الباب الأول
التعريف بالبيوميكانيك التطبيقي

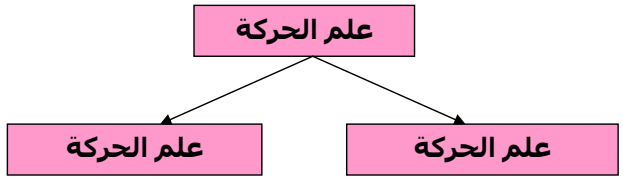
الفصل الأول

إن كلمة بيوميكانيك باختصار هي العلم الذي يبحث في تأثير القوى الداخلية والخارجية على الأجسام الحية، ونعني بالقوة الداخلية العضلات و الاربطة و الأعصاب ، أما القوى الخارجية كالجاذبية الأرضية ومقاومات الوسط وقوى الاحتكاك ورد فعل الارض ...وغيرها من القوى الطبيعية التي تؤثر على الكائنات الحية من حيث الحركة، كما وان كلمة بيوميكانيك تتكون من كلمتين يونانيتين هما بيو **Bio** وتمثل علم الحياة(**Biology**) و الميكانيكا (**Mechanic**).

ويبحث موضوع البيولوجيا في حركة الكائنات الحية بدءً من الخلية والحركات الصغيرة فيها وانتهاءً بحركة الأجزاء الظاهرة الكبيرة المتكونة من عدد كبير من الخلايا الأجهزة المختلفة كالجهاز العضلي العصبي على سبيل المثال... ويعود لاستخدام كلمة بيولوجيا في هذا المجال للعالم **Lambert** إلى **1801** م .

وهو العلم الذي يبحث في حركات الانسان والحيوان من وجهة نظر القوانين الميكانيكية التي تخضع لها جميع الحركات للاجسام المتماسكة سواء اجسام كبيرة او متناهية في الصغر بدون استثناء .

وحيث لايوجد قوانين ميكانيكية خاصة للاجسام الحية ، فان التركيب المعقد للحركات ووظائف الاعضاء المتحركة تتطلب الملاحظة المضبوطة والدقيقة للخصائص التشريحية والفسيولوجية لهذه الاعضاء لتسهيل عملية التحليل الحركي وبدون هذه العلوم لايكون استخدام قوانين الميكانيكيا صحيحا.

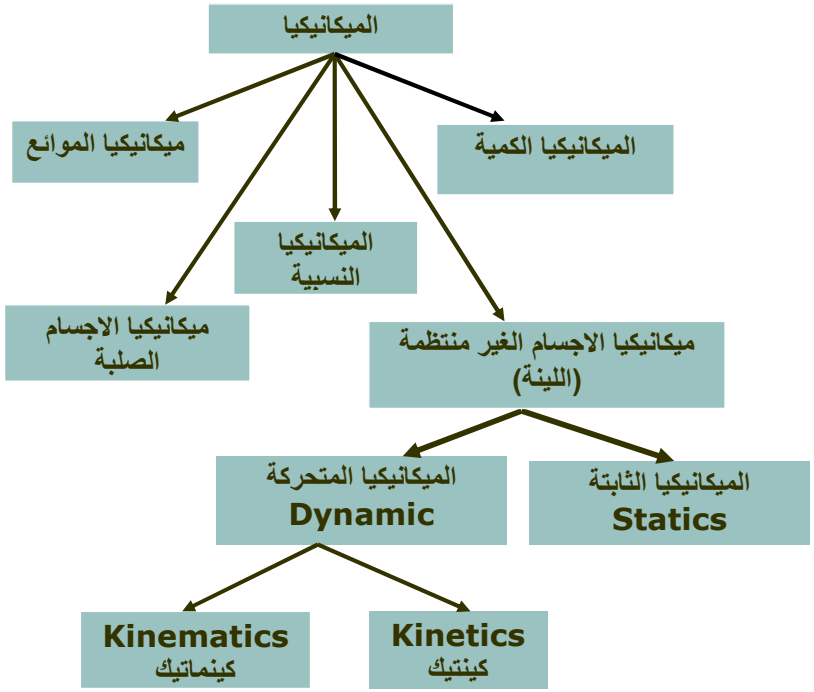


مخطط 1
اقسام علم الحركة

أما عن مدى علاقة البيولوجيا في البيوميكانيك، فهي إن نظريات البيولوجيا وتطورها واندماجها مع قوانين الفيزياء والرياضيات في وضع مناهجها ، حتم على الإنسان فهم الحركات على مستوى الخلية العضلية الصغيرة وعلى مستوى الأجهزة الوظيفية والشكل الظاهري للحركات. وهذا أحد الجوانب التي يعتمد عليها البيوميكانيك، أما الجانب الآخر، فهو إن نظريات الميكانيكا المعتمدة على دراسة الظواهر الطبيعية وتأثير القوى الداخلية والخارجية على الأجسام يشكل أحد الأسس الهامة في تقييم الأداء الحركي.

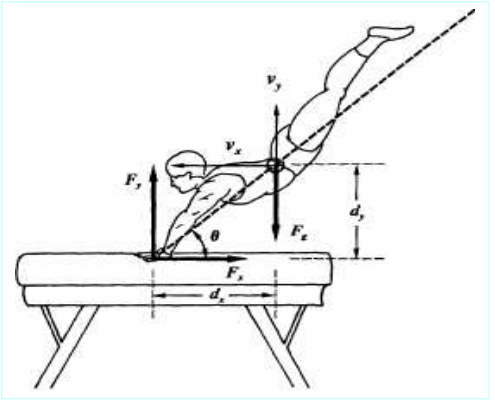
والبيوميكانيك هو احد اشكال الميكانيكا الاساسية ، اذ ياتي البيوميكانيك الرياضي من علم ميكانيكيا الاجسام اللينة الغير منتظمة باعتبار ان جسم الانسان يخضع الى هذا النوع من الميكانيكيا والتي هي اصلا لها نوعين،هما الميكانيكا الثابتة والميكانيكيا المتحركة وتضم الميكانيكيا المتحركة ، كينماتيكيا وكينتيكا الانسان الحيوي التي تدخل فيها العديد من العوامل الانثروبومترية والبدنية كالحجم والشكل والوزن والقوة ...الخ كعوامل مساعدة في مثل هذا التوصيف، لاحظ المخطط (1) والشكلين (1، 2)

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org

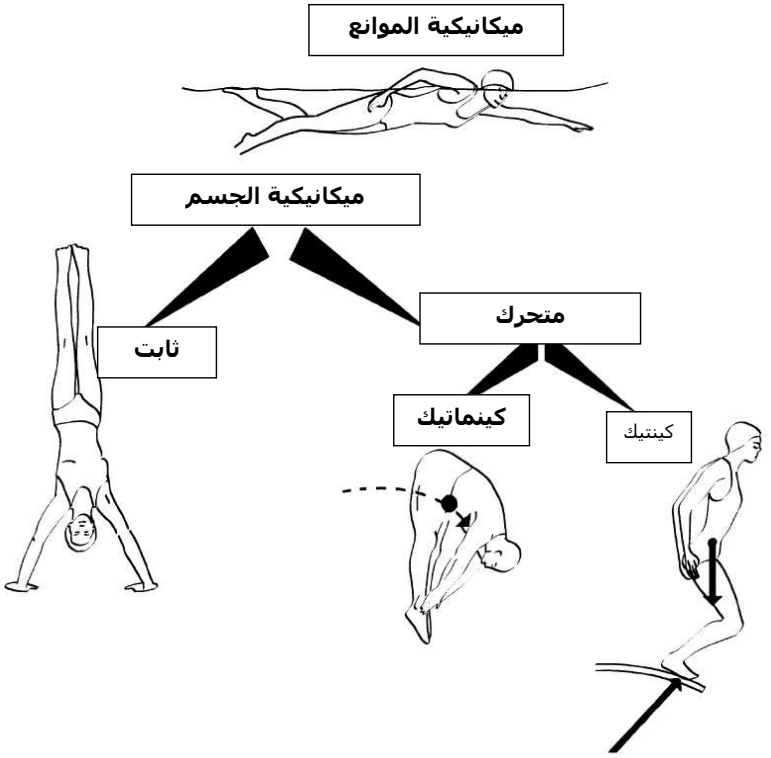


مخطط (2)
الميكانيكيا واشكالها

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org



شكل 1
يبين بعض المظاهر الكينماتيكية والكينتيكية للاعب الجمناستك لحركة القفز على الحصان



شكل 2
يوضح التطبيقيات الرياضية المختلفة للبيوميكانيك

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org

وفي الحقيقة هناك خليطا من العوامل التي يمكن ان تؤثر في كفاءة الاداء وسهولته ومنها العوامل النفسية والقوة العضلية كعامل بدني، والذي نحاول ان نوضحه في هذه المقدمة هو ان دراسة حركة الجسم البشري في اي سلوك حركي تتميز بالتعقيد ، إذ يصعب الفصل بين العوامل المتداخلة فيه ويحتاج الى متخصصين في مجالات متباينة.

لذا فالبيوميكانيك، **يعني تفاعل القوى الميكانيكية الأساسية في حركة الجسم البشري من خلال تطبيق المبادئ السولوجية والميكانيكية**.

فمن واجب هذا العلم:

- **التعرف على الأسس الميكانيكية للنشاط العضلي البيولوجي ودراسة العلاقات الخاصة بها.**
- **تطبيق القوانين الميكانيكية على الجهاز الحركي للإنسان.**
- **دراسة العلاقات المتبادلة بين القوى الداخلية والخارجية المؤثرة على جسم الإنسان وتوافق تأثيرها وعملها أثناء الأداء.**

ومن الممكن الاستفادة من مبادئ البيوميكانيك في جميع الألعاب الرياضية عند تدريب وتطوير الأداء الحركي ، وبالشكل الذي ينسجم مع الهدف من هذا الأداء، ولهذا فان البيوميكانيك هو العلم الذي يوفر الأساس الصحيح للمدرب والمدرس عندما يكون الأمر متعلق بتعليم وتدريب المهارات الرياضية من خلال إيجاد حلول للأسئلة التي تدور حول الأداء و الإنجاز الرياضي لمختلف الحركات الرياضية التي تشمل الدفع والرمي والسحب والحمل والوثب والركض.

وان فهم البيوميكانيك سيؤدي حتما إلى فهم الأساسيات المتعلقة بالنواحي التشريحية والفسيولوجية والميكانيكية لحركة الرياضي وهذا سيساعد بلا شك في تعلم وتعليم المهارات وتحسين الأداء الحركي الدقيق، بالإضافة إلى إن فهم المبادئ البيومكانيكية تساعد اللاعب في قدرته على أدراك الخطأ عند التقليد العشوائي لأسلوب خاص بلاعب معين خصوصا إن الميزات البدنية ليست متماثلة بينهم(كالقوة والسرعة والمطاولة والتوافق والقدرة والمرونة والميزات الجسمانية) بالإضافة إلى عدم تماثل الخواص النفسية مما قد يؤدي إلى نتائج عكسية.

-البيوميكانيك الرياضي

بدأت الدراسات الجادة في موضوع تحليل حركات المشي والركض بعد الحرب العالمية الأولى وكذلك بعض أنواع الحركات الرياضية المختلفة، وازدادت الحركة العلمية المتعلقة بالبيوميكانيك الرياضي وبالذات بعد الحرب العالمية الثانية وخصوصا بعد أصبحت الحاجة ملحة لها حيث اهتم الدارسون بتطوير الأجهزة الرياضية لكي يستطيع اللاعبون إعطاء الأفضل دائما تحت عوامل الأمان والسلامة من خلال تعاملهم مع الأجهزة الرياضية في الجمناستك وغيرها من الفعاليات الرياضية.

فالبيوميكانيك الرياضي يعتبر الحجر الأساس لتقدم اللاعبين في أدائهم الحركي الفني، حيث انه ***العلم الذي يهتم بتحليل حركات الإنسان تحليلا يعتمد على الوصف الفيزيائي(الكينماتيكي) بالإضافة إلى التعرف على مسببات الحركةالرياضية(الكنتيك) ، بما يكفل اقتصادا وفعالية في الجهد.***

وعلى الرغم من تعدد مجالات علم الميكانيكا بشكل عام،فالبيوميكانيك الرياضي يقتصرعلى مدرب ومدرس التربية الرياضية،واللاعبين،ومن الممكن إضافة الباحثين في هذا المجال سواء على مستوى التحليل الحركي أوعمل النماذج الحركية المثالية(الموديلات)للمهارات الرياضية أودراسة فاعلية الأدوات الرياضية وعلاقتها بالاداء الفني والإنجازالرياضي مثل الأحذية وأدوات التدريب المختلفة والملابس المستخدمة بالسباقات.

وكما ذكرنا سابقا بان معلم أو مدرس التربية الرياضية يعتمد على الأسس العلمية للتعلم الحركي وفسيولوجيا التدريب والأداء الفني للمهارات والتمارين المستخدمة في درس التربية الرياضي،ومن الجدير بالذكر انهم لابد إن يعّوا ويفهموا الأداء الفني للمهارات قبل إن يقوم بتدريسها وهذا يعتمد على فهمهم للأسس العلمية والشروط

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org

الخاصة لبيوميكانيكية هذه المهارات، والتي تعد من الأمور الأساسية المهمة جدا للمدرب الرياضي وخصوصا إذا كانت اللعبة التي يدربوها تعتمد بتطبيقها على استخدام المبادئ البيوميكانيكية في الإنجاز الحركي مثل الجمناستك، والعاب القوى والألعاب الأخرى،حتى إن بعض الأبحاث تؤكد أهمية الأداء الفني لراكضي المسافات الطويلة مع العلم إن هناك إجماعا بان هذه اللعبة تعتمد على التحمل الهوائي ولا يدخل البيوميكانيك فيها.

وفي السنوات الأخيرة أصبحت الحاجة إلى البيوميكانيك ماسة كونه يمثل أحد علوم الرياضة التي تعتمد عليها الألعاب بدرجة كبيرة من الأهمية، وقد يرجع ذلك إلى سببين هما:

- **أصبحت الفروق الفنية (التكنيك) بين الأبطال العالميين والمستويات الرياضية محدودة يصعب ملاحظتها بالعين المجردة.**
- **عادة ما تكون متطلبات العمل أو الأداء على أجهزة وأدوات التدريب والمنافسات كبيرة بالدرجة التي يصعب معها إن ينهي عددا كبيرا من الرياضيين حياتهم الرياضية دون التعرض للإصابة.**

لذا يتطلب من المدرب إن يكون متخصصا في البيوميكانيك ليتمكن إن يرتقي إلى مستوى أعلى من المستوى التطبيقي الأساسي المطلوب منه، فعلى جانب خبرته في مجال التحليل العملي والعلمي للحركات والمهارات الرياضية يكون بإمكانه إجراء بحوث وعلى نطاق واسع في المجالات البيولوجية والميكانيكية للحركات الرياضية، فمثلا دراسة أساليب وأشكال الأداء ومراحله للأبطال العالميين في مختلف الألعاب الرياضية يتمكن من خلالها تحديد الخواص والمميزات التي قادت هؤلاء الأبطال إلى تحقيق النجاح.

ولغرض تسهيل دراسة حركة الإنسان فقد حاول العديد من العلماء تقسيم الحركات من وجهات نظر مختلفة ووضع النماذج النظرية والتي يمكن تطبيقها ميدانيا حيث تم تقسيم هذه الحركات إلى:

- **حركات واجبها الارتكاز**
- **حركات واجبها التعلق.**
- **حركات تتضمن حركة الجسم أو الأداة.**
- **حركات واجبها القوة.**

ومن جهة أخرى تم تقسيم البيوميكانيك إلى قسمين ووفقا للحركات التي يؤديها الإنسان وكما يلي:

- القسم الميكانيكي والذي يبحث في :

- **القوانين والأنظمة الأساسية التي تحكم الأجسام الحية أثناء الحركة واثناء السكون وبذلك يسمى الثابت(الستاتيك) والمتحرك (الديناميك)، والاستاتيكا تدرس النظم التي تكون فيها الحركة ثابتة سواء بدون تحرك او بحركة ثابتة ، أما الديناميكا فتدرس النظم التي يظهر فيها التعجيل.**
- **والجزء التطبيقي والذي يهتم في حل المشاكل الحركية العلمية التي تعترض حركة الإنسان وتحسينها وكذلك الأوضاع المثالية والاقتصادية في الجهد خلال ممارسة الفعاليات الرياضية المختلفة أو تطبيق البرامج العلاجية أو التأهيلية.**

- **القسم الحيوي والذي يبحث في:**
- **الجانب البيولوجي الذي يبحث في حركة الكائنات الحية بدءً من الخلية العضلية والحركات الصغيرة فيها وانتهاءً بحركة الاجزاء الظاهرة الكبيرة المتكونة من عدد كبير من الخلايا والاجهزة المختلفة كالجهاز العضلي – العصبي على سبيل المثال.**

إن تفاعل القوى الميكانيكية الأساسية خلال حركة الجسم البشري مع السيطرة والتحكم الكامل بهذا الأداء من خلال الجهاز العصبي و ردود الأفعال والإدراك الحسي ووفقا للهدف من الأداء أو الحركة لغرض تنفيذ هذا الأداء وتحقيق الإنجاز بالاعتماد على توضيح العلاقة بين السبب والنتيجة أعطى ذلك في إن يكون هناك مجالين رئيسين للبيوميكانيك في الرياضة وهما:

- **مجال تحليل الأداء: وفي هذا المجال تطرح عادة بعض الاسئله منها:**
  - **ماهي خصائص تكنيك افضل الرياضيين (مثلا، ما الذي يميز لاعبي أو فرق الأدوار النهائية عن اللاعبين أو الفرق الذين تم إقصائهم في الأدوار التمهيدية)**
  - **إلى أي مدى يمكن إن تؤثر عوامل معينة في الأداء الحركي واداء الحركات**
  - **المختلفة ككل.(مثلا، إلى أي مدى يمكن أن تؤثر خطوات الاقتراب في مسافة القفز أو الادء لأي مهارة تتطلب ذلك).**
  - **ماهي الاختلافات الفنية بين كل من الرجال والنساء عن تطبيق الأداء لمختلف**
  - **الحركات الرياضية.(مثلا، هل هناك اختلاف في نسب مراحل الوثب الطويل بين الرجال والنساء)**
- **مجال تحليل الحمل: ونستعرض بعض الأسئلة في هذا المجال**
  - **ماهي القوى المؤثرة في حركات متعددة.(مثال، ماهي قيمة الحمل الواقع على قدم الارتقاء أثناء الدفع والنهوض)**
  - **كيف تتغير الأحمال كنتيجة طبيعية للتعب (بداية اللعب أو المنافسة ونهايتها، كما عند عداء الـ 100 متر، اذ يكون هناك اختلاف في نمط الخطوة بين بداية ونهاية السباق).**
  - **كيف يمكن التغيير في التدريب لتخفيض الأحمال.**
  - **بالنسبة للنقطة الاولى :ان التكنيك له علاقة بمتغيرات بيوميكانيك اساسية كعزوم القصور الذاتي والعزوم والزخم المتحقق للجسم اثناء الحركة ومتعلقات القوة بالزمن والسرعة والحركة ، وكل هذه المتغيرات لها علاقة مباشرة بقياسات الجسم المناسب للرياضة المناسبة ،لذا نجد ان فرقا تصعد الادورا النهائية على حساب فرقا اخرى نتيجة ذلك .**
  - **النقطة الثانية : ان كل اقتراب للجسم يعني اكساب ذلك الجسم سرعة، والسرعة المتحققة تتناسب طرديا من المسافة الافقية او العمودية التي تنجز بعد الاقتراب(لحظة النهوض) لذا فان الذي يمتلك سرعة اكبر يكون انجازه اعلى وفقا للعلاقات التالية (المسافة العمودية= س^2 /2 ×ج ،المسافة الافقية = س^2 / ج)**
  - **النقطة الثالثة ترجع الفروق في نسب المراحل الفنية اصلا الى الفروق في القدرات البدنية بين المرأة والرجل اذ تتناسب طرديا مع بعضها البعض الاخرى من ناحية تحقيق العزوم المعيقة واكتساب الزخوم المناسبة وتحقيق النقل الحركي المناسب.**
  - **النقطة الرابعة:يقصد بها تبادل القوى الداخلية والخارجية، ومقدار القوة تتحملها العضلات عند اداء الحركات ضد الجاذبية، مثلا قد يصل مقدار المقاومة التي يقع على عضلات رجل واثب الثلاثية الى 7 اضعاف وزنه ، كيف يمكن تجاوز هذه المشكلة.**
  - **النقطة الخامسة ، تتبلور في كيفية زيادة كفاءة الرياضي على الاداء في ظروف التعب ، يمكن ان يكون العمل على شدة التدريب وفقا لنظريات ميكانيكية لتجاوز هذه المشكلة كنظرية الطاقة الحركية ونظرية الشغل كما سياتي شرحها لاحقاً..**

- **النقطة الاخيرة:لماذا لاعبوا الجمناستك قصيرين؟اكبر طول لافضل لاعب جمناستك عادة بين مدى 1.55الى 1.62 متر بينما لاعبات الجمناستك النموذجيات مدى اطوالهن يتراوح ما بين (1.35 متر) الى (1.50 متر) وهن غالباً الاقصر،لانهم يتعاملون عند القفز مع اجسامهم ، فالقوة النسبية لديهم هي المهمة وليس القوة المطلقة في الجمناستك لذا يمتلك رياضيو الجمناستك ميزة قصار القامة.**
- **دافعي الثقل يتميزون بالطول وكتلة الجسم الكبيرة؟ لان قوتهم المطلقة هي الاهم، لذا يتمتع الرياضيون بابعاد جسمية كبيرة في هذه الرياضة ، وهكذا**

لقد تزايدت أهمية الأبحاث في مجال التدريب والمنافسة وبناءا عليه فأنه يجب على كل مدرب أن يحصل على بعض المعلومات الأساسية الأكثر أهمية، بهدف فهم نتائج الأبحاث البيوميكانيكية، حتى يجد إجابات على تساؤلاته.

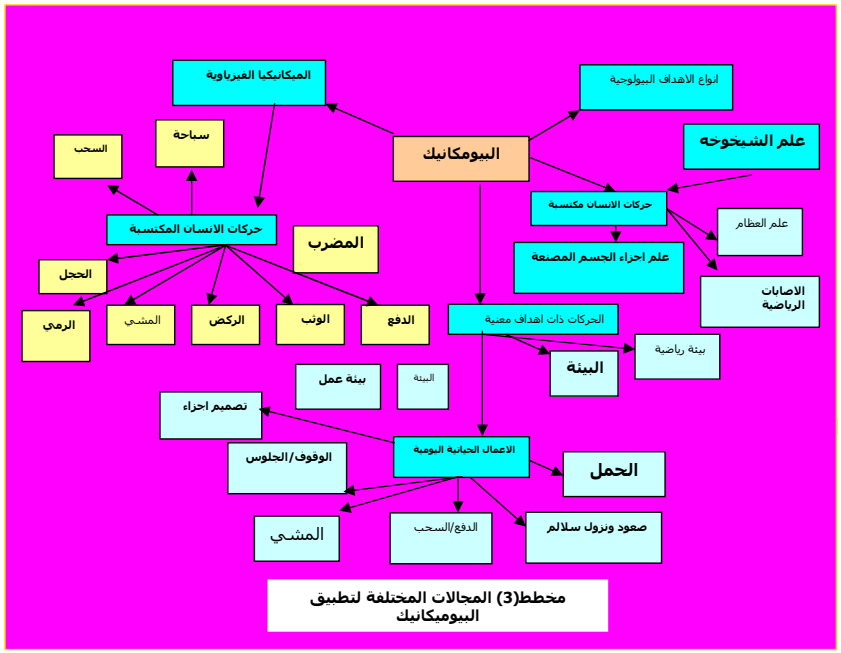
ويعطي البيوميكانيك الاجابه عن العديد من الأسئلة التي تواجه المدربين في مختلف الألعاب الرياضية، فمثلا، وضمن واجبات تحليل الأداء، ربما يقودنا هذا التحليل مثلا للاجابه عن، أي العضلات تشارك في عملية الضرب الساحق في الكرة الطائرة، وما طبيعة الحركات في الذراع والجذع والتي تكون مسئوله عنها هذه العضلات ؟ أو أي العضلات تحتاج إلى تطوير القوة الخاصة لكل رياضي في لعبته بألعاب القوى؟ أو إلى أي مدى يمكن لتمرين الضغط بالذراعين(بنج بريس) أن يطور من قوة العضلة الباسطة للمرفق ؟أوأي التمارين هي الأفضل لتطوير العضلات الباسطة للركبة(الرباعية) بأقل تأثير فعلي على أسطح العظام المتفصله؟أو ماهي كمية المقاومة التي يجب أن تتغير خلال مدى حركة التمرين للحصول على فاعلية أكثر من التمرين الاعتيادي. حلول هذه الاسئله يجب أن يكون على أساس توافرالمعلومات ذات الصلة الوثيقة بقابليات الإنسان وتحديد المعلومات عن المميزات الفسيولوجية والبايوميكانيكية والعوامل البايولوجيه.

في الوقت الحاضرهناك معلومات جوهريه حول بعض الحقول الخاصة بالأداء الحركي من خلال الفسلجة الرياضية، وأيضا، هناك معلومات جزئية حول بعض المبادئ البيوميكانيكية المحددة، وهذا يسحبنا إلى إن جميع التطبيقات الحركية تصمم وفقا لتسلسلها الحركي الصحيح من ناحية التعلم ووفقا للتحديدات البيوميكانيكية التي تعطي الاقتصاد بالحركة وانسيابيتها في هذه التطبيقات العملية، وعلى هذا الأساس، يتم التعامل مع علم البيوميكانيك في إيجاد العديد من الحلول التدريبية والتعليمية والفسيولوجية.

الفصل الثاني

- البيوميكانيك وتطبيقاته في الألعاب الرياضية

البيوميكانيك يعني ذلك المجال الذي تطبق فيه كافة المجالات والمعلومات وطرق البحث المرتبطة بالتكوين البنائي والوظيفي لجهاز حخركة الانسان ولايقتصر هذا العلم على الاستفادة من علم الميكانيكيا الحيوية في المجال الرياضي فقط وانما يتعدى الى المجال الطبي والهندسي والجراحة .. الخ، الذي ينطلقون من الاستفادة بهذا العلم في تخصصاتهم الدقيقه. فادراك كيفية اندفاع الدم في الاوعية الدموية وتاثير النواحي التركيبية على سرعة جريان الدم ومعدلاته هي واحدة من المجالات التي يتخصص بها البيوميكانيك فضلا عن باقي التخصصات، كل هذه الموضوعات حقق فيها علم الميكانيكيا الحيوية مايفرض على كل اصحاب هذه التخصصات ضرورة الالمام بالكثير من المعلومات عن الخصائص والمميزات التركيبية والوظيفية للجسم البشري، لاحظ المخطط 2



مخطط(3) المجالات المختلفة لتطبيق البيوميكانيك

-المبدأ الأول : انه كلما كانت هناك حركة تمهيدية لأي مهارة أو حركة رياضية، فإن الهدف مبة من ذلك الأداء، فمثلا يمكن الاستفادة من هذا المبداء في مهارات الكرة الطائرة، بأن نجعل مهارات هذه اللعبة وخاصة التي هي على صورة مهارات حركية مركبة لا ينفصل العمل فيها عن أي خطوة فنية اخرى، لذا لابد أن نستفيد من خطوات الاقتراب مثلا كحركة تمهيدية لها وضعها الابتدائي للضرب وبذلك نحصل على أعلى حركة ممكنه،وهذا المبدء يمكن أن يكون مدخلا واسعا للبحث في علاقة تطبيق الحركات التمهيدية وأهميتها لتحقيق الشروط الميكانيكية، وفي ذلك نستدل أن هناك ربطا بين ما يجب إن يدّرس أو يعلّم من أوضاع تمهيدية لمختلف الألعاب والحركات والمهارات وتطبيقها عمليا لتحقيق الفائدة الميكانيكية منها،وان يكون التطبيق مفهوما أولا من قبل المدرس لكي يستطيع من إيصال هذه المعلومات الصحيحة عند قيامه

بتطبيق طرق التدريس المختلفة وهذا يتطلب الخوض في قوانين القصورالذاتي وتغيرالزخم ودفع القوة..الخ، ذات العلاقة بتطبيق هذه المهارات.

– المبدأ الثاني: يمكن أن يكون اتجاه البحث عن مسافة التعجيل اللازمة لأداء أي مهارة رياضية، مثلا المسافة المناسبة لإكساب لاعب كرة اليد التعجيل عند اداء مهارة التهديف البعيد، إذ وجد أن هذا التهديف من أنواع التهديف الأكثر قوة بين الأنواع الأخرى، ويتأثر مسارالكرة فيه بعمل العضلات وشغلها الميكانيكي والذي له علاقة بتحقيق مسار تعجيل عالي للذراع الرامية ويسبب في جعل مسارالكرة خطيا بأعلى زخم، وكل ذلك يمكن دراسته من ناحية العلاقة بين ما يتحقق من سرعة نتيجة القوة العضلية في المجاميع العضلية العاملة ومديات المفاصل فيها والتي تؤثر في اتجاه السرعة وطول مسافة التعجيل وما يتحقق من أداء فني وفق الشروط الميكانيكية المطلوبة،وكذلك الحال ما يحدث في المهارات الأخرى المشابه كالإرسال الساحق بالكرة الطائرة ورامي الرمح وقافز العالي ورامي الإرسال بالتنس..الخ، إذ يمكن إعطاء حلول ميكانيكية من اجل تبسيط الأداء المهاري وتعزيز الجوانب البدنية اللازمة لهذا الأداء.

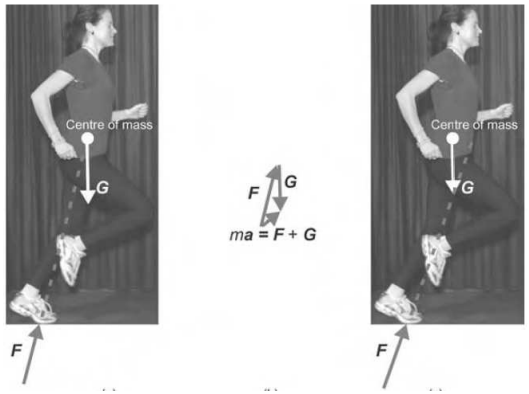
-المبدأ الثالث: يتناول توافق الدفع الإضافي،وهذا المبدأ يعتمد على ظاهرة نقل الزخوم وما يترتب عليها من فهم لما يحدث من تأثير لجميع القوى المشتركة في الحركة في الأجزاء المختلفة للجسم والتي تسبب التعجيل الزاوي والخطي بشكل توافقي لهذه الأجزاء في لحظة واحدة، وهذا يعني انه يجب أن يكون هناك توافق بين تأثير قوى العضلات المادة للأطراف السفلى زمنيا مع تلك التي تعمل على مد الجذع والذراع وتوجيه كف اليد بحيث ينتهي في زمن واحد، كما في مهارات الرمي في مختلف الألعاب، وهذا يتطلب تسخير القوانين الميكانيكية لفهم هذا المبداء وتصميم المناهج التدريبية لأجل إحداث التطوير اللازم.

ورغم إن علم الحركة يقول أن سريان القوة ينتقل من مفصل إلى مفصل أخر ومن عضله إلى عضله أخرى، فأن هذا المبدأ له مجاله المؤثر في ظاهرة الانتقال الحركي، والتي تؤكد على مبدأ الترابط بين الظواهر الخاصة بالتعلم الحركي والبيوميكانيك،و ما يترتب عليها من كميات السرعة والقوة والكتلة والتي قد تختلف من شخص لأخر ومن لعبة لأخرى . وبهذا يمكن الاستدلال على المظاهر الحركية (كالانسيابية والنقل الحركي والايقاع الحركي) من خلال مؤشرات ميكانيكية ، وهذا هو اتجاه علمي حديث لم يتناوله احد سابقا.

-المبدأ الرابع: يتناول هذا المبدأ تطبيقات قوانين نيوتن الحركية سواء الخطية و الدورانية في مختلف المهارات الرياضية، وعلاقة تطبيق هذه القوانين باستخدام مختلف الوسائل التدريبية المعتمدة عليها. وماعلاقة هذه القوانين في اشتقاق العديد من القوانين الميكانيكية الأخرى ذات العلاقة بالتدريب الرياضي. اذ إن المدرب او المدرس يعلم إن القوة هي سبب الحركة، فلا تتغير حركة أي جسم سواء كان جسم اللاعب أو الأداة من حالته الحركية أو تغيير السرعة، مالم تؤثرعليه بعض القوى الداخلية و الخارجية بشكل متبادل، والخاصية التي تساعد الجسم في الاحتفاظ بحالته تعرف بخاصية القصور الذاتي، كيف يمكن استغلال هذه الخاصية في التدريب والتعليم الرياضي.**لاحظ الشكل (3)**

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org

القوة (وزن الجسم + قوة الاحتكاك) = تعجيل الجسم × كتلته
ma=F+G



شكل (3)
يبين علاقة التعجيل بقوة الاحتكاك المتولدة ووزن الجسم

- المبدأ الخامس: يتعلق بمبدأ العزوم كنظرية تدريبية لها علاقة بتدريبات القوة العضلية وتصميم برامج التأهيل ما بعد الإصابة، ودور نظرية العزوم في تطويرالسرعة الحركية(الزاوية) والقوة الخاصة لمختلف المهارات الرياضية باعتباران جميع حركات أجزاء جسم الإنسان هي حركات زاوية تتعلق بعزوم العضلات التي تسبب هذه الحركات، وهذا يتطلب فهم النشاط العضلي وواجبات العضلات على كل مفصل من اجل تعزيز العمل فيها ضمن الواجبات الحركية الخاصة بنوع المهارة.

-المبدأ السادس:إن هناك علاقة بين البيوميكانيك وتأثيرالحواس في جميع المهارات الرياضية،حيث تعد الحواس من أهم الأعضاء المسؤوله عن المدخلات الخاصة بالمعلومات الميكانيكية والتي تظهرفاعليتها عند تعليم وإتقان الحركات المختلفة لجميع المهارات،والتي تزيد من تحكم الشخص بمقاديرالقوة اللازمة للأداء الحركي وزيادة الشعورالعضلي تبعا لذلك.فضلا عن دور التغذية الراجعة المتعلقة بالأداء من الناحية الميكانيكية.

- المبدأ السابع: العلاقة بين استخدام بعض القوانين الميكانيكية لاختيار الأدوات والأجهزة والوسائل المساعدة في التدريب والتعليم، حيث كما نعلم أن زيادة العبء التدريبي على العضلات يأتي من زيادة المقاومات التي تضاف إلى الجسم أو أجزاءه أو المقاومات التي يتعرض لها الجسم من جراء السحب أوالدفع أو استغلال بيئة تدريبية أخرى كالبيئة المائية أو الهواء في التدريب وفقا لبعض القوانين الميكانيكية التي تتعلق بهذه المقاومات والتي تحتم علينا فهم نوع المقاومة وتصميم الأحمال التدريبية على وفق ذلك. **(لاحظ الشكل**4)

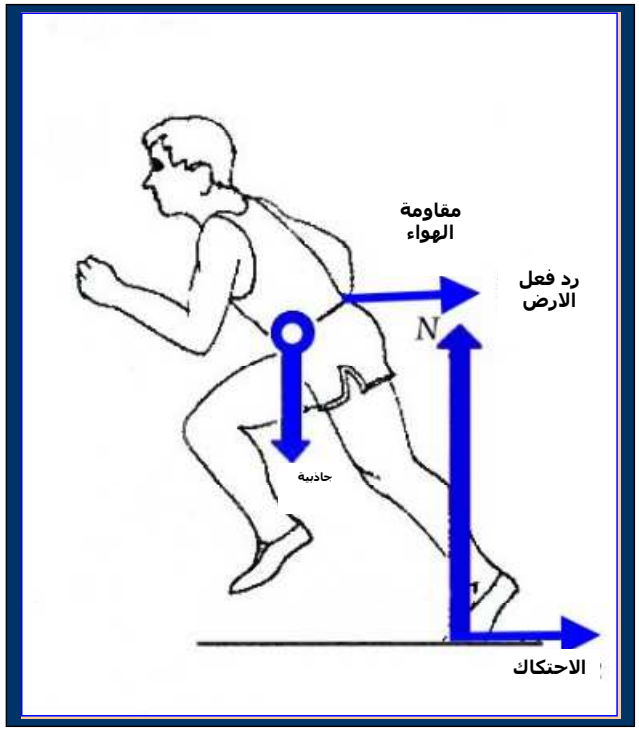
جميع الحقوق محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org



الشكل 4
تدريبات المقاومة ضد الهواء باستخدام المظلة

-المبدأ الثامن: دورالجاذبية كقوة خارجية مقاومة للحركة في تطوير صفات القوة السريعة والسرعة والتحمل،إذ إن الجاذبية عبارة عن قوة لها تأثير ثابت على الأجسام ويمكن من إستغلال هذه القوى في تدريب بعض الصفات البدنية الخاصة عن طريق إبتكار وسائل تدريبية وفق قوانين المقذوفات أو وفق قوانين القدرة والشغل...الخ. وسوف نتناول هذه المبادئ في الأبواب اللاحقة. (شكل5)

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org



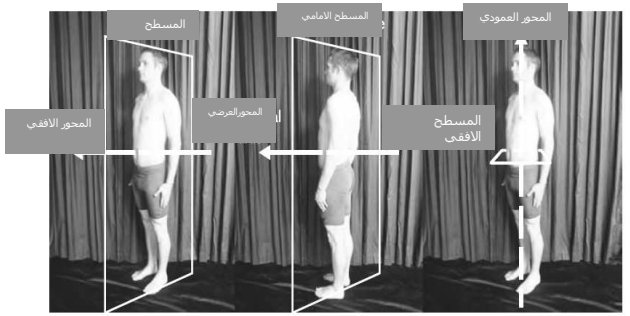
شكل(5)
انواع المقاومات الخارجية على جسم الانسان

- الانظمة البيوميكانيكية

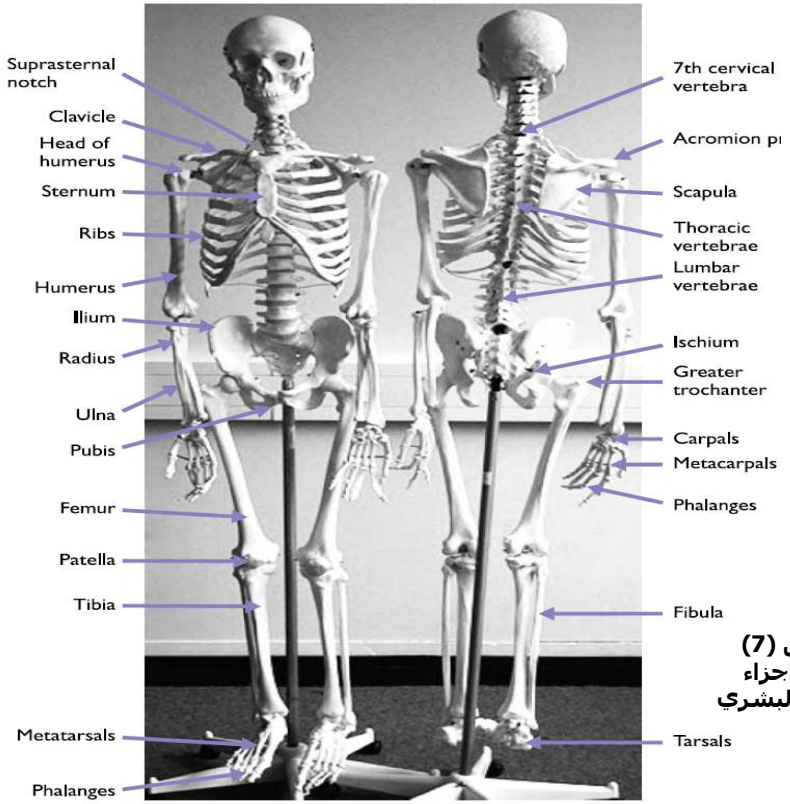
قبل تحديد طبيعة الحركة يجب الاهتمام بتحديد النظام الميكانيكي نوضح مايأتي:

- في معظم الحالات يعتبر النظام الداخلي للجسم هو المحدد للنظام الميكانيكي،لذا فان اصطلاح النظم في محتوى البيوميكانيك في مجال الرياضه يعني مركب اواكثريجمع ويربط بين اجزاء تشكل في مجموعها تركيباً كلياً موحد يمكنه من اداء بعض الواجبات المرتبطة باداء حركة جسم الانسان اوالرياضة،ربما يشمل الجسم كله او جزء منه".
- وفي جسم الانسان الذي يعد اساس دراستنا للبيومكانيك الحيوي نجد ان النظم الميكانيكية ترتبط بما يسمى بالمحاور والمسطحات وارتباط حركة اجزاء الجسم المختلفة كانظمة ميكانيكية وحركة الجسم ككل بهذه المحاور والمسطحات،اي ان الجسم يمكن اعتباره نظاما يتكون من عدة اجزاء قابله للحركة ولاجل سهولة الدراسة، فأن الجسم البشري يمكن ان يقسم الى اجزاء رئيسه هي:
  - الرأس والرقبة،الطرف العلوي،الطرف السفلي.
  - ومن الناحية الوظيفية يمكن تقسيم الجسم الى 11 جزء وهي:
  - الرأس والرقبة ، الفقرات الصدرية، الفقرات القطنية، الحوض ، الفخذ ، الساق، حزام الكتف ، الذراع ، الساعد ، اليد . لاحظ الشكل(6) والشكل (7)

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org



الشكل 6 يبين المحاور والمسطحات ذات العلاقة بحركة الجسم



الشكل (7) يبين اجزاء الجسم البشري

ومن الناحية الفنية فإن هناك بعض من هذه الاجزاء يمكن تقسيمها الى اكثر من جزء (كحزام الكتف والعمود الفقري،واليد والقدم) لذا عند تحديد ودراسة حركات الجسم واجزائه المختلفة يجب الرجوع الى نظم الحركة التي تحدد حركات هذا الجسم واجزاءه ووفقا لطبيعة الواجب المراد تحقيقه وكما يلي:

- النظام الذي يحدده المدى الذي يتحرك فيه الجسم في الفراغ:
- يتطلب فهم الانظمة البيوميكانيكية فهم بعض النواحي الميكانيكية الحيوية التي يطلق عليها درجات الحرية لحركة الجسم البشري وهناك مثال عملي لايضاح مفهوم درجات الحرية للجسم البشري والتي تعتبر من الامور الهامه لاداء أي حركة ، والمثال هنا على عمل احد الذراعين ابتداء من الحزام الكتفي حتى رسغ اليدين والاصابع:

1. يمكن اداء الحركة في منطقة الحزام الكتفي على ثلاث محاور للحركة وهي الثني والمد والتدوير، حيث الحزام الكتفي له ثلاث درجات من الحرية في ضؤ الجسم البشري.
2. مفصل المرفق له درجة حرية واحدة وهو عملية الثني والمد.
3. من مفصل المرفق حتى رسغ اليد نجد ان اليد تتحرك عاليا واسفل ويعني ذلك ان اليد لها درجة حرية واحدة اما الكتف والمرفق واليد معاً فلهم خمس درجات حرية للحركة.
4. يستطيع مفصل رسغ اليد الانقباض والانبساط والتحرك تجاه الناحية الإنسية والوحشية لذلك فهو يتمتع بدرجتين للحرية . اما الحزام الكتفي والمرفق واليد فلهم سبع درجات حرية معاً. في ضؤ ماسبق يمكننا حصر درجات الحركة في الاصابع واليد في ضؤ الهدف الخاص لاداء اي حركة او مهارة ، فنحن نعمل على ايجاد التوافق العضلي العصبي وحل المشكلات الخاصة بالتحكم في الحركة عن طريق استخدام اجزاء الجسم المختلفة.

ولكن كيف يمكن ان نتحكم في حركات المفاصل وعمل العضلات عليها بالتعاون مع الجهاز العصبي كي نؤدي تلك الحركات ، فهذه تعتبر من المشكلات الرئيسه لدرجات الحرية للجسم البشري. ويمكن اجراء العديد من التجارب التي تتناول العمل المشترك بين الجهاز العصبي والعضلي والمفاصل العاملة على اساس هذا المبدأ.

ومن هذا المنطلق الأستجابات التكيفية للجهاز العضلي العصبي للتدريب الرياضي، ويعد هذا الموضوع احد المواضيع المهمة التي ترتبط بدراسات البيوميكانيك وتدريبات القوة بمختلف انواعها وهو:

-الأستجابات التكيفية للجهاز العضلي العصبي للتدريب[1]

لمعرفة أثر التدريب الخاص بتطوير القوة العضلية على قوة التقلص العضلي،كان لابد من دارسة العديد من التصاميم التدريبية التي تناولت هذا الموضوع. والغرض من هذه الدراسات هو فهم آلية تكيف الجهاز الحركي للأنسان لهذه التدريبات وتاثيراتها الى النتاج الحركي للانسان سواء من الجانب البيولوجي والميكانيكي.

مبدئيا،هنالك شكلان من التكيفات الوظيفية التي تدعم تدريب القوة التقليدي هما:

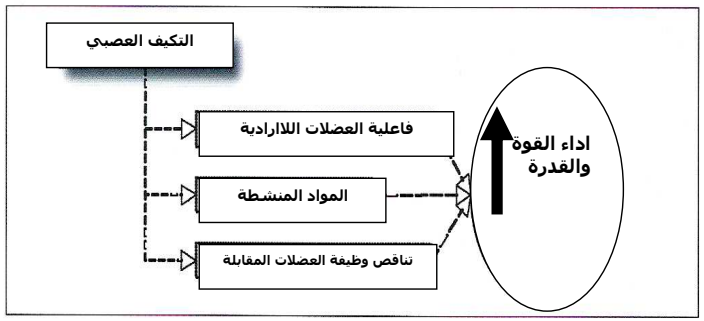
- قد يقود تدريب القوة اما الى تعزيز خاصية الأنقباض العضلي في البنية البروتينية نفسها اوالى تطورالسيالات العصبية المسببة للأنقباض العضلي أوتطورالمجموعة العضلية. ويمكن توجيه هذين النوعين من التكيفات من خلال تصميم برامج تدريبية خاصة بأستخدام مستويات متباينة من الشدة والحجم والكثافة (المدة التي يستغرقها التدريب).
- يؤدي التدريب بتكرارات عالية نسبيا وبشدة قصوية ضمن المجموعة الواحدة (السيت الواحد)(على سبيل المثال6-15تكرار قصوي)، والمصحوب بتعب شديد

[1] "Adaptive responses of the neuromuscular system to training," Albert Gollhofer, IAAF New Studies in Athletics, The IAAF technical quarterly(vol.22-1.07), pp.23-30.

للمجموعة العضلية العاملة، كما تشير الأدلة، الى تعزيزالقوة والقدرة.إذ أظهرت نتائج الرياضيون الذين يتدربون وفقا لهذه الطريقة إستجابة تكيفية في النسيج العضلي والمقطع العرضي للعضلة والزوايا بين الالياف الريشية والوتر(في العضلات النصف ريشيه والريشية مثلا) والأفرازات الهرمونية ***(RUTHERFORD, JONE 1992;WALKER ET AL 1998)*** في حين اشارت دراسات عديدة اخرى الى حدوث تطورات في القوة والقدرة(الشغل العضلي/ زمن الاداء) بعد تدريبات القوة بهذا النوع، ويكون غير مصحوب بتكيف حقيقي او جوهري في شكل العضلة. لذا كان لابد من اعتماد نمط بديل من الأستجابة الوظيفية عند تصميم البرنامج التدريبي. أدلة أخرى قدمتها الدراسات الحديثة بدورها مفادها أنه بأمكان نوع معين من التدريبات أن يعزز آلية(عمل) الخلايا العصبية الشوكية وفوق الشوكية. فخلافاً للتكيفات العضلية المصاحبة للتدريب بتكرارات عالية العدد، تصاحب التكيفات العصبية عندما يكون التدريب بتكرارات قليلة العدد (1-8 تكرار قصوي), وبشدة عالية، مع أنقباضات انفجارية وبفترة راحة طويلة بين السيتات(***AAGAARD ET AL 2001***).

تركز الدراسة الحالية على آليات التكيف العضلي العصبي الناتجة من تدريب القوة عالي الشدة ومن التدريب الخاص بالحس- حركي.

اذ تشكل الخلايا الحركية عصبية الحلقة الأخيرة في الحبل الشوكي والتي ترتبط مباشرة بالألياف العضلية.و نظرا لأعتماد الخصائص الوظيفية للوحدات الحركية (***MU***)المباشرعلى سمة الأطلاق لدى الخلايا الحركية عصبية الشوكية العاملة, كان لابد من الفصل بين الأستجابات التكيفية المختلفة للجهاز العصبي عضلي للتدريب وفقا للنماذج التدريبية المختلفة.



شكل (8)
يبين كيف يحدث التكيف العصبي لتدريب القوة أما بواسطة زيادة فاعلية العضلات اللاأرادية أو بواسطة التظافرالمناسب للمواد المنشطة أو بواسطة نقصان فاعلية العضلات المضادة الوظيفي(SALE 2002).

- زيادة فاعلية العضلات

يمكن زيادة فاعلية العضلات بواسطة أحداث تغييرات في:

أ- آلية تجنيد الخلايا الحركية العصبية العاملة .

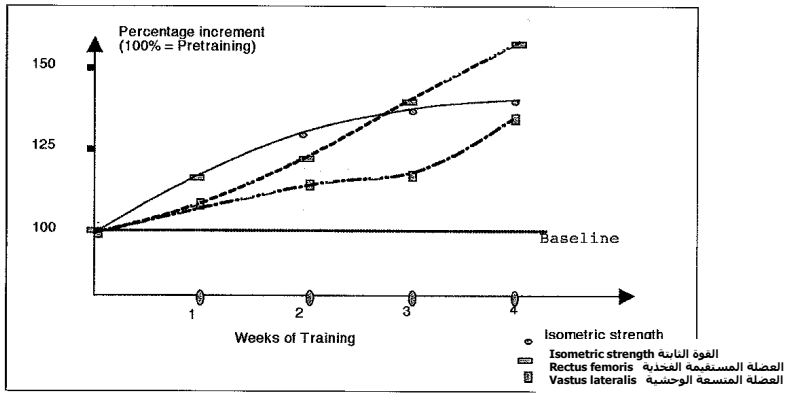
ب- سرعة أطلاق التكرارات أو التزامن الحركي .

ج- بواسطة الأشكال الثلاثة مجتمعة.

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org

فقد تبين بوضوح من خلال دراسة التخطيط الكهربائي للعضلات ***(EMGelectromyography)*** وجود ارتباط بين تدريب القوة عالي الشدة والعضلة العاملة الخاضعة لتحفيز التخطيط الكهربائي. وبالرغم من محدودية هذه الطريقة، فقد خرج عدد من الدراسات بنتيجة ثابتة تؤكد على أمكانية حدوث التكيف العصبي أستجابة للقوة المكتسبة ***(NARICI ET AL 1989; MORITANI, DEVRIES, 1979; HAKKINEN ET AL 1985A; HAKKINEN ET AL 1985B; HAKKINEN ET AL 1987)***.

من الناحية الوظيفية, يحدث التكيف المطلوب في معدل تطور القوة ***RFD(development)*** ***ate of force*** , بعد تدريب القوة بدرجة أكبر مما هو عليه بعد أكتساب قوة قصوى بالتحفيز***MVC*** (***maximum forces***). اما من الناحية الديناميكية، وكما هو معروف ترتبط الزيادة الحاصلة في معدل تطورالقوة ***RFD*** بعد تدريب القوة الأنفجارية النوعي على وجه الخصوص،ارتباطاً وثيقا بالتطورات الحاصلة في الدافع العصبي للعضلات العاملة ***(JANSSON ET AL 1990; GRUBER, GOLLHOFER 2004).*** ويتضح من هذا أن التكيفات العصبية التي تحدث نتيجة التدريب الأنفجاري النوعي 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 تم تفعيل الوحدات الحركية ***MUs*** في وقت سابق و اظهرت زيادة في سرعة التكرارات بعد التدريب.



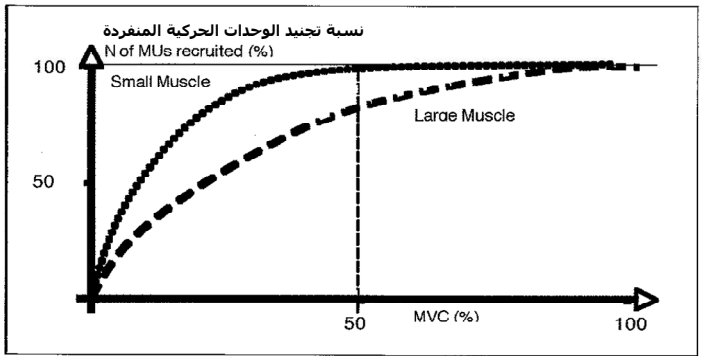
(شكل 9)
يوضح وجود أرتباط بين تدريب القوة الثابتة على مدى 4 أسابيع و بين زيادة القوة والتكيف العصبي للعضلة , تم الحصول على البيانات من معطيات التخطيط الكهربائي السطحي *EMG (RABITA ET AL 2000).*

وتسند المعطيات المأخوذة من التخطيط الكهربائي الداخلي للعضلة ***EMG*** , فكرة أرتباط التدريب الأنفجاري النوع بأطلاق التكرارات العالية في بداية الوحدة الحركية العضلية ***(VAN CUTSEM ET AL 1998)***. في الدراسة التالية , تم تدريب أفراد العينة على حركات القذف وثني الظهر بدرجة 30 الى 40 % من التكرارالقصوي على مدى 12 أسبوع. أرتفع معدل تطور القوة ***RFD*** بنسبة كبيرة (+80%) بعد التدريب ويعود ذلك بالدرجة الأولى الى زيادة معدلات سرعة عالية في بداية حركة الأختبار الثابت ***(isometric test)*** . و من خلال تحليل المعطيات لوحدة حركية منفردة , يتضح الزيادة المطلقة للتكرارات في بداية الوحدة الحركية تقريبا الى الضعف بعد التدريب.

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org

وظيفيا, تعمل الوحدات الحركية ***MUs*** التي تبدء بتكرارات عالية على تعزيز معدل تطور القوة على مستوى الوحدة الحركية ***MU*** الواحدة .

ولكون المشاهدات التي ترصد التكرارات المطلقة المتغيرة مأخوذة بشكل رئيسي من دراسات تبحث في عدد صغير فقط من الوحدات الحركية المنفردة, لذا, لم يتضح فيما اذا كان هذا النوع من التدريب سوف يغير بدوره مستوى تجنيد أو طريقة تجنيد الخلايا الحركية العصبية العاملة. ويشير باتين وآخرون في(***PATTEN ET AL 2000***) الى التغيير البسيط الذي يحدثه تدريب القذف على عتبة الأداء(الى اليساركما هو مبين في الشكل 10) والذي يؤدي بدوره الى تسبيق عملية تجنيد الوحدات الحركية ***MUs***. مع هذا, يتفق الباحثون على ثبات طريقة التجنيد تمشيا مع النتائج التي توصل اليها جارلاند وآخرون في ***(GARLAND ET AL 1996)***.



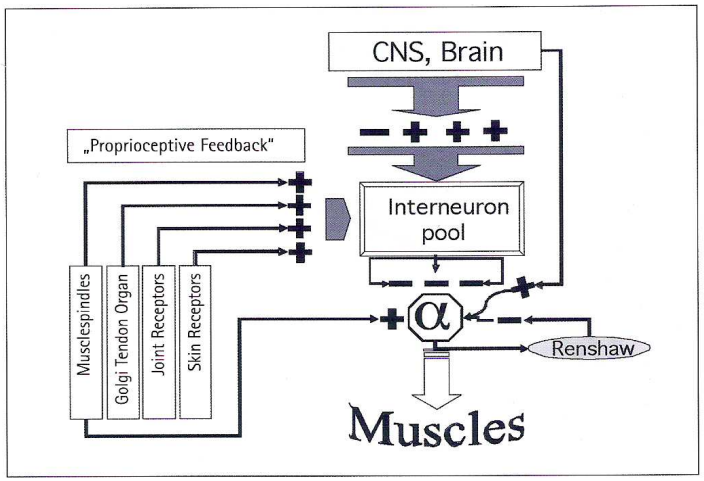
(شكل رقم 10)
يبين نسبة القوة الثابتة isometric strength من القوة القصوى (MVC%) وتجنيد الوحدات الحركية المنفردة MUs في العضلات الصغيرة والكبيرة. لاحظ أن تفعيل كلا النوعين من العضلات يكون عند مستوى 50% من القوة القصوى MVC (ENOKA and FUGLEVAND 2001)

ويجدر بالأشارة هنا الى ضرورة تمتع افراد العينة بصحة جيدة ليتمكنوا من تجنيد جميع الوحدات الحركية للعضلة اثناء التدريبات القصوية 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*** (***ENOKA, FUGLEVAND 2001***) بينما ينتهي تجنيد العضلات الصغيرة عند درجة 50% من القوة القصوى***MVC***. وعليه يمكن التعرف على حجم القوة المنجزة من خلال التغييرات الحاصلة في نمط أطلاق الوحدات الحركية ***MUs***.

- دور آليات الخلايا العصبية الشوكية في تفعيل الخلايا الحركية عصبية

يوضح (الشكل رقم 11) أنواع الأيعازات الصادرة من الجهاز العصبي المركزي الى الخلايا الحركية عصبية في مجموعة عضلية معينة. ولا يقتصرعمل 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 مباشرعن طريق خلايا عصبية بينية.

ومن الجدير بالذكر أن معظم هذه الموردات الحسية السطحية (***eripheral afferents***) تكون على شكل مسارات لولبية تعمل على تسهيل او أعاقة عمل الخلايا الحركية عصبية في الحبل الشوكي.



(شكل رقم11)
يبين المصادر المتنوعة للموردات الحسية للوحدة الحركية الشوكية. لاحظ أن معظم التغذية الراجعة مثبطة لأنها تعمل على خفض مستوى فاعلية الخلية الحركية العصبية.

وتعد الموردات الحسية (***Ia-afferents***) واحدة من اهم مسارات التغذية الراجعة من العضلات المغزلية (***spindles***).هذا المسلك االعكسي 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 ***flexor*** وتعيق عمل العضلات الباسطة ***extensor***. ومن ناحية أخرى, تعمل الموردات الحسية القادمة من أجسام كولجي الوترية - ***GTO*** ---***Ib***- ***Golgi-Tendon***-Units 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 ***Ia*** والموردات الحسية المعوقة القادمة من أجسام كولجي ***Ib*** لتصب في بحرة عصبية بينية واحدة ***(Ib-interneuron pool)*** . مع هذا, أتضح أنه عند الأنسان وخاصة في حالتي الحركة والثبات ينقلب عمل الموردات الحسية Ib من معوقة الى مساعدة. و يعتمد هذا المسار العكسي على الحمل المسلط على الأطراف السفلى. عمليا, تعرف آلية الموردات الحسية ***Ib*** بتكيف مستقبلات – الحمل ***(load-receptor modulation).***

من الناحية الوظيفية, تشكل شبكة الخلايا العصبية الشوكية للتغذية الراجعة العمود الفقري لعمليات التكيف العصبي الحاصلة نتيجة للتدريب والتعلم. فبواسطة التكيفات الناجمة من الأيعازات المتغيرة القادمة من الدماغ وكذلك من جهاز المستقبلات الحسية يمكن تعديل الأيعازالمنقول من البحرة العصبية البينية الى الخلاياالحركية 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.

-التدريب الحسي حركي

لأعادة تأهيل أصابات الجهاز الحركي, يسود الأعتقاد بأن التدريب الحسي حركي هو التدريب المناسب لأعادة الوظائف العصبية عضلية 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 كل من كونرادسن وآخرون ***(KONRADSEN ET AL*** (***1993***) و تروب (1986 ***(TROPP*** بمقارنة أستقرارقوام الجسم لأفراد العينة الذين يتمتعون بصحة جيدة وبين أفراد يعانون من أصابة مزمنة في الكاحل. دراسات أخرى بحثت في الزوايا الحسية للمفاصل عند أداء حركات مختلفة تحت ظروف ايجابية أو سلبية ***(FREEMAN ET AL 1965;GLICK ET AL 1976;LOFVENBERG ET AL 1986;TROPP, 1995)*** كشفت هذه الدراسات عن وجود عجز في جهاز المستقبلات الحسية عند اداء زوايا حركية معينة لدى الأفراد الذين يعانون من أصابة مزمنة في الكاحل.

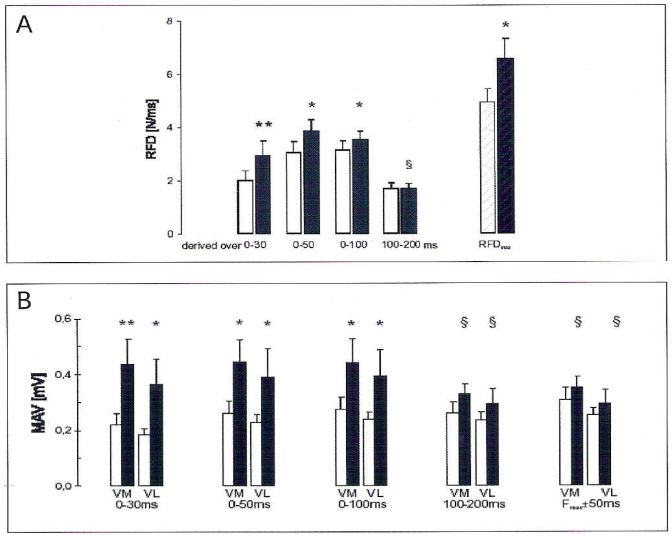
وفي تجارب أخرى عن مفاصل الركبة ***(JEROSCH,*** والكاحل ***RLAU ET AL 1995)*** ***BISCHOF 1994)***, أفترض الباحثون أن لتعزيزجهاز المستقبلات الحسية الأثر في تفعيل العضلات المحيطة بمجموعة المفاصل. مع هذا, فقد كان هنالك بعض الدراسات القليلة الضابطة التي أشارت الى وجود تطور في الموردات الحسية المنقولة الى العضلات بعد التدريب.

قام غولهوفر,خلال سلسة من التجارب, بدراسة التكيفات العصبية عضلية التي تتبع تطبيق التدريب الحسي حركي. وأعتمد في توضيح قابلية التكيف للموردات الحسية والمصدرات الحركية على جمع البيانات التجريبية وتوزيعها في أشكال بيانية عمودية (شكل رقم 12). تم في هذه الدراسات برهنة الفرضية التي تشيرالى الأثرالأيجابي للتدريب الحسي حركي المصمم خصيصا لأعادة التأهيل على النشاط العصبي والقوة اثناء المد القصوي الثابت للساق. أستعان (غروبر وغولهوفرفي) دراستهم بعينة تتكون من 12 فرد من الأناث على مدى4 أسابيع قبل وبعد تطبيق المنهج التدريبي وبمعدل 8 وحدات تدريبية ***(GRUBER and GOLLHOFER 2004).*** تتكون كل وحدة (مدتها 60 دقيقة) من عدة تمارين متنوعة للتوازن وثبات الجسم ؛ لا يسمح خلالها بأستخدام تمارين تدريب القوة التقليدية.و كشفت 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 عضلية في مستهل أنتاج القوة.اذ تظهرالقوة الأنفجارية و فاعلية الجهاز العضلي عصبي عند بداية الحركات الأرادية وقد زادت بشكل فعال(أنظر الشكل رقم 12).

تعكس مقادير الزيادة الحاصلة في القوة وفاعلية الجهاز العصبي مراحل التكيف التي تطرء على مستوى الخلايا الحركية عصبية. فقد أشارات دراسات عن انقباض العضلات الأرادية في فعالية المشي لـ سينكجير و آخرون ***(SINKJAER ET AL*** ***2000)*** وفعالية التسلق لـ ماسفيلد وآخرون ***(MACEFIELD ET AL 1993)*** الى حدوث التغذية الحسية الراجعة عند بداية العمل العضلي. كما اشار كلا من مونييه و بييرو- ديسيلغني الى اسهام الموردات الحسية الراجعة la-afferents في تسهيل عمل العضلات المتماثلة والمتعاكسة ***(MEUNIER PIERROT- DESEILLIGNY*** ***1989)***. من الناحية العملية, يجدر الأشارة الى ان زيادة القوة في ضبط الجهاز العصبي عضلي هي أحد العوامل المهمة والمسببة لتشنج العضلات المحيطة بالمفاصل. لذا, يمكن الأفتراض بأن للتدريب الحسي حركي الأثر الكبير على

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org

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 ***(HAKKINEN ET AL 1998; AAGAARD ET AL*** ***2002)***. 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.قد تنجم زيادة فاعلية الجهاز العصبي عضلي من زيادة فعاليات الثني التي تعمل على مستوى الخلايا العصبية الشوكية اثناء التدريب.



(شكل رقم 12)
يبين (A) معدل تطور القوة(RFD)(يعني{±SE}) في فترة الراحة قبل وبعد تطبيق برنامج التدريب الحسي حركي على مدى 4 أسابيع. ويبين (B) متوسط السعة الحيوية (MAV) (يعني{±SE}) للعضلة المتسعة الأنسية vastus medialis (VM) والمتسعة الوحشية Vastus lateralis (VL) قبل وبعد التدريب الحسي حركي.P<.01; ***P<.05**

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org

- الأستنتاجات

لايعتبر تكيف الجهاز العصبي عضلي حالة فريدة من نوعها ولكن في نفس الوقت يصعب التعرف عليها. هنالك أحتمالات عديدة للجهاز العصبي تدفعه الى تسهيل أو أعاقة عمل الخلايا الحركية عصبية الأخيرة. 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. حيث 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 -***(transcranial magnetic stimulation) TMS.*** 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 الأطلاق للخلايا الحركية العصبية.

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org