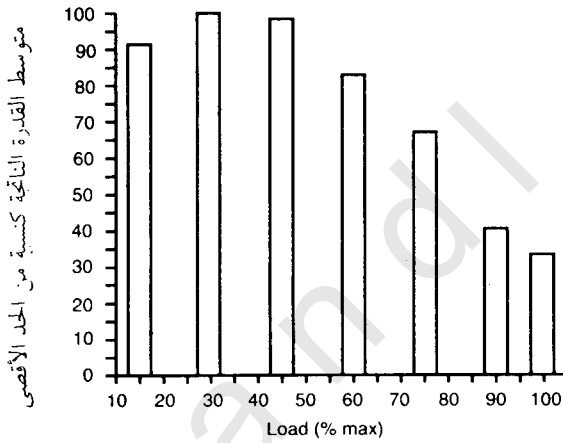


* قوة كبيرة بسرعة منخفضة.

* سرعة عالية بقوة منخفضة.

* قيم متوسطة لكل من القوة والسرعة.

والأسلوب الثالث هو أنسب الأساليب للوصول بالقدرة إلى الحد الأقصى، وقد أكدت ذلك عدة دراسات حيث يرى كل من كانيكو Kaneko ١٩٨٣ وموريتاني Moritani (١٩٨٧) أن أقصى قدرة تحدث عند حمل يصل إلى ما بين ٣٠٪ - ٤٥٪ من الحد الأقصى ويوضح ذلك شكل (١٠).



نسبة الحمل من الحد الأقصى

شكل (١٠) علاقة القدرة بالحمل في العمل العضلي

ميكانيكية العضلة

إنتاج القوة:

تعمل العضلات الهيكلية كمصدر للقوة التي تنتقل من خلال أوتار العضلات إلى الجهاز الهيكلي فتدور أجزاؤه حول محاورها التي تعرف بالمفاصل، وهذا الميل للدوران يعرف بالعزم وهو ناتج القوة العضلية والمسافة العمودية بين خط عمل القوة ومحور الدوران وهو المفصل، وهو يعبر عن القوة العضلية للعضلة أو للمجموعة العضلية.

ويدخل فى حساب العزم العضلى زاوية الشد بين اندغام العضلة والمحور الطولى للعظمة. والزاوية المثالية للشد هى (°٩٠) وأى زيادة أو نقص فى مقدار هذه الزاوية يؤدى إلى نقص فى مقدار العزم العضلى وكذلك تختلف قدرة العضلة على إنتاج قوة باختلاف موضع العضلة، لذا فليس من المستغرب أن قيمة أقصى قوة يمكن أن تنتجها العضلة هى قيمة متغيرة على مدى حركة المفصل كما سبق إيضاحه فى شكل (٨).

والمسافة التى تندغم عليها العضلة بعيداً عن محور المفصل هى عملية وراثية إلى حد كبير ما بين الأفراد. لذا فإن الأفراد الذين يتمتعون بمسافة اندغام أكبر من المؤكد أن ناتج قوة انقباض عضلاتهم سوف يكون أكبر. لذا فإن هذه الخاصية مثلها مثل تناسب أطوال أجزاء الجسم ونسب تواجد الألياف العضلية بنوعيتها والتى تعتبر من الخواص التى ليس للتدريب أى دور فى تغييرها.

تأثير المقاومة

يؤدى وزن أى جزء من أجزاء الجسم أو ما يضاف إليه من أحمال إلى حدوث عزم حول مفاصل الجسم، ويكون فى اتجاه مضاد للعزم الناتج عن الانقباض العضلى. وتنطبق على هذه الحالة نفس القواعد السابق الإشارة إليها من حيث أن مقدار العزم مرتبط بالمسافة العمودية بين نقطة التأثير ومحور المفصل. وبالتالي فإن العزم المقاوم هو قيمة متغيرة أيضاً على مدى حركة المفصل.

فعلى سبيل المثال عند أداء التمرين الموضح فى شكل (١١) تصل أقصى قيمة للعزم الناتج عن الثقل ندما تكون زاوية المرفق (°٩٠ تقريباً) حيث تكون المسافة العمودية بين الثقل ومحور المفصل أكبر ما يمكن أما إذا زادت الزاوية أو قلت عن °٩٠ فإن ذلك يعنى أن العزم الناتج يكون أقل لتناقص المسافة العمودية بين مكان الثقل ومحور المفصل.



شكل (١١) ثنى الزراعين من الوقوف باستخدام ثقل

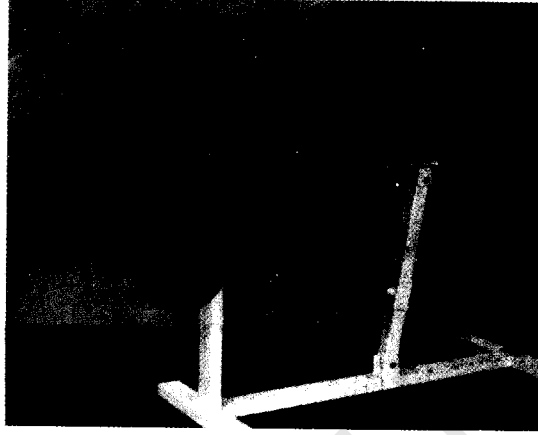
تأثير تغيير وضع الجسم على التحميل

يختلف تأثير الحمل المستخدم فى التدريب على المفصل باختلاف وضع الجسم أثناء أداء التمرين ففي أداء التمرين الموضح فى الشكل السابق فإن الحمل يصل إلى أقصى درجة تأثير عندما تصل زاوية المرفق إلى 90° ويتناقص هذا التأثير بالإبتعاد عن هذه الزاوية وبالتالي فإن هذه الأوضاع التى يكون فيها تأثير الثقل منخفضا يمكن تغييرها من خلال تغيير وضع الجسم نفسه.

فإذا تم أداء التمرين السابق والجسم فى وضع أفقى كما هو موضح فى شكل (١٢) فإن ميكانيكية عمل الرافعة سوف تتغير بحيث يتزايد العزم المقاوم للثقل عند الجزء الأخير من حركة المفصل.

وهذا يفسر السبب فى استخدام لاعبي كمال الأجسام للتمرين الواحد فى أوضاع مختلفة، فمثل هذه الأوضاع تغير من وضع الرافعة فتضع العضلة تحت تأثير عزم المقاوم أكبر فى زوايا مختلفة على مدى حركة المفصل.

وهذا ما يؤكد أيضا على أهمية أداء تدريبات الأثقال فى نفس الأوضاع التى يتخذها اللاعب فى أداء مهارات لعبته .



شكل (١٢) ثنى الزراعين باستخدام ثقل من الانبطاح على مقعد

توزيع الألياف العضلية

يمثل توزيع الألياف العضلية بالنسبة لأوتار العضلات أهمية كبيرة فى قدرة العضلة على إنتاج القوة، فإذا ما كانت الألياف متخذة الاتجاه الطولى بالنسبة للوتر فإن العضلة تكون قادرة على إنتاج قوة منخفضة نسبيا ولكن مدى الحركة يكون كبيراً. وهناك عدد قليل من هذه العضلات التى يطلق عليها مصطلح العضلات المغزلية، وهى موجودة فى الأطراف ومنها على سبيل المثال العضدية الغرابية.

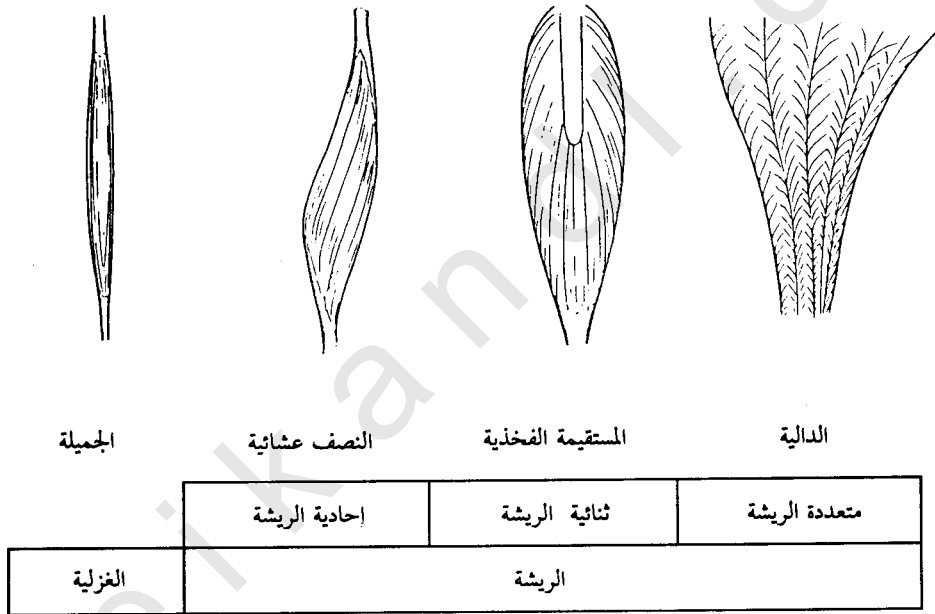
أما إذا كان اتجاه الألياف يصنع زاوية بالنسبة للوتر فهى تسمى عضلات ريشية وهذه العضلات تنتج قدراً أكبر من القوة، ولكن فى مدى حركى ضيق نسبيا. وهذا النوع من العضلات يمثل حوالى ثلاثة أرباع العضلات الهيكلية حيث أن لها عدة أشكال منها

أحادية الريشة: وتكون فيها الألياف على جانب واحد من الوتر ومنها العضلة النصف غشائية.

ثنائية الريشة: وتكون فيها الألياف على جانبي الوتر ومنها العضلة المستقيمة الفخذية.

متعددة الريشة: وتكون فيها الألياف على جانبي عدد من الأوتار داخل العضلة ومنها العضلة الدالية.

ويوضح شكل (١٣) نماذج من هذه التصنيفات وأسلوب توزيع الألياف واتجاهاتها بالنسبة لوتر العضلة.



شكل (١٣) توزيع الألياف من حيث الشكل في العضلات الهيكلية

تكيف الجهاز العصبي لتدريبات المقاومات

إن من أفضل الأمثلة التي يمكن تناولها لإيضاح تأثير تدريب المقاومات على تكيف الجهاز العصبي هو انتقال أثر التدريب من أحد أطراف الجسم إلى الطرف

المقابل، وهذا التكيف العصبى يمر بالعديد من العمليات المعقدة ومنها تحرر وتراخى الوحدات الحركية وتأثير التعلم.

التحرر: Disinhibition

يعمل الجهاز العصبى فى جميع الأحوال على إرسال ومضات عصبية تعمل على كبح الاستثارة، فإذا ما زادت موجات الاستثارة فيعنى ذلك أن الوحدة الحركية سوف تبدأ فى العمل أما إذا حدث العكس فسوف لا تثار الوحدة الحركية للبدء فى العمل. وخلال عمليات زيادة إنتاج القوة، فإن الجسم البشرى مصمم على أساس استخدام التغذية المرتدة لحماية العضلات من الإصابة، فعلى سبيل المثال تعمل أعضاء وترجولحى والمتواجدة داخل أوتار العضلات فى تسلسل تال للألياف العضلية بدرجة عالية من الحساسية لدرجة الشد أو التوتر التى تتعرض لها العضلة، فإذا ما انتجت العضلة مقداراً عالياً من القوة، فإن هذا التوتر يعمل على إرسال إشارات من شأنها كبح الوحدات الحركية وبالتالي منع تجنيد وحدات حركية جديدة. وإيقاف الوحدات المشاركة فعلاً عن الوصول إلى أقصى حد لها وبالتالي الحد من القوة الناتجة.

وبالتالى فإنه فى بعض الأحيان قد لا تستخدم القوة القصوى فى بعض الأنشطة بناء على حساسية هذا العضو (وترجولحى). مع استمرار رغبة الفرد فى إنتاج أقصى قوة فإن حساسية هذا العضو قد تتناقص إلى حد ما وهذا ما يطلق عليه «التحرر Disinhibition» ويسمح بالوصول بالقوة العضلية إلى أقرب ما يمكن من حدها الأقصى فقط.

ومن أهم الفوائد والمميزات التى يحققها تدريب الأثقال أو تدريب المقاومات بصفة عامة هى تخفيض مستوى إشارات الكبح التى تنتج عندما يزيد الشد أو التوتر العضلى بما يسمح بإمكان تجنيد عدد كبير من الوحدات الحركية وإمكان التأثير على هذه الوحدات بحيث تعمل بأعلى كفاءة ممكنة.

وبناء على ذلك فإنه يمكن القول أن لتدريب الأثقال أو تدريب المقاومات تأثيراً مباشراً على الجهاز العصبى بما يسمح بإمكان تنمية القوة القصوى دون حدوث تغيرات ملحوظة فى شكل العضلة وخاصة ما يطلق عليه بتضخم العضلات (Hypertrophy).

فأقد القوة Strength Deficit

إن الفرق بين القوة الإرادية القصوى التى ينتجها الجسم وما يمكن أن ينتجه بالفعل من قوة مطلقة هو ما يسمى بفأقد القوة (تيدو Tidow ١٩٩٠) وأقصى قوة عضلية إرادية يمكن حسابها من خلال الانقباض الاتزومتري أو الثابت فى حين أن القوة المطلقة يمكن التعرف عليها من خلال انقباض بالتطويل ضد ١٥٠٪ من القوة الإرادية القصوى كمقاومة وقد أكد تيدو أن هذا النقص أو الفأقد يصل إلى ٤٥٪ فى الأفراد غير المدربين فى حين أنها تصل إلى ٥٪ فقط فى الأفراد المدربين ويرى أن ذلك يرجع بالدرجة الأولى إلى انخفاض مستوى الكبح مما يؤدى إلى إمكانية استخدام احتياطي القوة بكامله فى الانقباض.

ويلعب قيمة هذا التغير دوراً أساسياً فى اختيار نوع التدريب المناسب للأداء فإذا كانت قيمته عالية فإن ذلك يعنى أن الفرد لا يستخدم عضلاته بأعلى كفاءة وبالتالي فإنه ينصح بأن يخضع هؤلاء الأفراد إلى تدريب على الشدة ما بين (٩٠ - ١٠٠) من الحد الأقصى ومثل هذا النوع من التدريب يؤدى إلى رفع مستوى التحرر وبالتالي سوف يسمح بإمكان إطلاق حرية العضلات فى العمل بأقصى طاقة لها، فيتناقص بالتالى فأقد قوتهم.

أما إذا كانت قيمة الفأقد قليلة، فإن تحقيق تحسن فى مستوى القوة العضلية لن يتأتى إلا من خلال زيادة مقطع العضلة، فنظريات تدريب كمال الأجسام يجب أن تعتمد على هذا المفهوم وذلك من خلال استخدام ما بين ٧٠ - ٨٠٪ من الحد الأقصى مع تكرار من ٨ - ١٢ تكراراً.

ومن سوء الحظ أن أساليب حساب فأقد القوة ما زالت غير دقيقة وقد تؤدى فى بعض الأحيان لحدوث إصابات لذا فإن استخدامها فى الحياة العملية ما زال محدوداً جداً.

تزامن الوحدات الحركية

كما سبق الإشارة فإن العضلة الواحدة تحتوى على (١٠٠ - ١٠٠٠) وحدة حركية وبصفة عامة فإنه عند إثارة العضلة للعمل، فإن الوحدات الحركية تعمل بشكل

مستقل أى أنها لا تستثار بنفس المقدار، وقد أكد **ملنروبراون** Milner & Brown ١٩٧٥، أن من أهم ما يميز الرياضى الذى يتمتع بقوة عضلية عالية، هو تزامن شحذ الوحدات الحركية للعمل، وهذا يعنى أن التدريب على الشدة لتنمية القوة يساعد على شحذ الوحدات الحركية داخل العضلة الواحدة وبداية عملها فى نفس الوقت وتعتبر هذه الظاهرة شكلاً من أشكال تكيف الجهاز العصبى الذى يساهم فى تنمية القوة العضلية.

تأثير التعلم

يلاحظ عند أداء تدريبات المقاومات لدى الأفراد حديثى العهد بهذا النوع من التدريب عدم وجود درجة كبيرة من التوافق بين العضلات المحركة الأساسية والعضلات المضادة أو المقابلة والعضلات المثبتة، ففى تمرين ثنى الذراعين باستخدام ثقل حديدى، كثيراً ما نجد أن العضلة ذات الثلاثة رؤوس العضدية تعمل أثناء عمل العضلة ذات الرأسين العضدية لثنى مفصل المرفق فتبدو الحركة غير متوافقة، ومع استمرار عملية التدريب تبدأ هذه التوافقات فى الانتظام فيتحسن الأداء.

وقد لاحظ **روثرфорд** Rotherford ١٩٨٦ أن هناك تحسناً فى مستوى العضلات المادة لمفصل الركبة عند استخدام تدريبات الأثقال لمدة ١٢ أسبوعاً وأن التحسن بلغ (١٦٠ - ٢٠٠٪) فقط خلال نفس الفترة مما يؤكد أن لتعلم التوافقات المطلوبة لأداء التمرين أهمية كبيرة فى زيادة الحد الأقصى كما أظهرته نتائج العمل الديناميكي والعمل الاستاتيكي.

كما أكد أن فترة ما بين ٦ - ٨ أسابيع تعتبر فترة كافية لحدوث التكيف فى الجهاز العصبى وهى تمثل السبب الأساسى فى ارتفاع مستوى القوة خلال هذه الفترة، إلا أن أهمية هذا التكيف تتناقص نسبياً أمام التغيرات المورفولوجية الناشئة فى العضلة نتيجة للتدريب.

تكيف الجهاز العضلى لتدريبات المقاومات

إن التأثير الملحوظ للتدريب طويل المدى لرفع مستوى القوة العضلية يؤدى إلى زيادة فى مساحة مقطع العضلة، فالعضلة يمكن أن تنتج قوة قصوى تعادل ٥٠ نيوتن/سم^٢ من مساحة مقطعها وبالتالي فإن هناك ارتباطاً قوياً بين مساحة مقطع العضلة والقوة التى يمكن أن تنتجها.

يؤدي التدريب طويل المدى لكلا الجنسين إلى زيادة حجم العضلات، وتتم زيادة مساحة مقطع العضلة من خلال نظامين معروفين هما:

• **التضخم:** حيث يزيد حجم كل ليفة من ألياف العضلة.

• **الانقسام الطولي:** حيث تنقسم الليفة العضلية وبالتالي يزيد عددها داخل العضلة.

وقد أشارت العديد من الأبحاث إلى أن التضخم هو النظام المعهود حدوثه في العضلات ويتم ذلك من خلال تغير في عدة عوامل من أهمها:

- زيادة عدد وحجم الليفيات داخل الليفة الواحدة.

- زيادة كمية خيوط البروتين وبخاصة خيوط المايوسين.

- زيادة حجم وقوة الأوتار والأربطة والنسيج الضام داخل العضلة.

وقد لوحظ أن معظم الزيادة التي تحدث في العضلات نتيجة لتدريبها باستخدام تدريبات المقاومة تحدث في الألياف السريعة (Roman 1993).

مطاطية العضلات والأوتار

تظهر معظم حركات الإنسان نتيجة للعمل العضلي بالتطويل، حيث يزيد طول العضلات وهي في حالة شد أو توتر، ويتبع ذلك عمل عضلي بالتقصير، وهو ما يفسر وجود المرحلة التمهيدية في أداء أى عمل مهارى، ويمكن ملاحظة ذلك بسهولة في أداء الوثب والعدو والرمى، كما يمكن ملاحظته في معظم تدريبات العمل ضد مقاومات، ويتم هذا النظام في العمل في ضوء ما يسمى بمبدأ (الإطالة ثم الانقباض) (SCC).

فالرمى على سبيل المثال يتطلب تحريك الذراع للخلف ما يؤدي إلى إطالة عضلات مفصل الكتف قبل البدء في تحريك الذراع في اتجاه الرمي عن طريق قبض هذه العضلات.

وبمقارنة الأداء بهذا الأسلوب بالأداء بدون إطالة سابقة للانقباض فسوف نجد أن هذا الأسلوب يحقق طاقة وقدرة عالية مما يزيد من فعاليته.

وقد تبني هذا المبدأ كل من **ميرى وديمنى** Mary & Demeny ١٩٨٥ عندما لاحظا الفرق بين لاعبي وثب يستخدم أحدهما هذا المبدأ بشكل أفضل من الآخر.

وتعود الزيادة في فعالية الأداء باستخدام هذا المبدأ إلى الاستفادة من كل طاقة المطاطية المخزونة وخصائص مراكز الأفعال العصبية المنعكسة ومدخلات الجهاز العصبي نتيجة لعمل المستقبلات الخاصة بالإطالة.

وتعتبر ميكانيكية استخدام الخاصية المرتبطة بطاقة اجهاد الشد من العمليات البسيطة، فأتناء الانقباض بالتطويل ضد مقاومة قبل البدء في الانقباض بالتقصير تستخدم طاقة الإجهاد الناتجة عن الشد في اكتساب طاقة حركة لعودة العضلة إلى طولها الطبيعي وتعتبر هذه الطاقة قيمة مضافة للقوة الناتجة عن الانقباض فيزيد ذلك من فعالية العمل العضلي.

وقد تناول العديد من الباحثين هذا المبدأ في العديد من الدراسات، ومنهم **كافاجنا** Cavagna ١٩٦٤ و**الكساندر** Alexander ١٩٨٧ حيث اثبتا أن الطاقة الناتجة عن استخدام هذه المبدأ تعادل ٥٠٪ من الطاقة المطلوبة في الجري، كما اشار كل من **أسمورن** Asmussen و**بود** Bode - Petersom ١٩٧٤ إلى أن هناك زيادة في مقدار الوثب لأعلى بنسبة ١١,٥٪ باستخدام هذا المبدأ، كما أشار **ولسون** Wilson ١٩٩١ أن هناك زيادة في الحد الأقصى لما يمكن أن يرفعه اللاعب في تمرين مد الذراعين من الرقود (البنش) بنسبة ١٤,٥٪ عند استخدام هذا المبدأ بالمقارنة باللاعب الذي لا يستخدمه.

ولهذه المعلومات أهمية كبيرة في تدريب الأثقال، فغالبا ما تتميز التكرارات الأولى من أى تمرين بعدم وجود مرحلة عمل عضلي بالتطويل، فعلى سبيل المثال يمكن ملاحظة ذلك في معظم التمرينات التي تؤدي على الأجهزة حيث نجد أن التكرارات الأولى تكون أكثر صعوبة.

وعندما يؤدي أى تمرين باستخدام مقاومة تعادل الحد الأقصى أو أقل من ذلك بقليل سوف نلاحظ أن أولى محاولات الأداء تحتاج إلى مساعدة خارجية.

وفى العديد من الأنشطة الرياضية يستخدم هذا المبدأ بما يسمح بإمكان الاعتماد على طاقة المطاطية وعمل المستقبلات الحسية المنعكسة فى المشاركة فى الأداء.

ولكى تتمكن من تحقيق أكبر فائدة من استخدامات هذا المبدأ فى التدريب يجب مراعاة ما يلى:

- إذا زادت الفترة الزمنية بين العمل بالتطويل والعمل بالتقصير فإن قيمة هذا المبدأ سوف تقل تدريجيا وقد قام ولسون Wilson ١٩٩١ بحساب هذه الفترة ووجد أنها حوالى ٨٥, ٠ ث وأن تقليل هذه الفترة يساعد على تحسين استغلال هذا المبدأ فى الأداء.

- إن الطاقة المختزنة فى العضلات نتيجة للشد تخرج بمعدلات سريعة خلال مرحلة الانقباض بالتقصير وتشارك فقط فى اللحظات العشر الأولى من الثانية.

- تلعب مطاطية أوتار العضلات دورا هاما فى تحديد كيفية الإستفادة من هذا المبدأ وبخاصة فى الحركات البطيئة نسبيا كرفع ثقل على الشدة فى تمرين مد الذراعين من الرقود (البنش).

- تؤدى تدريبات المرونة إلى زيادة مطاطية العضلات والأوتار وبالتالي إلى زيادة فعالية استخدام هذا المبدأ، حيث أكدت عدة أبحاث أن برنامج لتنمية المرونة لمدة ثمانية أسابيع يكفى لرفع القوة القصوى لحاملى الأثقال بنسبة ٥٪.

- على الرغم ما أشار إليه بوشن Pousson ١٩٩٠ بأن تدريبات القوة تؤدى إلى زيادة تيبس الأوتار، فإن ولسون Wilson ١٩٩٢ أكد على أن تدريبات المرونة تساعد على تقليل هذا التيبس الذى يحدث فى العضلات والأوتار. لذا فإنه يجب الاهتمام بتدريبات المرونة عند إخضاع اللاعب لبرنامج مكثف لتنمية القوة العضلية القصوى.

- تمثل طاقة المطاطية لألياف العضلات أهمية كبيرة فى الانقباضات العضلية ذات الشدة القصوى وتأتى أهميتها فى مستوى يفوق دور الأفعال العصبية المنعكسة.

- تؤدى زيادة المرونة وزيادة مدى الانقباض العضلى بالتطويل إلى زيادة درجة الاستفادة من هذا المبدأ.