

التغيرات التي تحصل في العضلة اثناء تحفيزها

اذا حفزت العضلة بحافز معين بشكل **مباشر** في العضلة ذاتها او **غير مباشر** بواسطة تحفيز اليافاها ففي جميع الحالات تحدث في العضلة عدة تغييرات اهمها



**MORPHOLOGICAL** اولاً- التغيرات المورفولوجية

**EXCITABILITY** ثالثاً- التهيجية التغيرات **ELECTRICAL CHANGES** ثانياً- التغيرات الكهربائية **CHANGES**

**MECHANICAL CHANGES** رابعاً- التغيرات الميكانيكية

**CHEMICAL CHANGES** خامساً- التغيرات الكيميائية  
اولاً- التغيرات المورفولوجية

تشمل التغيرات الشكلية التي تطرأ على العضلة عند حدوث التقلص العضلي ,  
أي كيفية حصول الانقباضات العضلية

والأسترخاء ودور الألياف العضلية خلال هذه العمليات. إن انقباض وأنبساط العضلة التي تتكون من **myofibren** يحدث بسبب انقباض وأنبساط الألياف العضلية المايوفيرين الخيوط البروتينية لويقات المايوسين السميقة والتي تمتاز بخاصية المطاطية العاليه ولويقات الأكتين الرفيعة , حيث تترتب هذه اللويقات على شكل حزم **إن هذا الانقباض يتطلب طاقة كما إن رجوع العضلة إلى وضعها الأصلي أي انبساطها يحتاج إلى طاقة أيضاً**

ثانيا- التغييرات الكهربائية: تتمثل في انعكاس او زوال الاستقطاب اي انعكاس فرق الجهد الكهربائي لجدار الخلية العضلية الذي يعادل 110 مللي فولت ( ويشمل 80 مللي فولت فرق الجهد في الراحة مضافا له 30 مللي فولت عند الاستثارة العصبية) سمي ذلك فرق جهد الحركة. ويظهر الكالسيوم من شبكة الساركوبلازم

ويتميز الخلايا الحيه بالقدرة على التجاوب مع المؤثرات , وعند التحليل الكيميائي للأملاح الموجودة في السوائل خارج وداخل الخلية , وجد ان العنصرين الاساسيين في الخلية هما الصوديوم والبوتاسيوم اللذان لهما اهمية كبيره في المحافظة على حجم الخلية ونشاطها



## الصوديوم



لذلك فإن **الصوديوم** ونظرا لوجوده **خارج الخلية** بكمية اكبر 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 الاخرى , **ونظرا** لكون **جزيئات الصوديوم كبيرة الحجم** اضافة الى قابليتها للاتحاد مع الماء لا تستطيع المرور من خلال فتحات الغشاء فتتجمع خارجه

البوتاسيوم : اما **البوتاسيوم** فيوجد **داخل الخلية** في حالة اتحاد مع **الحوامض العضوية** يحاول **الخروج من الخلية** لكنه ايضا لا يستطيع ويبقى عند فتحات الغشاء من الداخل حيث يمثل **الشحنة السالبة** من الاملاح 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 الى الداخل حيث يصبح السطح الخارجي ذو جهد كهربائي اعلى من السطح الداخلي وبسبب **فرق الجهد** على غشاء الخلية يسمى غشاء الخلية **بالغشاء المستقطب** لوجود **قطبين** **لاحدها جهدا اكبر من الاخر** في حالة **الراحة التامة** تكون العضلات في حالة **استقطاب متعادل** الذي يتمثل بتعادل الشحنات الكهربائية على السطحين الداخلي والخارجي للغشاء المحيط



تسير موجة الاستقطاب على سطح الغشاء محدثة جهد استقطابي على غشاء الليفة العضلية . وبعده مباشرة يحدث تغيير آلي ( ميكانيكي ) في العضلة قابل بعدئذ للتحول الى شغل

**ان جميع الانسجة الحيه لها القابلية على التهيج** ولكن بدرجات مختلفة, بعضها له قابليه عالية جدا للتهيج والآخر تقل قابليته , **ان الانسجة ذات التهيج العالي تستجيب للحوافز اسرع واكثر** من الانسجة الاخرى ذات التهيج الاقل عند وصول حافز الى نسيج عضلي ذو قابليه تحسسيه اعتياديه سوف يستجيب للمحفز ويحدث فعلا تقلصيا ولكنه بنفس الوقت يحدث تغيير في قابلية التهيج, لذلك النسيج ويتمثل

**يسمى بدورة العصيان** وكلما ازدادت قابلية التهيج كلما **تأثرت التغييرات التهيجية** **ازدادت سرعة الاستجابة للتحفيز والعكس صحيح**

عندما تقل قابلية تهيج النسيج الى حد الانعدام يصبح النسيج غير قادر على الاستجابة - رابعا-التغييرات

### الميكانيكية

وهي كيفية تحول الطاقة الكيميائية إلى الطاقة ميكانيكية (حركية) لانتاج شغل. **تقلص العضلة اليا بعد حدوث الجهد الاستقطابي ويزداد سمكها ويبقى حجمها ثابتا ويمكن ان تنجز شغلا عندما تستخدم مقاومه معينه . لشغل**

المنجز = الثقل ( المقاومة ) × المسافة ن مصدر الطاقة الميكانيكية يكمن في الطاقة الكيمياوية

إلى حالته غير وينفصل عن **مما يؤدي إلى توقف تحلله ATP** (أما عند توقف الإثارة (النبضة العصبية **حينها يفقد** المايوسين مطاطيته وينفصل الاكتين عنه مما يسبب الأسترخاء العضلي . ن الاكتين ليست له قابلية على إحداث انشطار ثلاثي فوسفات الاديونوزين كما في المايوسين والاكثومايوسين , وتستطيع العضلة أن تتمدد بحدود 65 – 150% من طولها الأصلي في حالة الأسترخاء والراحة

## خامسا- التغييرات الكيميائية

يقصد بها مصدر الطاقة اللازمة لحركة العضلة ونوعها وعمليات الايض ومسؤولية بناء الطاقة الميكانيكية , تبدأ عند افراز مادة الاستيل كولين من النهاية العصبية عند وصول الاشارة العصبية

### يشكل المايوسين

الجزء الرئيسي في الألياف العضلية ويعمل أيضاً عمل الأنزيمات حيث يساعد في تحلل ثلاثي فوسفات الاديونوزين ال **ATP** المادة الفعالة في التفاعلات الكيميائية إلى **ADP** وفوسفات كذلك فإن جزء من الطاقة الناتج من عمليات الايض (غير الحرارية) يخزن في جزيئة ال **ATP** عند بنائه من اتحاد **ADP** ثنائي فوسفات الأديونوزين) و **CP** (فوسفات الكرياتين

**ATP** ان الجزء المحزون من الطاقة الكيمياوية سينحرر عند انطلاق جزئيه الـ  
وبمساعدة المايوسين الذي يعمل كإنزيم ويساعد على تحلل ثلاثي فوسفات الاديونوزين  
الى ثنائي فوسفات الاديونوزين وفوسفات ، **حيث تتحرك الطاقة المتحررة إلى طاقة  
حركية تخدم عمليات التقلص والإنبساط العضلي وان الكلوكوز متعدد الفوسفات يتجزأ**  
وان الكلوكوز متعدد الفوسفات يتجزأ الى **ATP** الى **تحلل حامض الفوسفورمكونة**  
**حامض اللبنيك ويتحرر حامض الفسفور ومن هذا يتكون فوسفات الكرياتين ، كذلك**  
**حامض اللبنيك يعد مصدرا لاعادة تكوين الكلاوجين**

**: سادسا : التغييرات الحرارية**

تظهر الحرارة اولا عند تقلص العضله وانبساطها ولا تعتمد على وجود الاوكسجين **ATP** و  
**CP** وعندما تتقلص العضلة في  
غياب الكلاوجين الاوكسجيني . عند وجود الاوكسجين وبعد انبساط العضلة تظهر الحرارة  
المتأخرة الهوائية، التي تتولد لفترة طويلة ولعدة دقائق ،  
حيث ترافق ازالة حامض اللبنيك من العضلة عند اكسدته الى ثنائي اوكسيد الكربون وماء  
بصورة مباشرة او غير مباشرة