أما **النوع الثالث** وهو **الانقباض العضلى الثابت**، حيث يتعادل فيه كل من التوتر أو الانقباض مع المقاومة المراد التغلب عليها، ومن أمثلته محاولات تحريك أجسام غير قابلة للحركة، ويستخدم العمل الذى تشارك به العضلة فى أى حركة فى وصف الدور الذى تلعبه العضلة فى الحركة، فاللعضلات ثلاثة وظائف رئيسية.

- المحركات الأساسية

فعندما تكون العضلة أو المجموعة العضلية مسئولة عن إحداث الحركة المرغوبة كدور العضلة ذات الرأسين العضدية فى قبض مفصل المرفق، فإنها تعمل فى هذه الحالة كعضلة محركة أساسية.

- المقابلة أو المضادة

وهى العضلات الموجودة على الجانب الآخر من العضلات المحركة الأساسية وتكون وظيفتها عكس ما تقوم به المحركات الأساسية أى أن عملها يكون مقاومًا لعمل المحركات كدور العضلة ذات الثلاث رؤوس العضدية فى مد مفصل المرفق.

- المثبتة

وهى العضلات التى تعمل على تثبيت الجهاز الهيكلى عند عمل العضلات المحركة كدور عضلات مفصل الكتف عند قبض مفصل المرفق.

ميكانيكية العمل العضلى وبعض المبادىء العصبية

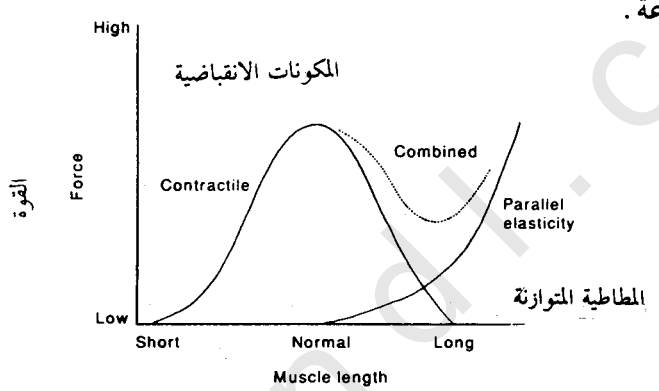
علاقة الطول بمقدار التوتر أو الشد

يعتبر الطول الطبيعى للعضلة هو أفضل الأوضاع التى تتخذها العضلة لإنتاج أكبر قدر من القوة، حيث يؤدى ذلك إلى حدوث أقصى انحناء فى خيوط الميوسين والاكتين، ومع إنقباض العضلة فإن خيوطها تبدأ فى التداخل مما يؤدى إلى عدم إمكانية إنحناء الوصلات Cross - Bridge الجسور المتقاطعة فتقل فعالية الانقباض.

فإذا ما كانت العضلة فى طول أقل من طولها الطبيعى فإن تداخل الخيوط

البروتينية (الميوسين والاكتين) سوف يتزايد وبالتالى سوف لا تشارك نسبة منها فى العمل فتقل القوة الناتجة.

أما إذا تم إطالة العضلة عن طولها الطبيعى فسوف ينتج شد إضافى مرتبط بطاقة المطاطية التى تتميز بها الألياف وكذلك النسيج الضام المتوازى مع المكونات الانقباضية. ويوضح شكل (٧) التأثير المزدوج لكل من طول العضلة والعوامل المرتبطة بمطاطية النسيج الضام فى تأثيرها على الانقباض من خلال منحنى كلاسيكى لعضلة منزوعة.

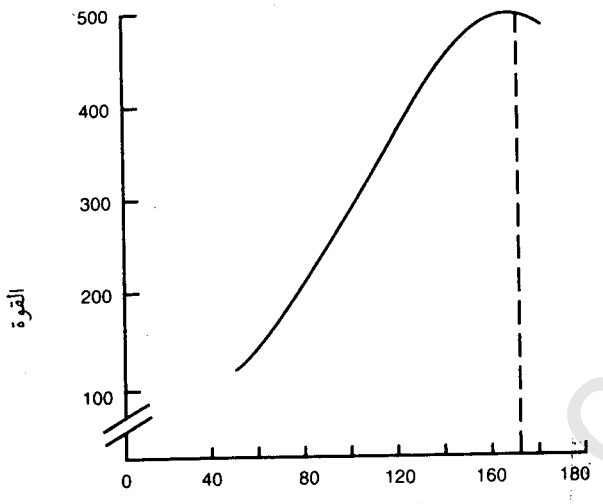


شكل (٧) منحنى علاقة (الطول ـ بالشد) لعضلة منزوعة

موقع العضلة وعلاقته بالقوة

تبذل العضلة فى أى عمل عضلى مقادير مختلفة من القوة، ويوضح شكل (٨)

العضلات القابضة لمفصل الركبة ذات الثلاث رؤوس الخلفية للفخذ وهذا الاختلاف فى المقادير التى يمكن أن تنتجها العضلة من قوة يرجع إلى أسباب مركبة تدخل فيها طول العضلة والميزة الميكانيكية المتاحة من نظام الروافع المستخدم حيث يرتبط ذلك بزاوية إندغام وتر العضلة فى الطرف المتحرك ودرجة تغير هذه الزاوية بتغير حركة الطرف خلال حركة المفصل.

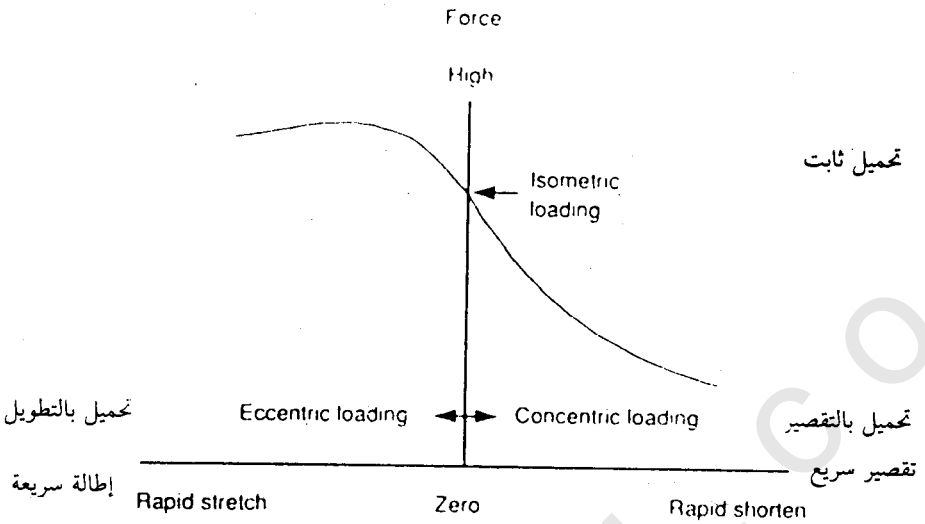


شكل (٨) منحنى القوة الثابتة للعضلات القابضة للرجل عل المدى الكامل للقبض

علاقة القوة بالسرعة

مع ثبات جميع المتغيرات تظهر أقصى قوة إنقباضية فى الانقباض الايزومترى وتتناقص قدرة العضل على بذل شد أو توتر مع زيادة سرعة الحركة فى الانقباض بالتقصير ويوضح ذلك شكل (٩) ويحدث ذلك نتيجة للزوجة الوسط الذى يقاوم الحركة بالنسبة لزيادة السرعة هذا بالإضافة إلى إنفصال وعودة الاتصال للجسور المتقاطعة بمعدلات سريعة يؤدى ذلك إلى تقليل التوتر أو الشد، كما أن سرعات الانقباض العالية لا تسمح بتوافر زمن كافى لتوليد أقصى قوة إنقباضية ويظهر فى نفس الشكل أن القوة القصوى تظهر من خلال الانقباض بالتطويل.

obeikandl.com



معدل التغير فى طول العضلة

شكل (٩) علاقة (القوة ـ السرعة) فى الانقباض العضلى

وفى الحقيقة غالبا ما تصل القوة الناتجة عن الانقباض بالتطويل إلى (١,٣) أضعاف القوة الناتجة عن الانقباض بالتقصير، **جريفن** Griffin ١٩٨٧ .

وتستخدم هذه القاعدة فى ضبط الأثقال المستخدمة فى التدريب للارتقاء بمستوى القوة العضلية القصوى حيث أن تصعيد القوة الانقباضية يظهر فى هذا النوع من العمل أكثر منه فى حالات الانقباض الثابت أو الانقباض بالتقصير.

علاقة القدرة بالأحمال المستخدمة

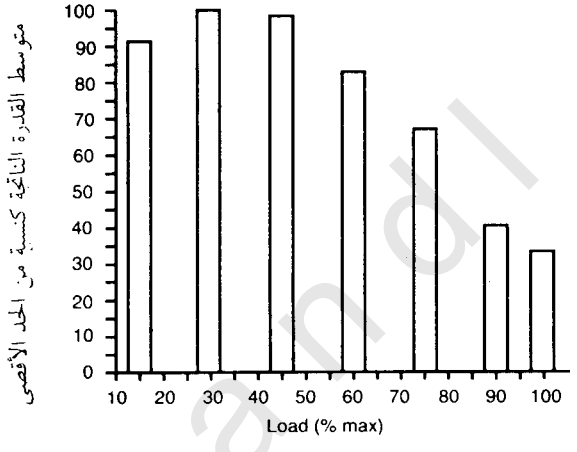
بناءً على علاقة (القوة ـ السرعة) فإنه من البديهى أن هناك علاقة عكسية بين القوة والسرعة فى الانقباض بالتقصير، حيث أنه لا يمكن الوصول بكلا المتغيرين إلى الحد الأقصى فى نفس الوقت وهو ما تتطلبه القدرة. لذا فإنه يمكن زيادة القدرة كمتغير يعتمد على كل من القوة والسرعة من خلال الاعتماد على واحد من الأساليب الثلاثة التالية:

* **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 **وموريتانى** Moritani (١٩٨٧) أن أقصى قدرة تحدث عند حمل يصل إلى ما بين ٣٠٪ ـ ٤٥٪ من الحد الأقصى ويوضح ذلك شكل (١٠).



شكل (١٠) علاقة القدرة بالحمل فى العمل العضلى

ميكانيكية العضلة

إنتاج القوة:

تعمل العضلات الهيكلية كمصدر للقوة التى تنتقل من خلال أوتار العضلات إلى الجهاز الهيكلى فتدور أجزاؤه حول محاورها التى 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.