- **الحالة الصحية:** الحالة الصحية للاعب أيضا يكون لديه دور في مدى استجابة الفرد للتدريب، فالتعرض للإصابات والأمراض مثل الحمى والالتهابات من شأنه خلق التباين في مدى الاستجابة للتدريب.

هناك عناصر رئيسية يجب إخضاعها لخصوصية التدريب منها:

- خصوصية التدريب لكل رياضة من الرياضات.

- خصوصية التدريب على مستوى الرياضات من المتشابهة

- خصوصية التدريب داخل الرياضة الواحدة (مراكز اللعب، أدوار اللاعب).

- نظام الطاقة.

- نوع القوة العضلية المطلوبة.

- نوع المهارة المطلوبة للأداء الحركي.

- طبيعة تنفيذ الأداء الحركي في المواقف المختلفة.

مبدأ مراعاة الفروق الفردية:

يستجيب الرياضي فرديا للتدريب الواحد، فقد يؤدي تنفيذ نفس الدرجة من الحمل الى حدوث تطور في مستوى لاعب ما في حين قد يؤدي نفس الحمل إلى تدهور في مستوى لاعب آخر (حمل زائد)، ولذا يجب مراعاة تناسب درجات الحمل مع إمكانيات الرياضي وخصائصه الفردية، وترجع الاستجابة الفردية للتدريب لعدة أسباب منها:

1- **النضج**: كلما زاد النضج كانت هناك فرص أفضل للمشاركة في التدريب والاستفادة منه، فالجسم الأقل نضجا يحتاج الى طاقة ومتطلبات أكثر للنضج والتطور فتكون استجابته وفعاليته مع التدريب أقل.

2- **الوراثة**: جميع أعضاء الجسم تتحدد خصائصها من خلال الوراثة فتشكيل الرئة والقلب والألياف العضلية وغيرها من العناصر الأخرى التي تتأثر بالتدريب الرياضي مشكلة طبقا للصفات الوراثية فمثلا 25% من التدريب الهوائي والتحمل تحدده الصفات الوراثية كما أن السرعة محددة وراثية بنسبة 73%.

3- **البيئة**: الحرارة والبرودة، المرتفعات، تلوث الهواء وغيرها من العناصر البيئية المؤثرة بشكل مباشر في العملية التدريبية يجب مراعاتها أثناء تخطيط وتنفيذ التدريب، كما أنه يجب معرفت مختلف الظروف المحيطة باللاعب سواء على المستوى الاجتماعي (نوعية العمل، مشاكل عائلية...) او المستوى النفسي (ضغوط التدريب والانفعالات..) كل هذه العوامل من شأنها إحداث الفرق في مستوى استجابة الفرد للتدريب.

*يسري مبدأ الفروق الفردية حتى بين التوائم.

المحور الثاني :القوة العضلية

المحاضرة الأولى: مكانزمات القوة العضلية

1- تعريف القـــــوة: هي أحد عناصر اللياقة البدنيةويمكن تعريفها ب:

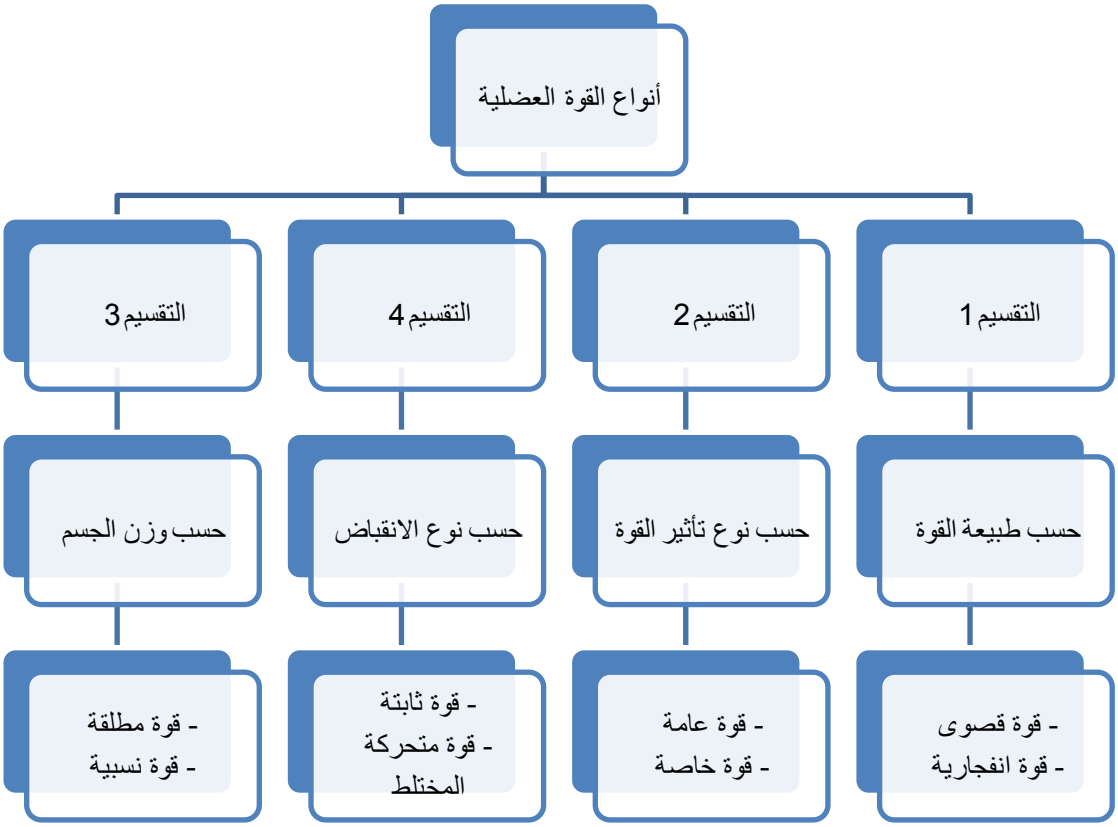
*يعرفها (شتيللر- Stiehler) إمكانية العضلات أو مجموعة من العضلات في التغلب على مقاومة أو عدة مقاومات خارجية.

*يعرفها(ماتفيف - Matweew) قدرة العضلة على التغلب على مقاومات مختلفة.

*تعرف على أنها المقدرة أو التوتر التي تستطيع عضلة أو مجموعة عضلية أن تنتجها ضد مقاومة في أقصى انقباض إرادي واحد.

*يقترح الباحث التعريف الآتي: هي مقدرة الجهاز الحركي على التغلب على مقاومة خارجية.

أنواع القوة: يمكن تحديد أنواع القوة من خلال الشكل رقم()



شكل رقم () يوضح أنواع القوة العضلية

التقسيم الأول: (حسب طبيعة القوة)

1- قوى قصوى: وهي أقصى قوة للعضلة أو مجموعة عضلية يمكن إنتاجها من خلال انقباض إرادي، ويجب أن يكون الانقباض العضلي ناتجاً عن استثارة أكبر عدد ممكن من الألياف العضلية وزمن الانقباض يتراوح بين(1 -15) ثانية ويمكن قياسها من خلال تكرار المقاومة القصوى لمرة واحدة.

2- القوة الانفجارية: تعرف على أنها قدرة العضلة في التغلب على مقاومة تتطلب درجة عالية من سرعة الانقباض العضلي، وتكون القوة الانفجارية ناتجة عن إطالة سريعة يليها تقلص أسرع في العضلة أي ضغط من خلال الإطالة السريعة وانفجار من خلال التقلص الأسرع وهذا ما يميزها عن القوة المميزة بالسرعة.

- التقسيم الثاني: (حسب نوع تأثير القوة)

1- القوة العامة: هي المقدرة على التغلب على جميع أنواع المقاومات تحت ظروف مختلفة وهي أساس القوة الخاصة، ويقصد بها قوة الجسم بشكل عام ونحتاجها في الإعداد العام للرياضي أو إعداد الصغار أو ضمن الحياة اليومية لمعالجة الضعف البدني.

2- القوة الخاصة: ويقصد بها القوة التي نحتاجها في نوع الرياضة التخصصية حيث ترتبط بنوع النشاط الرياضي الممارس.

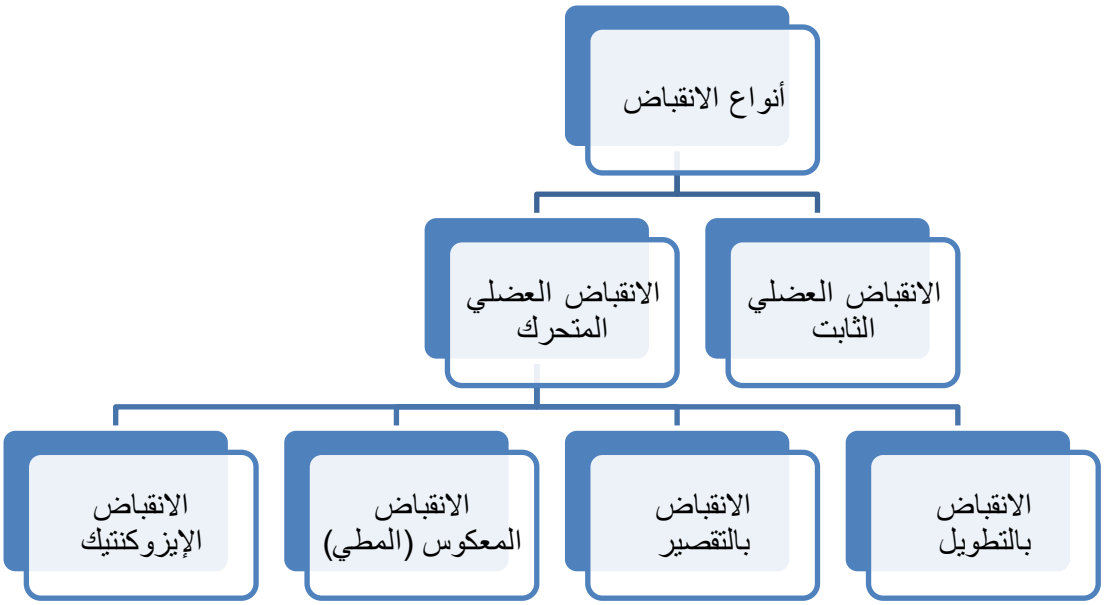
التقسيم الثالث: (حسب وزن الجسم)

1- القوة المطلقة: هي القوة التي يمكن أن يخرجها الفرد الرياضي بصرف النظر عن وزن جسمه وبمعنى أشمل هي قدرة الفرد على إنتاج أكبر قوى ممكنة بغض النظر عن وزنه ويمكن قياسها من خلال استخدام الديناومومتر أو رفع الثقل لمرة واحدة، وترتبط القوى المطلقة بزيادة المقطع الفسيولوجي للعضلة.

2-القوة النسبية: تعرف على أنها القوى القصوى لكل كيلوغرام واحد من الجسم وهي تساوي $\frac{\text{القوى القصوى}}{\text{وزن الجسم}}$، وهي مهمة جدا للاعب حيث نراها بشكل كبير عند لاعب الجمباز الذي يحاول التحكم في وزن جسمه وكذا لاعبي رفع الأثقال ورمي الجلة الذين يعتمدون على وزن أجسامهم في إنتاج القوة.

التقسيم الرابع: (حسب نوع الانقباض)

ترتبط القوة العضلية بنوع الانقباض الذي يحدد شكل القوة والشكل رقم (10) يوضح ذلك:



شكل (10) يوضح أنواع الانقباض العضلي

1- الانقباض العضلي الثابت (الإيزومتري): هو أنّ تنتج قوة والعضلة في حالة ثبات أي دون التغير في شكلها مثل: الاستمرار في دفع الحائط فالعضلة تنتج قوة بدون التغير في طولها .

2- الانقباض العضلي المتحرك (الإيزوتوني): أي أن العضلة تنتج في قوة أثناء حركتها وتظهر من خلال الأشكال التالية:

أ- **الانقباض العضلي المتحرك اللامركزي:** تنقبض العضلة وهي تطول بعيدا عن مركزها حيث يحدث هذا الانقباض إذا كانت المقاومة أكبرمن القوة التي تنتجها العضلة .

ب- **الانقباض العضلي المتحرك المركزي:** وهو عكس الامركزي حيث تنتج العضلة قوة أثناء قصرها نحو مركزها ويحدث عندما تكون القوة المنتجة أكبر من المقاومة.

ج- **الانقباض العضلي المعكوس (البليومتري):** وهو إطالة سريعة يليها تقلص أسرع في العضلة، ويستخدم لتطوير القوة الانفجارية.

د- **الانقباض العضلي المختلط (الإيزوكنتيك):** يتم من خلال أداء الحركة بسرعة ثابة حتى ولو تغيرت القوة المبذولة مثل تمرين Vis-à-vis في رياضة كمال الأجسام.

أهمية القوة العضلية: تعتبر القوة العضلية أحد أهم مكونات اللياقة البدنية ولا يمكن الاستغناء عليها في أي نوع من الأنشطة الرياضية ويمكن إيجاز أهميتها في المجالات الآتية:

- القوة أساس تأدية المهارات بدرجة ممتازة.
- القوة مقياس للياقة البدنية.
- القوة تستخدم كعلاج وقائي ضد الأمراض.
- القوة ضرورية لحسن المظهر.
- القوة ضرورية للحياة العامة.

*** العوامل المؤثرة في إنتاج القوة العضلية:**

وتتأثر القوة العضلية المنتجة ببعض العوامل التي يجب أن يتعرف عليها المدرب ويضعها في الاعتبار أثناء قيامه بالتخطيط والتنفيذ لبرنامج التدريب الرياضي ومن أهم هذه العوامل:

- **كم الألياف المثار:** وفيه تزداد القوة العضلية كلما زاد عدد الألياف العضلية المثارة في العضلة الواحدة أو المجموعة العضلية.

- **مقطع العضلة أو العضلات المشاركة في الأداء:** وفيه تزداد القوة العضلية كلما زاد مقطع العضلة أو العضلات المشاركة في الأداء –كما أنه كلما كان القطع الفسيولوجي للعضلة كبير كلما زادت القوة العضلية أي كلما زاد حجم العضلة بزيادة حجم مقطع كل ليفة عضلية كلما زادت قوتها.
- **نوع الألياف العضلية المشاركة في الأداء:** وفيه نجد أن بناء العضلة يدخل فيه الألياف العضلية البيضاء والحمراء وتختلف خواص كل منهما من حيث نوع الانقباض فالألياف البيضاء تؤدي انقباضات عضلية أسرع من الألياف الحمراء.
- **زاوية إنتاج القوة العضلية:** حيث نجد هنا أن الاختيار الصحيح لزاوية الشد المستخدمة في العمل العضلي يؤدي إلى أكبر كم من القوة العضلية المنتجة.
- **طول رحلة العضلة أو العضلات قبل الانقباض:** فكلما قصرت فترة الانقباض العضلي زادت القوة العضلية المنتجة وكان معدل سرعة الانقباض أعلى وكلما زادت فترة الانقباض العضلي نقص معدل إنتاج القوة وقل معدل سرعة الانقباض.
- **درجة توافق العضلات المشاركة في الأداء:** حيث يعتمد توافق العضلات على ميكانيكية العمل العضلي وانقباض العضلات المشاركة في الأداء في الاتجاه المطلوب للحركة كما أنه كلما زاد التوافق بين العضلات المشاركة في الأداء الحركي من جهة وبين العضلات المضادة لها من جهة أخرى زاد إنتاج القوة العضلية وأسهمت في إنتاج أفضل للقوة العضلية.
- **ميكانيكية الحركة:** بالاستخدام السليم لنظريات الروافع والمبادئ الميكانيكية تساهم في رفع كفاءة واستخدام القوة.
- **العوامل النفسية:** فالعامل النفسي له تأثير كبير في إنتاج اللاعب للقوة العضلية وزيادة الدافعية –فمثلا تشجيع الجمهور يعمل على آثاره حساسية الاستجابات العضلية مما ينتج عنه إنتاج أقصى قوى ممكنة.

*** العوامل الفسيولوجية المؤثرة على القوة العضلية:**

يمكن تحديد أهم العوامل الفسيولوجية المؤثرة على القوة العضلية فيما يلي:

- المقطع الفسيولوجي للعضلة وهو يمثل مجموع مقاطع كلا ألياف العضلة الواحدة ويزداد نتيجة التدريب الرياضي.
- شدة حمل التدريب حيث يمكن تحقيق المستوى المطلوب من عنصر القوة والمحافظة عليه باستخدام أقل حجم ممكن من حجم تدريبات القوة على أن تتميز هذه التدريبات باستخدام نفس مستوى الشدة.
- القوة النسبية حيث ترتبط القوة العضلية بوزن جسم اللاعب ولذلك فإن مقارنة القوة العضلية للاعب بآخر تتم باستخدام القوة العضلية المقابلة لكل كيلوجرام من وزن جسم اللاعب.
- تمرينات المرونة والمطاطية تساعد على زيادة إنتاج القوة واستخدامها يقلل من المقاومة الداخلية للعضلة.
- تدفئة العضلة فكلما أمكن تدفئة العضلة بالشكل المناسب أدى ذلك إلى تقليل لزوجة العضلة والدم وتساعد على زيادة إنتاج القوة العضلية.
- نوعية القوة العضلية فالقوة في الألياف العضلية البيضاء السريعة أكبر منها بالنسبة للألياف العضلية الحمراء البطيئة.
- القوة بين الذكور والإناث حيث تتشابه مستويات القوة بين البنين والبنات حتى مرحلة البلوغ ثم تزداد القوة العضلية لدى البنين خلال مرحلة البلوغ وما بعدها.
- القوة والعمر حيث يتأثر مستوى القوة العضلية بتقدم العمر ليس فقط من حيث حجم وقوة العضلات ولكن أيضا بالنسبة للجهاز العصبي.

والجدول رقم (02) يوضح التأثيرات الفسيولوجية لتدريب القوة العضلية:

أنواع التأثيرات	التغيرات الحادثة بالجسم
1- التأثيرات المورفولوجية	• زيادة المقطع الفسيولوجي للعضلة. • زيادة كثافة الشعيرات الدموية. • زيادة حجم الألياف السريعة. • زيادة حجم وقوة الأوتار والأربطة.
2-التأثيرات الأثرومومترية	• زيادة الكتلة العضلية. • انخفاض نسبة الدهون في الجسم.
3- التأثيرات البيوكيميائية	• زيادة مخزون العضلة من مصادر الطاقة الكيميائية. • زيادة مخزون الجليكوجين. • زيادة نشاط الإنزيمات. • زيادة استجابة هرمون التستوستيرون.
4- التأثيرات العصبية	• تحسين السيطرة العصبية على العضلة. • زيادة تعبئة الوحدات الحركية. • زيادة تزامن توقيت عمل الوحدات الحركية. • تقليل العمليات الوقائية للانقباض.
5- تأثيرات الجهاز الدوري	• زيادة نمو جدار القلب مع الاحتفاظ بنفس تجويف القلب. • زيادة الحد الأقصى لاستهلاك الأكسوجين بدرجة قليلة.

المحاضرة الثانية: ألية الانقباض العضلي

تمهيد:
يمتلك الانسان أكثر من 600 عضلة مسؤولة عن 85% تقريبًا من إجمالي الحرارة التي تتولَّد في الجسم؟ وهذا لأن الخلايا العضلية تقوم بالكثير من عمليات التنفُّس الخلوي لإطلاق الطاقة اللازمة للانقباض، وهذا يفسِّر السبب وراء أننا نصبح أكثر دفئًا عندما نمارس تمارينَ رياضية؛ حيث تنقبض العديد من عضلاتنا وتتنفَّس باستمرار! ويمكن أيضًا أن يستفيد الجسم من إطلاق الحرارة من خلال انقباضات العضلات اللاإرادية. فعندما نشعر بالبرودة، نرتجف. والارتجاف هو انقباض لعضلاتنا؛ حيث يهدف إلى تدفئتنا من خلال زيادة التنفُّس وإطلاق المزيد من الحرارة!

اذ يعتبر الانقباض العضلي هو الوظيفة الأساسية للعضلة وهو المسئول عن القوة الناتجة عنها وبدرجاتها المختلفة بداية من مستوى النغمة العضلية حتى درجة القوة القصوى. (النغمة العضلية هى درجة الانقباض الجزئى المستمر وغير المرئى بعضلات الجسم). ويسيطر الجهاز العصبى ويتحكم فى درجة الانقباض العضلى حيث يرتبط مستوى القوة الناتجة بمدى قدرة الجهاز العصبى على تعبئة اكبر قدر ممكن من الالياف العضلية للمشاركة فى الانقباض العضلى , وقبل ان نتناول موضوع الانقباض العضلى يجدر بنا ان نشير بايجاز الى تركيب الخلية العضلة الهيكلية التى هى محور موضوع الانقباض العضلى.

1-تكوين العضلة الهيكلية:

تتألف العضلات من خلايا، إلا أنها خلايا من نوع خاص، فهي طويلة ورفيعة، ومن المعتاد تجمع عدد كبير منها لتكوين وحدة العضلة التي تسمى الليفة العضلية، ويحيط بكل عضلة غشاء رقيق يسمى الصفاق، يفصلها عن غيرها من المجموعات العضلية، ويحيط بها غشاء آخر يعمل على تقليل الاحتكاك العضلي أثناء الحركة، وكذلك كل مجموعة من العضلات توضع مع بعضها البعض في حيز واحد، وتنفصل عن مجموعة عضلات أخرى بواسطة حاجز عضلي، وكل حاجز يلتصق بالعظم، كما يوجد شريط من النسيج الليفي يصل العضلة بالعظم يسمى الوتر، فهي خيوط متينة ليفية تتحد مع بعضها لتؤلف الوتر.

وتخترق هذا النسيج الضام أوعية دموية عديدة، تبقى العضلات مزودة بكميات وفيرة من الأكسجين والجلوكوز اللازمينِ لتوليد الطاقة لعملية الانقباض، ويتكون النسيج العضلي من خلايا متخصصة تحتوي على بروتينات تعد المادة الرئيسية في بناء الخلايا، ولهذا كان لحم الحيوان مادة غذائية مهمة لبناء الأجسام.

وتتألف العضلة الهيكلية من ألياف عضلية التي هي عبارة عن حزم من الخلايا الأسطوانية الطويلة متعددة النوى؛ حيث يصل طولها إلى 30 سم، وقطرها 10 - 100 ميكرومتر.

وتقوم العضلات الهيكلية بوظائف حركية ترتبط أساسا بالمفاصل، ويمكن تلخيص الحركات التي تؤديها، كما يلي: (الانثناء - المد - الإبعاد عن الجسم - التقريب من الجسم - دوران مركزي - دوران جانبي)، وسبحان العلي القدير، فهذه الألياف العضلية منظمة ومرتبة في اتجاهات معينة، فليست مخلوقة هباء، ولكن بحساب دقيق يتناسب مع عملها وقوتها، وهذا يتجلى في أشكال العضلات، فلها أشكال مختلفة؛ منها:

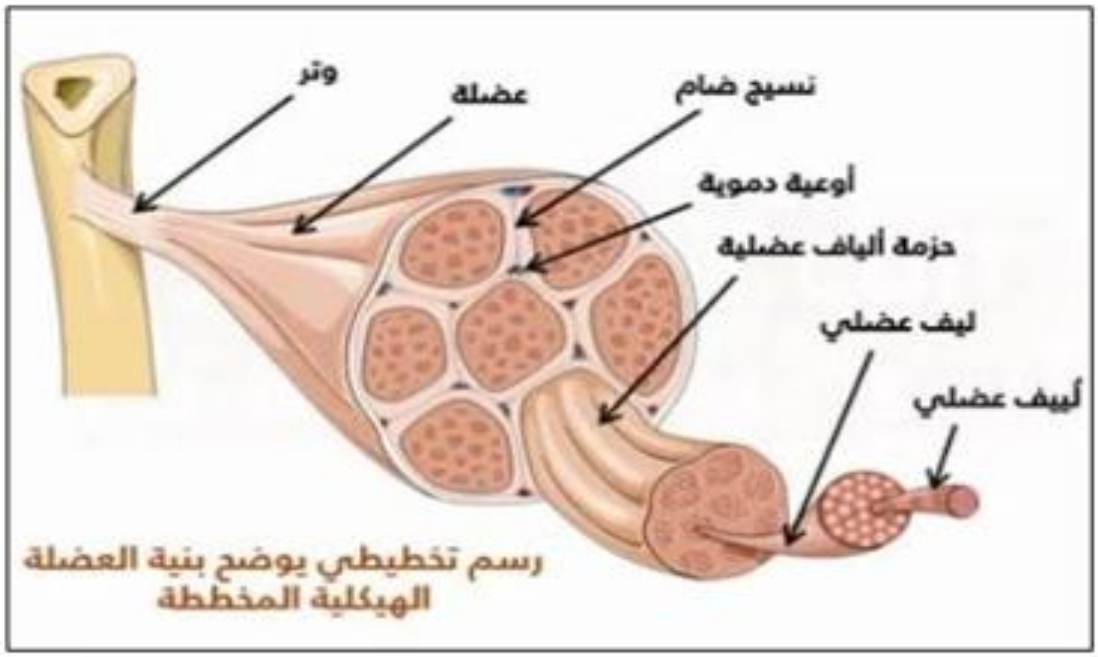
-**المسطحة :**مثل عضلات البطن، ويتم ترتيبها بشكل متواز.

- **المغزلية :**مثل عضلات العضد، وهي التي يتم ترتيب الألياف فيها بطريقة طولية.

- **الريشة :**عضلات الفَخِذ الأمامية والساق.

- **الدائرية :**وهي التي تحيط فتحات الجسم، وهي الحارس، وتنظم دخول وخروج السوائل؛ مثل الفم وفتحة الشرج.

-**مروحية** :عضلات الفخذ والقمة الجانبية، واتجاهات الألياف مروحية للقيام بوظائفها.

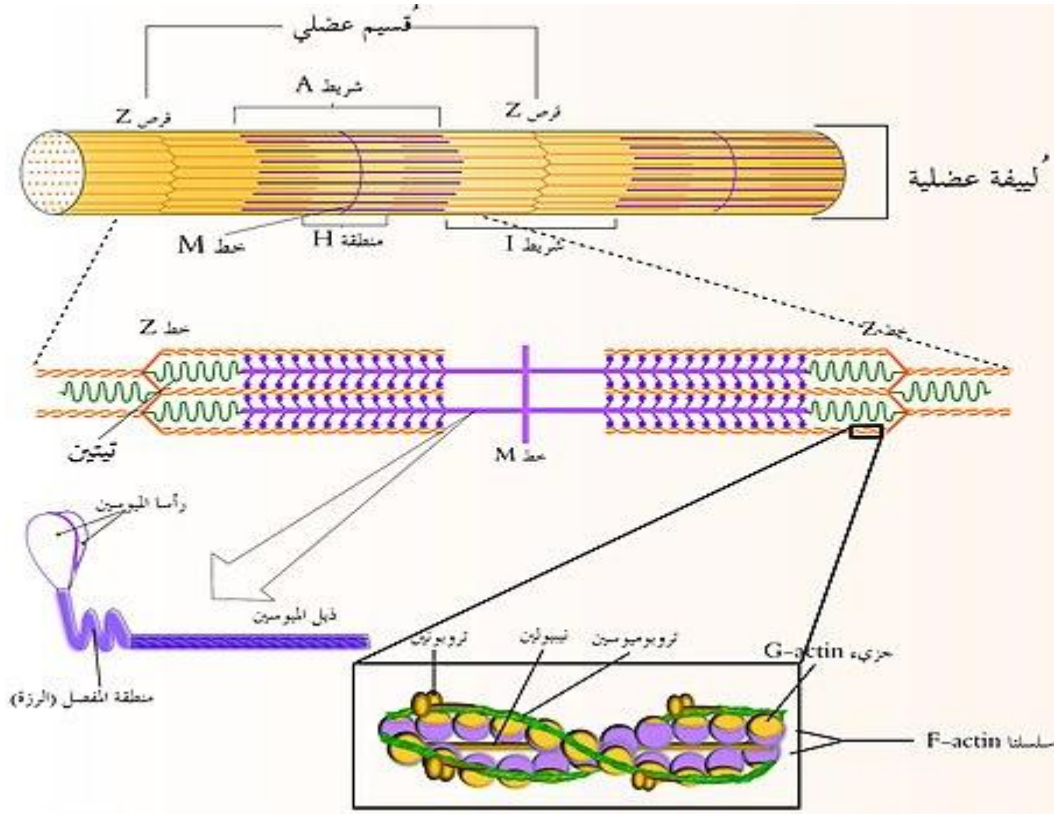


شكل(28) يبين بنية ومكونات العضلة الهيكلية

يمثل كل ليف عضلي خلية ضخمة متعددة النوى، يصل طولها إلى عدة سنتمترات، محاطة بغشاء ساركوبالزمي، وتحتوي على سيتوبالزم (ساركوبالزم يوجد به العديد من الميتوكوندريات، وشبكة ساركوبالزمية كثيفة غنية بالكالسيوم،كما يحتوي على كمية من الغليوكوجين والخضاب العضلي). ويبقى المكون الرئيسي لليف العضلي هو الليفات العضلية التي تعطي المظهر المخطط للعضلة .وأظهر فحص الليف العضلي بالمجهر االلكتروني إن الساركومير يحتوي على نوعين من التراكيب الخيطية تدعى الخيوط السميكة Thick filaments والخيوط الرفيعة Thin f. ونهايات هذه الخيوط لا تلتقي بل توجد فسحة بين كل خيطين متقابلين، كما تبين ان الحزم A الداكنة يحتوي على الخيوط السميكة والرفيعة بينما الحزم I فيحتوي على خيوط رفيعة فقط أما الخط H فيحتوي على خطوط سميكة فقط **(أسامة رياض ، عصام جمال، 2016، الصفحات 33-34)**

تشكل كل ليف عضلي من صنفين من الخييطات العضلية :Myofilaments

ـ خييطات سميكة مكونة من بروتين يدعى ميوزين ـ خييطات دقيقة مكونة من بروتين يدعى أكتين الشريط الفاتح I مكون فقط من ألكتين أما الشريط القاتم Aيتكون من النوعين من الخييطات باستثناء المنطقة Hحيث يتواجد الميوزين فقط.



شكل(29) يبين مكونات الوحدة التقلصية

من خلال هذا الشكل نرى 4 أنواع من الليفات العضلية التي تسهم في التقلص العضلي والتي ال توجد في الخاليا االعتيادية :

1. **المايوسين: Myosin** وزنه الجزيئي حوالي 500 الف ويشكل مادة الخيوط السميكة ويكون بشكل جزيئات طويلة لها رؤوس مكورة .

2. **االكتين: Actin** وزنه الجزيئي 45 ألف ويشكل الخيوط الرفيعة وهو بروتين خيطي)شبيه بالمسبحة(يأخذ شكل حلزون أو لولب مزدوج .

3. **التروبومايوسين: Tropomyosin** وزنه الجزيئي 60-70 ألف وهو بروتين ليفي يتمركز في ثنايا أو أخاديد لولب االكتين .

4. التروبونين: Troponin عبارة عن معقد مكون من 3 جزيئات بروتينية كروية هي TNI وTNT و TNC تقع في أخاديد حلزون االكتين فوق جزيئات التروبومايوسين. وكل منها له وظيفة محددة حيث يقومTNI بمنع ارتباط المايوسين مع االكتين في حالة االسترخاء. أما TNC فانه يحتوي على مواقع ربط ايونات الكالسيوم .أما TNT فيقوم بربط التروبومايوسين والتروبونين على خيوط االكتين.
(أبو العلا عبد الفتاح، 2001، صفحة 96)

2-أنواع الالياف العضلية وخصائصها الفزيولوجية:

هناك معياران يجب مراعاتهما عند تصنيف أنواع ألياف العضلات ، وهما مدى سرعة تقلص بعض الألياف بالنسبة للآخرين ، وكيفية إنتاج الألياف ATP ، باستخدام هذه المعايير ، هناك ثلاثة أنواع رئيسية من ألياف العضلات الهيكل العظمي وهي

2-1-الألياف الحمراء أو الألياف بطيئة الإنقباض:

تسمى أيضا بالألياف الحمراء Fibres rouges أو الألياف من النوع الأول Fibres de type 1، تنقبض بصورة أبطأ وهذا راجع للعدد القليل من الأعصاب المتصل بها، ألياف ذات حجم صغير تتميز باللون الأحمر لإحتوائها على الميوغلوبين Myoglobine، عند قيامك بتمارين الجري أو السباحة او التمارين الهوائية Métabolisme aérobie بشكل عام فإن جسمك يوضف هذا النوع من الألياف لأنها لا تجهد بسرعة أي انها لا تتأثر بالتكرارات ولكن تتأثر بالأثقال أي الشدة، إذن يمكننا القول أن التمارين ذات الشدة الخفيفة والتكرارات العالية مثل التمارين الهوائية Aerobic يتم أدائها بواسطة الألياف بطيئة الإنقباض
سبب طول مدة تحمل الألياف البطئية هو احتوائها على عدد كبير من الأوعية الدموية Vascularisation élevé مما يسمح بوصول كمية أكسجين كبيرة، كما تحتوي على عدد كبير الميتاكوندريا Métachondries التي توفر الطاقة باستمرار للألياف الألياف البطئية لا تستجيب للتمارين ذات الشدة العالية مثل تمارين كمال الأجسام ومن أهم أسباب ذلك هو صغر حجم الألياف بالإضافة إلى أن نسبة كبيرة من الطاقة مصدرها الدهون وليس الجلايكوجين أغلبها ينتج عند وجود الأكسجين Métabolime aerobie، مما يعني جزيئات ATP كثيرة بالإضافة لعدم افراز حمض اللبن Acide lactique لذلك لا يشعر ممارسوا رياضات الإجهاد عادة بالآلام

2-2-الألياف البيضاءأو الألياف سريعة الإنقباض:

تسمى أيضا الألياف البيضاء Fibres blanches أو الألياف من النوع الثاني Fibres

de type2، وهي ألياف ذات حجم كبير لديها القدرة على الإنقباض بسرعة ويساعد في ذلك الشبكة السركوبلازمية Réticilum sarcoplazmique الأكثر تطورا من نظيرتها في الألياف الحمراء حيث تقوم بتسريع وصول السيالة العصبية وترجمتها ثم الإنقباض بسرعة

يتم توضيف الألياف البيضاء من قبل الجسم عند القيام بحركات ذات شدة عالية مثل رفع الأثقال لكن لديها نقطة ضعف وهي أن مدة تحملها قصيرة وتتعب بسرعة، السبب يعود لقلة الأوعية الدموية Vascularisation faible ولوجود عدد قليل من الميتاكوندريا Métachondries كما أن الطاقة تأتي من الكرياتين كيناز Creatine kinase والجليكوليز اللاهوائي Glycolyse anaerobie الذي مصدره الجلايكوجين Glycogène المخزن في العضلات و الكبد حيث ينتج في الأخير الكثير من حمض اللبن Acide lactique والقليل من ال ATP و لهذا تتعب العضلة بسرعة ويصحب بعذ ذلك آلام

2-3- الألياف الوردية:

هي النوع الثالث من الألياف العضلية وهي تجمع بعض خواص الألياف البيضاء والحمراء معا، فلديها كبر حجم الألياف مثل البيضاء أي امكانية تحمل شدة أكبر كما لديها خاصية الأيض الهوائي مثل الألياف الحمراء مما يعني قدرة أطول على التحمل ، توظف هذه الألياف في حركات تتطلب الجهد والشدة معا مثل السباحة

جدول(06) يوضح الفرق بين أنوع اللالياف العضلية في بعض المتغيرات الفزيولوجية

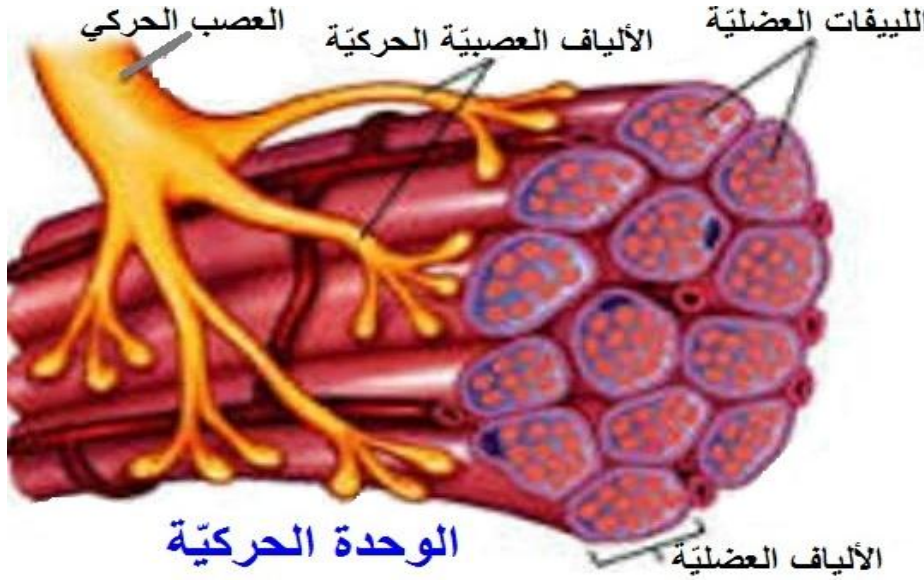
الفروقات الرئيسية بين الأنواع الثلاثة من الألياف العضلية			
الخصائص	الألياف بطيئة الانقباض Type I Oxidative	الألياف سريعة الانقباض Type IIa Fast Oxidative	الألياف سريعة الانقباض Type IIx Fast Glycolytic
القدرة على توليد القوة	منخفضة	متوسطة	عالية
سرعة الانقباض	بطيئة	سريعة	سريعة
مقاومة التعب	عالية	متوسطة	منخفضة
القدرة على استخدام الأنظمة اللاهوائية	منخفضة	عالية	عالية
القدرة على استخدام الأنظمة الهوائية	عالية	متوسطة	منخفضة
المصدر الرئيسي للطاقة	الدهون	فوسفات الكرياتين (PCr) + الجلايكوجين	الطاقة الموجود في الخلية (ATP)+ فوسفات الكرياتين + الجلايكوجين
كثافة الأوعية الدموية	عالية	متوسطة	منخفضة
كثافة الميتوكوندريا	عالية	متوسطة	منخفضة
القدرة على التَحمُّل	عالية	متوسطة	منخفضة
نوع النشاطات	تمارين التحمُّل خفيفة الشدة	تمارين قصيرة عالية الشدة (أقل من دقيقتين)	تمارين قصيرة جداً ذات شدة عالية جداً (من 1- 30 ثانية)
أمثلة على النشاطات	المشي أو ركوب	الرياضات التي تحتاج إلى	الرياضات التي تحتاج إلى

3-الوحدة الحركية (أسامة رياض ، عصام جمال، 2016، الصفحات 41-43)

تتكون الوحدة الحركية من مكونين رئيسيين: خلية عصبية حركية واحدة ومجموعة من الألياف العضلية التي تتحكم فيها

أي ان الوحدة الحركية تتكون من عصبون حركي وألياف عضلية، ويجدر بالذكر أن الوحدة الحركية تصنف حسب نوع الالياف التي تتحكم فيها (بطيئة وسريعة) ،فالألياف العضلية البطيئة ST يكون حجم الجسم الخلوي في العصبون الحركي صغير حيث ينبه حوالي مجموعة من الألياف تصل من 10 إلى 180 ليف والعكس بالنسبة للألياف السريعة FT في الوحدة الحركية للعصبون الحركي يكون الجسم الخلوي أكبر حجما مع محور أكثر عرضا بحيث يحرض حوالي 300 إلى 800 ليف عضلي

ملاحظة:تعمل الوحدة الحركية من خلال عتبة التنبيه أو التحفيز وذلك من خلال قانون الكل او لاشئ أي أنها توظف جميع الألياف التي تتحكم فيها مرة واحدة ولا توظف أي ليف وذلك حسب عتبة التنبيه



شكل(30) يبين مكونات الوحدة الحركية

4-ألية التقلص العضلي: contraction – muscle of Mechanism

من الخصائص المعروفة للألياف العضلية الهيكلية هو أنها تتميز بوجود أقراص باهته وأخرى معتمة بالتبادل وتعرف المناطق الباهتة بالمناطق المتجانسة أو band – I ها شفافة وذات انكسار ثنائي ضعيف فتسمح بمرور الضوء . وتعرف المناطق المعتمة بالمناطق غير المتجانسة أو شريط band – A لأنها ذات انكسار ثنائي حاد والتي تسمح بمرور الضوء .

يمر في منتصف كل شريط I خط داكن ويعرف line-Z ف حين يمر في كل شريط Aخط باهت line-H ويطلق على الجزء الممتد بين كل خطين Z متتابعين بالقطعة العضلية . Sarrcomere يتكون عند اتحاد االكتين والميوسين مركباً الكتومايوسين Actomyosin الذي يتقلص في وجود ايونات البوتاسيوم والأدينوسين ثالثي

الفوسفات ATP ، ولوحظ عند انقباض الليف العضلي ان الشريط I يقصر طوله في حين يبقى شريط A ثابتا

وهذا أدى بالعالم هوكسلي Houxley إلى وضع فرضية تعرف بفرضية الخيوط المنزلقة hypothesis Filament-Sliding تعمل على تفسير ميكانيكية التقلص العضلي وتقضي هذه الفرضية بان كل ليف عضلي يحوي نوعين من الخيوط هما:

خيوط رفيعة من الأكتين توجد في شريط I وتمتد الى الشريط A وتكون نهايتها غير مقابلة للجزء المتوسط من شريط I وإنما تترك مسافة فيما بينها تمثل المنطقة . H خيوط سميكة من مادة الميوسين توجد في شريط A فقط فعند انقباض القطعة العضلية يقل طول الشريط I ويظل A ثابتا وذلك لأن خيوط الأكتين الرفيعة تنزلق مقتربة من بعضها البعض حتى تلتقي في المنطقة H ولذا تختفي هذه المنطقة في العضلة المنقبضة . وعند ازدياد معدل الانقباض تستمر خيوط الأكتين في الانزلاق حتى تتداخل مع بعضها البعض وعندئذ تغدو المنطقة H معتمة ومن هذا يتضح بأنه على الرغم من التقلص العضلي إلي أن طول الخيوط فيها لا يتغير فهي تنزلق فقط وتتداخل بين بعضها البعض.

تخضع جميع العضلات لقانون الكل أو لا شئ أي أنها إما تنقبض بكامل قوتها أو لا تنقبض على الاطلاق.)

تحدث عملية الانقباض العضلي تبعا للنظرية الانزلاقية التى قدمها "هوكسلى و هانسون" 1954م
حيث تنزلق خيوط الاكتين لتتقارب مع بعضها البعض خلال المسافات البينية الأجزاء خيوط المايوسين تسمى "الجسور المتقاطعة" حيث تتصل بخيوط الاكتين وتكون متجهة للخارج , وعند تحرر الطاقة الكيمائية لتتحول الى طاقة حررية وميكانيكية تتحرك هذه الجسور المتقاطعة الى الداخل فى اتجاه المايوسين وتجذب معها فتائل الاكتين المتشابكة بها , ويتم الانقباض العضلي وفقا لسلسة من التغيرات التى يمكن ان تتخلص فيما يلى

1- انقباض عضلة يُفسر بحدوث ما يسمى "دورة قنطرة عرضية" (بمعني دورة شد واسترخاء) بين فتيلات الميوسين والأكتين. ويأتي هذا الاسم من وظيفة رؤوس الميوسين وحركتها بين فتيلات الميوسين والأكتين

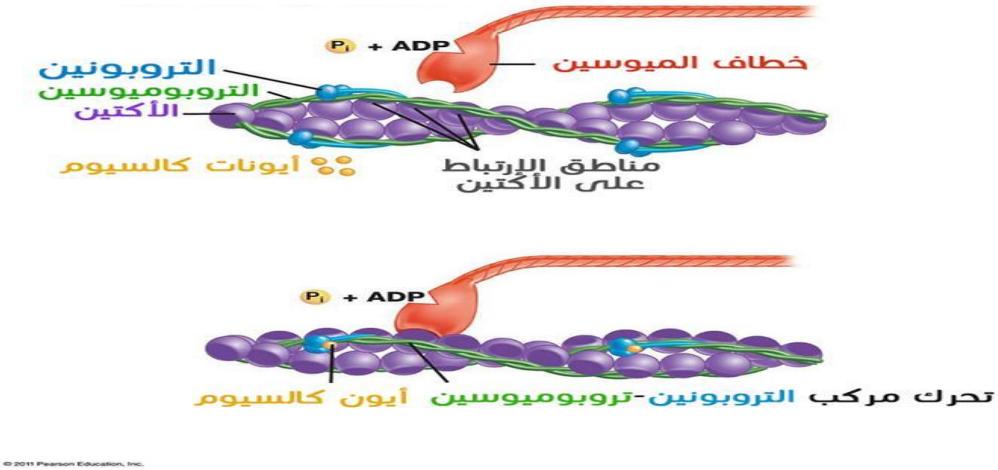
2- في حالة الهدوء (استرخاء العضلة) تكون فتيلة الأكتين في الخلية العضلية محزمة بفتيلات من التروبوميوسين و هي تغطي أماكن ارتباط رؤوس الميوسين على فتيل الأكتين

3- أدينوسين ثلاثي الفوسفات - ATP و هو مصدر الطاقة - يكون موجودا في داخل الميوسين، وتكون أوضاع الرؤوس بزاوية 90 درجة بالنسبة لجذع جزيء الميوسين.وتأتي نبضة عصبية تفرز أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) في الميوسين. يتسبب هذا الإفراز للكاسيوم في فعلين: يُنشط الكالسيوم انزيمات رؤوس الميوسين التي تحوّل الأدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP إلى ادينوسين ثنائي الفوسفات ADP وتحرر فوسفات . P_i تلك العملية تحتاج إلى أيونات مغنسيوم Mg^{2+}التي تقوم كعامل مساعد (مرافق) بفك رابطة الفوسفات من .ATP ومن جهة أخرى يترابط الكالسيوم على التروبونين الموجود على فتيل التروبوميوسين ويغير شكل التروبوميوسين بحيث يتعرى مكان الارتباط فيحدث تشابك بين الميوسين على الأكتين.

4- بمجرد حدوث تشابك بين الميوسين والأكتين فإن جزيء الفوسفا ت الذي لا زال مرتبطا برأس الميوسين يعمل على الفور أيضا على تحرير أدينوسين ثنائي الفوسفات . ADP بذلك يتحول الجهد على الميوسين إلى حركة ميكانيكية. وتغير رؤوس الميوسين وضعها من زاوية 90 درجة إلى زاوية 45 درجة بالنسبة إلى جزع الميوسين (هذه ضربة تشبه ضربات التجديف) وتسمى تلك الحركة قوة دافعة، وتُشد بذلك فتيلات الأكتين من اليمين واليسار إلى وسط حزمة الألياف العضلية(Sarcomere

5- تنتهي الدورة بذلك بحيث أنه يتجمع ATP جديد على الميوسين. فتحل رأس الميوسين نفسها من فتيل الأكتين ويعود هذين البروتينين إلى اتخاذ وضعيهما الأول وتستغرق تلك دورة القنطرة العرضية بين 10 إلى 100 ميكروثانية و هي تسحب الفتيلة مقدار 10 إلى 20 نانومتر ، و هذا يشكل تغيرا في طولها بمقدار 1%. ولكي يحدث تغير أكبر في الطول فإن الدورة تتكرر وتتبعها دورات عديدة. وبعد نحو 50 دورة شد واسترخاء ستنتج إزاحة كلية لحزمة الألياف العضلية بمقدر 50% من طولها أثناء الهدوء خلال جزء من الثانية.

هذا الوصف يخص ما يجري في خلية عضلية، والخلايا العضلية تكون متراصة طوليا بحيث تعمل في نفس الاتجاه لتقوم سويا بالحركة. فعندما تأتي إشارة من الدماغ إلى العضلة فإن الإشارة تتفرع وتتوزع بالأعصاب على جميع الخلايا العضلية، وبذلك تعمل مجموعة الخلايا العضلية جماعيا وتحدث حركة العضو، سواء يد أو ساعد أو رجل **(ريسان خريبط، 2001، صفحة 112)**



شكل(31) يبين أهم التغيرات التي الكميائية للانقباض العضلي داخل الوحدة التقلصية

1- . **التغيرات العصبية** : وهي عبارة عن تغيرات عدة ناتجة من الدماغ تقوم بإيصال الاشارة العصبية الصادرة من الجهاز العصبي لإثارة الياف عضلية معينة لاداء الانقباض.

2- **التغيرات الكهربائية** : وتتمثل في ازالة الاستقطاب (فرق الجهد) لجدار الخلية والذي يكون من (-90 الى +30) ويسمى فرق جهد الحركة والذي يؤدي الى ظهور الكالسيوم (++Ca) من الشبكة الساركوبلازمية الذي قد تجمع اثناء فترة الراحة.

العتبة التحفيزية (الفارقة) : وهي الحد الادنى للتنبيه العصبي الذي يكون (-90 الى -20 او +30)

3- **التغيرات الكيميائية** : ويعبر عنها بإفراز مادة (الاستيل كولن) من النهايات العصبية عند وصول الاشارة اليها (عند وصول الإيعاز الى الصفيحة العصبية النهائية) وهي نقطة التقاء العصبون باللويف العضلي , اذ ان استجابة الليف العضلي تحدث عن طريق هذا المركب الذي يخزن في حويصلات خاصة تتجمع في النهاية العصبية للعصبون (اي عند نهاية المحور) الذي ينتقل سريعا باتجاه الساركوليما وفي الصفيحة العصبية النهائية فقط , هذا الاتحاد يؤدي الى فتح منافذ للصوديوم للدخول الى داخل الليف العضلي وخروج الكالسيوم وازالة الاستقطاب وبوجود الانزيم المحلل للمركب استيل كولن (كولن ايسترايس) ان سرعة انتقال

السيال العصبي عبر الصفيحة العصبية النهائية يقد (1) م/ثا وبمسافة طولها (0.05) مايكرومتر تخيل سرعة هذا السيال.

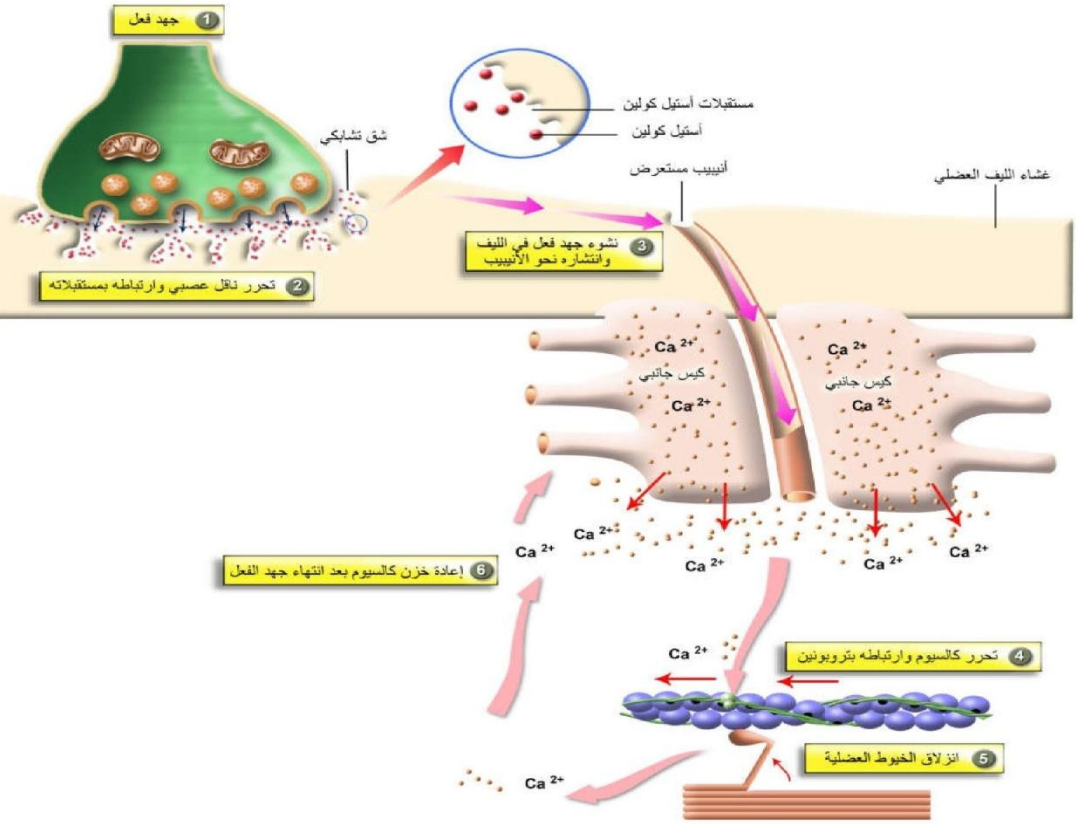
4- **التغيرات الحرارية :** تتم بواسطة فاعلية الكالسيوم في إيقاف نشاط تروبونين (I) الكابح وبالتالي تحرير انزيم (ATPase) من رأس المايوسين وبمساعدة انشطار (ATP) الى (ADP) وطاقة كخاصية انزيمية لرأس المايوسين الذي ينتج عنه الحركة .

5- **التغيرات الميكانيكية :** وتتمثل بالفعل الميكانيكي لاداء الحركة من خلال النظرية الانزلاقية سالفة الذكر, التي تنقسم الى المراحل الاتية:-

أ- المرحلة الاولى : (وتسمى المرحلة الخاملة): وهي المرحلة التي تلي الاثارة وفيها لا تتغير العضلة في شكلها , وتختلف مدة هذه المرحلة حسب نوع العضلة , فالعضلات السريعة تكون لها مرحلة خاملة قصيرة مثل عضلة العين على العكس من العضلات البطيئة فلها مرحلة خاملة طويلة .

ب- المرحلة الثانية (مرحلة الانقباض) : في هذه المرحلة يحدث اختلاف في تنظيم جزيئات الالياف العضلية مما يجعلها تنقبض , ونتيجة لذلك تقصر هذه الالياف , تختلف هذه المرحلة من عضلة الى اخرى اذ تأخذ بعض العضلات وقت قصير لتصل الى كامل انقباضها وبعضها تأخذ وقتا طويلا.

المرحلة الثالثة (مرحلة الارتخاء) : في هذه المرحلة تعود الالياف الى وضعها قبل الانقباض نتيجة اعادة تنظيم جزيئات هذه الالياف



شكل(32) يبين أهم التغيرات التي تحدث أثناء الانقباض العضلي

4-1- أشكال وأنواع الانقباض العضلي: types contraction de musculaire

تختلف أشكال الانقباض العضلي تبعا للتغير الذي يحدث في طول العضلة ومقدار مايتولد بها من توتر ينشأ عنه تحريك بعض أجزاء الجسم و هناك نوعان أساسيان من الانقباض العضلي هما:

4-1-1- الانقباض الأيزومتري(Isometric)

و هو الذي فيه يحصل توتر بالعضلة إلا أنه لا يحصل تغيير في طولها ولا يحدث فيه أي نوع من الحركة، ويستعمل هذا النوع من الانقباض في عمليات توقيف الحركة كدفع جدار حائط، أو الثبات في وضع لأداء لحركات الجمباز، وكذلك عندما يقوم الرياضي بحركة شد اليدين.

4-1-2- الانقباض العضلي المتحرك أو الديناميكي isotonique musculaire dynamique contraction

ويعرف هذا النواع بالانقباض المتغير في الطول مع توليد توتر في العضلة،ونتيجة ذلك تؤدي العضلة عملا ميكانيكا ظاهرا مثلما يحدث في العديد من الحركات التي نقوم بيها في حياتنا اليومية كالمشي والقفز ...وهذا الانقباض يوجد منه عدة أشكال منها:

أ- الانقباض اللامركزي(Eccentric)

وفيه تنقبض العضلة على عكس الانقباض الذي يسبقه أي في عكس اتجاه موقعها وهي تطول، وبذلك تؤدي رد فعل لإيقاف لدفع المقاومة، مثلما يحصل عند مقاومة ثقل الجسم من خلال العضلات المثبتة للذراعين في حركة النزول من الشد على العضلة، أو كما يحدث عند مقاومة عضلات الرجلين لثقل الجسم أثناء ثني الركبتين.

ب- .الانقباض المشابه للحركة إيزوكينتيك(Isokinetic)

وهو انقباض يتم على المدى الكلي للحركة وبسرعة ثابته، ويكون بالشكل الطبيعي لممارسة الحركات الفنية التخصصية مثل حركات الشد في السباحة أو التجديف.

4-1-3- الانقباض البليومتري(Plyometric)

وهو انقباض متحرك ويتكون من عمليتين متتابعتين في اتجاهين مختلفين، كما يبدأ الانقباض بحصول مطاطية سريعة للعضلة، كرد فعل لتحميل متحرك مما يؤدي في بداية الأمر إلى حصول شد على العضلة لمواجهة المقاومة السريعة الحاصلة عليها، فيحصل نوع من المطاطية في العضلة يعمل على تنبيه أعضاء الحس فيها، فتقوم بعمل رد فعل انعكاسي يحصل بسببه انقباضاً عضلياً سريعاً يتم بطريقة تلقائية.

ويحدث ذلك عند أداء الكثير من الرياضات كأداء الوثب لأعلى التي يقوم بها لاعبو حائط الصد في كرة الطائرة، ويكون ذلك متمثلاً في جميع حركات الارتقاء التي تكون قبل مهارات الوثب بأنواعه المختلفة، والحركات التمهيدية التي تسبق مهارات الرمي وركل الكرة. **(ريسان خريبط، 2001، صفحة 129)**