❖ منحنيات الانقباض العضلي:

١- منحنى انقباض العضلة البسيط Simple muscle twitch

نبه العضلة بعمل صدمة كهربائية بسيطة وذلك بقفل الدائرة الكهربائية مستعملا المفتاح Switch فترسم الريشة منحنيا على سطح الاسطوانة يسمى بالمنحنى البسيط (النفضة العضلية) لاحظه، وارسمه (انظر شكل ٨ - رقم ٥).

تحليل المنحنى:

يتكون منحنى انقباض العضلة البسيط من الأجزاء الثلاثة الأتية: (انظر شكل ٨ – رقم ١و٢و٣)

أ- فترة السكون أو الراحة Latent Period

الجزء الأول من المنحنى هو الفترة الكامنة أو فترة السكون Latent period (الزمن الضائع) وهو الزمن الفاصل بين التنبيه وبداية التقلص العضلي. ومن خلال هذه الفترة تستعد العضلة للانقباض وبالتالي فان الخط الذي يمثل هذه الفترة يكون على نفس الخط الأساسي.

ب- فترة الانقباض أو التقلص Contraction

الجزء الثاني هو فترة الانقباض أو التقلص ويكون سريعا في أوله ثم يتقدم ببطء إلى أعلى درجاته، ويمثل هذه الفترة الخط الصاعد لأعلى في المنحنى.

ج- فترة الانبساط أو الارتخاء Relaxation

الجزء الثالث هو فترة الانبساط أو الارتخاء وفيه يعود المنحنى إلى الخط الأساسي مرة أخرى نتيجة عودة العضلة إلى طولها الأصلي ويمثل هذه الفترة الخط الهابط لأسفل في المنحنى إلى أن يصل إلى الخط الأساسي.

تأثير درجات الحرارة على المنحنى

وصل الدائرة وشاهد منحنى انقباض العضلة البسيط، ثم ارفع درجة حرارة المحلول الفسيولوجي الملحي إلى حوالي ٣٧-٤٠ درجة مئوية واخفض درجة حرارة محلول فسيولوجي أخر إلى حوالي ٨ درجات مئوية تقريبا. استعملها في بيان التغيرات التي تحدث في شكل منحنى العضلة كالأتي: (انظر شكل ٨ - رقم ١٠و١١و١٢).

تحليل المنحنى:

أ- في حالة المحلول الملحي ذي درجة الحرارة العالية يلاحظ أن العضلة لا تستقر وقتا كافيا لتعد نفسها للانقباض وينتج عن ذلك فترة سكون قصيرة جدا إذا ما قورنت بالحالة العادية، كما أن قمة المنحنى في وجود محلول ملحي دافئ تعلو قمة المنحنى في الحالة العادية عند درجة الحرارة ٢٥ درجة مئوية تقريبا وهذا يعني أن شدة الانقباض الناتجة تكون اكبر مما يمكن.

ب- في حالة المحلول الملحي ذي درجة الحرارة المنخفضة يلاحظ أن الفترة التي تعد العضلة فيها نفسها للانقباض تطول جدا ويكون قمة المنحنى منخفضة عنها في الحالة العادية أي أن شدة الانقباض العضلي الناتجة تكون منخفضة.

٢- إعطاء صدمتين متتاليتين أو تنبيهين متتاليين Two Successive Stimuli

اعط تنبيهين متتاليين للعضلة وذلك بقفل الدائرة مرتين متتابعتين بحيث يأتي التنبيه الثاني قبل نهاية الانبساط Relaxation الناتج بعد التنبيه الأول ولاحظ المنحنى الناتج وارسمه (انظر شكل ٨ - رقم ٧).

تحليل المنحنى:

تستجيب العضلة للتنبه الثاني بانقباض أعلا من الأول (العضلة تستأنف تقلصها بسعة أطول من سعة التنبيه الأول ولا تتحد النفضات تماما) وتسمى هذه الحالة بالتأثير المقوي Beneficial effect. وإذا أعطي تنبيهان متتاليان للعضلة بحيث يأتي التنبيه الثاني والعضلة في دور التقلص فان السرعة تزداد والمدة تطول وتتحد النفضتان تماما في خط بياني موحد.

٣- الانقباض السلمي أو التقلص الغير كامل Stair case or incomplete tetanus

اعط عدة منبهات متتالية وسريعة بحيث يأتي التنبيه مباشرة قبل نهاية الانبساط الناتج من التنبيه السابق، لاحظ المنحنى الناتج وارسمه (انظر شكل ٨ - رقم ٨).

تحليل المنحنى:

يظهر المنحنى على شكل سلمي وذلك لان العضلة تستجيب لكل صدمة Shock أو تنبيه Stimulus بانقباضه أعلا من السابقة وهكذا، لذا يسمى هذا المنحنى بالانقباض السلمي Stair case ويمكن تمييز كل صدمة عن الأخرى في هذا المنحنى. وبعد انتهاء فترة الانبساط قد لا يعود المنحنى إلى الخط الأساسي Base line وذلك لبداية الإجهاد أو التعب Fatigue نتيجة للصدمات المتتالية والتي ينتج عنها تراكم حمض اللاكتيك بالعضلة.

٤- التقلص الكامل (الكزاز التام) Complete tetanus

وصل التيار الكهربائي (٤ فولت) إلى الملف الأولي بحيث يمر على مقطع التيار واقفل الدائرة بالمفتاح تجد انه يعطي تأثيرات متقطعة ولكنها سريعة جدا. ويسمى هذا بتيار فراداي أو تأثير فراداي. لاحظ المنحنى وارسمه (انظر شكل ٨ - رقم ٩).

تحليل المنحنى:

لا يمكن في هذه الحالة تمييز كل صدمة عن الأخرى ولذا يظهر قمة المنحنى على شكل خط مستقيم يرتفع تدريجيا نتيجة للتأثير المقوي Beneficial effect وبعد انتهاء الانقباض يحدث للعضلة انبساط على فترة طويلة جدا وذلك لحدوث الإجهاد الكامل للعضلة.

ويلاحظ أن المنحنى بعد انتهاء فترة الانبساط لا يعود إلى الخط الأساسي Base line لوجود حالة الإجهاد أو التعب Fatigue.

مستحضر العضلة والعصب

Nerve-Muscle preparation

ألهدف من التجربة:

الهدف من هذه التجربة هو أن يتعرف الطلاب على كيفية تجهيز وتحضير العضلة الساقية البطنية Gastrocnemius Muscle في الضفدعة، والتي تنتهي بوتر أخيلس Achilles' tendon، مع العصب الوركي Sciatic Nerve الذي يغذي عصبيا هذه العضلة للدراسة الفسيولوجية.

ألأدوات المستخدمة في التجربة:

١- ضفدعة
٢- أدوات تشريح
٣- طبق تشريح
٤- خيط (لربط وتر أخيليس من طرفه السائب)
٥- حوض العضلة Muscle bath
٦- محلول رنجر Ringer's solution
٧- الكيموجراف (ميوجراف) Kymograph
٨- محول كهربائي Transformer
٩- الملف التأثيري Induction Coil
١٠- مفتاح كهربائي للدائرة Switch
١١- أسلاك كهربائية للتوصيل + القطبان الدبوسيان Pine Electrodes.

خطوات إجراء التجربة:

نستخدم في هذا التحضير الضفدعة (العلجوم) كما يلي:

أولا: نقوم بعملية التنخيع Pithing - وذلك بمسك الضفدعة (العلجوم) باليد اليسرى بالأصابع ونمسك ابره أو دبوس باليد الأخرى – نحدد موقع الثقب الكبير (وهو انخفاض بسيط نتحسسه عند مقدمة الرأس وهو اتصال الجمجمة مع فقرة الأطلس) ثم نغرس الدبوس فيه ونوجهه في مقدمة الرأس وندفعه داخل الدماغ ونحرك الدبوس مرارا لإتلاف أنسجة الدماغ ، ثم نسحب الدبوس ببطء دون أن نخرجه وندخله داخل الحبل ألشوكي ونتلف أنسجته حيث سنلاحظ تشنج الطرفين الخلفيين أثناء العملية ثم ارتخائها .. وبذلك تصبح الضفدعة ميتة سريريا لأن القلب يعمل والنسيج العصبي تالف.

ثانيا: نقوم بعملية السلخ للجلد عند منطقة الأطراف الخلفية. حيث توجد في الساق العضلة المراد العمل عليها وتسمى العضلة الساقية البطنية Gastrocnemius Muscle، وتتم التغذية العصبية لهذه العضلة عن طريق العصب الوركي Sciatic Nerve الذي يخرج من الضفيرة الوركية في المنطقة العجزية للعمود الفقري ويظهر باللون الأبيض في منطقة الفخذ عند إزاحة العضلتين في الفخذ فنحرر العصب ثم العضلة الساقية والتي تنتهي بوتر أكيلس أو أخيلس Achilles' tendon وهو موقع ارتباط العضل بالهيكل العظمي.

لكي لا يتضرر هذا النسيج أو يموت بسب الجفاف يجب وضع المستحضر في محلول رنجر Ringer's solution وهو محلول متعادل التوتر للأنسجة ويتكون هذا المحلول من المكونات الأتية:

NaCl 0.6 gm

KCl 0.075 gm

$NaHCo_3$ 0.01 gm

$CaCl_2$ 0.01 gm

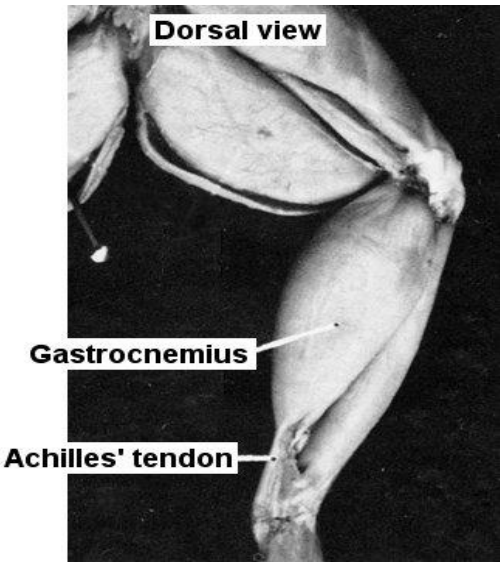
Distilled Water up to 100 ml.

إذا فان مستحضر العضلة والعصب هو عبارة عن:

- العصب الوركي Sciatic nerve
- العضلة الساقية البطنية Gastrocnemius muscle
- وتر أخيلس Achilles' tendon

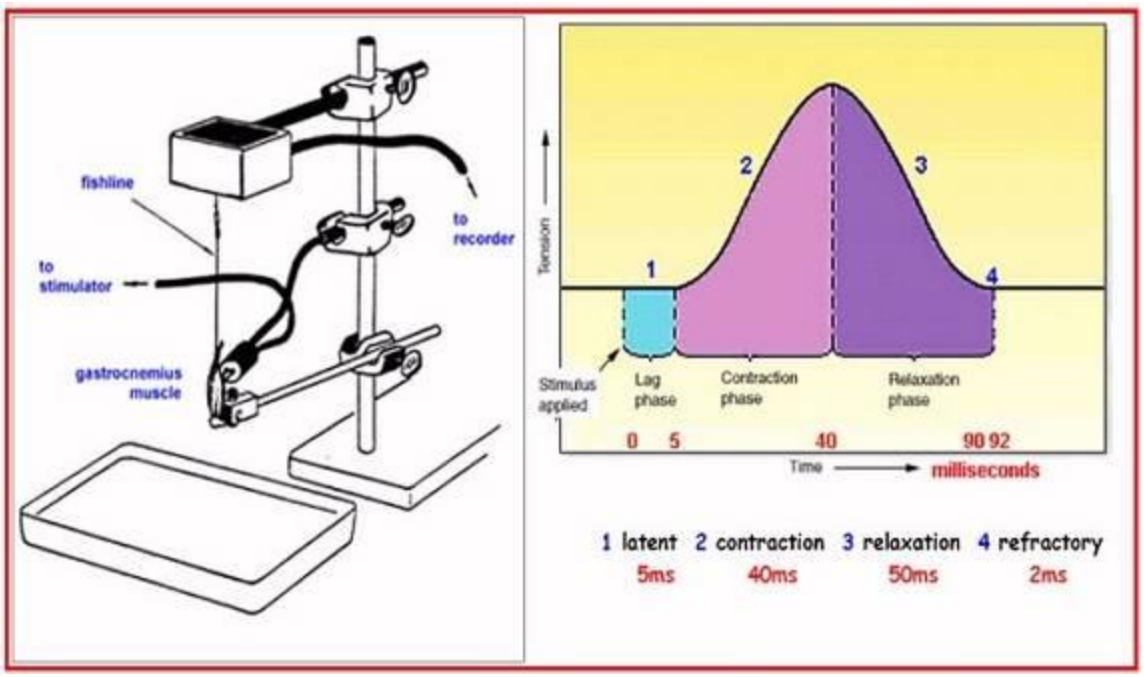
توضع المكونات السابقة في محلول فسيولوجي

(محلول رنجر Ringer's solution).

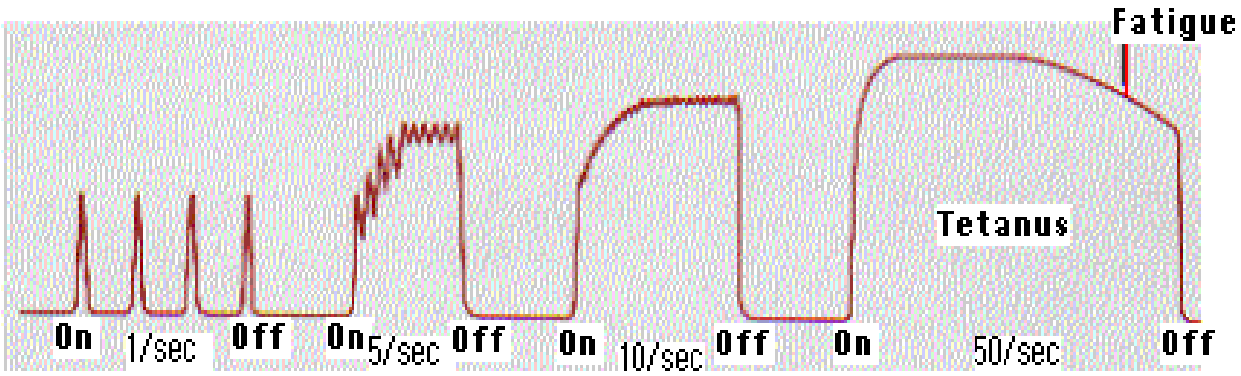


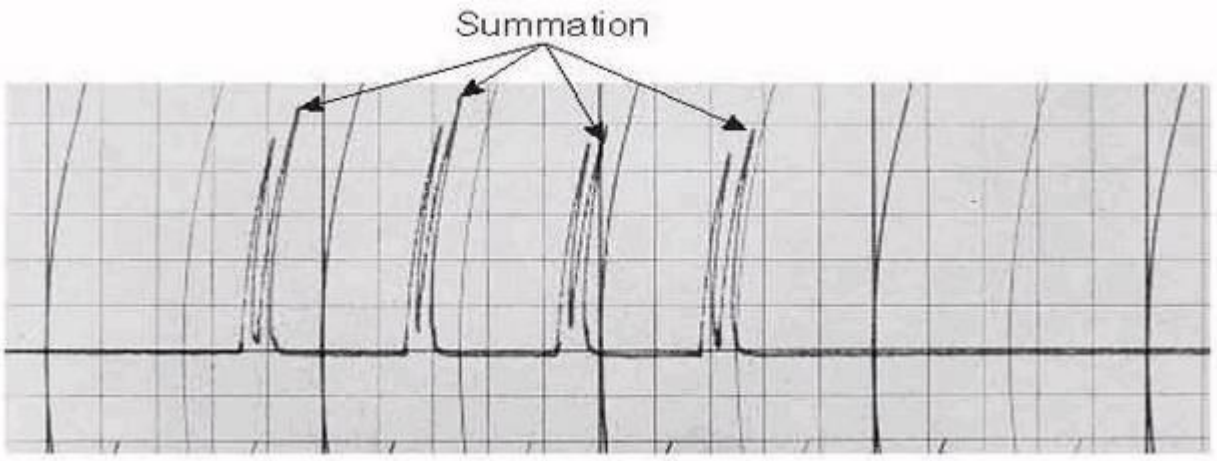
صورة للطرف الخلفي للضفدعة

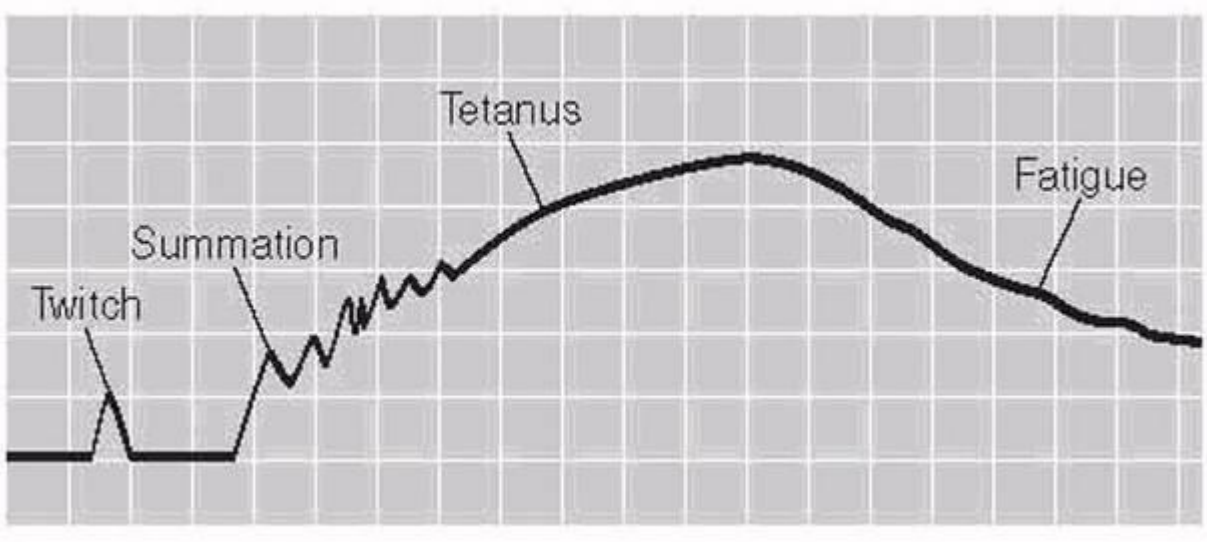
ثالثا: يتم وضع المستحضر في الحوض الموصول بالكيموجراف ومن خلال جهاز المحفز يتم تحفيز العضلة حسب المقدار الذي تحتاجه العضلة. وعلى حسب نوعية التحفيز المعطى أو النبضات الكهربائية سوف تظهر لنا أنواع من المنحنيات والتي سوف تعبر عن التقلصات الحاصلة للعضلة، ابسطها هو التقلص العضلي البسيط (شكل ٩ أ) وأيضا التقلصات العضلية المسمرة والتشنج العضلي (شكل ٩ ب).



شكل ٩- أ :رسم بياني يوضح الإنقباضة العضلية البسيطة







شكل ٩- ب : رسوم بيانية توضح الانقباضات العضلية المستمرة

الملاحظات:

.....

.....

.....

.....

.....