فسيولوجيا الإنقباض العضلي

ا.م.د شيماء محمد ابوزيد

انواع عمل العضلات

هناك العديد من الاعمال للعضلات الموجودة في جسم الانسان وهي كما يأتي :

1- العضلات العاملة : وهي العضلات المسئولة التي تقوم بالعمل العضلي الفعلي او الاداء الذي ينتج عنه الانقباض سواء المتحرك او الثابت .
2- العضلات المعاكسة : وهي العضلات التي تكون بالاتجاه المعاكس (المضاد) للعضلات العاملة وتكون في حالة انبساط عند عمل العضلات العاملة .
3- العضلات المثبتة : ووضيفتها تثبيت المفصل عند اداء الحركة وبالاتجاه والوضع الذي يخدم الحركة وجمالها وانسيابيتها.
4- العضلات المساعدة : وهي العضلات التي تعمل بصورة جزئية او بسيطة عند اداء الحركة الفعلية فهي تنقبض نتيجة لاشتراكها ضمن المدى الحركي للمفصل الذي تتمفصل عليه.

انواع الانقباض العضلي :

1- الانقباض المركزي : وهو الانقباض الذي يتم فيه انقباض العضلة نحو مركزها عن طريق التغير في طول الليف العضلي (تقصير) وهو انقباض متحرك مثل حركة الكيل للذراعين صعودا.
2- الانقباض اللامركزي : وهو عكس الانقباض الاول من حيث الاتجاه ويحدث عكس اتجاه مركز العضلة , اي باتجاه المنشيء والمدغم للعضلة ويحدث فيه (تطويل) العضلة مثل حركة النزول في تمرين الكيل للذراعين.
3- الانقباض الايزو كنتك : ويتم على المدى الكامل للحركة ويأخذ الشكل الصحيح للاداء في الحركات الفنية التخصصية مع وجود مقاومة مثل حركة الشد في السباحة , التجديف.
4- الانفباض البلايومتري : ويحدث هذا الانقباض في اتجاهين مختلفين متعاكسين اذ يكون الاتجاه الاول عكس المركز (لامركزي) يعقبه فترة كمون ثم يتم الانقباض الاخر باتجاه المركز (مركزي) مثل حركة القفز على الموانع , او الضرب بالقدم للكرة.
5- الانقباض الثابت : وهو الانقباض الذي يتم بدون اية حركة للمفصل ويتم فيه الاداء عند زاوية معينة مثل دفع جدار او الثبات في وضع الانثناء النصفي (2/1 دبني) .... الخ .

الية حدوث الانقباض العضلي :

تحدث عملية الانقباض العضلي تبعا للنظرية الانزلاقية سابقة الذكر اذ تنزلق فتائل الاكتين الحلقية على خيوط المايوسين, المئات من الاكتين في (1) ثانية لتتقارب مع بعضها البعض خلال المسافات البينية لاجزاء فتائل المايوسين (المنطقة العارية) ويحدث ذلك بمساعدة ما يسمى (بالجسور المستعرضة) اذ ان دور هذه الجسور يؤدي الى قوة ميكانيكية وهو عبارة عن عملية اتحاد وفك الاتحاد ما بين المايوسين والاكتين وفي كل عملية اتحاد وفك الاتحاد ما بين المايوسين والاكتين وفي كل عملية اتحاد وفك نخسر (1) جزيئة (ATP) وتكون السرعة متباينة ما بين الليف الابيض والاحمر , وعليه لاداء اية فعل ميكانيكي يجب ان تكون (سرعة التكرار) دورة الجسور المستعرضة موازية للفعل الميكانيكي المنجز ففي حالة :-

أ- تتساوى زيادة سرعة التكرار دورة الجسور المستعرضة مع الفعل الميكانيكي يكون التقلص ثابت .

ب- في حالة زيادة سرعة تكرار دورة الجسور المستعرضة مع الفعل الميكانيكي يكون التقلص متحركا.

وعليه تحدث عملية الانقباض العضلي نتيجة التغيرات الاتية:-

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.

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

آلية عمل العضلة

يتم عن طريق إشارة كهربائية عصبية تنتقل من الدماغ الى خلايا العضلات وعندها تستجيب العضلة للإنقباض و الإرتخاء محدثة الحركة.

انزلاق خيوط الميوسين على خيوط الاكتين يتم بواسطة الطاقة. تستمد العضلات طاقتها بواسطة مادة كيماوية في الجسم كله، تسمى ثالث فوسفات الأدينوزين (ATP) .

تحفيز عصبي يحلل هذه المادة إلى مادة كيماوية أبسط تسمى ثاني فوسفات الأدينوزين (ADP) + طاقة.

تقوم هذه الطاقة بتحريك الليفات العضلية للعضل التي تقلص الألياف العضلية.

<u>أولا : الإنقباض العضلي:</u>

تتم هذه العملية من خلال نظرية فسيولوجية معروفة وهي النظرية (الإنزلاقية)، وتقسم تلك النظرية أن عملية الإنزلاق تتم من خلال جسور متقاطعة تصل الأوكتين بالميوسين حيث تكون متجهة للخارج قبل الإنقباض العضلي، وعندما تتحرر مواد الطاقة الموجودة بالدم والمختزنة بالعضلات فإن هذه الطاقة تؤدي إلى تحريك تلك الجسور المتقاطعة إلى الداخل وإنزلاق الخيوط لإتمام عملية الإنقباض العضلي .

<u>ثانيا : الإرتخاء العضلي:</u>

يحدث الإرتخاء العضلي بعودة الألياف العضلية إلى ما كانت عليه قبل الإنقباض. أي أنه يحدث فك بالجسور المتقاطعة وتتجه الجسور المتقاطعة إلى الخارج وتتم هذه العملية بعد توقف العصب الحركي عن توصيل الإشارات العصبية إلى الألياف العضلية، وعليه يتوقف إنتاج الطاقة الكيميائية الحرارية التي كانت سببا في تشابك جسور التقاطع وتظهر أهمية الإرتخاء أنه يعطي فرصة للعضلة لكي تحصل على إحتياجاتها من الطاقة .

أنواع الانقباض العضلي والعوامل المؤثرة فيه:

أنواع الانقباض العضلى:

هناك أنواع أساسية للإنقباض العضلي إما أن تتم بصورة فردية أي يحدث الإنقباض عن طريق نوع واحد أو يتم الإنقباض من خلال عدة أنواع متجمعة.

أولا: الإنقباض العضلى المتحرك:

هو أكثر أنواع الإنقباض شيوعا، وذلك لأن الإنقباض العضلي فيه يكون مصحوبا بتحريك عضو معين أو مفصل محدد ويلاحظ في هذا النوع من الإنقباض أن العضلات لا تخرج كل قوتها أثناء الإنقباض ولذلك لا تشعر بالتعب سريعا .

ثانيا : الإنقباض العضلى الثابت:

يحدث هذا النوع من الإنقباض العضلي في حياتنا العادية بصورة قليلة كأن يقوم الفرد بمحاولة دفع سيارة معطلة أو دفع جدار حائط وبالنسبة للنشاط الرياضي نلاحظ ذلك في رياضة الجمباز أو عند المصارعة، وفي هذه الحالة يصبح بالإمكان إنتاج قوة عضلية كبيرة دون إظهار حركة واضحة للعضلات العاملة لأن العضلة في هذه الحالة تكون في طولها المثالي من حيث تنظيم خيوط الأوكتين والميوسين والجسور المتقاطعة ويصاحب هذا الإنقباض سرعة الشعور بالتعب إذ تقل نسبة إمداد العضلات بالأكسجين.

ثالثا : الإنقباض العضلى المشترك (الثابت المتحرك):

يمكن ملاحظة هذا النوع من الإنقباض العضلي كثيرا أثناء أداء الحركات الرياضية حيث تقوم العضلات بالعمل في ظل ظروف قريبة من الإنقباض العضلي الثابت المتحرك، مثال ذلك في رياضة السباحة ومقاومة الماء حيث يتم الأداء فترات الراحة ثم فترات أخرى بالإنقباض العضلي.

العوامل التي تؤثر على القوة العضلية

- العوامل الخاصة بالعضلة:

- الفروق الميكانيكية التي تؤثر على قوة الشد العضلي مثل تأثير الذراع الرافعة وزاوية عمل القوة ـ وضع الجسم .

- طول العضلة حيث أن طول العضلة المثالي هو الذي يسمح لعدد أكبر من أهذاب الميوسين أن تنشط لتوليد قوة تسمح بإتمام عملية الإنقباض بالإظافة إلى علاقة طول العضلة بالشغل فإن أقصى مسافة تقصرها العضلة 1-2 طولها وقت الراحة ومعنى هذا أنه إذا ما طولت العضلة قبل بدأ العمل فسيكون التقصير أطول.

- العوامل الخاصة بالتوافق "المركزية":

وهي ترتبط بالجهاز المركزي وكفاءته في إدارة الجهاز العضلي ويمكن تقسيم هذه العوامل إلى مجموعتين هما:

- العوامل الميكانيكية الخاصة بالتوافق بين العضلات الرئيسية التي تقوم بالحركة المطلوبة وبين العضلات المقابلة بحيث يتم عمل كل مجموعة عضلية في الوقت و بالقدر المطلوب.

- العوامل الميكانيكية داخل العضلة وتشمل عدد الوحدات الحركية المشتركة في العمل.

- القوى الإحتياطية:

يصعب على الجهاز العصبي المركزي أن يدفع العضلة لإنتاج أقصى قوة إرادية لها وهذا يعني أن القوى الناتجة عن الإنقباض الإرادي أقل من القوى الحقيقية ويسمى الفرق بين القوة الحقيقية والقوة الإرادية بالقوة العظمى الإحتياطية .

ويلعب العامل النفسي دورا كبيرا في إخراج القوة الإحتياطية وهذا ما يفسر تحسين مستوى الأرقام للاعبين ومستوياتهم خلال التدريب العام و الخاص أو بطريقة جماعية كإجراء تدليك أو الحرارة الموضعية بواسطة الأجهزة المعدة لذلك.

- فترة الأنقباض العضلي :

طول فترة الإنقباض العضلي تقلل من قوة الإنقباض بينما قصر الإنقباض تزيد في قوة الإنقاض العضلي، لذلك إذا أردنا تحقيق أقصر قوة علينا إخراجها في أقل زمن ممكن .

- نوع الألياف العضلية :

أ ألياف عضلية حمراء (بطيئة):

تتميز بقابليتها القليلة للتعب كما تنتج عن إستثارتها إنقباضات عضلية تتميز بالقوة والبطء ولفترات طويلة كعضلات البطن.

ب ألياف عضلية بيضاء (سريعة):

فإنها تتميز بسرعة الإنقباض مع قابليتها السريعة للتعب كالعضلة ذات الرأسين الفخذية .

- التوافق العصبى العضلى:

يرتبط إنتاج القوة العضلية بحالة الإثارة العصبية الصادرة من الجهاز العصبي المركزي وبالتوافق استجابة المجموعات العضلية بهذه، فكلما كان التوافق بن العضلات والأعصاب المغذية لها عاليا كان الإنتاج من القوة أكبر.

- حجم الألياف العضلية :

كلما زاد حجم الألياف العضلية زادت القوة العضلية وكلما قل الحجم قلت القوة العضلية ويعمل التدريب الرياضي على زيادة حجم الألياف العضلية وترجع الزيادة العامة في حجم العضلة إلى زيادة مكونات كل ليفة عضلية من حيث زيادة خيوط الأوكتين والميوسين ولزيادة الشعيرات الدموية المغذية للعضلة ولقوة الأوتار العضلية أيضا.

- إثارة الألياف العضلية:

تخضع الألياف العضلية لقانون الكل أو العدم، إذا وقع مثير على الليفة العضلية الواحدة فإنها إما ان تقبض بكاملها أو لا تقبض إطلاقا و يسري هذا القانون على العضلة كلها ويسري على الألياف العضلية المكونة لها والسبب هو أن العصب الواحد يقوم بتغذية مجموعة من الألياف العضلية بالمعلومات الحركية، وعليه فإن القوة المتوقع إخراجها من المجموعات العضلية مرتبطة بدرجة وشدة الإثارة.

- تهيئة الألياف العضلية:

المقصود بذلك إعطاء العضلات الإحماء اللازم لها بغرض تدفئة الألياف العضلية الداخلية المكونة للعضلة وتتم التدفئة إما بشكل طبيعي من خلال القيام ببعض التمرينات العامة والخاصة أو بطريقة جماعية كإجراء التدليك أو الحرارة الموضعية بواسطة الأجهزة المعدة لذلك.