العوامل المؤثرة فى تنمية القوة العضلية

السن

يؤثر السن تأثيرا واضحا على عمليات تنمية العمل الوظيفى للعضلات، وتصل أقصى درجات نمو الكتلة العضلية فى الرجال بين ١٨ سنة. و٢٢ سنة. أما بالنسبة للبنات فهى تحدث ما بين ١٦ سنة ـ ١٩ سنة. وتبقى الكتلة العضلية ثابتة تقريبا حتى سن ٣٠ ـ ٤٠ سنة وبعد هذا السن تبدأ الكتلة العضلية فى التناقص وحتى إن استمر التدريب، وبصفة عامة يكون معدل التناقص فى الطرف السفلى أعلى منه فى الطرف العلوى.

ويرتبط العمل الوظيفى للعضلات بالكتلة العضلية، فأقصى قيمة للقوة العضلية يمكن أن تتحقق فى سن العشرين عاماً فى السيدات وبين ٢٠ ـ ٣٠ سنة فى الرجال ويمكن المحافظة على مستوى القوة حتى سن (٣٥ ـ ٤٠ سنة) ثم تبدأ بعد ذلك فى التناقص التدريجى.

وقد أجرى **كلارك** Clarke ١٩٩٢ دراسة مقارنة لمجموعات مختلفة الأعمار للتعرف على المتغيرات التى تحدث فى العمل الوظيفى، ممن يمارسون تدريبات الأثقال وغير الممارسين، فوجد أنه فى سن ٢٠ ـ ٣٥ هناك تشابه فى القوة القصوى، وأن الفرق بين الممارسين وغير الممارسين كان حوالى ١٣٪ وفى سن الخمسين وجد أن كلاً من الممارسين وغير الممارسين يتعرضون لانخفاض ملحوظ فى كل من كتلة العضلات وقوتها.

وقد أكدت هذه الدراسة على أن الممارسين يحتفظون بمستوى أعلى من القوة العضلية والتحمل، بمقارنتهم بغيرهم من غيرالممارسين، إلا أن كلاً من هذين المتغيرين يتناقصان بشكل محلوظ فى سن الخمسين.

وعلى الرغم من أن معظم الدراسات أفادت باضمحلال القوة العضلية بعد سن الخمسين ألا أن معدلات هذا الاضمحلال يمكن أن تتناقص باستمرار الانتظام فى تدريب الأثقال.

وقد أكدت بعض الدراسات أن غير الممارسين إذا انتظموا فى تدريبات باستخدام المقاومات فإنهم سوف يحققون تقدما ملحوظا فى العديد من جوانب العمل الوظيفى حتى فى الأعمار المتقدمة، ففى دراسة **لرومان** Roman ١٩٩٣ اتضح أن الانتظام فى برنامج تدريبى لمدة ١٢ أسبوعًا باستخدام الأثقال وبشدة عالية، أدى إلى زيادة كبيرة فى حجم العضلات وكل من القوة والتحمل لأفراد فى أعمار (٦٨ ± ٢ سنة).

ويوضح جدول (٨) أن حوالى ٤٠ رقمًا عالميًا فى رفع الأثقال تتشابه إلى حد كبير بين لاعبى المستوى الدولى والناشئين تحت ٢٣ سنة، وأن الفرق بين أرقام السن المفتوح والسن فوق ٤٠ سنة عن ١٠٪ من جملة الأرقام العالمية. فى حين الأرقام العالمية لسن فوق الخمسين تقل ٢٧٪ عن أرقام السن المفتوح.

جدول (٨)

الأرقام العالمية فى تمرينات الأثقال فى الأزوان المختلفة والأعمار المختلفة

(مسابقة خاصة)

الوزن	تحت ٢٣ سنة	المفتوح	فوق ٤٠ سنة	فوق ٥ سنة
١ - ٥٢ك	٥٥٢,٥	٥٨٧,٥	٥٨٧,٥	٤١٧,٥
٢ - ٥٦	٥٩٥	٦٢٥	٥٩٥	٥٢٧,٥
٣ - ٦٠	٦٢٥	٧٠٧,٥	٦٠٢	٥٢٧,٥
٤ - ٦٧,٥	٦٨٥	٧٦٢,٥	٧٢٧,٥	٦٠٢,٥
٥ - ٧٥	٧٤٢,٥	٨٥٠	٧٣٠	٦٨٥
٦ - ٨٢,٥	٨٧٥	٩٥٢,٥	٨٣٠	٧٤٥
٧ - ٩٠	٨٧٢,٥	٩٣٧,٥	٨٦٥	٧٢٢,٥
٨ - ١٠٠	٨٦٢,٥	١٠٣٢,٥	٩٢٠	٧٥٢,٥
١٠ - ١١٠	٨٨٠	١٠٠٠	٩٢٥	٨٥٧,٥
١١ - ١٢٥	٩١٢,٥	١٠٠٥	٩٨٠	٨٣٥
١٢- فوق ١٢٥	٩٣٧,٥	١١٠٠	٩١٠	٨٧٥

مجموعة التمرينات المستخدمة فى هذه البطولة هى مد الركبتين لمرة واحدة بأعلى ثقل، مد الذراعين من الرقود وتمرين القدرة.

تدريبات الأثقال للمبتدئين

يتطلب الأمر فى العديد من الرياضات قدرا كافيا من القوة والقدرة والتحمل لدى الأطفال الذين يمارسونها على المستوى التنافسى وتعتبر هذه المشكلة من المشكلات التى يعانى منها معظم مدربى الناشئين حيث يحتاجون إلى معرفة كيف يمكن أن يتعرض الأطفال إلى تدريبات عالية الشدة باستخدام المقاومات وما هى تأثيرات هذه التدريبات.

إن وصول الطفل إلى مرحلة البلوغ تؤدى إلى زيادة تعادل ٢٠ ضعفًا فى إنتاج هرمون التستيرون الذى يساعد على زيادة وزن الجسم بمعدلات عالية، وبالتالى فإن إعداد الطفل فى هذه المرحلة إعداداً خاصا من الممكن أن يؤدى إلى عائد وظيفى عالى من العضلات.

لذا فإن الأطفال يجب أن يتعودوا على تدريبات الأثقال فى المرحلة السابقة لسن البلوغ حتى يتمكنوا من الاستفادة من هذه المرحلة ويحققوا أفضل النتائج. ويمكن تحقيق ذلك عن طريق برنامج لمدة (٦ ـ ١٢ شهرًا) وبحيث تكون شدة الحمل فى هذا البرنامج منخفضة.

نظام التدريب قبل مرحلة البلوغ

يعتبر عائد التدريب خلال المرحلة السابقة للبلوغ محدوداً جداً نتيجة لإنخفاض التوازن الهرمونى وبخاصة هرمون الإستروچين. فإن التدريب يجب أن يحتوى على أعداد كبيرة من التكرارات بأحمال منخفضة (١٥ ـ ٢٠ تكرارًا). مع الأخذ فى الاعتبار ضرورة تصحيح الأوضاع واستخدام الأسلوب الصحيح فى الأداء وبمجرد أن يصل الطفل إلى سن البلوغ يبدأ الحمل فى الارتفاع حتى يصل إلى مستوى الحمل الذى يمكن تحريكه أورفعه بين (٨ ـ ١٢ مرة) مع البدء فى زيادة شدة التدريب حتى تتحقق أعلى استفادة من زيادة إنتاج هرمون الذكورة، مع الأخذ فى الاعتبار ضرورة استخدام الحد الأقصى فى بعض التمرينات ومن أهمها مد الركبتين باستخدام ثقل، مع رفع ثقل إلى مستوى الفخذين Power Clean Dead Lift.

ففى خلال هذه المرحلة يكون معدل نمو الجهاز الهيكلى سريعًا وبالتالى فإن مقاومته لإجهادات الشد والانضغاط تكون ضعيفة وقد يتأثر نمو العظام الطويلة. كما أن ذلك سوف يؤدى إلى ضعف مقاومة العظام للأفعال المفاجئة وبالتالى سهولة تعرضها لإصابات.

أما فى البنات فإن مرحلة البلوغ تكون مصحوبة بزيادة فى إفراز هرمون الإستروچين الذى يعمل على زيادة إنتاج الدهون. وبالتالى لا تحدث زيادة فى الكتلة العضلية، فالنسيج العضلى فى هذه المرحلة يكون فى حالة نمو لذا فإن عدم وجود هرمون التستستيرون بمعدلات معقولة لن يحقق نموا فى كفاءة هذه العضلات.

ويمكن ملاحظة الفرق بنى الأناث والذكور فى هذه المرحلة فى أداء العديد من الرياضات، فلاعب الجمباز لا يصل إلى أعلى المستويات إلا فى سن العشرين فى حين تحقق البنات هذا المستوى فى سن مبكرة جداً وتسبق مرحلة البلوغ.

وسوف يتم تناول موضوع السن فى جزء لاحق تفصيلاً.

الجنس أو النوع

هناك اختلافات كبيرة بين الذكور والإناث فى العديد من المتغيرات الفسيولوچية، ففى المتوسط العام يقل طول الأناث عن الذكور بحوالى ١٣سم كما يقل وزن الأناث عن الذكور بمتوسط ١٥ ـ ٢٠ك.

والاختلاف الكبير بين الذكور والأناث فى كتلة الجسم يرجع إلى الإنتاج العالى لهرمون التستستيرون فى الذكور حيث يصل معدله إلى ١٠ أضعاف. وهذا الإختلاف يؤدى إلى الاختلافات الموجودة فى العمل العضلى بين النوعين.

وقد أكد **ولمور** Wilmore ١٩٧٤ أن الإناث يمتلكون ٤٠٪ من القوة فى الذكور بالنسبة للطرف العلوى فى حين يمتلكون ٧٠٪ فى الطرف السفلى وعند حساب القوة بالنسبة لوزن الجسم فى حالة الرقود فسوف نجد أن الإناث يمتلكون ٥٥٪ من القوة عند الذكور فى الطرف العلوى وهما متشابهان فى الطرف السفلى وهذا التشابه بالنسبة للطرف السفلى يشير إلى حقيقة هامة حول الفرق فى العمل الوظيفى للعضلات بين

النوعين، وهى أن عضلات الذكور والإناث متشابهة مع وجود اختلاف واحد وهو أن الذكور لديهم عضلات أكثر.

الاختلاف بين الجنسين فى تدريبات الأثقال

أظهرت العديد من الدراسات أنه على الرغم من أن الإناث أضعف من الذكور فإن قابليتهم للإستجابة لتدريبات المقاومات تتشابه إلى حد كبير مع الذكور وفى بعض الأحيان تفوقهم. وبشكل عام فإن معظم هذه الدراسات أجريت على أفراد غير مدربين ولفترات محدودة (٦ ـ ١٠ أسابيع).

ويرجع السبب فى هذا التحسن بالدرجة الأولى إلى التكيف العصبى، أما بالنسبة لزيادة حجم العضلة، فإن ذلك يحدث فى الإناث ولكن بمعدل أقل من الذكور لارتباطه بنسبة هرمون التستستيرون وبالتالى فإن الإناث لا يمكن أن يحققن نفس معدلات النمو سواء كان من حيث القوة أو الحجم كما هو الحال بالنسبة للذكور. إلا فى حالات نادرة ويكون السبب هو تمتع الإناث بنسبة عالية من ذلك الهرمون بمقارنتهن بباقى الأناث.

ويمكن ملاحظة الفرق بين الذكور والإناث فى جدول (٩) ومقارنته بالجدول السابق حيث أن نسبة ما يحققه الإناث تعادل ٦٦,٤٪ مما يحققه الذكور.

جدول (٩)

الأرقام العالمية فى تمرينات الأثقال للسيدات (مسابقة خاصة)

وزن الجسم	مجموع الرفعات
٤٤	٣٢٥,٢
٤٨	٣٩٠
٥٢	٤٢٧,٥
٥٦	٤٨٥
٦٠	٥٠٢,٥
٦٧,٥	٥٦٥
٧٥	٦٠٢,٥
٨٢,٥	٦٠٠
٩٠	٦٢٢,٥
أكثر من ٩٠	٦٢٢,٥

تأثير الدورة الشهرية

أجريت عدة دراسات حول هذا الموضوع لمحاولة التعرف على تأثير الدورة الشهرية على مستوى الأداء، وذلك لتحديد أفضل فترات الأداء خلال أيام هذه الدورة. إلا أن آخر ما توصل إليه **ديفز** Davies ١٩٩١ عن طريق دراسة قوة القبضة على مدى أيام الشهر أنه يصعب تحديد ذلك حيث لوحظ أن العديد من الأرقام العالمية قد تحققت خلال وجود الحيض وقد أشار إلى أنه على كل رياضية ملاحظة حالتها

obeikandl.com

وتحديد أفضل فترات أدائها واستخدام الأدوية المناسبة لمنع حدوث الدورة أو تنشيط حدوثها قبل أو بعد المسابقة وفقا لما تراه مناسبا لها.

التدريبات الهوائية

أجريت العديد من الدراسات حول تأثير التدريب الهوائى على تنمية كل من القوة والقدرة فقد أجرى **هكسون** Hickson ١٩٨٠ دراسة مقارنة للتغيرات التى تحدث فى القوة العضلية والتحمل الهوائى خلال عشرة أسابيع من التدريب شاملة (القوة ـ التحمل الهوائى ـ التدريب الذى يعتمد على القوة والتحمل الهوائى) لثلاث مجموعات تجريبية.

وقد أشارت النتائج إلى أن مجموعة القوة حققت زيادة فى القوة القصوى تعادل ٤٤٪ فى حين حققت المجموعة الأخيرة زيادة مقدارها ٢٥٪.

وفى دراسة مشابهة أكد كل من **دادلى** Dudley **ودجاميل** Djamil ١٩٨٥ أن التدريب الذى يحتوى على تركيبه من تمرينات القوة وتمرينات التحمل لا يحقق نفس النتائج التى يحققها تدريب القوة منفردا.

وفى كلتا الدراستين لم يتحسن مستوى التحمل.

هذا وقد أكد هكسون Hickson ١٩٨٨ أن تدريبات الأثقال مرتفعة الشدة إذا استخدمت مع تدريبات التحمل فإنها تؤدى إلى زيادة مستوى التحمل لدى رياضى المستوى العالى.

وقد أجريت عدة دراسات على تأثير التدريب الهوائى على تنمية القوة العضلية، حيث أكد **كروماك** Chromiak، **مالفانى** Mulvaney ١٩٩٠ أن التدريب الهوائى من خلال الجرى لمسافات طويلة قد أثر سلبا على ارتفاع الوثب العمودى من الثبات. وبعد فترة من الانقطاع عن هذا النوع من التدريب عاد ارتفاع الوثب إلى مستواه السابق.

نظام الكبح

يتضح من ذلك أن ليس لتدريبات التحمل تأثيراً على القوة العضلية، وأن هذه الحالة ما زالت غير معروفة الأسباب حتى الآن، إلا أنه يمكن القول أن السبب الوحيد

المقبول هو أن تدريبات التحمل تعمل على تجنيد الوحدات الحركية البطيئة فى حين أن القوة العضليـة تتطلب تجنيد الوحدات السريعة. وأن تدريبات التـحمل قد تكون ذات تأثير على كبح استثارة الوحدات السريعة كما أوضحنا فى جزء سابق.

وقد يؤدى أداء تدريبات القـوة والتحمل، إلى إعاقة فى عمل جـهاز تنظيم تجنيد الوحدات الحركية، كتزامن الوحدات وبالتالى يتم كبح تنمية كل من القوة والقدرة.

هذا بالإضافة إلى أن التنوع بين تدريـبات القوة التحمل قد يؤدى إلى تغـيير فى تركيز هرمون التسـتستيرون حيث اشارت بعض الدراسات إلى أن نسـبة تركيز هرمون الزكـورة لدى لاعبى المسـافات الطويلة أقل من النسـبة المتـعارف علـيها فـى الأفراد العاديين. وأن هذا التناقص فى تركيز الهرمـون يعنى عدم إمكانية تطوير كل من القوة والقدرة.

توصيات خاصة بالتدريب الهوائى

بما أن التدريب الهوائى يعمل على إعاقة إمكانيـة تنمية القوة والقدرة، فإنه يجب الأخذ فى الاعـتبـار أهمية هذا العـامل فى تدريب معظم الرياضـات على الرغم من امتناع معظم المدربين بأهمية بناء قاعدة من القدرة الهوائية قبل البدء فى تدريبات القوة والقدرة.

فإذا ما كانـت المنافسة لا تتطلب مستوى عـاليًا من التحمل العضلى كمـسابقات الميدان (الرمى والوثب والقفـز) فإنه يجب تقليل تدريبات التحـمل قدر الإمكان، أما فى رياضات ككرة القدم والطائرة. حيث يتبع فترات بذل الجـهود فترات راحة نسبية. فإنه يجب أن تتم عملية المواءمة بين المتطلبات وبناء التدريب.

وإذا ظهر للمدرب وجود نقص فى أى من الـقوة أو القدرة لدى اللاعب فإنه من المفضل عدم إضاعة المجهود فى اكتساب مستوى عالٍ من التحمل الهوائى قبل الانتهاء من تطوير هاتين الصفتين.

العوامل الوارثية

تمثل القوة العـضلية والقـدرة العاملين الرئيسـين فى أى أداء رياضى وعلى الرغم

من ذلك فليس من الممكن أن يتم تنمية القوة القصوى إلى الضعف، كما أن سرعة الأداء من الإمكانيات التى يصعب مضاعفة قيمتها، أى أن هناك محددات لتنمية العمل الوظيفى للعضلات ترجع إلى عدة عوامل منها العوامل الوراثية التى تؤثر فى تنمية هذه الإمكانيات البدنية ومن أهم هذه العوامل الوراثية:

- نوع الألياف

كما سبق أن أشرنا إلى أن نسبة توزيع الألياف فى العضلات هى العامل الرئيسى فى تحديد كفاءة هذه العضلات فى أداء الأعمال الموكلة إليها، وتلعب الوراثة دوراً أساسيًا فى تحديد هذه النسبة. فكما أن تضخم العضلات الناتج عن تدريب المقاومات غالبا ما يكون نتيجة لزيادة فى حجم الألياف السريعة، فإن ارتفاع نسبة هذه الألياف أصلا سوف يؤدى إلى زيادة حجم العضلة بالتبعية.

- اندغام أوتار العضلات

كما سبق الإشارة إلى أن المسافة بين مكان اندغام وتر العضلة ومحور المفصل، تؤثر بشكل كبير فى عمل العضلة مع ثبات باقى العوامل. وكلما زادت هذه المسافة، كلما زادت القوة وقد تأكد أن اندغام العضلات على مسافات معينة يرجع إلى أسباب وراثية أيضا.

فأقوى رجل فى العالم كما يسمونه وهو **بل كازمير** Bill Kazmair أصيب فى ذراعه بحيث انفصلت العضلة ذات الثلاثة رؤوس العضدية عن موضع اندغامها ومن خلال إجراء جراحة عاجلة أمكن تركيب العضلة فى موضع اندغام أبعد من مكانها الأصلى (كازمير ١٩٩٠).

- نمط الجسم

يؤثر نمط الجسم على عمليات تنمية كل من القوة العضلية والقدرة وتحمل القوة، فالنمط الجسمانى العضلى Mesomorphy يعتبر من الأنماط التى يسهل تنمية القوة والقدرة وتحمل القوة فيها.

وقد أجرى **هارت** Hart ١٩٩١ دراسة حول علاقة النمط الجسمانى وأداء تمرين

مد الذراعين من الرقود (Bench Press) وقد أجريت الدراسة على ٥٤ فردًا واستمرت لمدة ١٢ أسبوعًا من التدريب لتنمية القوة العضلية، وقد انتهت الدراسة إلى أن النمط الجسمانى العضلى قد حقق أفضل النتائج فى زيادة مقدار القوة العضلية العظمى.

- طول الرافعة

يمثل طول العظام أحد الصفات الوراثية التى تؤثر بشكل كبير فى إنتاج القوة، فمع ثبات باقى العوامل الأخرى فإن اللاعب الذى يتميز بذراع طويل نسبيا سوف يعانى من صعوبة فى أداء بعض تمرينات القوة كتمرين مد الذراعين من الرقود، حيث أن الثقل سوف يتحرك لارتفاع أعلى بمقارنته بلاعب يتميز بذراع أقصر. وقد أكد ذلك **هارت** Hart ١٩٩١ كما أكد أن اللاعب الذى يتميز بطول عظام الطرف السفلى سوف يجد صعوبة فى أداء تمرين مد الركبتين باستخدام الثقل (Squat Lift). وهذه المحددات التى تتدخل فيها الوراثة بشكل كبير يجب أن تؤخذ فى الاعتبار عند وضع برامج لتنمية القوة العضلية حيث يجب على المدرب ملاحظة فروق المقاييس الانثروبومترية بين اللاعبين مع الأخذ فى الاعتبار أن ما يمكن أن يكون معوِّقًا فى تدريبات القوة يمكن أن يشكل ميزة كبيرة فى الأداء أثناء المنافسة. فعلى الرغم من أن طول الذراع قد يكون عيبًا يحسب لغير صالح لاعب التجديف فى تدريبات القوة إلا أنه يعتبر ميزة تحسب لصالح اللاعب فى الأداء المهارى مثل لاعب الملاكمة.

العوامل النفسية

إن تجنيد كل الوحدات الحركية وشحذها للعمل بأقصى معدل فى زمن قصير نسبيا يتطلب مستوى معينًا من الجهد العقلى والإصرار وبعض من العدوانية.

فقد يحتاج الجهاز العصبى لذلك لكى يكون فى حالة يقظة حادة حتى يمكن أن تنتج العضلة الحد الأقصى من القوة أو القدرة.

وقد أشارت بعض الدراسات القديمة نسبيا كدراسة **اكاى** Ikai **وستين هوس** Steinhous ١٩٦١ أن القوة الناتجة عن الانقباض العضلى يمكن أن تزيد بفعل أى أحداث خارجية مفاجئة كانطلاق أو انفجار عيار نارى أو حدوث أى مؤثر مستفز.

ويلاحظ ذلك بوضوح فى أداءات بعض رياضى رفع الأثقال والرمى، فقد لوحظ أن بعض مدربى رفع الأثقال يعملون على استفزاز لاعبيهم قبل الخوض فى المنافسة مباشرة.

ويرى البعض أن مثل هذه الأفعال المفاجئة من شأنها وضع الجهاز العصبى المركزى فى حالة يقظة حادة، مما يؤدى إلى إمكانية تجنيد وحدات حركية أكثر مما يكون عليه فى الظروف العادية فيصل اللاعب إلى قوته الحقيقية وبالتالى فإن نسبة فاقد القوة السابق الإشارة إليها تكون أقل ما يمكن.

ولكن يجب ملاحظة أن هناك اختلافا كبيرا فى توقيتات وصول اللاعبين إلى أقصى حالات اليقظة فقد **قارن أكاى** Akai ١٩٩٢ بين ثلاث استراتيجيات مختلفة فى التدريب العقلى فى التأثير على قوة القبضة فوجد أن استراتيجية استخدام التصور العقلى قد حققت أفضل النتائج فى تنمية القوة.

لذا فإن الفروق الفردية بين اللاعبين يجب أن تكون العنصر الأساسى فى تحديد نوع التدريب العقلى المناسب وتوقيت استخدامه.

توصيات عامة

من المهم أن نتأكد أن برامج تدريب القوة باستخدام المقاومات مصممة لتدريب الجهاز العصبى بالإضافة إلى بناء العضلات الهيكلية، وتمثل هذه النقطة أهمية كبيرة خاصة فى حالات محاولة تنمية القوة أو القدرة بنسبة معينة.

فاللاعب فى هذه الحالة يحتاج إلى وجود عامل مشجع على استمرار التدريب خاصة وأن مثل هذه التدريبات قد تؤدى إلى الملل لذا فإن المدرب مطالب بضرورة إيضاح أهمية كل تدريب سواء كانت أهمية دوره فى تنمية العمل العضلى أو منع الإصابات أو حتى تأثيره على المظهر العام وما إلى ذلك من عوامل تعين اللاعب على تحمل أعباء التدريب.

حلقة الإطالة ـ التقصير فى الانقباض العضلى: (SSC)

تنقسم التمرينات البدنية مبدئيا إلى نوعين رئيسين كما هو معروف هما تمرينات الأنقباض الثابت وتمرينات الانقباض المتحرك، وقد يكون هذا التقسيم مرجعه الأساسى أنواع الانقباض العضلى المعروفة.

إلا أن حقيقة ما يحدث فى الانقباض العضلى عند أداء المهام العادية أو المهام الرياضية قد لا تتخذ هذه الأشكال بصورة مجردة فأداء التمرين المعين نادراً ما يحدث فيه نوع واحد من هذه الأنواع حتى لو كان الانقباض فيه ثابتا، فجسم الإنسان عرضة للعديد من التأثيرات الخارجية كالجاذبية الأرضية وأشكال الاحتكاك المختلفة تتطلب وجود تركيبة من العمل العضلى الشامل لهذه الأنواع من الانقباض وخاصة الانقباض بالتطويل والانقباض بالتقصير.

وتسمى الحالة بين انقباض العضلة بالتطويل وانقباضها بالتقصير وهو ما يحدث بالفعل فى الحركات اليومية كالمشى مثلا وفى معظم الحركات الرياضية بحلقة الإطالة والتقصير فى العمل الوظيفى للعضلات، حيث قد تتعرض العضلة إلى قوى تجعلها تعمل وهى تطول فى حين أن الجزء الأساسى من عملها أثناء الحركة يكون الانقباض بالتقصير. فخفض الثقل فى تمرين ثنى الذراعين يتطلب عملا عضليا من العضلة القابضة للمرفق وفى هذه الحالة تكون العضلة فى حالة عمل وهى تطول، ومع تكرار التمرين فإنها تتحول إلى انقباض بالتقصير.

وتتميز حركات الإنسان بوجود هذه المرحلة أو الحلقة، حتى يتحقق زيادة فى الشغل الناتج عن الانقباض بالتقصير، فهناك فرق كبير فى مقدار الشغل الناتج عن هذه الحلقة بمقارنته بالشغل الناتج عن الانقباض بالتقصير فقط دون أن يسبقه انقباض بالتطويل.

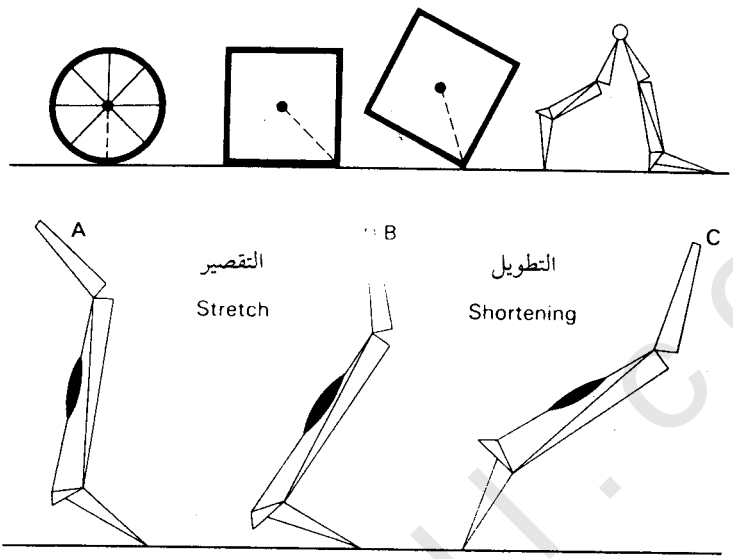
وترتبط هذه الحالة بالمبدأ الأساسى فى توليد الطاقة عن طريق الإطالة والاستفادة بالمخزون الناتج منها.

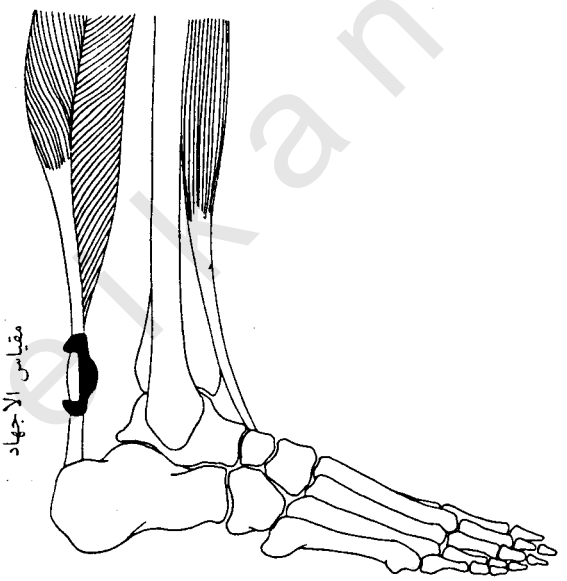
ومنذ أن تناول **كفاجنا** Cavagna ١٩٦٥ هذا الموضوع فى تفسير ميكانيزمات

العمل العضلى باستخدامه لعضلات منزوعة من أجسام الحيوانات، تعددت الدراسات التى تبحث فى ظاهره (SSC) .

إلا أن تحديد هذه الحلقة فى عـمل عضلة بعينها عند أداء تمرين معين يعـتبر غاية فى الصعوبة، حيث تحتوى التمرينات على مشـاركة أكثر من مفصل وبالتالى أكثر من مجموعة عضلية لكى يخرج التمـرين بدرجة عالية من الدقة والتوافق، تشارك فيه كل عضلة بواجب محدد. وبالتالى فإنه يـصعب تحديد مقدار الطول الذى يحدث فى وتر العضلة عند تعرضها للإطالة وكذلك مقدار ما يصل إليه طول الوتر عند بدء الانقباض بالتقصير.

وتعتبر تجربة **بافوكومى** Pavokomi ١٩٩٠ والتى أجراها على عدد من المتطوعين للكشف عمـا يتعرض له وتر اكيلس فـى تغيير فى الطول عند حـدوث هذه الحالة أو الحلقة فى إنقباض كل من العضلة التوأمية والنعلية باعتـبارهما عضلتين مشتركتين فى وتر واحد وتعملان أثناء كل من المشى والجرى والوثب، من التجارب الفريدة فى هذا المجال، ويوضح شكل (٣٣) طبيعة حدوث هذه الحلقة فى انقباض العضلتين معاً.

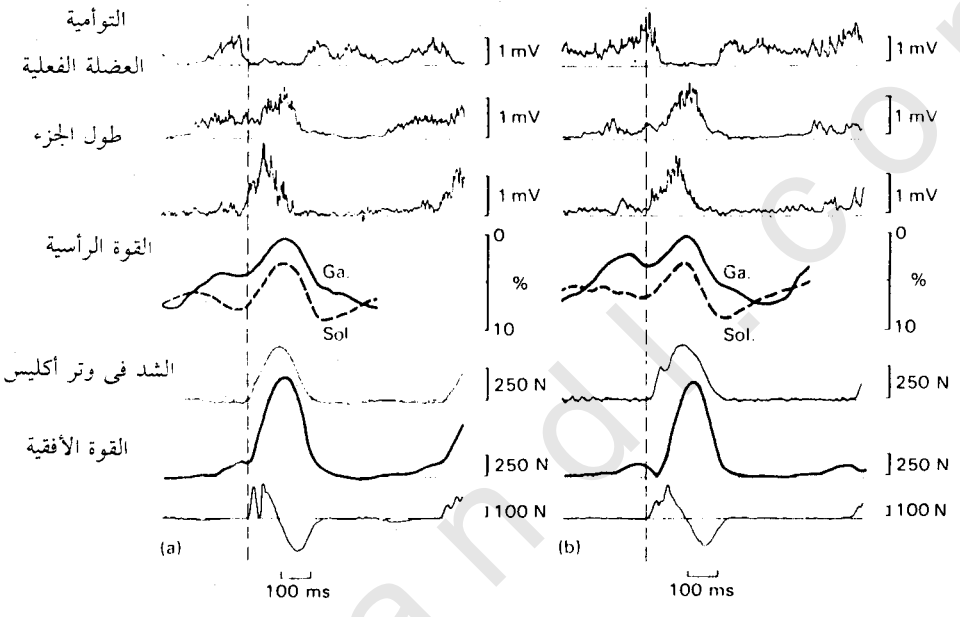




شكل (٣٣) مكان مقياس الاجهاد على وتر اكيلس للتعرف على حالة (الاطالة ـ التقصير) التى تمر بها العضلة أثناء الارتكاز فى الجرى

obeikandl.com

ويوضح شكل (٣٤) وجـود زيادة حـادة فى القوة خـلال مـرحلة الإطالة والتى تتميز بتغير قليل فى الطول.



شكل (٣٤) تسجيل القوة الناتجة فى وتر اكيلس والتغير فى طول كل من العضلتين النعلية والتوأمية عند الارتكاز للجرى باستخدام منصة قياس القوة

(a) الجرى على المشط

(b) الجرى على الكعب

obeikandl.com