الفصل السادس

ميكانيكية العضلات الهيكلية لجسم الإنسان

THE BIOMECHANICS OF HUMAN SKELETAL MUSCLE

بعد اكمال هذا الفصل سيتمكن القارئ من ..

- ✓ فهم وتشخيص الخصائص السلوكية للوحدة الوترية العضلية
- ✓ توضيح كيف تولد العضلات الهيكلية الحركات حركات متناسقة لجسم الإنسان
- ✓ توضح العلاقة بين أنواع الليف العضلي وبشكل خاص الليف الذي يساهم في الأداء العضلي.
- ✓ مناقشة أفكار القوة والطاقة والتحمل من منظور بايوميكانيكي
- ✓ مناقشة أفكار تحريك الأطراف وامتصاص الصدمة.
- ✓ مالذي يساعد الرياضيين في التفوق في سباقات التحمل كسباق المارثون والسيطرة في سباقات القوة كسباق العدو؟
- ✓ ما هي مميزات النظام العصبي العضلي التي تساهم في سرعة الحركة؟
- ✓ كيف يمكن أن يقترن نشاط عضلة معينة مع أنشطة المفاصل المختلفة؟
- ✓ من منظور بيوميكانيكي ماهي القوة؟

العضلة هي النسيج الوحيد القادر على زيادة الشد بصورة فعالة هذه الميزات تساعد العضلة الهيكلية او العضلة المشدودة في تأدية وظائفها الهامة في المحافظة على وضع الجسم المستقيم،تحريك الإطراف وامتصاص الصدمة،ونتيجة لقدرة العضلة لانجاز هذه الوظائف عندما تحفز بصورة صحيحة .

فالجهاز العصبي للإنسان والجهاز العضلي غالبا ما يشيران مجتمعين إلى نظام واحد هو النظام العضلي العصبي.

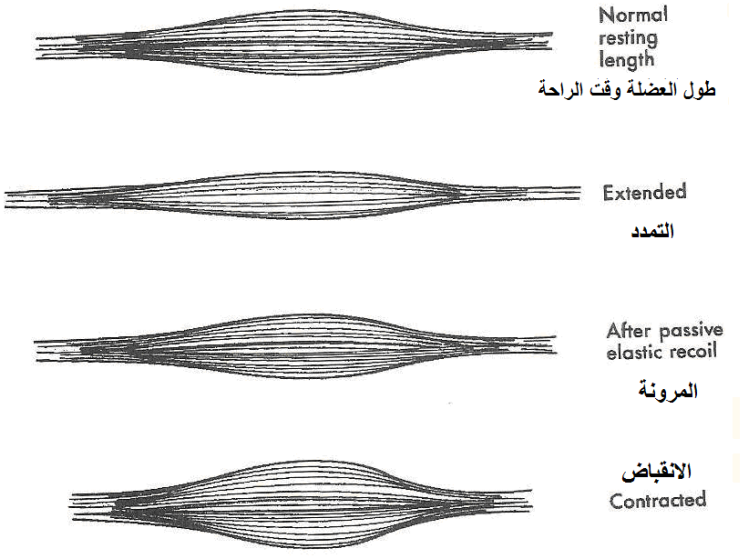
يناقش هذا الفصل الخصائص السلوكية لنسيج العضلة،النظام الوظيفي للعضلة الهيكلية والجوانب البيوميكانيكية لوظيفة العضلة.

الخصائص السلوكية للوحدة الوترية العضلية
BEHAVIORAL PROPERTIES OF THE MUSCULOTENDINOUS UNIT

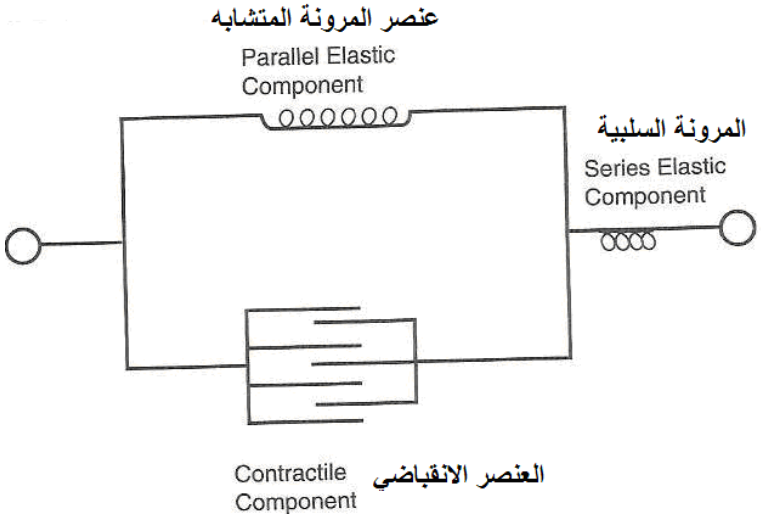
الخصائص السلوكية الأربعة لنسيج العضلة هي التمدد والمرونة والسرعة والقدرة على تنمية الشد هذه الخصائص العامة لكل العضلات الموجودة في البشر والحيوانات الثديية والزواحف والبرمائيات والطيور والحشرات .

التمدد والمرونة Extensibility and Elasticity

ان خصائص أو مميزات التمدد أو المرونة هي خصائص عامة للعديد من الأنسجة الحركية (البايلوجية) وكما في شكل 1-6.



(شكل 1-6)الخصائص المميزة لنسيج العضلة هي التمدد والمرونة والانقباض وحدة المزاج (السيالات العصبية).



(شكل 2-6) من وجهة نظر ميكانيكية تتصرف الوحدة العضلية الوترية للجزء الانقباضي (ألياف العضلة) بشكل متوازي مع جزء مرونة واحد (أغشية العضلة) وبشكل سلاسل مع جزء مرونة آخر(الأوتار)

فالتمدد هو القابلية على أن تكون متمددا أو تزيد في الطول والمرونة هي القابلية على الرجوع إلى الطول الطبيعي بعد التمدد والانقباض .

الأسلوب المرن للعضلة وصف بأنه تركيب عنصرين رئيسيين (شكل1-6) أغشية العضلة تمثل العنصر المرن الموازي (PEC) وذلك يعطي الشد المقاوم عندما تكون العضلة مشدودة تحت تأثير خارجي(شد سلبي)، أما الأوتار تمثل عنصر المرونة المتسلسل(SEC) التي تؤثر على شكل نابض لخزن الطاقة المطاطية عندما تكون العضلة في حالة شد ايجابي فعال عناصر العضلة هذه او مركباتها المطاطية العضلية معينة بشكل دقيق وذلك لان الأغشية والأوتار تكون بشكل موازي وبالتتابع في سلسلة مع الألياف العضلية التي تستند الجزء القابل للانقباض.

مطاطية هيكل الإنسان هو مصدر ثقة لتكون مطابقة أساسيا لجزء المرونة المتسلسل (SEC) أي مرونة للعضلة المشتقة من أغشية العضلة .

الارتداد المطاطي لنسيج العضلة المشدودة (SEC) يساهم وبشكل كبير في القوة التي تنمو عن طريق مرونة العضلة وكذلك تعود الى طول الراحة الطبيعي الذي يتبع المد أو شد العضلة ويدعم ايضا الانتقال السلس للشد من العضلة إلى العظم.

كل من (SEC) و (PEC) يمتلكان خاصية اللزوجة التي تساهم في تمدد وعودة العضلة الى الشكل الاعتيادي .

عندما يستمر المد الثابت للمجموعة العضلية لأوتار الركبةhamstrings لفترة من الزمن فان العضلة ستطول بشكل متزايد ويزداد معدل حركة المفصل وبطريقة مماثلة بعد أن تكون المجموعة العضلية مشدودة فإنها لن ترجع إلى الطول الاعتيادي حالا وستقصر تدريجيا مدة من الوقت وهذه الاستجابة المطاطية اللزجة للعضلة غير مرتبطة الجنس.

- ✓ المرونة المتشابهParallel elastic: وهي خاصية المرونة السلبية للعضلة المستخدمة من اغشية العضلة.
- ✓ Series component elastic: وهي خاصية المرونة السلبية للعضلة المشتقة من الأوتار.
- ✓ العنصر الانقباضيContractile component : خاصية العضلة التي تساعد في تنمية الشد عن طريق الألياف العضلية المحّفزة.
- ✓ خاصية اللزوجة تساعد العضلة في زيادة الطول بشكل متزايد لمدة معينة عندما تكون العضلة ممدودة.

حدة الطيع والقابلية على تنمية الشد

Irritability and the Ability to Develop Tension

هناك خصائص نوعية للعضلة منها حدة الطيع وهي قابلية الاستجابة للحافز الذي يؤثر على العضلات وهو أما كيميائية كهربائية مثل الفعل الكامن من العصب الماس أو حافز حركي ميكانيكي مثل الضربة الخارجية لجزء من العضلة فإذا كان الحافز بكمية كافية تستجيب العضلة عن طريق زيادة الشد.

القابلية على زيادة الشد هي واحدة من المميزات الفريدة لنسيج العضلة وقد تبين تاريخيا إن زيادة الشد بواسطة العضلة كان يشير الى عملية الانقباض أو لجزء الانقباض لعمل العضلة.

ان عملية الانقباض هي القابلية على تقصير الطول وعلى أية حال فشد العضلة ربما لا يؤدي الى تقصير العضلة.

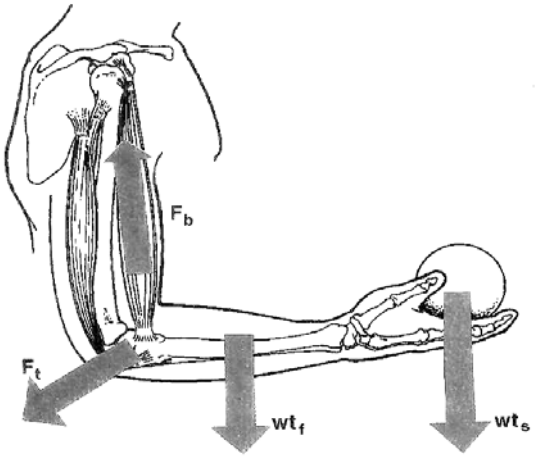
وظيفة العضلة الهيكلية KELETAL MUSCLE FUNCTION

الشد هو عبارة عن قوة سحب عندما تحفز العضلة (تنشط) يزداد الشد، فكمية الشد الموجودة هي ثابتة على طول العضلة وعلى أمكنة الاتصال الوترية العضلية للعظم.

القوة التوترية المتزايدة بواسطة العضلة تسحب على العظام المترابطة خلال الأوتار وتقوم بتوليد عزم دوران في المفصل أو المفاصل المارة في العضلة.

ان مقدار عزم الدوران المتولد هو حاصل القوة التي تولدها العضلة والمسافة العمودية لخط القوة من مركز دوران المفصل بالاعتماد على قوانين إضافة المؤشر فان حاصل عزم الدوران الموجود في المفصل يحدد اتجاه أي من الحركات الناتجة وان وزن جزء من الجسم والقوى الخارجية المؤثرة على

الجسم والشد في أي عضلة مارة بالمفصل يمكن ان تعمل على توليد عزم دوران في ذلك المفصل (شكل3-6).



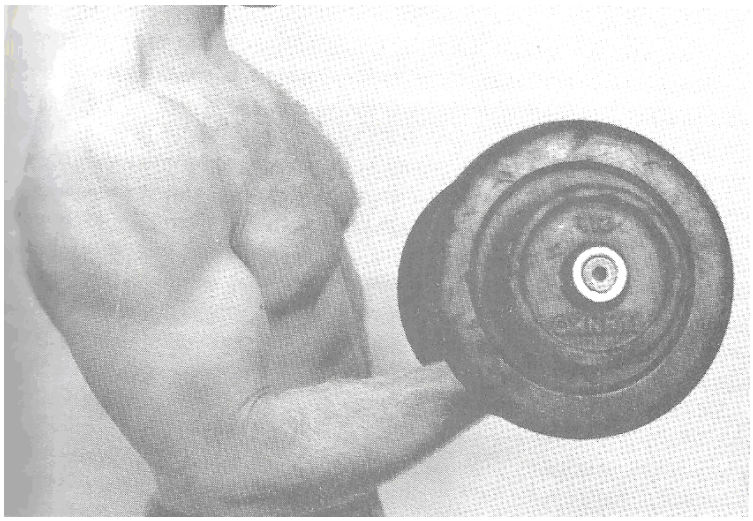
(شكل 3-6) عزم الدوران المسلط بواسطة العضلة ذات الرأسين أعلى الذراع يجب أن (Fb) تقاوم عزوم الدوران المتولدة بواسطة القوة في العضلة ثلاثية الرؤوس (Ft) وجه الذراع واليد (WTf) ووزن القذف في الذراع (WTs).

رياضي كمال الأجسام يحتاجون إلى الشد الذي لايطيل العضلة (isometric) وذلك لعرض حجم العضلة وتوضيحها.

أنواع الانقباض العضلي Type of Muscle Contraction

عندما يولد الشد العضلي عزم دوران اكبر من عزم الدوران المقابل والمقاومة في المفصل فان العضلة ستقصر مسببة تغيير في زاوية المفصل.

- ✓ محصلة عزم الدوران في المفصل هو كمية المؤشرات عزم الدوران العضلة وعزم الدوران المضاد.



خلال مرحلة ثني المرفق في فتل وجه الذراع العضلات العضدية والعضلة ذات الرأسين أعلى الذراع تؤثر كعضلات محركة أساسية وبقية العضلات العضدية تعتبر عضلات مساعدة.

- ✓ عزم الدوران المسلط بواسطة العضلة ذات الرأسين أعلى الذراع يجب ان يقابل عزوم الدوران المتولدة عن طريق القوة المتزايدة في العضلة ثلاثية الرؤوس. وزن الساعد في اليد ، وزن الثقل في اليد.

عندما تقصر العضلة فعملية الانقباض ستكون مركزة وتكون حركة المفصل الناتجة في نفس الاتجاه كمحصلة لعزم الدوران المتولد عن طريق العضلات، ليف العضلة المنفرد قادر على تقصير مايقارب نصف طول العضلة عند الراحة الاعتيادية العضلات يمكنها أيضا أن تزيد من الشد بدون عملية التقصير.

عندما يكون عزم الدوران المقابل في المفصل المار بالعضلة مساو إلى عزم الدوران التي تتجه العضلة (بمحصلة صفر لعزم الدوران الموجود)، فسيبقى طول العضلة ثابتا غير متغير ولا تحدث حركة في المفصل.

وعندما يزداد الشد العضلي ولكن دون حدوث تغيير في طول العضلة فالانقباض يسمى ايزومترك ونتيجة لكون زيادة الشد أو المد يزيد من قطر العضلة ففي سباق بناء الأجسام سيزداد الشد الايزومتري بالتزامن في العضلات على الجوانب المتقابلة للساق مثلما موجود في العضلة ثلاثية الرؤوس والعضلة ذات الرأسين أعلى الذراع يعمل على تكبير العضلات المشدودة بالرغم من عدم حدوث الحركة في مفصلي الكتف والمرفق .

عندما يتجاوز عزم دوران المفصل المضاد الناتج عن طريق شد العضلة فالعضلة ستطول،وعندما تطول العضلة ستكون محفزة لزيادة الشد فالانقباض في هذه الحالة سيكون لا مركزي (eccentric) أي إطالة العضلة واتجاه الحركة للمفصل تقابل محصلة عزم دوران العضلة .

يحدث شد اللامركزي eccentric في عضلات ثني المرفق عند مد المرفق أو مرحلة خفض الثقل في تمرين الفتل، الشد eccentric يعمل عمل كابح ميكانيكي للسيطرة على السرعة دون وجود شد eccentric في العضلات للذراع الأمامية اليد والثقل ستسقط بدون وجود تحكم وذلك بسبب الجاذبية الأرضية .

عندما تسبب العضلة حركة في المفصل خلال الشد المركزي(Concentric) فزيادة الشد في هذه الحالة مؤثرة كعنصر مسبب للحركة (agonist) ونتيجة لمساهمة عدة عضلات مختلفة غالبا ما تساهم في الحركة، فالتمييز بين العضلات المسببة للحركة الرئيسية والمساعدة يحدث أحيانا فعلى سبيل المثال عند مرحلة مد المرفق في فتل الذراع الأمامية والعضلات العضدية ذات الرأسين أعلى الذراع تؤثر كعضلات محركة أساسية أما العضلات الأخرى الموجودة تعمل عمل العضلات المحركة مساعدة ثانوية.

عندما تواجه العضلة حركة في المفصل خلال زيادة الشد اللامركزي (eccentric) فانه يؤثر كعضلة مواجهه (antagonist) تواجه عزم دوران المتولد بواسطة العضلات المحركة (agonist).

- ✓ Concentric (الانقباض المركزي): وهو انقباض يتطلب تقصير العضلة.
- ✓ Isometric (الانقباض الثابت): وهو انقباض لايستلزم تغيير في طول العضلة .
- ✓ Eccentric (اللامركزي): انقباض يستلزم إطالة العضلة .
- ✓ Agonist (العاملة):وظيفة تؤدي بواسطة العضلة لتوليد الحركة أي يمكن ان نسميها عضلات حركة .
- ✓ antagonist (المضادة): وظيفة تؤديها العضلة من خلال توليد عزم دوران مضاد لذلك الذي تولده العضلات المحركة أي يمكن ان نسميها عضلات كابحة (مضادة للحركة).

العضلات المضادة غالبا ماتمنح السيطرة أو الكبح أو الإيقاف وبشكل خاص عند الحركة القوية السريعة فمن خلال مرحلة مد المرفق لفتل الذراع الأمامية والتي تحدث عندها الحركة عن طريق فعل الجاذبية فعضلات ثني

المرفق تعمل على عضلات مضادة تسيطر على سرعة مد المرفق عندما ينزل أي شخص من منحدر أو تل فان وظائف العضلة الرباعية أعلى الفخذ ستقبض وتعمل عمل كابح ميكانيكي لثني الركبة.

وظيفة أخرى تنفذ بواسطة العضلات تستلزم تثبيت قسم من الجسم مضادة لقوة معينة ستقوم بتكوين شد في عضلات أخرى أو أن تكون قوة خارجية مثل وزن المادة المرفوعة .

العضلات المعينية Rhomboids تؤثر وتعمل عمل مثبتات عن طريق زيادة الشد لتثبيت عظم الكتف مقابل سحب اثنين من الحبال في سباق التزلج على الماء ، وهناك وظيفة رابعة يتوجب على العضلات القيام بها على اعتباراتها تعمل عمل معادلة (neutralizer) أي أنها تقوم بالتخلص من نشاط غير مرغوب من قبل العضلات المحركة والوقاية من النشاطات غير مرغوب من قبل العضلات المحركة والوقاية من النشاطات غير المرغوبة عندما تقوم بالشد والإبعاد في المفصل في حين إننا نطلب الثني فقط، فنشاط العضلات المحايدة (neutralizer) يسبب عملية التقريب والتي يمكن أن تزيل عملية الإبعاد المتولدة عندما يزداد الشد المركز للعضلة العضدية ذات الرأسين فإنها ستنتج كل من الثني في مفصل المرفق وانقلاب الذراع الأمامية forearm.

يتطلب تنفيذ حركات الإنسان نموذجيا القيام نشاطات منسقة للعديد من المجاميع العضلية توثر بالتتابع وبانسجام، فعلى سبيل المثال حتى عملية رفع قدح من فوق منضدة يحتاج الى عدة مجاميع عضلية لأداء العمل وبطرق مختلفة فوظائف التثبيت تنفذ بواسطة العضلات الكتفية وكل من العضلات الثني وعضلات المد في الرسغ . ان عمل العضلات المحركة المنفذة بواسطة عضلات الثني في الأصابع والمرفق والكتف ونتيجة لكون عضلات ثني الكتف تنتج تقريب عمودي سرعة الحركة فستكون مسيطر عليها بشكل جزئي عن طريق نشاط العضلات التي تولد عزم الدوران المقابل لذلك المتولد عن طريق

العضلات المحركة أي العضلات الكابحة في العضلات المادة للمرفق، فعندما يعود قدح الماء الى المنضدة تعتبر الجاذبية محرك رئيسي مع نشاط العضلات الكابحة في المرفق والعضلات الثانية للكتف التي تسيطر على سرعة الحركة.

- ✓ stabilizer : وظيفة تؤديها العضلة تثبت جزء من الجسم مقابل قوة أخرى.
- ✓ neutralizer: وظيفة تؤديها العضلة لإزالة النشاط غير المرغوب به المتولد بواسطة العضلات المحركة.

عضلات المفصل المتعدد- المفصلين

Two-joint and Multi-joint Muscles

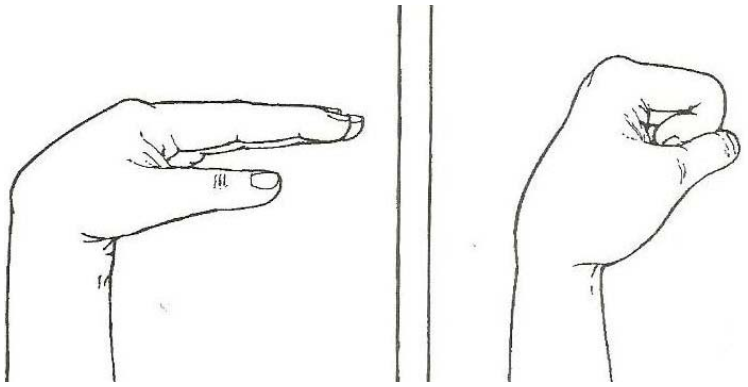
تمر العديد من العضلات في جسم الإنسان عبر مفصلين وأكثر الأمثلة على ذلك العضلة ذات الرأسين أعلى الذراع والعضلة العضدية ذات الثلاث رؤوس ومجموعة أوتار الركبة وعدد من العضلات المارة بالرسغ وكل مفاصل الأصابع وبما ان كمية الشد الموجود في أي عضلة هو ثابت خلال طولها وكذلك في أمكنة اتصالاتها الوترية مع العظم فان العضلات تحدث الحركة في كلا المفصلين أو جميع المفاصل المارة بالتزامن في نفس الوقت ان نشاط مفصلين أو عدة مفاصل في العضلة تحدث حركة في أي مفصل عابر أو مار بالعضلة بالاعتماد على موقع أو ميلان اتصال العضلة المرتبط بالمفصل كما ان القوة والارتخاء الموجودة في الوحدة الوترية ونشاط العضلات الأخرى.

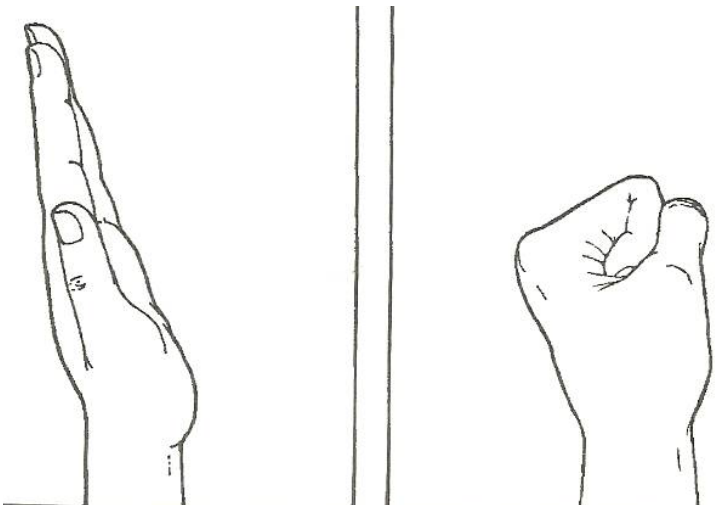
هناك فائدتين تتعلقان بوظيفة عضلات مفصلين أو مفاصل متعددة وهما عدم القدرة على تقصير المد المطلوب لتوليد معدل عالي من الحركة في كل المفاصل العابرة في نفس الوقت والتي يطلق عليها بالفعالية غير الكافية فعلى سبيل المثال العضلات التي تثني الإصبع لا تستطيع أن تولد أحكام القبضة عندما يكون الرسغ في حال ثني عندما يكون في وضع وسطي كما موضح في

(شكل4–6) بعض عضلات المفصلين غير قادرة على إنتاج القوة عموما عندما يكون وضع المفصلين العابرين لمكان العضلات في حالة ارتخاء شديد المشكلة الأخرى لغالبية الناس هي عدم قدرة المفصلين أن تشد إلى المدى المطلوب لمعدل الحركة في الحركة في الاتجاه المعاكس في كل المفاصل العابرة وهذه المشكلة يصطلح عليها بعدم الكفاءة السلبية فعلى سبيل المثال فالمعدل الأكبر للمد الأقصى في الرسغ عندما لاتكون الأصابع ممدودة بشكل كامل (شكل 5–6) وبطرقة مماثلة فالمعدل الأكبر لثني مفصل الكاحل يمكن أن ينفذ عندما تكون الركبة في حالة ثني نتيجة تغيير في شدة وقوة.

- ✓ عضلات المفصلين يمكن ان تفشل في إنتاج القوة عندما تكون راضية وفعالة وغير كافية ويمكن إن تقيد معدل الحركة عندما تكون ممدودة بشكل كامل (عدم الكفاءة السلبية)

(شكل 4–6) عندما يمتد الرسغ بشكل كامل وعضلات المد العابرة للرسغ تكون راضية ولا يمكنها أن تعطي الشد الكافي لتشكيل القبضة حتى يكون للرسغ ممدودا للوضع الحيادي الأكثر .





(شكل 5-6) عندما تكون مادات الأصابع ممدودة أقصى مد بكلأ من الرسغ والأصابع في المد الكامل ،فمعدل حركة مد المفصل تكون مقيدة. مد الأصابع يساعد في مد إضافي في الرسغ، وتحديد معدل الحركة ثم المفصل نتيجة الشدة في مفصلين أو عدة مفاصل للعضلة يصطلح عليها (عدم الكفاية السلبية).

- ✓ عدم القابلية على زيادة الشد في المفصلين والمفاصل يصطلح عليها عدم الكفاءة الفعالية.

التنظيم الوظيفي للعضلة الهيكلية

FUNCTIONAL ORGANIZATION OF SKELETAL MUSCLE

هناك مايقارب 434 عضلة في جسم الإنسان تشغل 40% إلى 45% من وزن جسم الإنسان البالغ تتوزع العضلات بشكل أزواج على جانبي اليسار واليمين من الجسم حوالي 75 زوج من العضلات مسؤولة عن حركة ووضع الجسم والباقي يتطلب نشاطات قبل السيطرة على العين والبلع عندما يزداد الشد في العضلة فالأفكار والمبادئ البايوميكانيكية مثل مقدار القوة المتولدة وتزداد السرعة التي عندها والقوة في الوقت الذي تكون عندها القوة مستمرة وفعالة عن طريق الخصائص التشريحية والسيكولوجية للعضلة .

ألياف العضلة Muscle Fibers

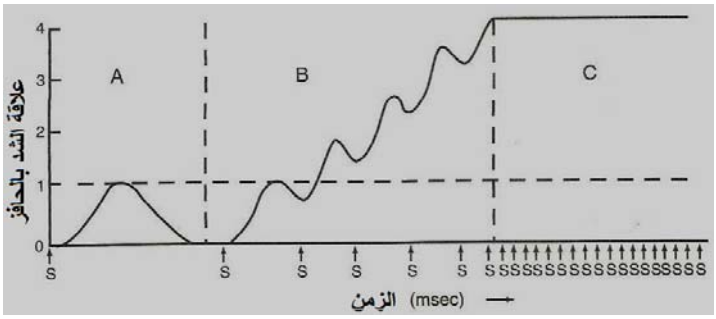
يصطلح على الخلية العضلية المفردة (ليف العضلة) وذلك بسبب شكلها الخيطي الرفيع،التنوع الكبير في طول وقطر الليف يرى عند البالغين .بعض الألياف يمكن ان يجتاز الطول الكامل للعضلة بينما تكون بعض الألياف الأخرى اقصر بكثير ،الألياف ذات طول30 سم كانت واضحة ومشخصة.

تنمو الألياف العضلية الهيكلية في الطول والمحيط منذ الولادة حتى مرحلة البلوغ مع زيادة الانثناءات الخمسة في محيط الليف خلال هذه المرحلة ويمكن ان يزداد محيط الليف كذلك عن طريق زيادة التدريب.

في بعض حيوانات البرمائيات فان عدد الألياف العضلية الموجودة كذلك يزداد مع زيادة العمر والحجم ،وهذا ما لا يظهر عند البشر فعدد الألياف العضلية الموجودة عند الولادة يستمر طول الحياة عدا الفقدان الوقتي عند الإصابة فالزيادة في حجم العضلة بعد التدريب ،المقاومة يتمثل في زيادة محيط الليف أكثر مما هو في مجموعة من الألياف.عدد الألياف العضلية الموجودة يتمدد ويتنوع من شخص إلى آخر وراثيا.

غالبية الألياف العضلية الموجودة في الحيوانات الثديية هي من نوع الخلايا الارتعاشية (twitch type) التي تستجيب إلى المحفز عن طريق زيادة الشد في نوع الألياف الارتعاشية .ينبع الشد في الليف ألارتعاشي حافز العصب المفرد الصاعد إلى أعلى قيمة في اقل من 100متر بالثانية ثم يهبط وينخفض بسرعة في جسم الإنسان الألياف بشكل عام تكون نشطة بإطلاق وابل من ايعازات العصب(السيالات العصبية) عند السرعة والحوافز الناجمة تأثر في الليف حالا في حالة الشد ويظهر بارتفاع متزايد لإعادة الحافز الناجحة تأثر في الليف حالا في حالة الشد يكون مرتفعا حتى تصل أقصى مقدار (شكل 6-6) يؤثر الليف بشكل تكراري كي يحافظ على أقصى شد على مستواه لفترة من

الوقت وهو مايسمى (tetanus) وهذا يعني حالة العضلة التي تولد شد أقصى ثابت ناتج عن تكرار التحفيز يكون الشد عند هذه الحالة (tetanus) ربما يعادل 4 مرات من شد الذروة خلال الارتعاش المنفرد وبينما تطول حالة إنتاج الشد الثابت الأقصى فالتعب يولد انخفاض تدريجي في مستوى الشد الناتج ليست كل الألياف العضلية الهيكلية هي من النوع ألارتعاشي المنفرد وبينما تطول حالة إنتاج الشد الثابت الأقصى فالتعب يولد انخفاض تدريجي في مستوى الشد الناتج .ليست كل الألياف العضلية الهيكلية هي من النوع ألارتعاشي فالألياف من نوع الصوتية موجودة في الأجهزة المحركة للعين فهذه الخلايا تحتاج إلى أكثر من محفز قبل بدء زيادة الشد.



(شكل 6–6) (أ) يزداد الشد في ليف العضلة في الاستجابة إلى الحافز المفرد (ب) في الاستجابة إلى التحفيز المتكرر و(ج) في الاستجابة إلى التحفيز المتكرر العالي

Summatio: وهو تأثير إضافي متزايد الحافز متكرر.

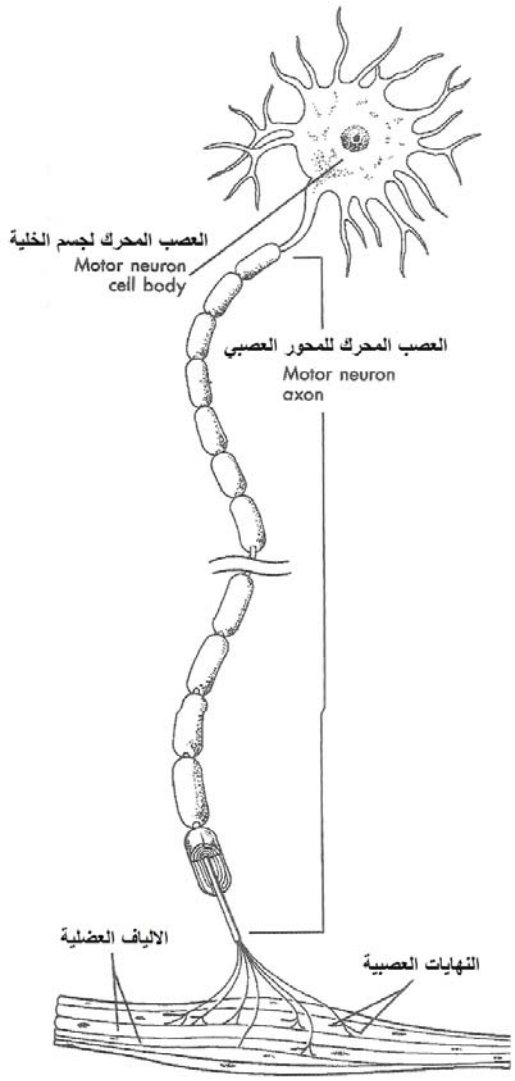
Tetanus(الشد): حالة العضلة التي تنتج شد أقصى ثابت ناتج من تحفيز متكرر.

Motor unit (الوحدة الحركية) : وهي عصب الحركة المفرد وكافة الألياف.

وحدات الحركة Motor Unite

تنتظم الألياف العضلية على شكل مجاميع وظيفية بإشكال مختلفة تتألف من عصب محرك منفرد وكل الألياف تحرك بواسطته . تعرف هذه المجاميع بوحدات الحركة (شكل7-6) وكل محور لليفه العصبية يقسم عدة مرات وذلك لكي يسند الليف الواحد بصفيحة النهاية الحركية . وبشكل نموذجي يوجد فقط صفين نهاية فقط تتوزع الياف وحدة الحركة يجب ان لاتكون موزعة فوق مساحة لعدة سنتمترات وتستثار بألياف وحدات حركة أخرى مع استثناءات قليلة وتقتصر وحدات الحركة على عضلة واحدة وهي موجودة داخل تلك العضلة .وحدات الحركة المفردة للحيوانات الثدية يمكن ان تكون من اقل من 100 الى مايقارب 2000 ليف بالاعتماد عل نوع حركات العضلة التي تقوم بها العضلة ، كما ان الحركات التي تؤدى بدقة مثل الحركات الموجودة في العيون أو الأصابع تنتج بواسطة وحدات الحركة بعدد قليل من الألياف الحركات القوية عادة ماتكون نتاج وحدات الحركة الكبيرة.

ويصل كل عصب محرك Motor neuron يغادر النخاع الشوكى عدداً من الألياف العضلية المختلفة ، ويعتمد هذا العدد على نمط العضلة وتسمى جميع الألياف العضلية المتصلة بليفة عصب محرك واحد بالوحدة العضلية Motor unit.



(شكل 7–6) تتألف الوحدة الحركية في العصب المفرد من الالياف العضلية والنهايات العصبية والعصب المحرك للمحور العصبي والعصب المحرك لجسم الخلية.

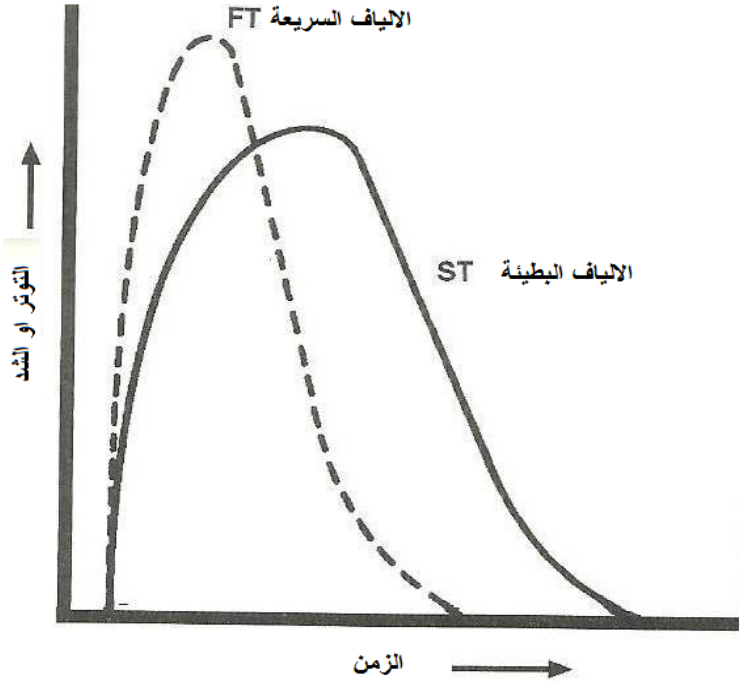
أنواع الألياف Fiber Type

على الرغم من إن جميع الألياف في وحدة الحركة هي من نوع واحد فغالبية العضلات تحتوي على الألياف السريعة (FT) والألياف البطيئة (ST) مع كميات نسبية تتنوع من عضلة إلى أخرى ومن فرد الى آخر فعلى سبيل المثال الياف القدم التي تستخدم بصورة رئيسية لضبط الوقوف فهي يحتوي على الألياف البطيئة (ST) وعلى العكس من ذلك فان STROCNEMIUS والمكسوة بطبقة فإنها تحتوي على الألياف السريعة والألياف البطيئة (ST،FT) معا تساهم الألياف السريعة مساهمة فعالة في نجاح الانجاز في المسابقات والفعاليات التي تتطلب السرعة والانقباض العضلي القوي مثل سباقي العدو والقفز .وسباقات التحمل مثل ركض المسافات الطويلة والدراجات والسباحة تتطلب عمل فعال لمقاومة تعب الألياف البطيئة (ST) وأوضح الباحثون وباستخدام العضلات بالنسبة لرياضيي الصنف العالمي في الفعاليات التي تتطلب القوة والطاقة عادة ما يكون لديهم نسب عالية من الياف (FT) الى الألياف السريعة أما رياضيي التحمل وذوو المستوى العالي رياضيي النخبة فلديهم نسب عالية من الألياف البطيئة (ST) وعلى الرغم من أن هذه الحقائق تقترح بان التدريب الرياضي ربما يؤدي إلى ان تتحول الألياف من نوع إلى أخر فان هذا مالم يبرهن باستنتاج توزيع نوع من الليف لمتدربي القوة النخبة ورياضيي التحمل النخبة يهبط في معدل لكون نوع من الليف الموجودة عند الأشخاص غير الرياضيين إضافة إلى ذلك فان الباحثين اوضحو بان إزالة تقليل أو تبديل الإيعاز العصبي عن طريق الوحدة الحركية أو الليف العضلي لايجعل كل الألياف تتحول إلى نفس النوع.

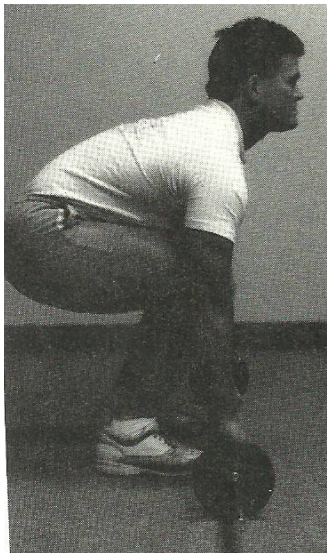
قائمة(1–6) مميزات الليف العضلي الهيكلي

الميزات	النوع الأول البطيء المؤكسدة SO	النوع الثاني السريعة المؤكسدة FOG	النوع الثاني ب السريع كلاي كولايتك FG
سرعة الانقباض	بطيء	سريع	سريع
معدل التعب	بطيء	متوسط	سريع
المحيط	صغير	متوسط	كبير
تركيز ATP	بطيء	عالي	عالي
المايتوكوندريا	عالي	عالي	قليل
تركيز إنزيم كلاي كولايتك	واطئ	متوسط	عالي

افترض الباحثون عدة إشكال تطبيقية بالاعتماد على الخصائص الحيوية والانقباضية لهذه الأنواع الثلاثة من الألياف قائمة (1–6) ويشار إلى الألياف البطيئة ST من نوع (I) ويشار إلى الألياف السريعة (FT) بنوع (Πa) و بنوع (Πb) مصطلحات أخرى للألياف من نوع (ST) أي البطيئة مثل الألياف المؤكسدة البطيئة (SO) مع الألياف السريعة التي تقسم الى الكلايكولايتك المؤكسدة السريعة (FOG) والألياف الكلاكولايتك السريعة (FG) بالإضافة الى التصنيف المتضمن الألياف البطيئة وألياف مقاومة التعب السريعة (FFR) وألياف التعب السريع (FF) الأنظمة التصنيف هذه تستند على خصائص مختلفة لليف ولا تتغير من الداخل.



الألياف السريعة تكون بشد اكبر سرعة من الألياف البطيئة.



رافعي الإثقال النخبة يرغبون في امتلاك عضلات تتركب من نسبة عالية من الألياف السريعة (FT)

التوزيع الناقوسي الشكل للألياف السريعة المقابل للألياف السريعة المقابلة للألياف العضلية البطيئة يظهر التركيب بان غالبية الناس لديهم معدل تقريبي من الألياف البطيئة والسريعة ولهذا فان نسبة صغيرة لديهم عدد كبير من الألياف السريعة FT) ونسبة قليلة لديهم عدد عالي غير اعتيادي من الألياف البطيئة (ST).

يكتسب البشر بالوراثة نسبة عالية من الألياف البطيئة (ST) ربما تجذب إلى أنواع من الرياضة تتطلب القوة وتلك التي لديها نسب عالية من الألياف البطيئة (ST) ربما ستختار رياضيات التحمل.

تمديد وحدات الحركة Recruitment Of Motor Unite

ينفذ الجهاز العصبي المركزي نظام محكم السيطرة يساعد العضلة على الانقباض طبقا إلى متطلبات الحركة لكي تكون رقيقة ، دقيقة أو حركات مختصرة يمكن تنفيذها فالأعصاب التي تحتوي على وحدات حركية بطيئة الحركة (ST) لها بوابات واطئة وسهلة التنشيط نسبيا بينما تكون الألياف أو الوحدات الحركية للألياف السريعة التي تدعم بواسطة الأعصاب صعبة التنشيط وبالنتيجة فالألياف البطيئة (ST) هي التي تنشط أولا فحركة الساق ناتجة سريعة وبينما تتزايد متطلبات القوة ومتطلبات السرعة وإدامة النشاط والفعالية.

إن وحدات الحركة ذات البدايات العالية تنشط بصورة متزايدة بنوع (11a) أو ألياف (FOG) المضافة قبل نوع (11b) أو ألياف (FG) وفي داخل كل نوع من الليف يزداد سهولة النشاط ويمكن تحريك الجهاز العصبي المركزي انتقائيا أو التقليل من الوحدات الحركية.

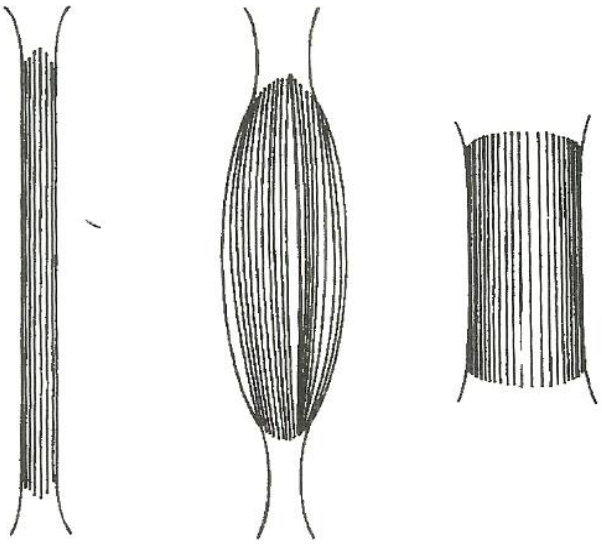
خلال تمرين الشدة الواطئة يمكن إن يمدد الجهاز العصبي المركزي للألياف البطيئة (ST) بشكل خاص تقريبا وبينما يستمر النشاط ويبدأ التعب فنوع الياف (11a) ووحدات الحركة لنوع (11b) تكون نشطة لحين اشتراك جميع الوحدات الحركية.

شكل الليف Fiber Architecture

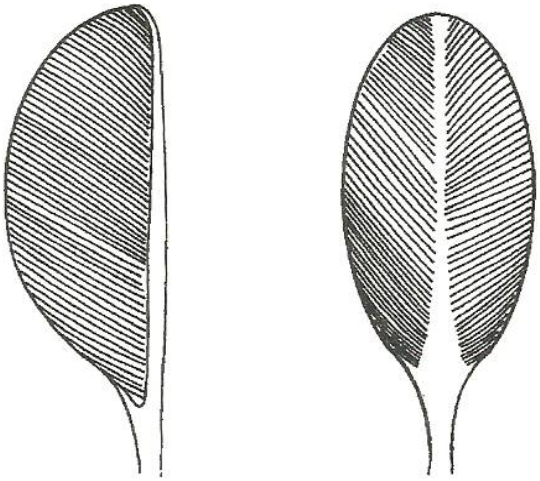
هنالك وظيفة أخرى مختلفة وهي ترتيب الألياف في داخل العضلة فميلان الألياف في داخل العضلة والترتيب الذي تتصل عنده أوتار العضلة مختلف بشكل لافت للنظر بين عضلات جسم الإنسان هذه الاعتبارات التركيبية تؤثر على قوة الانقباض العضلي ومعدل الحركة والذي عنده يتمكن للمجموعة العضلية ان تحرك قسم من الجسم.

نظام الألياف العضلية الثنائي يصطلح عليها بالمتوازي وعلى الرغم من الأنواع الثانوية لتنظيمات وترتيب الألياف المتوازية كانت افتراضية فان الاختلاف بين نوعي المظلة هذين هو كافي لمناقشة الملامح البايوميكانيكية.

في تنظيم الليف المتوازي للألياف تنظم بشكل متوازي بالمحور الطولي للعضلة (شكل 9–6) إن جوف العضلة المستقيمة الخيطي والعضلة العضدية ذات الرأسين لها تنظيمات ليفية متوازية في تنظيم ليف مستعرض هو واحد وعنده تتمدد الألياف في زاوية الى المحور الطولي للعضلة كل ليف في العضلة.



الإشكال الليفية المتوازية

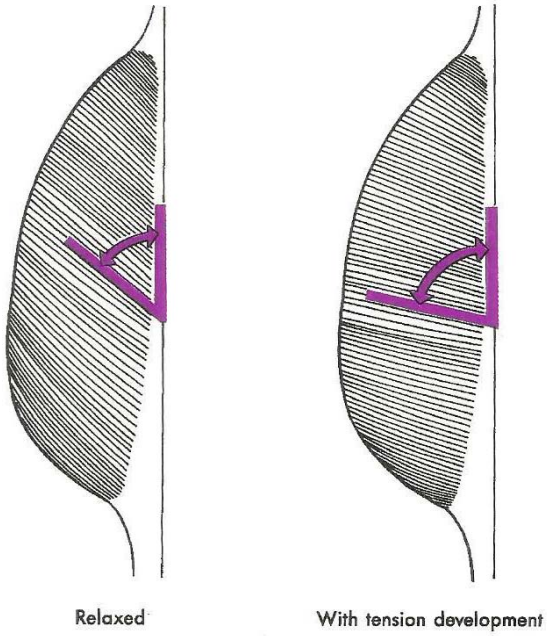


الإشكال الليفية المستعرضة

(شكل 9–6) الإشكال الليفية المستعرضة والمتوازية

- ✓ وحدات الحركة الارتعاشية البطيئة (Slow twitch motor) : تولد دائما شد في الأول فيما إذا كانت الحركة بطيئة أو سريعة .
- ✓ تنظيم الليف المتوازي(parallel fiber arrangement) : هو أسلوب الألياف في داخل العضلة والذي عنده تكون الألياف متوازية بصلابة إلى المحور الطولي للعضلة.

المستعرضة متصلة بالعظام مرة بزاوية الميل 60 درجة فمقدار القوة الفعالة النشطة المنقولة إلى الوتر المستعرض يتصل بعظم واحد أو أكثر من الأوتار في بعض منها تمتد إلى الطول الكامل للعضلة وبعض هذه الألياف ربما يعرض في زاوية من حيث الاستعراض زاوية التماس مع الوتر العظام الضنبوبية للساق والعضلة المستقيمة لها إشكال مستعرضة للألياف عندما يزداد الشد في العضلة ذات الليف المتوازي أي تقصير للعضلة هو أساس النتيجة لتقصير أليافها فعندما تقصر الألياف المستعرضة فإنها ستدور حول اتصال أو اتصالات الوتر وبشكل متزايد ستزيد زاوية الاستعراض (شكل 10-6) وكما مبين في المشكلة الموضحة في(شكل 11-6) فالزاوية الأكبر للاستعراض هي الزاوية الأقل كمية من حيث القوة المؤثرة المنقولة من الوتر أو الأوتار لحركة العظام المتصلة فعندما تتجاوز زاوية الاستعراض 60 درجة فان مقدار القوة المؤثرة المنقولة إلى الوتر هي اقل من 1,5 من القوة الناتجة بواسطة الألياف العضلية.



(شكل 10–6) تزداد زاوية الاستعراض بينما يزداد باضطراد الشد في ألياف العضلة مع تطور الشد

وعلى الرغم من ان الشكل المستعرض للألياف يقلل من القوة المؤثرة الناتجة في مستو معين لشدة الليف فهذا التنظيم يسمح لجميع الألياف أكثر من الكمية التي يمكن ان تجمع في العضلة الطولية التي تشغل نفس الفراغ وبالنظر إلى العضلات المستعرضة تحتوي على عدد اكبر من الألياف لكل وحدة من حجم العضلة فإنها يمكن ان تنتج قوة اكبر من العضلات ذات الليف المتوازي لنفس

الحجم وعلى أية حال فان تنظيم الألياف المتوازي يمكن كامل العضلة للتقصير اكبر مما تستطيع في شكل الألياف المستعرضة.

- ✓ العضلات ذات الليف المتوازي يمكن ان تحرك أقسام الجسم من خلال معدلات اكبر من حركة العضلات ذات الليف المستعرض.

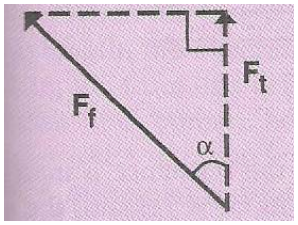
العوامل الميكانيكية المؤثرة على القوة العضلية
MECHANICAL FACTORS AFFICTING MUSCULAR FORCE

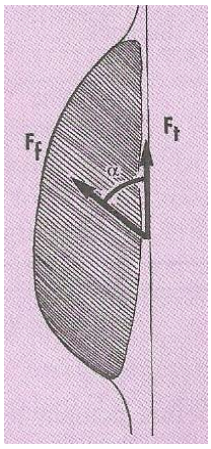
كمية القوة الناتجة بواسطة العضلة تتعلق بسرعة تقصير العضلة طول عند التحفيز في اقل زمن بعد استلام العضلة للمحفز وبسبب هذه العوامل فهي أحكام هامة لقوة العضلة درست بإسهاب من قبل المختصين والعلماء من هذا المجال.

- ✓ يعزز تنظيم الألياف المستعرضة توليد القوة العضلية وسهولة تقصير العضلة.

شكل 11-6 ماكمية القوة المسلطة بواسطة وتر العضلة المستعرضة عندما يكون الشد في الألياف 100 نيوتن وزاوية الاستعراض المذكورة هي :

40.1 درجة
2. 60 درجة
3. 80 درجة





القوة = 100نيوتن الحل المطلوب القوة العلاقة بين الشد في الألياف والشد في الوتر هو:

الوتر = القوة(الليف) × جا الزاوية

أ.القوة =100نيوتن×جا 40 = 76,6 نيوتن

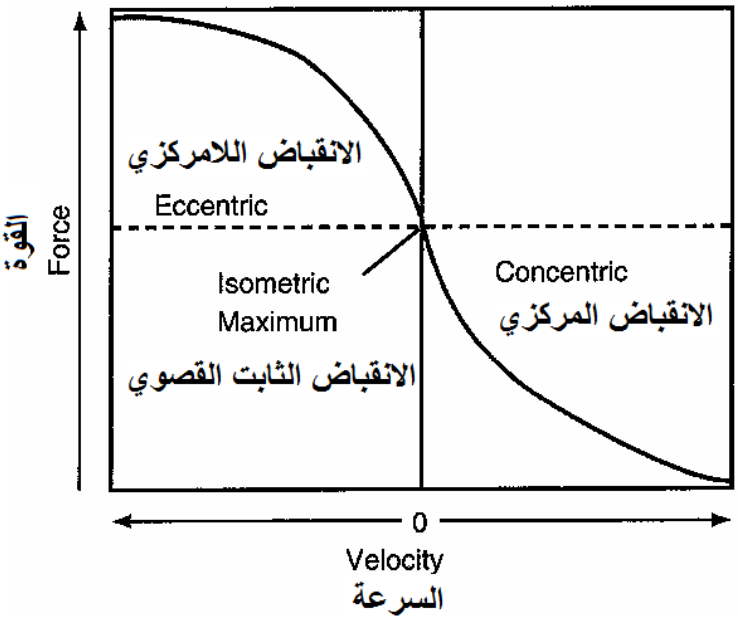
ب. القوة=نيوتن100× جا60 = 50نيوتن

ج.القوة= 100نيوتن ×جا80 = 17.4 نيوتن

علاقة القوة بالسرعة Force–Velocity Relationship

العلاقة الكلاسيكية بين القوة والسرعة للشد المركزي وتطويره في نسيج العضلة هي من أوائل الوصايا ل هيل في 1938 العلاقة بين القوة المركزة المسلطة عن طريق العضلة والسرعة التي عندها تكون العضلة قادرة على التقصير هي علاقة عكسية وكما هو واضح في قسم من المنحني الأسفل ودرجة الانقباض الايزومتري في (شكل 12–6) عندما تزيد العضلة الشد المركز ضد الحمل العالي فسرعة تقصير العضلة يجب إن تكون سريعة نسبيا.

فعلاقة القوة بالسرعة لاتتضمن ماهو غير ممكن لتحريك مقاومة ثقيلة في سرعة قصوى. العضلة الأقوى هي المقدار الأكبر للشد الايزومتري الأقصى (موضح في مركز شكل 12–6) وهذا هو الكميه القصور للقوة التي تولد قبل الإطالة عندما تكون المقاومة في ازدياد أي ان الشكل العام لمنحني السرعة والقوة سيبقى نفسه بغض النظر عن مقدار الشد الايزومتري الأقصى.



(شكل 12–6) العلاقة بين القوة والسرعة لنسيج العضلة عندما تكون المقاومة مهملة فان العضلة ستنقبض بسرعة قصوى وبينما يزداد الحمل فان سرعة الانقباض المركزي يهبط إلى الصفر عند الشد الايزومتري الأقصى بينما يزداد الحمل وتطول العضلة بشكل مختلف.

تتضمن علاقة القوة بالسرعة عدم إمكانيتها على ان تحرك حمل خفيف بسرعة بطيئة فغالبية الفعاليات للحياة اليومية تتطلب حركات بطيئة يمكن السيطرة عليها إلى الأحمال الثانوية القصوى دون الحد الأقصى وتشير العلاقة أو حاجة القوة العضلية السرعة القصوى فان سرعة تقصير العضلة تحدد بالتطابق مع الأسلوب والطريقة الموضحة في الصورة (شكل12–6) في سرعة الحركة دون القصوى فان سرعة تقصير العضلة تعود إلى السيطرة الإرادية فقط ،أما عدد من وحدات الحركة المطلوبة تكون فاعلة ونشطة فعل سبيل المثال يمكن ان تلتقط القلم فوق المنضدة بسرعة أو ببطء بالاعتماد على الأسلوب المسيطر عليه بتمديد وحدات الحركة في المجاميع العضلية المشتركة واختيرت العلاقة بين القوة

والسرعة لعضلة الإنسان الهيكلية الرقيقة إضافة الى أنسجة العضلة فحتى العضلات الصغيرة مسؤولة عن الارتعاش أو الرفرفة السريعة في أجنحة الحشرات كما إن القوة القصوى للقوة في سرعة الصفر والقيم القصوى ى للسرعة في الحمل الأدنى تتنوع مع الحجم ونوع العضلة على الرغم من ان الأسس السيكولوجية لعلاقة السرعة مع القوة غير مفهومة تماما فان شكل القسم المركزي ينسجم مع معدل إنتاج الطاقة في العضلة .

علاقة السرعة مع القوة للعضلة ذات الحمل فوق الشد الايزومتري الأقصى موضحة في قمة نصف(شكل12-6) في الأحمال الأكثر من الشد الأقصى الايزومتري فان العضلة ستطول طبقا للطريقة الموضحة في الصورة .

في الأحمال الأقل من الشد الأقصى الايزومتري ،فان سرعة إطالة العضلة تعود الى السيطرة الإرادية

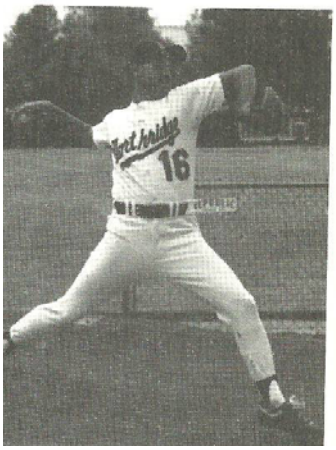
تستلزم تدريب القوة المركز استخدام المقاومة التي هي اكبر من إمكانية الرياضي لتوليد القوة الايزومترية القصوى وحالما يفرض الحمل فالعضلة تبدأ تطول.

وأوضحت البحوث بان هذا النوع من التدريب يمكن ان يكون فعالا في زيادة القوة ولكن ليس أكثر من تقنيات التدريب المركز او التدريب الايزومتري كذلك ان التدريب الايزومتري مقرون بزيادة الم العضلة.

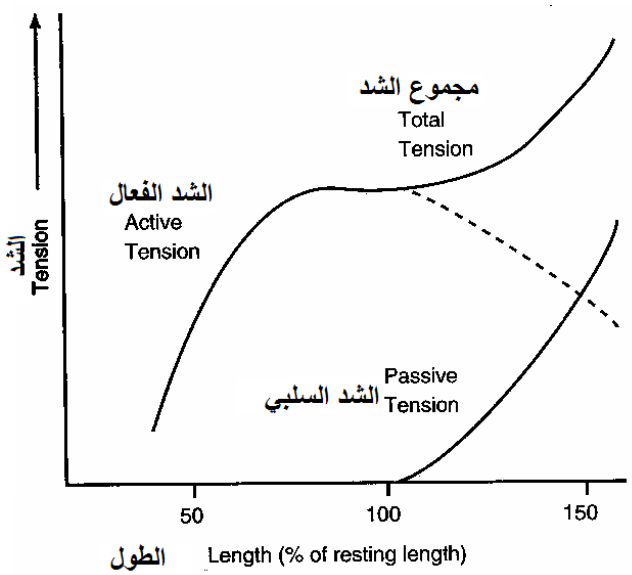
العلاقة بين الطول والقوة Force-length Relationship

مقدار القوة الايزومترية القصوى للعضلة قادرة على الإنتاج جزئيا بالاعتماد على طول العضلة في ألياف العضلة المفردة وتحضيرات العضلة المنعزلة فتولد القوة يكون في ذروتها وعندما تكون العضلة في طول الراحة الطبيعي لا ممدودة ولا منقبضة وعندما يزداد طول العضلة أو يقل دون طول الراحة فالقوة القصوى للعضلة ستنخفض ثم بعد ذلك تشكيل المنحني ألناقوسي الشكل في داخل جسم

الإنسان فان قابلية توليد القوة ستزداد عندما تتمدد العضلة قليا تنتج العضلات الليفية المتوازية امتدادات قصوى فوق طول الراحة فقط إما العضلات ذات الليف المستعرض فتنتج امتدادات قصوى فوق طول الراحة فقط اما العضلات ذات الليف المستعرض فتنتج امتدادات فيما بين 120% و130% من طول الراحة هذه الظواهر هي نتيجة لمساهمة الأجزاء المرنة من العضلة بشكل أساسي (SEC) والتي تضيف إلى الشد الموجود في العضلة عندما تكون العضلة ممدودة . (شكل 13–6) يوضح طريقة زيادة الشد الأقصى بينما طول العضلة يؤدي وظيفته بالمساهمة الفعالة للجزء الانقباضي والمساهمة المؤثرة ل (SEC) ولـ (PEC) المشار إليها.



لاعب البيسبول يبدأ بمد قوي لثني الكتف قبل رمي الكرة بعكس المد حينها مساهمة تنامي الشد القوي في هذه العضلات.



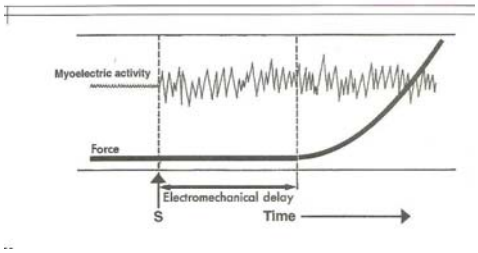
(شكل 13–6) الشد الكلي الموجود في العضلة المشدودة هو كمية الشد الفعال والمجهز بواسطة ألياف العضلات والشد المؤثر عليه المجهز بواسطة أربطة وأغشية العضلات.

عندما تمتد العضلة بصورة فعالة فان عنصر المرونة المتسلسلة (SEC) سينتج تأثير مرونة مطاطي ويعكس المد في نفس الوقت بوادر نمو الشد في العضلة ولهذا فالمد في نفس الوقت بوادر نمو الشد في العضلة لهذا فالمد يعزز القوة اللاصقة لتقصير العضلة إن أسلوب الانقباض الغير مركزي (المتبوع بشكل سريع بالانقباض المركزي يعرف بدورة تقصير المد .تساهم هذه الظاهرة في الزيادة الفعالة للقوة العضلية المركزة في العديد من الفعاليات الرياضية كرة القدم والبيسبول يبداون بشكل نموذجي بمد قوي لثانيات الكتف والمادات العمودية حالا قبل رمي الكرة يظهر نفس النشاط في المجاميع العضلية للجذع والأكتاف في ذروة المرجحة الخلفية لضرب الكولف ومضرب البيسبول. دورة تقصير المد تعزز طاقة المرونة التي تستخدم خلال الركض وبشكل خاص عند تناوب الشد المركز واللامركزي الموجود.

البحث يوضح بان وضع جدار البداية في زاوية 30 أو 50 درجة بالمقارنة في زاوية 70 درجة إلى المضمار كذلك يزيد سرعة البداية خلال العدو.

علاقة القوة بالزمن Force–time Relationship

عندما تحفز العضلة فبعد انتهاء فترة قليلة من الوقت تبدأ العضلة بزيادة الشد (شكل14–6) إشارة إلى التأخير الميكانيكي الكهربائي (EMD) فهذه الفترة من الوقت يعتقد ان هناك حاجة لها نتيجة للعنصر الانقباضي للعضلة لمد عنصر المرونة المتسلسل وبمرور الوقت فان رخاوة العضلة تكون مفقودة ومرة يكون عنصر المرونة المتسلسل غير كافي ومن ثم زيادة مردودات الشد ومنافعه طول التأخير الميكانيكي الكهربائي (EMD) بتنوع بشكل لافت للنظر بين عضلات البشر بقيم من 2– الى 100 MSE اكتشف الباحثون تتولد في العضلات بنسبة عالية في الألياف السريعة بالمقارنة مع العضلات ذات النسبة العالية للألياف البطيئة. ترتبط قوة الانقباض الأعلى مع التأخير الكهروميكانيكي الأقصر. العوامل مثل طول العضلة ونوع الانقباض وسرعته والتعب لا تظهر أي تأثير على التأخير الكهروميكانيكي الوقت المطلوب للعضلة لزيادة الشد الايزومتري ربما يكون ثانية كاملة تتبع EMD . أوقات زيادة القوة الأقصر مرتبطة بالنسبة العالية للألياف السريعة في العضلة وحالة التدريب .



(شكل 14–6)الوقت الموجز 20–100 م/ثا الذي يقطع بين تحفيز العضلة وبدء زيادة الشد يعرف بالتأخير الميكانيكي الكهربائي ؟

القوة العضلية . الطاقة . التحميل

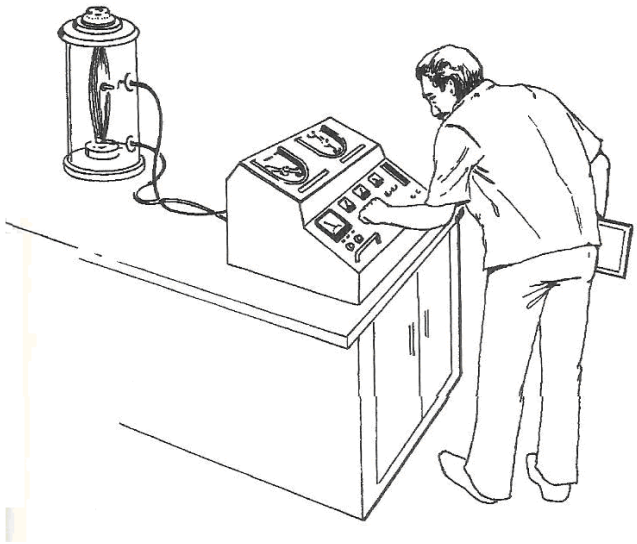
MUSCULAR STRENGTH ,POWER,AND ENDURANCE

عن تقييم العملية للوظيفة العضلية فان خصائص توليد القوة تناقش من خلال أفكار القوة العضلية الطاقة والتحمل هذه الخصائص هي لها دلائل هامة للنجاح في صيغ مختلفة للنشاط البدني العنيف مثل تقسيم الأخشاب رمي الرمح أو محاولة تسلق الجبال بين الموطنين الكبار الإفراد الذين لديهم إصابات واضطرابات الجهاز العصبي العضلي فالمحافظة على القوة العضلية الكافية والتحمل ضرورية لتنفيذ النشاطات اليومية ولتجنب الإصابات.

القوة العضلية Muscular Strength

عند دراسة عضلة حيوان والقيام بتحفيزها كهربائيا في المختبر فبإمكانهم أن يقيس بصورة مباشرة القوة المتولدة بواسطة العضلة (شكل 15-6) فبشكل كبير من العمل التجريبي لهذا النوع فان فهمنا للعلاقة بين السرعة والقوة والطول وقوة النسيج العضلي تكون مستنتجة

- ✓ دائرة تقصير المد: انقباض غير مركزي يتبع فورا بانقباض مركز.
- ✓ التأخير الميكانيكي الكهربائي :الفترة بين وصول المحفز العصبي وزيادة الشد بواسطة العضلة.

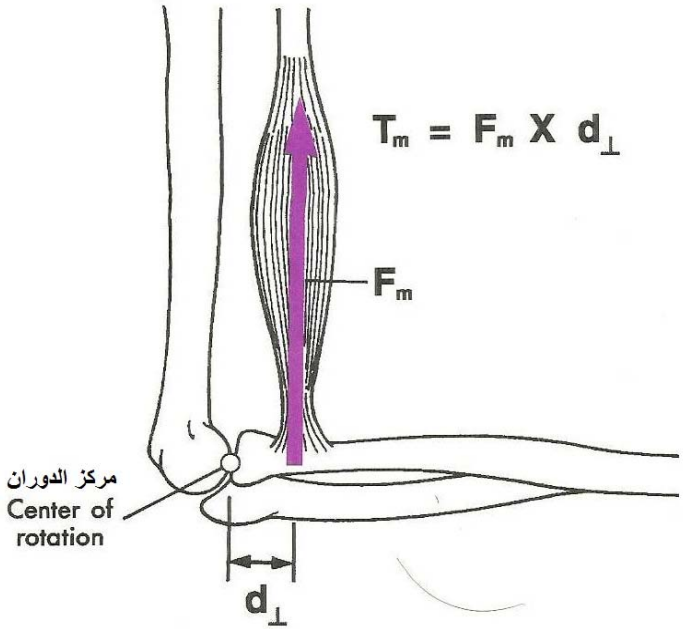


(شكل 15–6) فهم العلاقات بين القوة والسرعة القوة والطول لنسيج العضلة مشتقة ومستنتجة من تجارب مختبريه لنسيج العضلة المستأصل ومن البحث الذي يشارك فيه الحيوان والإنسان السليم .

العلماء يتعاملون مع العضلة المفصولة وما يتعلق بقوة العضلة كقوة قصوى قادرة على الإنتاج وعلى أية حال ففي جسم الإنسان فليس بالإمكان ان نقيم بشكل مباشر القوة الناتجة بواسطة العضلة التقييم الأكثر المباشر للقوة العضلية المجري بشكل شائع هو قياس عزم الدوران الأقصى الناتج المجموعة العضلية بشكل كامل في المفصل القوة العضلية ربما تكون مهمة كوظيفة لإمكانية توليد القوة الكلي للمجموعة العضلية لتوليد عزم الدوران في مفصل معين .

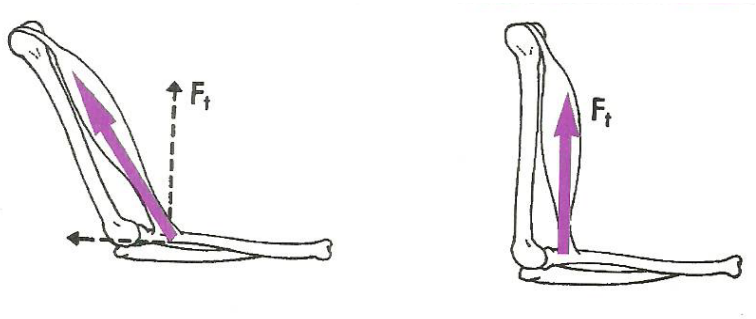
عزم الدوران هو عبارة عن ناتج القوة والمسافة العمودية التي تؤثر القوة عندها من محور الدوران لان القوة كمية متجهه فيمكن ان تتحلل الى عنصرين متعامدين واستنادا الى عزم الدوران يتولد بواسطة عضلة واحدة هو ناتج عنصر القوة العضلية العمودي عل العظم والمسافة من تماس العضلة الى مركز الدوران في المفصل شكل 16–6 فقط جزء القوة العضلية العمودي بشكل مباشر على

العظم لـه تـأثير فـي جعل العظم والمسافة من تماس العضلة العمودي بشكل مباشر على العظم يكون لـه تـأثير فـي جعل العظم يدور حول المفصل عندما تسحب العظم بزاوية 90 درجة الى العظم فان نسبية 100% من القوة سيتحرك أو يميل إلى تحريك العظم.



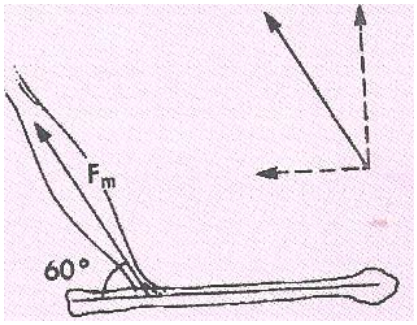
(شكل 16–6) القوة العضلية عموما على إنها كمية عزم الدوران الذي يمكن ان تولده المجموعة العضلية في المفصل

وبينما تتغير زاوية المفصل وزاوية السحب تصبح اكبر من أو اصغر من 90 درجة بشكل متزايد اقل من القوة التي تسحب بشكل متعامد على العظم والجزء الأكبر من القوة متجهه بشكل متوازي الى العظم (شكل 17–6).



(شكل 17–6)جزء القوة العضلية الذي ينتج عزم الدوران في المفصل العابر موجه بصورة عمودية الى العظم الماس

شكل 18–6 ماكمية عزم الدوران الناتج في مفصل المرفق بواسطة العضلة ذات الرأسين المدرجة بزاوية 90 عندما يكون الشد في العظم بقوة 400 نيوتن .
افترض إن تماس العضلة الى نصف القطر هو 3سم من مركز الدوران في مفصل المرفق .



المعلوم
القوة 400 نيوتن
الزاوية =60 درجة
المسافة 0,03متر
مخطط الحل المطلوب فقط جزء القوة العضلية العمودي على العظم يولد عزم الدوران في المفصل من المخطط العمودي لقوة العضلة هو
(400نيوتن)× (جا60) = 346,4نيوتن
(346.4 نيوتن)×(0,03 م)=10,4 نيوتن/ م

وبناء على ذلك فان القوة العضلية مشتقة من الكمية القصوى للشد التي يمكن أن يولدها نسيج العضلة ومن مقدار عزم الدوران للمفصل الناتج عن طريق مراكز

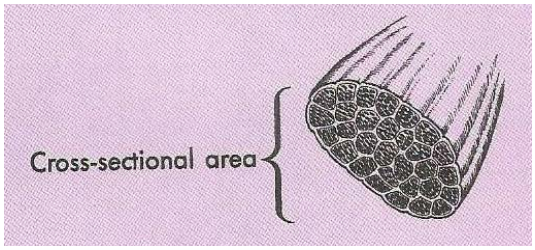
العضلات المساهمة بالتعاقب مع مركز المفصل كلا المصدرين يتأثر بعدة عوامل. قابلية الشد المتولد من العضلة يتعلق بالمساحة الجزئية المارة وحالة تدريبها. قابلية توليد القوة لكل مساحة جزئية عابرة هي تقريبا 90 نيوتن /سم2 وكما هو موضح من عينة المشكلة المعروضة(شكل 16-6) في كلا التدريبين للقوة المركزية واللامركزية تكتسب القوة بعد على الأقل 12 أسبوع تظهر بأنها مرتبطة بالعوامل مثل العضلة المدربة أكثر من الزيادة في المساحة المقطعية العابرة هذه الإمكانية تزداد قوة أضافية بواسطة اكتشاف التدريب القوي الذي يولد قوة في الساق المدربة.

شكل 19-6 ما كمية الشد الذي ممكن ان يزداد بالمساحات المقطعية العابرة التالية

4سم2

10سم2

12سم2



الحل

المطلوب قابلية الشد والزيادة فيها

إمكانية توليد شد نسيج العضلة هو 90 نيوتن /سم2 .

القوة الناتجة بواسطة العضلة هي ناتج 90 نيوتن /سم2 .

المساحة المقطعية العابرة .

القوة =(90 نيوتن /سم2)(4سم2) =360 نيوتن

القوة = (90 نيوتن /سم2) (10سم2)= 900 نيوتن

القوة = (90 نيوتن /سم2) (12سم2)= 1080 نيوتن

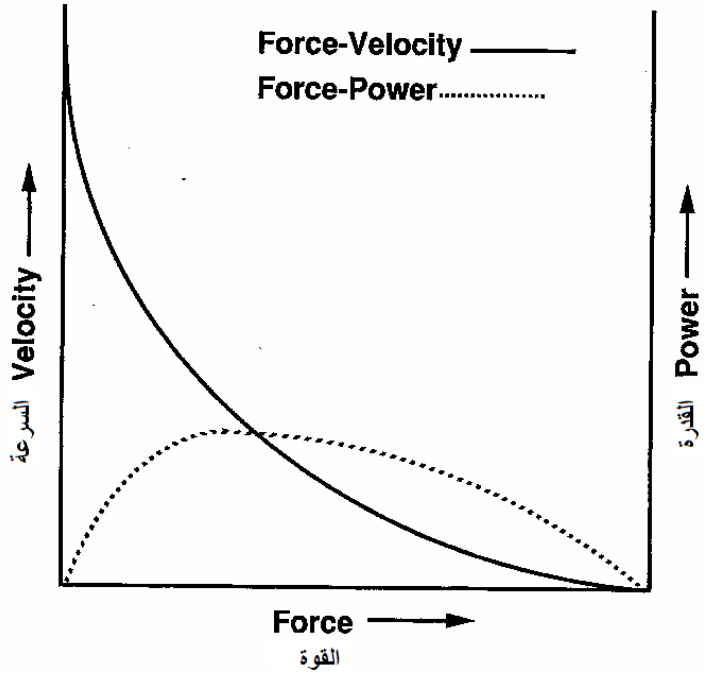
فرضية إن العضلة مركبة أساسا من وحدات حركية سريعة قادرة على إنتاج اكبر قوة لكل مساحة مقطعية مار اكبر من العضلات المكونة بشكل كبير من وحدات الحركة البطيئة اتضح بأنها فرضية خاطئة.

كمية عزم الدوران المتولد بواسطة عضلة معينة في أي مفصل تعتمد على مقدار الشد في العضلة زاوية اتصال العضلة بالعظم والمسافة بين تماس العضلة بالعظم ومحور الدوران في مركز المفصل الكمية الأكبر لعزم الدوران تنتج عن طريق الشد الأقصى في العضلة التي تميل بزاوية 90 درجة عن العظم بقدر البعد من مركز المفصل قدر الإمكان .

القدرة العضلية Muscular Power

الطاقة الميكانيكية هي حاصل القوة والسرعة وبالنتيجة فان القدرة العضلية هي حاصل القوة العضلية والسرعة حيث يمكن اعتبارها مزيج من القوة والسرعة الا أن نسبة القوة العضلية تفوق نسب الصفات البد نية الأخرى حيث تقصر العضلة فتظهر الطاقة القصوى تقريبا في ثلث السرعة القصوى وعند ثلث القوة القصوى المركزة شكل20-6 يوضح القوة العضلية الموضوعة مقابل الشد المركزي في العضلة ولان القوة العضلية و سرعة تقصير العضلة لا يمكن ان تقاس بصورة مباشرة في جسم البشر الصحي فيمكن تعريف القوة العضلية بشكل عام على أنها معدل إنتاج عزم الدوران في المفصل أو ناتج محصلة عزم الدوران والسرعة الزاوية في المفصل واستناد الى ان الطاقة العضلية متأثرة بالقوة العضلية وسرعة الحركة فان الطاقة العضلية هي مساهم هام بالنشاطات التي تتطلب كل من القوة والسرعة.

الركض يتطلب قدرة عضلية وخاصة في أوتار الركبة



(شكل 13–6) العلاقات بين الشد المركزي وسرعة التقصير وقدرة العضلة

إن رياضي قذف الثقل الأقوى ليس من الضروري أن يكون هو الأفضل وذلك لان تعجيل الجلة هو العنصر الحاسم في المسابقة ، فالرياضات

التي تتطلب حركات انفجارية كرياضة رفع الإثقال والرمي والقفز والركض تعتمد على إمكانية توليد الطاقة العضلية .

وبما إن الألياف السريعة تعمل عل زيادة الشد بسرعة اكبر من الألياف البطيئة فان النسبة الكبيرة من الألياف السريعة في العضلة هي مصدر قوة لتدريب الإفراد للسباقات التي تعتمد عل القوة العضلية فالإفراد الذين لديهم نسبة عالية من الألياف البطيئة وهؤلاء الذين يمتلكون ألياف سريعة لذلك يمكنهم ان يطوروا طاقتهم القصوى بشكل أسرع في عملية تقصير العضلة.

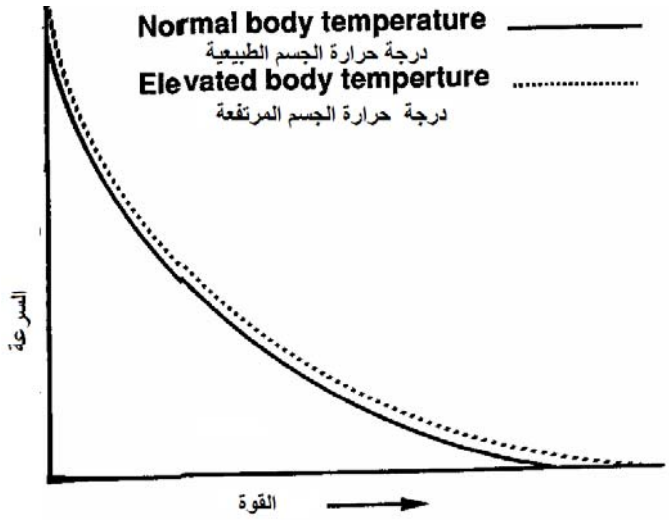
التحمل العضلي Muscular Endurance

التحمل العضلي هو عبارة عن قابلية العضلة على الشد لفترة من الزمن ،حيث ان الشد يجب أن يكون ثابتا ، فعندما يعبر لاعب الجمباز البار الحديدي يجب أن ينوع دورانيا كما يحدث خلال التجديف والركض وسباقات الدراجات فالشد المبذول في أطول وقت هو التحمل الأكبر وعلى الرغم من ان القوة العضلية القصوى والقدرة العضلية القصوى هي أفكار محددة نسبيا فالتحمل العضلي غير مفهوم بشكل جيد بسبب متطلبات السرعة والقوة تؤثر دراماتيكيا على طول الوقت .

التعب العضلي هو نقيض التحمل فالتعب الأكثر سرعة هو الأقل تحمل فالترتيب المعقد للعوامل الفسيولوجية والعصبية يؤثر على المعدل الذي يحدث عنده تعب العضلة فعندما يصل ليف العضلة إلى التعب التام فلا يكون قادرا على زيادة الشد عندما يحفز ويمكن أن يحدث التعب في العصب الحركي ذاته (FG) ألياف تتعب بسرعة اكبر من ألياف (fog) وألياف (SO) هي الأكثر مقاومة للتعب فقد أوضح الباحثون بان نسبة الألياف (ST) البطيئة مرتبطة بشكل مباشر طول الوقت بمستوى 50% من الشد الايزومتري الذي يمكن أن يحتفظ به.

تأثير درجة حرارة العضلة Effect of Muscle Temperature

عندما ترتفع حرارة الجسم حرارة الجسم ستزداد سرع الوظائف العضلية والعصبية وهذا سيؤدي إلى تغيير في منحنى السرعة والقوة مع قيمة عالية من الشد الايزومتري الأقصى والسرعة القصوى للتقصير الممكن في حمل مقصود (شكل21-6) ففي درجة الحرارة المرتفعة فان نشاط وحدات الحركة القليلة يكون مطلوبا بالدعم وإسناد الحمل المعين إن عمليات الايض تعمل على تزويد الأوكسجين وتعيد نقل ناتج الفضلات من العضلة العاملة وان يسرع في درجات حرارة الجسم العالية هذه المنافع تنتج قوة عضلية زائدة طاقة وتحمل تعمل على زيادة التدفئة والإحماء قبل محاولة العمل الرياضي وظيفة العضلة يمكن أن تكون أكثر فعالية في درجة حرارة 38,5 ارتفاع درجة حرارة الجسم فوق هذه النقطة الذي ربما يحدث خلال التمرين الشاق دون الشروط العالية لدرجة الحرارة أو الرطوبة فيمكن ان تكون في هذه الحالة خطيرة جدا على الرياضي مسببة في هذه الحالة استهلاك الحرارة أو ضربة الحمى فمنظمي سباقات المسافات الطويلة الذين يشاركون في سباقات الركض والدراجات يجب ان يكون مدركون للصواعق المحتملة التي ترتبط بالمنافسة في مثل هذه الظروف.



(شكل 21–6) عندما ترتفع درجة الحرارة قليلا فمنحني السرعة والقوة سيتبدل وهذه فوائد الإحماء قبل المحاولة الرياضية

سباق الدراجات للمسافات الطويلة يتطلب تحمل عضلي و خاصة في أوتار الركبة

ملخص SAMMURY

العضلة هي مرنة وقابلة للتمدد وتستجيب إلى التحفيز والأكثر أهمية من ذلك هو قابلية النسيج البيولوجية لزيادة الشد الانقباضي العضلي هو المركزي واللامركزي بالاعتماد على تطويل وتقصير العضلة أو محافظة على عدم تغيير الطول.

الوحدة الوظيفية للنظام العضلي العصبي هي الوحدة الحركية المؤلفة من عصب الحركة الواحد وكافة الألياف.

ألياف الوحدة الحركية أما أن تكون ذات ارتعاش بطيء او ارتعاش سريع مقاومة للتعب حيث ان كل من الألياف السريعة أو البطيئة موجود في عضلات الإنسان وعلى الرغم من ان التركيب الليف العضلي يظهر بأنه محدد جنسيا ترتيب الألياف في داخل عضلات الإنسان الهيكلية أما إن يكون متوازي أو مستعرض فترتيب الألياف المستعرض المائل يعزز من إنتاج القوة بينما يساعد الترتيب الليفي المتوازي في تقصير العضلة بشكل كبير هناك علاقات معرفة بشكل جيد بين ناتج قوة العضلة وسرعة تقصير العضلة .فطول العضلة عند التحفيز والوقت منذ بداية المحفز . ونتيجة للمساهمة الإضافية لعناصر مرونة العضلة فان إنتاج القوة سيعزز عندما تكون العضلة ممدودة بوصف انجاز العضلة في مصطلحات القوة العضلية وا لطاقة والتحمل من منظور بايوميكانيكي فان القوة هي قابلية المجموعة العضلية و على توليد عزم الدوران في المفصل اما الطاقة فهي معدل إنتاج عزم الدوران في المفصل والتحمل هو مقاومة التعب.

اختبر معلوماتك

1. اكتب قائمة بثلاث أمثلة للفعاليات المطلوبة للانقباض المركزي وثلاث أمثلة من النشاطات المطلوبة للانقباض الغير المركزي وشخص العضلات المحددة والمجاميع العضلية المشتركة.
2. اكتب خمسة مهارات حركية يمكن عندها أن تقيم النسبة العالية للارتعاش السريع لألياف العضلة واكتب قائمة لخمس مهارات عندها أن تقيم النسبة الغالبة للألياف الارتعاش البطيئة.
3. افترض طريقة لمد الوحدات الحركية في المجموعة العضلية الأكبر أو المجاميع المشاركة في كل الفعاليات التالية :
   - ✓ امشي على درج طائر.
   - ✓ الركض على درج طائر.
   - ✓ رمي الكرة.
   - ✓ سباق دراجات 100كيلومتر.
   - ✓ إدخال خيط بإبرة.

4. حدد ثلاثة عضلات لها ترتيب ليفي متوازي ثم وضح الطرق التي تكون عندها الوظائف العضلية مسنودة بمثل هذا التنظيم.
5. اجب عن أربع مشاكل في تنظيم الليف المستعرض المائل.
6. كيف يتأثر منحني القوة والسرعة بتدريب القوة العضلية ؟
7. اكتب إنشاء العوامل البيوميكانيكية التي تحدد القوة العضلية.
8. اكتب قائمة للفعاليات التي يكون عندها إنتاج القوة العضلية مسنود بواسطة الجزء المرن المتسلسل وانعكاس الشد.

9. يمكن ان تولد العضلة مايقارب 90 نيوتن من القوة لكل سنمتر مربع من المسافة المقطعية المارة في حالة كون المساحة المقطعية المارة بالعضلة ذات الرأسين العضدية وما مقدار القوة التي يمكن ان تبذل ؟ الجواب 900 نيوتن .

10. باستخدام نفس القوة ضمن المساحة المقطعية المارة كما في المسالة 9 ثم ضمن المساحة المقطعية المارة لعضلتك ذات الرأسين العضدية ما مقدار القوة التي يجب ان تنتجها العضلة ؟

11. حدد اتجاه الحركة (المرونة ،المد الخ) في الحوض والركبة والكاحل ومصدر القوة الذي يسبب الحركة في كل مفصل للفعاليات التالية :

- ✓ الجلوس في الكرسي
- ✓ اخذ خطوة عل سلم طائر
- ✓ ضرب الكرة .

12. احسب كمية عزم الدوران المتولد في المفصل عندما تكون العضلة ماسة للعظم في 3سم من مركز المفصل تسلط قوة شد بمقدار 100 نيوتن في زوايا التماس التالية :

1- 30درجة الجواب 1,5 نيوتن /متر
2 - 60 درجة الجواب 2,6 نيوتن /متر
3- 90 درجة الجواب 3 نيوتن / متر
4- 120 درجة الجواب 2,6 نيوتن / متر
5- 150 درجة 1,5 نيوتن / متر

13.اكتب مشكلة كمية لك بمشاركة التالي : شد العضلة ، زاوية تماس العضلة بالعظم ،مسافة التماس من مركز المفصل ،عزم دوران في المفصل ،أعط حلا لمشاكلك.

14.مع الشريك ،استخدم جهاز الجونيومتر لقياس معدل حركة الكاحل في حركات الثني الداخلية والخارجية عندما تكون الركبة ممدودة بشكل كامل ومثنية بارتياح. وضح نتائجك.

15.استخدم سلاسل من الكرات الحديدية المربوطة بحبل .حدد وزنك الأقصى لتمرين فتل وجه الذراع .عندما يكون مفصل المرفق في زوايا 5 درجة و90درجة و140درجة .وضح استنتاجاتك .

16. باستخدام جهاز التصوير الالكتروني مع أقطاب سطحية موضوعة فوق العضلة العضدية ذات الرأسين ،نفذ تمرين فتل الذراع في أوزان خفيفة وثقيلة .وضح التغيرات الداخلة.

17.باستخدام جهاز الاكترومايكرافي مع أقطاب الكترونية سطحية موضوعة فوق العضلة العضدية ذات الثلاث رؤوس الصدرية الكبرى ونفذ تمرين بنج بريس بعرض قبضة واسع .متوسط .ضيق فوق البار. وضح الاختلافات في مشاركة العضلة .

18.باستخدام جهاز الالكترومايوكرافي مع أقطاب سطحية موضوعة فوق العضلة ذات الرأسين العضدية ،نفذ تمرين فتل وجه الذراع التعب .ماهي تغيرات التعب الدالة في الجهاز ،وضح نتائجك.