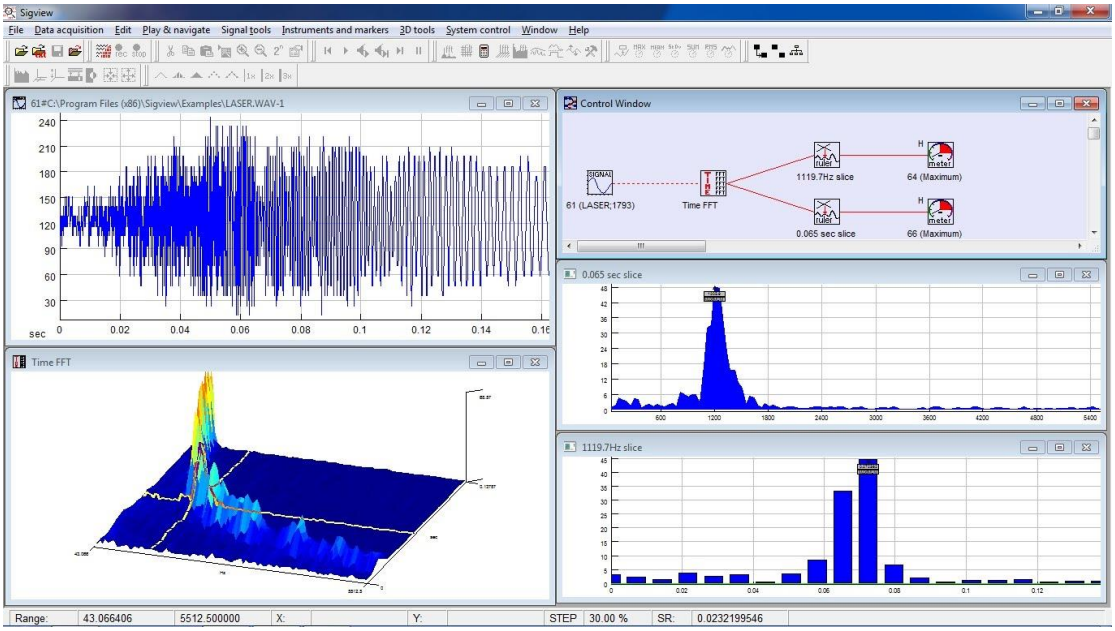
- أي العضلات تستخدم عند عمل مهارة الصد بالكرة الطائرة ؟ وماهي اتجاهات هذه القوة ، ماهي الحركة النهائية لكل مجموعة عضلية.

- إلى أي مدى يطور تمرين الضغط بالذراعين لدفع الحديد من وضع الاستلقاء (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 للحصول على تمرين أكثر فاعلية لأجل الأداء والانجاز الرياضي.

و الخطوات التي تشمل تحليل ديناميكي لحركة الإنسان هي:

- الحصول على بيانات عن طريق التصوير السينمائي
- استخدام منصة قياس القوة لتخمين القوة المسلطه على الأرض (دفع القوة)
- قياس واستخدام البيانات التشريحية. لاحظ الشكل 159
- 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.

كل الخطوات اعلاه مطلوب العمل بها لزيادة وتعزيز القدرة الانجازية ووفقا لنوع المهارة.



الشكل 159

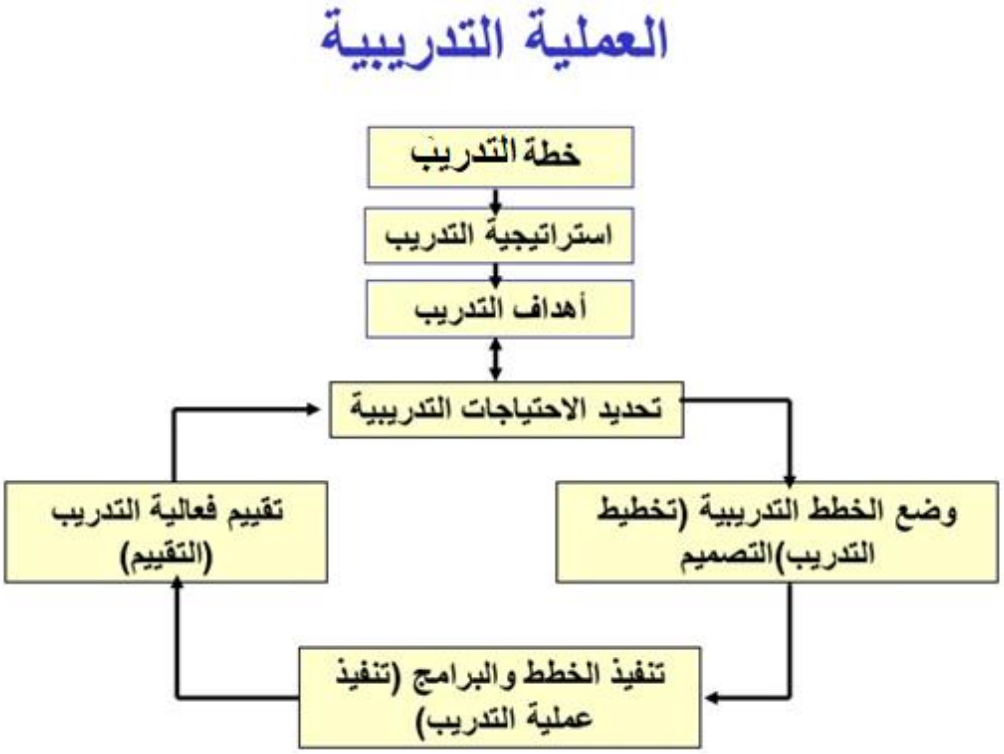
قياس القوة ومنحنياتها

- **مساهمة القدرات البدنية في القدرة الانجازية:**

وتشمل هذه المساهمة التعمق في الدراسة والبحث عن خصوصية القدرات البدنية الملائمة لنوع المهارة او الحركة التي تنفذ والتي يراد تحقيق اعلى انجاز فيها ، وهذا يعني ايضا التعمق بفهم الواجب العضلي ونوع العضلة التي تقوم بالاداء لعرض وضع البرامج لتطوير وفق الاداء المهاري دون اهمال باقي العضلات ، اذ ان التدريب التخصصي وفق الاداء المهاري هو الذي يحقق الهدف من الاداء ويزيد القدرة الانجازية بشكل مضطرد .ولهذا لابد من تطوير القدرات التخصصية الاتية:

- **القوة المطلقة لكل مجموعة عضلية تساهم في الاداء**
- **القوة السريعة المطلقة**
- **التحمل الخاص (تحمل سرعة وفق الواجب الحركي، وتحمل قوة وفق الواجب الحركي)**
- **التحمل العام**
- **القوة العامة**
- **التوافق العصبي العضلي**
- **التوازن وفق خصوصية المهارة او الحركة**
- **المديات الحركية المطلوبة بالمفاصل**
- **المرونة المطلوبة للعضلات**
- **السرعة الخاصة لكل جزء من جزاء الجسم وسرعة كل الجسم عموما**

كل هذه القدرات تدخل ضمن استراتيجية معينة مع الخطط والمستلزمات والمدرب لتشكل العملية التدريبية للاعبين الشكل 160



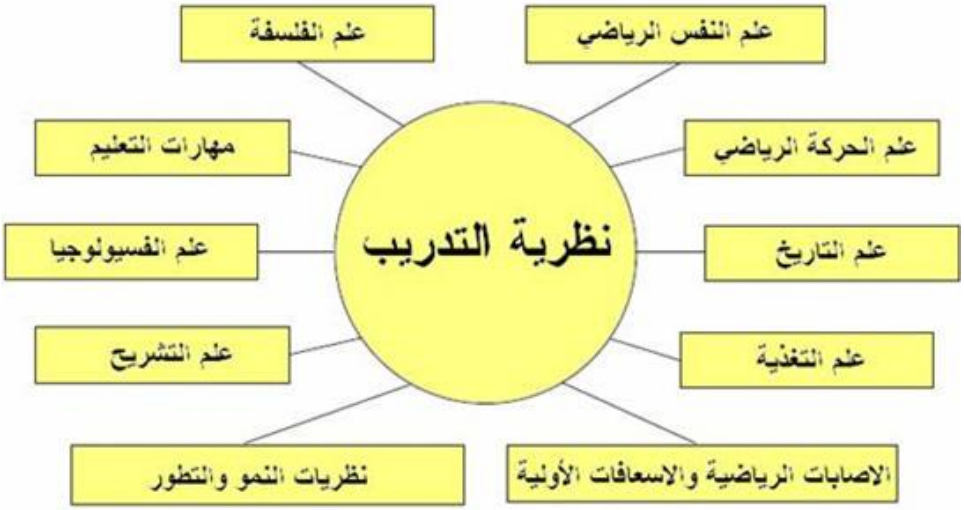
الشكل 160

العملية التدريبية

- **مساهمة التدريب الرياضي في القدرة الانجازية:**

التدريب الرياضي عملية تربوية مخططة مبنية على اسس علمية سليمة تعمل على وصول اللاعب الى الاداء المثالي خلال المباريات والمنافسات، ولتحقيق استراتيجية التدريب الرياضي الحديث لابد من توافر اربعة عوامل هي كما مذكوره بالشكل 153. ويشكل التدريب الرياضي اهمية كبيرة للفرد والمجتمع فهو يهتم بتطوير انواع الرياضات التي ارتبطت بالسياسه ، اذ اصبحت للمنافسة الرياضية مكانتها بين مختلف دول العالم، كذلك يساعد التدريب على خلق قاعدة عريضه من الشباب الرياضي للارتفاع بمستواهم واكتساب المواهب.

ويساهم التدريب الرياضي في عمليات التكيف النفسي ورفع الكفاءة الوظيفية والقدرات البدنية وتطوير السمات الشخصية والادراية خلال عمليات التدريب والمنافسه. فضلا عن مساهمة باقي العلوم الرياضية في العملية التدريبية،شكل 154



الشكل 161

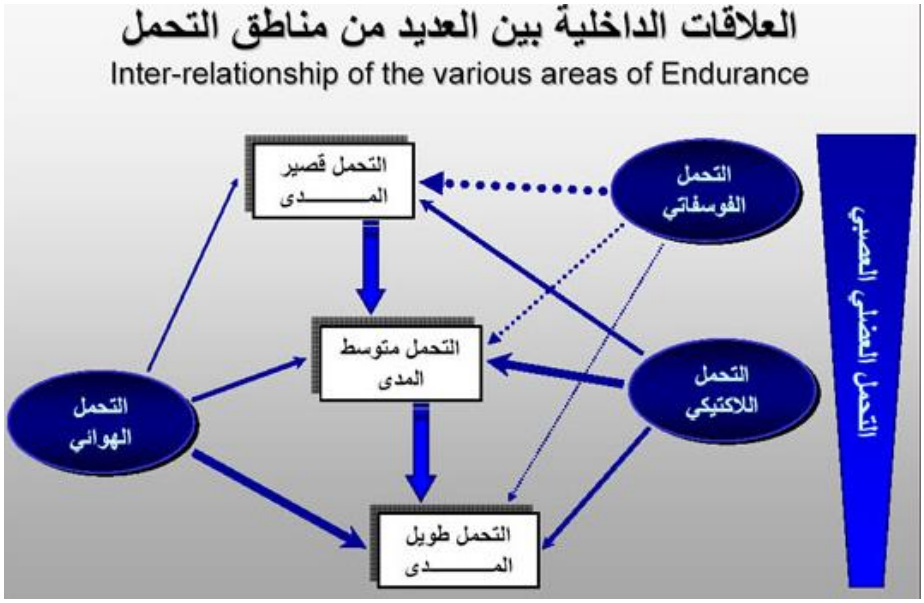
مجالات التدريب

وتبنى استراتيجة التدريب على مقومات اساسية تقودها الى تحقيق الغاية والهدف من التدريب ، وهذه المقومات موضحة بالشكل 162

الشكل 162

استراتيجية التدريب

ويجب ان تكون العملية التدريبية وفق لمبادئ التدريب ، كمبدأ الزيادة المتدرجة بالحمل ومبدأ الفروق الفردية، ومبدأ استمرار التدريب وخصوصية التدريب، ومبدأ تكنولوجيا التدريب والتعليم،،، الخ. وتلعب قدرة القوة بانواعها الدور الاساس في تنمية وظهور القدرات الاخرى كالسرعة وتغير الاتجاه واستمرار الركض (التحمل بانواعه) ... الخ. لاحظ الشكل 163

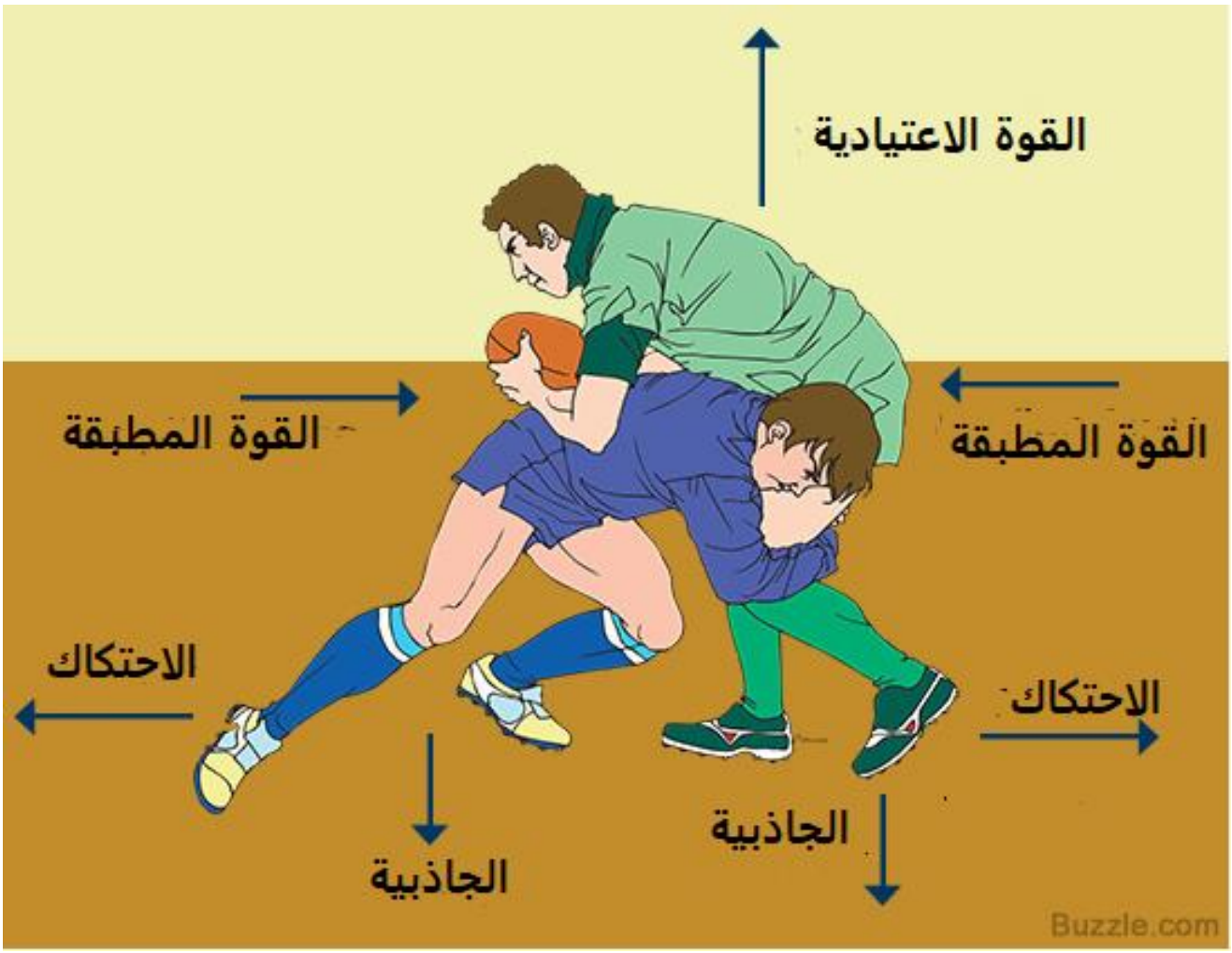


الشكل 163

تحمل القوة وعلاقتها بباقي القدرات

الفصل الخامس

- الميكانيكا الداخلية
- القوى الداخلية وآثارها على الجسم وحركات الاجزاء حول المحاور
- الميكانيكا الخارجية
- مفهوم المرونة والاجهاد والتوتر



- الميكانيكيا الداخلية

يعد الجهاز الحركي للإنسان جهازاً ميكانيكياً يرتبط عمله بتكامل القوى الداخلية له من عضلات ، وأربطة ، وأنسجة ، وبين المقاومة التي يتعرض لها الجسم سواء كانت أوزان هذه الأجزاء أو الجسم ككل أو الوزن المضاف وتاثره بالجاذبية أو قوة الإحتكاك . وإن العمل الحركي إضافة لذلك يتطلب أن يتم بمستوى عالي من الأداء الفني المرتبط بالشروط الميكانيكية الصحيحة من أجل أن يكون هناك إقتصاد بالقوة، والتغلب على المقاومات بأنسب طرق فنية ممكنة ،وهذا يعني إرتباط العمل الحركي بالجوانب الميكانيكية المتعلقة بها

هذه العوامل المشتركة يمكن أن تعطي فائدة ميكانيكية ، وبدنية ، وفنية تسهل العمل البدني ،وتقلل العبء الواقع على كاهل العضلات ، والأربطة ، والمفاصل عند التطبيق المهاري، وبالتالي تقلل من إحتمالية حدوث إصابة في هذه الأجهزة، وتعزيز الوقاية من حدوثها .لهذا يدخل علم البيوميكانيك في محاور العملية التدريبية الثلاث من خلال التاكيد على:

المخطط 8

محاور العملية التدريبية

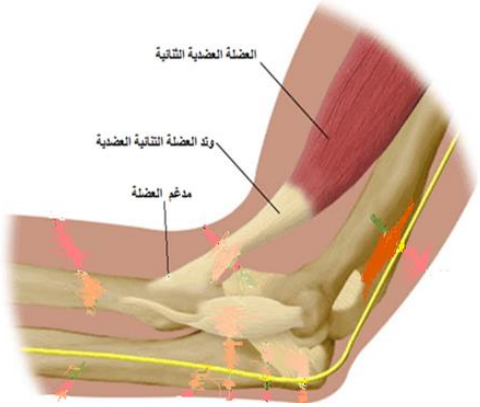
- **القوى الداخلية**

فالقوة الداخلية هي التي لها علاقة بعمل العضلات على العظام عبر المفاصل المختلفة لتولد العبء عليها.

ويحتوي جسم الإنسان على ستمائة وتسعة وثلاثون عضلة، لكل منها وظيفتها حسب موقعها من الجسم، وأشهر وظائف العضلات تلك التي وظيفتها الحركة، فهي المسؤولة عن حركة الإنسان بشكل كامل، وتقسم عضلات جسم الإنسان من حيث الحركة إلى عضلات إرادية وعضلات لا إرادية، العضلات الإرادية هي التي تحرك أطراف الإنسان أمّا العضلات اللإرادية فهي مثل عضلة القلب تعمل بشكل مستمر كي تؤدّي مهمتها، تؤدّي حركة العضلات في الإنبساط والإنقباض إلى صنع حركة معينة لكل عضلة حسب موقعها، فتقوم العضلات عند انقباضها مركزيا بسحب العظام المتصلة بها أو إبعادها عند انقباضها لامركزيا تبعاً للحركة التي تمت فكل انقباض يتلوه انبساط، والإنبساط هو الوضع الطبيعي للعضلة . تعمل العضلات وفق قانون الكل أو العدم، فعندما تنقبض العضلة فإنّ كل أجزائها تنقبض بنفس الشدّة، ويختلف مستوى الحركة تبعاً لشدّة الإنقباض، التي تؤثّر بجميع أجزاء العضلة، إمّا حركة بسيطة أو متوسّطة أو شديدة. ولكي تبقى العضلات في صحّة جيدة لتكون قادرة على أداء حركتها، يجب أن يكون غذاء الإنسان جيّداً إضافة لاعتناءه بها من حيث أداء التمارين الرياضيّة التي تحفظ قوة العضلات وفاعليتها . وفي جسم الإنسان أيضاً هيكل عظمي يشكل الدّعامة والشكل للجسم، وهو الجزء الصلب من الجسم، الذي يحتوي على مواد تجعله قادراً على النّمو والهدم والبناء، يتكوّن هذا الهيكل من جزئين هيكل محوري، وهيكل طرفي، المحوري هو الذي يكون في مركز الجسم وأجزائه الجمجمة والعمود الفقري والقفص الصدري وعظم العصعص، والهيكل الطرفي هو المكوّن للذارعين والساقين . كما ذكرنا سابقاً فإنّ العضلات هي المسؤولة عن حركة الإنسان عبر تحويلها الطاقة من كيميائية إلى حركيّة وتصنع الحركة عبر اتّصالها بالعظام ولكن العضلات والعظام لا تتصل ببعضها مباشرة بل هناك أداة وصل تسمّى الأوتار وهي تشبه الحبال، تكون الأوتار ممتدة بين العظمة والعضلة وطرفي الوتر متصلان أحدهما بالعظمة والثاني بالعضلة، أمّا عن آليّة الحركة فهي تحدث عند إنقباض العضلة مما يؤدي إلى صغر في حجمها وذلك بدوره يؤدّي إلى سحب الوتر المتصل بها والذي بدوره يسحب العظمة المتّصلة به، أمّا الوتر نفسه فهو عبارة عن شريط مكوّن من الأنسجة الضامة، والأنسجة الضامّة الخاصّة بالوتر مكوّنة من اللّيف، ووظيفته تكمن بربطه عضلة ما مع جزء آخر من الجسم كالعضلات ببعضها أو يقوم بربط العضلات بالعظام . والوتر متين بتركيبه وهو قادر على تحمل الجهد والضغط أثناء حركة الإنسان بشكل كبير ولفترات طويلة رغم صغر حجمه إجمالا بالنسبة للأجزاء التي يربط بينها .

ان التركيب التشريحي يحتم ان يكون منشأ العضلات من العظام وتعبر هذه العضلات عبر المفاصل لتندغم بشكل مباشر بعد المفاصل بمسافات قليله وحسب نوع المفصل والجزء المرتبط به، وغالبا مانلاحظ هذه الميزة في جميع الهيكل

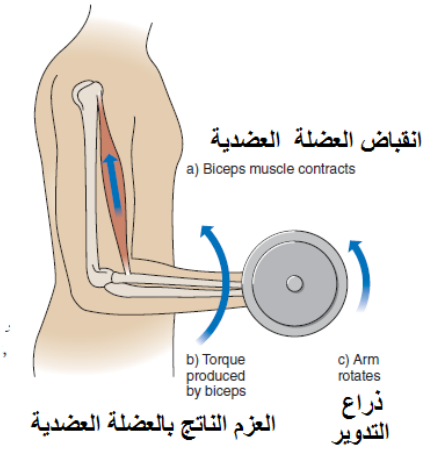
الحركي لجسم الانسان والذي يعطيه ميزة حركة الجزء المرتبط بالمدغم عند تقلص العضلة. وبهذا فان حركة جزء الجسم تكون حركة زاوية دائما بحكم ارتباطها بالمفصل، وهذه الحركة هي التي تميز جميع اجزاء الجسم،لاحظ الشكل المجاور الذي يوضح اندغام العضلة العضدية الثنائية الرأس بعد ان تعبر مفصل المرفق في الربع الاول من الساعد.



الشكل 164

اندغام العضلة وعملها الزاوي

و يتولد عزم قوة للعضلة العضدية عند انقباضها للتغلب على عزم المقاومة لاحظ الشكل 165.



الشكل 165

عزم عضلة العضد الثنائية

والرأي العلمي الجديد ان الجزء الذي يتحرك عند تقلص العضلة ترتبط بوضع الجسم عند اداء هذه الحركة، فقد تكون حركة الجسم بالجزء الذي يرتبط بالمدغم حسب وضع الجسم ، او تكون حركة الجسم بالجزء الذي يرتبط بالمنشأ، اي يمكن ان تكون نقطة تاثير القوة بالمنشأ ايضا على هذا الاساس ، وهذا الرأي هو خاص برأينا العلمي بعد الدراسة والبحث ولم يذكر في اي مصدر اخر.

- **طاقة حركة العضلات :**

تعتبر الدهون وسكر الكلوكوز الطاقة الوقود الذي تعمل عليه العضلات، حيث تحرق الدهون والسكر لتحولهما إلى ثاني أكسيد الكربون وماء، وذلك من خلال اتحاد السكر والكلوكوز والدهون في العضلة مع الأكسجين الموجود في الدم، ويتمّ استخدام الطاقة الكيميائية لعمل رابطةٍ كيميائيةٍ بين جزئين من الفوسفات و ثاني فوسفات الأدينوزين لإنتاج ما يُعرف بثالث فوسفات الأدينوزين. عند آداء الحركات العضلية يتمّ تحويل ثالث فوسفات الأدينوزين إلى ثاني فوسفات الأدينوزين، وينتج عن هذا التحويل طاقةً تساعد العضلات في عملية انقباضها، وعند قيام الجسم بحركاتٍ كبيرةٍ وجهدٍ كبيرٍ تحتاج إلى كمياتٍ كبيرةٍ من الأدينوسين ثلاثي الفوسفات(ATP) ، وبالتالي كميةً أكبر من الدهون والسكر والأكسجين، وبالتالي زيادةً في التنفس ولهذا نجد أنّ التمارين الرياضية تحرق الدهون وتزيد من قدرة الشخص على التنفس، فهي تتطلب تحكماً في عمليتي الشهيق والزفير من أجل المحافظة على كميات الأكسجين في الجسم.

تعمل العضلات و تتحرّك بتناغمٍ و توازنٍ عالٍ ، فهيَ تنقبض تارة و تنبسط تارةً آخرى . و العضلات منها ما هوَ إرادي أي أنّنا نستطيع التحكم بها ، و مثال على هذه العضلات عضلات الأطراف (الذراعين و الساقين) و عضلات الرقبة ، و من هذه العضلات ما هو لا إرادي أي أنّنا لا نستطيع التحكم بها مثل عضلة القلب و الرئتين . و يحدث أحياناً أن تتشنج أو تتقلص هذه العضلات الإرادية بشكلٍ لا إرادي، بحيث تنقبض هذه العضلات و لا تستطيع الإرتخاء و الإنبساط لفترة من الزمن . و يحدث ذلك لأسبابٍ متعددة و متنوعة (سنذكرها لاحقاً) منها ما يذهب و يزول مباشرة بعد بضع ثوانٍ و منها ما يستمر لفترة من الزمن ، و يمكن علاجُها بتدليك العضلة المتقلصة و كما يساعد أيضاً وضع الماء الحار عليها و تدليكها . و يكون التشنج أو التقلص عادةً مزعجاً و مؤلماً للشخص فتصعب معها حركته . و تقلص الغضلات عبارة عن عَرَضْ و ليس مرضاً بحد ذاته . و من أسباب تقلص العضلات :

1. **إجهاد العضلات :**

كأن يتمرن الشخص لفترات طويلة مُستمرة بدون توقف أو راحة و بإفراط و العمل المُضني المُتعب .

2. **قلّة الحركة :**

فمع قلّة الحركة تُصاب العضلات بالخمول و الكسل ، و بالتالي و عند البدء بمجهودٍ ما أو البدء بممارسة التمارين الرياضية و خاصةً دون إحماء فإنَّ العضلات تتقلص و تتشنج .

3. **نقص الفيتامينات :**

و خاصّةً فيتامين أ ومجموعة فيتامينات (ب) .

4. **فقدان الأملاح و السوائل من الجسم بكثرة :**

كمّن يتعرّضون للحروق الشديدة حيث أنَّهم يفقدون كماً هائلاً من المياه و السوائل عبر هذه الحروق ، و أولئك الذين يتعرضون للشمس بكثرة و من يصابون بالجفاف و قلة شُرب الماء و السوائل . و السوائل و الأملاح مهمة لخلايا و أنسجة الجسم و أعضائه ككل ، و منها العضلات فهي تحتاج للأملاح و السوائل لتقوم بعمليّة الإنقباض بمرونة كأملاح الصوديوم و الكالسيوم و البوتاسيوم و المغنيسيوم .

5. تناول بعض أنواع الأدوية :

و من أمثلتها مُدرّرات البول التي تُستخدم لعلاج ضغط الدَّم حيثُ أنَّها تُفقد الجسم السوائل و الأملاح كالبوتاسيوم و الكالسيوم و المغنسيوم و الصوديوم ، و غيرها من الأدوية .

6. بعض الأمراض المُزمنة :

و منها مرض السكّري و أمراض الجهاز العصبي كأن يحصل خلل بالحبل الشوكي و تدفق التيارات العصبية و بعض الأمراض الوراثية التي تؤثر عليها كمرض هنتنغتون حيث أنّ خلايا الدماغ تموت تدريجياً و يصبح من الصعب على من يُصاب به التحكّم بتحركاته ، و أيضاً من هذه الأمراض مرض الباركنسون ، و غيرها من الأمراض .

7. ضُعف الترويَّة الدَّموية للعضلات :

و بالتّالي ضُعف التغذيَّة والأُكسجين للعضلات فلا تستطيع القيام بالإنقباض و الإنبساط كما يجب.

- كيفية عمل العضلات :

عند تقلص العضلات الهيكلية للذراع مثلا .فانها تعمل بصورة مزدوجة إذ يستقيم المرفق عندما تتقلص العضلة ثلاثية الرؤوس الخلفية وينثني عندما تتقلص العضلة ذات الرأسين الامامية.

وتنقبض كل العضلات عندما يتم تتنبيهها. اذ قام مجموعة من العلماء بأبحاث كثيرة لمعرفة كيف تنقبض العضلات وكيف تتنبه .اذ ذكر هؤلاء العلماء نظرية الخيوط الانزلقية وتذكر أن خيوط الميوسين السميكة لألياف العضلة لها عدة زوائد صغيرة. هذه الزوائد تسمى جسر تقاطع العضلي، وتنشأ من خيوط الميوسين وعندما تتنبه ألياف العضلة تتصل قناطر العبور هذه بخيوط الأكتين الرفيعة التي تتحرك بشكل متوازي مع خيوط الميوسين. وتشد هذه القناطر على خيوط الأكتين وتسبب انزلاقها بين خيوط الميوسين. وبينما تنزلق خيوط الأكتين تجذب معها نهايات العضلة ناحية الوسط لتجعل ألياف العضلة تنقبض .

ولكي تعمل قناطر عبور الميوسين، يجب إنتاج مادة هي ثلاثي فوسفات الأَدينوزين اللازمة لطاقة انزلاق خيوط الأكتين. وينتج عندما يتحد الأكسجين في ألياف العضلة مع مواد كيميائية في الغذاء. وتحتوي كل ليفة عضلية على كمية قليلة فقط من ثالث فوسفات الأَدينوزين. وعندما تؤدي العضلة عملاً شاقًا، تزداد قدرة

الجسم لتحويل الغذاء والأكسجين إلى طاقة لتوفير الكمية المطلوبة من ثلاثي فُوسفات الأَدينوزين .

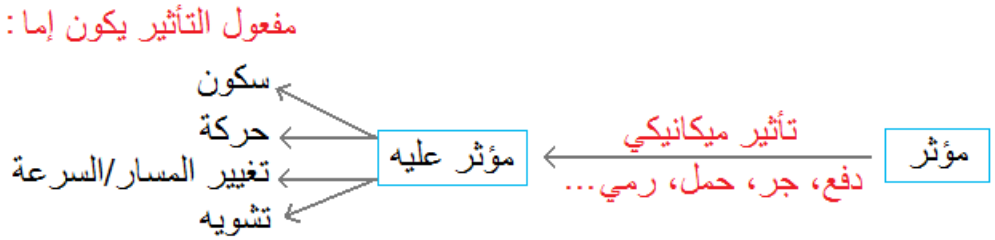
ـكيف تتنبه العضلات.

تكون خلايا العضلة سهلة التنبيه لأن غشاء كل خلية مشحون كهربائيًا. ولهذا يقال إن الخلية العضلية بها كامن كهربائي. ينتج هذا الكامِن الكهربائي من وجود أيونات الصوديوم والبوتاسيوم (جزيئات مشحونة كهربائيًا) على كل ناحية من الغشاء. وتتحرك أيونات البوتاسيوم بسهولة خلال الغشاء وتتجمع في الخلية . ولا تدخل أيونات الصوديوم للخلية بنفس السهولة، بالإضافة إلى آليَّة الغشاء الخاصة التي تدفع البوتاسيوم داخل الخلية وتدفع الصوديوم خارجها . ومن ثم تحتوي الخلية طبيعيًا على كثير من البوتاسيوم وقليل من الصوديوم . وتتنبه خلايا العضلة بوساطة أعصاب أو بوساطة هورمونات حسب العضلة المعنية. وعندما تتنبه الخلية العضلية يتغير كامنها الكهربائي بسرعة. ويسمح الغشاء المنبه باندفاع الصوديوم إلى الخلية وخروج البوتاسيوم منها. وتعكس آلية ضخ الصوديوم والبوتاسيوم هذا التغيير بسرعة وتعود الخلية لحالتها الطبيعية . ويعمل التغيير في الكامِن الكهربائي بالخلية العضلية على خروج الكالسيوم من مناطق تخزينه داخل الخلية. ويتجمع الكالسيوم بعد ذلك بالخلية ويسبب جذب خيوط الأكتين لقناطر عبور الميوسين ويحدث الانقباض. وترتخي الخلية عندما يهبط مستوى الكالسيوم مرة أخرى للمعدّل للطبيعي

ـ اضطرابات العضلات :

تعمل العضلات من خلال تنسيق مدهش لعدة عناصر. ولكن يحدث أحيانًا ارتباك للعمل الطبيعي للعضلات، فمثلاً يشعر الشخص أحيانًا بشد عضلي مؤلم لعضلات هيكلية معينة إذا قام بتمرينات شاقة لمدة طويلة . ويتضمن الشد العضلي للعضلات الهيكلية انقباضات عضلية تشنجية. ولا يعرف أحد بدقة لماذا يحدث مثل هذا الشد العضلي. ومن المحتمل أن يكون السبب زيادة أو نقص أكثر من اللازم في أملاح السائل المحيط بألياف العضلة. وبالراحة المناسبة والتغذية يستطيع الجسم تصحيح الوضع ويتوقف الشد العضلي. ويمكن أن يحدث الشد العضلي أيضًا في العضلات الملساء لأعضاء مثل المعدة والأمعاء . ويستخدم الأطباء الحرارة، والتدليك والأدوية في علاج الشد العضلي. وقد يسبب العمل العضلي الشاق تمزُّق العضلات الهيكلية. وفي الحالات الشديدة يستمر التمزُّق حتى أربعة أيام. وسبب تمزّق العضلة غير مفهوم تمامًا، ولكن من المحتمل أن يكون بسبب تلف العضلة والنسيج الضام. وبالتمرين المناسب، يستطيع الجسم والعضلات التكيف للعمل العضلي الشاق، ويقل كثيرًا خطر تلف الأنسجة .

يتم تحديد حركات الجسم ككل من قبل قوى خارجية على الجسم أو داخلية وهذه القوى هي المسبب لظهور الحركة فيما لوطبقت على جسم الانسان. لكن القوى الداخلية هي التي ترتبط بالجسم معا وتسلط ضد القوى الخارجية ؟ كيف يمكن لهذه القوى ان تؤثر على الجسم وحركته؟



هناك الكثير من الضغوط والتوترات التي يتعرض لها الجسم واجزاؤه المتعددة، كالاجهادات الميكانيكية ومايصاحبها من توترات وشد عضلي ، وكذلك الضغوط التي تتعرض لها العظام والعضلات عند التعامل مع الاحمال المضافة، والى الكثير من انواع التحميل الناتج من تطبيق مختلف الحركات الرياضية على الجسم وما يتطلبة ذلك الاداء من قوة وكفاءة في الجهاز الحركي للانسان وفهم لخصائص هذا الجهاز.

الشكل 166

الضغوط والاحمال التي يتعرض لها جهاز حركة الانسان

ان القوى الخارجية تؤثر على الجسم بأكمله وتساهم في تطبيق حركات الجسم المختلفة. هذه القوى بالاضافة الى الأحمال المفروضة على الجسم تؤثر على الهيكل الداخلي للجسم، وعلى الأوتار والأربطة والعظام والعضلات. ولهذا فان الخواص الميكانيكية لهذه الهياكل الداخلية يجب ان تكون مستعدة لهذه الضغوطات ولمنع الإصابة.

ان الفعل الذي تؤثر به القوى الخارجية على الجسم ، يسبب تشوه الجسم،اذا

لم تكن مقاومة الجسم مناسبه له ،و مقدار التشوه يرتبط بالإجهاد الناجم عن القوى والاحمال التي يتم تحميلها من القوى الخارجية على الجسم .

واظهرت دراسات حديثة ان تلف الاعصاب بالاضافة الى تلف العضلات والعظام تعتبر من الامور التي يجب الاهتمام بها عند القيام بحمل اوزان ثقيلة على الظهر والكتفين بشكل يومي ،اذ أظهرت دراسة حديثة ان تلف الاعصاب وخاصة الاعصاب التي تنتقل من الرقبة والكتف لتحريك اليدين والاصابع معرضة اكثر للاخطار المتوقعة عند رفع احمال ثقيلة.

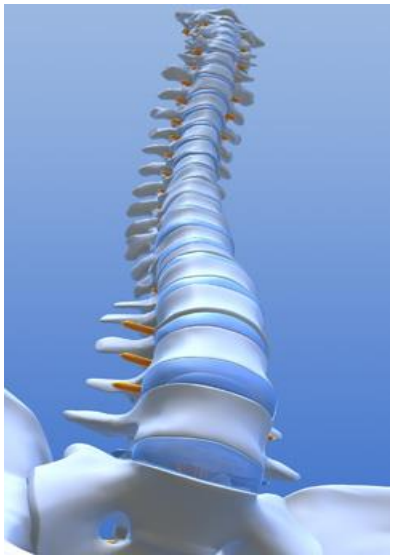
واستنتج الباحثون ان الضغط الناجم عن الاحمال الثقيلة على الظهر قد يزيد من احتمال تلف الانسجة الرخوة في الاكتاف مما يؤدي الى الاصابة بالتلف الهيكلي الدقيق على الاعصاب وقد تكون النتائج بسيطة كالتهيج وقد تصل الى تقلص قدرة الاعصاب مما يحد من قدرة العضلات على الاستجابة لاشارات الدماغ مما يمنع حركة اليدين والاصابع ، وهذا قد يؤثر على القدرة الوظيفية.

وكشف الباحثون انه بالاضافة الى الشعور بعدم الارتياح او الالم في الاكتاف، اظهر الاشخاص احساسهم بالوخز والخدران في الاصابع وقام الباحثون باستخدام طرق كيميائية حيوية للتحليل والتي صممت لكشف الجروح العميقة ،إذ اظهرت التحاليل ان الاحمال الميكانيكية والتي تعرف بانها مقدار القوة او مقدار التشويه في مناطق محددة في الجسم والتي تنتقل تحت الجلد تسبب التلف في الأنسجة والاعضاء الداخلية.

واعتمادا على البيانات التي تم جمعها من التصوير بالرنين المغناطيسي ، قام الباحثون بتصميم نموذج تشريحي للكتف،واظهرت ان الضغط المتولد من الوزن على احمال الظهر تكون موزعة تحت الجلد وتنتقل الى اعصاب الضفيرة العضدية، كما اظهر النموذج الخصائص الميكانيكية كتصلب انسجة الكتف واماكن الاوعية الدموية والاعصاب في المناطق الحساسة المعرضة للتلف. وقال الباحثون ان هذه النتائج تنطبق على جميع الاشخاص من جميع المراحل العمرية كالاطفال عندما يذهبون للمدرسة بحقائب ظهر ثقيلة او العمال الذين يحملون الكثير من المواد الثقيلة على ظهورهم.

هذه النتائج تدعونا للتفكير بطريقة تدريبات القوة بالاثقال بحملها على الاكتاف والتي يجب ان نراعي فيها هذه الاضرار،والدعوة الى ابتكار تدريبات القوة للرجلين بالدفع فقط بالرجلين من وضع الاستلقاء دون حملها على الكتفين.

العمود الفقري يمثل العضو الحامل للجزء العلوي من الجسم، ويوجد فيه الحبل العصبي (النخاع الشوكي). وتعتبر الأقراص الفقرية هي المسؤولة عن حركة العمود الفقري وبعض القطاعات الأخرى. ولذلك، فإن تليفات العمود الفقري يمكن أن تسبب آلامًا شديدة، وغالبًا ما تظهر على الأعضاء والأطراف التي لا تصاب بشكل مباشر. سبب هذه الآلام هو توترات العضلات أو تآكل الأقراص الفقرية بشكل كبير.



الشكل 167
العمود الفقري

وتوجد أربعة مناطق مختلفة في العمودي الفقري وهذه المناطق هي:
- العمود الفقري العنقي: ويتكون من 7 أجسام فقرية (يسمى أيضًا – HWS أو قسم الفقرات العنقية).
- العمود الفقري الصدري: و يتكون من 12 جسم فقري (يسمى أيضًا – BWS أو قسم الفقرات الصدرية).
- العمود الفقري القطني (مع بعض الاستثناءات) ويتكون من 5 أجسام فقرية (يسمى أيضًا – LWS أو قسم الفقرات القطنية).
-الرابع، وهو العجز (OS sakrum) ويتكون من 5 فقرات ومنطقة العصعص (Os Coccygeum) وتتكون من 4 فقرات ، وهي الأقل عمومًا في الحاجة للعلاج. وتكون انحناءات هذه المناطق (الاولى محدب، الثاني مقعر ، الثالث محدب ، الرابع مقعر).
كل منطقة من العمود الفقري ونظرًا لخصائصه التشريحية (خطة الجسم) تتميز بدرجات تحميل "مسببة للأمراض" في الحياة العملية الحديثة، ولذلك فهو يرتبط بمجموعة منفردة من الأمراض المختلفة والتي بدورها تستخدم عددًا كبيرا من المصطلحات المتنوعة.

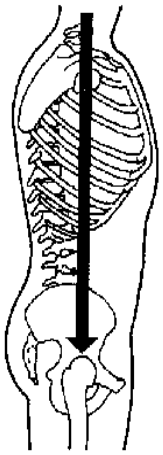
- **الفائدة من التحدبات والتقعرات بالعمود الفقري وعلاقتها بطاقة الوضع (طاقة الاجهاد):**

طاقة الوضع هي قدرة الجسم أو الأداة علي بذل شغل عند وقوعه تحت تأثير اجهادات سواء كانت بالامتطاط أو بالضغط أو باللف، فكل الأجهزة بما فيها الكرات التي تستخدم في المجال الرياضي تتميز بدرجة من المطاطية أو قدرة علي العودة إلي حالتها الأصلية مما ينتج عنها قوة . فالسلم المتحرك أو الترامبولين أو عصا الزانة او العقلة وحتى نعل الحذاء الرياضي لها القدرة علي الارتداد .

وعظام الجسم البشري والعضلات ، والانسجة الضامة تتمتع ببعض من هذه القدرة، وقد أضاف الله سبحانه وتعالي هذه الخاصية لأجزاء الجسم في أي أداء. فعندما يتعرض الجسم أو أي جزء من أجزائه إلي طاقة حركة مؤداها تغيير في الشكل عن طريق الامتطاط أو الضغط أو اللف فإنها تتحول إلي طاقة اجهاديه في حدود خصائص هذه الأنسجة وبالإضافة أن جزء منها يتحول إلى طاقة حرارية.

اما الضغوط التي تجابه العمود الفقري فهي ناتجة من:

- **وزن جسم + الوزن للذراعين واليدين**
- **عند الوقوف**
- **خط مركز ثقل الجسم يكون امام العمود الفقري.**
- **يكون عزم المقاومة للامام دائما (امام العمود الفقري)**



الشكل 168
خط الجاذبية المارعموديا على سطح الفقرة القطنية الاولى والثانية

اذا اردنا معرفة الجهد العمودي الذي يتعرض له سطح الفقرة القطنية الاولى والثانية ، نضرب المثال الاتي:

ما الشد الانضغاطي الذي يقع على قرص الفقرة القطنية الاولى والثانية لرياضي وزنه 625 نت مع العلم ان هاتين الفقرتين يتحملان 45% من وزن الجسم على قرصهما؟

المعطيات:

الوزن (625×0.45)

المساحة 20سم^2

المعادلة الضغط = القوة/المساحة

$$= 625\times0.45 / 20$$

الضغط= 14 نت/سم^2

وعندما يحمل هذا الرياضي وهو في وضع الوقوف وزنا يعادل 222نيوتن حمل اضافي فان الضغط المسلط على الفقرتين يكون كالاتي:

المعطيات:

القوة:(0.45) (625 N) + 222

المساحة: 20 سم^2

المعادلة: الضغط = القوة / المساحة

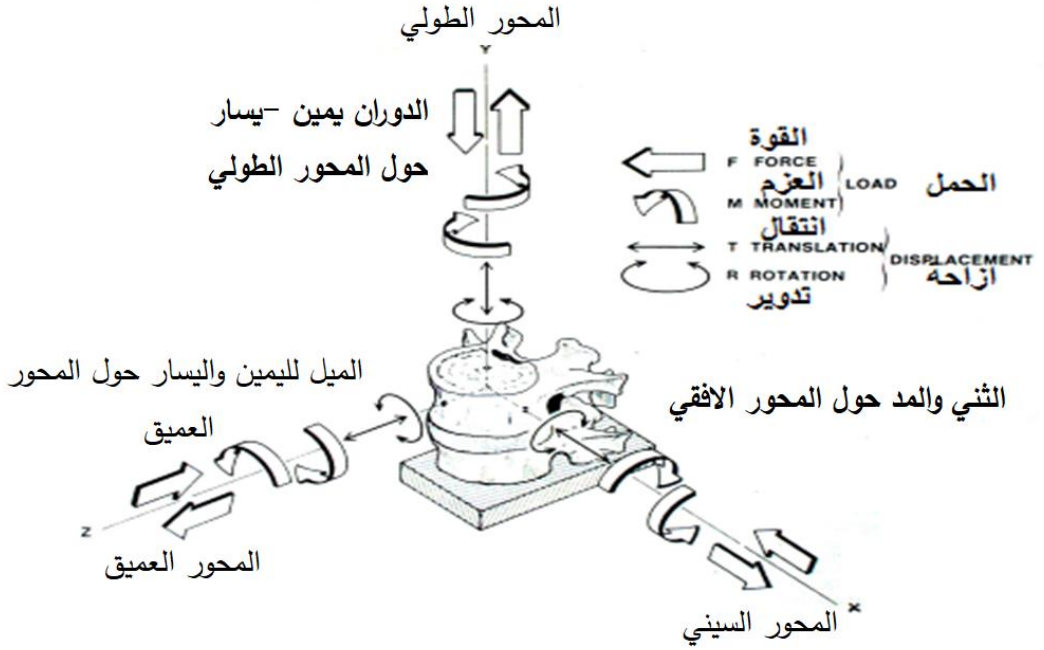
=[(0.45) (625 N)+ 222 N]/20 سم^2

الضغط = 25.2 نت/سم^2

نلاحظ زيادة قوة الجهد(الضغط) على الفقرتين الاولى والثانية القطنيتين نتيجة زيادة القوة المسلطة على مساحة السطح.

ويتميز العمود الفقري بتعدد حركاته حول المحاور الثلاث (السيني والصادي والزادي X,Y,Z) اي المحور الافقي والطولي والعميق، ولهذا فان كل حركة تؤدي واجبا حركيا زاويا (دورانيا) بسبب القوة التي ترتبط بحركة الجذع وفق هذه المحاور ، لاحظ الشكل

حركات العمود الفقري حول المحاور



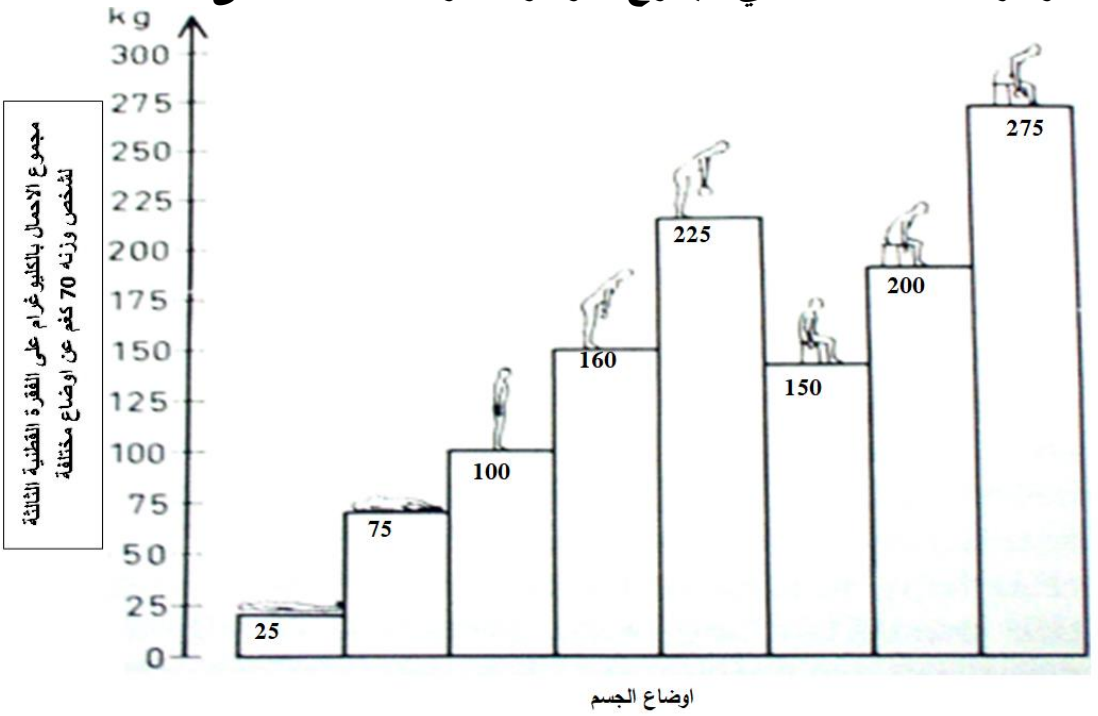
الشكل 169
حركات العمود الفقري حول المحاور الثلاث

واي دوران مبالغ فيه حول اي من هذه المحاور يكون مصاحب بحمل وزن يمكن ان يؤدي الى اصابة اما باجهاد الضغط او القوة القاصة او اجهاد الالتواء.

وتتغير درجة الضغط المسلط على الفقرة القطنية الثانية والثالثة وفقا لتغير اوضاع الجسم اذ تتراوح درجة الضغط بين 270 الى 25 نت/سم^2.

لذا فان القوة الداخلية للمفاصل بشكل عام تاتي من :

1. **قوة احتكاك المفصل: اي قوة العظم على العظم والغضروف على الغضروف.**
2. **قوة الاربطة : قوة الشد في الاربطه التي تربط بين العظام نع بعضها.**
3. **قوة العضلات : قوة شد العضلات المثبته على العظم بواسطة اوتار العضلات.**
4. **قوة رد فعل المفصل: هي مجموع القوة والمقاومة المسلطة على المفصل.**



الشكل 170

الضغط الواقع على الفقرة القطنية الثانية خلال وضعيات مختلفة للجسم

واذا مال شخص ما وزنه 200 نيوتن للامام فان ذراع المقاومة سيكون باربع اضعاف ذراع القوة العاملة على الفقرة القطنية الثالثة وفقا للمثال الاتي:

وزن الشخص 200 نيوتن

ذراع المقاومة والقوة متساويان و هو 2 سم في حالة عدم حمل اي شئ.

وزن الذراع (200×0.65)=130 نيوتن فيكون للذراعين 260 نت.

القوة= مجهولة على الفقرات القطنية(5-1)؟ لذا فالقوة المبذولة في حالة الوقوف تساوي:

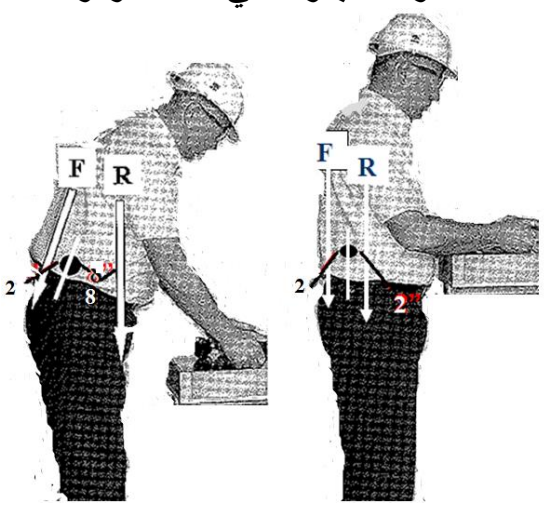
مق×2 =260×2= 260 نيوتن

اما في حالة الانحناء للامام فان ذراع المقاومة سيتضاعف اربع اضعاف ويصل الى 8 سم ، لذا فالقوة ستكون كالاتي:

مق× 8 = ق ×2

ق = 260×8÷2 =1040 نيوتن

لذا تزداد القوة للعضلة بمقدار 4 مرات اذا زاد ذراع المقاومة بمقدار 4 مرات بسبب الميل إلى الأمام ويكون العبء على الفقرتين

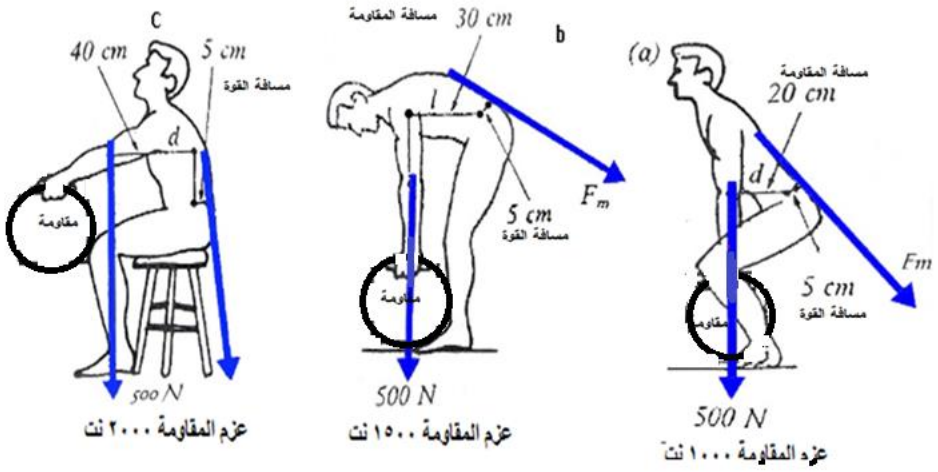


الشكل 171

تغير ذراع المقاومة بتغير ميل الجذع

وعندما يكون هناك تحميل للجسم عموديا ينتج عن ذلك إجهاد الشد على عظام لجسم، ويميل الجسم أيضا إلى مقاومة هذ التحميل العمودي للخارج في اتجاه الأحمال الخارجية.

لذا من الضروري جعل ذراع المقاومة الخارجية عند رفع ثقل معين قصير بقدر الإمكان (مثال المسافة من الفقرة القطنية الثالثة إلى نقطة عمل الجاذبية على الجسم و الثقل) ، ويصور المثال في الشكل، 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 169 a) ، يكون ذراع الثقل حوالي 20سم، مقارنة مع الوضع غير الصحيحة لرفع الثقل في (الشكل 169 b) وفيها ذراع الثقل بحدود 30سم ، أما عند الرفع من وضع الجلوس (الشكل 169 C) فأن رفع نفس الثقل سوف يسلط ضغط عالي جدا على الظهر اذ يكون ذراع الثقل بحدود 40 سم،أي عزم عالي للمقاومة المرفوعة.

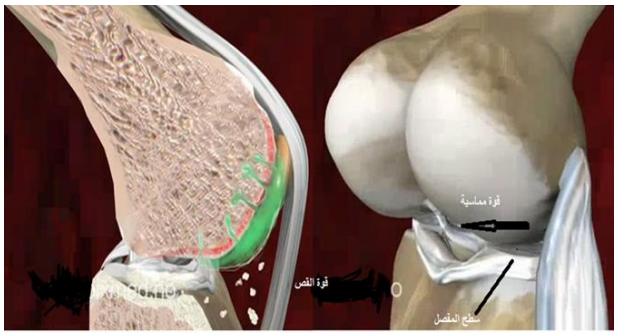


الشكل 172

تغير بعد الاحمال والضغط

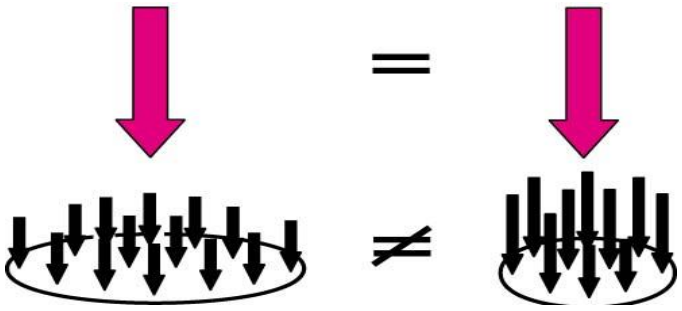
ومما تقدم يمكن ان نوجز الاحمال الميكانيكية التي يتعرض لها جهاز حركة الانسان كما يأتي:

- **قوة الضغط او الكبس القوة الموجهة والمسلطة عموديا على سطح العظم على المسطح الافقي. وتشير بعض الدراسات الى الى ان العظم يتحمل من 700- 900 كغم عموديا عليه (القوة العمودية÷ المساحة).**
- **قوة الشد او السحب او التمطية الموجه مباشرة على محاور الجسم.والتي ترتبط بقابلية العضلات على الامتطاط الى حوالي100- 120% من طولها لتكون فعاله في انتاج الشغل العضلي المطلوب (قوةالعضلة × طولها). واجهاد شد قد تسبب تشوها في طول الجسم عندما تؤثر قوتا شد عموديا في سطحين متقابلين يؤدي بالنتيجة الى استطالة في الجسم**
- **قوة القص على المحور الافقي (القوة المماسية ÷ مساحة المفصل). قانون قوة القص = مركبة القوة المماسية للسطح ÷ مساحة السطح التي تؤثر فيه» وقوة القص هي القوة المماسية التي تعمل على تشويه سطح الجسم عندما يتعرض الى احتكاك بينه وبين سطح اخر وهي قوة تؤدي الى اصابة حتمية وتؤثر على فاعلية الاداء . عند التوقفات المفاجئة او عند رفع الاثقال بشكل خاطئ ، او عندما يكون هناك عدم تناسق في طول الخطوة التي يرتقي بها اللاعب للقفز. وهذه القوة هي ترتبط بقوة الاحتكاك الخارجية التي يتعرض لها جسم الانسان والتي ترتبط سطح القدم والارض والتي من الممكن ان تزيد من فاعلية الاداء او تقلله حسب نوع لمهارة الممارسة.**



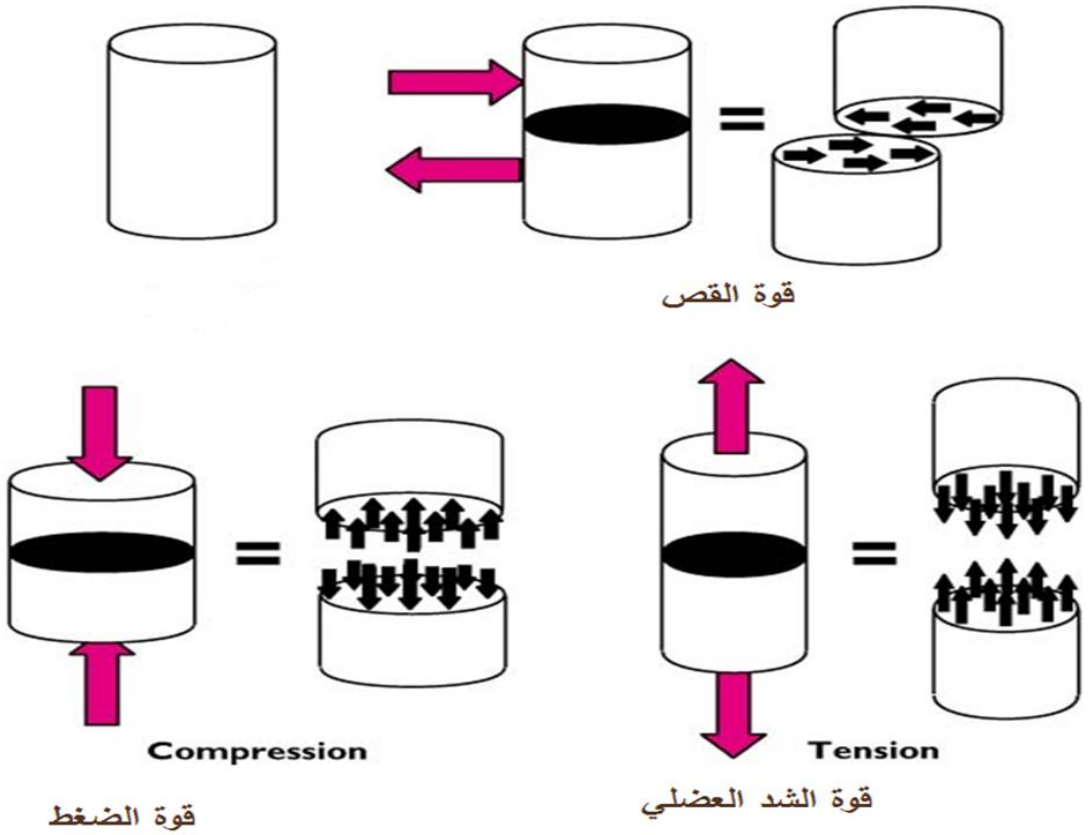
الشكل 173
قوة القص

- **قوة الاجهاد- توزيع القوة داخل الجسم ، وتحدد من خلال تقسيم القوة على المساحات التي تعمل القوة عليها (مجموع القوة ÷ مجموع المساحات). اي ان (اجهاد الضغط) هي النسبة بين القوة العمودية المؤثره على سطح ومساحة السطح التي تؤثر فيه .**



الشكل 174
قوة الاجهاد

- **قوةالالتواء – حمل ينتج عنه عزم دوران الجسم حول محوره الطولي (ق × ذ).**
- **الانحناء اوالثني- حمل متساوي ينتج عنه شد على جانب واحد من المحور الطولي للجسم ويكون عمله على المحور الافقي او العميق مما يؤدي الى الانضغاط في جانب والانبساط في الجانب الاخر.**
- **الحمل الموحد – عمل في ان واحد لاكثر من شكل متشابه من الحمل.**



الشكل 175

بعض انواع الاحمال الميكانيكية

بعض الامثلة التطبيقية للاحمال الميكانيكية:

- **اذا كان اقل مساحة مقطع لعظام الساق هي 6×10^{-4} m^2 احسب الاجهاد الذي يتعرض له شخص يزن 700 N عندما يقفز من ارتفاع مترين الى الارض اذا كان زمن التوقف اللحظي هو 5×10^{-3} ث؟ اذا علمت ان اجهاد الكسر هو 16×10^{7}؟**
- **الحل : سرعة الشخص قبل اصطدامه بالارض مباشرة = $\sqrt{2\ g\ h}$**
- $v = \sqrt{2 \times 9.80 \times 2}$
- **سرعة الجسم لحظة اصطدامه بالارض = 6.2 m /s**
- **القوة = ك ×س / ن** $F = m \cdot v / t$
- $F = 700/9.8 \times 6.2/(5 \times 10^{-3})$
- $F = 0.85 \times 10^{5}$ N

فالاجهاد الذي يتعرض له الساق = $0.85 \times 10^{5} / 6 \times 10^{-4}$ (الضغط =ق/مس)

= $1\ 4 \times 10^{7}$ Pa

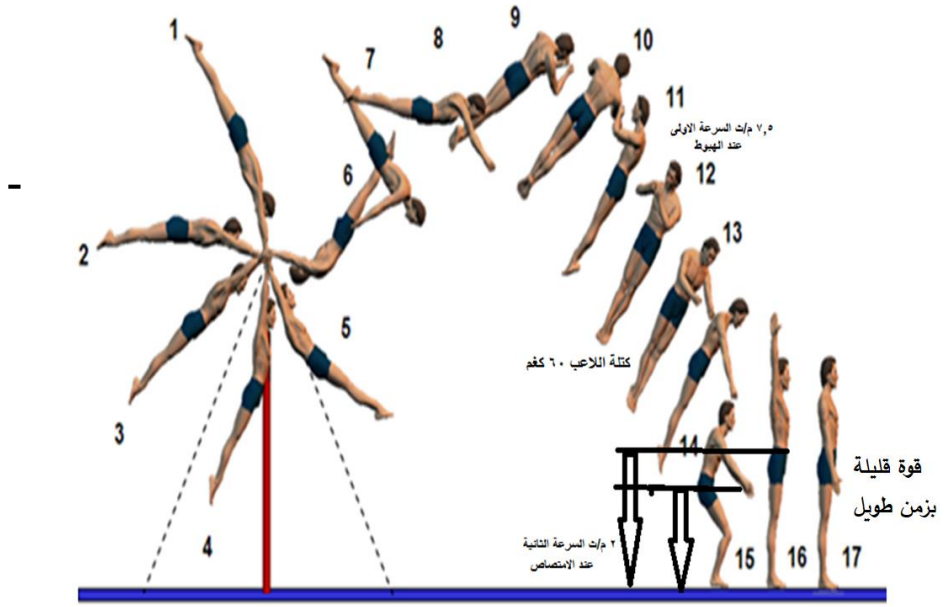
واضح ان هذا الاجهاد الذي يتعرض له الساق اقل من اجهاد الكسر بقيمة قليلة بسيطة ، ولو كان هذا الشخص قد سقط من ارتفاع 3 متر لتكسرت عظامه باجهاد يساوى :

$$10^{-4} \times 6\ (10^{-3} \times 7.5\ /5\ 700\ ) =$$

$= 10^{8} \times 17.5$ Pa وهو اكبر من قيمة اجهاد الكسر

وعلى هذا الاساس تصمم تدريبات القفز المختلفة خصوصا تدريبات الصناديق

ومن جهة اخرى يجب ان تراعى حالات الهبوط التي تعتد احد الحركات الاساسية فيها ، كالهبوط من الاجهزة بالجمناستك، اذ يجب ان يكون الاداء عالي المهارة بما يؤمن ان يبذل اللاعب قوة قليلة بزمن طويل لامتصاص الصدمة وتحقيق التوازن المطلوب كجزء من الاداء .



الشكل 176

الهبوط من جهاز العقلة بالجمناستك

- **مؤشرتغير الزخم عند الهبوط:**

تغير الزخم مؤشر للانسيابية الجيدة، وكلما كبرت القيمة السالبة لهذا المؤشر فانه يشير الى وجود خطأ فني في تسلسل الاداء عند الارتقاء في فعاليات القفز، لكن عند الهبوط من الاجهزة الرياضية الى الارض فان كبر هذا المؤشر بقيمة السالبة يعد دليلاً على الهبوط الآمن البعيد عن شبح الاصابة واذا حدث العكس فان ذلك سوف يسبب حتما اصابة مباشرة بسبب قوة الجذب وسرعة الهبوط.

مثال : لاعب عقلة كتلته 60 كغم ،كانت سرعة هبوطه من العقلة لغاية وصوله الارض هي 7.5 م/ث ، وعند مسه الارض اصبحت سرعته النهائية 2 م/ث من لحظة مس الارض لغاية توقفه فهل كان هبوطة امناً.علما ان ارتفاع الهبوط كان 2.87م؟

الانسيابية = تغير الزخم

= (زخم $_2$ - زخم$_1$) اي (120- 450)= - 330كغم.م.ث

الهبوط هنا جدا آمن لان تغير الزخم كبير وبذلك يكون احتمال الاصابة جدا قليل ،لاحظ الشكل للاعب العقلة الذي يوضح هذا المؤشر.

مثال اخر: مقادير القوة الداخلية المبذولة لايقاف اللاعب او راكب الدراجة اوسائق سيارة السباق؟ تكون :

- **عند ايقاف السيارة بتعجيل قليل مثل (2.45م/ث^2) لمدة تتراوح بين خمس – ثمان ثواني لايشعر السائق باي تعب.**
- **ويبدأ احساسه بعدم الارتياح عندما يكون التناقص بالتعجيل(4.41م/ث ^{2}) وتستمر لمدة 3.5ث.**
- **ويصل الضيق اقصاه عندما يقود بتعجيل(6.86م/ث ^{2}) لمدة ثلاث ثواني ، اما في حالات الايقاف المفاجئ بتعجيل يتراوح قمته بين(196-980 م/ث ^{2}) لمدة عشر الثانية فإن الانسان لايتحمل القوة الناتجة عن ذلك.**
- **وجد في معظم حوادث السيارات ان تعجيل تناقصي قيمته 25×9.8 يعتبر قاتل بالنسبة للانسان ، ماهي القوة التي تؤثر على رجل كتلته 70 كغم عندما يتعرض لهذه الايقاف وهو بالسيارة؟**

ق = ك ج =- 70×25 ×9.8 = -17160 نيوتن

والاشارة السالبة تعني التعجيل السالب ولذا فان القوة تؤثر على الرجل في عكس عقارب الساعة.

ومن الناحية البايولوجية فان انتاج الحد الاقصى من الطاقة للالياف العضلية يقارن بالتعبير عن مقدار القوة التي تنتجها العضله في وحدة المساحة .

فسرعة انقباض الياف العضلة يقياس بالحد الاقصى لسرعة تحرك تقصير العضلة (مركزي) يطلق عليه(V_{max}) ويمثل الـ V_{max} اعلى سرعة عندها يمكن ان يحدث قصر الليفه،والعامل الكيميائي الحيوي الذي ينظم سرعة تحرك تقصير الالياف هو نشاط الـ Myosin ATP ase اذا كان في اعلى نشاط ، والعكس يكون للالياف التي يكون سرعة تقصيرها منخفض .

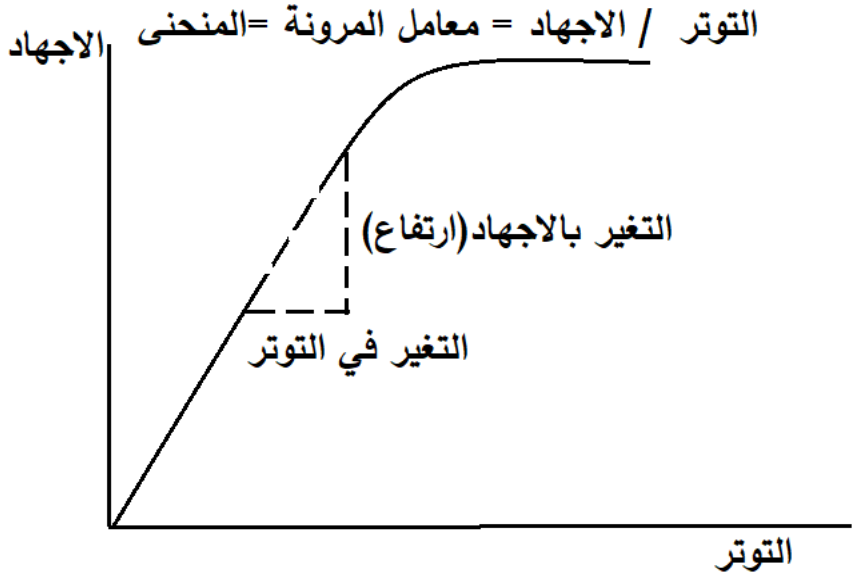
مصطلح الكفاءة العضلية او كفاءة الليفه العضلية، يعني قياس اقتصاد الليفة العضلية ، وهذا بمعناه ان الليفة العضلية الكفء ستتطلب طاقة اقل لاداء مقدار معين من العمل مقارنة بالالياف الاقل كفاءة، وعمليا يتحقق ذلك من خلال قسمة ناتج الشغل المبذول (جول) على كمية الطاقة المستخدمة (سعره).

ـالمرونة في العظام والعضلات:

المرونة Elasticity هى خاصية الأجسام التى لها القدرة على الرجوع إلى شكلها و أبعادها الأصلية بعد تشكيلها ، أى عدم بقاء الجسم على الشكل الذى تشكل به بعد زوال الحمل المؤثر و رجوعه إلى شكله الأصلى.

إن المرونة هي الخاصية التي تمتلكها بعض الأجسام للعودة إلى هيئتها وأشكالها الأصلية بعد التوقف من تأثير القوة التي أدت إلى التغيير في أشكالها. فلنأخذ سلكين أحدهما من الصلب والآخر من الألمونيوم ملفوفين بصورة حلزونية (على شكل زنبرك) فنلاحظ تمدد وتشوه السلكين عند جذبهما بلطف، ونلاحظ عند إفلاتهما أن السلك الفولاذي يعود إلى وضعه وشكله الأصليين، بينما يبقى السلك المصنوع من الألمونيوم على هيئته المشوهة، مما يعني أن الفولاذ (الصلب) يمتلك خاصية المرونة على عكس حال الألمونيوم، والمرونة هي تحول قابل للانعكاس.

ان معظم المواد تكون قابلة للتشكيل حسب الضغوط (القوى) التي تتعرض لها؛ ورجوعا إلى مثال السلك الفولاذي يمكن تغيير شكله هذه المرة بطريقة غير قابلة للانعكاس عند جذبه بقوة أكبر من المرة السابقة وبالتالي يحتفظ السلك بهيئته الجديدة حتى بعد التخلص من الضغط (عند إفلاته) وهذه هي خاصية الطواعية (التحول غير القابل للانعكاس) والتي تناقض خاصية المرونة والتى تسمى بخاصية اللدونة والتى يجب أن نفرق بينها وبين المرونة . فاللدونة هى قابلية الجسم لِلتَشكُل، كذلك فان العظام والعضلات تتصف بصفة المرونة .



شكل 177

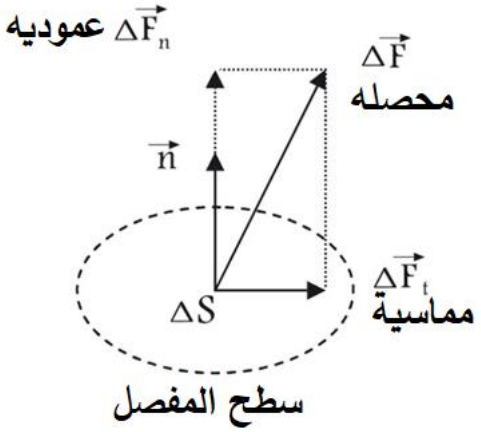
منحني معامل المرونة

- **مفهوم الإجهاد:**

هو القوة المؤثرة على وحدة المساحات$P=F/A$ اي يعني قانون الضغط.

تتعرض العضلات والعظام واسطح المفاصل عند التشكيل لعدد من القوى أو الأحمال التي تسهم مع عوامل أخرى في تحديد أدائها وسلوكها وشروط انهيارها وفترة دوام عملها. وينتج من هذه القوى ما يطلق عليه إجهادات التحميل(loading stress) لكن غياب القوى الخارجية لا يعني بالضرورة انعدام الإجهادات في الأجسام وذلك بسبب قوى الجاذبية أو قوى المجال الاخرى التي ينتج منها ما يسمى الإجهادات الذاتية. ومهما كانت طبيعة هذه القوى؛ فهي تسبب حركة الأجسام المعرضة لها، أو تشوهها.

عندما يتعرض جسم إلى قوة خارجية فإنها تؤثر في سطحه، وينتقل تأثيرها إلى داخله؛ لأن كل عنصر حجم يؤثر في العنصر المجاور. تتعامل نظرية المرونة مع مفهوم الإجهاد σ الذي يعبر عن القوة في واحدة السطح ($\sigma = F/S$) ، وحيث يمكن تقسيم متجه القوة $\Delta \rightarrow F$المؤثرة في سطح إلى مركبة عموديه ومركبة مماسية (الشكل)، فإذا كانت القوة العمودية، يقال: إن عمودي σ ، وإذا كانت مماسية، يقال: إنه إجهاد قصي τ .إن التوصيف الكامل للإجهادات المؤثرة يتطلب ليس فقط تحديد قيم القوى المؤثرة واتجاهاتها، وإنما أيضاً اتجاهات السطوح المعرضة للقوى؛ لأن تغير اتجاه السطح يؤدي إلى تغير مركبات القوة وبالنتيجة الإجهاد المؤثر فيه.



الشكل 178

القوى العاملة في الاجهاد

اما الانفعال او التوتر فهو استجابة الجسم النسبية للاجهاد المؤثر ، وقد تكون الاستجابة للتوتر طوليا اي يعني ان الاستجابه تكون في التغيير بالطول بالنسبه للطول الأصلي. او تكون الاستجابه بالتغير في حجم الجسم بالنسبه للحجم الاصلي. هذا بالنسبة اذا الاجهاد عمودي. او قد يكون الاستجابة على شكل توتر قصي اذا كانت القوة بزاوية على السطح.

لذلك وضع العالم هوك قانون معامل المرونة الذي يشير فيه الى انه يتناسب الانفعال(التوتر) تناسبا طرديا مع الاجهاد المؤثر من بدايه التحميل إلى حد معين يسمى بحد المرونه ،اى ان النسبه بين الاجهاد و الانفعال = مقدار ثابت و يسمى ثابت التناسب بمعامل المرونه.

اي ان معامل المطاطية =Δ اجهاد /Δ توتر

وعند تطبيق قوة $\vec{F}$على عضله ومراقبة التشوه الحاصل فيها (الانفعال او التوتر)، يقال إن العضله تتمتع بقدر من المرونة عندما يتناقص التشوه بمجرد تناقص القوة (الشكل -). إذا تطابق منحني التحميل المرافق لزيادة القوة مع المنحني المرافق لتناقص القوة، يقال: إن المرونة كاملة، أو مثالية. إن العضلة لا تحتفظ بتشوه دائم، وإنما تعود إلى أبعادها وشكلها الابتدائيين. أما إذا احتفظت الجسم بعد تحميلها قوة تفوق عتبة معينة ومن ثم تم إزالة هذه القوة ، فان العضله تحدث بها بتشوه دائم؛ ويقال عنها يتميز بسلوك لدن ، اي احتفاظ العضلة بهيئتها الجديدة حتى بعد التخلص من الضغط (القوة) وهذه هي خاصية الطواعية (التحول غير القابل للانعكاس) والتي تناقض خاصية المرونة والتى تسمى بخاصية اللدونة والتى يجب أن نفرق بينها وبين المرونة فالدونة هى قابلية الجسم للتشكل مع الوضع المناسب الذي تؤثر به القوة على العضلة وهذه لاتخدم العمل العضلي. وعلى هذا الاساس جاء قانون يونك الذي يوضح العلاقة بين الاجهاد والتوتر وفقا للمعادلة الاتية:

معامل يونك (حد المرونة) = [القوة / المساحة]÷[Δ الطول / الطول الاصلي]

= القوة×الطول ÷ المساحة × Δ الطول

ويمكن من هذه المعادلة ان نتعرف علة قابلية العضلات ومرونتها ومدى قدرتها على استرداد شكلها او هيئتها السابقة وارتباط ذلك بقوتها وسرعة انقباضها ونشاطها الكهربائي وقدرتها على تحقيق اكبر مدى للعضو المرتبطه به.

- **هل الالياف السريعه تبذل قوة اكبر من البطيئة:**

نتائج الابحاث على الحيوانات دلت على ان الحد الاقصى لانتاج القوة بالالياف السريعه هي من 10 – 20 % اعظم من القوة المنتجة بواسطة الالياف البطيئة.

واشارت دراسات علمية الى زمن حركة العضلة واسترخائها:

عند اثارة العضلة جراء صدمة كهربائية تستجيب بعد تاخير زمني يقدر (0،02 ث) قبل التقلص.

ثم تنقبض العضلة لمدى 0،04 ث ثم تعود الى حالتها الطبيعية (تسترتخي) بزمن 0،05 ث.

توقيت المراحل الثلاث تختلف من انواع الالياف العضلية

وفي المجال البيوميكانيكي فان حركة الأجسام تعتمد على قوى خارجية معينة تؤثر فيها فحركة الطائرات والمركبات الفضائية وحركات اجسامنا سواء في الافعال

اليومية او الرياضية سَبَبُهَا تأثيرُقوىً خارجيةٍ فيها ، وكذلك حركة الأشجار سَبَبُهَا تَأثيرُ قوة الرياح فيها .

ومن المؤكد اننا نعرف قوة الجاذبية الأرضية وأهميتها الكبيرة في حياتنا ، فبفعل هذه القوة أنت تتمكن من الوقوف بثبات على سطح الأرض .

وكذلك نفهم أن بعض القوى تتسبب في تغيير طول الجسم أو شكله أو حجمه؟! اذا ما جربنا الضغط بقوة على كرةٍ مطاطية ؟! أو جربنا شد شريط من المطاط بقوة ؟!

- **فالقوة (Force):**

هي المؤثر الذي يغير أو يحاول أن يغير من أبعاد الجسم أو شكله أو حالته الحركية . وتعتبر القوة إحدى الكميات المتجهة . وهي تقاس بوحدة نيوتن .

يمكن للقوة أداء ثلاثة أعمال اساسية:

أ) تغيير حجم أو شكل الأشياء. (مثل ضغط قطعة اسفنج)او تغير في حجم كرات اللعب عند الارتطام (ككرة القدم او السلة او الطائرة او التنس..الخ)

ب) تغيير سرعة الأجسام المتحركة أو جعلها تتحرك.

ج) تغيير اتجاه حركة الأجسام.

- **أنواع القوى :**

تختلف القوى باختلاف مصادرها ، ومن الأنواع العديدة للقوى :

1- القوى الميكانيكية وتشمل :

قوة الجاذبية،القوة العضلية،قوة المرونة،قوة الرياح،قوة الماء،قوة الاحتكاك.

2- القوى الكهربائية .

3- القوى المغناطيسية .

4- قوى الموائع

- **انواع القوى التي يواجهها التي يواجهها الانسان:**

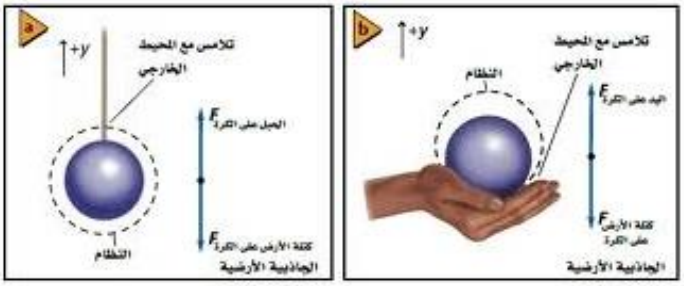
مجالات مواجهة انواع القوى التي يتعرض لها الانسان هي:

- **قوى التلامس**
- **قوى المجال**
- **قوى السحب**

قوة التلامس (التماس): تتولد عندما يلامس جسم من المحيط الخارجي جسم اخر و يؤثر فيه بقوة . فعندما تحمل ثقل تؤثر يدك فيه بقوة تلامس ، أما إذا وضعته على الارض فإن قوة التلامس بين يدك و الثقل تتلاشى ، بينما الارض الآن هي التي تؤثر في الثقل بقوة تلامس .

و قوى المجال: من القوى التي تنشأ بين الأجسام دون أن يكون بينها تلامس مباشر، فتعاني من قوة دفع أو سحب عن بعد، نتيجة لوجودها في مجال تأثير بعضها البعض. مثل القوة الكهربائية،القوة المغناطيسية،والقوى النووية، وقوة الجاذبية ، فمن الممكن أن تجعله يسقط في اتجاه الأرض ، و في هذه الحالة

يتسارع بسبب الجاذبية الأرضية ، اذ إن قوة الجاذبية الأرضية هي التي تسبب هذا التسارع ، و تؤثر في الكتاب سواءاً كان في حالة تلامس مع الأرض أم لا ، و يُطلق على مثل هذه القوة و مثيلاتها اسم قوة المجال ، و هي تؤثر في الأجسام بغض النظر عن وجود تلامس فيما بينها أم لا .



الشكل 179
قوى التلامس والمجال

الشكل 180
انواع من قوى التلامس

والجدول 6 ادناه يبين انواع قوى التلامس

الجدول 6
انواع القوى

بعض انواع القوى التلامس			
القوة	الرمز	التعريف	الاتجاه
الاحتكاك *Frcition*	f_f	قوة تلامس تؤثر باتجاه معاكس للحركة الانزلاقية بين الاسطح	موازية للسطح عكس اتجاه الحركة الانزلاقية
العمودية *Normal*	F_N	قوة يؤثر بها الجسم عموديا على جسم ما	عمودية على السطح والجسم
النابض *Spring*	F_{sp}	قوة الاسترداد،اي قوة الدفع او السحب التي يؤثر به نابض على جسم	في عكس اتجاه ازاحة الجسم
الشد *Tension*	T_t	القوة التي يؤثر بها خيط او حبل او سلك في جسم متصل به يؤدي الى سحبه	تؤثر عند نقطة الاتصال في اتجاه موازي للخيط ومبتعدة عن الجسم
الدفع *Thrust*	F_{thrust}	القوة التي تحرك بها اجسامنا للانطلاق او الطيران	في اتجاه تسارع الجسم عند اهمال الجاذبية
الوزن *Weight*	F_g	قوة مجال تنتج عن الجاذبية بين جسمين	الى الاسفل باتجاه مركز الارض

عندما يسلط الرياضي قوة على الأرض للنهوض إلى الأعلى فهذا يعني أن فعل الأرض الذي يسحب الرياضي للاسفل سيهيأ المجال للعضلات بالقيام برد فعل لاجل مقاومة سحب الجاذبية ومن ثم يقوم ببذل قوة مسلطة على الارض لغرض الدفع للاعلى وباتجاه معاكس لجذب الارض، ومن المعلوم لدينا أن اتجاه الوزن (وزن الرياضي) دائما إلى الأسفل كتوضيح لمفهوم جذب الأرض للأشياء فان اتجاه رد فعل العضلات سيكون إلى الأعلى أي بمعنى أن الرياضي عندما تؤثر الأرض بقوة إلى الاسفل لحد ما فان العضلات سترد ذلك إلى الأعلى أي إن رد الفعل سيكون بالاتجاه الموجب ومع اتجاه قوة العضلات أي:

رد الفعل = قوة العضلات

وبما أن وزن الجسم(الجاذبية) في اتجاه معاكس لرد الفعل فإننا نستطيع أن نستنتج أن:

رد الفعل = قوة العضلات – وزن الجسم

ولتوضيح ذلك في مثال، لو أدى الرياضي حركة ثني مفصلي الركبتين من الوقوف بشكل غير مبالغ فيه (انسيابي) فهذا يعني تغلب وزن الجسم على قوة العضلات وافتراضا أن وزن الرياضي كان 1000 نيوتن وكانت قوة العضلات في لحظة الثني 800 نيوتن فان علامة رد الفعل ستكون سالبة لان:

رد الفعل = قوة العضلات – وزن الجسم

رد الفعل = 800 – 1000

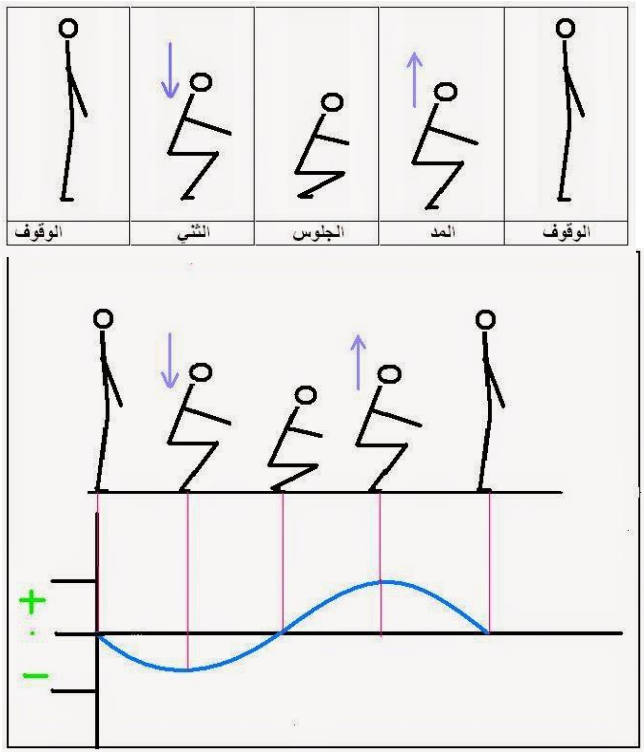
رد الفعل = - 200 نيوتن

ونستنتج من ذلك أن رد الفعل سيكون اقل من وزن الجسم في حالة الثني وبالضبط سيكون (1000-200=800 نيوتن وهذه ملاحظة مهمة لتفسير بعض منحنيات دالة القوة-الزمن)، أما إذا عكسنا الحالة أي إن الرياضي سيمد مفصلي الركبتين من وضع الجلوس فللتغلب على وزن الجسم الذي مقداره 1000 نيوتن نحتاج إلى 1200 نيوتن (افتراضا) فان علامة رد الفعل ستكون موجبة لان:

رد الفعل = قوة العضلات – وزن الجسم

رد الفعل = 1200 – 1000 رد الفعل = 200 نيوتن

ونستنتج من ذلك أن رد الفعل سيكون اكبر من وزن الجسم في حالة المد وبالضبط سيكون (1000+200=1200 نيوتن) وكما موضح في الشكل المرقم()



الشكل 181
الفعل ورد الفعل

قوانين نيوتن للحركة ثلاثة قوانين فيزيائية هي اساس الميكانيكا الكلاسيكية، وتربط هذه القوانين القوى المؤثرة على الجسم بحركته. أول من جمعها هو إسحاق نيوتن، وقد استخدم هذه القوانين في تفسير العديد من الأنظمة والظواهر الفيزيائية.

- **قانون نيوتن الأول:**

يبقى الجسم على حالته الراهنة (إما السكون التام أو الحركة في خط مستقيم بسرعة ثابتة) ما لم تؤثر عليه قوة تغيره من هذه الحالة.

$$\sum F = 0$$

ويسمى القانون الأول بقانون القصور الذاتي .

وفقاً لقانون نيوتن الأول : فإن القوة المحصلة هي السبب في تغيير السرعة المتجهة لجسم ما .

ويتبادر الى اذهاننا سؤال وهو متى يكون الجسم في حالة اتزان ؟ ونقول يكون الجسم في حالة اتزان إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة عليه تساوي صفراً .

وأيضاً يكون الجسم في حالة اتزان إذا كان ساكناً أو متحركاً بسرعة منتظمة.

وهذا يعني ان القوى التي يتعامل بها هذا القانون تسمى بالقوى المتزنة والتي تتميز بما يأتي:

- **تعمل على نفس الجسم**
- **متضادة الاتجاه على الجسم**
- **متساوية الحجوم.**

هذ القانون نرى في المهارات الرياضية عند انطلاق السباح او العداء ، او عند الحركة من السكون لاداء بعض المهارات بالجمناستك ، او عند اداء اي حركة رياضية عندما يكون اللاعب في وضع تحضيري لاداء واجب حركي معين، ويمكن ان نستخدم هذا القانون من الجانب التدريبي ، من خلال زيادة او اضافة اوزان لوزن الجسم لتصعيب حالة التغلب على السكون والانطلاق، مثلا نحمل العداء وزن معين من وزن جسمه بارتداءه جاكيت مثقل واداء الانطلاق من الثبات ، وكذلك بالنسبة للحالات المماثلة، فاننا بهذا العمل سوف نسلط مقاومة على العضلات العاملة للتغلب على الوزن الجديد، والتاثير على زيادة القوة العضلية المطلوبة و هكذا.

- **قانون نيوتن الثاني:**

إذا أثرت قوة أو مجموعة قوى $\sum F$ على جسم ما فإنها تكسبه تسارعاً a يتناسب مع محصلة القوى المؤثرة، ومعامل التناسب هو كتلة القصور الذاتي m للجسم.

$$\sum F = ma$$

بمعنى اخر ان تسارع جسم يساوي محصلة القوى المؤثرة فيه مقسومة على كتلة الجسم

$$a = F_{\text{المحصلة}}/m$$

نلاحظ ان العلاقة بين القوة والتسارع علاقة طردية. اي كلما زادت القوة المؤثرة على الجسم زاد تسارعه

أما العلاقة بين القوة والكتلة علاقة عكسية ، اي كلما زادت كتلة الجسم قل تسارع الجسم .

ويمكن ان تكون كلا العلاقتين دليلا لنا لاعداد تدريبات بالتركيز على كتلة الجسم وامكانية اضافة كتلة اليه عند التدريب ، باستخدام قوى التلامس وقوى المجال.

وكما ذكرنا ان قوى المجال: هي القوى التي تؤثر في الأجسام دون أن يكون بينهما تلامس مثل: قوة الجاذبية الأرضية والقوى المغناطيسية .

اما قوى التلامس: فهي القوى التي تؤثر في (الجسم) بسبب ملامسته جسم اخر من المحيط الخارجي .

ويمكن ان نستخدم كلا النوعين من القوة لتطبيق قانون نيوتن الثاني في التدريب ، فمثلا عندما ندرب اللاعب على المنحدر نزولا فاننا نزيد بذلك من قوى المجال(الجاذبية) والتي تؤثر في زيادة التعجيل ، او نستطيع سحب اللاعب اماما بالحبل المطاطي بعد ان زيادة توتره ، وبذلك نزيد من قوى التلامس بهدف زيادة التعجيل.

ومن جهة اخرى فان زيادة الكتلة تؤدي الى نقصان بالتعجيل الا انها تسبب زيادة في القوة المبذولة للتغلب على الزيادة بالكتلة ، فمثلا الركض بمقاومة الزميل (زيادة قوى التلامس)، فان هذا العمل سيكون كمقاومة مضاعفة للاعب والتي حتما ستزيد من قوته، واذا زادت القوة سيزيد التعجيل بعدم وجود المقاومة المضافة. او يمكن ان يكون العمل بزيادة قوة المجال (كالركض صعودا على منحدر) والذي يؤثر على زيادة القوة المبذولة بنقصان بالتعجيل،،وهكذا.

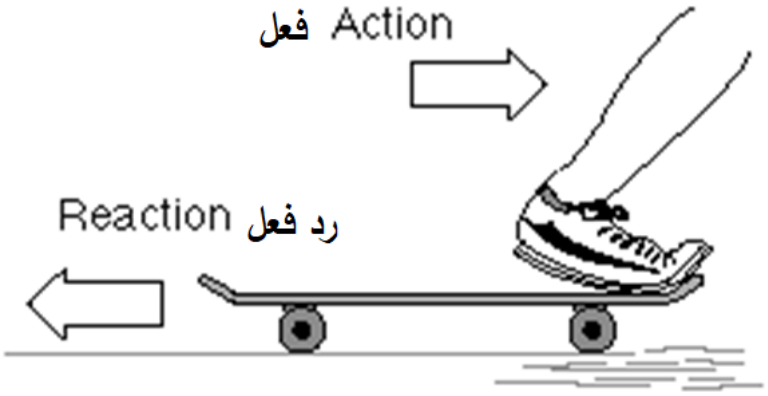
ان مفاهيم القوة التي يتعامل بها قانون نيوتن الثاني يطلق عليها بالقوى اللامتزنة والتي تعني القوى المختلفة المقادير والتي تسلط على الاجسام لتغير سرعتها.

- **قانون نيوتن الثالث:**

"لكل قوة فعل قوة رد فعل، مساويها لها في المقدار ومضاده لها في الاتجاه".

$$\vec{F}_{A\to B} = -\vec{F}_{B\to A}$$

اي ان كتلة الجسم$_1$×تعجيله =كتلة الجسم $_2$× تعجيله



الشكل 182
الفعل ورد الفعل

- **قوة الاحتكاك:**

وهي قوى معاكسة للحركة بين سطحين، اي تطبق تُطبّق هذه القوة في الاتّجاه المعاكس لسرعة الجسم، ومثال ذلك: إذا قمت بدفع كرسي على الأرض نحو جهة اليسار فتكون قوّة الاحتكاك تتجه إلى اليمين، حيث تنشأ هذه القوة بين الأجسام بسبب وجود فجوات أو نتوءات بين الأسطح أي أنّه كّلما كان السطح أملساً كلّما قلّت تلك القوة، تعتمد منطقة الاتصال الفعلية بين السطحين على القوة العمودية بين هذا الجسم والسطح المنزلق، حيث تتناسب القوة الاحتكاكية مع القوة العمودية وغالباً ما تعادل هذه القوة وزن الجسم المنزلق بشكل تام. أمّا في حالات الاحتكاك الجافة، فتكون هذه القوة مستقلّة عن السرعة، بالإضافة إلى أنّها لا تعتمد على منطقة الاتصال بين السطح المنزلق عليه والجسم، حيث تكون منطقة الاحتكاك الفعلية صغيرة نسبياً، ومنطقة الاحتكاك تُعرف بأنها المنطقة التي يحدث بها التلامس الفعلي بين النتوءات الصغيرة على الجسم وما بين السطح المنزلق عليه. يمكننا تعريف قوة الإحتكاك على أنّها القوة المقاومة التي تحصل عندما يتحرك سطحين متلاصقين بشكل متعاكس، وتكون بينهما قوة ضاغطة تساهم في تلاحمهما مع بعض، يحدث الاحتكاك بين المواد السائلة والصلبة والغازية أو أي تكوين منهم.

- **أنواع الاحتكاك :**
- **الثابت: يحدث في الأجسام غير المتحركة مثل البداية من الجلوس.**
- **الحركي: يحدث عند تحرك الجسمين واحتكاكهما مع بعض كالعداء على الأرض.**
- **الانزلاقي: يحدث عند احتكاك جسمين صلبين مع بعضهما البعض مثل: تحريك الكتاب من على الطاولة. او التزحلق على الجليد ..الخ.**
- **المائع : يحدث عند تحرك جسم صلب من خلال مادة غازية أو سائلة مثل: مقاومة الماء لحركات الغطاسين والسباحين او التدريب البدني بالماء..الخ.**
- **احتكاك دوراني – مثل عند دوران جسم حول محور وعلى سطح فراغي.**

- **قوة الاحتكاك الساكن:.**

تمثل أقل قوة لتحريك الجسم الساكن ترتبط بالقوة العمودية على سطح الاحتكاك N بالعلاقة $f_s = m_s N$:حيث يعرف ثابت التناسب m_s باسم معامل الاحتكاك الساكن.

- **قوة الاحتكاك الحركي:**

تعرف قوة الاحتكاك بين سطحين لجسمين متحركين ترتبط بالقوة العمودية على سطح الاحتكاك N بالعلاقة:

$F_k = m_k N$ **حيث يعرف m_k معامل الاحتكاك الحركي.**

ولا تظهر قوة الاحتكاك إلا عند تلامس الأجسام مع بعضها .

- **معامل الاحتكاك:**

هو عبارة عن كم عددي يستخدم في التعبير عن النسبة بين قوة الاحتكاك والقوة الضاغطة بين جسمين، ولا يوجد له وحدة قياس، أي أنه يمكن قياسة من خلال التجربة وليس بالمعادلات الرياضية، ويعتمد اعتماداً كلياً على مادتي الجسمين المتلاحمين، مثال ذلك: الجليد عندما يحتك مع المعدن فلهما معامل احتكاك منخفض (أي أنهما ينزلقان بكل بسهولة). أما مادة المطاط مع الإسفلت فلهما معامل احتكاك بشكل عالي جداً (أي أنهما لا ينزلقان).

معامل الاحتكاك = قوة الاحتكاك/ القوة الضاغطة

الجدول 7

قيم معامل الاحتكاك لبعض المواد

المادة	معامل الاحتكاك
حذاء ارضيته مطاط على طريق خرساني جاف	1
حذاء ارضيته مطاط على طريق خرساني مبلل	0.70
صلب على صلب	0.15
صلب على جليد	0.03
صلب على سطح مزيت	0.003

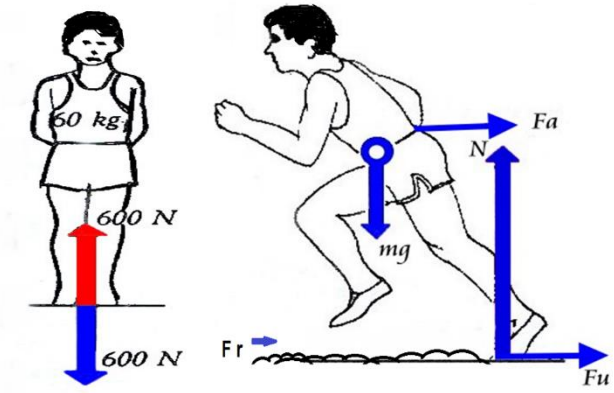
- **البيوميكانيك الخارجي:**
- **يجب التمييز بين القوى الداخلية و القوى الخارجية، وكلاهما يجب ان تؤخذ في الحساب عند دراسة ميكانيكية الألعاب الرياضية. فالقوة الخارجية هي مزيج من قوى التلامس وقوى المجال وتشمل الاتي(الشكل):**

(1) الجاذبية الأرضية التي تعمل على سحب الجسم (mg).

(2) قوة الاحتكاك بين القدمين والأرض Fu(قوة الاحتكاك = معامل الاحتكاك × القوة العمودية (الوزن))

(3) قوة مقاومة الهواء او الماء Fa(الشكل 179).

(4) وفي الحركات الدائرية تكون القوة المركزية.



الشكل 183

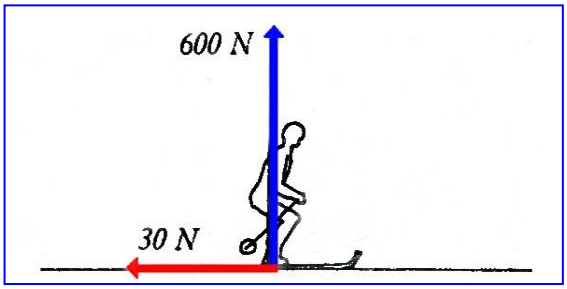
القوى الخارجيه

القوى الداخلية المقابله للقوى الخارجية للتاثير لانتاج الحركة المطلوبة في جسم الانسان هي العضلات ومكونات الجهاز الحركي من اعصاب وعظام ومفاصل واربطة واوتار.

يمكن توضيح تطبيق احد انواع القوى الخارجية من الناحية التطبيقية الا وهي قوة الاحتكاك من خلال المثال الاتي:

مثال: متزلج يزن 60 كغم ينزلق على سطح أفقي – ولكي يتزلج هذا الرياضي يحتاج إلى 30 نيوتن ، عندئذ يمكن معرفة معامل الاحتكاك وهو 60/30=0.5 .

إذا كان قوة الاحتكاك = صفر ، عندئذ لا يوجد احتكاك ، إما أذا كان معامل الاحتكاك(N) =1 عندئذ نقول أن الجسم ثابت لاحظ الشكل 184



الشكل 184

تحليل قوة الاحتكاك للمتزلج

ويعد التدريب بوسط مائع كالوسط المائي احد انواع التدريب تحت تاثير القوى الخارجية، اذا ان التغير في وضع الجسم عند التدريب بوسط مائي يؤدي إلى تغير

في مساحة وشكل الجسم (A وC) ، وعن طريق التجربة تم التوصل إلى قياس قوة مقاومة الهواء (أو الماء) Faكالاتي :

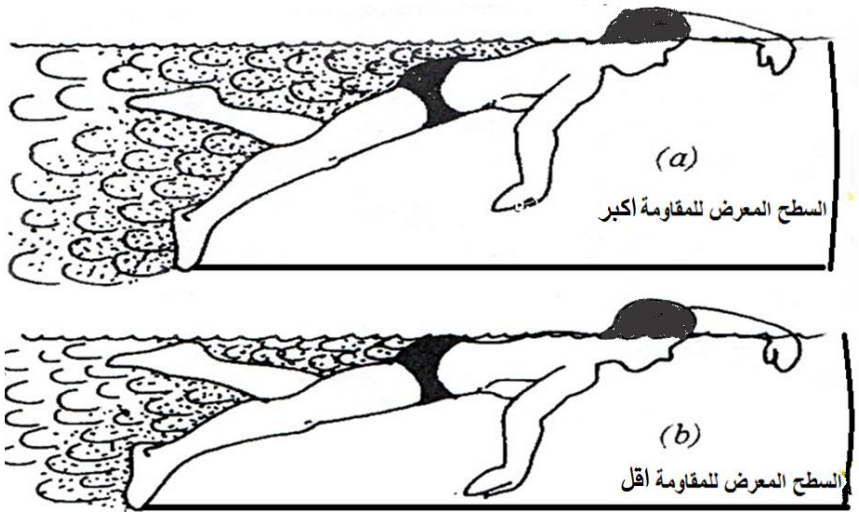
مقاومه الهواء=½ كث الوسط× ثابت الاعاقه×مربع السرعة×مسطح الجسم

$$Fa = ½ A \times V^2 \times C \times a$$

حيث: Aثابت الإعاقة V سرعة الجسم C كثافة الوسط a مسطح الجسم

وتتضاعف مقاومة الماء للجسم المتحرك فيه إذا تضاعفت مساحة السطح المعرض له ، إما مضاعفة السرعة فأنها تعطي مقاومة مقدارها أربعة أضعاف مقاومة الماء، ويمكن عن طريق خفض مقاومة الماء اثناء الاداء المهاري ان تتحسن الانسيابية.

وما ينطبق على مقاومة الماء من تاثير كقوى خارجية ايضا ينطبق على مقاومة الهواء كقوى خارجية ايضا ، اذ ان الهدف من بعض الألعاب الرياضية مثل الوثب العريض والركض هو خفض مقاومة الهواء، أما في السباحة فمن المهم جدا خفض مقاومة الماء. لاحظ الشكل 181



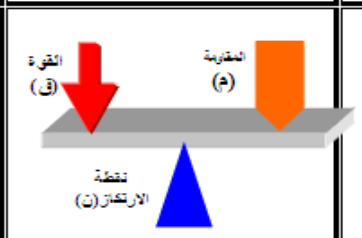
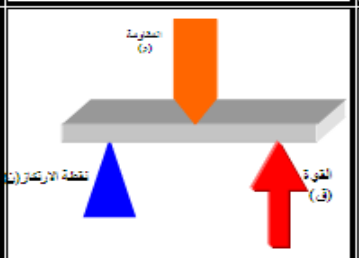
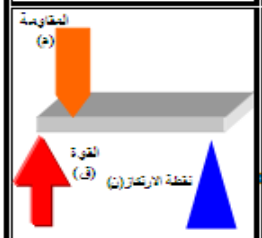
الشكل 185

زيادة مقاومة الماء كقوى خارجية بزيادة مسطح الجسم

ـ العتلات وقوى العزوم بجهاز حركة الانسان:

استخدم الانسان منذ الازل قواه الذاتية والقوى الخارجية للتغلب على المقاومات وحمل الاشياء ومستلزمات حياته الاخرى ، فكان يبذل قدرا كبيرا من القوه للتغلب على مقاومه قليله . وبعد ذلك اخضعت الحركة الى اسسها الميكانيكية في محاوله لاستغلال قوى الانسان والقوى الخارجية الاستغلال الامثل والتغلب على مقاومات كبيره بقوى قليله نسبيا حتى يتمكن الانسان من تحقيق مبدأ الاقتصاد في الجهد وكذلك تحديد الهدف من استخدام القوه وفق مبدأ ما. فكانت العتلة (الروافع) والتي تتكون من سلسله عمل تحتوي على ثلاث نقاط هي نقطه الارتكاز ، ونقطه تمثل القوه، ونقطه تمثل المقاومة ، وعلى هذا الاساس صنف العتلات على ثلاث انواع وهي المستخدمة في حياتنا الاعتيادية . ويبين الجدول الاتي الانواع الثلاثة من العتلات:

الجدول 8
انواع العتلات

وجه المقارنة	روافع النوع الأول	روافع النوع الثاني	روافع النوع الثالث
وصفها(تعريفها)	تكون نقطة الارتكاز بين القوة والمقاومة	تكون المقاومة بين نقطة الارتكاز والقوة.	تكون القوة بين نقطة الارتكاز والمقاومة.
الشكل			
أمثلة	المقص،الكماشة، العتلة، الأرجوحة، الميزان ذو الكفتين	فتاحة المياه الغازية ، كسارة البندق، عربة الحديقة.	الملقط، ماسك الفحم ، ماسك السكر والثلج، المكنسة اليدوية، سنارة السمك،الدباسة، مضرب كرة الهوكي
الفائدة آلية	أحيانًا :قد يكون لها فائدة آلية: عندما تكون ذراع القوة أكبر من ذراع المقاومة، فهي توفر الجهد والوقت. (تكون القوة أصغر من المقاومة،وبالتالي يحدث توفير في الجهد)	لها فائدة آلية: لأنها دائما توفر الجهد والوقت حيث إن ذراع القوة دائما أكبر من ذراع المقاومة وبالتالي تكون القوة دائما أصغر من المقاومة.	ليس لها فائدة آلية: لأنها لا توفر الجهد حيث إن ذراع القوة دائمًا أصغر من ذراع المقاومة، ولكنها تسهل بعض الأعمال.مثل زيادة المسافة أو السرعة، أو الدقة (تكون القوة دائمًا أكبر من المقاومة)

والعتلة : هي جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

الأساس العلمى الذى يحدد نوع الروافع : هى الوظائف التى يمكن ان تؤديها الرافعة وفقا لموضع القوة والمقاومة ونقطة الارتكاز بالنسبة لبعضهم البعض.

تنقسم الروافع إلى ثلاث انواع وهي:

1 - روافع النوع الأول

نقطة الارتكاز بين القوة والمقاومة ،توفر الجهد أحياناً (الاتزان)

المقص ـ العتلة ـ مجداف المركب ـ الكماشة ـ البكرة الثابتة ـ ذراع اليد

2 - روافع النوع الثانى

المقاومة فى المنتصف ،توفر الجهد دائماً (ربح بالقوة)

عربة الحديقة ـ كسارة البندق ـ فتاحة المياه الغازية

3 - روافع النوع الثالث

القوة فى المنتصف ،لا توفر الجهد (ربح بالسرعه)

الملقاط ـ ماسك الفحم ـ صنارة السمك ـ دباسة الورق ـ المكنسة اليدوية

- **قانون الروافع(العتلات):**

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

يطبق قانون الروافع فى حالة اتزان الرافعة فقط

تقدر الكتل بوحدة الكيلو جرام

- **فى الرافعة يقدر الوزن (القوة أو المقاومة) بوحدة الثقل جرام أو كيلو جرام أو نيوتن**
- **كل حاصل ضرب القوة × ذراعها يسمى عزم القوة ويقدر بوحدة النيوتن . متر**
- **كل حاصل ضرب المقاومة فى ذراعها يسمى عزم المقاومة ويقدر بوحدة نيوتن . متر**
- **أنظمة الروافع في الجسم:**

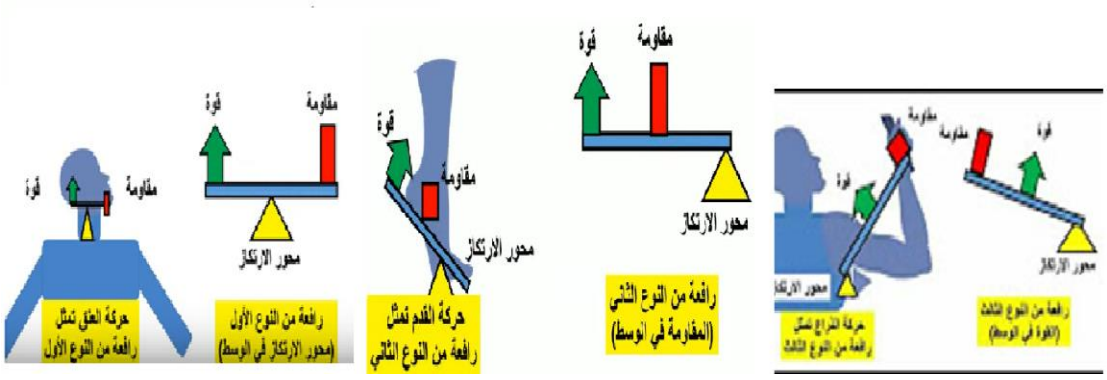
تعمل العضلات عن طريق تطبيق توتر على نقاط اندغامهما في العظم، وتطبق العظام بدورها أنماط مختلفة من أنظمة الروافع lever. يُظهر الشكل نظام الرافعة المُحدث بواسطة العضلة ذات الرأس لرفع الساعد.

إذا افترضنا أن للعضلة ذات الرأسين الكبيرة مقطعاً معترضاً مساحته 6 سم، فإن القوة العظمى للتقلص ستكون حوالي 135.5 كغم فإذا كانت الزاوية بين الساعد

العضد قائمة تماماً فسيكوم اتصال وتر ذات الرأسين يقع على بعد 2 سم أمام ارتكاز الرافعة عند المرفق، والطول الكلي لمستوى الساعد هو 14 سم تقريباً ولذلك يجب أن يكون مقدار قوة رفع العضلة ذات الرأسين مساوياً فقط 1/7 من 135.5 كغم أي حوالي 43 باوند.

عندما تكون الذراع ممدودة بشكل كامل، فإن اتصال ذات الرأسين يكون على مسافة أقل من 2 سم عن نقطة الاستناد وتكون القوة التي يمكن أن تحرك الساعد للأمام أقل من 19.5 بكثير.

وبشكل مختصر، فإن نظام الروافع في الجسم يعتمد على: (1) معرفة مستقلة بنقطة ارتكاز العضلة و (2) بُعدها عن نقطة ارتكاز الرافعة، بالإضافة إلى (3) طول ذراع الرافعة و(4) وضعية الرافعة. ويلزم الجسم أنماط مختلفة من الحركات، بعضها يحتاج قوة، وآخر إلى مجال واسع من الحركة. ولهذا السبب نجد كل أنماط العضلات هذه، بعضها طويل ويتقلص لمسافة طويلة، وبعضها قصير ولكن يملك مساحة مقطع معترض كبيرة، مما يوفر قوة زائدة للتقلص على مسافات قصيرة. دراسة الأنماط المختلفة للعضلات، أنظمة الروافع وحركاتها تدعى علم الحركة الفيزيولوجيkinesiology الهام في التشريح الفيزيولوجي البشري.



الشكل 186

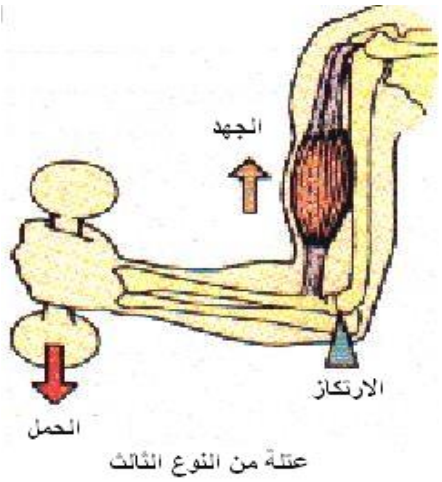
انواع العتلات

ويتلخص عمل العتلات في الجسم البشري عند تدريب القوة العضلية فيه بما يأتي:

1) عند تثبيت العضد عاليا وثني الساعد فان العضلة ذات الرؤوس الثلاثة العضدية تعد عتلة من النوع الأول مد الساعد مع مسطك دمبلص ثقل.

2) عند الدفع بامشاط الرجلين مع استقامة الجسم وحمل وزن على الكتفين فان العتلة تكون من النوع الثاني ، وكذلك عند اداء تمرين الشناو بالنسبة للذراعين

3) تمرين ثني الساعد حول المرفق مع تثبيت العضد وحمل وزن باليد فان العتلة من النوع الثالث.



الشكل 187

عتلة من النوع الثالث

من الممكن إعطاء أشكال توضيحية كثيرة لتوضيح عمل العتلات في الجسم البشري لنسهل فهم عمل العتلات بالرسوم التوضيحية.

1-يمكن إيجاد نوع نموذجي للعتلة من النوع الأول بالجمجمة التي ترتكز على فقرة الأطلس في العمود الفقري حيث يحافظ على استقرار الرأس بالجهد المبذول من قبل عضلات الرقبة وتستوضح العتلة عند رفع الرأس عن الصدر.

2-كما يمكن إيجاد نماذج للعتلات من النوع الثاني في الجسم البشري وخلال تطبيقات الحياة اليومية والمثال الأحسن يكمن في الجهد الذي تبذله عضلات الساق الخلفية لرفع وزن الجسم والذي يعمل خلال القدمين.

3-عمل العضلة العضدية الأمامية في حال رفع الثقل المثبت باليد وعندما يكون المرفق محورا للحركة هي عتلة من النوع الثالث.

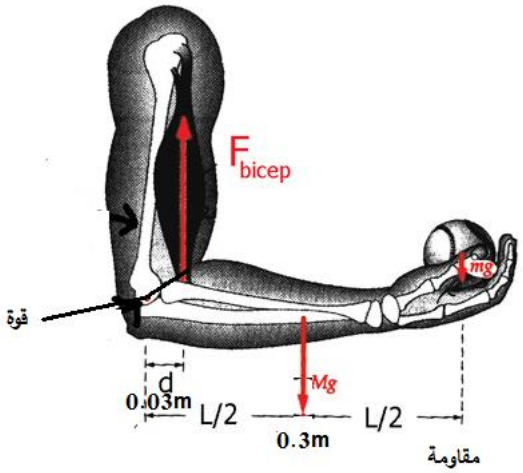
وعند البحث في إيجاد قيمة الزخم الدوراني (Torque) نستخدم المعادلة التالية: زخم القوة الدوراني(قوة التدوير)= القوة × ذراعها

أي القوة× المسافة المستقيمة بين محور الدوران ونقطة تسليط القوة.

زخم القوة الدائري هو (200 نيوتن× 0.3 متر= 60 نيوتن .متر

تنبيه: طبقا لمدغم العضلة القريب للمحور الدوران(مفصل المرفق)فإن هناك حاجة لقوى أكبر منتجة من قبل العضلة ذات الرأسين العضدية لرفع الحمل(الثقل) الممسوك باليد أو الذي يستند على اليد فكلما كانت ذراع المقاومه (ذراع الوزن) قصيرة كانت الحاجة لقوى عضلية أكبر لإنتاج زخم دائري أكبر وهنا لابد من التفريق بين ذراع المقاومة (ذراع الوزن) وبين (ذراع القوة) لأن الكثير من طلبتنا يقعون في خطأ جسيم عند البحث في هذا الموضوع ففي الشكل (179) أدناه فإن طول ذراع

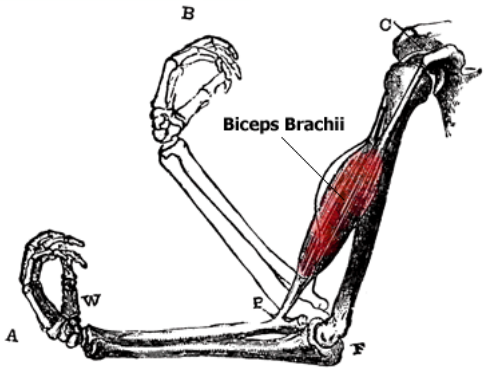
المقاومة (ذراع الوزن) يساوي 0.3 متر بينما طول ذراع القوة العضلية(ذراع القوة) يساوي 0.03متر وسنناقش تأثير ذلك في التدريب الرياضي لاحقا.



الشكل 188

ذراع القوة وذراع المقاومة

كما أن للزاوية التي تعمل فيها العتلة (وليس الزاوية التي تعمل فيها العضلة) تأثير واضح على عملها فالعتلات التي تعمل بزوايا كبيرة تَجبر العضلات على العمل الأقوى للتغلب على الحمل(المقاومة) حيث يلاحظ الجهد الأكبر(القوة) التي تعمل فيه عضلة العتلة(B) مقارنة بالجهد(القوة) الذي تعمل فيه نفس العضلة في(A) بسبب أن زاوية عمل العتلة في(B) أكبر منها في (A) بالرغم من تساوي قيمة الحمل في الحالتين. والشكل 185 يبين زوايا العمل



الشكل 189

زوايا العمل العضلي

ملخص لأهم النقاط:

1. **تتصف العتلة بوجود محور للدوران وذراع للقوة وذراع للمقاومة فذراع القوة هو المسافة بين المحور ونقطة تسليط القوة أما ذراع المقاومة فهو المسافة بين المحور ومركز ثقل كتلة العتله.**

2. **حركات اجزاء الجسم بالتي تمتاز بطابع السرعة تنتج بواسطة النوع الثالث من العتلات. وهي بذلك تعطي ربح للسرعة مقارنة بالقوة.**
3. **تعطي العتلة من النوع الثاني ربح للقوة.**
4. **تعطي العتلة من النوع الأول ربح للقوة أو السرعة طبقا لموقع محور الدوران.**
5. **تتطبع حركات الجسم البشري في الغالب للسرعة مقارنة بالقوة بسبب أن أغلب عتلات الجسم البشري من النوع الثالث.**

- **القوى في الجسم البشري:**

- **من المهم تسليط الضوء بشكل موجز على مفهوم القوى التي تعمل في الجسم البشري ليكون مقدمة مهمة لفهم أكثر لآلية عمل العتلات**

يستطيع الجسم البشري أن ينتج قوى رائعة تساعده في الأداء الرياضي كذلك في حياته اليومية وتكون هذه القوى ممكنة فقط من خلال الترتيب البديع للعضلات والعظام والمفاصل التي تُكون جهاز العتلات حيث تعمل العظام كعتلات وتعمل المفاصل كمحاور للدوران وتعمل العضلات كقوى متنوعة.

فالعضلات الهيكلية تستحدث الحركة عن طريق سحب الأوتار(أحبال نسيجية رابطة) المرتبطة بها فيقوم هذه الأوتار بسحب العظام لخلق الحركة فيها فَتُحرك العضلات العظام من خلال فائدة ميكانيكية فعند تقلص العضلات فإنها تجعل العظام تتحرك كعتلات حول محاورها والتي هي مفاصل تلك العظام

تسلط العضلات القوة عن طريق تحويل الطاقة الكيميائية المنتجة خلال عملية التنفس إلى شد وتقلص وعند تقلص العضلة فإنها تقصر فتسحب العظم مثل العتلة عبر مفصلها.

إن سبب حركتنا هو تحرك العضلات فنحن قادرون على تنفيذ مجموعة من الحركات المنوعة ولكن العضلة نفسها تتحرك فقط عن طريق قصرها فالعضلات تَقصر ثم ترتاح ولهذا يقال في البايو ميكانيكا أن (العضلات تسحب ولا تدفع).

هناك 700 عضلة هيكلية في الجسم البشري يُسيطر عليها بأسس وقواعد بسيطة تتضمن الحركات العضلية أو الفعاليات العضلية.

تَنتج العضلات الهيكلية الحركات عن طريق السحب على العظام أو الأوتار حيث يعطي الوتر مرسى قوي لهذا السحب والنقطة التي ترتبط بها العضلة بالعظم تدعى مدغم العضلة.

تَخدم العضلات كعتلات وتخدم المفاصل كمحاور لحركة هذه العتلات وتقوم العضلات بالتقلص لمسافة قصيرة فقط ولكن وبسبب اندغامها بالعظام بمسافة قريبة من المفاصل فإن الحركة في النهاية المعاكسة للأطراف تكون سريعة جدا فالعضلة

ذات الرأسين العضدية على سبيل المثال قد تتقلص 89-90 ملم ولكن اليد تتحرك 60 سنتمتر.

تعمل العضلات الهيكلية والتي تسمى بالإرادية بأزواج بدلا من المفردة فواحدة من العضلات تنتج التقلص بينما تسمح الأخرى بالاسترخاء فيحدث الثني عندما يسبب التقلص بتقرب العظميين باتجاه بعضهم(زاوية صغيرة بين العظميين) بينما وفي حالة المد يعمل التقلص على ابتعاد العظميين بعيدا عن بعضهم (زاوية كبيرة بين العظميين).

يُدعى هذا الزوج من العضلات بالعضلات المضادة(antagonistic) وفي الغالب تكون مجاميع عضلية فعلى سبيل المثال ما يحدث في مجموعة العضلة ذات الرأسين العضدية التي تقع أمام الذراع والعضلة ذات الرؤوس الثلاثة العضدية التي تقع خلف الذراع فكلاهما يشاركان في ثني الذراع من المرفق ولكن فقط عندما تكون راحة اليد مواجه للأعلى وفي حالة العضلات المضادة الواحدة تكون الواحدة أقوى من الأخرى وفي مثالنا هذا تكون ذات الرأسين العضدية التي تثني الذراع أكبر وأكثر قوة من ذات الثلاث رؤوس العضدية التي تمد الذراع.

عندما يكون الجسم في حالة الراحة تبقى بعض العضلات الهيكلية المضادة بحالة التقلص والتي تدعى بتناغم العضلة(muscle tone) والذي يسبب بقاء الجسم في وضع جامد وفيما إذا أصبح الشخص غير منتبه أو يشعر بالنعاس فأنه يفقد حالة التناغم في العضلي مما يتسبب في الاسترخاء الكلي.

- **أمثلة على قانون الروافع:**
- **مثال -1**

رافعة طولها 60 سم ونقطة ارتكازها فى المنتصف علق جسم يزن 45 ثقل جرام على بعد 10 سم من نهاية أحد طرفيها .فما وزن الجسم الذى يعلق فى الطرف الأخر

الحل:

بما أن نقطة الارتكاز تقع فى المنتصف فإن ذراع القوة = 30 – 10 = 20 سم

بما أنا الجسم موضوع فى نهاية الطرف الأخر فإن ذراع المقاومة = 60 – 30 = 30 سم .

بما أن القوة فى ذراعها = المقاومة فى ذراعها 45 × 20 = ؟ × 30

وزن الجسم المجهول (المقاومة) = 45 × 20 = 30 ثقل غرام

- **مثال - 2**

فى أحد استنتاج قانون الروافع سجلت النتائج آلاتية:

المقاومة = 100 ثقل غرام ، ذراع المقاومة 20سم ، القوة = 50 ثقل غرام

احسب من ذلك طول ذراع القوة الذى يجعل الرافعة متزنه؟

الحل:

بما أن القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها 50× × ذراع القوة = 100 × 20

أى أن : ذراع القوة = 100 × 20 ÷ 50 = 40 سم

- **مثال - 3**

رافعة القوة المؤثرة عليها 30 نيوتن فإذا علمت أن طول ذراعها 15سم تؤثر على مقاومة مقدارها 90 نيوتن فاحسب ذراع المقاومة ؟

الحل

بما أن القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها 300× 15 = 90 × ذراع المقاومة

أى أن : ذراع المقاومة = 300 × 15 ÷ 90 = 50 سم

- **مثال - 4**

قوة مقدارها 250 نيوتن تؤث على أحدى الروافع ، علما بأن طول ذراع القوة يساوى 10 متر ، هل تكون هذه الرافعة فى حالة اتزان إذا أثرت عليها مقاومة مقدارها 450 نيوتن وطول ذراعها 5 متر؟

الحل :

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها القوة × ذراعها = 250 × 10 = 2500 نيوتن . متر

المقاومة × ذراعها = 450 × 5 = 2250 نيوتن . متر

الرافعة غير متزنة لأن القوة × ذراعها لا تساوى المقاومة × ذراعها

لابد ان نتذكر أن الروافع التى يكون فيها ذراع القوة أطول من ذراع المقاومة توفر الجهد دائما اي ربح بالقوة

ملخص ما تم شرحة هو ان:

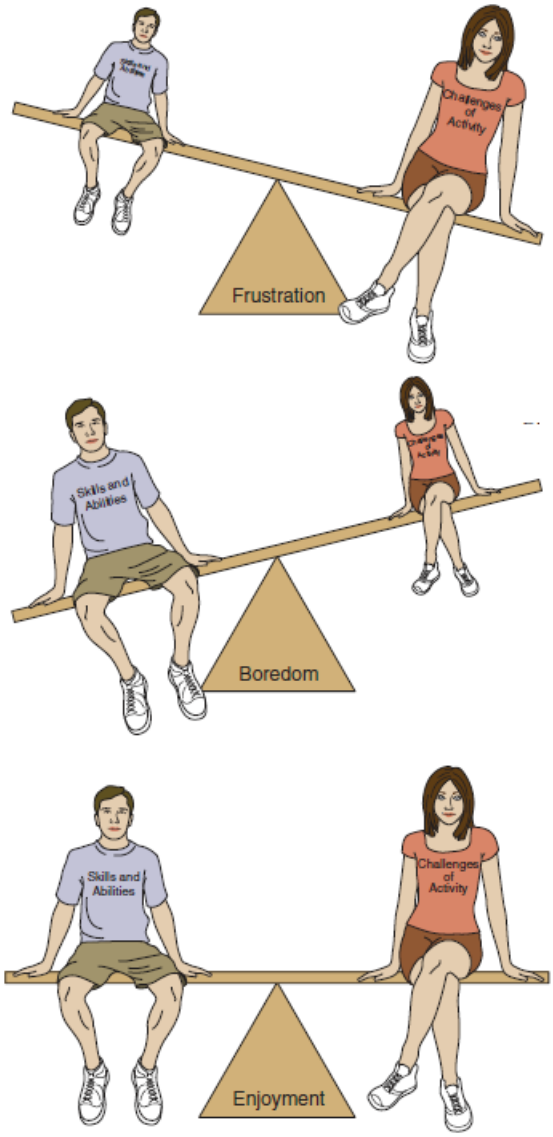
روافع النوع الأول توفر الجهد عندما يكون ذراع القوة أكبر من ذراع المقاومة ، وروافع النوع الثانى توفر الجهد دائما (ربح بالقوة) لأن ذراع القوة أكبر من ذراع المقاومة وهنا تكون المقاومة أصغر من القوة .و روافع النوع الثالث لا توفر الجهد لأن ذراع المقاومة أكبر من ذراع القوة وهنا تكون القوة أصغر من المقاومة(ربح بالسرعة). وايضا لها استخدامات أخرى كثيرة مثل الحماية من الأخطار ، زيادة السرعة ، تكبير المسافة ، نقل القوة.

ان المسافة بين نقطه تأثير القوه ونقطه الارتكاز تسمى ذراع القوه ,اما المسافة بين نقطه تأثير المقاومة ونقطه الارتكاز فتسمى ذراع المقاومة ,ولكي تبقى العتلة في حاله توازن يجب ان تساوى ذراع القوه مع ذراع المقاومة على اساس المعادلةالأتية:

القوة × ذراعها= المقاومة × ذراعها

الفصل السادس

العلوم المرتبطة بعلم الحركة



- العلوم المترابطة بعلم الحركة
- مواصفات جسم الإنسان
- علم التشـــريح ووظائف الأعضـــاء
- التحليل الحـــركي
- التحليل الحركي
- التحليل البايوكينماتيكي للمهارات الحركية
- التحليل الكيناتيكي للمهارات الحركية
- علم الميكـــانيكا الحيـــوية
- علم القياسـات البشرية " الإنثروبومترية "
- تكنولوجيا المعلومات

- **العلوم المترابطة بعلم الحركة:**

إن المصممين والمختصين بالعوامل البشرية يعملون على دمج المعلومات والبيانات الخاصة بالقدرات المادية والبشرية في تصميم الأنظمة والمعدات التي يتعامل معها الأنسان, وبمعرفة الخصائص الفيزيائية للإنسان, ويمكن الوصول للتصميم الأمثل للأجهزة والمعدات للوصول لأقصى سبل الراحة وملائمة الوظيفة لتلك الألات. وللتعرف على كيفية أستخدام تلك الدراسات الخاصة بالعوامل البشرية في عمليات التصميم يجب التعرف على بعض المفاهيم العامة اولاَ.

من العلوم التي يتعامل معها الانسان هي :

- **الهندسة الأنسانية "Human Engineering":**

تلعب أجهزة الكمبيوتر دورا هاما في حياتنا فضلا عن أنها أصبحت جزءا مكملا للمقومات الأساسية في بيئة العمل .

إن تصميم موقع العمل لمختبرات البايوميكانيك المزودة بالاجهزة الالكترونية قد أثار اهتمام الكثير من العاملين في مجال تصميم االجهزة القياس والتحليل الحركي ، إذ أن مستخدمي الحاسبات واجهزة التحليل على الحاسوب من أكثر العاملين الذين لديهم القابلية على التأثير بالمسائل الصحية من أجزاء الجسم ، كالرقبة والفقرات ، الرسغين ، القدمين، فالجلوس أمام الكمبيوتر لفترة طويلة قد يتسبب في إجهاد العينين وتصلب الظهر وخدر اليدين والنفق الرسغي.

و مفهوم الهندسة البشرية وتأثيرها على تقليل مخاطر العمل ومحاولة وضع اعتبارات جوهرية رئيسية للمنظمات التي تعتمد على الكمبيوتر في أداء أعمالها فيما يتعلق بوضع شاشة الكومبيوتر ووضع لوحة المفاتيح والجلوس ، وقد تم التوصل إلى مجموعة من الاستنتاجات والتوصيات فيما يتعلق بكيفية ترتيب محطة العمل وتنظيم مكاتب العمل والجلوس والمسافات القياسية بين أجزاء جسم الإنسان والأجزاء الصلبة للكومبيوتر .

و الهندسة البشرية هو علم يختص بدراسة التفاعل ما بين الإنسان وما يستخدمه من أدوات ومعدات والعناصر الأخرى من بيئة العمل المحيطة ويستخدم المعلومات والنظريات وطرق التصميم لتحسين حياة الإنسان والآداء الافضل , ويساهم المختصون مجال الهندسة الأنسانية في تصميم الوظائف والمنتجات والأنظمة وبيئات العمل لتتوافق مع أحتياجات ومهارات وحدود الآنسان.

تعرف الهندسة البشرية بأنها الدراسة العلمية للعلاقة الهندسية بين الإنسان ومحيط عمله . ويمثل محيط العمل الظروف التي يعيشها الفرد وما يستخدمه من مكائن ومعدات ومواد في مواقع العمل. أما العلاقة الهندسية فتعني توافق وانسجام بين مقاييس الجسم البشري وقدراته العضلية والحسية وما يستخدمه من

المكائن والمعدات والمواد بهدف تكييف كل ما يحيط بالإنسان بمقاييس جسمه وقدراته كوحدة إنتاجية متكاملة.

ويشير البعض الى الهندسة البشرية او ما يسمى أحيانا بهندسة العوامل البشرية human factors engineering في تحسين مؤشرات الإنتاجية والأداء من خلال تصميم مواقع العمل والعدد اليدوية والادوات بالاضافة للمكائن والمعدات التي تأخذ بنظر الاعتبار القدرات الجسدية للإنسان.

وتحصل الهندسة البشرية على المعلومات الضرورية لها من مختلف المصادر او الأنظمة التي تغطي المسائل المتعلقة بعلم النفسphysical anthropology والية عمل وظائف الإنسان work physiology وأخيرا علم ميكانيك الحياة biomechanics .وتستخدم المعرفة في هذه الحقول في تصميم مواقع العمل وتطوير كفاءة طرق أداءه.

والهندسة البشرية في الحاسبات الالكترونية هي دراسة القدرات في العلاقة في طلبات العمل المحددة لمستخدمي الحاسبات، حيث إن كلمة ergonomic مشتق من الكلمات اللاتينية "ergo" التي تعني العمل و "nomos" التي تعني القانون الطبيعي وعند بحث الهندسة البشرية في الحاسبات الالكترونية فإنها تشير إلى ثلاثة حقول من المعرفة وهي كآلاتي:

1. الانثروبومتريanthropometry ومتعلق بالهندسة البشرية ، وهو العلم الذي يدرس ويقيس كل اجزاء الجسم ولذلك فالمنتجات ، اثاث ومحطات العمل يمكن تصميمها لملائمتها لأحجام الافراد .

2.البايوميكانيك biomechanics وهو العلم الذي يستخدم القوانين للفيزياء والهندسة لوصف كيف ان الاجزاء العضلهيكلية muscleskelee تؤثر بفاعلية عند استخدام قوى متنوعة.

3. الفسيولوجياphysiology , وهو العلم الذي يدرس المعلومات حول نوعية وكيفية الأنشطة المختلفة لنظم الجسم المختلفة التي تسيطر على الدورة الدموية والتنفس والنشاط العضلي للاجسام.

فالهندسة البشرية تعمل على تكامل هذه المعلومات في تصميم المعدات لمكان العمل لتعظيم الانتاجية وتقليل جهد العمل وتحسين الصحة والأمان وتخفيض إصابات العمل .

- **مواصفات جسم الإنسان:**

عند تصميم أية ماكنة او جهاز او اية قطعة او معدات يستخدمها الانسان في أي عمل من الاعمال، لابد من أن تخضع إبعادها بصورة توافقية لمقاييس جسم الإنسان ، الأمر الذي يتطلب معرفة المواصفات القياسية للجسم وقدراته العضلية والحسية وقابلياته ، أي دراسة ما يسمى الانثروبومتري حيث الربط بين الأبعاد القياسية للآلات وتصاميم وتنظيمات مواقع الأعمال ومجالات حركة العامل وتحليل وتجزئة حركة

اوضاع الجسم إثناء الجلوس والوقوف والتداول والنقل والضغط والسحب وأوضاع اليدين والقدمين والساعدين ووضع الجسم وانحناء العمود الفقري ، اذ ان كل وضعية للجسم تتألف من عدة حركات تفصيلية تشارك فيها العظام والمفاصل والعضلات إضافة إلى قيام الجهاز العصبي بمهمة التوجيه في كيفبة أداء الأعمال.

وقد ادت التجارب العديدة في مجال مقاييس الجسم البشري إلى ايجاد متوسط طول الرجل والمراة للاستفادة من نمطية وتنسيق وتكامل هذه المقاييس مع كافة الأبعاد القياسية لكل ما يستخدمه الإنسان ويحيط به.

وعند تصميم المناهج التدريبية او التعليمية، ينبغي دراسة القدرات الحركي والبدنية المرتبطه بـ (العظام ، المفاصل، العضلات) والقدرات الحسية كا(البصر، السمع ، اللمس، الشم ، الذوق) ، اذ تشكل مجموعة العظام والمفاصل والعضلات عند الإنسان نماذج نظم العزوم والعضلات كما في نظم العزوم والعتلات للآلات الميكانيكية وتعتمد كفاءة هذه النظم على المسافة المحصورة بين نقطة الارتكاز (مركز المفصل)ومراكز قوة العضلات مع العظام وذلك للاستخدام الامثل لنظام العتلات والعزوم ، اذ أن لكل حركة مفصلية هناك دائما وضعية تعمل فيها إحدى العضلات بأقصى فائدة ميكانيكية وهذا لايعني بالامكان تشغيل كافة العضلات بأقصى فائدة ميكانيكية بحد ذاتها بل ان تكون محصلة كافة العضلات بأقصى انتاجيتها. وتتركز اهم مصادر قوة الإنسان في الاطراف الاربعة (الذراعين ، اليدين ، الساقين ، القدمين) وتنجز معظم الأعمال بواسطة الذراعين واليدين.

ويساعد تصميم التدريبات الجيدة باستخدام المعدات التدريبية والاجهزة في تقليل مسببات الإجهاد والسأم إذ أن أجزاء الجسم الرئيسية التي تتأثر بالإجهاد هي:

1. العضلات التي تقوم بوظائفها عند استقلال الطاقة المخزونه فيها بواسطة التقلصات التي تحصل في أنسجتها وتسبب هذه التقلصات تغييرا كمياويا في المواد الغذائية المخزونة في العضلات فتتولد من مواد تالفة بضمنها حامض الاكتيك حيث تختلط مع الدم فتزيد بذلك نسبة الإجهاد.

2.الأعصاب :بعد التقلصات العديدة للعضلات ،تتوقف قابلية العصب على تنبيه العضلات في حين يستمر العصب في تأدية وظائف الاخرى.

3.الدم :إن زيادة نسبة المواد التالفة في الدم وخاصة حامض اللاكتيك يسبب ارتفاعا في مستوى الاجهاد .

4.الدماغ :لا يجهد الدماغ بالاجهاد العضلي والفيزيولوجي بقدر ما يجهد نتيجة السأم و(الملل) الذي يظهر عند قلة الرغبة في أداء عمل رتيب بسبب التكرار او عند مجابهة مشكلة معقدة وعدم التوقيف في ايجاد واختيار الحل أو عند تعرض الجسم لزحم عمل اكبر من طاقته نتيجة لعوامل نفسية واجتماعية .

ومن القواعد الأساسية للإجهاد هي:-

1- إن الإجهاد يتناسب طرديا مع السرعة في إنجاز العمل .
2- ان الإجهاد يتناسب طرديا مع شدة وزخم العمل.
3- إن الإجهاد يتناسب عكسيا مع عدد فترات الاستراحة إثناء العمل
4- ضعف قابلية العضلات الفسيولوجية على مقاومة الإجهاد بسبب قلة النوم والجوع وسوء التغذية وفقر الدم والظروف غير الصحيحة
5- رفع قابلية العضلات الفسيولوجية عند تدليلكها او التغذية الجيدة .

- علم التشـــريح ووظائف الأعضـــاء (anatomy & physiology) :

يعتبر علم التشـريح (anatomy) وعلم وظائف الأعضاء (physiology) من أكثر العلوم أرتبـاطاً بعلم الميكـانيكا الحيوية وتطبيقاته ، لانه لا مفـر من دراسـة تشريحية وتحليلية للجسم البشـري بصـورة مفصـلة وواضحة للتمكن من تحليل الحـركات التي يقوم بهـا وكذلك أوجه القصـور في تلك الحـركات ، كما أنه من أهم التطبيقـات المعروفـة لعلم الميكـانيكا الحيوية هو تصميم الأجهـزة التعويضية والأطراف الصناعية لمن هم في حـاجة الى تلك الأجهـزة لمزاولة أعمالهم بصـورة طبيعـية.

ومن أهم الأجـزاء التي يتوجب على مختصـي الميكانيـكا الحيوية دراستها من علوم التشـريح الأجـزاء الخاصة بتـشريح العضـلات والجهـاز العضـلي بصـورة عامة بأعتباره من أهم الأجهزة المسئولـة عن الحركـة في جسـم الأنسان حيث أن الحـركة تتم عن طريق أنقباض العضـلات وانبسـاطها أستجابةً لأوامـر من المخ والجهـاز العصبي .

كما يعتبـر الجـزء الخاص بدراسة المفاصل وتشـريح الجهـاز المفصلي والوظيفة التي يقـوم بها كل مفصل داخل جسم الأنسـان والحـركات المترتبة على تحريك هذا المفصـل من الأجـزاء الهـامة التي يجب دراستـها أيضـاً . وذلك بالأضافـة الى دراسة تشـريح العمـود الفقري حيث يعتبر العمـود الفقري من أهم الأجزاء التي تتعرض للأجهـاد والضغوط أثنـاء العمل .

-التحليل الحـركي :

إن التحليل الحركي هو أحد المرتكزات الأساسية لتقويم مستوى الأداء والتي من خلالها يمكننا مساعدة المدرس أو المدرب في معرفة مدى نجاح مناهجهم في تحقيق المستوى المطلوب، إضافة إلى تحديد نقاط الضعف في الأداء والعمل على تصحيحها لرفع مستوى اللاعبين، لهذا فان التحليل الحركي يعد أكثر الموازين صدقاً في التقويم والتوجيه.

إن التحليل من خلال التجريب يعمل ويقودنا للوصول إلى نتائج دقيقة وصحيحة في الكشف عما يصاحب التغيير في الحركة للوصول إلى نتائج تتعلق بالإنجاز، حيث يتم الاستناد على وصف الحركة وتحليل جميع العوامل (البدنية،

الميكانيكية، التشريحية) التي تحقق الأداء الحركي بشكل يضمن استخدامها في حل المشاكل التي تتعلق بالأداء وتقويمه من خلال موازنة هذه الحقائق التحليلية بمعايير معينة تسهل على المدربين اختيار التمرينات المناسبة لقيام رياضيهم بالأداء الحركي الصحيح وخلق ظروف تدريبية خاصة لتحقيق ذلك الهدف.

ويشير بعض الباحثين إن التحليل الحركي علم يبحث في الأداء ويسعى إلى دراسة أجزاء الحركة ومكوناتها للوصول إلى دقائقها، سعياً وراء تكنيك أفضل، فهو احد وسائل المعرفة الدقيقة للمسار بهدف التحسين والتطوير أي أن التحليل الحركي ما هو إلا وسيلة توصلنا إلى المعرفة وتساعد العاملين في المجال الرياضي على اكتشاف دقائق الأخطاء والعمل بعد قياسها على تقويمها في ضوء الاعتبارات المحددة لمواصفات الأداء.

إن التحليل الحركي البايوميكانيكي يعتمد على جانبين أساسيين هما:

1. **التسجيل الصوري (سينمائي – فيديوي) للتغير الحركي الذي يطلق عليه (كينماتك) والذي يهتم بدراسة الظاهرة الخارجية ووصفها ميكانيكياً.**
2. **تسجيل القوة المصاحبة للتغيير الحركي الذي يطلق عليه (كينتيك) والذي يهتم بدراسة القوى التي تصحب العمل الحركي وتؤثر فيه.**

أن أهمية التحليل الحركي تكمن فيما يأتي :

1. **تعليل الحركات الرياضية وتوضيحها.**
2. **بحث قوانين الحركات الرياضية وشروطها وتطويرها.**
3. **تحسين الحركات الرياضية أو التكنيك المطلوب.**
4. **إن التحليل يستخدم لحل المشكلات التي تتعلق بالتعلم الحركي والإنجاز الرياضي العالي.**
5. **التحليل الحركي يجيب عن الكثير من الأسئلة التي تتعلق بالإنجاز الرياضي او كيف يمكن تحقيق الهدف المرسوم او كيف تتم الحركة.**
6. **إن التحليل الحركي يساعد المدرب على تصور الحركة أولا ثم إيصالها إلى المتعلم ثانياً.**
7. **يساعد على توجيه النصائح العلمية الدقيقة مما يساعد على سرعة التعلم والوصول إلى التكنيكات الصحيحة.**

وهناك نوعين مهمين من التحليل هما:

أولاً: التحليل الكينتيكي:

يتناول هذا النوع من التحليل مسببات حدوث الحركة، أي الأخذ بنظر الاعتبار القوى الداخلية والخارجية المحيطة بالحركة.

ثانيــاً: التحليل الكينماتيكي:

ويتناول الناحية الظاهرية من خلال وصفها، أي وصف الأجزاء التي تمت تجزئتها كل على حدة والوصف أولى خطوات التحليل في القياس الكمي.

- التحليل الكمي:

يعتمد التحليل الكمي على قياس الكمية او النسبة المئوية للمكونات المستخدمة للشيء الكلي، أي تعيين المقادير الكمية وتحديدها لمتغيرات الحركة التي تمثل المعلومات الموضوعية عن الخصائص الواقعية لحركة الرياضي، وعن توافقها وعن تعاقب تغيير أوضاع الجسم، وتمثل المحددات الكمية لمتغيرات الإزاحة والزوايا والسرعة والتعجيل.

- التحليل النوعي :

هو عملية تمييز الفروق وتقدير الاختلافات في استيعاب النتائج الأساسية للتحليل الكمي وإدراكها وتأويلها وتعميقها للوصول إلى الاستنتاجات الواقعية، إضافة إلى إيجاد الأسباب غير المباشرة لأخطاء الأداء مقارنة بالنموذج.

كما انه يحتوي على الملاحظة البصرية والفوتوغرافية، والتي عادة تنتج او توصف الحركة وتقوم الحركة من خلال نقاط القوة والضعف في الأداء الرياضي وان اعتماد التحليل النوعي على الملاحظة البصرية وهذا بحد ذاته له فائدة من حيث عدم حاجته إلى أجهزة ومعدات ولكنه من جانب آخر يفتقر إلى الدقة.

فالتحليل النوعي يعطي شكلاً تقويمياً عاماً للأداء من دون اللجوء إلى تحديدات رقمية أي انه يحدد نوع الأداء كأن يكون الأداء جيداً، ضعيفاً، مرناً.... الخ.

وأخيراً يمثل هذا الأسلوب أداة لكل من المدرس والمدرب في ممارسة عمله، فهناك العديد من المواقف التدريسية والتدريبية التي يعتمد فيها التحليل على مجرد الملاحظة، ثم استرجاع تفصيلات الأداء من الذاكرة عند الشرح أو تصحيح الأخطاء.

ان التحليل الحركي يعتمد بالاساس على استخدام القوانين والاسس المستخدمة في علم البايوميكانيك لغرض دراسة الحركة وتحليلها تشريحيا وميكانيكيا. وتمثل كلمة تحليل Analysis مفتاحاً لتعريف سلوك حركة الانسان او مساره، أي عملية تجزئة الكل الى اجزاء لكي يتم دراسة طبيعة تلك الاجزاء والعلاقة بينهما من خلال معرفة دقائق مسار الحركة، ومدى العلاقة بين المتغيرات التي تؤثر في ذلك المسار أي تحويل الظاهرة المدروسة الى ارقام ودرجات ويقصد بها ايضا الوسيلة المنطقية التي يجري بمقتضاها تناول الظاهرة موضوع الدراسة كما لو كانت مقسمة الى اجزاء او عناصر اساسية.

وانطلاقا من هذا المفهوم لمدلول كلمة التحليل يمكن عند دراسة حركة الانسان ان يكون التحليل تشريحيا، كيميائيا، نفسيا، تربويا، او ميكانيكيا. وينبغي ان يوضع في الاعتبار ان تجزئة الظاهرة ليس هدفاً بحد ذاته وانما وسيلة للوصول الى الادراك

الشمولي للظاهرة ككل، لاسيما اذا كانت الظاهرة تمثل حركة الكائن الحي الذي لا يمكن تحقيقها الا من خلال تجميع الاجزاء والعناصر في وحدة متكاملة

ويعد التحليل في المجال الرياضي من العلوم المهمة التي تعتمد على علوم اخرى كالتشريح والميكانيكا الحيوية والفيزياء والرياضيات والعلوم الاخرى المرتبطة بالحركة، لذا لايمكن اجراء تحليل للحركات الرياضية دون ان تكتمل جميع العناصر المؤثرة في ذلك الاداء.

ان التحليل اداة اساسية في جميع الفعاليات والانشطة الرياضية، اذ يبحث في الاداء ويسعى الى دراسة اجزاء الحركة ومكوناتها للوصول الى دقائقها، سعيا وراء تكنيك افضل، فهو احدى وسائل المعرفة الدقيقة للمسار بهدف التحسين والتطوير. ان التحليل الرياضي يستخدم في حل المشكلات المتعلقة بالتعلم والتدريب حيث يقوم بتشخيص الحركات ومقارنة اجزائها واوقاتها وقوتها، والمقارنة بين الحركة الجيدة والحركة الرديئة ويساعد على تطور الحركة ومعرفة تكنيكيها وبذلك يقرب للمدرب صورة الحركة النموذجية ليتمكن من اختيار وسائل وطرائق التدريب الخاصة لايصالها الى المتعلم من اجل تجنب الاخطاء الحركية، اعتمادا على القياس الدقيق للجوانب المختلفة المتعلقة بالظاهرة

ولهذا يلجأ العاملون في المجال الرياضي الى دراسة الحركة وتحليل مكوناتها سعيا وراء تحسين التكنيك، وان تحليل الحركة او المهارة ليس غاية في حد ذاتها بل هو وسيلة لمعرفة طرائق الاداء الصحيحة للفرد عند قيامه بالحركات المختلفة، وتساعد على اكتشاف الخطأ في الاداء والعمل على اصلاحه.

ولاجل تقويم الاداء الفني والوصول الى نتائج تتعلق بالانجازات الرياضية يتم بالاستناد على وصف الحركة وتحليل جميع العوامل البدنية، والميكانيكية، والتشريحي التي تخص الاداء الحركي بشكل يضمن استخدامها في حل المشكلات التي تتعلق بالاداء وتقويمه من خلال مقارنة الحقائق التحليلية بمعايير معينة تسهل على المدربين اختيار التمرينات المناسبة لقيام رياضييهم بالاداء الحركي الصحيح وخلق ظروف تدريبية خاصة لتحقيق ذلك الهدف.وتوجيه العملية التدريبية علميا وتطبيقيا لتمهيد الطريق لرفع وتحسين المستوى الرياضي من خلال استخدام الاسلوب العلمي المستند على التحليل الحركي البيوميكانيكي، وهذا يعني تقويم العملية التدريبية بقياسها موضوعيا من خلال استخدام الاجهزة العلمية . لذا فان التطوير الحاصل في طرائق التحليل والبحث العلمي في المجال الرياضي بالاعتماد على احدث الاساليب التدريبية والاجهزة التقنية في تتبع المسار الحركي لاداء المهارة لاسيما في الالعاب التي يحتل الاداء الفني جانبا مهما من جوانب التدريب فيها مما ساعد المدربين على معرفة مدى نجاح مناهجهم التدريبية وتحديد مكامن الضعف في الاداء والعمل على تجاوزها. وبناءً على ذلك يشير ان اهمية استخدام تكنولوجيا التعليم والتدريب يرجع الى تحقيق الاقتصاد في الوقت والجهد لكل من المدرب والرياضي، فضلا عن انه وسيلة لاظهار الاخطاء الشائعة في الاداء وكيفية تلافيها .وعليه فان الوصول الى مثالية الاداء لا يتم مالم تكن هناك حلول ميكانيكية تتم عن

طريق التحليل الحركي للاداء. الذي يعني استخدام القوانين والاسس التي تساعد على توضيح الشكل الرياضي الافضل للاداء الحركي للمهارات وكذلك توضيح الاسباب الميكانيكية للنجاح والفشل في اداء الحركة .ويشير عادل عبد البصير الى ان العاملين في مجال الميكانيكا الحيوية للحركات الرياضية يلجؤون الى استخدام طرائق ووسائل التقويم المناسبة لدراسة الحركات الميكانيكية التي يؤديها الانسان مع مراعاة خصائص تلك الحركات وامكانية تحديد الاسباب الميكانيكية والخصائص الديناميكية الحيوية للمهارات الرياضية، التي تتم عن طريق التحليل الحركي، وهناك نوعين من التحليل الحركي:

- **التحليل البايوكينماتيكي للمهارات الحركية:**

تهتم هذه الطريقة بتوضيح ووصف انواع الحركات المختلفة من حيث الشكل الخارجي لها، عن طريق استخدام المدلولات الخاصة بالسرعة والتعجيل على اساس قياسات المسافة والزمن. ويطلق على هذا النوع من التحليل بـ الكينماتيك الذي يعنى بدراسة حركة الاجسام بالنسبة للزمن سواء أكانت خطية ام دورانية، لذا يهتم بالجانب المظهري او الشكلي للحركة مثل المسافة، الزمن، السرعة، الزاوية، ورسم مساراتها الحركية، وتوضيح طريقة الاداء التي يقوم بها الجسم.

- **التحليل الكيناتيكي للمهارات الحركية :**

تهتم هذه الطريقة بالبحث عن الارتباط بين القوة والانواع المختلفة من الحركات، فضلا عن البحث في مسببات الحركة من خلال دراسة القوى التي تؤثر في الحركة. ويطلق على هذا النوع من التحليل بـ الكيناتيك الذي يعنى بدراسة اسباب الحركة والقوى المصاحبة سواء أكانت ناتجة عنها او محدثة لها، وتبحث في مسببات الحركة ونتائج الانقباض العضلي وعلاقته بمثالية الاداء

لذا فان التحليل الحركي البايوميكانيكي يبحث في دراسة الحركة وتحليها، وبذلك وضع لنفسه القاعدة العلمية السليمة التي تعتمد على مبادىء واسس علمية ثابتة، باستخدام اساليب التقنية الحديثة في معالجة البيانات الخاصة بالاداء البدني والحركي سواء من جانب الباحثين ام من جانب المدربين للوصول الى مثالية الاداء. وعليه فان النظرة العلمية للفعاليات الرياضية تؤكد ضرورة وجود الاجهزة والادوات لترسيخ مواصفات ادائها عن طريق كشف الاخطاء او وضع التدريبات المناسبة لتطويرها وتحسينها. ان القوانين الفيزيائية تعمل على صقل وتهذيب حركات الانسان ضمن حدود التركيب الجسمي ...ويمكن استعمال طرائق التحليل كطريقة تحليل الافلام لتحقيق الهدف المعين والحركة المعينة او الانجاز الرياضي المعين. ويضيف لؤي الصميدعي الى ان التحليل البايوكيناتيكي للافلام. .. يسهم في معرفة الاعداد الكبيرة من الاقسام الحركية لجسم الانسان وهذه مهمة لتحديد الخصائص الحركية للرياضيين ذوي المستويات العليا وصولا الى الانجاز العالي، وكذلك تحليل حركات الرياضيين ذوي المستويات المتواضعة لمعرفة الفروقات الحركية الواضحة في مستوياتهم لتحسينها.

يعد التحليل الحركي فرع مهم من فروع علم البايوميكانيك بل وهو الاساس الذي يستند عليه هذا العلم ومنه يستمد بياناته الخام ... وعليه فأن المبدأ الاساسي للمهتم بالبايوميكانيك هو الالمام بقواعد التحليل الحركي والاطلاع عليها بشيء من التفصيل من اجل معرفة مصادر المعلومات وكيفية تأويل الاحداث والنتائج.

- علم الميكـــانيكا الحيـــوية "Bio-mechanics":

هو علم يصف خصائص ميكـــانيكـا النظم البيولوجية للكائنـــات الحيـة وخاصـةَ دراسة حالـــة الجسم البشـــري كأنه ألة او ماكينـــة من خلال وضع نمـــاذج ميكانيكيـــة مماثلـــة للجســـم البشري . ويعتبر هذا المجـــال هو جمع لجميع التخصصـــات ، الإنثرومترية ، الميكـــانيكا الحيويـــة، علم التشـــريح، و علوم الهندســة ، وتطبيقاتها ودراســـة القوى الميكـــانيكية وكيفيـــة التنقـــل وغيـــرها من الحـــركـــات الميكـــانيكيـــة للجسم البشري . فعلم الميكانيكا الحيوية هو دراسة النظم البيولوجية من خلال تطبيق قوانين الفيزياء والميكانيكة العامة حيث يقوم بدراســـة وتحليل الحركـــات والوظائـــف التي يقوم بها الأنســـان من خلال القواعد والنظـــريات الميكانيكيـــة التي تهدف الى تحقيق سُبل الارتقاء بالحركات وتوفيـــرالوقـــت في العمـــل عن طريق جعل مكـــان العمل والأدوات المستخدمـــة أكثرفاعليـــة من خلال جعلها أكثـــر راحـــة وأماناً واسهـــل أستخداماً وملائمةً لحركة العامـــل وعلاقتهه بالنظـــام وبيئة العمـــل المحيطة .

-علم القياســـات البشريـــة " الإنثروبومترية " :

هي عمليـــة القيـــاس العلمـــي وجمـــع البيانـــات عن الخصائـــص الفيزيـــائيـــة للأنســـان وتطبيقـــاتهـــا " مايعرف بالهندسة البشرية " في تصميم المعـــدات والنظـــم والمنتجـــات , وكـــذلك عمليـــات تصميم المـــرافق وبيئـــة العمـــل .

- تكنولوجيا المعلومات :

هي جميع السبل والوسائل التي تهدف الى سهولة وسرعة انتقال المعلومات والبيانات بين الاشخاص وبعضهم ، او من الالات الى مستخدميها ، وتستخدم تلك التكنولوجيا عدة وسائل كالرموز والارقام والكتابات البسيطة بغرض ايصال المعلومة لمستقبلها بصورة واضحة .

ويعتبر هذا الجزء مدخل للقارئ إلى المبادئ الأساسية المستخدمة في جميع أنحاء هذا الكتاب إلى فهم بنية ووظيفة الجهاز العضلي الهيكلي فعلم الميكانيكا الحيوية هو دراسة النظم البيولوجية من خلال تطبيق قوانين الفيزياء والميكانيكة العامة . ويكون الغرض من هذا الجزء هو استعراض مبادئ وأدوات التحليل

الميكانيكية.لوصف السلوك الميكانيكي للأنسجة والوحدات الهيكلية التي تشكل الجهاز العضلي الهيكلي.

ألاهداف المحددة لهذا الجزء تتلخص بما يأتي:

- **مراجعة المبادئ التي تشكل أساس النشاط الحيوي وتحليل للجســم البشــري**
- **مراجعة الحسابات الرياضية المستخدمة لأداء النشاط الحيوي في تحليل الجسم البشــري**
- **دراسة المفاهيم المستخدمة لتقييم الخصائص المادية للجسم البشري**
- **وصف خصائص المواد من الأنسجة البيولوجية الأولية**
- **تشكيل الجهاز الحركي: العظام والعضلات والغضاريف والانسجة الضامة الكثيفة**
- **مراجعة مكونات وسلوك مجموعات مشتركة من البشر من خلال وجود فهم للمبادئ الميكانيكا الحيوية والتحليل في النشاط الحيوي للخصائص الاساسية لأنسجة النظام والعضلات والعظام.**

يكون الغرض من علم القياسات البشرية "الانثرومترية":معرفة كل من، الحجم الفعلي ، الوزن، وقياسات الجسم ، يتم جمعها في ما يعرف بقياسات الجسم البشري لأغراض تقييم وتوزيع نمو الجسم، والدهون، وتوفير البيانات المرجعية.

الفصل السابع

البحث العلمي في علم الحركة

الأسلوب العلمي في منهج البحث

تصنيف مناهج البحث

- مجالات البحث العلمي لعلم الحركة
- في مجال التربية الرياضية

-تطبيق علم الحركة في مجال البحث العلمي

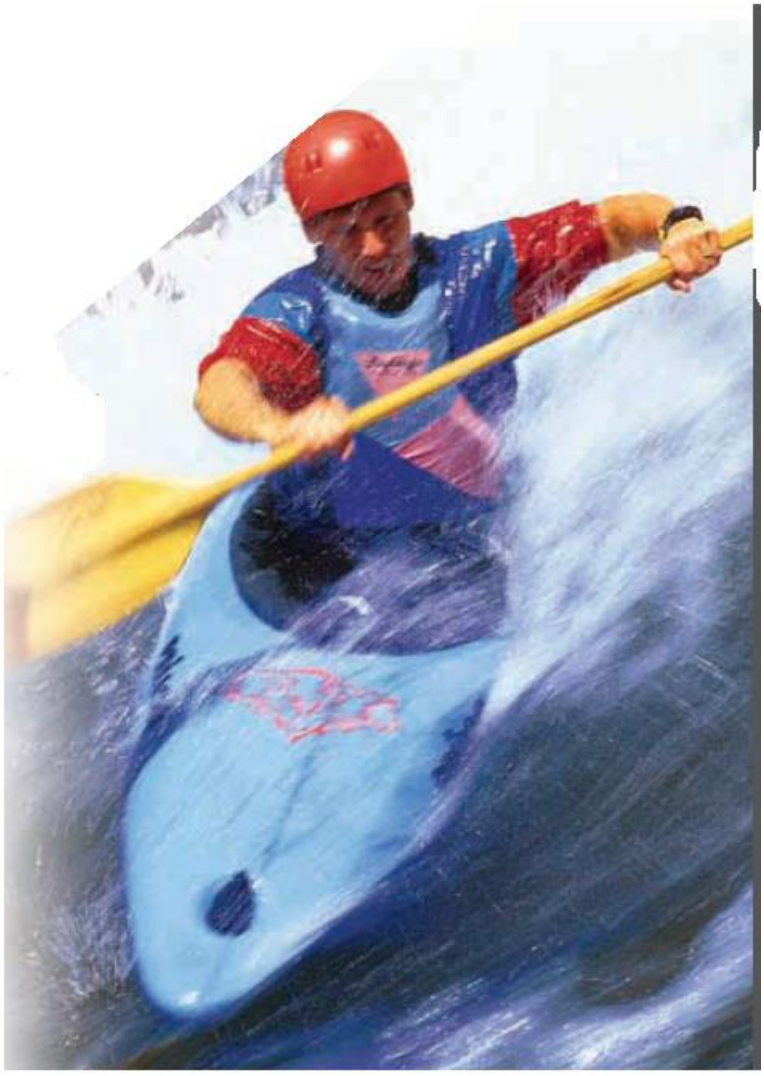
-التطبيق في مجال العلاج الطبيعي

التطبيق في المجال المهني (الصناعي):

- حركة الأنسان
- المشكلة الحركية
- التطبيق في مجال التعلم الحركي

- بعض المدخلات للمشاكل الحركية

- اهمية دراسة المشاكل في علم الحركة



يتفق العلماء والباحثون أن البشرية ما كان لها أن تبلغ مراحل حضارية متقدمة، لولا اعتماد الإنسان على الملاحظة والبحث والاستقراء ثم الاستنتاج، مستفيداً من طاقاته العقلية والجسدية، ما أتاح له القدرة على التأمل.

لقد دأب الإنسان منذ فجر التاريخ على متابعة حركة سير النجوم والكواكب، وملاحظة تعاقب الفصول، وما ترافق معها من تحركات للكائنات الحية، وتعاقب دورة الحياة، وما يصاحبها من ظواهر طبيعية، لم يكن بمقدور إنسان ذلك الزمان تفسير تداعياتها، كتساقط الأمطار أو هبوب الرياح واشتعال النيران بسبب الزلازل والبراكين.

لقد كان الإنسان، وما زال، حريصاً على ضمان أمنه واستقراره، فالحاجة إلى الأمن والطمأنينة تمليها غريزة حب الحياة وضمان استمرارية النوع.

تاريخياً، ارتبطت البدايات الأولى للتفكير العلمي مع تطور الفكر الاجتماعي، إذ تأكد أنه كلما تطور الإنسان اجتماعياً، ارتقت قدراته الفكرية، ولذا، ظهرت بواكير التفكير العلمي عند فلاسفة اليونان والرومان القدماء، إذ قادهم التأمل إلى الاستنباط، ثم إلى الفلسفة التي قاد سيرتها أفلاطون (الذي جاهد لبناء جمهوريته الفاضلة)، وجاء بعده أرسطو ورهط من الفلاسفة الذين أسسوا مدارس واتجاهات فلسفية، تراوحت بين "الفكر المثالي التأملي"، و"الفكر البراغماتي الواقعي". وفى مراحل لاحقة من تاريخ التفكير الاجتماعي، برزت اتجاهات جديدة ساعدت على التوصل إلى سلسلة من القوانين (فأرخميدس أوصلنا إلى قانون الطفو، وغاليليو ساعد على فهم الجاذبية الأرضية).

إن تقدم البحث العلمي في مراحل تاريخية ارتبطت بالتطور الحضاري للجنس البشرى، عكف عليها الإنسان، وقدم تضحيات جسيمة انتهت بإنجازات رائعة، ساعدت الإنسان على البقاء على سطح الأرض، يوضح كيف أن البحث العلمي ساعد الإنسان على إيجاد حلول للمصاعب والمشكلات التي كانت وما زالت تواجهه، فضلاً عن تفسيره للعوامل المسببة للظواهر الطبيعية أو الاجتماعية.

وكما سبقت الإشارة، فإن المجتمعات التي تقدمت مسيرة الحضارة، هي المجتمعات التي استطاعت أن توظف البحث العلمي على أوسع نطاق، مجتمعات أدركت أن السير الاعتباطي والعفوي لوتيرة الحياة، لا يوصل إلى نتائج محققة.. بينما إخضاع الظواهر والمشكلات للدراسة والتحليل، يقود حتماً إلى حلول حتمية.

هذا يعني أن وظيفة البحث العلمي ساعدتنا عبر المنهجية العلمية، على قراءة الواقع الاقتصادي والاجتماعي والسياسي، قراءة علمية تمكننا من الاستقراء والتحليل وصولاً للنتائج، بل إن البحث العلمي يتجاوز دراسة الواقع إلى التنبؤ باتجاهات ومسارات المستقبل.

وقد أشار إلى ذلك علماء "المستقبليات"، الذين اعتمدوا على الرصد العلمي لمسار الظواهر الحالية، والاستفادة منها مستقبلاً، وهو اتجاه جديد تبناه العديد من مراكز البحث والدراسات العلمية.

لقد بات إنشاء مراكز علمية للبحوث المتخصصة، أحد هموم الدول التي دخلت سباق التطور، معتمدة على إسهامات العلماء والمفكرين وطلاب الدراسات العليا، الذين تتوفر لهم الإمكانات والفرص لقراءة المستقبل. لأن علم المستقبليات يتحدد بالمستوى الحضاري لأي مجتمع، ويقاس بمقدار الإنجازات العلمية التي تتحقق وتسهم في حركة التطور، كما أن التقدم العلمي يمكن قياسه أيضاً بمدى تشبع أفراد المجتمع بروح العلم، تفكيراً وبحثاً وتخطيطاً وإبداعاً.

ولعل من أهم خصائص العلم، أنه يتصف بـ «الموضوعية والحيادية». فالموضوعية هي نقيض الانحياز والذاتية، والحيادية، هي أن ندرس الظاهرة ونراها كما هي في الواقع، دون أي ارتباطات ذاتية.

أما الرؤية المستقبلية، فهي تعبر عن جوهر التفكير العلمي، لأن من خصائص العلم أن يساعدنا على التنبؤ الموضوعي بمسارات الظواهر. والعلوم، سواء الطبيعية أو الإنسانية، إنما تكتسب قيمتها بقدر استشرافها للمستقبل، ذلك أن استقراء الماضي يبدو كضرورة علمية تماماً، مثل استقراء الحاضر، إلا أن الوقوف عند ذلك لا يعني شيئاً إذا لم يبشر برؤية موضوعية للمستقبل. لذا، فإن الاهتمام بالمستقبليات أصبح من أهم الموجهات العلمية في العصر الحديث، لأن تسارع حركة التغيير الاجتماعي، خصوصاً في عصر تدفق المعلوماتية والفضاء المفتوح، أصبح يحتم على كل الجهات المعنية بصنع القرار، السعي لاستباق الظواهر في محاولة للتنبؤ بمساراتها.

إنها مهمة ظرفية أصبحت أكثر إلحاحاً، فلم يعد ثمة مكان لصانع قرار لا يملك رؤية استشراقية لملامح الغد.

إن العالم يتغير من حولنا بسرعة مذهلة، بحيث أصبح المستقبل وشيكاً دائماً، ولا بد من الاستعداد له عبر بوابة البحث العلمي.

وبذلك يمكن تجاوز "فجوة التخلص من الفقر المعرفي"، التي اكدت عليها منظمات التنمية البشرية، المرتبطه ب البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة.

فليس المهم إجراء البحوث والتوصل إلى نتائج وتوصيات تخرج بها نتائج تحليل البيانات، ولكن الأهم استحداث الآلية التي تتبنى توصيات الأبحاث والدراسات التي توصلت لها البحوث.

لكل ما تقدم، ثمة حاجة لتفعيل توصيات البحوث التي يشارك فيها الباحثون داخلياً وخارجياً، فضلاً عن نتائج الأبحاث والدراسات التي تُكتب هنا وهناك، وإدخالها حيز التنفيذ للاستفادة منها عند صنع القرار.

وفي رأيي أن البحث العلمي، سواء النظري أو الميداني، يعتبر أهم وسائل صنع المعرفة والتقدم، وسيبقى خيارنا الوحيد لوضع خططنا الاستراتيجية على أرض الواقع، من خلال تبني المنهجية العلمية، والاعتماد على البحوث والدراسات العلمية، حتى نلحق بركب الأمم التي سارعت الخطى في اتجاه الريادة والتميز في مجال البحث العلمي.

- **علم الحركة والبحث العلمي:**

الأسلوب العلمي في منهج البحث:

يشير مصطلح الأسلوب العلمي إلى ذلك الإطار الفكري الذي يعمل بداخله عقل الباحث، في حين أن كلمة" منهج البحث " تعني الخطوات التطبيقية لذلك الإطار الفكري، ولا يعني هذا الاختلاف ماهية هذين الاصطلاحين،أي تعارض بينهما،فمن الناحية اللغوية يتقارب كثيرا معنى كل من أسلوب ومنهج،ولكن يقصد بهذا التمييز التوضيح والتفسير،ففي أي دراسة علمية تتخذ العمليات العقلية في ذهن الباحث ترتيبا وتنظيما متكاملا يوجه خطواته التطبيقية، ولذلك يفضل أن يستقل كل مصطلح بجانب من الجانبين،بحيث تستعمل كلمة" أسلوب" لتشير إلى الجانب التطبيقي لخطوات البحث،ولتوضيح ذلك أكثر،يعتمد التمثيل في أن نتصور وجود مشكلة ما تواجه شخصين، الأول يتخبط ويحاول ويخطئ حتى يصل إلى حل ما لهذه المشكلة قد يكون صوابا أو خطأ،ولكنه في كلتا الحالتين لا يعتبر محققا علميا،لأنه لم يسير في حلها تبعا لتنظيم ذهني يمكنه من التحقق من نتائجه، أما الثاني،فيعالج المشكلة بأسلوب علمي أي أنه سار في حلها بخطوات فكرية معينة يطلق عليها العلماء " خطوات التفكير العلمي " وهذا ما يميز الباحث العلمي من الشخص العادي - فأسلوب التفكير العلمي هو الذي يميز الباحث العلمي ويمكنه من تمحيص نتائج بحثه والتحقق من صحتها .

أما بخصوص خطوات الأسلوب العلمي في التفكير،فهي تكاد وتكون هي نفسها خطوات أي منهج بحثي،مع وجود بعض التفاصيل التي تختلف باختلاف مناهج البحث،إلا أن الأسلوب الفكري هو الذي ينظم أي منهج بحثي.

- **خطوات الأسلوب العلمي في التفكير :**

تتمثل خطوات الأسلوب العلمي في الشعور أو الإحساس بمشكلة أو تساؤل يحير الباحث أو يجلب اهتمامه ، فيضع لها حلولا محتملة أو إجابات محتملة،تتمثل في"الفروض "أو " فرضيات البحث " ثم تأتي بعد ذلك الخطوة الثالثة، وهي اختبار صحة الفروض والوصول إلى نتيجة معينة، و هذه الخطوات الثلاثة الرئيسية تقود الباحث في مراحل دراسته المختلفة ما دام قد اختار المنهج العلمي كسبيل لوصوله

إلى نتائج دقيقة و موضوعية، ومن الطبيعي أن يتخلل هذه الخطوات الرئيسية عدة خطوات تنفيذية مثل، تحديد طبيعة المشكلة المراد دراستها، وجمع البيانات التي تساعد في اختيار الفروض المناسبة، وكذلك البيانات التي تستخدم في اختبار الفروض، والوصول إلى تعميمات واستخدام هذه التعميمات تطبيقيا،وبذلك يسير المنهج العلمي،على شكل خطوات - مراحل - لكي تزداد عملياته وضوحا،إلا أن هذه الخطوات لا تسير دائما بنفس التتابع، كما أنها ليست بالضرورة مراحل فكرية منفصلة، فقد يحدث كثير من التداخل بينهما، وقد يتردد باحث بين هذه الخطوات عدة، كذلك قد تتطلب بعض المراحل جهدا ضئيلا،بينما يستغرق البعض الآخر وقتا أطول، وهكذا يقوم استخدام هذه الخطوات على أساس من المرونة الوظيفية.

ولا يغيب عن البال،أن مناهج البحث تختلف من حيث طريقتها في اختبار صحة الفروض، ويعتمد ذلك على طبيعة وميدان المشكلة موضوع البحث، فقد يصلح مثلا المنهج الوصفي التحليلي في دراسة مشكلة لا يصلح فيها المنهج التاريخي أو دراسة الحالة وهكذا. وفي حالات كثيرة تفرض مشكلة البحث المنهج الذي يستخدمه الباحث، وإن اختلاف المنهج لا يرجع فقط إلى طبيعة وميدان المشكلة، بل أيضا إلى إمكانات البحث المتاحة، فقد يصلح أكثر من منهج في تناول دراسة بحثية معينة، ومع ذلك تحدد الظروف ، الإمكانات المتوفرة و أهداف الباحث نوع المنهج الذي يختاره الباحث .

- **تصنيف مناهج البحث :**

تشتق كلمة " منهج " من نهج أي سلك طريقا معينا،وبالتالي فإن كلمة" المنهج " تعني الطريق و السبيل ، ولذلك كثيرا ما يقال أن طرق البحث مرادف لمناهج البحث.

إن ترجمة كلمة " منهج " باللغة الإنجليزية ترجع إلى اصل يوناني وتعني البحث أو النظر أو المعرفة ، والمعنى الاشتقاقي لها يدل على الطريقة أو المنهج الذي يؤدي إلى الغرض المطلوب.

و يحدد المنهج حسب طبيعة الموضوع البحث أو الدراسة و أهدافا التي تم تحديدها سابقا ، و يمكن القول أنها تخضع – كما أشرنا سابقا إلى ظروف خارجية أكثر منها إرادية

ويعرف العلماء" المنهج " بأنه فن التنظيم الصحيح لسلسلة من الأفكار العديدة،إما من أجل الكشف عن حقيقة مجهولة لدينا،أو من أجل البرهنة على حقيقة لا يعرفها الآخرون ، ومن هذا المنطلق، يكون هناك اتجاهان للمناهج من حيث اختلاف الهدف،إحداهما يكشف عن الحقيقة ويسمى منهج التحليل أو الاختراع،والثاني يسمى منهج التصنيف.

كما يقر البعض أن المنهج الأكثر استخداما هو المنهج الذي يقوم على تقرير خصائص ظاهرة معينة أو موقف يغلب عليه صفة التحديد ، و يعتمد على جمع الحقائق و تحليلها و تفسيرها و استخلاص دلالتها ، كما أنه يتجه على الوصف الكمي

أو الكيفي للظواهر المختلفة بالصورة الحقيقة في المجتمع للتعرف على تركيبها و خصائصها .

والواقع أن تصنيف المناهج يعتمد عادة على معيار ما حتى يتفادى الخلط والتشويش، وتختلف التقسيمات بين المصنفين لأي موضوع،وتتنوع التصنيفات للموضوع الواحد، وينطبق ذلك على مناهج البحث.

وإذا نظرنا إلى مناهج البحث من حيث نوع العمليات العقلية التي توجهها أو تسير على أساسها نجد أن هناك ثلاثة أنواع من المناهج :

1. المنهج الاستدلالي أو الاستنباطي: وفيه يربط العقل بين المقدمات والنتائج، وبين الأشياء وعللها على أساس المنطق والتأمل الذهني،فهو يبدأ بالكليات ليصل منها إلى الجزئيات.

2. المنهج الاستقرائي : وهو يمثل عكس سابقه،حيث يبدأ بالجزئيات ليصل منها إلى قوانين عامة،وهو يعتمد على التحقق بالملاحظة المنظمة الخاضعة للتجريب والتحكم في المتغيرات المختلفة.

3. المنهج الاسترادادي : يعتمد هذا المنهج على عملية استرداد ما كان في الماضي ليتحقق من مجرى الأحداث،ولتحليل القوى والمشكلات التي صاغت الحاضر.

وفي حال تصنيف مناهج البحث استنادا إلى أسلوب الإجراء،واهم الوسائل التي يستخدمها الباحث،نجد أن هناك المنهج التجريبي وهو الذي يعتمد على إجراء التجارب تحت شروط معينة.

ومنهج المسح الذي يعتمد على جمع البيانات " ميدانيا " بوسائل متعددة وهو يتضمن الدراسة الكشفية والوصفية والتحليلية، ومنهج دراسة الحالة،الذي ينصب على دراسة وحدة معينة، فردا كان أو وحدة اجتماعية،ويرتبط باختبارات ومقاييس خاصة،أما في المنهج التاريخي، فهو يعتمد على الوثائق والآثار والمخلفات الحضارية المختلفة،

فى ضوء ما سبق من مواضيع و تعاريف حيث علم الحركة ، (هو دراسة القوانين والمبادى المتعلقة بحركة الانسان بغرض الوصول الى الكفاءة الحركية) وبناء على ذلك فيعتبر علم الحركة من العلوم المرتبطة والمتدخلة مع العلوم الانسانية الاخرى ، والتى تحظى باهتمام كثير من العلماء والمتخصصين فى شتى المجالات،وعليه فان التطبيقات الفنية لعلم الحركة من الممكن ان يطبق فى العديد من الميادين والمجالات ، فهو يطبق الان فى كل المجالات الآتية :

1- فى مجال التربية الرياضية : من خلال تطبيقه فى مجال التدريس ، والبحث العلمى.
2- فى مجال العلاج الطب الرياضى والعلاج الطبيعى .
3- فى المجال المهنى (الصناعى) .

- **مجالات البحث العلمي لعلم الحركة:**

أ) **في مجال التربية الرياضية.:**

ان الغرض من دراسة علم الحركة هو تحسين وتطوير الاداء الفني الحركي ومحاوله الوصول للمثالية لذلك فان دراسة علم الحركة لها اهميتها الخاصة بالنسبة لمدرس التربية الرياضية او المدرب فيعتمد فهم كل منها على مدى استيعابها وفهميها للحركات المختلفة وتحليلها تحليلا صحيحا. لكي يصلوا باللاعب او التلميذ الى مستوى جيد من الاداء الحركي على اسس علمية سليمة وتتمثل اهمية دراسة علم الحركة في التربية الرياضية فيما يلي:

1. **محاولة الاجابة على التساؤلات الخاصة بالجوانب الصحيحة في الاداء (ماهو الاداء النموذجي).**
2. **الوصول الى الفهم الصحيح لحركة بالوسائل والمبادئ العلمية في النواحي الرياضية في اقصر مدة ممكنة.**
3. **ماهي الجوانب الايجابية والسلبية في الاداء(الصواب والخطا في الاداء).**
4. **ما الذي يجب عمله لتحسين الاداء.**
5. **تقليل فرص الاصابة اثناء الاداء الحركي نتيجة للفهم ومعرفة طريقة الاداء الصحيحة وتلاشي الاخطاء.**
6. **الاقتصاد في الجهد عن طريق الفهم الصحيح للتدريب السليم والمعرفة الصحيحة للاداء الحركي.**
7. **المساعدة على فهم اسس التدريب الرياضي وتحديد فترات الراحة وفترات التدريب وتوزيع مواسم التدريب.**
8. **يساعد على فهم وتوضيح التربط بين المواقف المتشابهه لنماذج الحركات فيما يتعلمة الفرد في موقف معين يمكن استخدامه في مواقف اخرى متشابهه في لعبات مختلفة.**
9. **يساعد على فهم التمرينات بكافة انواعها مما يؤدي الى ضرورةدراسته في مجال العلاج الطبيعي.**
10. **استحداث اختبارات مووعية لقياس وتقييم الاداءات الحركية في مختلف الانشطة الرياضية.**
11. **يساعد علم الحركة على فهم وتوضيح الترابط بين الحركات والمواقف المتشابهه كنماذج للحركة في لعبات اخرى كتشابهة التصويب بالوثب الطويل في كرة اليد مع حركة الارتقاء في الوثب الطويل في العاب القوى.**
12. **الاخذ في الاعتبار عند تحليل اي مهاره حيث يجب ان تربط المهارات المحلله بمهارات الاتصال , والتي تعني توصيل نتائج التحليل الى التلميذ باسلوب ايجابي.**

ب) **تطبيق علم الحركة في مجال البحث العلمي:**

ساهمت دراسة علم الحركة في فتح ابواب للمدربين للدخول في حل مشاكل التدريب العلمي وبالتالي زاد ادراكهم وتفهمهم لمهنة التدريب. مثل تحليل طرق

الاداء الفني لبعض الانشطة الرياضية، ومن خلال المقارنة بين الحركات او الاداءات الفنية للمهارة.

ايضا اشارت نتائج التحليل الحركي لكل مهنا الى بعض التفاصيل الفرعية التى تعمل على زيادة كفاءة ا لاداء الحركي لكل منها . وساهم علم الحركة الميكانيكي في الاجابة على العديد من التساؤلات التي تتعلق ببعض الاداءات الفنية لهذه الانشطة ، الامر الذي ادى الى تطوير طرق ادائها.

-التطبيق في مجال العلاج الطبيعي:

لقد ساهم علم الحركة في مجال العلاج الطبيعي مساهمة فعاله من خلال:

- تركيز علم الحركة على عمل العضلات وخصائصها والاسس الفسيولوجية لها كما تناول دراسة المفاصل من حيث انواعها ومديات الحركه لها ووسائل علاجها.

- حل الكثير من المشاكل المتعلقة بحالات تشوه القوام والشلل ومعالجتها من خلال التمرينات العلاجية. - ساهم في فهم انواع الحركات من الناحية الفسيولوجية فقد قسمها الى حركات ارادية وحركات غير ارادية.

- التطبيق علم الحركة في المجال المهني (الصناعي):

امتددت الاهمية التطبيقية لعلم الحركة لتشمل المجال المهني او الصناعي حيث ساهم هذا العلم في تحديد شكل الآله حتى تتفق مع التركيب الجسماني العام، وهذا تطلب ضرورة دراسه مايسمى بطبيعة الاداء البشري. وكذلك ضرورة دراسة حركه هذا الاداء من وجهة النظر الفسيولوجية او البيوميكانيكية مما يساعد على زيادة الانتاج - مع بذل اقل جهد ممكن، ومن خلال الاوضاع التي تسمح له بزيادة عوامل السرعة وقوة التحمل في العمل .

- حركة الأنسان

لجأ الإنسان منذ وجوده فى الطبيعة إلى الحركات المختلفة فى كسب رزقه لدفاع عن نفسه بل كانت وسيلته للمحافظة على حياته من أعداء البشرية ومنذ أن الإنسان فى عصر الآلة قلت حركته وبدأ يهتم ويحاول تطويرها وصقلها .

وتختلف حركة الإنسان فى أشكالها ومظاهرها كما تتباين فى أهدافها وتتحدد تعريفها فهى لا تخرج عن كونها انتقال أو دوران الجسم كله أو أحد أجزائه سواء كان هى أو بدون فرض ، ولابد للحركة أيا كان نوعها سواء كانت انتقالية أو دورانية أن لها سرعة وعلى ذلك فالمشى حركة والركض حركة والوثب والقفز والمرجحة كل هذه حركات هدفها واضح ، وعلى ذلك فالحياة الرياضية غنية بالحركات الهادفة التى أساسها فى الملاعب والأندية بالأدوات وعلى الأجهزة أو بدونها أو فى الماء .

كما أن هناك بعض الحركات ليست لها هدف محدد كحركة المريض بالشلل أو حركة المريض بالصرع أيضاً .

وهناك فرق بين الحركة والتمرين فالتمرين لابد وأن يكون غرضه واضح وثابت الحركة فهى انتقال أو دوران للجسم فى زمن معين سواء كان بغرض أو بدون غرض .

وفى ضوء ما أشرنا إليه من ماهية الحركة ومداخل دراسة علم الحركة يمكننا أن نعرف حركة الإنسان:

(بأنها ذلك التغير الحادث فى وضع الجسم أو أوضاع وصلاته خلال زمن محدد باستخدام مقادير مختلفة من القوة).

وبالنظر إلى التعريف السابق نرى أنها لم تتطرق إلى كل من الخصائص البيولوجية أو السيكولوجية التى تتضمنها الحركة ، بينما حاول البعض الآخر أن يضع تعريفاً للحركة موضحاً فيه دور هذه الخصائص فعرفوا حركة الإنسان .

(بأنها وتلك الأوضاع المختلفة التى يتميز بها الجسم أو أجزائه لتحقيق هدف أو غرض معين معتمدا فى ذلك على الخصائص الفسيولوجية والنفسية كأحد الأسباب الرئيسية للحركة).

ويقول البعض أن لو نظر لتعذر تواجد جسمين ماديين لنفس الحيز من الفراغ فى نفس اللحظة الزمنية ، لذلك ينطوي جوهر الحركة على العلاقات الزمنية ـ والمكانية ، ويستوى ذلك أن يكون هذا التغير فى الفراغ وفى الزمن عبارة عن أحد صور التغير عموماً فى سواء كان ذلك فى المكان (مكان التغير أو حجم وشكل التغير ، ومن هذا يمكن القول بأن حركة الإنسان تأخذ صور ـ عديد اشكالها عديدة فمثلاً حركة الجرى عبارة عن تغير فى الموضوع/ المكان ، بينما حركة الشهيق تتغير فى الحجم ، وثنى الذراعين تغير فى الشكل .

- **المشكلة الحركية:**

المشكلة الحركية كما نعرفها هى الاستفسارات وعلامات الاستفهام التى لم نصل بعد إلى الإجابة عليها أو الاهتداء إلى حلها عن طريق البحث العلمي للحركة .

تواجدت المشكلة الحركية وظهرت بوضوح منذ أن بدأ علماء الطبيعة والتشريح ووظائف الأعضاء فى القرن السابع عشر والثامن عشر وخاصة فى القرن العشرين ـ بدأوا يهجرون البحث فى حركة الإنسان .

إن كلمة (مشكلة) تعنى جميع الفروض التى لم نجد لها حلا فى الحياة والممارسة العملية وعلى ذلك يمكن القول بأنه توجد (مشكلة) طالما أن الإنسان يتعامل بواسطة الحركة ومساعدتها وطالما يبحث عن العمل .

لا يمكن أن نجد حلولاً للمشكلات الحركية العديدة بالطرق النظرية فحسب ، ولكنا نوفق إليها فى الممارسة العلمية وفى العمل بالتفكير العملي حيث تتعلم اليد من العقل والعقل من اليد .

فكلنا يعلم اليوم أن إدراك الطفل لمعلوماته الأولية عن طبيعة الأشياء لا يتأتى بدون الممارسة العملية لها ، ومعرفة حجم الأشياء وكذا ثقلها ، وصلابتها أو نعومتها لا يتأتى إلا بوضعها فى مجال الخبرة عن طريق الحركات الجسمانية بعد أن نضع لها التعبير اللفظى (الأسماء) ، وعلى ذلك لا يتأتى ادراكنا للأشياء أو تصورنا لها أو معرفة

اسمائها من مجرد رؤيتها ولكن يتأتى ذلك بمساعدة حاسة اللمس وغالباً ما يكون بواسطة تحليل الإحساس الحركى .

- **التطبيق في المجال التعلم الحركي:**

يركز تطبيق علم الحركة فى المجال الرياضى، وبصفة خاصة فى المجال التعليمى،حيث يفترض ان يعي مدرس التربية الرياضية بان علم الحركة هو العلم الاساسى للعديد من المهارات الحركية ،واحد مسئولياته تتمثل فى تحسين وتطوير الاداء الفنى الحركى ومحاولة الوصول به الى المثالية ،فهو احد مسئولياته الرئيسه وعليه فان دراسة علم الحركة لها اهميتها الخاصة بالنسبة للمدرس او مدرسة التربية الرياضية على حد سواء فى مجال التربية الرياضية وعليه يعتمد فهم كل منهم على مدى استيعابه وفهمه للحركات المختلفة وتحليلها تحليلا صحيحا لكى يصلوا باللاعب او التلميذ الى مستوى جيد من الاداء الحركى على أسس علمية سليمة، كما سبق الاشارة .

ومن ثم تكمن اهمية هذه الدراسة فيما يلى :

1- محاولة الاجابة على التساؤلات الخاصة بالجوانب الصحيحة فى الاداء (ما هو الاداء النموذجى).

2- الوصول الى الفهم الصحيح للحركة بالوسائل والمبادى العلمية فى النواحى الرياضية فى اقصر مدة ممكنة .

3- الاجابة عن ما هى الجوانب الايجابية والسلبية فى الاداء (الصواب والخطأ فى الاداء) .

4- التعرف على الاسباب الرئيسية او الحقيقية لهذه الاخطاء التى تحدث اثناء الاداء.

5- ما الذى يجب عمله فى تحسين هذا الاداء؟

6- ما هي امكانية تقليص فرصة الاصابة عند ممارسى الحركات وذلك بتجنبهم الاخطاء نتيجة لفهم ومعرفة الحركة الصحيحة وطريقة ادائها .

7-ماهي امكانية المساعده على فهم أسس التدريب الرياضى وتحديد فترات الراحة وفترات التدريب وتوزيع مواسم التدريب .

8- المساعدة في التقليص من بذل الجهد عن طريق الفهم الصحيح للتدريب السليم والمعرفة الصحيحة لأداء الحركة .

- **بعض المدخلات للمشاكل الحركية:-**

نستعرض هنا بعض المشاكل الاي يفترض تناولها بالبحث العلمي:

* من أجل أن يثب واثب الطويل مسافة اكثر من 8 متر ، يجب أن تكون سرعته اكثر من 9 م/ث، والقوة اللحظية المبذولة اكثر من 7 أضعاف وزنه وبزاوية انطلاق لاتقل عن 20 ْ.لمذا؟

*هل ان زيادة عزم القصور الذاتي، يساعد ذلك على دوران الجسم حول مركز ثقل لاعب الوثب الطويل ، وذلك خوفاً من هبوط اللاعب على الرأس(لذلك يقوم بالحركات في الهواء من أجل الهبوط السليم).

*كيف يمكن استخدام مؤشر الكتلة وهي مقدار ما في الجسم من مادة في تطوير القوة اللاعب.

*** كيف يمكن استغلال الجاذبية الارضية (الوزنWeight) في اعداد تدريبات مقاومة لتطوير انواع القوى :بالتأثير بمقدار الجذب الارضي.**
*** ماعلاقة السرعة المحيطية بالسرعة الزاوية ، وهل كلما زادت السرعة الزاوية وتقليل نصف القطر كلما كان عزم القصور الذاتي أقل.**
*** هل يمكن دراسة التسارع Acceleration ،و معدل زيادة السرعة أو معدل تباطئها**
*** لماذا يبقى تسارع الأرض يبقى ثابتاً على الأجسام ويتغير تسارع الجسم.**
*** ماهو التسارع الدوراني واين يحصل معدل زيادة السرعة الدورانية أو معدل تباطئها السرعة الدورانية.**
*** قد تكون قيمة التسارع ايجابية ولكن في الاتجاه السلبي.**
*** قد تكون قيمة التسارع سلبية ولكن في الاتجاه الايجابي.**
***مشكلة دراسة القوى:Forces، ماهي القوة المتجهة للأجسام بعضها على بعض، وماهي القوة مباشرة(كضرب القدم بالأرض) أو غير مباشرة مثل(تأثير قوى الجذب الأرضي).**
- ماهي مشاكل قياس القوة قياساً مباشراً ، وخاصة عند التحدث عن القوى العضلية وكيف يتم قياسها بطريقة غير مباشرة دائماً.
- هل جهاز EMG يقيس القوة ،ويقيس النشاط الكهربائي في العضلة فقط ، هل يمكن أن يكون النشاط الكهربائي كبير ولكن القوة غير كبيرة.
*** هل كلما زاد الانقباض العضلي اللامركزي أدى ذلك الى تطويل الوتر.**
*** ماهي مشاكل الاتزان:**
الاتزان هي الحالة التي تكون فيها محصلة القوى أو العزوم = صفر ، وهنا يعني أن الجسم في وضع سكون،أو أن الجسم لا توجد قوى مؤثرة عليه.
*** متى تكون محصلة القوى في نقطة الاتزان = صفر.**
*** ما اهمية التقليل او الزيادة في ذراع العزم أو ذراع القوة أو ذراع المقاومة عند التدريب .**
***ما علاقة طول المضرب والارسال في التنس الأرضي.**
- ما هو الطول الأمثل ليحقق أقل عزم على الكتف وأسرع حالة.
*** ما تاثير الاقلال او الزيادة في طول الذراع على السرعة الزاوية وكيف تترجم الى سرعة خطية.**
*** في السباحة هل يمكن التقليل من عزم القصور الذاتي لتوفير مثالية في انتاج القوة.**

فالهدف من علم الحركة هو زيادة فهم الحركات الانسانية من خلال ما قام به العديد من الرواد والعلماء من اعمال فى هذا المجال وبالتالى الوصول الى اسهل طريقة للتطوير وأسهل طريقة للتعليم بهدف الوصول للاداء المثالى للحركة من الناحية الفنية.
وكذلك من اجل الرغبة فى الفهم الجيد للأصول الأولى للحركة التى يقوم بها الانسان الرياضى والتى تخدم الحاجة الى الوصول الى اسلم النتائج .

وكذلك تحسين أداء الرياضى و منع او الوقاية من الاصابات وعمليات التأهيل وهذان الهدفان مرتبطان ببعضهما البعض فالثانى مرتبط اساسا بالأول كما ان الأول مرتبط بالثانى فالارتفاع بمستوى الأداء الصحيح يقى اللاعب من الإصابة ، كما ان اللاعب السليم غير المصاب يستطيع ان يؤدى المهارة بطريقة افضل من اللاعب المصاب .

- اهمية دراسة المشاكل في علم الحركة:

1- يساعد الفرد على اتقان الأداء الحركى والوصول بالحركة الى الأداء المطلوب بكفاءة وكفاية ، المقصود بالكفاية هنا أداء العمل المطلوب بأقل مجهود ممكن .

2- الاقتصاد فى المجهود : عن طريق الفهم الصحيح للحركة وإمكانية الوصول بها الى مستوى الكفاءة وتطبيق المبادى العلمية للتدريب دون ضياع الوقت .

3- يهيى الرياضى للوصول لمستوى البطولة اذا توفر لديه الاستعداد وذلك عن طريق تطبيق المبادى والقوانين الميكانيكية واستمرار التدريب على المناسب منها .

4- دراسة علم الحركة وأسسه الفسيولوجية والتشريحية والميكانيكية مكنت المدرب من فهم اسس التدريب الرياضى ، فاهتم بعملية الاعداد البدنى (الاحـــماء) ووضع فترات الراحة وحدد زمن فترات التدريب وبالتالى زادت ثقته بنفســه نتيجة اتقانه للمبادى العلمية المتصلة بمهنته .

5- دراسة العلوم المتصلة بالحركة تمكن المدرب من معرفة الكثير من الحقائق المتصلة بتقدم اللاعب ومن هذه الحقائق النواحى النفسية والاجتماعية للاعب ومدى تأثيرها على التقدم الحركى له وبالتالى ظهرت العلوم الخاصة بذلك (علم النفس التربوى الرياضى) ضمن برامج اعداد مدرس التربية الرياضية .

6- يعد المدرس اعدادا سليما ويسهل عليه عملية التعليم فيقوم بعمله على أساس علمى سليم كما يساعد على تحليل الحركات البد نية وبالتالى يمكن تحديد الأخطاء واكتشافها اثناء الاداء الحركى ويعمل على اصلاحها .

7- يوفر للمدرس القدرة على تقويم الحركات من حيث تأثيرها على التكوين البدنى فيتبين النافع منها ويمارسه كما يستبعد الضار .

8- يساعد الفرد على الاحساس والاحتفاظ بالقوام المعتدل من خلال اختيار أنواع الحركات والتمرينات المناسبة للجســم وحسن استخدامه للاطراف وأجزائه المختلفة .

9- تهيئ المدرب لمعرفة الاخطاء وسببها وهل هى نتيجة تشوه قوام أم نتيجة عدم دراية وإلمام بالحركة .

10- تساعد المدرب على وضع النقط التعليمية للاداء الحركى على اســاس علمى ســليم .

11- تساعد المدرب الرياضى على وضع البرامج المناسبة للسن والجنس .

ومن خلال هذا الطريق ايضا تبرهن علي صحة النظريات العملية كما أنها تعطي التفسيرات العلمية للمشاكل الحركية من الوجهة التربوية ان الذي يريد ان يربي ويعلم الفرد بواسطة الحركة ويزيد من قابليته ومهارة الحركية ويصل به الي اعلم المستويات علية ان يكون ملما بأسس علم الحركة وعنده الخبرات الكامنة الكثيرة عنة وعلى هذا

يكون علم الحركة الاساسية الاول والمباشر للحركات الرياضية وللمدربين ايضا ومن ناحية اخرى لايكون هدف توضيح الحركات الرياضية فقط وإنما تطبيقها ايضا.

ان الملم بعلم الحركة الماما تماما تتضح امامه طريق الحركة والتوافق الحركي وقابلية تحليل سير الحركة وتحديد الاخطاء ووضع الحلول لها بصورة صحيحة ويعطيه القابلية لمعرفة وتغيير التطور الحركة لتلاميذه وعلي هذا الاساس يكون علم الحركة من ناحية التعلم والتطور اشبة بجسر يربط بين النظريات العلمية وبين تطبيقها.

- **مكونات التحليل:**

تتضمن مایاتي:

- **الوصف المنطقي للمهارة:**
- **العناصر الأساسية/المكونات**
- **تقييم الأداء**
- **كيف تحدث المبادئ التشريحية والميكانيكية ذات الصلة و/أو ما قد يحدث من خطأ .**
- **وصف التصويبات استناداً إلى تناسب وتتطابق الاسباب**
- **التقدم بعملية التحليل بعلم الحركة**

- **وصف لأداء المهارات الحركية**
- **التحليل تشريحي**
- **التحليل الميكانيكي**

- **الوصف الذي ينبغي أن يترافق مع: المهارة الحركية والتحليل التشريحي والتحليل الميكانيكي.**
- **الغرض الرئيسي من المهارة: هل هو (السرعة، الدقة، النموذج، إلخ**
- **مراحل الحركة**

- **تصنيف المهارة: الوقوف – الجلوس ، الانبطاح**
- **هدف حركة : حركة نشطة ، اللياقة البدنية، والأداء**
- **طبيعة الحركة: متزامنة – نقل الأجزاء كجزء واحد، متسلسلة – حركة الاجزاء في تسلسل منظم**

- **التحليل التشريحي : ويتضمن :**

- **تاثير المفاصل وحركة الاجزاء ، ويتضمن:**
  - **مشاركة المفاصل**
  - **الحركات الدقيقة في المهارة**
  - **مديات الحركة المحدودة**
  - **مشاركة العضلات & ونوع الانقباض.**
  - **عضلات إنتاج ونشاط المفاصل .**
  - **نوع من الانقباض.**
  - **التحليل الميكانيكي.**

- **طبيعة القوى المسببة، اوالتي تعيق الحركة**
  - **مثال: الفرق في اليسار/اليمين خلال خطوة المشي**
  - **تعديل القوة.**
  - **العوامل الميكانيكية: التوازن، القوة، الاتجاه، والزمن، إلخ.**
  - **المبادئ الخاطئة:**
  - **عدم التطبيق الأمثل للعوامل الميكانيكية**
  - **ما هي مصادر الخطأ؟**
- **تحليل الاداء: ويتضمن**

☒ **تحسين الأداء**
☒ **الاستراتيجية لإحداث التغيير**
☒ **الاستناد إلى التحليل الحركي**
☒ **تعديل المبادئ الاساسية (الحركية ، الميكانيكية ، والتشريحية) بحيث يكون تحسين أداء الحركة ممكن.**
☒ **التركيز على اسباب الخلل الوظيفي لا على الأعراض او الظواهر**

- **التحليل الحركي في علم الحركة**

ماذا يدرس علم الحركة

يدرس علم الحركة اوالكينماتيكا الخواص الهندسية لحركة الأجسام دون التعرض لقصورها الذاتي (كتلتها)او القوي المؤثرة عليها أي انه يقتصر علي دراسة الجانب الوصفي المجرد لهذه الحركة – من حيث تركيبها الزماني - المكاني وبالتالي من حيث سرعتها وتعجيلها (أي يستعمل مفهوما الزمان والمكان اللذان لايمكن فصلهما عن الحركة ، ومن ثم مشتقات هذين المفهومين وهما السرعة والتعجيل) .وهنا تجدر الاشارة الي تعذر دراسة القوي المسببة لحركة الأجسام دون استيعاب للمفاهيم والعلاقات الكينماتيكا باستقلاليتها وقيمتها العلمية الكبيره ، خصوصا عند دراسة المسارات المعقدة للحركة ، او عند دراسة انتقال
الحركة من عضو الى اخر او من احدى وصلات الجسم الي وصلة اخرى
ويهتم علم حركة الانسان في معناه الواسع بدراسة الحركات الفراغية للإنسان السوي والمعاق خلال جميع مجالات انشطته الحركيه في الحياة وفي جميع الاوساط البيئية المحيطه (الهواء – الارض – الماء – الفراغ الكوني) طوال المراحل العمرية المختلفة (الحركة الاساسية والتطور الحركي لها ، الانشطة الحركية اليومية المعتادة - العمل والحركات المهنيه ، الرقص والحركات التعبيريه ... والحركات الرياضة) . ورغم ان الاهتمام على حركة للإنسان ينصب في المقام الاول – علي دراسة الشكل الميكانيكي للحركة إلا انه يأخذ في اعتباره ايضا للخصائص البيولوجية (التشريحية – الفسيولوجية – النفسية والبدنية ... الخ) لهذا الكائن المتحرك حيث تهتم بدراسة القوانين والأسس العامة للجهاز الحركي للإنسان والأفعال والأنشطة الحركية التي يستطيع هذا الجهاز الحركي ان يقوم بها خلال ممارسته لمختلف اوجه للحياة .بهدف

ترشيد حركاته.اذ ان كل نسيج او تركيب يشارك في حركات الجسم يكون وفقا للمبادئ الفيزيائية والفسيولوجية الاتية:

- السلامة: هيكل الحركات وتجنب إلحاق الضرر بالجسم.
- الفعالية: النجاح أو الإخفاق في تحقيق أهداف الأداء
- الكفاءة: وتسعى لتحقيق هدف الحركة بأقل قدر من الجهد

المصادر

1. حسين مردان عمر واياد عبد الرحمن :البايو ميكانيك في الحركات الرياضية.ط1,النجف الاشرف،2011.
2. سمير مسلط الهاشمي :البايو ميكانيك الرياضي، ط1، جامعه الموصل ، دار ابن الاثير ،1988.
3. صريح عبد الكريم الفضلي :تطبيقات البايوميكانيك في التدريب الرياضي .ط1،عمان،دار دجله، 2010.
4. صريح عبد الكريم الفضلي ووهبي علوان، البيوميكانيكيك الحيوي الرياضي، دار الغدير للطباعة، بغداد، 2012
5. صريح عبد الكريم وعبد الرزاق الماجدي:التحليل التشريحي الوظيفي وميكانيكية لالعاب الرياضية، بغداد ، دار عدنان،2018.
6. مكتبه موفق مجيد المولى : شبكه المعلومات الدولية الانترنيت.
7. مكتبة الأستاذ الدكتور حسين مردان عمر:www.hussein-mardan.com
8. الأكاديمية الرياضية العراقية.
9. قاسم عزيز محمد , حازم لويس منصور واخرون : الفيزياء , المركز التقني لا عمال ما قبل الطباعة , ط 6 , 2014 .
10. نجاح مهدي شلش : بايوميكانيكية الاداء الرياضي , دار الضياء , ط 1 , 2010.
11. ابراهيم البصري : الاصابات الرياضية ، جامعة بغداد ، مطبعة وافت التحرير, 1976.
12. عمار عبد الرحمن قبع : الطب الرياضي ، دار الكتب للطباعة والنشر ، الموصل.
13. أ سامة رياض : الطب الرياضي وإصابات الملاعب ، دار الفكر العربي ، مصر.ط1. 1998
14. سميعة خليل : الاصابات ووسائل العلاج والتأهيل , الأكاديمية الرياضية , 2006 www.iraqacad.org,.
15. فالح فرنسيس : الشباب والاصابات الرياضية ، نشرة رياضية ، وزارة الشباب , 1978.
16. التشريح (تاريخ علم)، الموسوعة العربية ، يوسف مخلوف ، المجلد السادس ، التصنيف: طب بشري ، النوع: صحة ، مستقل ، المجلد: 449
17. التشريح عند العرب ، د. عبد العزيز اللبدي ، عمّان - الأردن ، موقع "الطبّي" 2008
18. David Craigie) (1983)Elements of Anatomy, General, Special, and Comparative .A. and C. Black.
19. Dorland's Medical Dictionary for Health Consumers 2007 .by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc.
20. Pieter A. Folkens .(2000) Human Osteology .Gulf Professional Publishing . ISBN.5-746612-12-0-978
21. Smith ،J. B ؛.Dodson ،P. (2003). "A proposal for a standard terminology of anatomical notation and orientation in fossil vertebrate dentitions ."Journal of Vertebrate Paleontology23 .–1(1)
22. Evaluation of Three Methods for Measurement of Femoral Neck Anteversion Femoral neck anteversion, definition, measuring methods and errors 1989, Vol. 30, No. 1.
23. General Anatomy & General Embryology , Part 1 , Staff members of Faculty of Medicine , Alexandria University.

24. Thomas D. Fahey: Weight Training Basics, (McGraw- Hill eBook), 2005

25. David Craigie (1988)Elements of Anatomy, General, Special, and Comparative .A. and C. Black.

26. Dorland's Medical Dictionary for Health Consumers 2007 .by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc

27. Pieter A. Folkens .(2000) Human Osteology .Gulf Professional Publishing .ISBN.97

28. Smith ،J. B ؛.Dodson ،P. (2003). "A proposal for a standard terminology of anatomical notation and orientation in fossil vertebrate dentitions ."Journal of Vertebrate Paleontology

Aagaard,p.:Andersen, j. (2001) : Amechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength trihnhg: changes inmuscle architecture

29. Glick.J.M;(1989):The prevention and treatment of ankle injuries .Am J Sport Med 4.

30. Gruber,M,(2004)Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation Eur J Appl physiol.

31. Sale,D.G(2203):Neural Abapatation to strength.In:strength .

32. Abbate, G. (2002). Gap between rich, poor widening. Globeandmail.com. July 7. www.globeandmail.com/serlet/ArticleNews/printarticle/ gam/20020719/UGAPPCC

33. American College of Sports Medicine. (2001). Position stand: Appropriate intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. Medicine and Science in Sports and Exercise, 33, 2145–2156.

34. American Recreation Foundation. (2007). 2006 Outdoor Recreation Participation Study. www.funoutdoors.com.

35. Anderson, D., Whitmer, R., Goetzel, R., Ozminkowski, R., Wasserman, J., & Serxner, S. (2000). Relationship between modifiable health risks and health care expenditures: A group level analysis of the HERO research database. American Journal of Health Promotion 15.

36. Ainsworth, B.E., Haskell, W.L., Whitt, M.C., Irwin, M.L., Swartz, A.M., Strath, S.J., O'Brien, W.L., Bassett, D.R., Schmidtz, K.H., Emplaincourt, P.O., Jacobs, D.R., & Leon, A.S. (2000). Compendium of physical activities: An update of activity codes and MET intensities. Medicine and Science in Sports and Exercise, 32.

37. Albright, C.E., & Smith, K. (2006, March). Welding—trade or profession? Techniques, 81(3), 38.
38. Babiak, K., & Wolfe, R. (2006). More than just a game? Corporate social responsibility and Super Bowl XL. Sport Marketing Quarterly, 15, 214–222.
39. Bauer, J.J., Fuchs, R.K., Smith, G., & Snow, C.M. (2001). Quantifying force magnitude and loading rate from drop landings that induce osteogenesis. Journal of Applied Biomechanics, 17.
40. Boden, B.P., Tacchetti, R.L., Cantu, R.C., Knowles, S.B., & Mueller, F.O. (2007). Catastrophic head injuries in high school and college football players. American Journal of Sports Medicine, 35,.
41. Bouchard, C., Malina, R.M., Perusse, L. (1997). Genetics of fitness and physical performance. Champaign, IL: Human Kinetics.
42. Branch, J.D. (2003). Effect of creatine supplementation on body composition and performance: A meta-analysis. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 13.
43. . Bhatt, R. (July 21, 2006). San Francisco Business Times.
44. Centers for Disease Control. (2002). Nonfatal sport- and recreation-related injuries treated in emergency departments—United States, July 2000-June 2001. CDC Morbidity and Mortality Weekly Report
45. . Buckworth, J., & Dishman, R.K. (2002). Exercise psychology. Champaign, IL: Human Kinetics. Bungum, T.J., Satterwhite, M., Jackson, A.W., & Morrow, J.R., Jr. (2003). The relationship of body mass index, medical costs, and job absenteeism. American Journal of Health Behavior, 27
46. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), National Center for Health Statistics. (2007). Exercise/Physical Activity. Hyattsville, MD: Division of Data Services. www.cdc.gov/ nchs/fastats/exercise.htm
47. Cary, K. (2005, March 27). Passion lost for the game. Charlotte Observer, p.
48. Cawley, J., Meyerhoefer, C., & Newhouse, D. (2006). Not your father's PE: Obesity, exercise, and the role of schools. Education Next, 4(Fall),
49. Cawley, J., Meyerhoefer, C., & Newhouse, D. (2007). The impact of state physical education requirements on youth physical activity and overweight. Wiley Interscience, February 27. www3.interscience.
50. CSTA members. (2004). Ottawa, Ontario: Canadian Sport Tourism Alliance. www.canadiansporttourism.com/cng_memlist.cfm.
51. Douglas, D.D., & Jamieson, K.M. (2006). A farewell to remember: Interrogating the Nancy Lopez farewell tour. Sociology of Sport Journal, 23(2).

52. Eitzen, D.S., & Sage, G.H. (2003). Sociology of North American Sport (7th ed.). Boston: McGraw-Hill.
53. Dotingg, R. (2008). Pay for college chiefs rising fast. Christian Science Monitor, January 3. & K.A. Ericsson (Eds.), Expert performance in sports (pp. 49–84). Champaign, IL: Human Kinetics
54. Netz, Y. (2007). Physical activity and three dimensions of psychological functioning in advanced age: Cognition, affect, and self-perception. In G. Tenenbaum & R.C. Eklund (Eds.), Handbook of sport psychology (3rd ed: pp. 492–508). New York: Wiley