كلية العلوم

القسم : **علم الحياة**

السنة : **الثالثة**

المادة : فزيولوجيا حيوانية

المحاضرة : الثالثة/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، 2026

٥

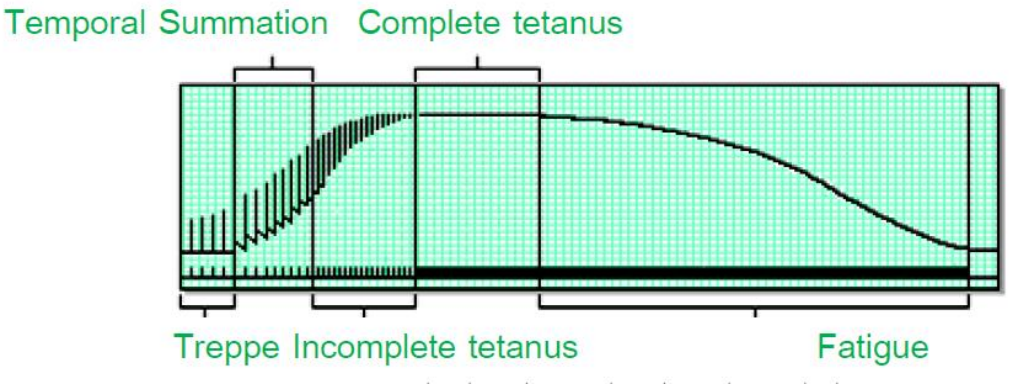
يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

الجلسة العملية الثالثة

تأثير تواتر المنبه على شكل التقلص العضلي جمع المنبهات المتعددة Summation of Multiple Stimuli و التكزاز

لدراسة جمع التأثيرات التي تحدثها منبهات فوق عتبوية (تفوق الريوباز) عديدة في العضلة خلال فواصل زمنية معينة (متساوية)، نقوم بتنبيه العضلة بمنبهات متكررة متقاربة، متساوية الشدة، فإننا تحصل على تقلصات قوية متتابعة بسعات متساوية (التكزز). وبرسم مخطط العلاقة بين التقلص العضلي وتواتر التنبيه، يلاحظ أنه كلما قل الزمن الفاصل بين المنبهات المتتالية، ازدادت قوة التقلص العضلي.

نستطيع تقسيم هذا المخطط الذي نحصل عليه الى خمسة أجزاء :



الشكل (١) مخطط العلاقة بين التقلص العضلي وتواتر التنبيه

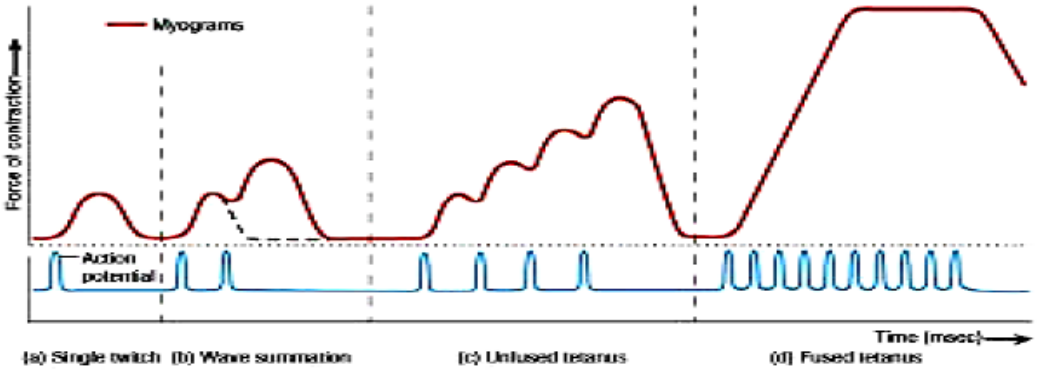
١– السُلّم Treppe (التركيم):

تسمح ترددات التنبيه الضعيفة في هذا الطور بحدوث استرخاء عضلي تام بين التقلصات المتتالية ويلاحظ أن المنحني يهبط إلى ما دون خط القرار baseline بعد كل تقلص. تزداد قوة التقلص تدريجياً بعد ذلك ويعزى ازدياد قوة التقلص هذه لارتفاع حرارة العضلة نتيجة تقلصاتها السابقة، مما يجعل أنزيماتها تعمل بسرعة أكبر وبكفاءة أفضل نتيجة التدفئة.

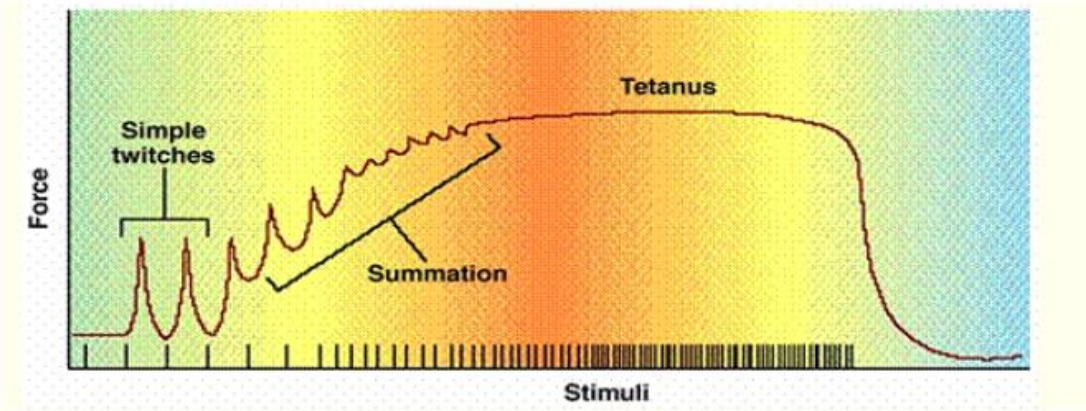
٢- الجمع الزماني Temporal Summation:

يظهر الجمع الزماني عند ازدياد تواتر التنبيه إلى حد يحول دون الاسترخاء التام للعضلة بعد تقلصها، ويؤدي ذلك لازدياد مستمر في توتر العضلة سببه ازدياد كمية الكالسيوم المتراكمة داخل

الخلايا.



الشكل (٢) مخطط الجمع الزماني لتأثير منبهات عديدة مختلفة التواتر في عضلة مخططة

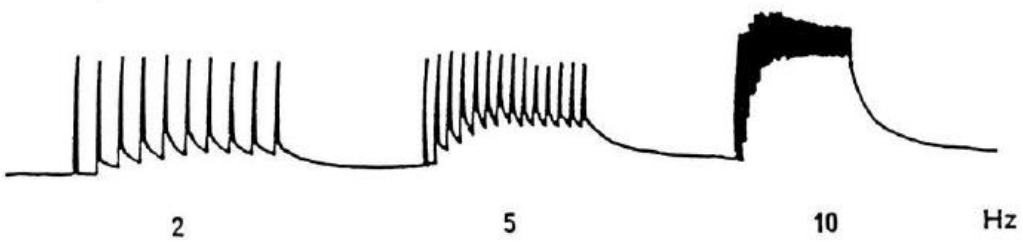


الشكل (٣) التكزز والنفضات البسيطة

٣- التكزز الناقص (غير التام) Incomplete Tetanus

ويدعى بالتكزاز المسنن، الذي يظهر عند زيادة تواتر التنبيه المنخفض إلى مستوى (٥ - ١٠ تبيهات/ثا) ويجعل العضلة تنفذ حلقات (تقلص- استرخاء) أقصر، مع احتفاظها بدرجة معينة من الاسترخاء بعد كل تقلص. نحصل على التكزز الناقص بالتنبيه عدة تنبيهات متماثلة وكافية لإحداث الاستجابة التقلصية (فوق عتبية)، تفصل بينها أزمنة متساوية بحيث يقع المنبه التالي في زمن الاسترخاء الناجم عن المنبه السابق الشكل (٤)

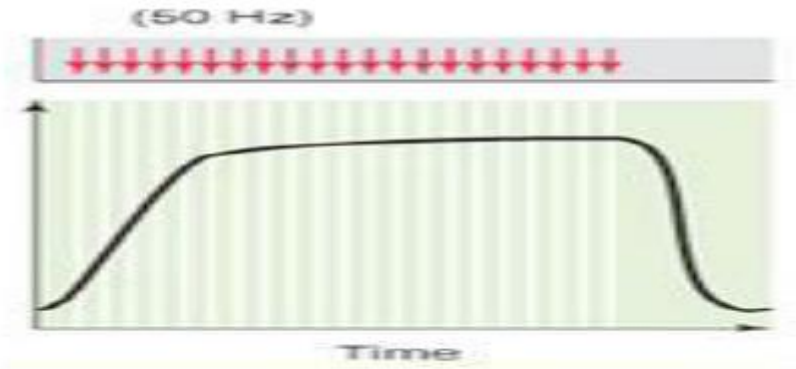
الشكل رقم(٤) التكزز الناقص (غير التام)



الشكل (٥) يوضح المراحل المختلفة لاستجابة العضلة الساقية البطنية عند الضفدع وذلك عند زيادة تواتر التنبيه (الأرقام تشير إلى عدد التنبيهات / ثا) سرعة دو ران الاسطوانة ١٠ ملم/ثا

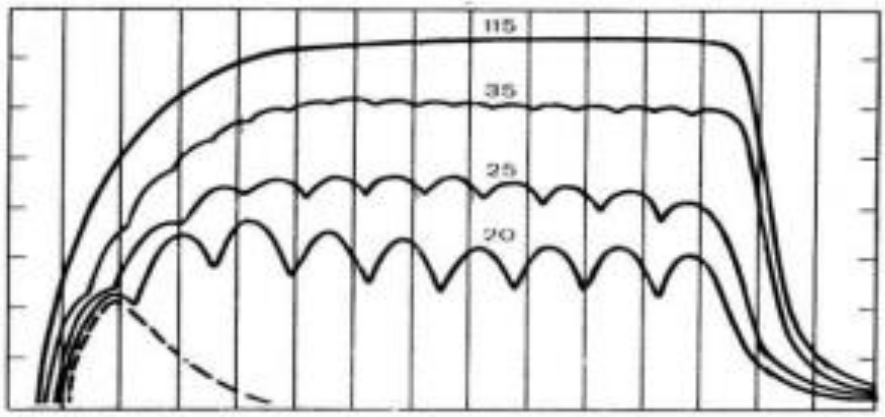
٤- التكزز التام Complete Tetanus :

أو التكزز المستمر أو الاملس، ونحصل عليه بتنبيه العضلة بمنبهات عدة متماثلة كافية (١٥-٢٠- ٣٠ تنبيه/الثانية) لإحداث استجابة تقلصية (تفصل بينها أزمنة متساوية بحيث يقع المنبه التالي في فترة التقلص الناجم عن المنبه السابق) . لا يوجد استرخاء بين المنبهات.



الشكل (٦)

نحصل على التكزز التام عند زيادة تواتر التنبيه عن ذاك الذي أحدث التكزز الناقص، بالقدر الذي يكفي لدمج التقلصات العضلية المتكررة في تقلص كلي سلس ومستمر لا يتخلله استرخاءات ظاهرة ، وتفسر هذه الحالة بتراكم أيونات الكلسيوم المستمر في العصارة الخلوية، وبقاء مواقع الربط الموجودة على الأكتين مكشوفة باستمرار. الشكل رقم (٧)



الشكل(٧) شكل تخطيطي يوضح كيفية الانتقال من التقلصة المفردة إلى التكزز المسنن ثم إلى التكزز الأملس

وما التكزز في الواقع، إلا عملية جمع ودمج جملة النفضات العضلية الناتجة عن مجموعة التنبيهات المتعاقبة بتواتر معين يسمح ببدء الاستجابة قبل بدء زمن الاسترخاء للنفضة السابقة. يزداد تواتر التقلص بزيادة تواتر التنبيه، حتى القيمة الأعظمية التي تشكل سقفا لا يتعداه ما دام التنبيه مستمرا. وتكون سعة التقلص التكززي أعلى بعدة مرات من سعة النفضة العضلية البسيطة (ظاهرة الجمع).

التنبيهات المتكررة لوقت طويل ⟵ التعب العضلي

الأدوات والأجهزة المطلوبة:

جهاز كيموغراف – رافعة التسجيل والمؤشر الحبري – لوحة تثبيت الضفدع – علبة تشريح – دبابيس – قطن – شاش – سائل (رنغر- لوك) - مساري كهربائية.

طريقة العمل :

١- يجهز محضر العصب والعضلة. وتنفيذ المراحل من ١ - ١٥ في تجربة النفضة العضلية.

٢- يجهز الكيموغراف ، بحيث تكون سرعة دو ران الاسطوانة ٤ ملم / ثا، وشدة المنبه ٥ فولت.

٣ - يوضع مفتاح التنبيه على الوضعية Single

٤- يوقف الدورا ن بواسطة المفتاح Start

٥- يحدّد تردد التنبيه على ١٠ في الثانية أو ٥ تنبيهات / ثا.

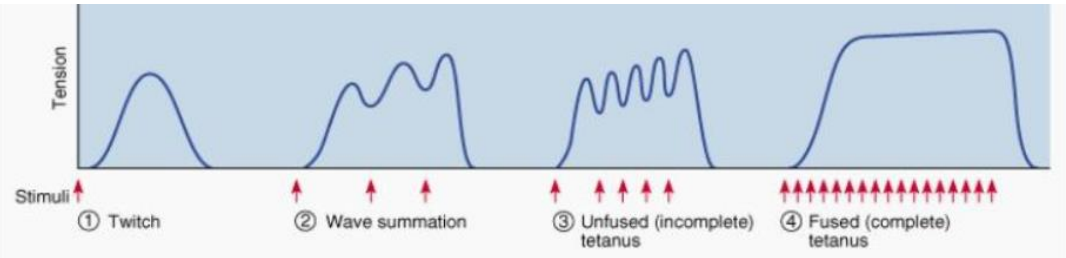
٧ - قرّب المؤشر الحبري بحيث يلامس الاسطوانة بشكل مناسب.

٨ - أدر الاسطوانة بواسطة مفتاح Start فنحصل على تكزز ناقص.

٩ - ضع مفتاح التنبيه على الوضعية Repeat

١٠ - أوقف التنبيه.

١١ زد تواتر التنبيه إلى ١٥ / ثا، ثم ٢٠ / ثا، ثم ٢٥ / ثا، ثم ٣٠ أو ٥٠ / ثا، حتى تحصل على تكزز تام وتقلص أعظمي متصاعد قليلاً مع استمرار التنبيه.



الشكل (٨) تأثير تواتر التنبيه على شكل التقلص العضلي

يجب الانتباه إلى أن التواتر اللازم للحصول على التكزز الناقص أو التام يتغير عند تعب العضلة.

يجب الانتباه إلى إيقاف التنبيه عند التوقف عن التسجيل سواء كان ذلك قبل بدء التجربة أم بعد الانتهاء منها بإعادة مفتاح التنبيه إلى الوضع Single لأن استمرار التنبيه لفترة طويلة يؤدي الى حدوث التعب العضلي

٥- التعب العضلي Musclar Fatigue

التعب العضلي هو انخفاض مؤقت في كفاءة العضلة نتيجة العمل المجهد القاسي ، أو العمل لفترة طويلة، وللعضلة القدرة على العودة إلى حالتها الطبيعية بعد زوال التعب .

لا يمكن للعضلة الاستمرار بالتكزز إلى ما لا نهاية، لأن تنبيهها السريع والمتواصل، يؤدي إلى:

ظهور تعب عضلي، وتناقص تدريجي في مقدرة العضلة على الاستجابة للتنبيه .

يؤدي تنبيه العصب الوركي (في محضر العصب والعضلة) تنبيها متكررا مديدا إلى تعب العضلة وعدم قدرتها على إنجاز وظيفتها بالشكل المطلوب. لذلك يجب الانتباه إلى ذلك أثناء إنجاز التجارب، وخاصة لوضع مفتاح التنبيه على Rep ووصل أسلاك التوصيل.

الأدوات والأجهزة المطلوبة:

جهاز الكيموغراف - لوحة تنبيت الضفدع – ا رفعة التسجيل والمؤشر الحبري – ضفدع – دبابيس – علبة تشريح – قطن – سائل (رنغر- لوك) خيط – أسلاك توصيل.

طريقة العمل:

١- خدّر الضفدع بتخريب المحور الدماغي الشوكي، وتأكد من ذلك

٢ - اتبع خطوات العمل من ٢-١١ في تجربة النفضة العضلية

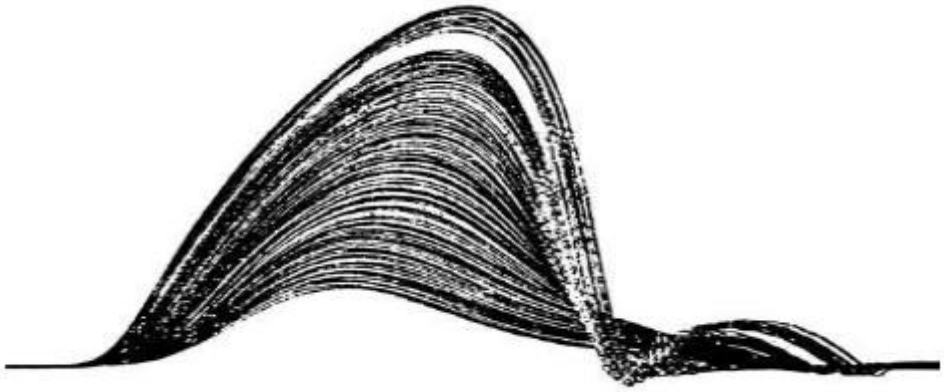
٣ - ضع مفتاح التنبيه Trig.Key واجعل سرعة الدو ران كبيرة على ٥ × ٢٠ وشدة التنبيه ٥ فولت.

٤- طابق ذراعي التنبيه أو اجعلهما على استقامة واحدة للحصول على تقلص عضلي واحد أو اثنين.

٥- أوقف الدو ران عن طريق المفتاح Start

٦- قرّب المؤشر الحبري ليلامس الأسطوانة بشكل مناسب.

٧-اسمح للأسطوانة بالدوران بسحب مفتاح Start (وعدم إعادته إلى مكانه) لمدة خمس دقائق.

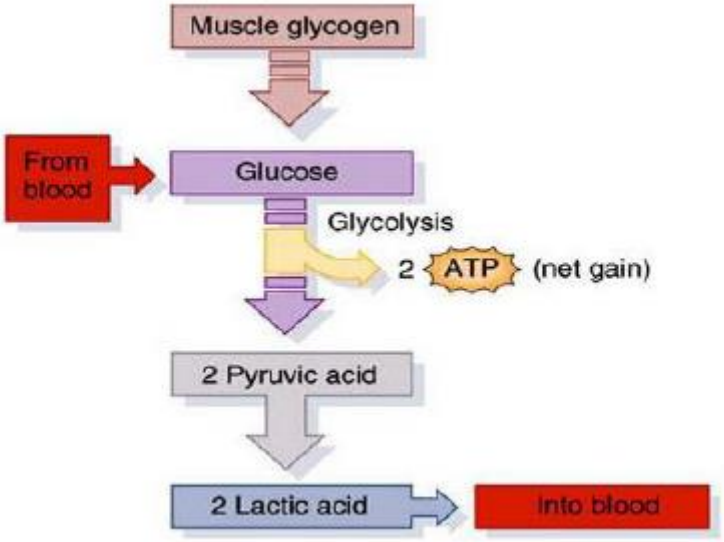


الشكل (٩) يوضح ظاهرة التعب العضلي

بالنتيجة نحصل على نفضات عضلية متراكبة مختلفة في سعة تقلصها والزمن اللازم لإنجازها حيث تتناقص السعات مع مرور الزمن ويطول زمن إنجازها. أي أن النفضة الأولى تتمتع بسعة عظمى وزمن إنجاز أقصر(بالمقارنة مع النفضات العضلية التالية ، أما السبب فيعود إلى :

١- استنفاذ مصادر الطاقة والأكسجين (عدم تزويد العضلة بالمغذيات الكافية، وازدياد معدل نضوب الغليكوجين العضلي)، الذي يترافق بتناقص قدرة العضلة على إنجاز العمليات الاستقلابية.

٢- استنفاذ فوسفات الكرياتين التي تؤمن اصطناع ATP ، وانخفاض محتوى الألياف العضلية من ATP جزئيات الأتب.

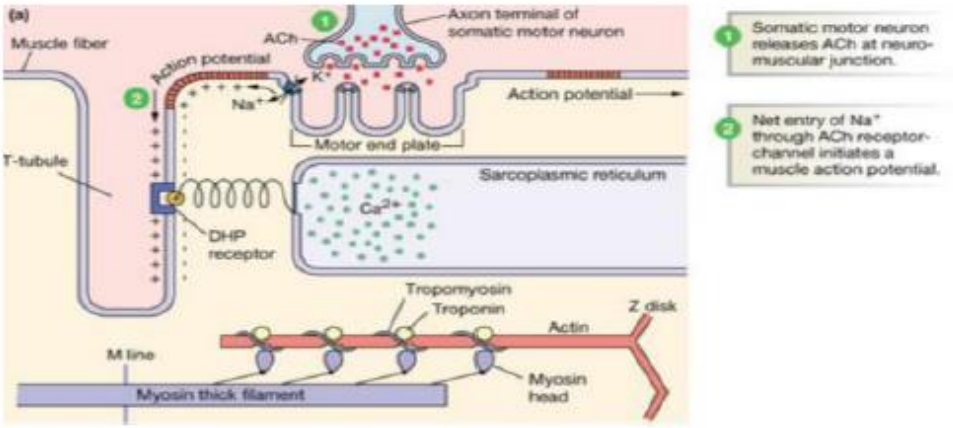


الشكل (١٠) الأكسدة الناقصة وتراكم النواتج الحامضية

٣ - الأكسدة الناقصة و تراكم نواتج الاستقلاب، وتشكل مركبات حمضية . تراكم حمض اللبن والفوسفور و CO_2 تؤثر في وظيفة بروتينات الألياف العضلية.

٤- اختلال الموازنة الأيونية نتيجة للفعالية الغشائية المستمرة، وابطاء عمل مضخة الكالسيوم

٥ تناقص كبير في الناقل المشبكي (الأستيل كولين)، أي تعب المشبك. حيث يتراجع زمن التقلص ويزداد زمن الراحة (إبطاء عملية التقلص).



الشكل (١١)

الاستنتاج :

١- يتأثر كل من طور التقلص وطور الاسترخاء بظاهرة التعب العضلي muscle fatigue في النفضة العضلية.

٢ - لا يتأثر الزمن الكامن بظاهرة التعب العضلي، وان حدث فهو طفيف جدا.

٣ - لا يتعب عصب العضلة المنبَّهة بل يبقى قادرا على نقل التنبيه بشكل طبيعي.

يعالج التعب العضلي بالتدليك أو حمام دافئ ينشط الدو ران ويزيل نواتج الإستقلاب المتراكمة. لا يضاف المحلول المغذي من أجل الوصول إلى حالة التعب.

مكتبة A to Z