القوة والقدرة

أ.م.د. أسامة أحمد حسين الطائي
عضو الاكاديمية الرياضية العراقية

جامعة بغداد
كلية التربية الرياضية
كانون الثاني 2009

- المقدمة:

لا يوجد شك أو قد لا يختلف اثنان بأن كلاً من القوة العضلية والقدرة هما مبدآن أساسيان في الإنجاز الرياضي، إذ إن كل فعالية رياضية أو لعبة رياضية تعتمد على هذين المكونين وبدرجات متفاوتة، وحسب نوع وطبيعة اللعبة أو الفعالية. وبالاعتماد على تحديد نوع اللعبة أو الفعالية فإن متطلبات القوة والقدرة تكون هي الأخرى محددة، هذا الأمر قاد العديد من العلماء والباحثين والمدربين للتفكير والتجريب لطرائق التدريب والتي ستكون أكثر ملائمة لتطوير قوة وقدرة لاعبيهم.

وغالباً ما نجد إن مفهوم القدرة يرتبط بمفهوم القوة إلا أنه يوجد فرق بينهما هذا الفرق هو الأساس الذي يعتمد عليه المدربون في تطوير كل من الصفتين على حدى.

إن ارتباط مفهوم القدرة أو علاقة القدرة بالقوة آتية من إن القدرة هي شكل من أشكال القوة، إذ إن القوة تكون بشكلها الأساس هي القوة القصوى والصفات الأخرى (القوة الانفجارية (القدرة)، القوة المميزة بالسرعة، ومطاولة القوة) هي مشتقات إن جاز التعبير من القوة القصوى. وبكلام آخر إن باقي الصفات أعلاه هي مركبة من صفتين أساسها القوة مع صفة أخرى قد تكون السرعة أو المطاولة أو كلاهما كما في مطاولة القوة المميزة بالسرعة.

- الفرق بين القوة والقدرة:

لأجل التمييز والتفريق بين مصطلحي القوة والقدرة فأنه يمكن تعريفهما بشكل مختلف، لهذا معناهما سوف يتغير، إذ إن الفصل بين القوة والقدرة فسيولوجياً وبيوميكانيكياً أمر صعب إلى حد ما، لأن كلاهما يعتمد على مستوى الفعالية (التحفيز) العصبي، وعليه يمكن تعريف القوة على إنها قابلية العضلة لإظهار أكبر قوة، في حين إن القدرة هي الصيغة أو الطبيعة الانفجارية لتقويم القوة.

وهنا يجب أن نميز بين أنواع القدرة فمنها ما هو انفجاري ومنها ما هو غير انفجاري.

النوع الأول للقدرة وتسمى القوة الانفجارية وهو القابلية لإظهار أقصى انقباض فوري أو لحظي وبطبيعة انفجارية ولمرة واحدة. وهنا يرى الباحث إن تسمية القوة الانفجارية هي تسمية خاطئة إلى حد ما، لأن كلمة لحظية أو انفجارية تعني السرعة في الأداء، وهذا يعني الأداء بأقل زمن ممكن وهذه قدرة وليس قوة.

أما النوع الآخر للقدرة فهو القوة المميزة بالسرعة والتي تعني القوة التي تمتاز بالسرعة وهي بهذا المعنى تعني القدرة أيضاً.

والسؤال الآن والذي يطرح نفسه هو: ما الفرق بين القدرة الانفجارية والقوة المميزة بالسرعة طالما إن كلاهما قدرة ؟؟.

وللإجابة على هذا السؤال نقول: إن القوة المميزة بالسرعة لا تعني الأداء اللحظي ولمرة واحدة، وإنما الأداء خلال زمن معين ولأكبر عدد من التكرارات، أي السرعة بالأداء. في حين إن القدرة الانفجارية هي وكما ذكرنا القوة اللحظية وبطبيعة انفجارية ولمرة واحدة.

© الحقوق محفوظة للكاتب وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org

أما عن عدد تكرارات القوة المميزة بالسرعة فهو ينحصر بزمن معين وهذا الزمن يكون بين (10-15) ثانية، وذلك لأنه خلال هذا الزمن يكون ناتج العمل العضلي نتيجةً لنظام الطاقة الفوسفاجيني (**ATP-CP**) وما زاد عن ذلك فأنه يدخل ضمن نظام حامض اللاكتيك.

في حين إن زمن أداء القدرة الانفجارية يجب أن لا يزيد عن (2-3) ثانية لكي يكون العمل ضمن نظام الطاقة اللاهوائي من تحلل **ATP** فقط دون استعمال فوسفات الكرياتين **CP**. وعليه فإن اختبارات القوة المميزة بالسرعة يجب أن تنحصر بين (10-15) ثانية واختبارات القدرة الانفجارية بين (2-3) ثانية أو أقل.

ويرى الباحث تسمية اختبارات القدرة الانفجارية بـ: اختبارات القدرة اللاهوائية القصيرة جداً **Test of Ultra Short-Term Maximal Anaerobic Power** ، وتسمية اختبارات القوة المميزة بالسرعة بـ: اختبارات القدرة اللاهوائية القصيرة **Test of Short-Term Anaerobic Power** .

أما الاختبارات التي تصل إلى (25-30 ثا) فهي اختبارات تقيس السعة اللاهوائية (**Anaerobic Capacity**) أو المطاولة اللاهوائية (**Anaerobic Endurance**) " وهي القدرة على الاحتفاظ أو تكرار انقباضات عضلية قصوية اعتماداً على إنتاج الطاقة اللاهوائية بنظام حامض اللاكتيك" والتي ما تعرف حديثاً بـ: مطاولة القوة المميزة بالسرعة.

وبالرجوع إلى الفرق بين القوة والقدرة فأن القدرة تعرف ميكانيكياً **على إنها الشغل المنجز في وحدة الزمن وتقاس بوحدة الواط** [β]

$$\text{أي القدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}} \quad \text{أو قدرة} = \text{القوة} \times \frac{\text{الإزاحة (م)}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{قدرة} = \text{القوة} \times \text{السرعة}$$

أو "**إمكانية بذل مستوى عالي من الشغل (ناتج القوة والمسافة) بمستوى عالي من السرعة**" . وبهذا نرى إن مصطلح القدرة مرتبط دائماً بزمن الأداء، وعليه فإن أي عمل لا يأخذ بنظر الاعتبار زمنه هو شغل وليس قدرة، ومفهوم القدرة الهوائية هو ليس قدرة بالمعنى الدقيق والحقيقي وإنما هي قابلية أو سعة.

أما **القوة** فهي المقدرة على استخدام ومواجهة المقاومات المختلفة وهي تساوي **القوة = الكتلة × التعجيل**.

وعليه فإن الزيادة في القوة ترتبط بالتغير في عامل الكتلة أو، والتعجيل أي الحصول على أكبر قوة (أقصى قوة).

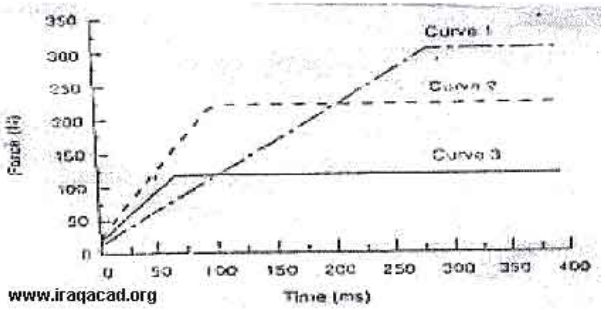
وبالرجوع إلى الفرق بين القوة والقدرة نجد إن "القدرة هي مقياس كمية العمل الكلية التي تتمكن العضلة من إنجازها في فترة زمنية معينة ولا يتعين ذلك بقوة الفعل العضلي فقط ولكن أيضاً بمسافة التقلص وبعدد مرات التقلص في الدقيقة الواحدة [السرعة]، أي إن العضلة التي تتمكن من رفع كغم واحد إلى ارتفاع متر واحد أو تلك التي تحرك جسماً بصورة جانبية مقابل قوة كغم واحد ولمسافة متر واحد في دقيقة واحدة، يقال لها إنها قدرة تساوي (1كغم.م.د). أما القوة العضلية فتقدر بصورة رئيسة بحجم العضلة" (أي كتلتها وعن طريق مساحة المقطع العرضي).

إن الوصول لأعلى قوة بمعدلات سريعة عالية يعتبر متطلباً أساسياً في العديد من الفعاليات والألعاب الرياضية [وإن امتلاك اللاعب لقوة قصوية لا يعني بالضرورة امتلاكه لقدرة عالية أو العكس]. إذ يوضح الشكل (1) ثلاثة منحنيات تمثل الوصول بالقوة العضلية إلى أقصى قيمة لها خلال زمن محدد 400 ملي ثانية. إذ يوضح المنحنى الأول لاعب يتمتع بقدر كبير من القوة المطلقة (القصوى) ولكنه يفتقر إلى القدرة ومن أمثلته لاعب الأثقال. أما المنحنى الثاني فيوضح لاعب يتمتع بقوة مطلقة أقل نسبياً من الحالة الأولى وهو يصل في

[β] 1 واط = 6,12 كغم.م/ثا (جول).

© الحقوق محفوظة للكاتب وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org

هذه الحالة إلى الحد الأقصى للانقباض في زمن أقل نسبياً مثل لاعب الوثب العالي والطويل. أما المنحنى الثالث فيوضح لاعب يؤدي ما لديه من قوة مطلقة (قصوية) بمعدل سريع ولكنه لا يتمتع بقدرة عضلية كبيرة وبالتالي فهذا النوع من اللاعبين لا يصلح لأنواع الرياضات التي تتطلب كل من القوة والقدرة في آن واحد.



الشكل (1)
يوضح المنحنيات النظرية (القوة-الزمن) لأفراد مختلفين في مستوى القدرة عن (طلحة حسام الدين وآخرون 1997م)

إن الوصول لأقصى قوة وقدرة يكون من خلال توليد حركات قوية ومتناسقة بسبب تجمع القوى والذي يعني تضافر العديد من التقلصات العضلية (النفظات-**Twitch**) مع بعض البعض ويحدث تجمع القوى بصورة عامة بطريقتين:

1. التجمع متعدد الألياف: Multiple Fiber Summation:

ويتم عن طريق زيادة عدد الوحدات الحركية المتقلصة معاً وفي وقت واحد، فعندما يرسل الجهاز العصبي المركزي إشارة ضعيفة تتقلص إحدى العضلات وتنبه الوحدات الحركية فيها التي تحوي على أصغر الألياف العضلية وأقلها عدداً، مفضلة ذلك على تنبيه الوحدات الحركية الكبيرة، وعند زيادة شدة الإثارة يبدأ تنبيه الوحدات الحركية الأكبر تدريجياً. والمعروف إن لأكبر الوحدات الحركية شدة تقلصية تساوي (50) ضعف الشدة التقلصية لأصغر الوحدات، ويسمى ذلك مبدأ الحجم (**Size Principle**). وهذا يسمح لتدرج شدة التقلص العضلي بأن يكون بدرجات صغيرة بينما تصبح الدرجات أكبر شدة تدرجياً عندما تدعو الحاجة إلى درجات أكبر من الشدة، وسبب ذلك هو إن الوحدات الحركية الصغيرة تتغذى بألياف عصبية حركية صغيرة وهي أكثر استثارة من الألياف العصبية الكبيرة التي تغذي الوحدات الحركية الكبيرة لذلك فإن الأولى تستثار أولاً.

2. التجمع الترددي والتكزيز (التكزز) - Frequency Summation and Tetanization

إن التقلصات العضلية تكون فردية وتحدث واحدة بعد الأخرى بنفس تردد التنبيه وعند ازدياد التردد تأتي فترة يحدث فيها كل تقلص جديد قبل انتهاء التقلص الذي يسبقه وبهذا ترتفع شدة التقلص الكلية تدريجياً كلما زادت سرعة التردد، وعند وصول هذا التردد إلى مستوى حرج تصبح التقلصات المتتالية سريعة جداً لدرجة تجعلها تندمج في الواقع مع بعضها عندما تصل شدة التقلص أقصاها بحيث لن يكون هناك لأية زيادة إضافية في سرعة التردد أي تأثير إضافي على شدة التقلص العضلي.

- العوامل المؤثرة في القدرة الانفجارية:

© الحقوق محفوظة للكاتب وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org

يوجد الكثير من العوامل والتي تؤثر في القدرة الانفجارية وهذه العوامل هي نفسها إلى حد ما والتي تؤثر في القوة نظراً للتشابه الكبير بين القوة والقدرة، وعليه فأننا سوف نقسم العوامل المؤثرة إلى ثلاثة محاور رئيسة هي:

1. **العوامل البيوميكانيكية.**
2. **العوامل الفسيولوجية.**
3. **الحالة التدريبية.**

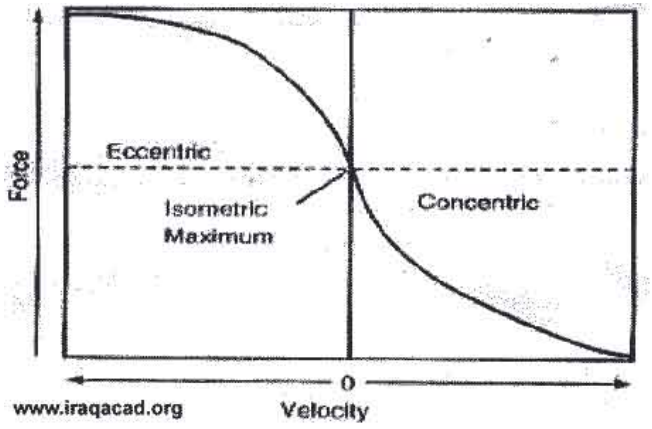
وسوف نكتفي بهذه الدراسة على تقديم العوامل البيوميكانيكية وستكون لنا رجعة إلى ذكر العوامل الفسيولوجية والحالة التدريبية في الدراسات القادمة.

1. العوامل البيوميكانيكية: وتشمل ...

أ. علاقة القوة-السرعة: **Force-Velocity Relationship:**

إن قانون القدرة هو (**القدرة = ق × س**) وهذا يعني وكما أسلفنا إن القدرة تتأثر بالقوة والسرعة، إذ أنها تزداد بزيادة أحد هذين العنصرين. ولكن السؤال الآن: ما هي العلاقة بين القوة والسرعة ؟ من خلال ملاحظتنا للقانون نعرف إن العلاقة عكسية "هذه العلاقة الكلاسيكية بين القوة-السرعة اكتشفت أولاً عن طريق (هيل) **Hill** عام 1938".

إن سرعة انقباض العضلة لها تأثير ملحوظ وواضح على سعة العضلات لتوليد القوة، كما إن نوع الانقباض العضلي يلعب دوراً كبيراً في ذلك، فخلال الانقباض المركزي(**Concentric**) والذي فيه تقصر العضلات أثناء الانقباض، فإن القوة القصوى تنخفض تدريجياً مع زيادة السرعة، في حين إن العكس صحيح خلال الانقباض اللامركزي (**Eccentric**) [أي تزداد القوة مع زيادة السرعة] عندما تكون العضلات العاملة خاضعة للإطالة، الشكل (2).



الشكل (2)
يوضح منحنى القوة-السرعة عن (Susan J. Hall-1995)

كما إنه عندما يتطور شد العضلة ضد حمل عالي، فإن سرعة تقصير العضلات يجب أن تبطئ نسبياً، وعندما تكون المقاومة واطئة فإن سرعة التقصير ممكن أن تسرع نسبياً.

© الحقوق محفوظة للكاتب وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org

وهذا لا يعني أنه من غير الممكن تحريك مقاومة عالية بسرعة عالية . [إذ إن مثل هذه الحالة تدل على امتلاك اللاعب لقدرة عالية].

إن انخفاض القوة المتولدة من الشد المركزي تدريجياً مع زيادة سرعة الحركة يكون نتيجةً:

1. لزوجة الوسط الذي يقاوم الحركة مع زيادة السرعة.
2. انفصال وعودة الاتصال للجسور المستعرضة بمعدلات سريعة مما يؤدي إلى تقليل الشد أو التوتر.
3. إن سرعة الانقباض العالية لا تسمح بتوفر زمن كافي لتوليد أقصى قوة انقباضية.

وعند وصول السرعة إلى الصفر فإن الانقباض يكون ثابتاً (**Isometric**). ويذكر (سامي عبد الفتاح نقلاً عن أي ديركس وآخرون-**A . Dirix etal 1988**) بأنه يفسر الانقباض الثابت ميكانيكياً على إن الشد المتولد هو بسبب فعل المكون الانقباضي [β] (الاكتومايوسين) (**CC**) **Contractile Component** على المكون المطاطي المتتالي (المتسلسل) [ββ] **Series Elastic Component (SEC)** أما الانقباض المركزي فأنه دائماً يسبق بانقباض ثابت لحين أن يكون الفعل للمكون الانقباضي على المكون المطاطي قد ساوى أو تعدى المقاومات الخارجية (الحمل) وعندها تتقلص العضلة. أما الشد اللامركزي فأن القوى الخارجية كالجاذبية الأرضية والعضلات المضادة هي التي تؤدي بالعضلة لتطول. (الشكل 3). وان أعظم قوة وقدرة يمكن توليدها من الشد اللامركزي حيث يمكن ملاحظة ذلك من منحنى القوة-السرعة (أرجع للشكل 2).

إن الزيادة في القوة المتولدة من الشد اللامركزي تعود إلى اصل **كيوميكانيكي** (**Chemomechical Origin**) وهذا أثبته (ايدمان وآخرون عام – **Edman etal 1978**) إذ وجد إنه إذا سحبت العضلة بعد تقلص آيزومتري قصوي فإن القوة المتولدة ستزداد "وقد تصل هذه القوة إلى ثلاثة أضعاف القوة بالتقلص المركزي".

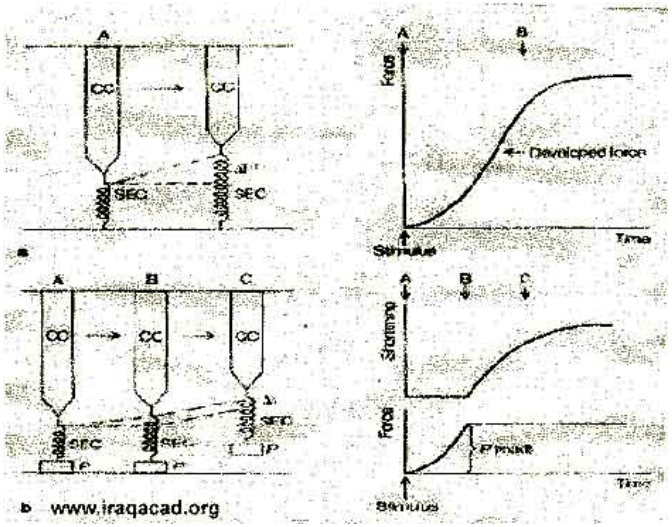
هذا المبدأ الميكانيكي العضلي (**القوة-السرعة**) له دور كبير في تطوير قدرة العضلات إذ لا يمكن تطوير كلا القوة والسرعة إلى الحد الأقصى في الوقت نفسه، وهو ما تتطلبه القدرة (**قد = ق × س**) بل يمكن تطوير أحدهما على حساب الآخر وكما يلي:

1. قوة كبيرة بسرعة منخفضة⇐ تطوير القوة⇐ قوة مميزة بالسرعة (لاعب الأثقال).
2. سرعة عالية بقوة منخفضة ⇐تطوير السرعة⇐سرعة مميزة بقوة (لاعب الموانع).
3. قيم متوسطة لكل من القوة والسرعة⇐ يطور القوة والسرعة⇐القدرة بصورة عامة.

[β] المكون الانقباضي (الاكتومايوسين) CC - **Contractile Component** هو خاصية العضلة للقدرة على تطوير الانقباض العضلي بواسطة إثارة الألياف العضلية.

[ββ] المكون المطاطي المتتالي (المتسلسل) **SEC** - **Series Elastic Component** هو الخاصية المطاطية الفعالة للعضلة والمسخرة من الأوتار، وأما المكون المطاطي المتوازي **PEC** - **Parallel Elastic Component** هو الخاصية المطاطية الفعالة للعضلة والمسخرة من قبل الأغشية العضلية.

© الحقوق محفوظة للكاتب وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org



الشكل (3)
يوضح الانقباضات العضلية عن (A.Dirix etal 1988)

ومما تجدر أليه الإشارة إن تطوير القدرة العضلية عن طريق التدريب يمكن أن تحدث بدون عملية التضخم العضلي، وإنما عن طريق مجموعة من التكيفات العصبية والتي حددها (**Milliner-Brown etal-1975**) بـ:

1. فعالية أكثر للعضلات الرئيسة العاملة.
2. تحسين التوافق لعمل العضلات المساعدة.
3. زيادة كبح العضلات المضادة (المعاكسة) وزيادة التحفيز المتزامن للوحدات الحركية العاملة.

[إضافة إلى العوامل الوراثية المحددة لنوعية الألياف العضلية].

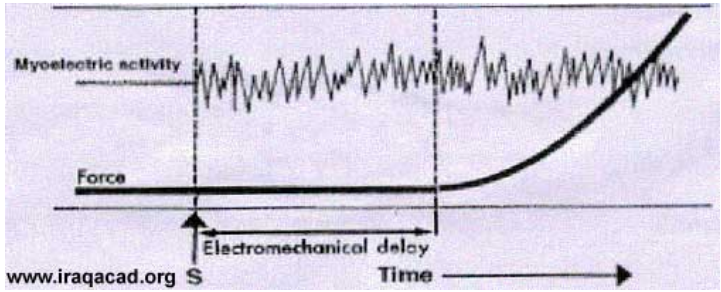
X **علاقة القوة - الزمن: Force-Time Relationship:**

عندما تحفز العضلة، فإن هناك مدة أو وقت قصير الأمد يقتضي وجوده قبل أن تبدأ العضلة بتقديم تطور الشد (الشكل 4) والذي يشار أليه **بالتأخير الكهروميكانيكي** [β] (**Electromechanical Delay-EMD**). إن هذه المدة من الزمن يعتقد إنها ضرورية لكي تزيح المكونات الانقباضية (**CC**) للعضلة المكونات المطاطية (**SEC**)، وخلال هذا الزمن فإن ارتخاء العضلة يُزال، وحال كفاية مط المكون المطاطي فأنه يشرع تطور الانقباض العضلي. وإن طول التأخير الكهروميكانيكي يتفاوت إلى حد بعيد بين عضلات الجسم البشري، وتكون قيمته بين (20-100) ملي ثانية، الباحثون وجدوا إن أقل زمن للتأخير الكهروميكانيكي يقدم بواسطة العضلات الحاوية على نسبة عالية من الألياف السريعة (**FT**)، لذا تعد (**FT**) الأفضل في تقديم القدرة إذ إن (**FT**) تمتاز بسرعة الاستجابة للمثير العصبي والوصول لأكبر قوة وبأقل زمن مقارنتاً بالألياف العضلية البطيئة (**ST**) وكما في (الشكل 5).

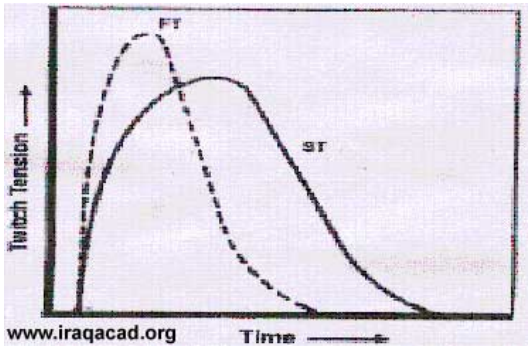
إن ظهور أكبر وأسرع انقباض عضلي يرتبط مع قصر (**EMD**) وذلك لأن التأخير الزائد يؤدي إلى تقليل القوة وحسب قانون (**الدفع = القوة × الزمن**) إذ يلاحظ إن مقدار القوة يتناسب عكسياً مع الزمن.

[β] التأخير الكهروميكانيكي - **Electromechanical Delay-EMD**: هو الوقت اللازم بين وصول المثير العصبي وتطور الانقباض بواسطة العضلة (الاستجابة).

© الحقوق محفوظة للكاتب وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org



الشكل (4)
يوضح التأخير الكهروميكانيكي – EMD عن (Susan J.Hall - 1995)



الشكل (5)
يوضح سرعة وقوة انقباض الألياف العضلية السريعة (FT) والبطيئة (ST) عن (Susan J.Hall - 1995)

- طول العضلة ومقطعها العرضي وتوجيه الألياف:

Muscle Length, Cross Section and Fiber Orientation:

بصورة عامة: العضلة الأطول هي العضلة التي تنقبض بسرعة أكبر، لأن العضلة الأطول تعني ساركوميرات أكثر مرتبة الواحدة بعد الأخرى (بشكل متتالي) وإذا قصرت كل هذه الساركوميرات بنفس المعدل فإن الفرد صاحب العضلة الأطول سوف يكون له (سرعة) تقصير (انقباض) كبيرة في وحدة الزمن. أما تطور أكبر شد للعضلة فهو متعلق بصورة مباشرة بسمك العضلة أو مقطعها العرضي. إذ إن زيادة المقطع العرضي يعني زيادة الجسور المستعرضة والتي تكون بشكل متوازي. هذه القوة والسرعة القصوى للانقباض العضلي (القدرة) تعتمد بشكل كبير على نوع الليف العضلي.

وبكلام آخر: العضلات التي تحوي على أعداد كبيرة من الساركوميرات والمرتبة بشكل متتالي ممكن أن تعطي سرعة أكبر من العضلات التي تحوي على عدد أقل من الساركوميرات المرتبة بشكل متتالي. في حين إن عدد اللويفات العضلية وما يتصل بها من ساركوميرات والتي تكون متوازية تكون هي العامل الحاسم في القوة المنتجة.

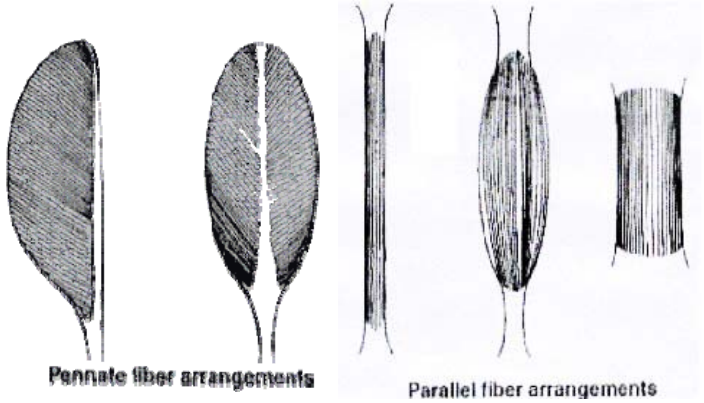
كما يعد شكل البناء الليفي للعضلة متغير آخر يؤثر في وظيفة العضلة من خلال شكل ترتيب الألياف العضلية، إذ أن تنظيم وترتيب الألياف العضلية داخل العضلة وطريقة

© الحقوق محفوظة للكاتب وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org

اتصالها بوتر العضلة له أهمية اعتبارية في عضلات الجسم. هذه الاعتبارات البنائية تؤثر في قوة الانقباض العضلي للعضلات وفي المدى الحركي للمجاميع العضلية التي تحرك أجزاء الجسم. وإن التصنيف الأساس لترتيب الألياف العضلية يكون بنوعين هما: **الشكل المتوازي (المغزلي) والشكل الريشي**. بالرغم من وجود أنواع مشتقة أخرى من هذين النوعين، ويعد التمييز بين هذين النوعين أمر بالغ الأهمية لمناقشة المميزات البايوميكانيكية للعضلات. **ففي الترتيب المتوازي للألياف العضلية**: فإن الألياف تتوجه لتنتظم بشكل موازي للمحور الطولي للعضلة ومن أمثلتها العضلة البطيئة المستقيمة والعضلة ذات الرأسين العضدية. **أما في الترتيب الريشي للألياف العضلية** فإن الألياف تمتد بزاوية على المحور الطولي للعضلة، وكل ليف في العضلات الريشية يتصل بالوتر ومن أملتها العضلة الدالية.

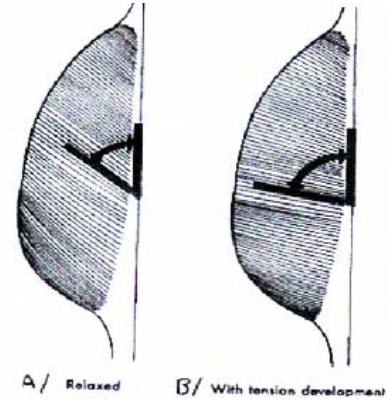
أثناء التقلص العضلي في الألياف المتوازية فإن أي قصر في العضلة سببه الرئيس هو نتيجة التقصير في الألياف العضلية، في حين أنه في الألياف الريشية تحدث زيادة في زوايا اتصال الألياف بالوتر وبهذا فأنها تدور حول وترها المتصلة به أو الأوتار المتصلة بها، وكلما زاد التقلص زادت الزاوية (**زاوية اتصال الليف بالوتر**). ومن المعروف إن الزاوية الكبرى لاتصال الألياف بالوتر تظهر أقل كمية من القوة الفعالة والمنقولة للوتر أو الأوتار لتحريك العظام وإحداث الحركة، وإن كمية القوة المنقولة إلى الوتر هي أقل من نصف القوة الحقيقية المتولدة في الألياف العضلية.

وبالرغم من إن زيادة زوايا اتصال الألياف بالوتر تقلل من القوة الناتجة من انقباض الألياف فإن هذا الترتيب الريشي يسمح بتجنيد ألياف عضلية أكثر كمية من التي تستطيع الألياف المتوازية تجنيدها وفي نفس المساحة المكانية للعضلة مما يجعلها تنتج قوة أكبر من الألياف المتوازية. ولكن إن الترتيب المتوازي للألياف يسمح بأكبر تقصير تام ممكن للعضلات مقارنتاً بالترتيب الريشي، لذا فإن أليافه ممكن أن تحرك أجزاء الجسم خلال مديات حركية واسعة مقارنتاً بزيادة الألياف في العضلات الريشية والتي تكون مدى حركتها قليل.



الشكل (6) يوضح ترتيب الألياف العضلية المتوازي (المغزلي) Parallel والريشي Pennate عن (Susan J.Hall - 1995)

© الحقوق محفوظة للكاتب وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org



الشكل (7) يوضح العضلات الريشية أثناء: A الراحة – B الانقباض عن (Susan J.Hall - 1995)

المصادر العربية والأجنبية

- **العربية:**

- ❖ بهاء الدين إبراهيم سلامة : **التمثيل الحيوي للطاقة في المجال الرياضي** ، مصر ، دار الفكر العربي ، 1999م.
- ❖ سامي عبد الفتاح : محاضرات طلبة الماجستير للعام الدراسي 1997-1998م.
- ❖ طلحة حسام الدين وآخرون : **الموسوعة العلمية في التدريب** ، ط1، مصر، القاهرة، مركز الكتاب للنشر، 1997م.
- ❖ عويس الجبالي : **التدريب الرياضي-النظرية والتطبيق** ، ط1، دار **GMS** للطباعة والنشر والتوزيع والإعلان، 2000م.
- ❖ كايتون وهول : **المرجع في الفسيولوجيا الطبية** ، (ترجمة صادق الهلالي)، بيروت، لبنان، دار أكاديميا انترناشونال، 1997م.

- **الأجنبية:**

- ❖ A.Dirix etal: **The Olympic Book of Sport Medicine**, Volume 1, Black Well Scientific Publications, W.Germany, 1988.
- ❖ George A.Brooks, Thomas D.Fahey: **Exercise Physiology**, Macmillan Publishing.Co, USA, 1985.
- ❖ Scott K. Powers, Edward T. Howley: **Exercise Physiology**, 4th edition, McGraw-Hill Companies, Inc-New York, USA, 2001.
- ❖ Susan J. Hall: **Basic Biomechnics**, 2ed edition, USA, Mc Graw-Hill Companies, Ine, 1995.

© الحقوق محفوظة للكاتب وللاكاديمية الرياضية العراقية 2009
www.iraqacad.org