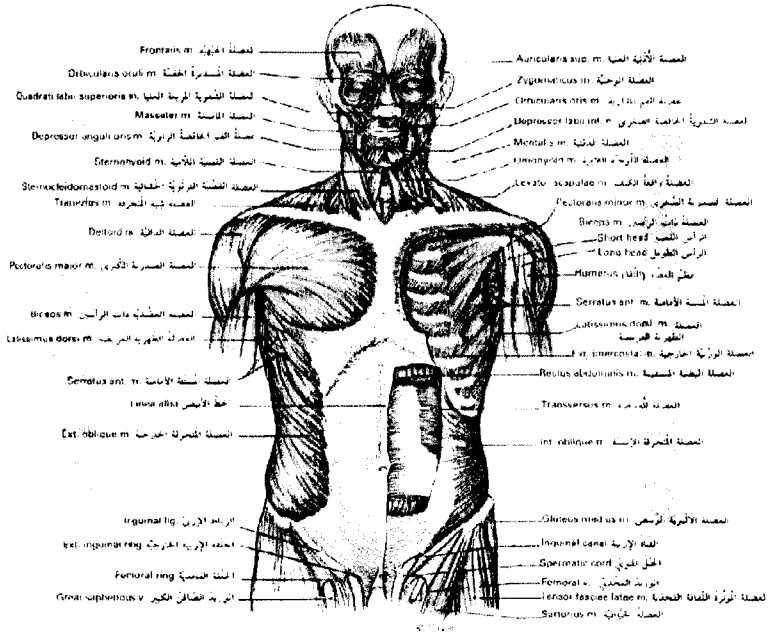
الفصل السابع

فسيولوجيا الجهاز العضلي



الجهاز العضلي الهيكلي

العضلات هي الجزء الفاعل من الجهاز الحركي وهي تعمل وفق التعليمات التي تصلها عبر الأعصاب وتشكل العضلات حوالي ٤٠ - ٥٠٪ من وزن الجسم، ويحتوي الجسم على ٦٠٠ عضلة تكون ما يعرف باللحم، وعند انقباض تلك العضلات فإنها تؤثر في حركة الجسم بكل أجزائه.

كما تؤثر أيضًا تلك العضلات في الكثير من العمليات الحيوية الأخرى مثل حركة الدورة الدموية والتنفس وغيرها والعضلات مثل سائر أعضاء الجسم المختلفة، تتكون من خلايا إلا أنها خلايا من نوع خاص فهي طويلة ورفيعة، ومن المعتاد تجمع عدد كبير منها لتكوين وحدة العضلة التي تسمى الليفة العضلية.ومن أغرب صفات الألياف العضلية قدرتها على الانقباض أو القصر والانبساط.

خصائص النسيج العضلي

١- الاستثارة: وهي قدرتها على الاستجابة للمؤثر.

٢- الانقباضية: وهي قدرتها على توليد الشد.

٣- الاستطالة: وهي القدرة على أن تطول.

٤- المطاطية: وهي قدرتها على العودة إلى الوضع الطبيعي.

■ تتصل العضلات بالعديد من أجزاء كثيرة ومختلفة بالجسم منها بالعظام (التي

تتصل بها مباشرة أو بواسطة الأوتار) بالجلد (كعضلات الوجه) بالأغشية المخاطية (كعضلات اللسان).

يسيطر الجهاز العصبي ويتحكم في درجة الانقباض العضلي حيث ترتبط بمستوى القوة الناتجة بمدى قدرة الجهاز العصبي على تعبئة أكبر قدر ممكن من الألياف العضلية للمشاركة في الانقباض العضلي.

النسيج العضلي والانقباضي هو الذي يقوم بالحركة بواسطة خاصية الانقباض وتنقسم الأنسجة العضلية إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

أولًا: العضلات الإرادية الهيكلية المخططة

سميت مخططة لأن خلاياها مخططة طوليًا وعرضيًا، وسميت إرادية؛ لأنها تنقبض إراديًا بناءً على رغبة الفرد نفسه، وسميت أيضًا بالعضلات الهيكلية؛ لأنها تتصل بعظام الجسم، وعلى ذلك تكون هي المسئولة عن حركة الجسم وعن شكله وهيكله.

- والعضلات المخططة تشترك كما تحدثنا في الحركة وحفظ القوام وهناك مجموعة من العضلات المخططة الصغيرة تشترك في بعض الوظائف الأخرى مثل التي توجد في الوجه وعلى الحنجرة.

إشكال العضلات المخططة:

للعضلات المخططة أشكال مختلفة، منها:

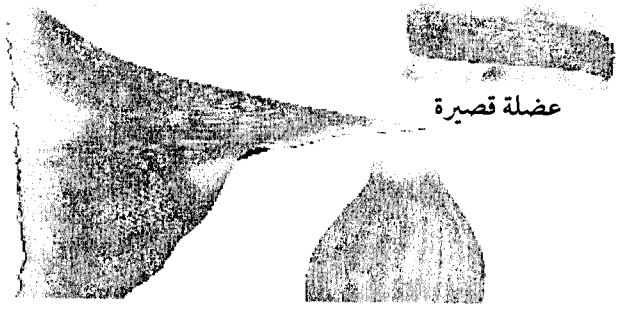
١- فقد تكون عريضة (مفلطحة) مثل العضلة الظهرية.

٢- وقد تكون أسطوانية طويلة مثل العضلات الموجودة في الأطراف.

٣- وقد تكون مغزلية (قصيرة) مثل العضلة ذات الرأسين العضدية.

٤- وهناك المثلثة مثل العضلة الصدرية العظمى.

٥- وقد تكون دائرية مثل عضلة العين والفم.



العلاقة بين العضلات الهيكلية:

علينا أن ندرك أن العضلة الهيكلية تسحب فقط ولا تقوم بالدفع فالانقباض العضلي يؤدي إلى تقلص وليس انبساط والعمل العضلي منظم فيما يلي:

- العضلة الرئيسية وهي العضلة القائمة بالعمل بشكل رئيسي.
- العضلة المضادة، وهي العضلة المضادة للعضلة الرئيسية.
- العضلة الثانوية وهي العضلة التي تساعد العضلة الرئيسية.

ثانيًا: العضلات غير الإرادية (الناعمة - الملساء)

العضلات غير الإرادية تتكون من ألياف مغزلية الشكل، ولا يظهر عليها التخطيط بشكل واضح وتدخل العضلات غير الإرادية في تكوين جدران الأوعية الدموية وكذلك في تكوين جميع أحشاء الجسم المختلفة مثل الجهاز الهضمي وبعض أجزاء العين، وتزداد العضلات غير الإرادية سمكًا في بعض الأماكن وتعرف باسم العضلات الضاغطة أو العاصرة، كما هو الحال في عضلة المعدة ويتحكم في عمل هذه العضلات الجهاز العصبي الذاتي دون إرادة الإنسان.

ثالثًا: عضلة القلب

هي عضلة غير إرادية العمل، ولكنها مخططة طوليًا وعرضيًا بدرجة أقل من العضلات الإرادية وخلاياها قصيرة ومتصلة بعضها ببعض، ولذلك نجدها تتفاعل فسيولوجيًا كما لو كانت خلية واحدة.

تسمية العضلات في الجسم:

إن تسمية العضلات في الجسم تتخذ أشكالًا عدة:

١- حسب موقعها في الجسم: ما بين الأضلاع الخارجية والداخلية.

٢- حسب شكلها: الدالية وشبه المنحرفة.

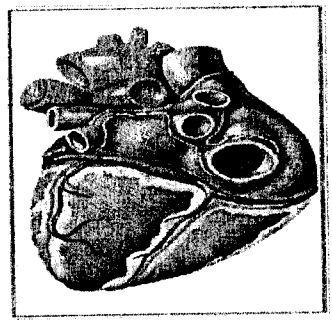
٣- حسب حجمها: الأولوية العظمي والصغرى.

٤- حسب اتجاه الألياف: المستقيمة البطنية ـ المستعرضة البطنية ـ المائلة البطنية.

٥- حسب عدد المناشئ: ذات الرأسين العضدية ـ ذات الرأسين الفخذية ـ ذات الرؤوس الثلاثة ـ ذات الرؤوس الأربعة.

٦- حسب اتصال المنشأ والدغم: العضدية الكعبرية.

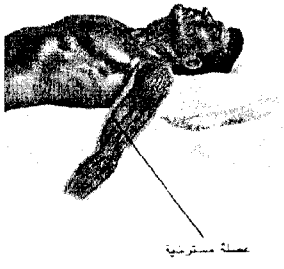
٧- حسب عملها: باسطة الأصابع الطويلة ـ الضامة الطويلة.

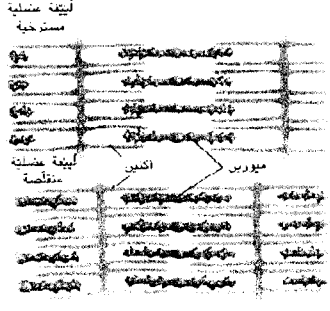


تركيب العضلة

تتكون العضلة من الألياف العضلية التي تتجمع في شكل حزم عضلية وهذه الألياف يتحدد عددها خلال الأربعة أو الخمسة أشهر الأولى بعد الولادة ولا يتغير هذا العدد طوال العمر، إلا أن التدريب الرياضي يزيد من سمك هذه الألياف وبالتالي يزيد سمك العضلة وتحتوي الحزم العضلية على اللويفات وهي المسئولة عن اتمام الانقباض العضلي نتيجة لما تحتويه من فنائل أكثر صغرًا تسمى فنائل مايوفيلانتس وهي نوعان النوع الأول أكثر سمكًا ويسمى (المايوسين) والنوع الآخر رقيق ويسمى (الاوكتين) وتتداخل نهايات الأوكتين المايوسين) فيما بينهما عندما تتلقى العضلة الإشارات العصبية تتحرك هذه الليفات فتقصر المسافة بينها مما يؤدي إلى تقلص العضلة وتقصيرها وعندما تسترخي العضلة تحدث العملية المعاكسة.

التركيب الكيميائي للعضلات الإرادية





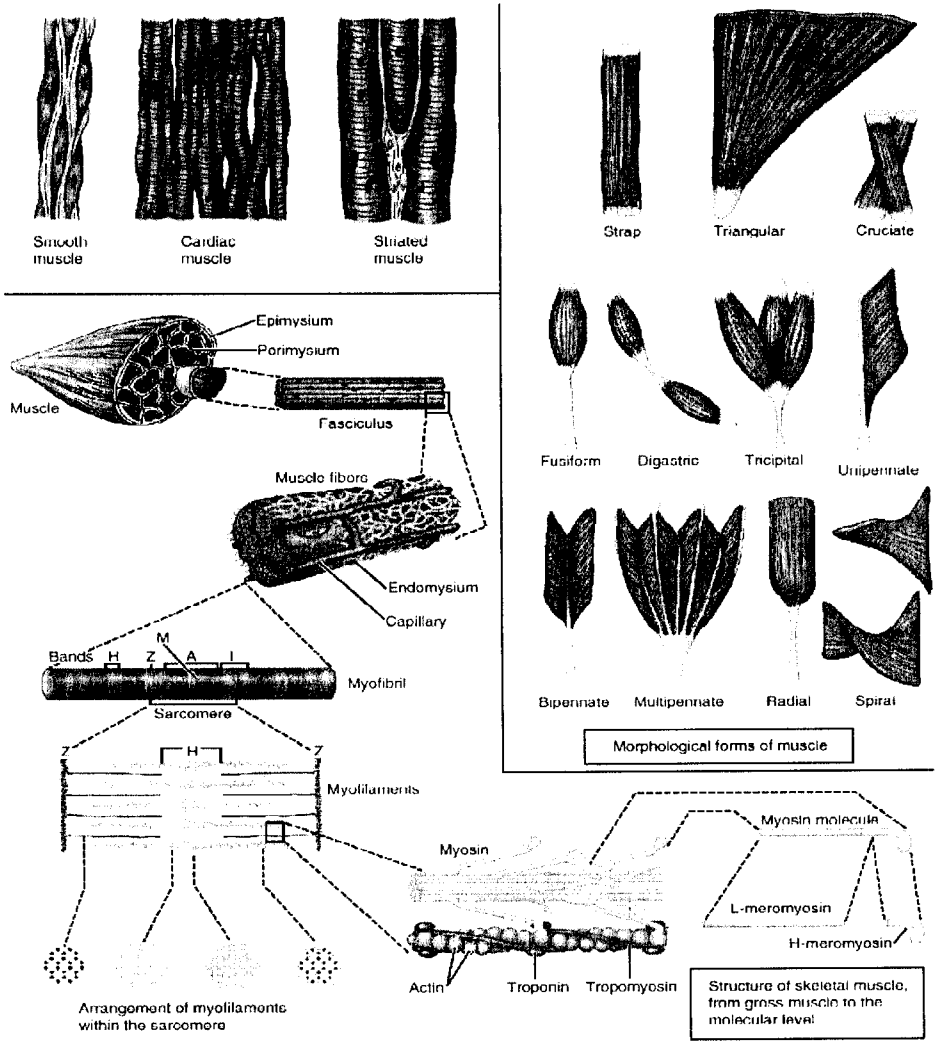
- ٧٠ ٪ ماء
- ٢٥ ٪ بروتين
- ٣ ٪ دهون
- ١ ٪ أملاح
- ١ ٪ كربوهيدرات

البناء التركيبي الدقيق للعضلة الهيكلية وتوليد الشد

تتكون العضلة الهيكلية من وحدات طولية أسطوانية الشكل تدعى بالألياف:

- تمثل الليف العضلي الخلية ـ تختلف عدد الألياف العضلة من عضلة لأخرى

وممكن أن تصل عدد الألياف إلى عدة مئات، وحتى عدة آلاف حسب حجم العضلة التي يحيطها نسيج رابط يدعى الغمد العضلي.



■ ينظم ألياف العضلة الواحدة في حزم (القسيمة) والحزمة أو القسيمة عبارة عن مجموعة من الألياف المعرفة تشريحيًا من خلال غشاء نسيجي رابط يدعى باللفاف الحزمي ويحيط بكل ليف عضلي نسيج رابط آخر يدعى بالغميد العضلي.

يمكن تميز الأنسجة الرابطة التالية:

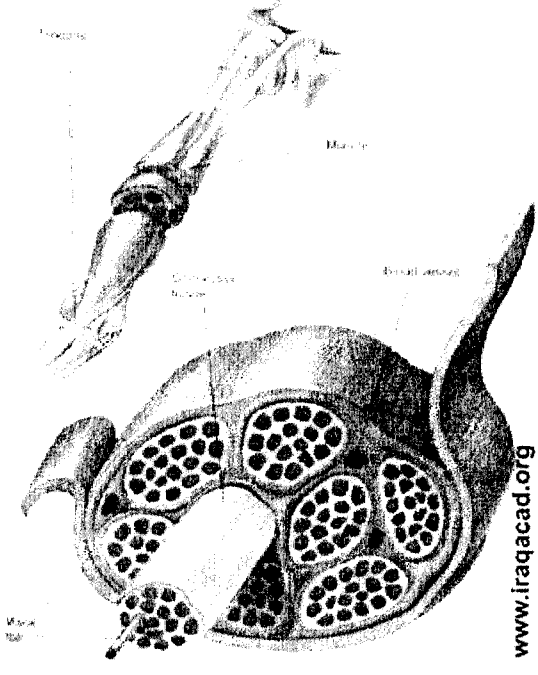
- الغمد العضلي: نسيج رابط يحيط بالعضلة ككل.
- اللفاف الحزمي: نسيج رابط بكل حزمة من حزم العضلة.
- الغميد العضلي: نسيج رابط يحيط بكل ليف من ألياف العضلة.

وظائف الأنسجة الرابطة:

١- حلقة الوصل بين الشد المتوالد من قبل بروتينيات المايوسين والأوكتين وبين الهيكل العظمي.

٢- تمد الأوعية الدموية والأعصاب بين أجزاء العضلة من خلال النسيج الرابط بالحزم العضلية.

٣- يقلل من الاحتكاك سواء بين ألياف أو الحزم أو العضلات.



تتكون العضلة من:

العضلة- الحزمة العضلية (القسيمة) - الليفات العضلية - الساركومير.

- الساركومير: هو أصغر وحدة انقباضية في الليفة العضلية وتحتوى على فتيلتين الانقباض (الشد العضلي).

البناء الهندسي الدقيق للقسيمة (الساركومير).

ويتكون من خيوط المايوسين وخيوط الأوكتين:

أولا: فتيلة الانقباض السميك (المايوسين)

وهي عبارة عن تجمع البروتينات شكلها يشبه عصا الجولف وتدعى المايوسين ويمكن تميز فيه:

١- الذيل.

٢- الرأس وكل منهما خاصية.

الذيل:

يلتف مع بقية ذيول المايوسينات الأخرى في الفتيلة السميكة مكونًا جسم الفتيلة، وهذا الشكل يعطى للذيل وظيفة تثبتية أي أن الذيل يثبت بروتين المايوسين.

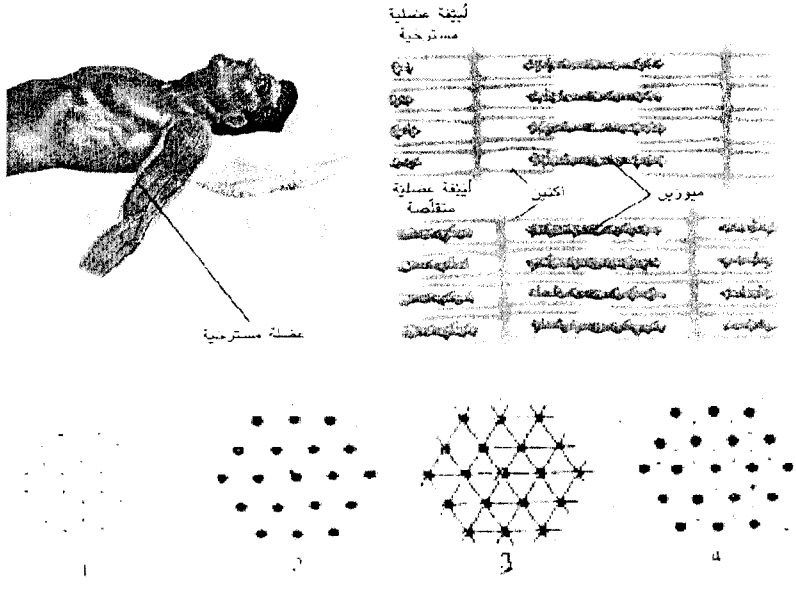
الرأس: له خاصتين

أ- **خاصية إنزيمية:** إذ يحتوي في بناء التركيب على الأنزيم ATP وهو الإنزيم الذى يحلل مركب الطاقة الوحيد والمباشر للشد العضلي ألا وهو ثلاثي أدنيوذين الفوسفات.

ب- **خاصية حركية:** إذ أن منطقة اتصال الرأس بالذيل لها القدرة على الحركة مستمدة طاقتها من الطاقة.

ثانيًا: فتيلة الانقباض الرفيع (الأوكتين)

الأوكتين الليفي عبارة عن سلسلتين متراصة الوحدة على الأخرى وكل سلسلة تتكون من جزيئات بروتينية حبيبية والتي تحتوى على المراكز الناشطة القادرة على الاتحاد مع رؤوس المايوسين لتوليد الطاقة أو تحويل الطاقة الكيميائية المخزونة في ثلاثي فوسفات الادنيوسين إلى طاقة حركية.



عمل العضلة

إن ثني الساعد عملية مزدوجة، تنقبض فيها العضلة ذات الرأسين (باي سبس) وتنبسط العضلة ذات الثلاثة رؤوس (تراي سبس) في نفس الوقت. وبسط الساعد عملية مزدوجة أيضًا، فتنقبض فيها العضلة ذات الثلاثة رؤوس وتنبسط العضلة ذات الرأسين ذلك هو سر معظم عضلات الجسم فهي تعمل مثنى أو في مجموعات سواء في ذلك عضلات الساقين أو عضلات الأصابع أو العضلات الست التي

تحرك مقلة العين فلا توجد عضلة تعمل على انفراد، فمهما كان العمل الذي تؤديه العضلة فهناك عضلة أخرى تعمل عكس ذلك العمل. بل وأكثر من ذلك، فإن أبسط حركة تستدعي نشاط مجموعات بأكملها من العضلات، وقد يكون بعضها بعيدًا عن مكان الحركة، ومثال على ذلك عندما تشد الحبل تجد أن عضلات الساق والظهر وأصابع القدم تشد أزر عضلات الذراعين. عندما تنقبض العضلة تقصر في الطول ولكنها تزداد سمكًا في الوسط وذلك يحدث في الألياف العضلية وبذلك تظهر في العضلة بأكملها. ولذلك تتضخم العضلة ذات الرأسين عند ثني الذراع. وفي انقباض العضلة العادي، لا ينقبض إلا عدد معين من الألياف العضلية، ذلك لأننا لا نحتاج في الأحوال العادية إلا إلى قدر قليل محدود من المجهود. أما في المجهودات الشاقة، فإن عدد الألياف العضلية الذي ينقبض يزداد بالتدريج ونتيجة لذلك يزداد حجم العضلة وتزداد صلابتها عند الانقباض. من هذا نرى أن العضلات تنمو وتزداد قوة بالعمل أو بأداء التمرينات الرياضية. ونحن لا نحتاج إلى عضلات كبيرة نامية فوق العادة، وفي الواقع تنمو بعض العضلات إلى درجة تعوق العضلات الأخرى عن العمل وتبطئ الحركة.

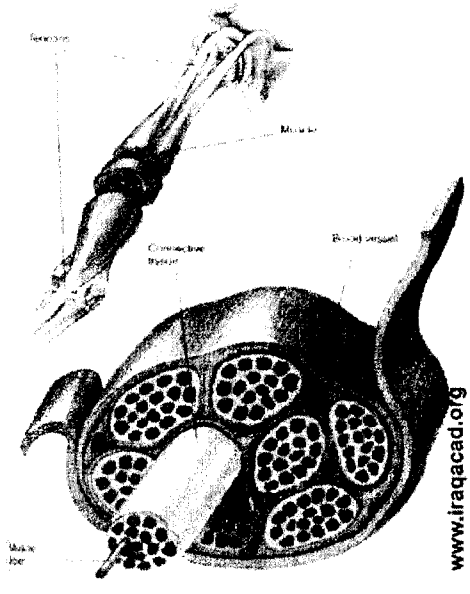
توتر العضلة

يزداد توتر العضلة في الجو البارد وهذا يؤدي إلى ظهور نتوءات صغيرة في الجلد مما أدى إلى تسمية الجلد بجلد الأوزة. فجسم الإنسان مغطى كله بشعر خفيف جدًّا لدرجة أننا لا نشعر به. وتنمو هذه الشعيرات من بصيلات دقيقة تحت الجلد. ويتصل بجدار هذه البصيلات عضلات دقيقة جدًّا تنقبض عندما يتعرض الجلد للبرد أو الصقيع فيقف شعر الجلد. وهذه طريقة من طرق الجسم للاحتفاظ بالحرارة، وفي الوقت نفسه دفع البصيلات إلى الخارج تحت الجلد لدرجة أنك تستطيع رؤيتها على هيئة نتوءات صغيرة.

وظائف العضلات الهيكلية

تقوم العضلات الهيكلية بوظائف حركية ترتبط أساسًا بالمفاصل، ويمكن تلخيص الحركات التي تؤديها كما يلي:

- الانثناء.
- المد.
- الابعاد عن الجسم.
- التقريب من الجسم.
- دوران مركزي.
- دوران جانبي.



شكل يوضح مقطعًا عرضيًا في العضلة الهيكلية عن (Vander. A., et al., 1998)

إن الليفة العضلية الواحدة تحوي على اللويفات التي تكون مسؤولة عن إتمام الانقباض العضلي نظرًا لم تحويه من فتائل أكثر صغرًا. إذ أن كل لويف عضلي يتكون من بروتينين انقباضيين أحدهما سميك يسمى المايوسين (MYOSIN) والآخر رفيع يسمى بالاكتين (ACTIN)، ونظرًا لتنظيم هذه الفتائل نجد أن العضلة تنقسم إلى مناطق مضيئة وأخرى غامقة على التوالي، يطلق على الحزمة الغامقة حزمة (A) نسبة إلى (ANISOTROPIC) ويطلق على الحزمة المضيئة (I) نسبة إلى (ISOTROPIC) وتحوي حزمة (A) على البروتين الانقباضي السميك (الميوسين) وعلى امتداد من الخيط البروتيني الانقباضي الرفيع (الاكتين). أما حزمة (I) فأنها تحوي فقط على الخيط البروتيني الانقباضي الرفيع (الاكتين).

وتتوسط حزمة (A) منطقة أقل غمقة تسمى منطقة H (المنطقة العارية) إذ ان امتداد الخيط البروتيني الانقباضي الرفيع (الاكتين) يغيب عنها في حالة الانبساط، كما ويقسم حزمة (I) خيط غامق يسمى بالخط الزتي (Z-Line) وان المنطقة المحصورة بين (Z) وأخرى تسمى الساركومير (SARCOMERE): وهو أصغر وحدة انقباضية في اللويف العضلي، إذ تتوالى هذه الوحدات على طول اللويف العضلي. وهو يتكون من المايوسين والاكتين، إذ يتوسط الأول الساركومير ويحيط به الثاني.

إن شكل المايوسين يشبه عصا الجولف أو الملعقة، وهو يتكون من الرأس والذراع:

- الرأس: وله خاصية الحركة باتجاه المركز والعودة إلى مكانه والخاصية الإنزيمية، إذ يحوي على إنزيم (ATPase) وهو الإنزيم المحلل لـ (ATP) الذي يعطي الطاقة التي تستعمل لأداء الانقباض.
- أما الذراع: فإن تشابكهما يعطي الثبات لرأس المايوسين المتحرك.

أما الاكتين فهو يتكون من:

الاكتين	+	التروبومايوسين	+	التروبونين
ACTIN		TROPOMYOSIN		TROPONIN

- الاكتين: هو (٧) حبيبات متصلة الواحدة مع الأخرى وعلى التوالي.
- التروبومايوسين: وهو بروتين تنظيمي شريطي ينظم العمل الانقباضي عن طريق فصل المايوسين عن الاكتين الحبيبي خلال الراحة عن طريق تغطيته.
- التربونين: وهو بروتين تنظيمي حبيبي ينظم العمل الانقباضي ويتكون من:

- تربونين (I) ويسمى المانع أو الكابح: وهو بروتين حبيبي يمنع اتصال الاكتين مع المايوسين إذ ينشط التروبومايوسين لاحتلال موقعه خلال الراحة.
- تروبونين (C) ويسمى الكالسيوم: وهو بروتين تنظيمي حبيبي خامل عند الراحة، عمله تحسين تروبونين (T) على الاتحاد مع التروبومايوسين وسحبه من موقعه كفاصل بين روؤس المايوسين والاكتين وأكثر ما يحرك هذه العملية هو الكالسيوم (CA^{++}).
- تروبونين (T) ويسمى تروبونين تروبومايوسين: وهو بروتين تنظيمي حبيبي خامل خلال الراحة عمله الاتحاد مع التروبومايوسين لإزالة تأثيره خلال الراحة عندما ينشط.

وهذا يعني أن كل (٧) حبيبات من الاكتين تتصل الواحدة بالأخرى ويغطيها التروبومايوسين الشريطي وتنتهي كل (٧) حبيبات من الاكتين بالتروبونين (I. .C.T).

الوحدة الحركية

إذا كانت الوحدة البنائية للعضلة هي الليف العضلي، فإن الوحدة الوظيفية هي الوحدة الحركية التي تتكون من الخلية العصبية والألياف العصبية التي تغذيها هذه الخلية.

والخلية العصبية (العصبون) يكون جسمها في الجهاز العصبي المركزي ويخرج منه محور وسطي طويل يسير مع مئات المحاور العصبية التي تدخل إلى العضلة، وبعد

دخولها العضلة يتفرع المحور إلى تفرعات نهائية قد تصل الألفين حتى يصبح لكل ليف عضلي ليف عصبي يغذيه.

وينتهي الليف العصبي بـ «الصفيحة الحركية» التي تشبه القطب الكهربائي وهي تقوم بنقل التأثيرات العصبية من الليف العصبي إلى ساكروبلازم الليف العضلي فيحدث الرجفان العضلي، وجميع الألياف العضلية تستجيب للتأثير العصبي كوحدة واحدة . وعندما ينقبض الليف العضلي فإنه ينقص من طوله بمعدل النصف أو الثلثين، وهذا يؤدي إلى حقيقة أن معدل الحركة يعتمد على طول الألياف العضلية، وأن القوة الناتجة تعتمد على عدد الوحدات الحركية التي استجابت للتأثير العصبي.

ارتباط العضلات الهيكلية

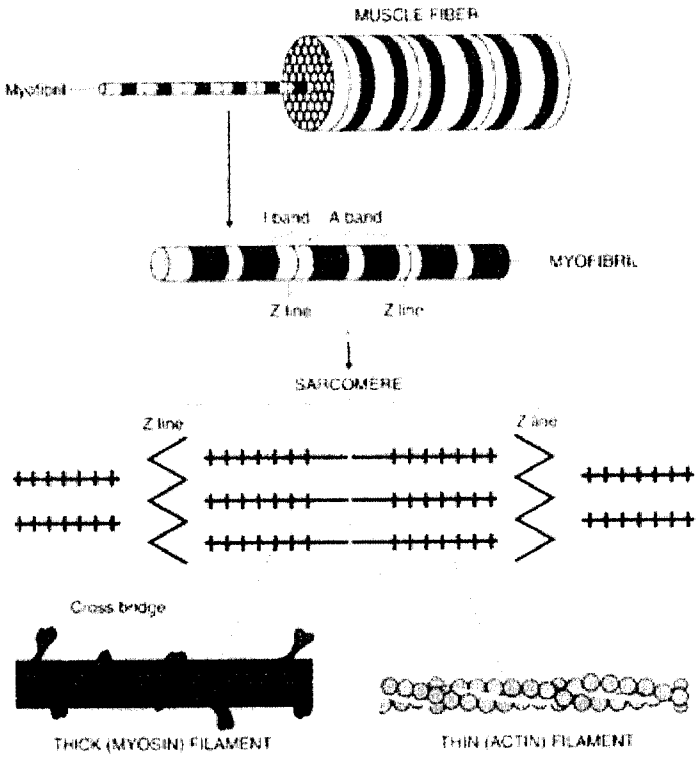
إن جل العضلات الهيكلية ملتحمة بالعظام، إلا أن هذا الارتباط لا يتم بواسطة الألياف اللحمية نفسها، وإنما يتم بواسطة نهايات الساركوليما أو بواسطة خيوط متينة ليفية تتحد مع بعضها لتؤلف الوتر أو الصفاق (اللفافة).

وقد اصطلح على تسمية الارتباط القريب (الجذري) في الأطراف باسم «المصدر» والارتباط البعيد (الطرفي) باسم «المرتكز»، كما أن البعض يطلق على الارتباط القريب باسم «النهاية الثابتة» وعلى الارتباط البعيد اسم «النهاية المتحركة».

التشريح الوظيفي للعضلات الهيكلية

تتكون العضلات الهيكلية من الألياف المجتمعة على شكل حزم عضلية متباينة في أقطارها وأطوالها. ويغلف الليف العضلي غشاء يفصل محتويات الليفة العضلية عن محيطها الخارجي يسمى بالغميد العضلي (الساركوليما) وظيفة هذا الغشاء هو إيصال الإشارات العصبية على سطح الليفة العضلية. وتبرز أهمية الساركوليما بكونه مستقطبًا كهربائيًا، ويحيط به من الخارج غلاف من النسيج الرابط والذي يفصل ما بين

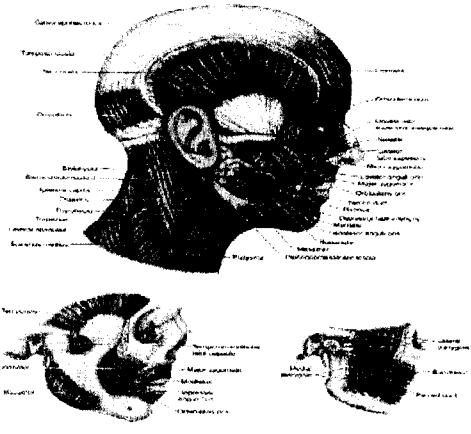
www.iraqacad.org



الشكل يوضح مكونات العضلة الهيكلية عن (Vander A., et al., 1998)

الألياف العضلية داخل الحزمة العضلية يسمى الرباط الليفي وتبرز أهميته في السماح للألياف العضلية بالتقلص والانبساط بصورة مستقلة الواحدة عن الأخرى. وتحاط كل حزمة عضلية بغلاف من النسيج الرابط والذي يفصل الحزم العضلية ويبطن الغلاف الخارجي للعضلة ومثبتًا كل حزمة في مكانها ليكون قنوات وممرات للأوعية الدموية والأعصاب.

عضلات الرأس



تتميز عضلات الرأس عامة بصغر حجمها، وهناك نوعان رئيسان لعضلات الرأس:

١ - العضلات الوجهية أي عضلات التعبير.

٢ - العضلات الماضغة.

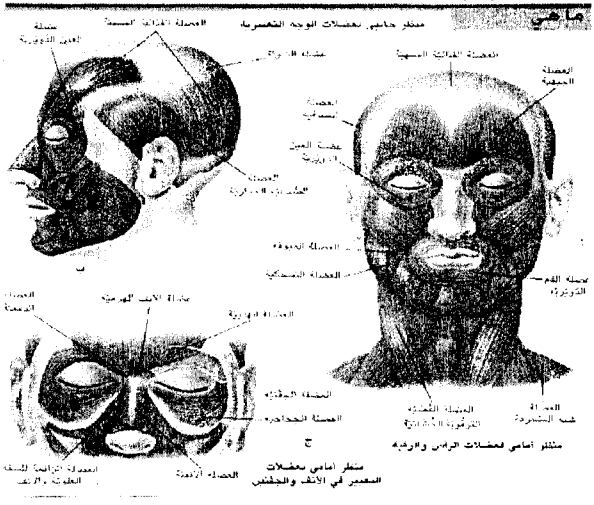
تتجمع العضلات المسئولة عن تعبير الوجه في المناطق التالية:

عضلات قبو القحف وتتكون من العضلات التالية (العضلة القذالية الجبهية - عضلة العين الدورية - عضلة الشواة - العضلة الصدغية الجدارية)

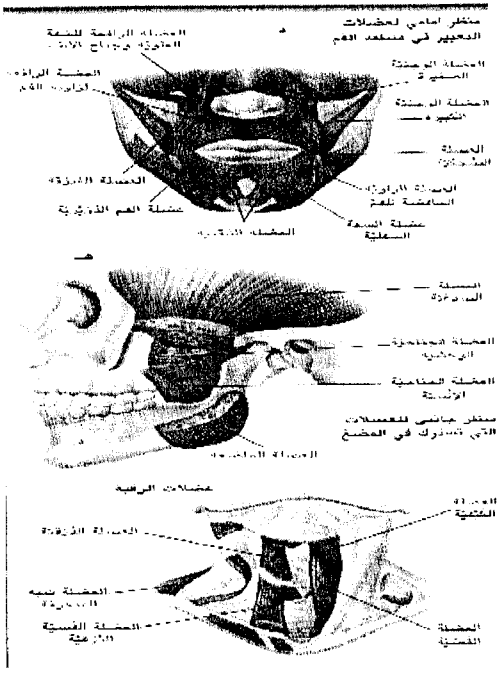
(تتصل عضلات التعبير بعظام وجلد الوجه وتؤدي تقلصاتها إلى تحرك الجلد كما تشكل ثنيات وتجاعيد تخلق تعابير الوجه المختلفة، وعندما يكون الجلد شابًا ومرنًا تعكس الثنيات الناتجة عن التقلص العضلات بسهولة كبيرة، ولكن مع تقدم السن يخسر الجلد مرونته مما يؤدي إلى تكون تجاعيد الوجه.

عضلات المنطقة الجفنية ومنطقة الأنف هي:

- العضلة الحجابية - العضلة الأنفية - العضلة الرافعة للشفة العلوية والأنف.
- العضلة القصية الترقوية (عضلة الأنف الهرامية - العضلة الدمعية - العضلة الهدبية - العضلة الجفنية الخشائية: هي العضلة المسئولة عن تدوير الرأس ومدة).



عضلات منطقة الفم:



تتكون من:

١- العضلة الوجنية.

٢- العضلة الرافعة للشفة العلوية.

٣- العضلة الضحكة.

٤- عضلة الفم الدورية.

٥- عضلة الزاوية الخافضة للفم.

٦- عضلة الشفة السفلية.

٧- العضلة الذقنية.

العضلات الماضغة:

تعمل العضلات المشتركة في المضغ على تمزق وسحق الطعام لتسهيل بلعه وهضمه

والعضلة الماضغة هي عضلة قوية جدًّا تستطيع تحريك الفك السفلي بقوة تساوى ١..كغ وتتكون من العضلات التالية (العضلة الصدغية ـ العضلة الجناحية الوحشية ـ العضلة الجناحية الأنسية ـ العضلة الماضغة).

عضلات منطقة الرقبة:

تتكون من:

١ - العضلة الكتفية.

٢ - العضلة الدرقية.

٣- العضلة القصية.

٤ - العضلة الشبه منحرفة.

٥ - العضلة القصية الدرقية.

وهي عضلات تتيح لحركة الرأس حرية كبيرة.

عضلات الصدر والبطن:

الشكل الأمامي:

١ - عضلة الصدر الكبيرة .

٢ - العضلة المنشارية الكبيرة.

٣- العضلة المستقيمة البطنية.

٤ - خط البطن الأبيض.

٥ - عضلة البطن الخارجية المائلة.

٦ - عضلة الرباط الأربي.

الشكل الخلفي:

١ - العضلة المنحرفة المربعة.

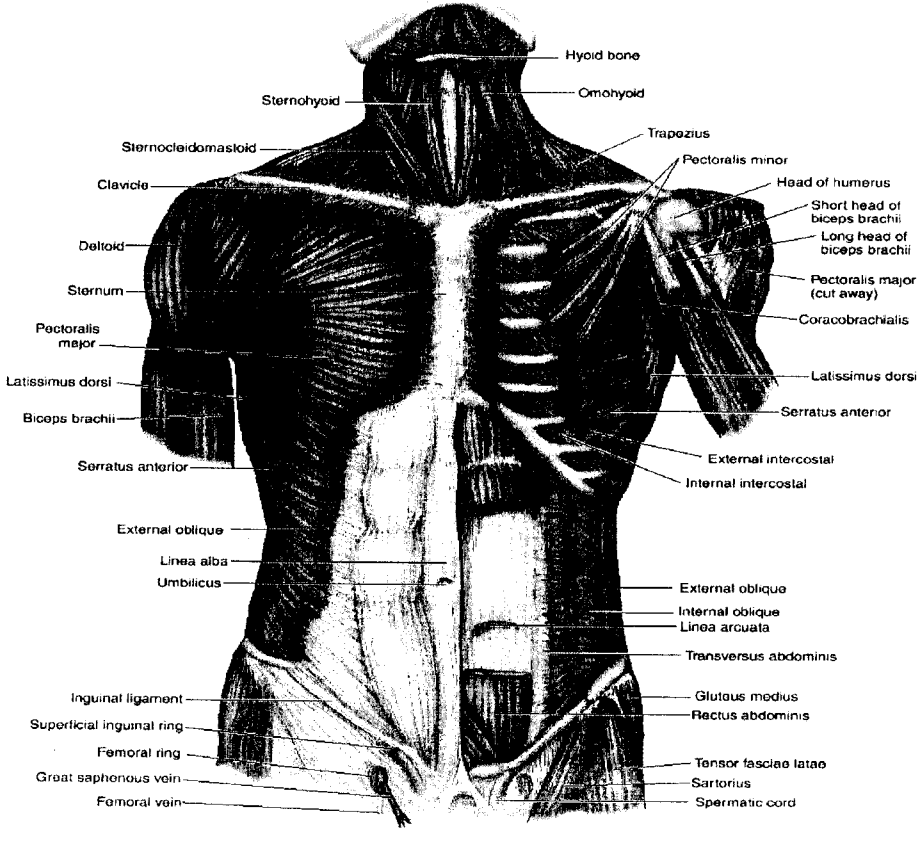
٢ - العضلة العريضة الظهرية.

٣ - العضلة المعنبة.

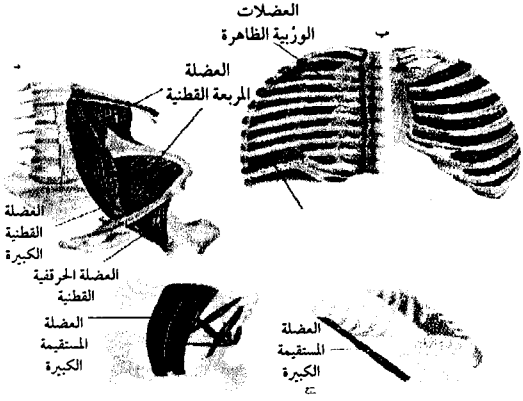
٤ - العضلة الكفلية الوسطى (الأولوية).

٥ - العضلة الكفلية الكبرى.

٦ - العضلة القصية الترقوية الخشائية.



عضلات التنفس:



١- ما بين الأضلاع الخارجية:

وهي توسع من القفص الصدري بسحب الأضلاع للخارج وهي بذلك مهمة في الشهيق وتعمل مساعدة للحجاب الحاجز.

٢- ما بين الأضلاع الداخلية:

وهي العضلات المسئولة عن عملية الزفير ويحدث بفعل انبساط عضلات الشهيق.

٣- عضلة الحجاب الحاجز:

وهي العضلة الرئيسية في الشهيق تقع بين تجويف الصدر وتجويف البطن وتكون على شكل قبة عندما تكون العضلة منبسطة، ولكن عند تقلصها تتسطح باتجاه تجويف البطن مزيدة بذلك من حجم القفص الصدري.

خلال المجهود البدني عضلات الرقبة تعمل على مساعدة عضلات الشهيق في رفع القفص الصدري أما عضلات البطن فتساعد في الزفير من خلال تقلصها وضغط محتويات البطن لتحتفظ على تجويف القفص الصدري .

عضلات جدار البطن:

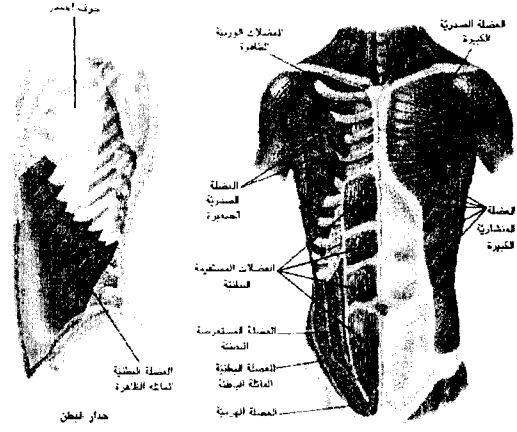
تتكون عضلا ت جدار البطن من ٣ أزواج من هذه العضلات المسطحة الواسعة والواقعة الواحدة فوق الأخرى وهي:

١- العضلة المستقيمة البطنية.

٢- العضلة المستعرضة البطنية.

٣- العضلة البطنية المائلة.

- غياب التمارين البدنية للمحافظة على عضلات البطن يضعفها ويظهر (الكرش).



عضلات الطرف العلوي

تتكون من مجموعة عضلات الكتف ـ عضلات العضد ـ عضلات الساعد ـ عضلات اليد.

تقسم عضلات الطرف العلوي إلى أربع مجموعات هي: عضلات الكتف وعضلات العضد وعضلات الساعد وعضلات اليد:

أولًا: عضلات الكتف: وهي ٦ عضلات هي:

١ - العضلة الدالية:

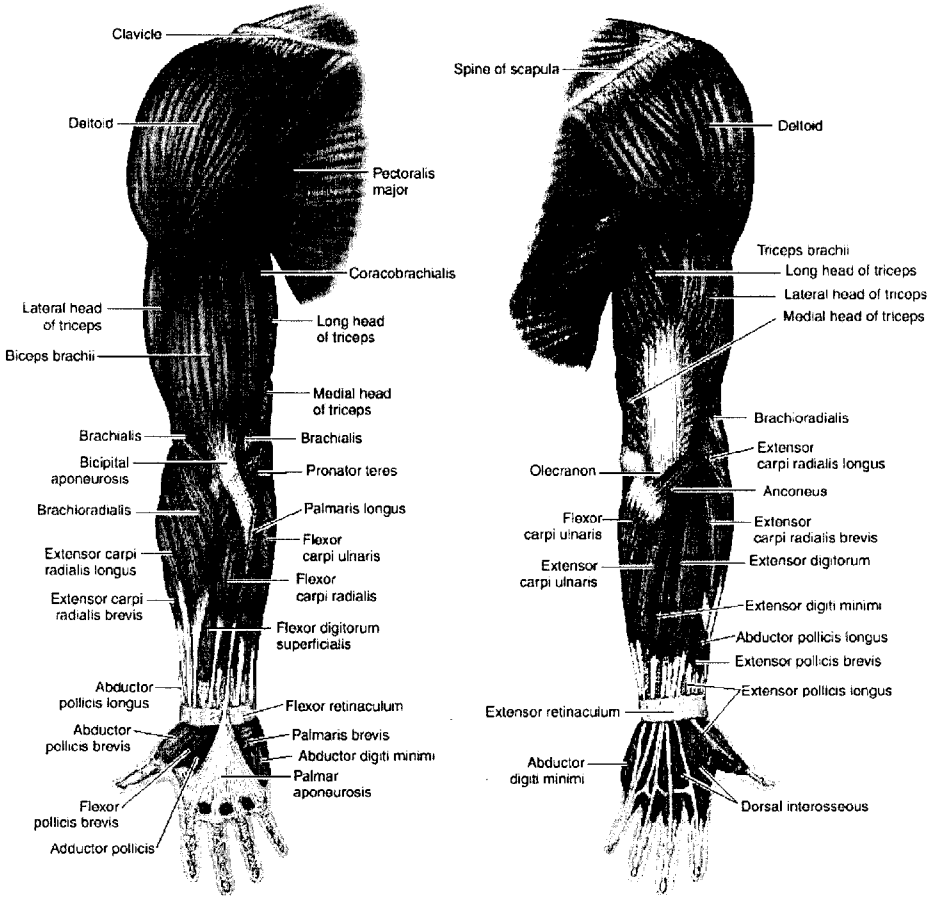
هي عضلة مثلثية تنشأ من حزام الصدر وتندغم في الحدبة الدالية لعظم العضد.

٢ - العضلة تحت الشوكة:

تنشأ من سطح ما تحت شوكة اللوح وتندغم في العضد.

٣- العضلة فوق الشوكة:

تنشأ من سطح ما فوق شوكة اللوح وتندغم في العضد.



٤- العضلة المدورة الكبرى.

٥- العضلة المدورة الصغرى.

٦- العضلة تحت الترقوة.

ثانيًا: عضلات العضد:

تتكون عضلات العضد من منطقتين أمامية وخلفية:

(أ) عضلات المنطقة الأمامية هي:

(العضلة ذات الرأسين العضدية ـ العضلة العضدية الكعبرية) وهذه العضلات تعمل على ثني الساعد.

(ب) عضلات المنطقة الخلفية:

تقتصر عضلات المنطقة الخلفية على (العضلة الثلاثية الرؤوس العضدية - العضلة المرفقية) والعضلة الرئيسية المسئولة عن بسط المرفق (الساعد) هي العضلة ذات الرؤوس الثلاثة العضدية.

- جميع العضلات الأمامية للعضد تعمل على ثني الساعد إلا أنها تترتب حسب الأهمية كما يلي:

١ - العضلة العضدية (الأقوى).

٢ - ذات الرأسين العضدية (متوسطة).

٣ - العضلة الكعبرية (الأخف).

ثالثًا: عضلات الساعد:

يتكون من العضلات الباسطة والعضلات المثبتة لليد وهي مجموعتين أمامية وخلفية.

الأمامية: وهي ٨ عضلات كما يلي:

١ - المدورة الكابة: ومن اسمها تعمل عمل على كب الساعد (بطح).

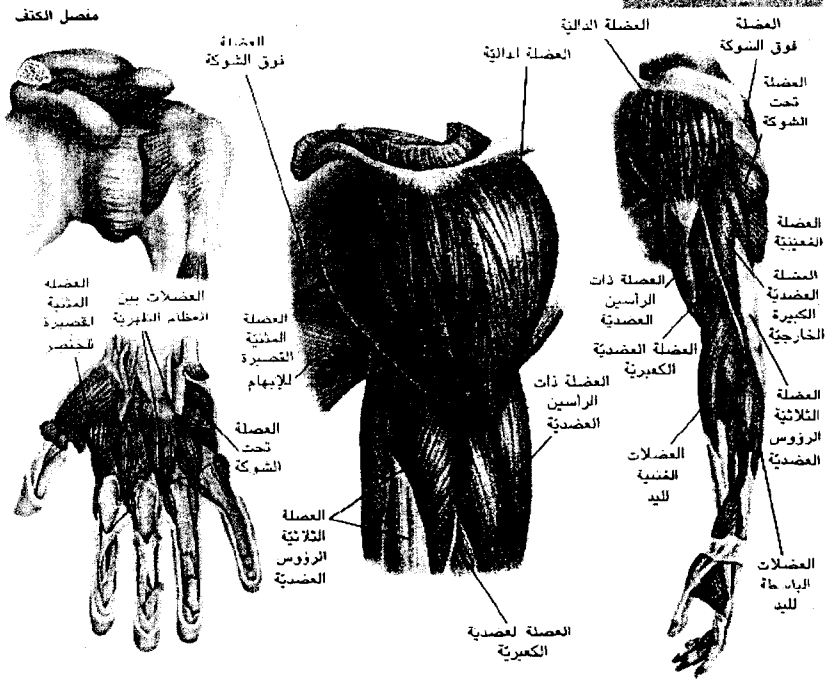
٢ - ثانية الرسغ الكعبرية: وهي من اسمها تعمل على ثني الرسغ وهي في جانب الكعبرة.

٣ - الراجية الطويلة: وتعمل على ثني الرسغ.

٤ - ثانية الرسغ الزندية.

٥ - ثانية الأصابع السطحية.

ماهي



٦- ثانية الإبهام الطويلة.

٧- ثانية الأصابع العميقة.

٨- المربعة الكابة.

المجموعة الخلفية:

وهي ٩ عضلات باسطة:

١- باسطة الرسغ الكعبرية الطويلة.

٢- باسطة الرسغ الكعبرية القصيرة.

٣- باسطة الأصابع.

٤- باسطة الرسغ الزندية.

٥- الطارحة.

٦- مبعدة الإبهام الطويلة.

٧- باسطة الإبهام الطويلة.

٨- باسطة الإبهام القصيرة.

٩- باسطة السبابة.

رابعًا: عضلات اليد:

تحتوي اليد على ١٩ عضلة تقع جميعها في منطقة الكف وتتميز بصغرهـا وقصرها لأنها لا تحرك سوى الأصابع، وأهم هذه العضلات هي العضلات المسئولة عن مقابلة الإبهام للأصابع الأخرى إذ أنها تسمح بإمساك الأشياء.

١- العضلة باسطة الإبهام الطويلة.

٢- العضلة المثنية القصيرة للإبهام.

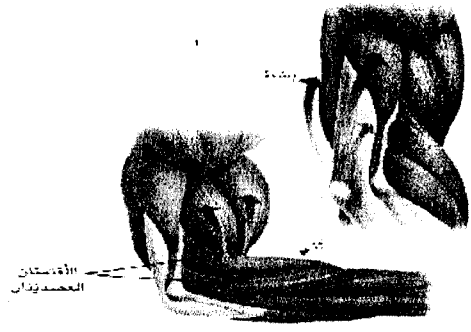
٣- العضلات بين العظام الظهرية.

العضد

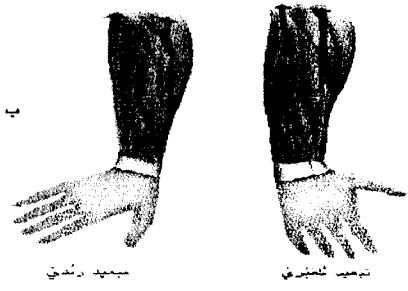
تبرز في العضد عضلتان هما (ذات الرأسين العضدية ـ والعضلة الثلاثية الرؤوس العضدية) وتتميز هاتان العضلتان في أنهما متضادتان إذ تضطلعان بوظيفتين متعاكسين إذ تتولى الأولى ثني الساعد بينما تعمل الأخرى التي تمتد خلف الساعد كباسطة للمرفق. وتعتمد ارتباط العضلات على العظام والأربطة.

الساعد:

في الساعد تسمح العضلات الباسطة والكابة بمجموعة كبيرة ومتنوعة من الحركات مثل (دوران الساعد - حركات اليد في جميع الاتجاهات - ثني وبسط الأصابع).



■ ويظهر في الرسم عمل كل مجموعة من عضلات الساعد في الرسغية المختلفة (ثني خلفي ـ ثني كفي ـ تبعيد كعبري ـ تبعيد زندي) وكلما تقلصت إحدى العضلات انبسطت العضلة المضادة لها (المقابلة).



عضلات الحوض

يقوم الحوض بوظيفة هامة جدًّا مما يجعل عددًا كبيرًا من العضلات يرتبط به ويؤثر فيه ويمكن تمييز مجموعتين من العضلات في الحوض:

١ - عضلات الناحية القطنية الحرقفية:

وهم عضلتان العضلة المربعة القطنية والعضلة القطنية الحرقفية وعندما تتقلص هذه العضلة تثني الجذع جانبيًا فيتقلص الجنب بدوره ويميل الحوض وتتألف العضلة القطنية الحرقفية من جزءين هما العضلة القطنية والعضلة الحرقفية .

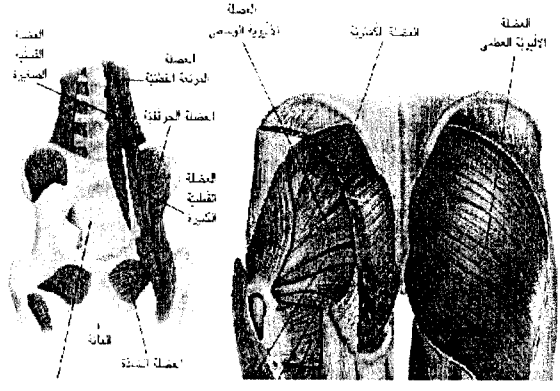
■ يتمثل العمل الأساسي للعضلة القطنية الحرقفية في الإبقاء على الحوض في وضعيته الصحيحة.

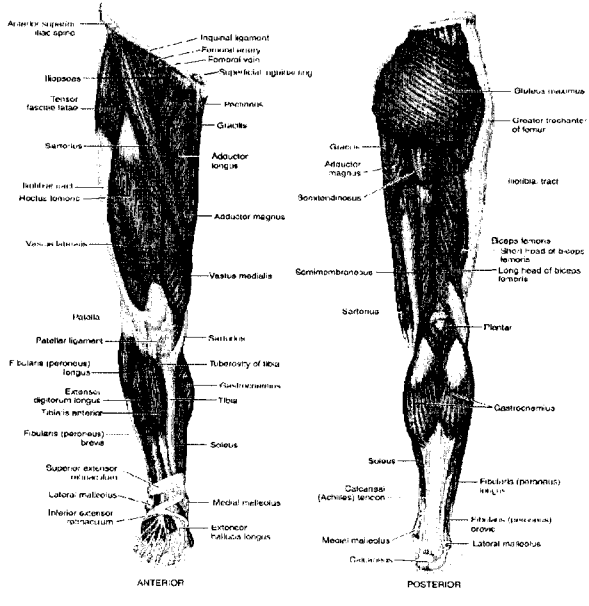
٢ - عضلات الناحية الحوضية:

وتشمل العضلات الأولوية (العظمي ـ الوسطى ـ الصغرى) والعضلة الهرمية (الكمثرية) والعضلتين التوأمين والعضلة المربعة الساقية وتلعب العضلات

الأولوية دورًا في الحفاظ على توازن الجسم وثباته في حين يتمثل العمل الرئيسي لعضلات ناحية الحوض الأخرى هي تنفيذ دوران باتجاه الخارج.

- تحافظ عضلات الناحية القطنية الحرقفية وعضلات الناحية الحوضية على انتصاب الجسم على طرفيه السفليين ويتطلب هذا العمل قوة وتناسقًا إذ يترتب على هذه العضلات الإبقاء على وضعية الجسم السليمة في ظروف مختلفة جدًّا مثل الجري والقفز والجلوس والوثب.





عضلات الطرف السفلي

العضلات العاملة على الفخذ والساق.

يصعب تصنيف عضلات منطقة الفخذ إلى مجاميع لأن بعض هذه العضلات تجتاز مفصل الحوض فقط، والبعض الآخر يجتاز مفصل الركبة فقط، والبعض يجتاز المفصلين معًا، كذلك هناك تداخل في عمل هذه العضلات، ولكن بشكل عام يمكن التصنيف بما يلي:

أولًا: مجموعة العضلات الأمامية:

١ - العضلة الحرقفية: تنشأ من السطح الأمامي لعظم الحرقفة وتندغم في الفخذ.

٢ - العضلة المشطية.

٣ - العضلة المقربة الطويلة.

٤ - العضلة المستقيمة الفخذية.

٥ - العضلة الخياطية.

ثانيًا: مجموعة العضلات المقربة:

١ - المقربة العظمي: تنشأ من عظام الاسك والعانة وتندغم في الفخذ.

٢ - المقربة الطويلة: تنشأ من العانة.

٣ - المقربة القصيرة: تنشأ من العانة.

٤ - الرقيقة (النحيلة) تنشأ من العانة وتندغم في الفخذ.

٥ - المشطية: تنشأ من العانة وتندغم في الفخذ.

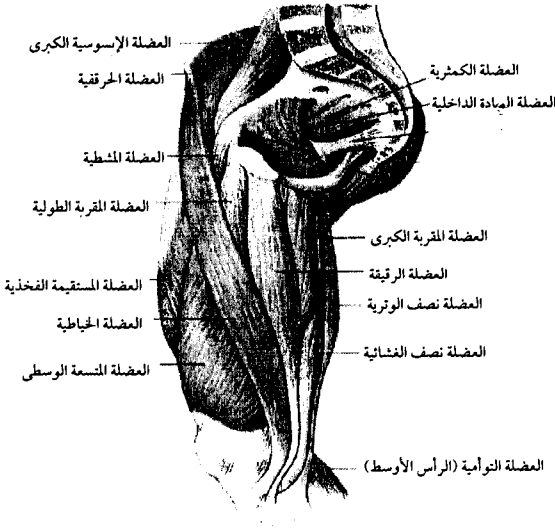
ثالثًا: مجموعة الفخذ الأمامية: تتكون العضلة ذات الرؤوس الأربعة من:

١ - الفخذية المستقيمة: تنشأ من عظم الحرقفة.

٢ - المتسعة الوحشية: تنشأ من عظم الفخذ (الوحشية).

٣- المتسعة الإنسية: تنشأ من عظم الفخذ (انسيًا).

٤- المتسعة الوسطى: تنشأ من عظم الفخذ (أمام).



رابعًا: العضلات الخلفية للفخذ:

١- الأولوية (العظمي ـ الوسطى ـ الصغرى)، تنشأ من الحرقفة وتندغم في الفخذ العضلة الأولوية العظمى هي عضلة باسطة للفخذ قوية ويزداد قوة عملها عندما يكون الفخذ مثني وهي مضادة في عملها إلى الحرقفية.

٢- المجموعة الخلفية الباسطة للحوض، والثانية للركبة:

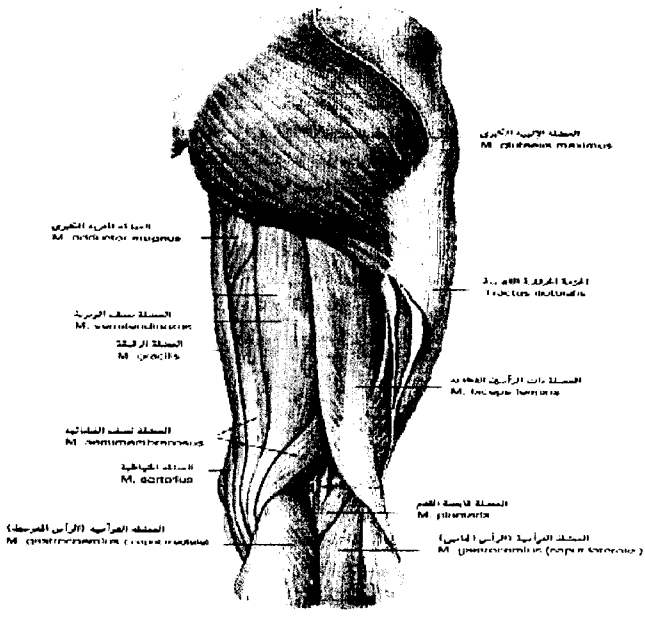
١. الفخذية ذات الرأسين الفخذية.

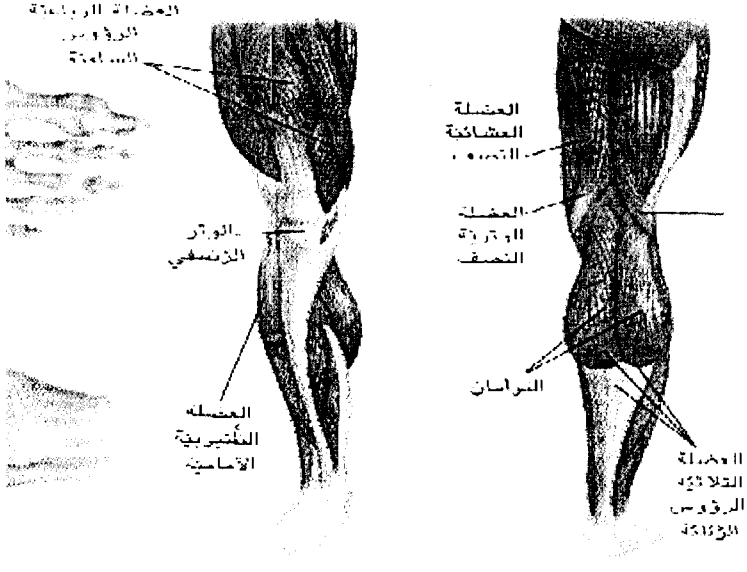
٢. العضلة المقربة الكبرى.

٣. العضلة النصف وترية (شبة الوترية).

٤. العضلة النصف غشائية (الشبة غشائية).

العضلات الخلفية للفخذ The Posterior femoral muscles





عضلات الساق

هي العضلات المحركة الكاحل وأصابع القدم.

المجموعة الأمامية:

١ - العضلة الظنبوبية الأمامية: تنشأ من الظنبوب وتندغم في القدم.

٢ - باسطة الأصابع الطويلة: تنشأ من الظنبوب الشظية وتندغم في ظهر الأصابع.

٣ - الشظوية المثلثة: تنشأ من الشظية وتندغم في الأصبع (٥).

٤ -باسطة الأصبع الكبير: تنشأ من الشظية وتعمل على الثني الظهري للقدم والأصبع الكبير.

المجموعة الخلفية:

١ - ذات الرأسين التوأمية: وهي عضلة تنشأ من عظم الفخذ وتندغم في القدم عبر الرباط الإكليلي وهو أقوى وتر في جسم الإنسان (معظم أليافها بيضاء ومهمة في حركة القفز.

٢ - النعلية: تنشأ من الفخذ وتندغم في القدم عبر وتر طويل تثني الركبة.

والعضلة التوأمية النعلية تكون العضلة الثلاثية الرؤوس وتشترك العضلات الثلاثية في نفس الوتر السفلي الذى يتصل بعظم العقب ويعرف بوتر اكيلس وتتمتع هذه بقوة كبيرة ومهمتها بسط الساق مما يؤدى إلى رفع وزن الجسم بأكمله عند كل خطوة.

تقوم عضلات الطرف السفلي بالحركات التي تنقل الجسم من مكان إلى آخر أي أنها عضلات السير ولذلك فإن العضلات تتميز بقوة ومقاومة كبيرتين.

- ينتج بسط الساق في المقام الأول على تقلص العضلة الرباعية الرؤوس الفخذية

وتعمل هذه العضلة بفاعلية أكبر عندما يكون الفخذ ممدودًا كما تشترك في تحقيق هذه الوضعية العضلة المستقيمة الفخذية.

- وينتج ثني الساق نتيجة تعاون عدة عضلات هي (الخياطية الرقيقة ـ النصف غشائية ـ ذات الرأسين الفخذية ـ النصف وترية ـ عضلة الساق).

يبين الرسم كيفية عمل العضلات لإنجاز حركة البسط الخلفي والبسط الاخمصي في القدم وإذا لم تعمل هذه العضلات بشكل سليم فإن القدم لا تتمكن من إنجاز الحركات اللازمة للسير.

عضلات القدم

١- العضلة المثنية القصيرة للأبخس الكبير.

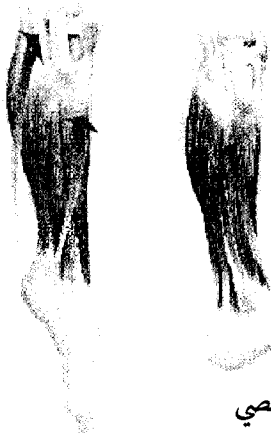
٢- العضلة الأخمصية.

٣- العضلة المبعدة.

٤- العضلة المقابلة للأبخس الصغير.

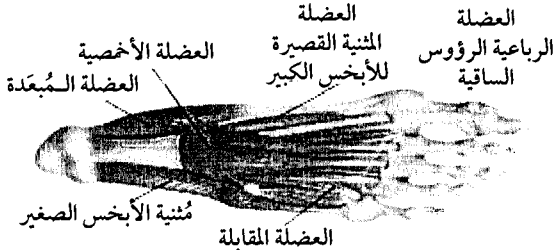
٥- عضلات الباسطة للأبخاس.

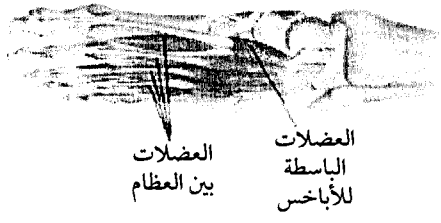
٦- العضلة المثنية للأبخس الصغير.



ثني أخمصي

ثني خلفي





الوحدات الحركية للعضلة

إن العضلة تنقبض عندما ينبه العصب كهربائيًا. وواضح أن العضلة لا تنقبض تلقائيًا. ولكنها تنقبض فقط عندما تثار عن طريق إما العصب أو بشكل مباشرة بواسطة تيار كهربائي.

ومن البديهي أنه:

١- كلما قل عدد الألياف العضلية في الوحدة الحركية كلما كانت الحركة الناتجة سريعة ودقيقة ولكن ينقصها القوة.

٢- كلما زاد العدد كلما كانت الحركة الناتجة قوية.

٣- تزداد قوة انقباض العضلة كلما زاد عدد الوحدات الحركية التي أثيرت، وتصل قوة انقباض العضلة إلى حدها الأقصى عندما تثار جميع الوحدات الحركية المكونة للعضلة.

الاتصال العصبي العضلي

وهو نوع خاص من المشتبك العصبي تنتهي فيه الليفة العصبية المتصلة بالعضلة على شكل فروع صغيرة تنتشر على سطح الليفة العضلية. ينتهي كل فرع صغير في حفرة على سطح الليفة العضلية تسمى ميزان المشتبك ويوجد في هذه الحفرة أنزيم خاص يسمى كولين استرين استريز يساعد على تحليل مادة الاستيل كولين التي تلعب دورًا مهمًا في نقل النبضة من الليفة العصبية إلى الليفة العضلية.

وعندما تصل النبضة العصبية إلى الفروع الصغيرة تتحرك مادة الاستيل كولين عند نهايات هذه الفروع وتمر هذه المادة بالانتشار عبر غشاء الليفة العضلية التي بداخلها. وتبدأ في التأثير على الغشاء وإذا تحررت هذه المادة اسيتيل كولين بكمية كافية تؤدي إلى إزالة استقطاب الغشاء فإن تأثيرها يتولد في الليفة العصبية نفسها.

وتجري هذه النبضة العصبية في نفس الوقت في جميع الألياف العضلية المكونة للوحدة الحركية. ولذلك تنقبض هذه الألياف جميعها في نفس الوقت.

وبعد ذلك يبدأ عمل إنزيم كولين استريز الموجود بوفرة في ميزاب المشتبك وعمله هو مهاجمة الاستيل كولين وتحليله مسببًا بذلك إعادة استقطاب الغشاء مرة أخرى أي انبساط الألياف العضلية ومن ثم انبساط (ارتخاء) العضلة.

التغيرات التي تصاحب الانقباض العضلي

يصحب انقباض العضلات الإرادية ثلاثة أنواع من التغيرات هي:

١- تغيرات كيميائية.

٢- تغيرات حرارية.

٣- تغيرات ميكانيكية.

أولًا: التغيرات الكيميائية للانقباض العضلي:

تتكون العضلة كيميائيًا من:

١- ٢٠٪ بروتين خاص يسمى بروتين العضلة أو كتين وميوسين.

٢- ٨٧٪ ماء.

٣- ٢٪ مواد مختزنة للطاقة هي فوسفات الأدينوسين ـ الكرياتين ـ النشا الحيواني.

وتتغير المواد المختزنة للطاقة باستمرار تبعًا لنشاط العضلة وذلك نتيجة لتأثير مجموعة الأنزيمات المختلفة الموجود فيها.

ثانيًا: التغيرات الحرارية للانقباض العضلي:

يصحب انقباض العضلة انطلاق مقدار من الحرارة تمكن العلماء من قياسها بدقة

باستخدام ترمومترات كهربائية وسبب هذه التغيرات الحرارية هي التفاعلات التي تحدث في العضلة وتنطلق الحرارة في أثناء انقباض العضلة، أما في أثناء انبساطها تنطلق أيضًا حرارة تعادل تقريبًا حرارة الانقباض.

ثالثًا: التغيرات الميكانيكية للانقباض الحركي:

عند انبساط العضلة وانقباضها تحدث تغيرات ميكانيكية وهي تحرك الجزء المتصل بالعضلة طولًا أو أن ينقص هذا الجزء مثل حركة اليد أو الرجل أو المثانة .... إلخ ويمكن تقسيم الحركة الميكانيكية إلى ثلاثة أقسام أو ثلاثة فترات وهي:

أ- فترة الكمون: وهي فترة قصيرة تنقضي بين بداية التنبيه العصبي وبداية انقباض العضلة.

ب- فترة الانقباض: وهي تأتي مباشرة بعد فترة الكمون وفيها تنقبض العضلة وتقصر مسببة الحركة.

جـ- فترة الانبساط: وفيها تنبسط الألياف العضلية ويزداد طولها وتعود العضلة إلى طولها الأصلي. وهذه الفترة أطول من فترة الانقباض.

تأثير التدريب الرياضي على الجهاز العضلي

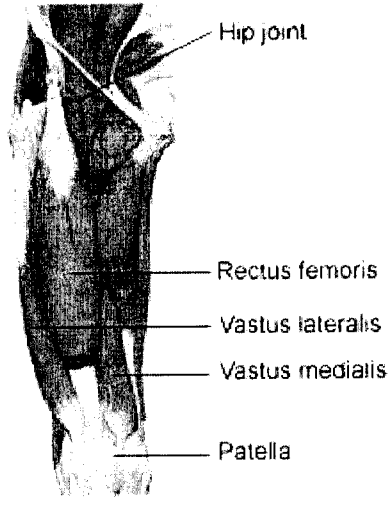
١- تحسين عملية تناوب عمل الألياف العضلية مما يزيد من فترة التحمل العضلي.

٢- زيادة عدد الشعيرات الدموية المغذية للألياف العضلية .

٣- زيادة حجم مخازن الطاقة وتحسين عملها، مما يساعدها على الاستمرار في العمل لفترة طويلة في مواجهة التعب.

٤- زيادة قدرة العضلة على الانقباض السريع، ويظهر ذلك واضحًا عند أداء الحركات التي تتطلب سرعة الأداء مثل عدو ١٠٠ متر.

٥- تؤدي ممارسة الرياضة بانتظام إلى زيادة كفاءة عمل الجهاز العضلي بصورة عامة.



أنواع التقلص العضلي

مهمة العضلات هو إنتاج الشد، وطرق إنتاج الشد معروفة بالتقلص العضلي والمهام الرئيسية للتقلص العضلي هي:

- الاحتفاظ بالهيئة (الشكل).
- تحريك الجسم.
- إنتاج حرارة الجسم.

يوجد ثلاث طرق رئيسية للتقلص العضلي:

- عندما تثبت نهايتي العضلة ولا يوجد تحريك للمفصل يدعي التقلص إيزومتري (تقلص ثابت الطول).
- إذا تغير طول العضلة بنشاطها العضلي لإنتاج قوة معينة يكون التقلص إيزوتونيك

(تقلص متغير الطول)، ومما يجب الإشارة إليه انه لا يتم إنتاج التقلص العضلي الثابت في القوة خلال الحركات حتى وإن كان الحمل الخارجي هو نفسه حيث يتأثر ذلك بطول العضلة الذي يختلف خلال الحركة عندما تقصر العضلة أو تطول، التقلص الحيوي ثابت أكثر من التقلص الإيزتوني.

- عندما يكون الحمل الخارجي أكثر من القوة القصوى للتقلص العضلي تقوم العضلة من تلقاء نفسها بالتمدد وهذا يدعي إكسنتريك، وعندما يكون الحمل أقل من التقلص العضلي تقصر العضلة وهذا يعرف بالتقلص الكونسنتري.

يمكن قياس الشغل للعضلة بحساب القوة مضروبة في المسافة المقطوعة. ومثلًا لرجل يزن ٧٠ كجم يكون سحب الجاذبية يساوي ٧٠ × ٩,٨١ والذي يقارب ٧٠٠ نيوتن، إذا قفز مترين للأعلى يجب عليه أن ينتج ٧٠٠ نيوتن مضروبة في ٢متر والتي تساوي ١٤٠٠ نيوتن، التقلص الإيزومتري لا ينتج عمل ميكانيكي حيث المسافة تساوي صفر ومهما يكن التقلص الإيزومتري يتطلب طاقة ومن الممكن أن يكون شاقًا جدًّا.

والتقلص العضلي هو أحد الحالات التي تحدث عند إصابة العضلة بالتشنج وتحدث هذه الحالة في نهاية المباراة أحيانًا ويكون اللاعب عرضة لهذا التقلص بشكل كبير في فصل الصيف عندما تكون درجة الحرارة مرتفعة، وهذا ناتج عن فقد كمية كبيرة من السوائل التي تؤدي إلى نقص كمية الملح ومنها يحدث هذا النوع من التقلص . إن ظاهرة حدوث التقلصات العضلية للاعبين بصفة عامة ولاعبي كرة القدم بصفة خاصة سواء أثناء المباريات أو عقب الانتهاء من المسابقات أكبر دليل على وجود نقص في بعض عناصر اللياقة البدنية الشاملة للاعب، وعادة تحدث الإصابة بالتشنج العضلي الزائد دون إنذار سابق في عضلة أو مجموعة قليلة من العضلات بحيث لا يستطيع اللاعب التخلص من هذا التقلص الشديد الملم بمفرده وربما يستمر هذا التشنج لعدة ثوان أو بضع دقائق ونادرًا ما يطول أكثر من ذلك ونلاحظ أن أكثر عضلات الجسم

تعرضًا لهذه الإصابة هي عضلات سمانة الساق وباطن القدم والعضلات الخلفية والأمامية للفخذ.

عموما التقلص العضلي الزائد ليس مرضًا في حد ذاته أو إصابة مباشرة وإنما هو علامة أكيدة على حدوث بعض التغيرات الكيميائية والعصبية في العضلة التي استخدمت في الأداء الحركي المتكرر لفترة طويلة دون استعدادها لمثل هذا العمل العنيف الشاق وتكرار حدوث حالات التشنج العضلي يعرض اللاعب للإصابة بتمزق الأربطة والعضلات وربما يؤثر على بعض المفاصل.

أنواع (التشنجات) التقلصات العضلية

١- التشنج العضلي البسيط:

وهو أبسط أنواع التقلص العضلي الزائد وفيه نلاحظ ارتعاش وارتجاف العضلة التي يتكرر تقلصها وارتجاجها على شكل اهتزازات متتالية دون حدوث تصلب لجميع الألياف العضلية ثم ترتخي من نفسها.

٢- التشنج العضلي الشديد:

وفيه تنقبض جميع ألياف العضلة انقباضًا زائدًا عن الطبيعي وتستمر على هذا الانقباض والتصلب لفترة تطول أو تقصر حسب الحالة.

فسيولوجية التقلصات العضلية

إن التفسير السائد حتى كتابة هذه السطور للإصابة بحالات التشنج العضلي يرجع إلى عدة تغيرات فسيولوجية كثيرة أهمها (وجود نقص في كمية الأوكسجين بالدم الواصل إلى العضلة ـ فقد الجسم لكميات كبيرة من الأملاح المعدنية مثل البوتاسيوم والماغنسيوم والصوديوم بسبب العرق الغزير ـ اختلال التوازن في العلاقة بين الصوديوم والبوتاسيوم

ـ زيادة تركيز نسبة الكلوريد خارج أو داخل الألياف العضلية ـ نقص النسبة الطبيعية للكالسيوم بالجسم ـ عدم القدرة الذاتية للعضلة على استعادة نسبة الكالسيوم في أليافها ـ زيادة تراكم مواد التعب ومخلفات الأداء الحركي على غشاء الألياف العضلية.

عموما سواء كانت الأسباب هي أحد أو بعض أو كل هذه العوامل التي تحدث تغيير للوسط الداخلي للألياف العضلية الذي من شأنه يؤثر على الجهاز الانقباضي للعضلة ويؤدي إلى حدوث رد فعل عصبي كيميائي داخلها يترتب عليه الإصابة بالتقلصات العضلية التي تصبح فيها العضلة صلبة غير قادرة على الاسترخاء مع مصاحبة الألم فلا يستطيع اللاعب تحريكها.

الأسباب العامة

١ - الاستمرار في العمل العضلي العنيف لفترات طويلة دون الحصول على فترات راحة بينية أو نقص بعض العناصر البدنية الشاملة.

٢ - النقص الشديد في كمية الأوكسجين أو الجليكوجين أو الأملاح بالجسم .

٣ - عدم العناية بوسائل (الإحماء ـ التسخين) وخاصة للعضلات الأساسية المشتركة في الأداء الحركي المطلوب أو التعرض لحالات الطقس شديد البرودة.

٤ - عدم الحصول على الغذاء المتنوع أو وجود نقص في بعض الفيتامينات والأملاح المعدنية.

٥ - عدم انتظام الدورة الدموية بالعضلة أثناء أداء المجهودات المستمرة فتصبح في حالة لا تسمح لها بالتوافق مع عملية الاحتراق للمواد الغذائية فتزداد مخلفات الاحتراق ولا تستطيع العضلة التخلص من هذه المواد وخاصة معامل الألم.

٦ - وجود تشوهات في العظام أو المفاصل التي تعمل عليها العضلات أو ارتداء أحذية غير مناسبة لتكوين العظام.

الأعراض:

- الإحساس بالألم الشديد مكان العضلة المتقلصة وربما الطرف كله.
- عدم القدرة على تحريك العضلة المصابة أو العضلات المحيطة بها.
- عند فحص العضلة المتشنجة نجدها متصلبة ولا يستطيع اللاعب تحمل ملامسة أصابعنا لها نظرًا لشدة حساسيتها باللمس.

المعالجة الفورية:

١- سرعة اتخاذ اللاعب لأفضل الأوضاع مناسبة للراحة على أرض الملعب ثم تشجيعه على مد المفصل الذي تعمل عليه العضلة المتقلصة بحيث تكون الحركة في عكس الاتجاه الطبيعي الذي تعمل عليه العضلات (بغرض الإطالة).

٢- إذا لم تتجاوب العضلة للحصول على الاسترخاء فيمكن للأخصائي أداء حركة المد للمفصل الذي تعمل عليه العضلة قصرًا، فمثلا إذا كانت عضلة سمانة الساق هي المتقلصة يضع الأخصائي يده اليسرى على مفصل الركبة، لتثبيتها بينما يقوم بنفس الوقت بوضع يده اليمنى على باطن مشط القدم لثني المفصل لأعلى بواسطة الضغط المتدرج بحيث يكون الضغط لأعلى في اتجاه جسم اللاعب وليس نحو الأرض مع الحرص الشديد عند تحريك المفصل حتى لا يعمل في مدى حركي أوسع من اللازم فتصاب الألياف أو الأربطة العضلية بالتمزق أو عظام المفصل بالخلع.

٣- استخدام وسائل التدفئة الصناعية مثل الكمادات الساخنة أو استعمال جهاز تمرير الهواء الساخن المضغوط على مكان التقلص.

٤- بعد التأكد من حصول العضلة على الاسترخاء وإزالة حالة التوتر يمكن استعمال حركات التدليك المسحي السطحي بواسطة بعض الدهانات المدفئة والمزيلة للألم وتدريجيا يمكن استعمال التدليك المسحي العميق البطيء وبعد

ذلك يمكن للاعب استكمال المباراة حسب إمكانيته وشعوره بأنه أصبح قادرًا على الأداء الرياضي وليس مرغمًا.

٥- يجب عدم محاولة استخدام حركات التدليك العميق أو العنيف السريع أثناء الإصابة بالتقلص لأن ذلك يؤدي إلى التمزق العضلي، ولكن لابد من مراعاة استرخاء العضلة المصابة أولا واستعادتها لحالتها الطبيعية قبل استخدام التدليك حتى لا نعرضها للأضرار.

٦- بعد انتهاء المباراة لابد من اتخاذ كافة التدابير العلاجية اللازمة.

الحركة هي الصفة الحيوية في الجسم والتي تنتج عن تقلص عضلة أو مجموعة عضلية، إذ تبلغ كتلة العضلات ١/ ٣ كتلة الجسم وتزداد هذه النسبة عند الرياضيين إلى ١/ ٥.

تعمل العضلات جميعها بنفس الطريقة مهما كان نوعها، وذلك عن طريق التقلص والانبساط وعندما تتقلص العضلة يقل طولها بمقدار ١/ ٥ تقريبًا من طولها الكلي، وإن جميع أنواع العضلات سواء كانت مخططة أو ملساء (إرادية أو غير إرادية) لاتتقلص إلاّ ان تستثار، والمثير رسالة تمرر إلى العضلة عن طريق الأعصاب، وتأتي هذه الإيعازات من المخ في حالة العضلات الإرادية، أما في العضلات غير الإرادية فتتلقى رسالتها من الجهاز العصبي السمبثاوي (الجهاز العصبي الذاتي) في العنق والصدر والبطن.

عندما تنقل الأعصاب إيعازًا إلى العضلة تتحول الطاقة الكيميائية (الموجودة أصلًا في الخلية) إلى طاقة ميكانيكية (حركية) عبر آلية معينة، ففي العضلات المخططة ينطبق قانون عمل العضلات عليها، حيث يمثل التقلص العضلي القوة والجزء المتحرك المقاومة ويعمل المفصل نقطة ارتكاز، وعندما تنبه الأعصاب العضلات تعمل بعض المواد الكيميائية المعينة على تقلص خلايا العضلات، ويحدث التقلص عندما تقصر الألياف العضلية بتأثير المنبه العصبي، والذي ينتشأ من الخلايا الحركية لقشرة الدماغ ويسير باتجاه النخاع المستطيل وينتهي في عضلات الجهة المقابلة حيث أن المنبه الناشىء

من الخلايا الحركية لقشرة الدماغ في الجهى اليمنى ينتهي في عضلات الجهة اليسرى للجسم والعكس صحيح، والمنبه ينتقل حتى نهايته بالصفيحة العصبية والتي بدورها تنقل الإيعاز إلى الألياف العضلية، ولا تسمح إلا للمنبه العصبي الحركي ذو الشدة المعلومة والكافية لتنبيه الليف العضلي ولا تتم استجابة الليف العضلي ولا يتقلص عندما يكون المنبه بشدة منخفضة.

عند تقلص العضلة بأكملها وبعد عدة تقلصات (كما في حالة الجهد عالي الشدة) يصيب العضلة التعب وهذا يرجع إلى تراكم حامض اللبنيك حيث يتجمع في العضلات، وعند الراحة يتلاشى هذا الحامض ويذهب قسم منه عبر الأوردة حيث يتم اتلافه في الكبد وبوجود الأوكسجين، حيث يتم تأمين كمية أوكسجين إضافية لهذه العمليات عن طريق التنفس السريع والعميق الذي يحدث أثناء التمرينات الشديدة.

مصدر الطاقة المتحولة في العضلة هو المواد الغذائية حيث إن ٤٠٪ من الطاقة في العضلات تأتي عن طريق التمثيل الغذائي الذي يتم في العضلات وترتفع هذه النسبة إلى ٩٠٪ في حالة الجهد.

مصادر الطاقة للانقباض العضلي

تحصل الخلايا العضلية على طاقتها من جزيء ATP الذي يحوي روابط فوسفاتية غنية بالطاقة ومن فوسفات الكرياتينCP، ويوجد هذا المركب في الخلايا العضلية بكميات محدودة، وهو يزود جزيء ADP بمجموعة فوسفات ويعاد تكوين ATP.

وعند نفاذ مخزون فوسفات كرياتين، كما يحدث أثناء النشاط العضلي، فإن العضلات تعتمد على التنفس الخلوي كمصدر طاقة للحصول على كميات كبيرة من ATP، وتحتاج الخلية العضلية للأوكسجين الذي يحمل في خلايا الدم الحمراء بواسطة الهيموجلوبين، والميوجلوبين myoglobin الذي يوجد في الخلية العضلية.

أنواع التقلص العضلي

ينقسم التقلص العضلي إلى:

أولًا: التقلص الثابت الشد ISOTONIC CONCTRATION:

فيه يقل طول العضلة عندما ترفع ثقلًا معينًا ثابتًا فتنجز شغلًا (الشد العضلي يبقى ثابتًا أثناء التقلص).

ثانيًا: التقلص ثابت الطول ISOMETRIC CONCTRATION:

فيه يبقى طول العضلة ثابتًا ولا يقصر ولا ينجز شغلًا لأن العضلة لاترفع ثقلًا بالرغم من زيادة الشد العضلي فيها إلى الحد الأقصى أثناء التقلص.

ثالثًا: التقلص العضلي البسيط SIMPLE MUSCLE TWICH:

إذا حفزت العضلة مباشرة أو بوساطة العصب الحركي فإنها تتقلص تقلصًا بسيطًا يتمثل بحركة آلية خاطفة تسمى (التقلص العضلي البسيط) الذي يستغرق فترة زمنية معينة ومن ثم يعقبه الارتخاء العضلي.

أدوار التقلص العضلي

تمر العضلة أثناء التقلص العضلي بثلاثة أدوار هي:

دور الكمون LATENT PERIOD:

يتمثل بالفترة الزمنية المستغرقة بين لحظة التحفيز وبدأ التقلص ومدته أعشارالثانية ويتحدد حسب نوع الكائن الحي ونوع العضلة المحفزة ولا تظهر في هذا الدور أي حركة آلية وتبقى الحركة ظاهريًا كامنة وكأنها غير متأثرة ولكن تحصل فيها تغييرات غير

آلية مثلاً (كهربائية أو تهيجية أو كيمياوية) وفي هذه المرحلة يتم نقل القدرة الحركية من العصب الحركي إلى الخلايا العضلية والترابط الكهربائي.

دور التقلص العضلي:

أي انقباض الألياف العضلية (Myofibren) في هذه المرحلة تظهر العضلة حركة خاطفة ويقصر طولها ويزداد سمكها وتبقى في هذه الحالة حوالي (٠,٠٤) من الثانية يعقبها مباشرة الدور الأخير حيث تنتهي الحركة.

دور الارتخاء العضلي:

يرجع طول العضلة وسمكها إلى حالة قبل التحفيز ويستغرق ذلك حوالي (٠,٠٥) من الثانية.

العوامل التي تؤثر على التقلص البسيط

أولاً: نوع العضلة:

سرعة التقلص تختلف وفق نوع العضلة والألياف المكونة لها ووفقا لذلك يمكن تقسيم العضلات إلى ما يلي:

- العضلات التي تتميز وظيفتها بالدقة تمتاز بسرعة التقلص كما في عضلات (العين).
- العضلات التي تؤدي حركات عامة غير دقيقة، التقلص العضلي فيها يكون أبطأ كما في (حركات الذراعين والفخذ).
- العضلات التي تتميز بتغلب الألياف العضلية الحمراء يستغرق مدة التقلص فيها أطول وهي أبطأ في سرعتها من العضلات ذات الألياف البيضاء التي تكون سريعة التقلص ولكن لايدوم التقلص مدة طويلة. ومن الجدير بالذكر أن جميع

عضلات الجسم تكون في حالة مط دائم فإذا قطعت العضلة إلى جزئين كل جزء يتقلص ويقصر.

إن قوة التقلص تتناسب طرديا مع طول الألياف العضلية إلى حد معين لطول الليف، أي أن الألياف العضلية الأكثر طولًا تكون أقوى تقلصًا وذلك يتوقف على الطول الأساسي للعضلة لا طولها بعد المط لأن ذلك يحدث العكس إذا سلطت قوة خارجية بمط أكثر وتضعف قوة التقلص (المط أكثر من حد معين) بالرغم من زيادة طولها، كما في العضلة القلبية حيث تضعف عندما يزداد أو يتوسع القلب بسبب الضغط المسلط عليها (من الداخل) في الحالات المرضية فقط.

ثانيًا: الحرارة Heat:

الحرارة تؤثر على التقلص العضلي البسيط وتزيد من قوة التقلص لفترة قصيرة. كما تزيد من قوة وسرعة التفاعلات والتغيرات الكيميائية، لذلك تزداد كمية المخلفات العضلية التي تمنع انتقال الحوافز من ليفة عضلية إلى أخرى فيتجمع حامض اللاكتيك حول العصب المحرك ولا تصل الحوافز إلى العضلة.

إن انخفاض درجة الحرارة يزيد من منحنى التقلص بسبب إطالة جميع أدواره (خاصة الارتخاء العضلي) أما إذا رفعت درجة حرارة العضلة التأثير يكون معاكس تعمل الحرارة على تقصير مدة المنحنى التقلصي (جميع أدوار التقلص العضلي) وذلك يرجع إلى أن ارتفاع درجة الحرارة الذي يسرع التفاعلات والتغيرات الكيميائية فى العضلة ويقلل من لزوجتها وكثافتها وتنعكس هذه الظاهرة عند تبريدها. وأن ارتفاع درجة حرارة العضلة إلى (٤٥) درجة مئوية سوف يعمل على تخثر معظم بروتيناتها ولا يمكن إعادتها إلى الحالة الطبيعية (ireversible coagulation) فتقصر العضلة وتموت ويطلق على هذا التصلب الحراري (Heat Rigor).

ثالثًا: التعب العضلي Muscle fatigue:

يحدث التعب العضلي بسبب تكرار تحفيز العضلة بمحفزات متوالية سريعة تضعف

قوة التقلص فى العضلة وتطول مدة أدوارها (وخاصة الارتخاء) وتتقلص العضلة مجددا إذا حفزت بمحفز خارجي.

ظاهرة التدرج في التقلص العضلي

إذا تم تحفيز العضلة بمحفز معين تظهر تقلصا ذي قوة معينة، وإذا زادت قوة التحفيز يزداد التقلص تبعًا لذلك أي يزداد التقلص بازدياد قوة المحفز (تناسب طردي)، ولكن هذا التناسب يتوقف عندما تصل قوة التقلص حدًا معينًا، حيث تثبت قوة التقلص عند حدها الأقصى بدون زيادة مهما ازدادت قوة المحفز (قوة تقلص عظمى) ولا تحدث تقلصًا أقوى منه مهما ازدادت قوة المحفز.

الإحماء والتحفيز العضلي warming up

يقصد بالإحماء رفع درجة حرارة العضلة بواسطة إحداث تقلصات عضلية بسيطة تنتج طاقة حرارية.

يعد إحماء العضلات المشاركة في الجهد وقبل البدء بممارسة العمل الرياضي ضروري لأداء الجهد بشكل أفضل وحماية العضلة، وإن زج العضلة في النشاط أو الألعاب الرياضية بدون إحمائها يؤدي إلى تمزق الألياف العضلية في مناطق اتصالها بالوتر وخاصة في الرياضات العنيفة والمفاجئة، ويحدث عادة تمزق الألياف العضلية في العضلات المعاكسة للعضلات المتناظرة التي تقلصت بشدة أثناء الجهد (لكونها ترتخي ببطء وبصورة غير تامة عندما تتقلص العضلات المتناظرة) لذلك تسبب عرقلة الحركة والتوافق الحركي، ومن ناحية أخرى قوة التقلص في العضلات المناظرة والزخم الذي تحدثه حركة العضو تسبب شد وضغط معاكس على العضلات المعاكسة وتؤدي إلى تمزق أليافها أو أوتارها في مناطق اتصالها.

إن الإحماء يقلل من دور التقلص والارتخاء في منحنى التقلص العضلي البسيط ويزيد

من ارتفاع المنحنى بنفس الوقت، حيث أن عند تحفيز العضلة الخاملة بسلسلة محفزات فإن التقلصات القليلة الأولى تكون عادة صغيرة وغير منظمة ودور الارتخاء فيها يكون غيرتام نسبيًا، ثم تليها التقلصات الأكبر، أي تكون قوة التقلص أقوى والارتخاء تام، ويرجع ذلك إلى الإحماء أثناء التقلصات الأولى التي حصلت في العضلة ذاتها والتي تكونت خلالها مخلفات الفعاليات الحيوية في العضلة، وكذلك التكوين الحراري الذي رفع درجة حرارة العضلة (العوامل الحرارية والمخلفات الحيوية) التي تقوم بتوسيع الأوعية الدموية فيزداد التجهيز الدموي لأنسجة العضلات بسبب جريان الدم داخل الأوعية الدموية المتوسطة، وهذا يحسن الحالة الوظيفية ويزيد كفاءة العضلة بسبب وصول كمية كافية من الأوكسجين والمواد الغذائية المحمولة بواسطة الدم.

أنواع المحفزات

- المحفز الأقصى maiximum stimulus: يطلق على المحفزات التي تحدث أقوى تقلص.
- المحفز فوق الأقصى supra maximum stimulus: يطلق على المحفزات الأقوى من الأقصى.
- المحفزات دون الأقصى sub maximum stimulus: هي المحفزات التي تحدث تقلصات ظاهرة في العضلة وتزداد قوتها بزيادة قوة الحافز وتعطي شكلًا مدرجًا على منحنى التقلص.
- المحفزات الأدنى minimum stimulus: يطلق على المحفزات الضعيفة جدًّا، والتي لاتحدث تقلصًا مرئيًا في العضلة، إلا أنه يمكن زيادته تدريجيا إلى حد معين يكون فيه قادرًا على إحداث أضعف تقلص في العضلة وتعرف على أنها أضعف محفز يتمكن من إحداث تقلص في العضلة.
- المحفز دون الأدنى subminimum stimulus: هي المحفزات الأقل من الأدنى

والتي تكون غير قادرة على إحداث التقلص العضلي المرئي في العضلة ولكن تستطيع إحداث تغييرات غير ظاهرة في العضلة (مثل التهيج الموضعي).

العوامل التي تعتمد عليها قوة التقلص العضلي

- تحفيز عدد كبير من الوحدات الحركية الفعالة.
- زيادة التكرار في انسياب الشحنات الكهربائية إلى الوحدات الحركية.

التغييرات التي تحصل في العضلة أثناء تحفيزها

إذا حفزت العضلة بمحفز معين بشكل مباشر في العضلة ذاتها أو غير مباشر بواسطة تحفيز أليافها ففي جميع الحالات تحدث في العضلة عدة تغييرات أهمها:

أولًا: التغييرات المورفولوجية MORPHOLOGICAL CHANGES.

ثانيًا: التغييرات الكهربائية ELECTRICAL CHANGES.

ثالثًا: التغييرات التهيجية EXCITABILITY CHAGES.

رابعًا: التغييرات الميكانيكية MECHANICAL CHANGES.

خامسًا: التغييرات الكيمياوية CHEMICAL CHANGES.

سادسًا: التغييرات الحرارية THERMAL CHANGES.

أولًا: التغييرات المورفولوجية:

تشمل التغييرات الشكلية التي تطرأ على العضلة عند حدوث التقلص العضلي، أي كيفية حصول الانقباضات العضلية والاسترخاء ودور الألياف العضلية خلال هذه العمليات .

إن انقباض وانبساط العضلة يحدث بسبب انقباض وانبساط الألياف العضلية

المايوفيرين (myofibren) والتي تتكون من الخيوط البروتينية لويفات المايوسين السميكة والتي تمتاز بخاصية المطاطية العالية ولويفات الأكتين الرفيعة، حيث تترتب هذه اللويفات على شكل حزم بحيث تدخل خيوط الأكتين بين خيطين سميكين من المايوسين عمقًا ولحد ثلث طول المايوسين من كل جهة وتسمى منطقة المايوسين الخالية من الأكتين بمنطقة (H) أما المنطقة في الثلث الوسطي والمنطقة الكلية المتداخلة للمايوسين والأكتين تسمى (A).

ويثبت أحد طرفي خيوط الأكتين على خيوط (Z) وطرفها الآخر يدخل بين خيطين من المايوسين، تملك خيوط الأكتين خاصية مطاطية عالية إذ تتحرك بعد استثارتها داخل منطقة (H) أي تقتحم لويفات المايوسين بالانزلاق إلى داخل لويفات المايوسين وتتحد معه بشكل وقتي مكونة مايسمى (بالاكتومايوسين)وان انزلاقه إلى الداخل سيؤدي إلى قصر طول وحدة العضلة ويصل إلى ٦٥٪ من الطول الأصلي للعضلة، إن هذا الانقباض يتطلب طاقة كما أن رجوع العضلة إلى وضعها الأصلي أي انبساطها يحتاج إلى طاقة أيضًا.

ثانيًا:التغييرات الكهربائية:

تتمثل في انعكاس أو زوال الاستقطاب أي انعكاس فرق الجهد الكهربائي لجدار الخلية العضلية الذي يعادل ١١٠ مللي فولت (ويشمل ٨٠ مللي فولت فرق الجهد في الراحة مضافًا له ٣٠مللي فولت عند الاستثارة العصبية) ويسمى ذلك فرق جهد الحركة. ويظهر الكالسيوم من شبكة الساركوبلازم.

تتميز الخلايا الحية بالقدرة على التجاوب مع المؤثرات، وعند التحليل الكيميائي للأملاح الموجودة في السوائل خارج وداخل الخلية، وجد أن العنصرين الأساسيين في الخلية هما الصوديوم والبوتاسيوم اللذان لهما أهمية كبيرة في المحافظة على حجم الخلية ونشاطها وحساسيتها. ويشكل الصوديوم نسبة ١٥:٣من كميته في سوائل خارج الخلية بينما يشكل البوتاسيوم ٥٠:٢ من كميته خارج الخلية، لذلك فإن الصوديوم

ونظرا لوجوده خارج الخلية بكمية أكبر يحاول النفاذ من خلال غشاء الخلية ليتساوى مع نسبته داخل الخلية وكذلك البوتاسيوم يحاول الخروج من داخل الخلية ليتساوى مع نسبته خارج الخلية، ولكن غشاء الخلية يسمح لبعض العناصر بالعبور ويمنع الأخرى، ونظرًا لكون جزيئات الصوديوم كبيرة الحجم إضافة إلى قابليتها للاتحاد مع الماء لاتستطيع المرور من خلال فتحات الغشاء فتتجمع خارجه، أما البوتاسيوم فيوجد داخل الخلية في حالة اتحاد مع الحوامض العضوية يحاول الخروج من الخلية لكنه أيضا لا يستطيع ويبقى عند فتحات الغشاء من الداخل حيث يمثل الشحنة السالبة من الأملاح ويبطن السطح الداخلي بينما يتجمع الصوديوم الموجب الشحنة على السطح الخارجي من الغشاء مما يحدث فرق جهد بين سطحي الغشاء، هذا مما يولد سير تيار كهربائي من الخارج إلى الداخل حيث يصبح السطح الخارجي ذو جهد كهربائي أعلى من السطح الداخلي.

فرق الجهد هذا هو السبب في خاصية الحساسية التي تتصف بها جميع الخلايا والأنسجة الحية. ويقل فرق الجهد ويتلاشى بعد التحفيز وكذلك ينعدم بعد موت الخلية، وبسبب فرق الجهد على غشاء الخلية يسمى غشاء الخلية بالغشاء المستقطب لوجود قطبين لاحدها جهدا أكبر من الآخر.

في حالة الراحة التامة تكون العضلات في حالة استقطاب متعادل الذي يتمثل بتعادل الشحنات الكهربائية على السطحين الداخلي والخارجي للغشاء المحيط بالألياف العضلية، وتحافظ الفعاليات الحيوية على إبقاء هذا التعادل الذي يطلق عليه (Polarisation) أي (الاستقطاب)، وفي حالة تحفيزالليفة العضلية يحدث الحافز تغييرًا موضعيًا أي اضطرابا في حالة التعادل هذه (الاستقطاب) في غشاء الخلية يطلق عليه (De- polarisation) (فقدان الاستقطاب) الذي يبقى موضعيًّا دون الانتقال إلى الأجزاء الأخرى من الألياف العضلية، إلا إذا كان بمقدار كبير بحيث يكون كافيًا لإحداث موجة سريان على طول غشاء الليفة العضلية وعندما ينتقل الاضطراب بشكل موجه تمثله حالة استقطاب معكوس بحيث تكون الوصلة التي يصلها الاضطراب

سالبة الاستقطاب (Electronnegative) بالنسبة للأخرى المجاورة لها والتي لم يصلها الاستقطاب أو التي استرجعت استقطابها الأساسي بعد عبور الاضطراب ويطلق على حالة الاسترجاع الاستقطابي بـ (Re-Polarisation).

تسير موجة الاستقطاب على سطح الغشاء محدثة جهدًا استقطابيًا (Spike-Potential) يمثل سير وانتقال موجة التهيج على سطح غشاء الليفة العضلية وبعده مباشرة يحدث تغييرًا آليًا (ميكانيكي) في العضلة قابل بعدئذ للتحول إلى شغل.

تنتقل موجة الاستقطاب على سطح الغشاء بسرعة تختلف تبعًا لنوع العضلة ونوع الكائن الحي، فعند الإنسان تقدر بحوالي (٣-٧) مترات في الثانية بعدها يتم العمل الآلي (التقلص العضلي) الذي يحدث بعد فتره قصيرة جدًّا وينتقل العمل الآلي على الألياف العضلية بنفس سرعة سريان موجة الاستقطاب ولكنه يستمر لفتره أطول.

ثالثا: التغييرات التهيجية:

إن جميع الأنسجة الحية لها القابلية على التهيج ولكن بدرجات مختلفة، بعضها له قابلية عالية جدًّا للتهيج والآخر تقل قابليته، إن الأنسجة ذات التهيج العالي تستجيب للحوافز أسرع وأكثر من الأنسجة الأخرى ذات التهيج الأقل.

عند وصول حافز إلى نسيج عضلي ذو قابلية تحسسية اعتيادية سوف يستجيب للمحفز ويحدث فعلًا تقلصيًا ولكنه بنفس الوقت يحدث تغييرًا في قابلية التهيج لذلك النسيج ويتمثل ذلك بحصول دور عصيان الأنسجة (بسبب هبوط التهيج) يسمى بدورة العصيان (Refractory period) وكلما ازدادت قابلية التهيج كلما زادت سرعة الاستجابة للتحفيز والعكس صحيح عندما تقل قابلية تهيج النسيج إلى حد الانعدام يصبح النسيج غير قادر على الاستجابة، أي أن جميع المحفزات التي تصل سوف تفشل في إحداث تأثير أو استجابة ذلك النسيج مهما كانت قوة المحفز.

أما إذا انخفضت قابلية التهيج ولم تصل إلى الانعدام فإن المحفزات الضعيفة تصبح

غير قادرة على إحداث استجابة في النسيج بينما المحفزات القوية تستطيع إحداث استجابة وعلى هذا الأساس فإن دورة العصيان للنسيج تكون إما نسبية أو مطلقة.

- **دورة العصيان المطلقة ABSOLUTE REFRACTORY:**

هو الدور الذي يكون فيه النسيج الحي عديم الاستجابة للمحفزات مهما كانت قوتها بسبب هبوط تهيج النسيج إلى حد الصفر .

- **دورة العصيان النسبي RELATIVE PERIOD:**

فيه تقل قابلية النسيج التهيجية إلى حد أقل من الاعتيادي ولكن لاتنعدم لذلك يستجيب للمحفزات القوية ولكنه يفشل في الاستجابة للمحفزات الضعيفة.

في الخلاصة يمكن القول، ان المحفزات مهما تكون قوتها تفشل ولا تؤثر في دورة الانعكاس المطلق بينما تفشل المحفزات الضعيفة فقط في دورة الانعكاس النسبي وتبقى المحفزات الأكثر قوة على النسيج دون أن تنعكس.

رابعًا: التغييرات الميكانيكية:

تتمثل في النظرية الانزلاقية وعملية تداخل الاكتين والميوسين وبالتالي حدوث التقلص العضلي، ويقصد به أيضا كيفية تحول الطاقة الكيميائية إلى الطاقة ميكانيكية (حركية) لإنتاج شغل. تتقلص العضلة آليا بعد حدوث الجهد الاستقطابي ويزداد سمكها ويبقى حجمها ثابتًا ويمكن أن تنجز شغلًا عندما تستخدم مقاومة معينة.

الشغل المنجز = الثقل (المقاومة) × المسافة

إن مصدر الطاقة الميكانيكية يكمن في الطاقة الكيمياوية المخزونة في جزيئة الـ ATP فعند تحللها تحرر الطاقة الميكانيكية (الحركية) أما عند توقف الإثارة (النبضة العصبية) يعود الـ ATP إلى حالته غير النشيطة وينفصل عن الـ SH مما يؤدي إلى توقف تحلله حينها يفقد المايوسين مطاطيته وينفصل الاكتين عنه مما يسبب الاسترخاء العضلي.

إن الاكتين ليست له قابلية على إحداث انشطار ثلاثي فوسفات الادينوزين كما في المايوسين والاكتومايوسين، وتستطيع العضلة أن تتمدد بحدود ٦٥ - ١٥٠٪ من طولها الأصلي في حالة الاسترخاء والراحة.

خامسًا: التغييرات الكيمياوية:

يقصد بها مصدر الطاقة اللازمة لحركة العضلة ونوعها وعمليات الأيض ومسؤولية بناء الطاقة الميكانيكية، تبدأ عند إفراز مادة الاستيل كولين من النهاية العصبية عند وصول الإشارة العصبية.

يشكل المايوسين الجزء الرئيسي في الألياف العضلية ويعمل أيضًا عمل الأنزيمات حيث يساعد في تحلل ثلاثي فوسفات الادينوزين الـ ATP المادة الفعالة في التفاعلات الكيمياوية إلى ADP وفوسفات كذلك فإن جزء من الطاقة الناتج من عمليات الأيض (غير الحرارية) يخزن في جزيئة الـ ATP عند بنائه من اتحاد الـ ADP (ثنائي فوسفات الأدينوزين) وCP (فوسفات الكرياتين).

$$ATP \xrightarrow{\text{أنزيم المايوسين}} ADP + pi + \text{طاقة}$$

$$ADP + cp \longrightarrow ATP + C$$

كرياتين

إن الجزء المخزون من الطاقة الكيمياوية سيتحرر عند انطلاق جزيئة الـ ATP وبمساعدة المايوسين الذي يعمل كإنزيم ويساعد على تحلل ثلاثي فوسفات الادينوزين إلى ثنائي فوسفات الادينوزين وفوسفات، حيث تتحرك الطاقة المتحررة إلى طاقة حركية تخدم عمليات التقلص والانبساط العضلي، وقد اتضح أن المايوسين أيضًا يتخذ صفة المطاطية تحت تأثير انقسام الـ ATP. وعند التقلص العضلي يظهر حامض الفوسفور من مادة الـ ATP ويكون أيضا مادة الـ ADP حيث يتحد الفوسفور المتحرر مع مادة الكلوكوز المتحررة من الكلاكوجين المخزون في العضلة مكونًا الكلوكوز متعدد

الفوسفور، ويتحرر حامض الفوسفور أيضا من مادة فوسفات الكرياتين الموجودة في الليف العضلي حيث يدخل في تركيب مادتي الـ ATP وADP .

يمر الكلوكوز متعدد الفوسفور بعدة تفاعلات ينتج عنها تحرير وإنتاج حامض اللبنيك الذي يعمل الجزء الأكبر منه ٤/ ٥ على إعادة الكلاكوجين، أما الباقي فيتأكسد مكونًا ثاني أوكسيد الكربون والماء، والطاقة المتحررة من حامض اللبنيك يستفاد منها لتحويل الجزء الأكبر ٤/ ٥ منه إلى الكلاكوجين.

تستهلك العضلة الكلاكوجين المخزون فيها أثناء التقلص ثم يعاد إنتاج الكلاكوجين عن طريق التفاعلات الكيمياوية لخزن الطاقة، لهذا يعوض النقص الحاصل من الغذاء عن طريق الدم.

تحدث هذه التفاعلات لاأوكسجينيا ولكن التفاعلات في المراحل الأخيرة تحتاج إلى الأوكسجين حتى يتأكسد حامض اللبنيك ويستعاد الكلاكوجين.

مما سبق نستنتج ان مصدر الطاقة الأساس عند تقلص العضلة هو تحلل وانفلاق مادة الـ ATP إلى حامض الفوسفور والـ ADP وكذلك فوسفات الكرياتين CP التي تحرر حامض الفوسفورمكونة الـ ATP، وان الكلوكوز متعدد الفوسفات يتجزأ إلى حامض اللبنيك ويتحرر حامض الفسفور ومن هذا يتكون فوسفات الكرياتين، كذلك حامض اللبنيك يعد مصدرًا لإعادة تكوين الكلاكوجين.

سادسا: التغييرات الحرارية:

تنتج الحرارة عن فعالية الكالسيوم في إيقاف نشاط التربتونين وبالتالي تحرر إنزيم ثلاثي فوسفات الادينوزين وانشطار ثلاثي فوسفات الادينوزين إلى ثنائي فوسفات الادينوزين وفوسفات وطاقة.

تظهر الحرارة أو لا عند تقلص العضلة وانبساطها ولا تعتمد على وجود الأوكسجين بل ترافق تحلل الـ ATP وCP وعندما تتقلص العضلة في غياب الأوكسجين، وتظهر

بعض الحرارة المتأخرة اللاهوائية بمرافقة حامض اللبنيك الناتج عن تحلل الكلاكوجين لاأوكسجينيا.

عند وجود الأوكسجين وبعد انبساط العضلة تظهر الحرارة المتأخرة الهوائية، التي تتولد لفترة طويلة ولعدة دقائق، حيث ترافق إزالة حامض اللبنيك من العضلة عند أكسدته إلى ثنائي أوكسيد الكربون وماء بصورة مباشرة أو غير مباشرة.

إن معظم الحرارة التي تتولد في العضلة تظهر بعد أن تنهي العضلة عملها لذا فإن الحرارة ليست مصدرًا لحركة العضلة، كما يدل ذلك أن العضلة بذلت طاقة كبيرة بعد الانتهاء من تقلصها لإعادة بناء الطاقة لمواصلة حركتها.

تأثير المحفزات المتعاقبة على العضلة وتقلصها

أولًا: تأثير محفزين متعاقبين Effect of two successive stimuli:

إذا حفزت العضلة بحافزين متعاقبين (لهما قوة محفزة عظمى) فإن الأول سيحفز جميع الوحدات الحركية فى العضلة أما الثاني فسيختلف تأثيره تبعًا للحظة حصوله بعد الأول. أي أن تأثير المحفزين المتعاقبين يعتمد على طول الفترة الزمنية الواقعة بين حدوثهما:

- إذا وقع الثاني أثناء دورة العصيان المطلق المتسبب عن المحفز الأول فسيتقدم تأثير المحفز الثاني بشكل مطلق ولا يظهر ويبقى فقط تأثير المحفز الأول بشكل تقلص عضلى بسيط.
- إذا وقع المحفز الثاني أثناء دور التقلص العضلي الحاصل بسبب الحافز الأول فإن تأثير الثاني سيظهر على شكل تقلص عضلى أقوى وأطول من الأول لوحده ومهما زادت قوة التقلص بفعل المحفزين إلا أنه لا يصل إلى الضعف.
- إذا وقع المحفز الثاني أثناء دور الارتخاء العضلي الحاصل بسبب المحفز الأول فإن

الثاني سيحدث تأثيره أيضا فى هذه الحالة. إذ يحصل منحنى تقلص ثاني يضاف إلى المنحنى الأول الحاصل بسبب التحفيز الأول، أي سيحصل تقلص عضلي (ذو قمتين) بسبب عدم اكتمال الارتخاء العضلي فى منحنى التقلص الأول الحاصل بسبب المحفز الأول.

أما إذا وقع المحفز الثاني بعد انتهاء الارتخاء العضلي الحاصل بسبب الحافز الأول فإن المحفز الثاني سيحدث تقلصا عضليًّا منفصلًا تماما عن سابقه، أي أن كلا المحفزين المتتابعين سيحدث تقلصًا عضليًّا كاملًا.

ثانيًا: تأثير المحفزات المتكررة Effect of Repeated Stimuli:

إذا حفزت العضلات الهيكلية بمحفزات متعاقبة وبصورة منظمة وفترات متساوية فإن التأثيرات التي ستحصل على نفس التقلص العضلي ستختلف بالنسبة للفترة الزمنية بين المحفزات المتعاقبة وكلما تغيرت الفترة كلما تغير التأثير.

يظهر التأثير إما بشكل:

- سلسلة تقلصات متجمعة بشكل متموج.
- تقلصات كاملة التجمع.

وفى حالات أخرى يفقد التأثير نهائيًا لبعض المحفزات فى السلسلة المتعاقبة ويبقى القليل منها فقط مؤثر، إذ تظهر تقلصات منفردة ومتباعدة (تعتمد على فترة وقوع المحفز اللاحق بالنسبة للذى سبقه). كما فى الحالات الآتية:

- إذا وقعت المحفزات اللاحقة أثناء دور الكمون الذى أحدثه تأثير المحفز السابق (انعدم تأثير المحفز اللاحق).
- إذا وقعت المحفزات اللاحقة أثناء دور التقلص الذى أحدثه المحفز السابق، ظهر تأثير المحفزات اللاحقة (إذا كانت بقوة ضعيفة نسبيًا) تحدث تقلصات تندمج

مع الأول السابق أي ستكون حصيلة التقلصات المتجمعة تقلصًا مستمرًا واحدًا أقوى من المنفرد لكل منهما ويظهر التقلص المتجمع بشكل متجمع ومستمر (تقلص تام التجمع) Complet Tetanus.

- إذا وقعت المحفزات اللاحقة أثناء دور الارتخاء العضلي الذى أحدثه المحفز السابق تأثير المحفزات اللاحقة تظهر إحداث تقلصات متوالية يبدأ كل منها أثناء دور الارتخاء العضلي الذى يحدثه المحفز الذى يسبقه للمحفزات المتعاقبة وفى هذه الحاله لا ترجع العضلة إلى الارتخاء التام لانها ستعود وتتقلص مرة أخرى بسبب المحفز اللاحق (وهكذا تجمع متموج) Clonus.
- إذا وقعت المحفزات اللاحقة بعد انتهاء الارتخاء العضلي للتقلص الحاصل بسبب المحفزات السابقة يظهر التأثير بشكل تقلصات عضلية منفردة متباعدة غير متجمعة.

تأثير التدريبات على أنواع الألياف العضلية

تكيف الجهاز العضلي للتدريب الرياضي:

أثبتت الدراسات التجريبية الحديثة في مجال التدريب الرياضي، والتي استندت على الدراسات الفسيولوجية، والبيولوجية، والكيميائية الحيوية (البيوكيميائية) المتخصصة، أن التدريب الرياضي المقنن للمجموعات العضلية المكونة للجهاز العضلي الإرادي Voluntary Muscular System or Musculature، يؤثر بصورة فعالة في رفع مستوى الأداء الوظيفى لكافة أعضاء جسم الفرد المدرب بصفة عامة، والجهاز القلبي الوعائي بصفة خاصة. من الدراسة التشريحية والوظيفية للبناء النسيجي للجهاز العضلي الإرادي يمكن التوصل إلى حقائق ونظريات مهمة، مثلها التعرف على التركيب البنائى للعضلة الهيكلية والتنظيم الداخلي بها، وكيفية حدوث الانقباض، والألياف المشتركة في الانقباض، وخصائص الألياف العضلية، ودور الجهاز العضلي الإرادي في التدريب الرياضي. كل

هذا يساعد في إيضاح وبيان مدى تأثير الجهد البدني على تركيب الجهاز العضلي لدى الفرد المدرب، ويمكن من زيادة فاعلية وسائل التدريب المستخدمة لإكساب عناصر اللياقة البدنية physical fitness، وكذلك اللياقة الفسيولوجية Physiological Fitness، إن فهم تركيب ووظيفة العضلة الهيكلية يعد أساسًا لإدراك الكيفية التي تحدث على أساسها استجابة الجسم للجرعات التدريبية، وكيفية تكيفه مع الجهد البدني.

الخصائص المميزة للنسيج العضلي والجهد البدني:

يعد الجهاز العضلي أحد الأركان الثلاثة الأساسية التي يعتمد عليها جهاز الاتزان والحركة بالنسبة لجسم الإنسان بصفة عامة، والجهد البدني بصفة خاصة، وفيما يلى نعرض لهذه الأهمية بشئ من التفصيل في ضوء العلاقات المتبادلة بين الخصائص المميزة للنسيج العضلي الإرادي والجهد البدني:

١-خاصية الانقباض والجهد البدني:

من الخواص المهمة التي يتميز بها النسيج العضلي خاصية الانقباض، وتعنى قدرة هذه الأنسجة على الانقباض contraction ويقابلها القدرة على الارتخاء Relaxation، ولما كانت العضلات تشكل ثلاثة أخماس وزن الجسم تقريبًا بالنسبة للرجل وأقل من ذلك قليلا لدى المرأة فإن ذلك يبرز أهميتها بالنسبة للجهد البدني، ويتفاوت حجم هذه الأهمية بالنسبة لعدد ونوع العضلات العاملة ـ المنقبضة أو المنبسطة ـ أثناء الأداء وفقا لاختلاف نوع النشاط الرياضي التخصصى الممارس. فالمجموعات العضلية العاملة أثناء رياضة التجديف، تختلف عن المجموعات العاملة برياضة كرة القدم، وتختلف عن المجموعات العضلية العاملة في رياضة الجمباز، بل وتختلف من جهاز لآخر من الأجهزة الستة لهذه الرياضة ... إلخ.

٢-خاصية النغمة العضلية والجهد البدني:

أ- النغمة العضلية والانقباضات والانبساطات العضلية ـ إن خاصية النغمة

العضلية أي الاحتفاظ بانقباض بسيط وبصفة مستمرة حتى أثناء الراحة لها أهميتها الكبيرة في الرياضات التي تعتمد على عنصر المفاجئة مثلها في رياضات المنازلات (المصارعة، والملاكمة، السلاح) وما يشابهم من مواقف في الرياضات الأخرى، إذ تتطلب هذه المواقف في مثل هذه الرياضات سرعة اتخاذ أوضاع دفاعية أو هجومية مفاجأة تتطلب انقباضات وانبساطات من المجموعات العضلية المشاركة وإلا أدى عدم تأهيل المجموعات العضلية للعمل إلى حدوث إصابات بالألياف العضلية، ويلعب الإحماء Warm – up دورًا مهمًا إلى جانب النغمة العضلية في تأهيل العضلات للعمل المحتمل القيام به أثناء الأداء الرياضي التخصصي.

ب- خاصية النغمة العضلية والحفاظ على درجة حرارة الجسم وبيئة التفاعلات الإنزيمية - إلى جانب ما تقدم من أهمية للنغمة العضلية في تأهيل العضلات للعمل أو الجهد العضلي، فإن لها أهميتها في:

(١) الحفاظ على درجة حرارة الجسم عن طريق الحرارة الناتجة عن الانقباضات العضلية البسيطة المتبادلة بين الألياف.

(٢) وإلى جانب ذلك توفر للجسم بيئة حرارية مناسبة للأعضاء الحيوية vital organs والتفاعلات الإنزيمية Enzymatic Reactions التي يحتاج إليها الجسم في مختلف عملياته الكيميائية.

٣- خاصيتى النغمة العضلية وسرعة الاستجابة والجهد البدني:

إلى جانب أهمية النغمة العضلية تبرز أهمية خاصية سرعة الاستجابة، وهي قصر الفترة الزمنية اللازمة لتلبية متطلبات المواقف المختلفة، ويساعد التدريب الرياضي على تنمية هذه الخاصية، ومثال ذلك في البدء في رياضات عدو وسباحة المسافات القصيرة، وكذلك في المنازلات بأنواعها ومواقفها المختلفة، والألعاب (القدم، السلة، الطائرة، اليد... إلخ).

٤-خاصيتى الاستثارة والتوصيل والعلاقة بينهما وبين خاصية سرعة الاستجابة والجهد البدني:

بتوفر خاصيتى الاستثارة والتوصيل أي قابلية الاستجابة للمثيرات الكهربية والكيميائية، وقدرة النسيج العضلي على نقل هذه المثيرات، يتوفر عنصران مهمان بالنسبة للأنشطة الرياضية يكملها خاصية سرعة الاستجابة أو ما يدعى بسرعة رد الفعل Reaction، ومثلها في الرياضات التي تعتمد على التوافق فيما بين العين والقدم، ومثلها في التسجيل أو التمرير في كرة القدم، أو في المنازلات والرياضات التي تعتمد على التوافق فيما بين العين واليد، ومثلها التصويب والتمرير في كرة السلة وكرة اليد وغيرها من الرياضات، وكذا في الرياضات التي تعتمد على التوافق فيما بين الأذن والمجموعات العضلية المستجيبة ومثلها البدء في رياضات السباحة ومسابقات العدو، إذ يترتب على سماع طلقة أو صفارة البدء الانطلاق السريع من على مكعبات البدء في السباحة ومن على خط البداية في العدو . كذلك يحقق التوافق فيما بين حاسة اللمس والمجموعات العضلية المستجيبة في رياضة المصارعة بنوعيها الرومانية والحرة تحقيق خطفات سريعة وموفقة.

٥-خاصية المرونة والجهد البدني:

تعمل خاصية المرونة بالنسيج العضلي أي التمدد والاستطالة على تنمية عنصرا هاما من عناصر اللياقة البدنية وهو المرونة، ويعد هذا العنصر متطلبًا مهمًا جدًّا في الكثير من الرياضات إن لم يكن بشكل مباشر فبشكل مشارك ومثل هذه الرياضات الجمباز بكافة أجهزته، والتمرينات الإيقاعية، والبالية، والبالية المائى... إلخ. وبتوفر هذا العنصر تتوفر للجهاز العضلي درجة من الأمان والحماية من التمزقات العضلية وما يشابه ذلك من الإصابات التي قد يسببها الأداء المفاجئ للمهارات كاستجابة لبعض المواقف أو المتطلبات في الأداء الحركي بالنشاط الرياضي التخصصى. التغيرات المصاحبة للجهد البدني: تنقسم هذه التغيرات على حسب نوع الممارسة الرياضية والمحافظة عليها فنجد أن هناك نوعان من التغيرات هما:

أولا: تغيرات مؤقتة تحدث بعد وحدة تدريبية واحدة تتمثل هذه التغيرات فيما يلى:

١- زيادة تضخم الدم الوارد للعضلات العاملة بكثافة.

٢- زيادة حجم أو محيط العضلات.

٣- زيادة توتر العضلات العاملة في النشاط الرياضي.

٤- حدوث بعض التغيرات الكيميائية في العضلة:

انخفاض مخزون العضلات من مركبات الطاقة ثانيا: تغيرات دائمة تحدث بعد التدريب المستمر «موسم تدريبى» وتتمثل هذه التغيرات فيما يلى: التغيرات المورفولوجية «التشريحية»: وهذه التغيرات المورفولوجية تتمثل في الشكل التشريحى للعضلة وتتمثل فيما يلى زيادة في حجم الجهاز العضلي:

أ- زيادة حجم الألياف العضلية نتيجة زيادة المقطع العضلي

ب- زيادة حجم الألياف العضلية السريعة.

جـ- زيادة كثافة الشعيرات الدموية التغيرات الفسيولوجية:

(١) زيادة عدد الألياف العاملة بالعضلة أو المجموعات العضلية المدربة.

(٢) زيادة مساحة مسطح الدورة الدموية، أي الشبكة الوعائية المغذية للعضلات الهيكلية بالأكسجين ومصادر إنتاج الطاقة.

(٣) زيادة عدد الألياف العصبية والنهايات الفرعية المغذية للألياف العضلية.

(٤) زيادة وزن العضلة والمقطع العرضى لها، أي حجم العضلة المدربة.

(٥) زيادة عدد أجسام الميتوكوندريا، وتناسب ذلك ونوع النشاط التخصصى.

(٦) الاحتفاظ بمخزون كبير من:

(أ) طاقة الرابطة الفوسفاتية (ATP-PC)

(ب) الجليكوجين اللازم لإعاده بناء ال ATP في التفاعلات الهوائية.

(٧) القدرة على إنتاج انقباضات عضلية أقوى، وتكرار ذلك في زمن أقصر.

(٨) خفض حجم المقاومات الداخلية في العضلة (اللزوجة Viscosity).

(٩) التغلب على المقاومات الخارجية ومثلها وزن الجسم أو الثقل أو المنافس.

(١٠) سرعة التخلص من مخلفات العمليات الأيضية (التمثيل الغذائي). التغيرات العصبية: تتلخص التغيرات العصبية المرتبطة بالجهاز العضلي فيما يلي:

١) زيادة تنشيط الجهاز العضلي.

٢) تحسن تزامن Synchronization عمل الوحدات الحركية.

٣) تخفيض ردود الأفعال المنعكسة التثبيطية.

ثانيًا: التغيرات البيوكيميائية والبنائية: يؤدى الانتظام في برامج تدريبات التحمل إلى حدوث تغيرات بيوكيميائية وبنائية في الليفة العضلية وتشمل:

١- زيادة مصادر الطاقة الأساسية مثل ATP بنسبة ١٨٪ والفوسفوكرياتين بنسبة ٢٢٪ والجليكوجين بنسبة ٦٦٪ .

٢- زيادة إنزيمات الطاقة اللاهوائية عن طريق الجليكوجين مثال إنزيم Phos- phofructokinase (PFK).

٣- تغيرات في نشاط إنزيمات تحويل ATP مثل مايوكينيز Myokinase والكرياتين فوسفو كرياتين Creatin Phosphokinase.

٤- زيادة بسيطة في نشاط إنزيمات دورة كربس الهوائية.

٥- عدم تغير نوعية الألياف العضلية.

٦- نقص كثافة وحجم الميتوكوندريا نتيجة زيادة حجم اللويفات وحجم الساركوبلازم.

٧- بعض التضخم في الألياف العضلية السريعة كما تظهر في زيادة نسبة الألياف السريعة إلى البطيئة.

ثالثًا: التغيرات الأنتريومترية: وتتمثل هذه التغيرات في القياسات العضلية مثل «طول العضلة ـ محيط العضلة..... وغيرها».

تأثير التدريب الرياضي على الألياف العضلية

هل يمكن تغيير نوع الألياف العضلية: ظل هذا السؤال محيرًا للعلماء لفترة طويلة، وجاءت نتائج الدراسات متناقضة في كثير من الحالات، غير أنه مع تطور أساليب البحث العلمى لوحظ إمكانية تغيير بعض الألياف تحت تأثير تدريبات التحمل وتدريبات القوة وهي النوع الثاني (ب) وهي الألياف السريعة الثانية تتغير إلى النوع الأول وهو الألياف البطيئة وذلك تحت تأثير تدريبات التحمل، وكمثال آخر فإن تدريبات المقاومة تؤدي إلى إنقاص النسبة المئوية للألياف من النوع الثاني (ب) وهي الألياف السريعة الثانية وتزيد الألياف، السريعة الأولى (أ) أي تزيد سرعتها، ومعنى ذلك أن تأثير نوعية التدريب يغير من طبيعة نسبة قليلة للألياف، ولذلك يجب على المدرب أن يحذر عند تدريب متسابقى العدو أن السرعة بصفة خاصة تقل نتيجة زيادة حجم تدريبات التحمل، حيث أن هذه الزيادة تفقدهم عنصر السرعة. وهذا ما يفسر انخفاض سرعة السباحين حينما يندمجون في أداء برنامج تدريبي للتحمل أو خلال الموسم التدريبي، كذلك يفسر التأثير العكسي في بعض الأحيان لزيادة حجم تدريبات المقاومة، وكما هو يلاحظ أن بطبيعة الحال فإن الألياف الأكثر سرعة وهي النوع الثاني (ب) لا تتغير مباشرة إلى الألياف البطيئة وهي

النوع الأول ولكنها مرحلة ممهدة تتغير إلى النوع الثاني (أ) وهي النوع السريع الأقل درجة. تأثيرات التدريبات على أنواع الألياف العضلية:

نظرا لطبيعة تركيب أنواع الألياف العضلية واختلافها، فمن المتوقع أيضا أن تختلف في وظائفها عند النشاط البدني.

الألياف البطيئة:

من الطبيعى أن تتميز الألياف البطيئة بمستوى عال من التحمل الهوائى، بمعنى زيادة مقدرتها على استهلاك أكبر قدر من الأكسجين في الدقيقة، ولذلك فهى أكثر فاعلية في إنتاج ATP كنتيجة أكسدة الكربوهيدرات والدهون، وبذلك تضمن عملية استمرار إنتاج الطاقة للمحافظة على قدرة الرياضي على الأداء لأطول فترة ممكنة، وهذا ما يطلق عليه التحمل العضلي Muscular Endurance، لذلك فهذه الألياف لديها مقدرة هوائية عالية، لذلك فهي الألياف العاملة الأساسية في الأنشطة الطويلة مثل المارثون والسباحة الطويلة.

الألياف السريعة:

تختلف الألياف العضلية السريعة بضعف نسبى للتحمل الهوائى وهي أكثر تجهيزًا للأداء الهوائي (بدون الأكسجين)، ومعنى هذا أن ATP يتكون من خلال الأساليب غير الأكسجينية، وهذه الألياف أكثر قوة ولكنها أسرع تعبًا وأقل تحملًا، وهي الألياف السائد استخدامها في الأنشطة الرياضية ذات الشدة العالية والتي تحتاج إلى تحمل السرعة مثل جرى الميل أو ٤٠٠ متر، وتستخدم في أنشطة السرعة القصوى مثل ١٠٠ متر عدو، و٥٠ مترا سباحة.

التكيفات الفسيولوجية PHYSIOLOGICAL ADAPTATIONS

١- ارتفاع معدل سرعة الاستجابة (الانقباض والانبساط) وتناسب ذلك وحجم المثير الحركي في نوع النشاط الرياضي التخصصى الممارس.

٢- ارتفاع معدل العمليات الأيضية (أكسدة المواد الغذائية وإطلاق الطاقة).

٣- ارتفاع معدل التبادل الغازى بالرئتين (التنفس الخارجي R. External Respiration)، وبالنسيج العضلي الإرادي (التنفس الخلوي Cellular).

٤- استمرار إعادة بناء جزيئات ال ATP غير المحدد بعدد أو زمن.

٥- ارتفاع مستوى الفعالية الميكانيكية، مما يحقق الاقتصاد في معدلات الطاقة المستهلكة، وكذا في الأكسجين المستهلك.

٦- الاستمرار في العمل لفترات زمنية أطول دون الوصول إلى حد التعب.

٧- سرعة التخلص من الحرارة الزائدة عن حاجة الجسم والعضلات، وكذلك بيئة التفاعلات الإنزيمية Enzymatic Reactions.

٨- سرعة العودة إلى الحالة الطبيعية Normal Case بنهاية النشاط.

النواحي التشريحية والفسيولوجية والتدريبية للتمارين

يعد البلايومترك طريقة تدريبية ويستخدم في الوقت الحاضر من قبل العديد من المدربين، وهو ليس طريقة تدريبية بحد ذاته، وإنما هو عبارة عن أسلوب تدريبي يمكن استخدامه في طرائق التدريب (التكراري، الفتري بنوعية: المرتفع والمنخفض الشدة). وتتميز تمارين البلايومترك بالشدة العالية والحجم القليل نسبيًا، وهو يقع ضمن نظام الطاقة اللاهوائي وبالتحديد ضمن نظامي (ATP-P.C) الفوسفاجيني ونظام حامض اللبنيك (L.A) ويعمل هذا الأسلوب التدريبي على وصل الفجوة بين القوة والسرعة، إذ يشترط في أداء تمارين البلايومترك إعطاء أكبر قوة وبأقل زمن ممكن، لذا فإنه يعد الأسلوب المثالي في تطوير القدرة والتي يعبر عنها بايوميكانيكيا بأنها حاصل ضرب القوة بالسرعة. لذا يقتضي تنفيذ تمارين البلايومترك بأعلى قوة وأقل زمن (أكبر سرعة).

إن مصطلح بلايومترك (PLYOMETICS) يمكن أن يوصف لأي تمرين

يسمح للرياضي الاستفادة من دورة المطاطية (الإطالة) والتقصير (S.S.C) (THE STRETCH -SHORTING CICLE).

لإنتاج القدرة الانفجارية (EXPLOSIVE POWER)، ومن هذا يتضح لنا بان البلايومترك ليس حكرًا على تدريب عضلات الطرف السفلي، بل يمكن استعماله في تدريب عضلات الطرف العلوي والجذع. هذا ونلاحظ عادة أن مصطلح البلايومترك قد ارتبط بمصطلح القفز العميق (DEPTH JUMP)، وهذا الأمر في واقع الحال أمر خاطىء لأن القفز العميق ما هو إلا شكلًا من أشكال تمارين البلايومترك وأكثرها تأثيرًا في تطوير القدرة الانفجارية.

وبرغم غزارة اللغة العربية وقدرتها على استيعاب المصطلحات إلا أنه ومع بالغ الأسف لم يحدد علماء الرياضة في الوطن العربي وإلى الآن اسمًا معربًا لتمارين البلايومترك. وسنحاول في هذه الدراسة تغطية مفهوم وماهية البلايومترك والتشريح الوظيفي للعضلات الهيكلية وفسيولوجيا عمل تمارين البلايومترك فضلًا عن النواحي التدريبية الخاصة لتمارين البلايومترك، مع محاولة تغطية كل ما هو متعلق بهذا الأسلوب التدريبي.

تمارين البلايومترك

ماهية البلايومترك وتأريخه:

البلايومترك مصطلح يطلق الآن على التمارين التي تعود جذورها لأوروبا والتي كانت تعرف سابقًا وبصورة مبسطة بتدريبات القفز (Jump Training).

وإن مصطلح بلايومترك (Plyometrics) مشتق من أصل إغريقي من كلمة بلايثين (Plyethein) والتي تعني الزيادة والاتساع. أو أن المصطلح مشتق من جذر اللغة الإغريقية (Plio) و(Metric) وتعنيان زيادة القياس. كما أن تأريخه قصير نسبيًا بالمقارنة مع الأساليب التدريبية الأخرى والاعتراف به كأسلوب مفيد لزيادة القدرة الانفجارية (Explosive Power) يرجع أساسًا إلى النجاحات التي حققها الروس والأوروبيين الشرقيين في ألعاب الساحة والمضمار واعتبارًا من منتصف الستينات.

إن تمارين البلايومترك تقترن بدورة المط (الإطالة) والتقصير (Stretch Shorting Cicle –SSC) والتي هي أساس عمل البلايومترك وأول من تعرف على هذه الدورة هو البروفسور رودولفو ماركاريا (RODOLF MARGARIA) من مدينة ميلان الإيطالية عام ١٩٦٠.

إذ تركزت أعماله على أهمية المط القبلي للعضلة في تقديم انقباض عضلي قوي (شديد)، وذكر انه للعضلات القدرة على إعطاء شد أكبر إذ ما سحبت قبل انقباضها، وإن مقدار الشد المتولد بواسطة مط العضلة يعتمد على مقدار أو (درجة) وسرعة المط قبل الانقباض. هذه الدراسة (البحث) استخدمت من قبل وكالة ناسا الفضائية (NASA) لتطوير أفضل الطرائق فعالية للمشي على القمر. كما أن بحوث ماركاريا استعملت من قبل الباحثين السوفيت الذين تخصصوا في مهمة تحسين الأداء الحركي عند الرياضين، إذ استعمل (في.ام زاسيورسكي ـ V.M.Zaciorski) عام ١٩٦٦ أبحاث ماركاريا كقاعدة في تصعيد برامج التدريب وقد أشاد بهذا النوع من التدريب بـ(البلايومترك ـ Plyometric). أما في الولايات المتحدة الأمريكية فإن أول من كتب عن تمارين البلايومترك هو فريد ويلت عام ١٩٧٥ (Fredwill) وبواسطته علل فريد النجاح غير المتوقع للعداء فاليري بوروزوف (Valery Borozor) في فعالية ركض (١٠٠م) (٢٠٠م). الأمر الذي وسع استخدام تمارين البلايومترك في الولايات المتحدة الامريكية. فضلًا عن ذلك فإن نجاح المدرب تانسلي (Tansly) في تدريب لاعبة (دوايت ستونز) لاجتياز عارضة الوثب العالي بارتفاع (٢,٣٢ م) عام (١٩٨٤) كان يعزى إلى استخدام تمارين البلايومترك كما أن مدرب اللاعب الكوبي (خافير سوكرمايرو) صاحب الرقم العالمي في الوثب العالي بطريقة فوسبوري فلوب (٢,٤٤م) يعترف بأسلوب التدريب البلايومتري ويضيف قائلًا انه بالتركيز على خطة عمل طويلة الأجل وعلى مدى دورات من بداية مزاولة اللاعب لهذه اللعبة ومع استخدام تمارين البلايومترك تم التوصل إلى المستوى الرائع.

بعد هذا التقديم التأريخي لتمارين البلايومترك، فقد عرف البلايومترك الكثير من

المختصين وكل حسب فلسفته إذ عرفه جو (Chu ١٩٩٢) على إنه «التدريب الذي يمكن الرياضي الوصول إلى القوة القصوى السريعة في أقصر وقت ممكن». في حين عرفه جامبيتا (Gambetta ١٩٨٩) على انه أسلوب تدريبي صمم للاستفادة من خزن الطاقة المطاطية في العضلات من خلال دورة المط (الإطالة) والتقصير.

أما الباحث فيعرف البلايومترك على انه كل التمارين التي تعطي للرياضي فرصة الاستفادة من دورة المط (الإطالة) والتقصير لأي عضلة من عضلات الجسم والذي يعتمد على قابلية العضلة على المط (Extinciblity) والمرونة (الرجوع إلى الحالة الطبيعية للعضلة ـ Elastisity) فضلًا عن تكيف الجهاز العصبي في إرسال سيالات عصبية قوية وقدرة المغازل العضلية على تحمل المط، والكبح الكبير في أجسام كولجي الوترية والتحسن في عمل العضلات المعاكسة للعضلة العاملة.

فسيولوجية عمل تمارين البلايومترك

إن أساس عمل تمارين البلايومترك هو حدوث دورة المط (الإطالة) والتقصير (SSC). وإن حدوث المط في العضلة يكون لمدى معين وإلا تعرضت العضلات والأربطة العاملة لإصابات السحب والتمزق العضلي. والمسؤول عن هذه العملية الوقائية في العضلات هي المغازل العضلية (Muscle Spindlle) في حين تكون أعضاء كولجي (Golgi Organs) هي المسؤولة في الأربطة.

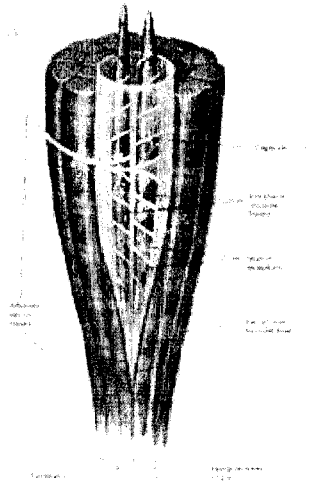
إن طول العضلة الكلي والتغير في طول العضلة يسيطر عليه بواسطة مستقبلات المط (الإطالة) الموجودة والمنظمرة داخل العضلة. هذه المستقبلات تتكون من نهايات الأعصاب التي تلتف حول الألياف العضلية الداخلية والتي يحيط بها (يغطيها) محفظة من النسيج الرابط. التراكيب الداخلية هذه تسمى بالمغازل العضلية والألياف الموجودة في داخل المغزل تسمى بالألياف العضلية الداخلية (Intrafusal Fibers) والتي تعصبها أعصاب كاما. في حين أن ألياف العضلات الهيكلية والتي تشكل

معظم ألياف العضلة والمسؤولة عن توليد القوة والحركة تسمى بالألياف العضلية الخارجية (Extrafusl Fibers) والتي تعصبها أعصاب ألفا. علمًا بأن هذه المغازل العضلية تكون موازية ومنطمرة داخل الألياف العضلية. ويتراوح طول المغزل العضلي بين (٣-١٠ملم) ويحوي على حوالي (٣-١٢) ليفًا عضليًا صغيرًا في داخله وعلى ألياف دقيقة النهايتين (مغزلية الشكل) وإن كل ليف داخل المغزل العضلي هو ليف عضلي هيكلي صغير، ومع ذلك فلا توجد في المنطقة المركزية لكل ليف من الألياف (أي المنطقة المتوسطة بين نهايتي الليف) أي خيوط اكتين أو مايوسين لذلك لا يتقلص هذا الجزء المركزي من الليف عندما تتقلص نهايتيه ولكنه عوضًا عن ذلك يعمل كمستقبل حسي، أما تعصيبه فيكون بواسطة أعصاب كاما الحركية، وإن المغزل العضلي يمكن أن يستثار بطريقتين:

١- تطويل العضلة كلها إلى تمدد الجزء الوسطي للمغزل وبذلك فأنه يستثير المستقبلة فيه.

٢- إذ لم يتغير طول العضلة كلها فإن تقلص الأقسام النهائية من الألياف داخل المغزل سوف يمدد أيضًا أجزائها الوسطية وبذلك يستثير مستقبلاتها.

كما أن المغازل العضلية ترسل في العادة وباستمرار دفعات عصبية وحسية خاصة عندما تكون هناك درجة خفيفة من الاستثارة لعصب كاما، ويزيد تمديد المغزل العضلي من سرعة الإطلاق (الدفعات العصبية) في حين يقلل تقصيره من هذه السرعة. لذا تتمكن المغازل من إرسال: إما إشارات موجبة إلى النخاع ـ أي تزيد إعداد الدفعات لتدل على زيادة تمدد العضلة أو أنها ترسل إشارات سالبة ـ أي أعداد قليلة من الدفعات أقل من المستوى العادي لتدل على أن العضلة قد زال تمددها. وأن المعلومات المرسلة هذه تكون عن طول العضلة وعن سرعة تغير طولها. علمًا ان سرعة نقل الإشارة في العصب تبلغ (٧٠-١٢٠م/ ث).



الشكل يوضح المغازل العضلية وأعضاء كولجي الوترية ويلاحظ خلالها أن المغازل العضلية تكون موازية للألياف العضلية الخارجية عن (Vander A., et al., 1998)

وأثناء أداء تمارين البلايومترك يحدث مط قبلي للعضلة إلى أكثر من طولها الطبيعي مما يؤدي إلى تحسس المغازل العضلية نتيجة لاستثارتها وترسل هذه المعلومات عن طريق أعصاب كاما إلى النخاع. أما أعضاء كولجي الوترية (Colgi Tendon Organs) فهي مستقبلات حسية محفوظة (محاطة بغلاف سميك). تمر من خلالها حزمة صغيرة من الألياف وأوتار العضلة وهي تقع قرب منطقة اتصال ألياف وتر العضلة بألياقها ويتصل تقريبًا (٥-٢٥)، (١٠-١٥) ليفة عضلية لكل عضو من أعضاء كولجي. وينبه هذا العضو بواسطة التوتر الذي تنتجه هذه الحزمة الصغيرة من الألياف العضلية. وبهذا فإن الفرق الرئيسي بين استثارة أعضاء كولجي الوترية والمغزل العضلي هو أن المغزل يكشف طول العضلة والتغيرات في طولها بينما يكشف عضو كولجي الوتري توتر العضلة وهي بذلك تؤدي وظيفة وقائية عن طريق تقليل إمكانية حدوث الإصابات، فعندما يتم استثارة هذه الأعضاء (كولجي) فإن هذه المستقبلات تقلل انقباض العضلات المسؤولة عن الحركة.

ويرى المؤلف أنه من التكيفات العصبية التي تحدث عند الرياضيين هو زيادة في كبح العضلات المضادة (المعاكسة) وتقليل كبح العضلات العاملة وهذا التكيف العصبي ضروري جدًّا لأداء تمارين البلايومترك وخاصة الصعبة منها.

البلايومترك وأنواع الانقباض العضلي

يوجد هناك نوعين رئيسيين من الانقباض العضلي هما الانقباض العضلي الثابت (ISOMATRIC) والمتحرك (ISOTONIC) والأخير يصنف إلى اسلوبين هما اللاتمركزي (ECCENTRIC) والتمركزي (CONCENTRIC). وهما يحدثان بسبب انزلاق خيوط المايوسين على الاكتين مما يؤدي إلى انقباض العضلة سواءً لا تمركزيًا أو تمركزيًا. وبهذا فأنه في الحالة الأولى يحدث الانزلاق باتجاه معاكس لمركز الساركومير مما يؤدي إلى طول في حزمة (I) في حين انه في الحالة الثانية يحدث الانزلاق باتجاه مركز الساركومير مما يؤدي إلى قصر في حزمة (I). هذا يعني أن الانقباض العضلي المتحرك يحدث فيه تغير في طول العضلة في حين لا يحدث تغير في طولها أثناء الانقباض العضلي الثابت، ومما تجدر إليه الإشارة أن الانقباض العضلي الثابت يمكن أن يصنف لا تمركزيًا عندما يحدث ثبات الحركة والعضلة في حالة المط (الإطالة) وتمركزيًا عندما يحدث ثبات الحركة والعضلة في حالة تقصير.

ويرى الباحث أن تمارين البلايومترك مركبة من الانقباضين المتحرك والثابت، إذ يكون العمل المتحرك في بداية الأمر لا تمركزيًا وبهذا فإن العضلة تمط (تطول) ويساعدها في ذلك امتلاك العضلات لصفة القابلية للمط (EXTENSIPILITY) «وهي قدرة العضلة على المط أو الإطالة»، مما ينتج عنه حدوث خزن للطاقة في العضلة وهذه الطاقة آتية من القوة المسلطة على العضلة لمطها، ولكون أن القوة لا تفنى بل تتحول من شكل إلى آخر فأنها تتحول إلى طاقة كامنة تخزن في العضلة وعند زوال المط فإن العضلة تأخذ بالرجوع إلى شكلها الطبيعي بسبب امتلاكها بصفة أخرى[1].

(١) من صفات العضلات الأخرى هي الاستثارة (Irritability) والانقباضية (Contractility).

المرونة (ELASTICITY) «وهي قدرة العضلة للرجوع إلى طولها الطبيعي بعد الانقباض أو المط» وبرجوعها هذا فإن الطاقة الكامنة المخزونة في الألياف العضلية تظهر وتزيد من قوة الانقباض التمركزي الذي يلحق الانقباض اللاتمركزي. أما العمل العضلي الثابت فأنه يكون في الفترة المحصورة بين التحول من العمل اللاتمركزي إلى العمل التمركزي والذي يركز عليه بتمارين البلايومترك بأن يكون بأقصر فترة زمنية ممكنة (طور التحويل أو التغير).

مصادر الطاقة المستخدمة في تمارين البلايومترك

إن نظامي الطاقة اللاهوائي الفوسفاجيني (ATP-PC) ونظام حامض اللبنيك (C.A) هما المستعملان في أداء تدريب البلايومترك. النظام الأول النظام الفوسفاجيني (ATP-PC) يعتمد على مخازن الطاقة في العضلات والتي تنفذ عادة باستخدام تمارين البلايومترك لمدة (٤-١٥) ثانية. فعند تخطيط أو تصميم منهاج التدريب التي تعتمد على هذا النظام يجب الأخذ بنظر الاعتبار إلى فترات الراحة (استعادة الشفاء) بين التمارين، كما يجب التأكيد على نوعية التمارين وليس كميتها.

أما نظام حامض اللبنيك (C.A) فإن الوصول إلى عتبته (بدايته) يكون عندما تنفذ مخازن العضلة من الطاقة المتولدة من فوسفات الكرياتين (C.P). والتمارين التي تعمل بهذا النظام هي التمارين التي تستمر لمدة (٣٠-٩٠) ثانية وبصورة عامة فإن تمارين القفز في المكان، القفز من الثبات، القفز العميق والتي لها مدة تنفيذ قصيرة تستعمل في تدريب نظام (ATP-P.C) في حين أن تمارين القفزات المتعددة وتمارين الصناديق تخدم تطوير نظام حامض اللبنيك.

إن فائدة تدريب البلايومترك بنظام (ATP-C.P) يكون للرياضيين الذين يمارسون رياضات تتطلب توليد سريع للقوة (قدرة انفجارية) مع فترات استعادة شفاء طويلة بين المحاولات مثل الوثب الطويل، الوثبة الثلاثية في حين تدريب البلايومترك بنظام

حامض اللبنيك يخدم الرياضيين في الألعاب مثل كرة القدم، الكرة الطائرة والتي تطول فترة ادائها بوضوح وفترات الراحة فيها تكون غير نظامية.

البلايومترك ونوعية الألياف العضلية

تحوي الألياف العضلية الهيكلية الواحدة على نوعين من الألياف:

١- ألياف عضلية بطيئة الحركة (Slow-Twitch).

٢- ألياف عضلية سريعة الحركة(Fast-Twitch).

وهذه الأخيرة تقسم إلى سريعة نوع(C-B-A).

وفي هذا الخصوص يذكر سعد محسن ١٩٩٦ نقلًا عن (Prince) بانه يوجد ثلاث أنواع من الألياف السريعة وعلى الشكل التالي:

النوع A: الألياف السريعة الكلايكوجينية وهي التي تربطها اعتياديًا مع القدرة الانفجارية وهي الألياف التي لها القدرة على التقلص بسرعة عالية ولكن لمدة قصيرة نسبيًا.

النوع B: الألياف السريعة التأكسيدية الكلايكوجينية وهي بالرغم من كونها سريعة إلا أن لها بعض قابليات التحمل وتكون قادرة على العمل لمدة أطول من الألياف نوع A.

النوع C: إن الصفة المميزة لهذا النوع الثانوي غير محدد وعلى أي حال يشار إليها في الوقت الحاضر على انها غير مميزة والذي يعني أنه يمكن أن تتطور إلى أي من النوعين A, B.

وتتميز الألياف السريعة (F.T) بفعالية تحلل (ATP) المخزون في العضلة وكذلك فعالية إنزيم (ATpase) المحلل لـ(ATP)، مقارنة بالألياف البطيئة (S.T)، كما أن الشبكة الساركوبلازمية في الألياف السريعة لها القدرة على إخراج الكالسيوم بسرعة

عند الإثارة العصبية وإحداث الانقباض بسرعة مقارنة بالألياف البطيئة، فضلًا عن ذلك فإن قطر الليفين العضلي والعصبي في الألياف السريعة يكون أكبر وأسمك من الألياف البطيئة وكذلك سرعة نقل الإيعاز العصبي يكون الأسرع في الألياف السريعة. وبنسبة التعصيب في الألياف السريعة تكون عالية في حين تكون هذه النسبة منخفضة في الألياف البطيئة.

كل هذه الخصائص الفسيولوجية جعلت الألياف العضلية السريعة (FT) هي المسؤولة عن أداء تمارين البلايومترك والذي يتطلب أداء أقصى قوة بأقل زمن ممكن والذي بدوره يؤدي إلى تطوير القدرة الانفجارية عند الرياضي، هذا يعني وكما أسلفنا أن تدريب البلايومترك يقع ضمن نظامي الطاقة اللاهوائيين (LA, ATP-CP) وعليه فإن شدة تنفيذ تمارين البلايومترك تكون عالية (قصوي ـ تحت القصوي).

إن توليد حركات قوية ومتناسقة يحدث بسبب تجمع القوى والذي يعني تظافر العديد من التقلصات العضلية (النفظاتTwitch.) مع بعضها البعض، ويحدث تجمع القوى بصورة عامة بطريقتين:

١- التجمع متعدد الألياف (Multiple Fiber Summation):

ويتم عن طريق زيادة عدد الوحدات الحركية المتقلصة معا وفي وقت واحد، فعندما يرسل الجهاز العصبي المركزي إشارة ضعيفة تتقلص إحدى العضلات وتنبه الوحدات الحركية فيها التي تحوي على أصغر الألياف العضلية وأقلها عددًا، مفضلة ذلك على تنبه الوحدات الحركية الكبيرة وعند زيادة شدة الإثارة يبدأ تنبيه الوحدات الحركية الأكبر والأكبر تدريجيًا. والمعروف أن لأكبر الوحدات الحركية شدة تقلصية تساوي (٥٠) ضعف الشدة التقلصية لأصغر الوحدات ويسمى ذلك مبدأ الحجم (Size Princible). وهذا مهم لأنه يسمح لتدرج شدة التقلص العضلي بأن يكون بدرجات صغيرة بينما تصبح الدرجات أكبر شدة تدريجيًا عندما تدعو الحاجة إلى درجات أكبر من الشدة، وسبب ذلك هو أن الوحدات الحركية الصغيرة تغذى بألياف عصبية حركية صغيرة

وهي أكثر استثارة من الألياف العصبية الكبيرة التي تغذى الوحدات الحركية الكبيرة لذلك فإن الأولى تستثار أولًا.

٢- التجمع الترددي والتكزيز(التكزز) (Frequency Summation & 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 تدريجيًا كلما زادت سرعة التردد وعند وصول هذا التردد إلى مستوى حرج تصبح التقلصات المتتالية سريعة جدًّا لدرجة تجعلها تندمج في الواقع مع بعضها وعند التردد الأسرع من ذلك تصل شدة التقلص إلى أقصاها. بحيث لن تكون هناك لأية زيادة إضافية في السرعة التردد أي تأثير إضافي على شدة التقلص العضلي.

المرونة وتمارين البلايومترك

لاستعمال برامج تدريب البلايومترك يجب أن يتمتع الفرد بقدر كافي من المرونة، ونقصد بالمرونة هنا مرونة الأربطة والعضلات لان تنفيذ تمارين البلايومترك يتضمن مط العضلة لاتمركزيا وهذا السحب بدوره سوف يؤدي إلى مط الأوتار التي تربط العضلات بالعظام. ولحدوث حركة الثني والمد في المفصل يتطلب ذلك مط في الأربطة التي تربط العظام ببعضها في المفاصل. هذا المط في العضلات والأربطة يشترط لحدوثه توفر مقدار كاف من المرونة وإلا تعرضت هذه العضلات والأربطة لإصابات السحب أو التمزق.

إن دور المرونة يظهر بشكل كبير أثناء المط الحاصل للعضلة، فعلى سبيل المثال عند الهبوط من صندوق بارتفاع معين فإن الثني الحاصل في مفصل الركبة يعمل على مط العضلات ذات الأربع رؤوس الفخذية ورباطها، هذا المط يكون بحمل عالٍ نتيجة أن الجسم سقط من ارتفاع وبذلك فإن الوزن المسلط على المفصل سيكون وزن الجسم

مضافًا إليه الجاذبية الأرضية. كما وان هذا المط يكون بسرعة عالية مما يتطلب وجود تكيف عصبي عضلي كاف لتحمله وأثناء فترة الاستناد هذه يتم التغير من العمل اللاتمركزي إلى العمل التمركزي وهذا يجب أن يحدث بسرعة عالية جدًّا وإلا فإن الطاقة المطاطية المخزونة في العضلات والأربطة تتلاشى بشكل حرارة.هذا الأمر يتطلب أيضًا درجة عالية من المرونة، لذا يجب التركيز قبل البدء بتنفيذ تدريبات البلايومترك على تطوير صفة المرونة الذي يمكن أن يكون باستعمال تمارين المرونة الثابتة أو المتحركة. ويجب أن لا يكون التركيز فقط على العضلات العاملة بل يجب أن يركز كذلك على العضلات المعاكسة (المضادة) لان عملها يكون موازيًا لعمل العضلات الرئيسة.

إن تنمية المرونة في العضلات والأربطة الخاصة بتمارين البلايومترك تكون باستعمال الإطالة الثابتة والإطالة المتحركة. ويجب استعمال الإطالة الثابتة قبل المتحركة وبالأسلوب الإيجابي أولًا ثم السلبي، إذ أن كلا الأسلوبين يؤديان إلى حدوث تكيف عصبي في المغازل في العضلات وأعضاء كولجي في الأوتار. إذ يكون العمل بالإطالة الثابتة تدريجيًا لتجنب حدوث الإصابات، إذ يبدأ العمل بالأسلوب الإيجابي[1] وذلك لتهيئة العضلات والأربطة لمثل هذا النوع من تمارين الإطالة وبها يتم العمل لأكبر مط يمكن أن تصله العضلة، يلي ذلك العمل بالأسلوب السلبي[2] وذلك لإحداث عمليات التكيف العصبية في المغازل العضلية وأعضاء كولجي الوترية لأن مط العضلات لمدى خارج عن مداها الطبيعي يعمل على إثارة المغازل العضلية وأعضاء كولجي في البداية ولكن مع الاستمرار المتدرج لأداء هذه التمارين فإن التكيف الحاصل سيكون بمطاوعة العضلات للمط الحاصل والذي يخدم تنفيذ تمارين البلايومترك. وهنا يجب ملاحظة أن تنفيذ هذه التمارين السلبية يجب أن يكون متدرجًا في الصعوبة، إذ لا يجوز مط العضلة منذ البداية لمديات كبيرة لأن ذلك بسبب ألمًا في العضلات واحتمال حدوث إصابة التمزق. ويذكر جو (Ghu ١٩٩٢) «أن تأدية

(١) الإيجابي يقصد به العمل بدون مساعدة خارجية.

(٢) السلبي: يقصد به العمل بمساعدة خارجية.

هذه التمارين السلبية يكون لمدة (٦-١٥) ثانية وبثلاث مجموعات ويمكن زيادة ذلك في بعض الأحيان».

أما تمارين الإطالة المتحركة فإن استعمالها يكون بعد حدوث التكيفات العصبية المطلوبة، إذ يذكر (طلحة حسام، وآخرون ١٩٩٧) «إنه عندما تتم إطالة العضلات بمعدلات إطالة سريعة فإن ذلك يجعل العضلة لا تصل إلى حالة التكيف المطلوبة، إضافة إلى أنه قد لا يحقق تقدما يذكر». والهدف من استعمال هذه التمارين هو للمحافظة على مستوى المرونة (الإطالة) التي وصل إليها الرياضي، كما أن طريقة أدائها يجب أن يكون مشابهًا لطريقة عمل تمارين البلايومترك.

أساليب تنفيذ تمارين البلايومترك

يمكن لتمارين البلايومترك أن تأخذ عدة أشكال تهدف إلى تحقيق أهداف معينة. وهذه التمارين تتميز باختلاف شدتها، إذ ان هناك تمارين صعبة وأخرى سهلة تمكن المدرب من استغلالها في تحقيق مبدأ تدرج في حمل التدريب من السهل إلى الصعب وهذه التمارين تشمل ما يلي:

١- القفزات في المكان (Jumps- in -Place): وهي تمارين تقتضي القفز والهبوط في نفس المكان، وهي ذات شدة خفيفة نسبيًا. ويجب توجيه الرياضي لأدائها بسرعة في كل قفزة وهي تنفذ الواحدة بعد الأخرى مع فترة طور تحويلي قصير[1] (Amortization Phase).

٢- القفزات من الثبات (Standing Jumps): وهي قفزات التي تكون إما عمودية أو أفقية، وهذه التمارين يمكن تكرارها لعدة مرات ولكن بإعطاء فترات راحة (استعادة شفاء) كاملة بين التكرارات.

---

(١) الطور التحويلي Amortization phase: هو الفترة الزمنية اللازمة للتحويل من العمل اللامركزي إلى العمل التمركزي والتي يشترط أن تكون قصيرة (تمارين البلايومترك).

٣- القفزات والحجلات المتعددة (Multiple Hops Of Jumps): وهذه التمارين يتطلب أداءها جهد أقصى وتنفذ الواحدة بعد الأخرى. ويمكن تنفيذها بدون أو باستعمال الحواجز في الأشكال المتقدمة منها، ويجب أن تنفذ لمسافة تقل عن (٣٠م).

٤- التمارين الارتدادية (Bounding): وهذه التمارين تستعمل في تطوير تردد الخطوة وطول الخطوة ونموذجيًا تنفذ هذه التمارين لمسافة تزيد عن (٣٠م).

٥- تمارين الصناديق (Box Drills): وهي تجمع القفزات والحجلات المتعددة مع القفز العميق ويمكن أن تنفذ بشدة منخفضة أو مرتفعة.

٦- تمارين القفز العميق (Depth Jumps): هذه التمارين تستعمل وزن الجسم والجاذبية الأرضية، وتنفذ في الوقوف على الصندوق ثم الهبوط على الأرض ثم محاولة القفز عاليًا بمستوى الصندوق. ولكون تمارين القفز العميق تتطلب شدة عالية لذا فإن السيطرة على ارتفاع السقوط يساعد في تحديد الشدة والتقليل من الإصابات مثل (الاستعمال الزائد Over Use) كما أن زمن الاتصال بالأرض يجب أن يكون قليلًا قدر المستطاع. والارتفاع المناسب في القفز العميق يتم تحديده بالاعتماد على تقييم القدرة القصوى للإنجاز. فإن كان الارتفاع المستخدم لتقوية عضلات الرجلين كبيرًا جدًّا فإن الرياضي سيأخذ وقتًا طويلًا لامتصاص أثر (القوة) الهبوط. بهذا لا يمكنه عكس الانقباض اللاتمركزي بسرعة كافية وبهذا لا يمكنه الاستفادة من المكونات المطاطية للعضلات وكذلك لا يمكنه الاستفادة من ظاهرة الإطالة الانعكاسية. والنتيجة ستكون بالتالي قفز خفيف (منخفضًا) معتمدًا على القوة ومجردًا من القدرة.

لذا على المدرب واللاعب العمل على إيجاد الارتفاع المناسب والذي سيسمح للرياضي بالحصول على أعلى ارتفاع قفز. واحدى الطرائق المستخدمة في تحديد الارتفاع القصوي للصندوق في القفز العميق تتلخص في النقاط التالية:

١- يقوم اللاعب بأداء اختبار الوثب العالي من الثبات لأبعد مسافة ممكنة وتسجل المسافة بشكل دقيق.

٢- يقوم اللاعب بالقفز العميق من ارتفاع (١٨انج) (٤٥سم) محاولًا تحقيق نفس ارتفاع القفز من الثبات ويتم تسجيل النتيجة.

٣- إذا استطاع اللاعب اجتياز هذه المهمة بنجاح فإن عليه زيادة ارتفاع الصندوق وهذه الزيادة يجب أن تكون (٦انجات) (١٥سم) ثم تعاد الخطوة (رقم٢) حتى يفشل اللاعب في الوصول إلى المسافة المتحققة في اختبار الوثب العالي من الثبات وبهذا يتم تحديد ارتفاع الصندوق للقفز العميق.

٤- في حالة عدم استطاعة اللاعب الوصول لإنجاز الوثب العالي من الثبات باستعمال ارتفاع (١٨انج) (١٥سم) فإنه إما يتم تخفيض ارتفاع الصندوق أو ترك استعمال هذه التمارين لفترة لغرض تطوير القوة، إذ أن عدم استطاعة اللاعب الأداء من ارتفاع (١٨انج) (١٥سم) يعني عدم امتلاك اللاعب للاستعداد العضلي الكافي لأداء تمارين القفز العميق.

ويقترح الكاتب اختبار الوثب الطويل من الثبات في تحديد الارتفاع المثالي للسقوط وذلك باتباع خطوات الاختبار السابق نفسها، والفائدة هنا تكون بمشابهة الاختبارات لنوع الفعالية الرياضية الممارسة، لأن التدريب يكون على أساس نوع الفعالية الممارسة، فمثلا لاعب الوثب العالي يتدرب على تمارين البلايومترمك بالوثب العالي واختبار قدرته يكون باختبار الوثب العمودي، في حين أن لاعب الوثب الطويل يتدرب على تمارين البلايومترك بالوثب الطويل واختبار قدرته يجب أن يكون باختبار الوثب الطويل.

عوامل نجاح تدريب البلايومترك

١- كفاية القوة القصوى:

إن تنمية القوة العضلية قبل الشروع في استخدام تمارين البلايومترك يعد

شرطًا أساسيًا لكي تحقق هذه التمارين غرضها. إذ أنه بدون قاعدة راسخة من القوة العضلية لن تكون الأطراف المستخدمة (الذراعين ـ الرجلين) وحتى الجذع قادرة على مواجهة التغير المفاجىء في القوة نتيجة لهذا النوع من التدريب إذ قد يؤدي ذلك إلى حدوث الإصابات.

وكما هو معلوم فإن هناك علاقة بين القوة والقدرة فإن الفرد لا يمكن أن يحقق درجة عالية من القدرة دون توافر عنصر القوة، وإن إمكانية تجنيد هذه القوة بمعدلات سريعة لا يتحقق إذا ما كانت قاعدة القوة ضعيفة. لذا فأنه ينصح بضرورة إخضاع اللاعبين لتمارين القوة المكثفة قبل البدء في استخدام تمارين البلايومترك. إذ يمكن للاعب رفع ثقل يعادل (٥ , ١) من وزن جسمه في تمرين القرفصاء الخلفي (Back Squat) قبل البدء في تدريب البلايومترك في حين يقترح كل من لوندين، بيليك وروجرز (Bielik, Lundin & Rogers) بأن يكون الفرد قادرًا على أداء تمرين القرفصاء الخلفي بوزن يعادل (٥ , ١-٢) مرة من وزن جسمه قبل البدء في تدريب البلايومترك. كما وان موقف الاتحاد الوطني للقوة والتكيف (The National Strength And Conditioning Association-N.S.C.A) أوصى بأن يكون الرياضي قادرًا على أداء تمرين القرفصاء الخلفي بوزن يعادل (٥ , ١-٥ , ٢) مرة من وزن جسمه.

٢- ارتفاع السقوط المثالي وزمن الارتكاز:

يقصد بارتفاع السقوط المثالي: المسافة العمودية المحصورة بين ارتفاع الصندوق المستعمل في تدريبات البلايومترك والأرض. وهذا الارتفاع يجب أن يحدد بصورة دقيقة ولكل لاعب على حدى. ويتم تحديد هذا الارتفاع بأن يقوم اللاعب بالقفز عموديًا أو أفقيًا بعد السقوط من الصندوق، ويحدد ارتفاع السقوط المثالي بالاعتماد على أفضل إنجاز يحققه اللاعب.

وقد حدد قسم من الخبراء الارتفاع المثالي من (٣٠-٧٠سـم) في حين اقترح

(فيركوشانسكي Virkhoshanski - ١٩٦٧) بأن استعمال تمارين القفز العميق[١] يجب أن تطور القوة المتحركة وسرعة الاستجابة[٢] واقترح بأن تؤدى تمارين القفز العميق من ارتفاع (٧٥-١٥٠ سم) إذ أن القفز العميق من ارتفاع (٧٥سم) يسمح بتطوير سرعة استجابة العضلة عند الرياضي في حين أن ارتفاع (١٥٠ سم) يطور بصورة أكبر القوة المتحركة عند الرياضي. وأكد بأن استعمال ارتفاع أعلى من (١٥٠ سم) يجعل القفز العميق غير فعال لأن زيادة الارتفاع يغير من ميكانيكية الهبوط وبهذه الحالة لا يمكن تطوير لا القوة المتحركة ولا سرعة استجابة العضلة في تغير عملها.

يضيف المؤلف: أن استعمال الارتفاع العالي (والمبالغ فيه) خارج إمكانية الرياضي يؤدي إلى جعل زمن التماس مع الأرض (زمن الارتكاز) طويلًا لأنه عند السقوط من مكان مرتفع فإن الجسم يعمل على امتصاص قوة الصدمة وذلك عن طريق ثني المفاصل مما يتسبب في ضياع الطاقة المطاطية المخزونة في العضلات والأربطة والآتية من العمل اللاتمركزي وهذا الضياع في الطاقة يكون بشكل حرارة.

وفي هذا الصدد يذكر (طلحة حسام الدين، وآخرون ١٩٩٧) بأن العديد من المدربين وعلماء التدريب يرون أن زمن الارتكاز في تمارين تدريب البلايومترك يجب أن تكون أقل ما يمكن (٣٠٠-٥٠٠ ملي ثانية) إذ أن للارتداد السريع في هذه التمارين أهمية كبيرة لسببين هما:

١- إن تقليل الزمن يعني التدريب على تطوير القوة خلال فترة زمنية محددة.

٢- إن دورة المط (الإطالة) والتقصير (S.S.C) سوف تتم بحدود طبيعية وبالتالي سيتمكن الرياضي من تحقيق أقصى استفادة من الطاقة المطاطية الناتجة في العضلات التي تعمل بالتطويل (لا تمركزيًا).

---

(١) تمارين القفز العميق Depth Jumps هي إحدى أشكال تمارين البلايومترك وهي الأكثر تأثيرًا والأكثر صعوبة في التنفيذ.

(٢) يقصدبها سرعة استجابة العضلة في تغير العمل اللاتمركزي إلى تمركزي.

٣- المهارة (ضبط الأداء):

إن التنفيذ الصحيح لتمارين البلايومترك يضمن استخدام المفاصل الداخلة في الحركة بشكل متسلسل وصحيح، كما وان التزامن والتوقيت ما بين كافة الأطراف ينتج عنه قدرًا عاليًا من إنتاج القوة. إن الجزء المهم في تنفيذ الأداء (التكنيك) الصحيح هو في مرحلة الهبوط إذ أن الاستخدام الصحيح لمفاصل الورك، الركبة، الكاحل، والتي تعمل مع بعضها البعض لامتصاص صدمة الهبوط يسمح للجسم باستخدام تلك القوة في الحركة التالية، وهذا لا يعني أن ضربة القدم ليس لها دور بل على العكس. إن للقدم دور رئيسي في تشغيل العضلات المراد تطويرها وذلك من خلال حالة تلامسها مع الأرض. فإذا كان الهبوط على كعب القدم فإنه سيؤدي إلى نتائج سلبية الأولى إطالة زمن الارتكاز لأن هذا الهبوط لا يسمح للاعب بأداء القفزة التالية لان القفز يتم إما بالاستناد الكامل على القدم أو على الأمشاط وزيادة زمن الارتكازات من الوقت المستغرق لتبديل الاستناد من الكعب إلى كاحل القدم أو الأمشاط. والثانية هو أن الهبوط على الكعب يؤدي إلى حدوث صدمة عنيفة على مفاصل وعظام الطرف السفلي ومن ثم انتقالها إلى الهيكل المحوري فالدماغ، لأن الهبوط على الكعب لا يسمح بامتصاص صدمة الهبوط بسبب عدم حدوث الثني في مفاصل الكاحل والركبة والورك.

أما الهبوط على كاحل القدم فإنه سيساعد في تطوير عضلات الفخذ بصورة رئيسية، ويرافق هذا النوع من الهبوط حدوث ثني كبير نسبيًا في مفصل الركبة لامتصاص الصدمة، ويجب التأكيد هنا على عدم الإفراط في هذا الثني لأنه سيؤدي إلى زيادة زمن الارتكاز وبالتالي انخفاض معدل إنتاج القوة.

أما الهبوط على الأمشاط فإنه يساعد في تطوير عضلات الساق الخلفية بصورة رئيسية ويرافق هذا النوع من الهبوط حدوث ثني خفيف في مفصل الركبة وثني أكبر في مفصل الكاحل.

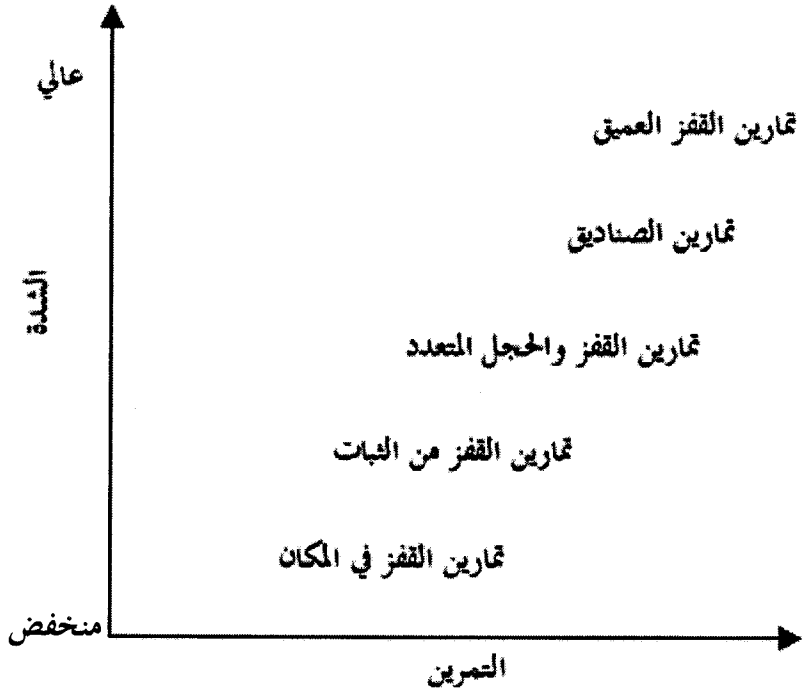
أما الثني في مفصل الورك أثناء استخدام كلا النوعين الأخيرين فإنه يؤدي إلى تطوير عضلات الجذع لانه سوف يتبع بمد كامل للجذع أثناء أداء القفز. هذا ويجب التركيز في تمارين البلايومترك على حركة الذراعين والتي يجب أن تكون متوافقة ومتزامنة مع أداء القفز بشكل صحيح، والغرض منها هو حفظ التوازن والمساهمة في زيادة القوة المتفجرة عن طريق النقل الحركي. يتضح مما سبق أن للمدرب واللاعب دور كبير في التحكم في العضلات المراد تطويرها وذلك عن طريق التحكم في مدى الثني في المفاصل العاملة.

تقنين مكونات الحمل التدريبي في تدريب البلايومترك

إن أساس تطور أي صفة بدنية عامة أو خاصة يعتمد على صحة تقنين مكونات الحمل الخارجي (الشدة، الحجم، الكثافة) مع الحمل الداخلي (الكفاءة الفسيولوجية لأجهزة الجسم الداخلية) وتمارين البلايومترك التي لا تقنن بصورة دقيقة تؤدي إلى حدوث ظاهرة التدريب الزائد (Over Training) كما وإن فرصة حدوث الإصابات تكون كبيرة جدًّا. لذا ينبغي على المدرب أن يكون حذرًا في التعامل مع هذه التمارين لتحقيق أهداف التدريب والتي يمكن الوصول إليها من خلال تقنين الشدة والحجم والكثافة مع مدى التكيف الفسيولوحي الحاصل في الجسم.

الشدة (Intenisty):

هي الجهد المبذول لأداء واجب معين. ويسيطر على الشدة في تمارين البلايومترك من خلال نوع التمرين المنفذ الذي يتراوح بين السهل إلى الصعب الشديد المعقد. ويمكن زيادة الشدة بإضافة أحمال خفيفة أو بواسطة ارتفاع الصندوق في تمارين القفز العميق أو بزيادة مسافة القفزات العريضة، باحثون آخرون صنفوا شدة تمارين البلايومترك المتنوعة من منخفضة إلى العالية كالآتي:



شكل يوضح مقاييس الشدة لتمارين تدريب البلايومترك عن (Chu1992)

ويذكر (بيليك وآخرون Bielik Etal - ١٩٨٦) بأن يتضمن الإعداد العام تمارين بشدة خفيفة ولمدة طويلة وهذا يساعد في إعطاء قاعدة للتدريب بشدة أكبر في فترة الإعداد الخاص مثل تمارين القفز العميق.

وبما أن تمارين البلايومترك تهدف إلى تطوير القدرة الانفجارية فإن تدريبها يجب أن يكون بشدة عالية (قصوي ـ تحت القصوي) وأن أهم طرائق التدريب المستعملة في هذا التدريب هي التدريب التكراري والفتري بنوعيه المرتفع الشدة والمنخفض الشدة. وهذا لا يعني أن تمارين البلايومترك لا تطور باقي الصفات بل إنها تطور أيضا القوة المميزة بالسرعة ومطاولة القوة الخاصة بشرط أن يتم استخدام شدة وحجم مناسبين وحسب نوع الرياضة التخصصية.

الحجم والتكرار (Volume & Frequency):

الحجم هو مجموع العمل المنفذ في الأسبوع أو الموسم أو الدائرة التدريبية، وغالبًا ما يقاس الحجم في تمارين البلايومترك بحساب عدد مرات تماس القدم بالأرض (القفزات) وعلى سبيل المثال: في فعالية الوثبة الثلاثية من الثبات فأنها تتكون من ثلاثة أجزاء والحساب يكون بثلاثة لمسات قدم للأرض. وإن الحجم الموصى به لقفزات معينة في أي موسم تدريبي يكون متناسبًا مع الشدة والتقدم في تحقيق الأهداف. إذ ينصح للمبتدئين بأداء (٦٠-١٠٠) لمسة قدمين للأرض (قفزة) وبشدة خفيفة خلال الوحدة التدريبية، في حين تكون لذوي المستويات المتوسطة (١٠٠-١٥٠) لمسة بشدة خفيفة و(١٠٠) لمسة أخرى بشدة متوسطة. أما تمارين المتقدمين فأنها تحوي على (١٥٠-٢٥٠) لمسة قدمين للأرض (قفزة) وبشدد خفيفة، متوسطة، عالية. أما حجم الركض بالحجل فيفضل قياسية على أساس المسافة، والتي تكون في بداية التدريب حوالي (٣٠م) ثم تزداد هذه المسافة بزيادة تطور قدرة الرياضي والتي قد تصل أو تزيد عن (١٠٠م).

أما التكرار: فهو عدد مرات إعادة أداء التمرين (الإعادات) وهو يتناسب عكسيًا مع الشدة فكلما زادت شدة التمارين المنفذة قل تكرارها وهو مرتبط بمفهوم الحجم.

وعادة يكون عدد التكرارات في تدريب البلايومترك من (٨-١٠) مع إمكانية زيادة هذه التكرارات في التمارين ذات الشدة المنخفضة وتقليلها مع التمارين ذات الشدة العالية، أما عدد المجاميع فقد حددته دراسات ألمانيا الشرقية بين (٦-١٠) مجاميع لمعظم أشكال تمارين البلايومترك، في حين حددته دراسات الروس بين (٣-٦) مجاميع وخصوصا التمارين ذات الشدة العالية. وفي بعض الأحيان فإن عدد التكرارات لا يحدد فقط بالاعتماد على شدة التمارين ولكن بالاعتماد على:

- حالة الرياضي التدريبية.
- قيمته نتيجة التكرار.
- كما يجب على المدرب أن يدرك أن تمارين البلايومترك تؤدي إلى تطوير استجابات

الجهاز العصبي العضلي، القوة الانفجارية[1]، السرعة. والقدرة على توليد القوة باتجاه صحيح، وأن الرياضي سوف يستفيد من التكرارات التي تؤدي بصورة جيدة فقط.

أما عدد مرات تنفيذ تمارين البلايومترك خلال الأسبوع (الدورة التدريبية الصغيرة) فتتراوح بين(٢-٣) مرات إذ يذكر (فيرهوشانسكي Verohoshanski - ١٩٦٧) بأن عدد تكرارات القفز العميق يحدد بالاعتماد على مستوى قوة الرياضي وأوصى للرياضيين المبتدئين بوحدتين تدريبيتين في الأسبوع مع تكرارات قصوى من (٤٠) قفزة في الوحدة الواحدة في حين أن (بول ومانيفال Poole & Maneval - ١٩٨٧) وجد بأن وحدتين تدريبيتين في الأسبوع هي أكثر فعالية من استخدام ثلاثة وحدات.

الراحة (استعادة الشفاء):

تعد فترات الراحة مفتاح التغير في تحديد فيما إذا كانت تمارين البلايومترك تهدف إلى تطوير القدرة أم الإطالة العضلية. (وعليه فإن الرياضي في تدريب القدرة يجب أن يأخذ فترات راحة كافية تمكنه من تكرار العمل دون حدوث التعب) إذ يتم تحديد فترة أو نسبة العمل إلى الراحة (الكثافة) بين (١ : ٥ - ١ : ١٠) وكما هو معلوم بأن تمارين البلايومترك هي تمارين لاهوائية وبهذا فإن فترة الراحة (١٠-١٥) ثانية بين أداء المجاميع تكون غير كافية وتعمل على تطوير الإطالة العضلية.

أما (جمس وروبرت James & Robert - ١٩٨٥) فيذكران أن فترة الراحة (١-٢) دقيقة بين المجاميع هي عادة كاف لإراحة الجهازين العصبي والعضلي، كما أن فترة الراحة بين الأيام هي ضرورية في تدريب البلايومترك لاستعادة شفاء العضلات والأوتار والأربطة. وتحدد هذه الفترة بين (٢-٣) أيام كل أسبوع والذي يعمل على إعطاء نتائج مثالية.

ويذكر الباحث انه في حالة حدوث التعب والذي يمكن ملاحظته على اللاعب

---

(١) القوة الانفجارية هي تسمية خاطئة والأصح أن تكون القدرة الانفجارية (Explosive Power) وهي تساوي حاصل ضرب القوة × السرعة.

من خلال عدم إمكانية اللاعب على تنفيذ التمرين بشكل صحيح أو من خلال عدم أداء الإنجاز بشكل واف أو من خلال التعابير التي تظهر على اللاعب، فإن على المدرب التوقف عن إعطاء هذه التمارين لأن الاستمرار بها يؤدي إلى إجهاد اللاعب بصورة كبيرة، مما يؤدي إلى حدوث الإصابات .

كيفية تطبيق تمارين البلايومترك في البرامج التدريبية

نظرًا للطبيعة الشديدة لتمارين البلايومترك والتأكيد على السرعة في أدائها، فإن تنفيذها يجب أن يكون قبل التمرين آخر في الوحدة التدريبية، كما يجب التدرج في صعوبة التمارين من السهلة (ذات الشدة الخفيفة) إلى الصعبة (ذات الشدة العالية). وأن يكون شدة وحجم التمارين متماشيًا مع القدرات الفسلجية والنفسية للرياضي.

إن فترة الإعداد العام تتضمن تمارين بشدة خفيفة ولمدة طويلة وهذا يساعد في إعطاء قاعدة لتطبيق تمارين أكثر شدة مثل تمارين القفز العميق في أثناء القسم الثاني من فترة الإعداد العام (الإعداد الخاص)، أما أثناء فترة المنافسات فيذكر (بليك وآخرون Bleik & Et al – ١٩٨٧) بأن الحجم يقل ولكن يستمر الرياضي بأداء عدد قليل من التمارين ذات الشدة العالية. في حين يذكر (بول ومانيفال Poole & Maneral – ١٩٨٧) بأن على الرياضي التوقف عن أداء تمارين القفز العميق قبل (١٠-١٤) يوم من المنافسات وهذا لكون أن تمارين القفز العميق تأثيرات بعدية أكبر من أي نوع آخر من تمارين القوة كما وأوصى بأن تكون تمارين القفز العميق في نهاية فترة تطوير القوة في نهاية فترة الإعداد الخاص.

استعمال تمارين البلايومترك لتطوير قدرة الأطراف العليا

تركزت أغلب بحوث البلايومترك على الأطراف السفلى، وبدأ يزداد بعد ذلك الاهتمام بإمكانية استخدام هذه التمارين لتدريب الأطراف العليا بالاستفادة من دورة الإطالة والتقصير(SSC) وبنفس أسلوب الأطراف السفلى، وأن الأعمال المبكرة في

استخدام هذا النوع من التدريب كان متركزا في برامج إعادة تأهيل إصابات الطرف العلوي وأكثر التمارين فائدة هي التمارين التي يتم خلالها استعمال الكرات الطبية. إذ يذكر(جو Chu - ١٩٨٩) بأن استعمال تمارين مثل (قذف الكرة العكسي، قذف الكرة جانبًا بزاوية(٩٠°)، قذف الكرة من خلف الرأس) تحقق فعالية لا يمكن الحصول على نفس نتائجها باستعمال الحديد.

وقد استعملت هذه التمارين لوصل الفجوة بين القوة والسرعة وأعطى مثالًا لاستخدام الأثقال مقارنة بتمارين البلايومترك، إذ تم تدريب لاعبي كرة القدم على تمرين الضغط على المسطبة (Bench Press) وبوزن (٤٠٠) باوند. في حين تم تدريب لاعب الرمح على تمرير الكرة الطبية من أمام الصدر ومن وضع الجلوس. وقد أظهرت النتائج أن لاعب الرمح رمى الكرة الطبية لمسافة (٢٠) قدم أكثر من لاعبي كرة القدم وهذا يدل على أن لاعبي كرة القدم ليسوا ذوي كفاءة في تحويل قوتهم إلى قدرة عالية والسبب هو طريقة التدريب.

تمارين البلايومترك الممزوجة بتمارين المقاومة (الأثقال)

إن دمج تدريب البلايومترك بتدريبات الأثقال يسمى بالتدريب المركب (Complex Training)، ويذكر (نيوتن وبريمر Newten & Braemer - ١٩٩٤) بأن هذه الطريقة هي من أكثر الطرائق فعالية في تطوير القدرة. كما أشار إلى ذلك (فيركوشانسكي Verkhoshonski - ١٩٨٣) في حين قدم (راد كليف Radcliffe - ١٩٩٤) أفكارًا حول استخدام تمارين المقاومة والبلايومترك معًا لتطوير القدرة إذ يتم إعطاء تمارين البلايومترك بين تدريبات المقاومة.أما (لوندين Landin) فقدم نفس العمل وسماه بالتدريب المتوازي. وقد أجمع كل من (Rogers, Chu, Lundon, Bielik) باستعمال تمارين البلايومترك قبل تمارين المقاومة في حين اعتقد (جاميتا Gambetta) أن المزج يعطي نتائج متداخلة. أما خبرات ومناقشات الطاولة المستديرة للاتحاد الوطني للقوة والتكيف (N.S.C.A) فوافقت على دمج تمارين المقاومة مع البلايومترك سواء في نفس الوحدة التدريبية أو في أيام التدريب.

ويرى المؤلف أن استخدام تمارين المقاومة تعمل إلى حدوث التكيف العضلي المتمثل بالتضخم العضلي وهو آت من زيادة المقطع العرضي للعضلة والذي بدوره سوف يزيد من مخازن الطاقة اللاهوائية، مما يساعد في إعطاء قدرة انفجارية أعلى خلال استخدام تمارين البلايومترك.

الاختبارات المستعملة في البلايومترك

بما أن الهدف الأساسي لتمارين البلايومترك هو تطوير القدرة الانفجارية عليه يمكن الاعتماد على الاختبارات التي تنفذ لمرة واحدة وبأقصى ما يمكن وهي ما تسمى اختبارات القوة الانفجارية.

ويرى الكاتب أن الاختبار المستخدم يجب أن يكون قريب من ظروف اللعبة أو الفعالية الممارسة. على سبيل المثال: استخدام اختبار القفز العمودي عند لاعب الكرة الطائرة يجب أن يكون من الحركة (أخذ ثلاث خطوات ثم القفز عاليًا).

وأهم اختبارات القدرة الانفجارية من وجهة نظر الباحث هي:

- اختبار الوثب العمودي من الثبات.
- اختبار الوثب العمودي من الحركة.
- اختبار الوثب الطويل من الثبات.
- اختبار كالمان ماركاريا.
- اختبار رمي الكرة الطبية من أمام الصدر من وضع الجلوس على الكرسي والتثبيت.
- اختبار رمي الكرة الطبية من خلف الرأس من وضع الجلوس على الكرسي والتثبيت.

إن كل الاختبارات المذكورة أعلاه تقيس القدرة الانفجارية بشكل غير دقيق وهي اختبارات ميدانية، وأفضل الاختبارات دقة في قياس القدرة الانفجارية هي تلك الاختبارات التي تستخدم منصة القوة والزمن.