



كلية العلوم

القسم : علم الحيوان

السنة : الثالثة

المادة : فزيولوجيا حيوانية

المحاضرة : الثانية/عملي /

{{{ A to Z مكتبة }}}}

مكتبة A to Z Facebook Group

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنولوجيا المعلومات والاتصالات

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960



## الجلسة العملية الثانية

### دراسة انقباض العضلات Muscle contraction واستخدام الـ Kymograph

يستخدم جهاز تسجيل الحركة (الكيموغراف kymograph) لدراسة انقباض العضلات واختبارات استجابتها ميكانيكياً لبعض المحفزات، حيث تعمل الرافعة على تضخيم حركة العضلات وتسجيلها على ورق ملصق على أسطوانة الجهاز.

**تعتمد عملية التقلص العضلي على عوامل عدّة منها:**

- ١- الناقل العصبي أسيتيل كولين حيث يؤثر على الليفية العضلية فيحدث التقلص .
- ٢- بروتينات التروبوميوسين والميوسين والأكتين الداخلة في تركيب الليفيات العضلية والتي تتأثر بالمحفزات العضلية .
- ٣- أيونات الكالسيوم المتحركة داخل وخارج الخيوط العضلية وانقباض وانبساط العضلات اعتماداً على المؤثر العصبي.

**من أنواع التقلص العضلي:**

١. التقلص النفضي (استجابة لمنبه واحد): بشكل نفضة وتم سريعاً على ثلاثة مراحل. ومفاهيم المنبه الحدي، والمنبه الأقصى (حيث أن لكل عضلة عتبة تتبهية، وحد أقصى من الإستجابة والتقلص).
٢. تقلص جمع النفضات (استجابة لمنبهات متsequente): يحدث نتيجة تعرض العضلة لعدة منبهات متقاربة وتتقلصها.

### دراسة النفضة العضلية Muscle Twitch

النفضة العضلية البسيطة هي تقلص عضلي سريع ووحيد، استجابة لمنبه مفرد ، بشدة ملائمة. يمكن تسجيل التقلص العضلي الناتج عن تأثير منبه كهربائي قصير الأمد ذو شدة معينة من خلال التأثير على العصب الوركي المغذي للعضلة البطنية الساقية للضفدع، والتأكد من تأثير العصب عليها، ويسمى المنحني البياني الناتج مخطط النفضة العضلية البسيطة.

**عتبة التتبه:** هي أدنى شدة منبه تستجيب عندها العضلة(تتبه).

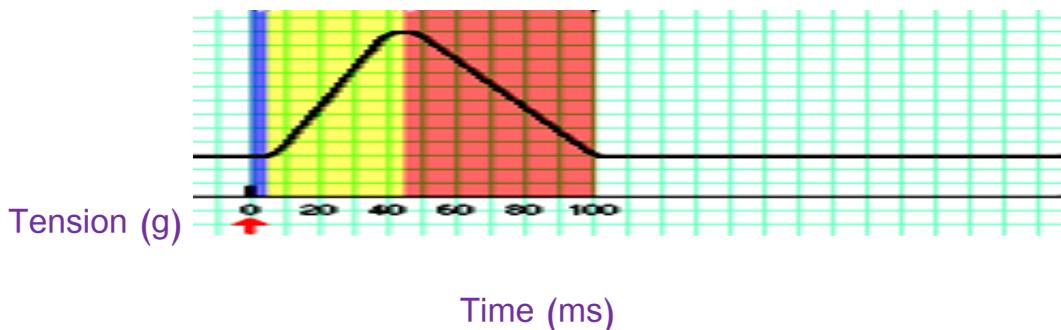
يمكن أن يكون التتبه بطريقتين:

إما بالتأثير المباشر على العضلة أو غير المباشر عن طريق العصب الوركي. يمكن عزل عضلة بطن الساق كليا، كما يمكن تركها على مستوى الضفدعه وقطع وتر العقب، مع ضرورة تخريب الدماغ والنخاع الشوكي لتجنب كل حركة إرادية.

تبدأ التجربة بتبيه وحيد للعصب الوركي عند الصدف، بشدة مناسبة، ينتقل الى العضلة البطن ساقية محدثا التقلص والاسترخاء السريعين للعضلة (تقلص عضلي وحيد). راسماً منحنى بياني لتأثير المنبه الكهربائي ( مخطط التقلص العضلي البسيط).

وللنفضة العضلية كاملة (١٢٠ ملي ثانية) ثلاثة أطوار هي:

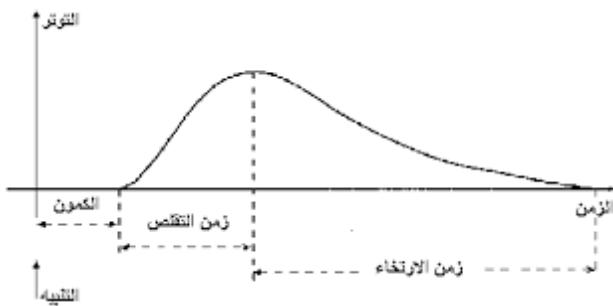
**١. الطور الكامن Latent Period أو التحضيري:** أقصر الأزمنة (بضع - ٠٠١ ملي ثا)، وهو الزمن الفاصل بين بدء التبيه وبدء الاستجابة والتقلص، وهو الزمن اللازم لبدء كمون الفعل في العصب الوركي وانتقاله على امتداد العصب وصولاً إلى المشبك العصبي العضلي، وتحرير الأسيتيل كولين الذي يؤثر في الغشاء بعد المشبكي مطلقاً كمون الفعل الذي ينتشر ضمن الألياف العضلية (محدثاً نزع استقطاب أغشية الليف العضلي والأنابيب العرضانية وتحرير أيونات الكالسيوم من مخازنها إلى العصارة الخلوية) ومحرضاً التقلص وبدء ارتباط الجسور المستعرضة دون ملاحظة التناصر في طول العضلة.



الشكل (١) مراحل النفضة العضلية البسيطة

**٢. طور التقلص أو الاستجابة العضلية:** هو الزمن بين بدء الإستجابة وذروة التقلص، يقدر بـ ٤٠ ملي ثا، وهو الزمن اللازم لتناصر العضلة إلى الحد المطلوب، وهو يحدث نتيجة عمل جسور الميوتين المستعرضة، وتناصر القسيمات العضلية (وتدخل - إنزلاق - خيوط الأكتين والميوتين). وهو يتأثر بحرارة الوسط فيزداد بانخفاضها والعكس بالعكس.

**٣. طور الاسترخاء Relaxation Phase:** هو الزمن بين ذروة التقلص ونهايته. أطول الأزمنة ويقدر بـ ٧٠ ملي ثا، وهو الزمن اللازم للضمخ الفعال لأيونات الكالسيوم إلى داخل الشبكة الهيولية العضلية، وتوقف عمل الجسور المستعرضة (إنفصال رؤوس الميوتين عن خيوط الأكتين) وعودة العضلة إلى طولها الأصلي قبل التقلص، ودخول فترة الراحة، واستعادة مقوماتها الأصلية من طول وتوتر وتوزع للشوارد على جانبي غشائها الخلوي.



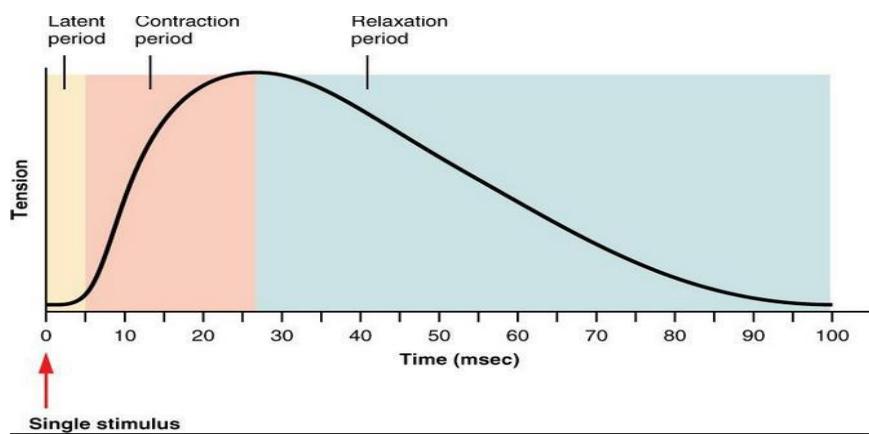
الشكل (٢) تسجيل النفضة العضلية البسيطة

يتميز المنبه الكهربائي بسرعة الاستجابة والتحكم بشدته.

تعتمد سرعة التقلص العضلي على مقدار الحمولة التي ترفعها العضلة، ونمط الألياف المقلصية (ألياف سريعة أو بطيئة النفضة).

**الأدوات والأجهزة المطلوبة:**

جهاز الكيموغراف - رافعة التسجيل - مؤشر حبري - لوحة تثبيت الصندوق - علبة تشريح - دبابيس - قطن - شاش - (سائل رنجر - لوك Ringer-Locke) - مساري كهربائية.



الشكل (٣) النفضة العضلية البسيطة

١- الطور الكامن ٢- طور التقلص ٣- طور الاسترخاء دوران الاسطوانة ٤٠٠ ملم/ثا.

## تحضير العصب الوركي وعضلة بطن الساق في الضفدع:

تميز العضلة الساقية البطنية للضفدع بفعاليتها في التنقل والقفز، ويتصف العصب الوركي بوضوحه وسهولة كشفه. كما أنه ينبغي تغذية العصب بسائل رينغر أثناء العمل لمنع تجفافه وفقدان خصائصه الفيزيولوجية.

### طريقة العمل:

1. يتم تتخیع الضفدع وتخرب المراكز العصبية (المحور الدماغي الشوكي)، حسب الطريقة المعتادة.
2. يقص جلد الضفدع حلقيا حول الخصر أو أعلى الفخذ.
3. يمسك الجلد بمساعدة قطنة باليد اليمنى، وجسم الضفدع ورأسه باليد اليسرى، ثم يسلخ الجلد بسحبه نحو القدم وفصله تماماً.
4. يوضع الضفدع بحيث يكون ظهره للأعلى وبطنه على لوحة التثبيت. ويمكن تثبيت الضفدع على اللوحة الفلينية بدبابيس مع إبقاء أحد طرفيه السفليين حراً.
5. تحرر العضلة الساقية البطنية Achilles tendon ووتر أخيل Gastrocnemius muscle.
6. يربط وتر أخيل بخيط (طول 15 سم) ثم تحرر العضلة الساقية البطنية ومعها الوتر حتى مفصل الركبة تماماً بقطع الوتر من جهة القدم بحيث تبقى العضلة مربوطة من وترها فقط.
7. تقطع كامل الساق تحت الرضفة (أسفل الركبة) مع البقاء على العضلة ووترها.

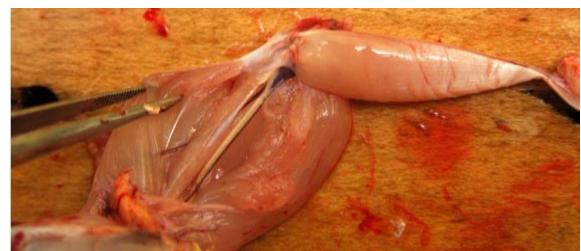


القص من الخصر وسلخ الجلد



تحديد العضلة الساقية البطنية ووتر أخيل

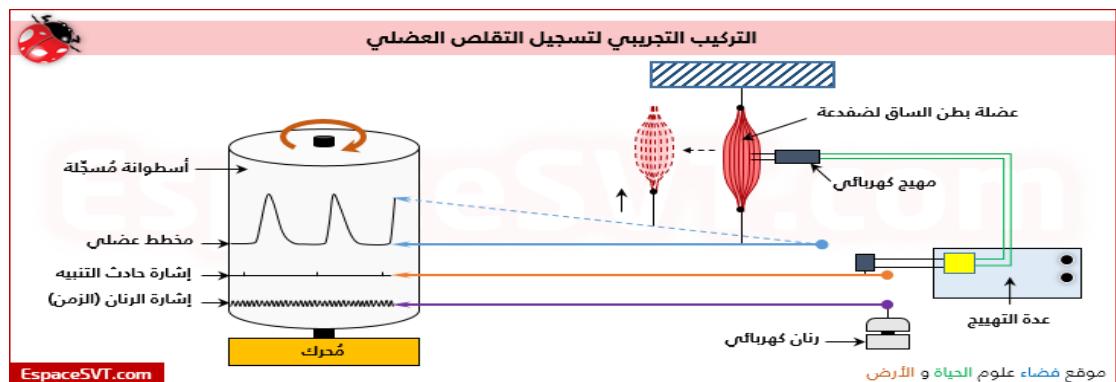
8. التأكد من ثبات الضفدع على الحامل ومنع انزياح العضلة الساقية البطنية.
9. تباعد عضلات السطح الظاهري للفخذ بالضغط بواسطة الإبهامين باتجاه الناحية الوحشية بحذر. فيظهر خيط أبيض مصفر لماع هو العصب الوركي Sciatic nerve.



باعد بين العضلات الفخذية بالضغط بالإبهامين  
اربط الوتر ثم قص الساق من الرضفة مبقيا  
على العضلة ووترها

#### الشكل (٤) طريقة تحضير العصب الوركي والعضلة

١. يحرر العصب الوركي Sciatic nerve من بين العضلات الظهرية للفخذ وحتى منطقة العمود الفقري بحذر.
٢. تثبت لوحة الضفدع على الحامل الخاص بها، ثم يربط الطرف الحر للخيط المتصل بالوتر برافعة مؤشر التسجيل بحيث تكون الرافعة أفقية والخيط عموديا عليها.
٣. يوضع المسريرين الكهربائيين المتصلين بأقطاب التبيه **الداخلي** لجهاز التبيه، بجانب العصب أو تحته (حيث يتحقق التماس دون تمطيط العصب أو أذيته) ويكون البعد بين المسريرين بحدود (سم) لتحاشي التماس وتفریغ الشحنة.
٤. توصل أقطاب التبيه الخارجي لجهاز التبيه مع الكيموغراف.
٥. يثبت مفصل الركبة بدبوس.



#### الشكل (٥) التبيهات المباشرة بوضع إلكترودين مهيجين على سطح العضلة (المعزولة كليا)

- ١٥- يحافظ على العضلة رطبة بالإضافة محلول رينغر (محلول فسيولوجي تركيز ٦,٥ غ/لتر) كل فترة.

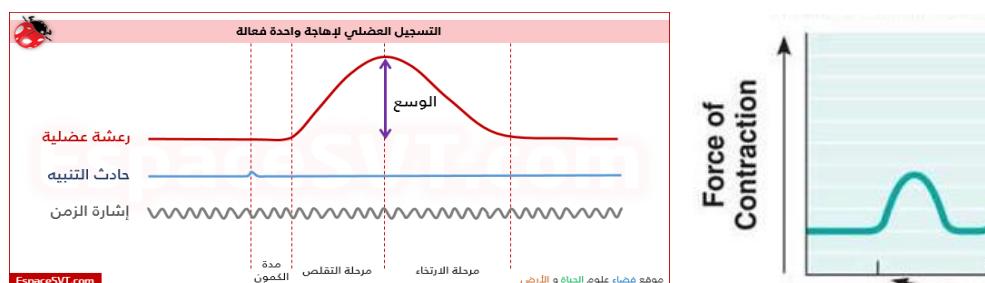
١٦. يوضع مفتاح التبيه على Single (يوضع مفتاح تواتر التبيه على الخيار ١ هرتز HZ تبيه واحدة في الثانية) ومفتاح عرض الصدمة  $0.5 \text{ m/s}$  ، وتحدد سرعة دوران الاسطوانة  $20 \times 5$  (أو  $25 \text{ سم / ثا}$ ) ، وشدة التبيه ٥ فولت ( $10 \times 0.5$ )، يمكن زيادة الشدة إذا احتجنا لذلك من أجل أن تكون سعة النفضة عالية، ويوقف الدوران باستخدام المفتاح Start.

١٧. يقرب المؤشر الحبرى من الأسطوانة بحيث يحقق تلامساً خفيفاً معها.

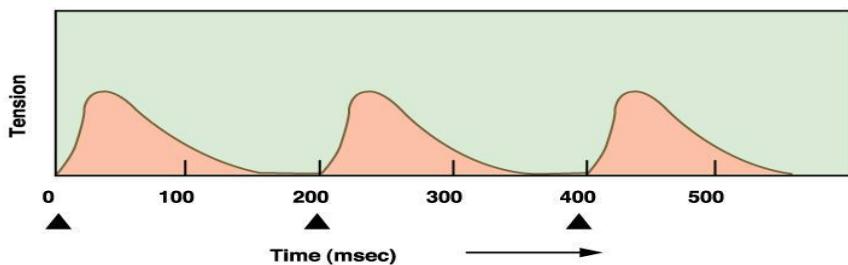
١٨. السماح للاسطوانة بالدوران ثم الضغط على مفتاح التبيه Single بسرعة وملحظة إضاءة المؤشر الضوئي عدة مرات (بحسب ما تسمح به فترة دورة واحدة).

من الأفضل استخدام الذراعين الموجودين على حامل الاسطوانة بحيث يكونا على استقامة واحدة و هنا نضع المفتاح على الوضعية Trig.key. عند سحب مفتاح Start وإعادته إلى وضعه بسرعة نحصل على دورة واحدة ونفضلتين عضليتين بسبب ملامسة ذراع التبيه لقاطعة الموجدة على جسم الكيموغراف.

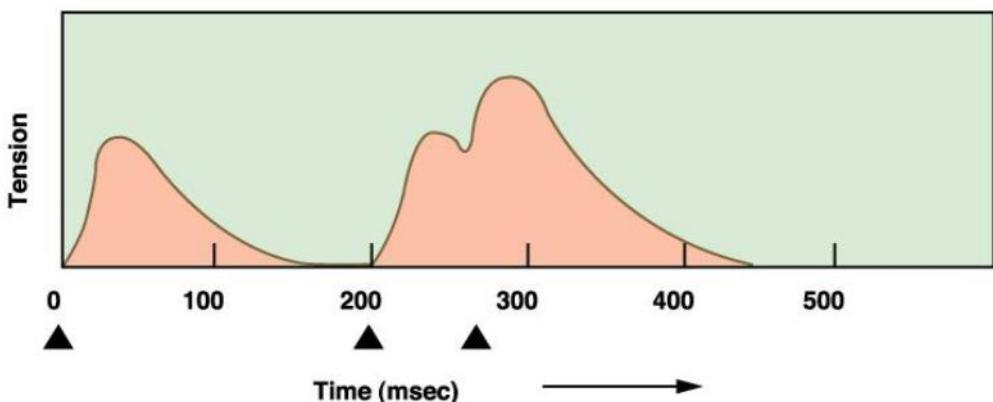
يشغل الجهاز بالضغط على **On** وعند رسم منحنى النفضة يتم إيقاف الجهاز عن الدوران مباشرةً وذلك بالضغط على **Off** يمكن حساب أزمنة النفضة العضلية تبيه العصب الوركي بمنبه واحد مناسب الشدة ← نفضة عضلية بسيطة .



الشكل (٦) التبيه بمنبه واحد فعال (مناسب الشدة)

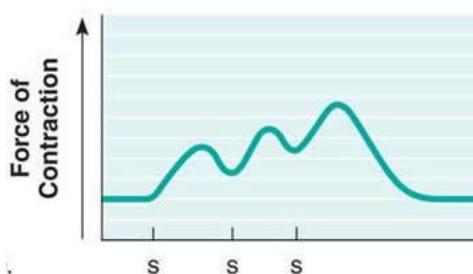


الشكل (٧) التبие بسلسلة من التبيهات العتبوية



الشكل (٨) التبие مرة أخرى في طور الاسترخاء

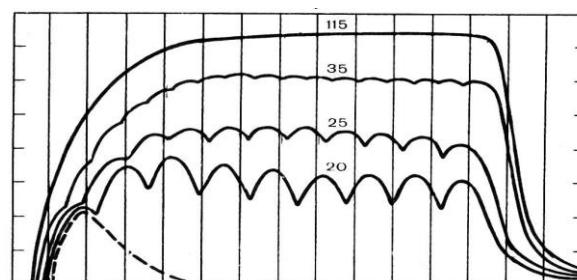
تبие العصب الوركي بمنبه واحد ذو شدة مرتفعة أو بتبيهين متتالين ذات سعة كبيرة أو الجمع بين النفضتين العضليتين.



الشكل (٩) التبие بسلسلة تبيهات متتالية فوق العتبية

تبие العصب الوركي بسلسلة من التبيهات المتساوية المتتالية فوق العتبية وتواتر معين التكزار بشكليه الناقص والتام .

تبие العصب الوركي بسلسلة تبيهات متتالية مستمرة (أي استمرار التكزار) ← التعب العضلي .



الشكل (١٠) بين كيفية الانتقال من التقلصة المفردة إلى التكزار المسنن والأملس