جامعة بغداد
كلية التربية للعلوم الصرفة / ابن الهيثم
قسم علوم الحياة

# فسلجة حيوانية عملي

## مرحلة رابعة

## للعام الدراسي ٢٠٢٤ ـ ٢٠٢٥

اشـــراف
ا.م.د. وسن عبد الوهاب فائق
ا.م.د. احمد قاسم خضير
م.د. رنا حنان خضير

اعـــداد
ا.م. رشا فائق عبد اللطيف
م.م. ظلال عبد الالة ابراهيم
م.م. امنة حسين موسى
م.م. شهد عامر

فسلجة حيوانية عملي

## المرحلة الرابعة/ الفسلجة الحيوانية (العملي)

## المختبر/1 : العلاقات الأزموزية (التناضحية) Osmotic Relations

- تحاط الخلايا الحية بغشاء رقيق جدا يفصل الخلية عن محيطها الخارجي يدعى الغشاء البلازمي Plasma membrane يبلغ سمكه 75 -100 A (انكستروم= A = Angstrom = $10^{-10}$ m)
- يتألف الغشاء البلازمي بصورة رئيسة من الدهون والبروتينات والبروتينات السكرية .
- يسمح الغشاء البلازمي بمرور دقائق عدد من المواد من خلاله ويمنع مرور دقائق مواد اخرى لذلك يطلق عليه مصطلح اختياري النفاذية Selectively permeable. (الدقائق قد تكون جزيئات أو آيونات)
- تختلف نفاذية الغشاء لدقائق المواد المختلفة فهو شديد النفاذية للماء والكليسرول وقليل النفاذية للكلوكوز، وعديم النفاذية للآيونات كآيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكلوريد.

### تخترق دقائق المواد المختلفة غشاء الخلية بآليات مختلفة منها :

**الأنتشار Diffusion**: انتقال جزيئات المواد من المنطقة التي يكون فيها تركيز المادة أعلى الى تلك التي يكون فيها تركيزها أوطأ أي يكون الأنتقال مع تدرج التركيز لذلك لايحتاج الى طاقة.

**النقل الفعال Active Transport**: انتقال دقائق المادة عكس تدرج التركيز ولذلك تحتاج هذه الآلية الى طاقة.

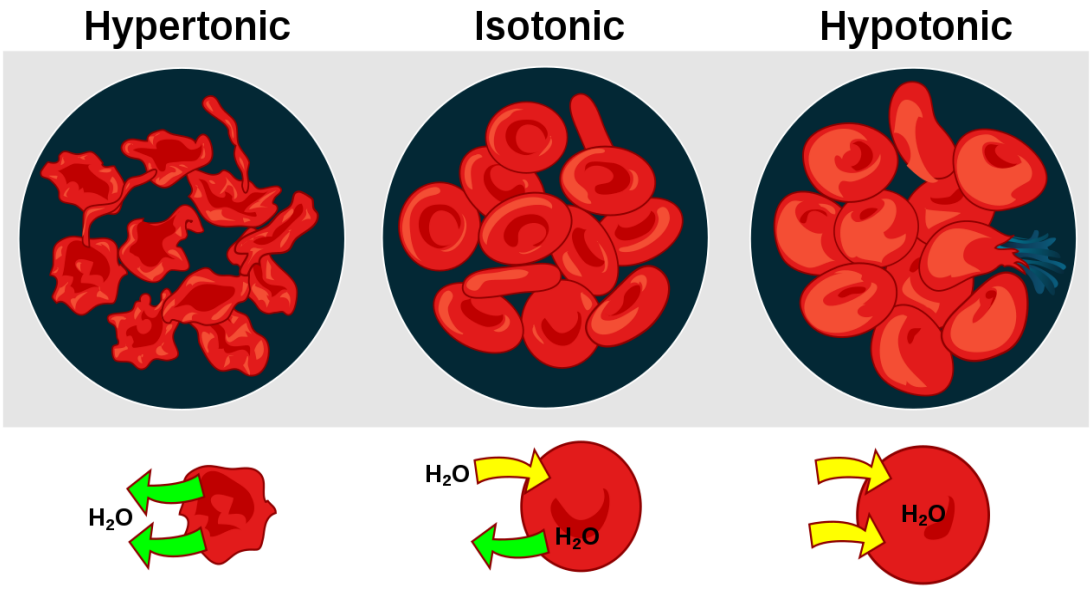
- **النضوحية Osmosis** تتعلق بأنتقال جزيئات المذيب (وليس المذاب) عبر غشاء الخلية ويكون الأنتقال من الجانب الذي يكون فيه تركيز المذاب واطئا (أي تكون كمية الماء اكبر) الى الجانب الذي يكون فيه تركيز المذاب أعلى (أي كمية الماء أقل). وبهذا تكون النضوحية نوع خاص من أنواع الأنتشار لكونها خاصة بأنتقال جزيئات المذيب (وليس المذاب) مع تدرج التركيز.
- يعتمد الضغط التناضحي للمحلول على عدد الدقائق (الجزيئات أو الآيونات) الذائبة في المحلول ولا يعتمد على حجمها.

## أنواع المحاليل بالنسبة الى تراكيزها وتأثيرها فى الخلايا الحمر

1- **المحلول واطئ التوتر (التركيز) Hypotonic Solution** : عند تعريض الخلايا الحمر الى محلول مخفف أو الى الماء المقطر فأنها تنتفخ ثم تعاني من تحلل دموي Hemolysis وذلك بسبب دخول جزيئات الماء الى داخل هذه الخلايا ويدعى المحلول هنا بالمحلول واطيء التوتر.

2- **المحلول متساوي التوتر (التركيز) Isotonic Solution:** عند تعريض الخلايا الحمر الى محلول متساوي التركيز مع تركيز محتوياتها فأنها تحافظ على شكلها وحجمها لأن كمية الماء الداخلة الى الخلية مساوية لكمية الماء الخارجة منها ويدعى المحلول بالمحلول متساوي التوتر.

3- **المحلول عالي التوتر (التركيز) Hypertonic Solution :** عند تعريض الخلايا الحمر الى محلول ذو تركيز عال فأنها تفقد مقدارا من الماء فتصاب بالأنكماش Crenation ويدعى هذا المحلول بالمحلول عالي التوتر.




## لتحديد نوع المحلول يتم الأعتماد على :

1- شفافية المحلول علما بأن الشفافية هنا تعني امكانية رؤية الأشياء بوضوح كبير عبر المحلول ولاتعني درجة غمق لون المحلول فقد يكون المحلول غامقا ولكنه شفاف وقد يكون فاتحا وهو عكر.

- ان وجود الخلايا الحمر في قطرة الدم يعطي مظهرا عكرا للمحلول نتيجة تأثير هذه الخلايا في الضوء المار عبر المحلول وعند تعرض هذه الخلايا الى التحلل الدموي تترسب بقاياها في قعر الأنبوبة و يصبح المحلول شفافا .

2- الفحص المجهري لملاحظة شكل وحجم الخلايا الحمر.

## الجانب العملي

حضر 3 أنابيب اختبار كالآتي:

1- ضع في الأنبوبة الأولى مقدار 5 مل من الماء المقطر.
2- ضع في الأنبوبة الثانية 5 مل من محلول كلوريد الصوديوم بتركيز 0.9%.
3- ضع في الأنبوبة الثالثة 5 مل من محلول كلوريد الصوديوم بتركيز 5% .

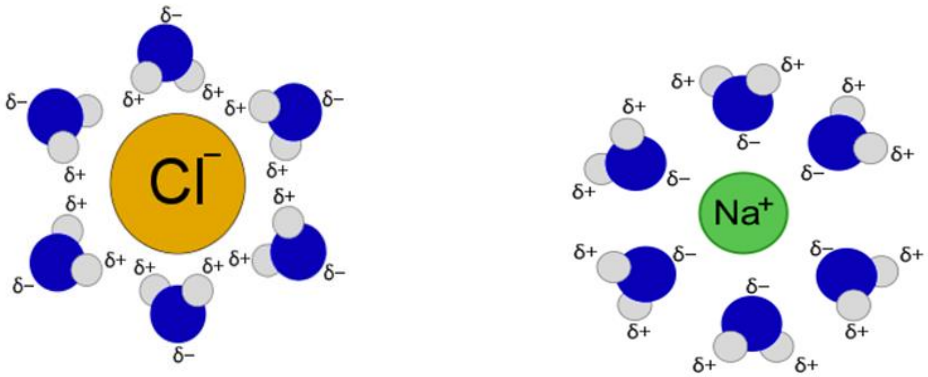
أضف قطرة من الدم لكل من الأنابيب الثلاثة وحركها جيدا.

- سجل ملاحظاتك حول الشفافية في كل من الأنابيب الثلاثة.
- ضع قطرة من كل محلول على شريحة زجاجية وافحصها تحت المجهر لملاحظة حجم واشكال الخلايا الحمر في كل من المحاليل الثلاثة .وسجل نتائج الفحص المجهري.

**النتائج** بالنسبة للشفافية يلاحظ اكتساب المحلول في الأنبوبة الأولى لها نتيجة تحلل الخلايا الحمر وترسب بقاياها في قعر الأنبوبة بينما يبقى المحلول عكرا في كل من الأنبوبتين الثانية والثالثة لوجود خلايا الدم الحمر في كل من المحلولين . أما نتيجة الفحص المجهري فتظهر اختفاء الخلايا الحمر في انبوبة الماء المقطر نتيجة لتحللها ، اما الخلايا في المحلول الثاني فتظهر بنفس اشكالها واحجامها الطبيعيين ، بينما تعاني الخلايا في الأنبوبة الثالثة انكماشا واضحا للأسباب المذكورة سابقا.

لدراسة انواع المحاليل يفضل استخدام محلول مادة يكون الغشاء غير منفذ لدقائقها ، لذلك تم في هذه التجربة استخدام محلول كلوريد الصوديوم ،فعند اذابة كلوريد الصوديوم في الماء تتأين هذه المادة الى ايونات الصوديوم ذات الشحنة الموجبة $Na^+$ وايونات الكلوريد ذات الشحنة السالبة $Cl^-$.

بما أن الماء مذيب قطبي اذ تمتلك جزيئة الماء ذرتي هيدروجين موجبة الشحنة وذرة اوكسجين سالبة الشحنة فأن الشحنة التي يحملها الآيون تعمل على جذب جزيئات الماء المجاورة وتجعلها تترتب حول الآيون (الجزء الهيدروجيني موجب الشحنة لجزيئة الماء ينجذب نحو ايون الكلوريد بينما الجزء الأوكسجيني سالب الشحنة ينجذب نحو ايون الصوديوم) مما يؤدي الى تكوين كرة مائية Hydration Sphere تحيط بكل ايون وتدعى ايضا بالقشرة المائية Hydration shell كما في الشكل ادناه. وهذا يفسر عدم قدرة هذه الأيونات على عبور الغشاء البلازمي للخلايا.




**Hydration Spheres**

## دراسة نفاذية غشاء الخلايا الحمر للكلوكوز وتحديد تركيز المحلول متساوي التركيز مع محتويات الخلية الحمراء

عند اذابة الكلوكوز في الماء المقطر يبقى بهيئة جزيئات لاتمتلك شحنة، علما بأن الغشاء قليل النفاذية لهذه الجزيئات بسبب كبر حجمها اذ لايمكنها عبور الغشاء عن طريق الأنتشار البسيط وانما تخترقه عن طريق الأنتشار الميسر Facilitated Diffusion الذي يتم بمساعدة بروتينات حاملة أو عبرقنوات بروتينية في غشاء الخلية.

### الجانب العملي

حضر 4 انابيب اختبار كالآتي:

1- ضع في الأنبوبة الأولى مقدار 5 مل من محلول الكلوكوز بتركيز 1%.

2- ضع في الأنبوبة الثانية 5 مل من محلول الكلوكوز بتركيز 2.5%.

3- ضع في الأنبوبة الثالثة 5 مل من محلول الكلوكوز بتركيز 5%.

4- ضع في الأنبوبة الرابعة 5 مل من محلول الكلوكوز بتركيز 10%.

أضف قطرة من الدم لكل من الأنابيب الثلاثة وحركها جيدا.

- سجل ملاحظاتك حول الشفافية في كل من الأنابيب الثلاثة.
- ضع قطرة من كل محلول على شريحة زجاجية وافحصها تحت المجهر لملاحظة حجم واشكال الخلايا الحمر في كل من المحاليل الأربعة .وسجل نتائج الفحص المجهري.

**النتائج:** بالنسبة للشفافية يلاحظ اكتساب المحلول الأول لها بعد وضع قطرة الدم مباشرة ثم يعقبها اكتساب هذه الشفافية في المحلول الثاني بينما تزول العكورة في الأنبوبتين الثالثة والرابعة بعد فترة من الزمن ويصبح المحلول شفافا في كلتيهما أيضا .

ان كلا من المحلولين في الأنبوبتين الأولى والثانية يمتلكان تركيزا واطئا من الكلوكوز اي ان كليهما واطيء التوتر وهذا يؤدي الى دخول جزيئات الماء وانتفاخ الخلايا ثم تحللها . اما الأنبوبة الثالثة فتحوي المحلول متساوي التركيز مع محتويات الخلايا الحمر والذي يحافظ على اشكال وحجوم الخلايا بينما تحوي الأنبوبة الرابعة محلولا عالي التركيز يؤدي الى انكماش الخلايا . ماهو سبب اكتساب المحاليل في الأنبوبتين الثالثة والرابعة للشفافية مع مرور الوقت ؟

بما ان الغشاء منفذ لجزيئات الكلوكوز ولو بدرجة ضئيلة فأن هذه الجزيئات تبدأ بالدخول عبر الغشاء الى ان يتساوى تركيز الكلوكوز في الداخل مع التركيز في الخارج فتصبح الخلية تحت تأثير المحصلة الكلية لمحتوياتها فتعاني ماتعانيه الخلايا عند وضعها في محلول واطيء التركيز أي انها تنتفخ نتيجة دخول جزيئات الماء اليها ثم تتحلل.

**ملاحظة:** نفس النتيجة السابقة تتحقق عند استخدام كلا من اليوريا والكليسرول والكحول الأثيلي ولكن بسرعة أكبر لأن الغشاء منفذ لجزيئات هذه المواد بدرجة كبيرة.

## العوامل المؤثرة في نفوذية الغشاء للمواد المختلفة

1- **حجم الدقائق Size of Particles**: كلما كان حجم دقائق المادة أصغر كلما كان الغشاء اكثر نفاذية لها ومثال ذلك جزيئات اليوريا التي تخترق الغشاء بسهولة بينما يكون الغشاء منفذا بدرجة ضئيلة لجزيئات الكلوكوز التي تمتاز بكونها قطبية و ذات حجم كبير نسبيا.

2- **معامل التوزيع (التجزء) Partition Coefficient**: وهو نسبة ذوبان المادة في الدهون الى نسبة ذوبانها في الماء وكلما كان معامل التوزيع لمادة معينة كبيرا كلما كانت نفاذية الغشاء لها كبيرة ومثال ذلك الكليسرول وهو كحول ثلاثي مجاميع الهيدروكسيل يمتلك معامل توزيع عال لذلك تخترق جزيئاته غشاء الخلية بسهولة وذلك لأحتواء الغشاء في تركيبه على طبقتين من الدهون Lipid bilayer.

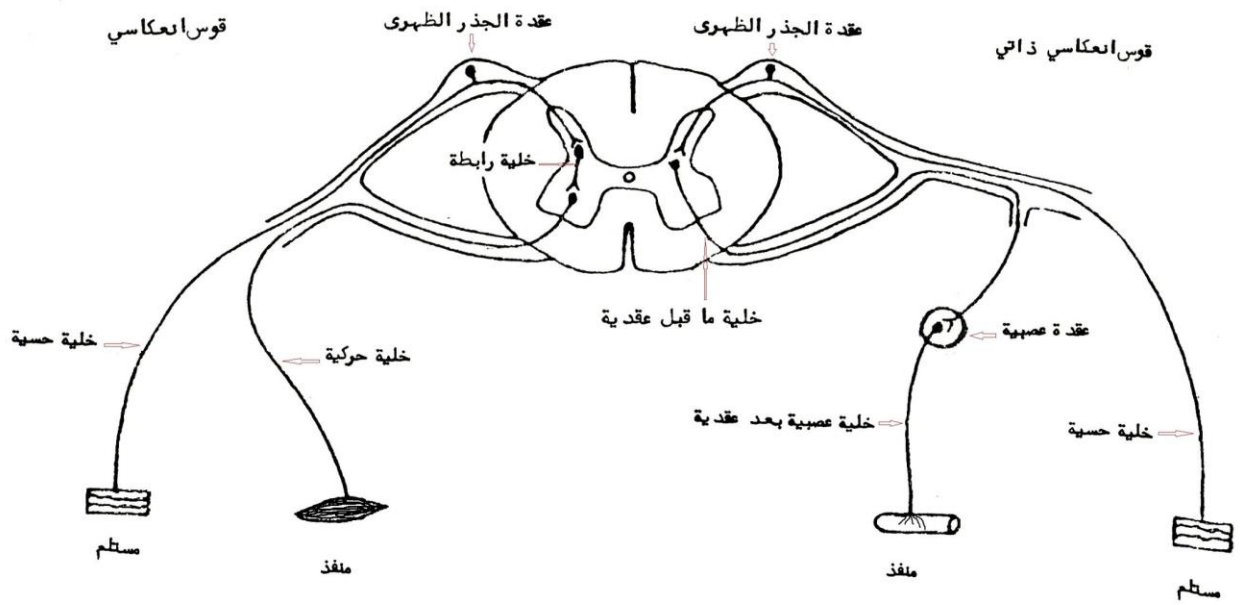
- لجزيئات الأيثانول (الكحول الأثيلي) القدرة على اذابة الدهون الداخلة في تركيب الغشاء الخلوي وذلك يمكنها من اختراقه بسهولة .

3- **الشحنة Charge:** يكون الغشاء الخلوي اكثر نفاذية لدقائق المواد التي لاتمتلك شحنة بينما لايسمح بعبور الآيونات المشحونة كآيونات الصوديوم وآيونات الكلوريد كما هو موضح في فقرة سابقة .

4- **درجة الحرارة Temperature** : العلاقة بين درجة الحرارة ونفاذية الغشاء للمواد علاقة طردية . وعند تجاوز درجة الحرارة 45 درجة مئوية فأنها تعمل على تمسخ Denaturation البروتينات الداخلة في تركيب الغشاء الخلوي والسماح بمرور دقائق المواد عبره بسهولة.

# فسلجة الجهاز العصبي

- يتألف الجهاز العصبي من عدد كبير من الخلايا العصبية التي ترتبط مع بعضها بشكل معقد. ويعتبر القوس الأنعكاسي reflex arc الوحدة التركيبية في الجهاز العصبي اذ انه يمثل الوحدة التي تربط بين الخلايا العصبية (علما بأن الخلية العصبية تعد الوحدة التركيبية للقوس الأنعكاسي) وهناك نوعان من الأقواس الأنعكاسية هما :
- 1- القوس الأنعكاسي الجسمي ( الجسدي) : somatic reflex arc
- 2- القوس الأنعكاسي الذاتي autonomic reflex arc
- مكونات القوس الأنعكاسي الجسمي : somatic reflex arc
- المستلم receptor
- الخلية العصبية الواردة أو الحسية afferent or sensory neuron
- الخلية العصبية الرابطة أوالبينية Connecting or internuncial neuron
- الخلية العصبية الصادرة أو الحركية efferent or motor neuron
- المنفذ effector
- مكونات القوس الأنعكاسي الذاتي : autonomic reflex arc
- المستلم receptor
- الخلية العصبية الواردة أو الحسية afferent or sensory neuron
- الخلية العصبية قبل العقدية Preganglionic neuron
- الخلية العصبية بعد العقدية post ganglionic neuron
- المنفذ effector




**مكونات القوس الأنعكاسي الذاتي (يمين) و القوس الأنعكاسي الجسمي ( يسار)**

- **تقع مراكز الأقواس الأنعكاسية في الجهاز العصبي المركزي (الدماغ والحبل الشوكي) وهناك ترابط وثيق بين هذه الأقواس للسيطرة على الأفعال الأنعكاسية وتحقيق الأنسجام والتنسيق بينها .**

## الأفعال الأنعكاسية (المنعكسات)Reflexes

- **الفعل الأنعكاسي (المنعكس) reflex : ويدعى ايضا بالمنعكس وهو الوحدة الوظيفية في الجهاز العصبي**
- **تعمل المنعكسات على تنظيم علاقة الحيوان بمحيطيه الخارجي والداخلي وهناك نوعين من المنعكسات هما :**
- **المنعكسات الجسمية somatic reflexes: التي تعمل على تنظيم علاقة الحيوان بمحيطه الخارجي كالمنعكسات المسؤولة عن استجابة العضلات الهيكلية كما في حالة رفسة الركبة Knee Jerk**
- **المنعكسات الذاتية Autonomic Reflexes : وتسمى ايضا بالمنعكسات الأحشائية التي تعمل على تنظيم المحيط الداخلي للحيوان كضغط الدم وحركة الأمعاء والحركات التنفسية ومعدل النبض وافراز الغدد .**

**دراسة فعاليات واستجابات الضفدع في ثلاث حالات هي**

- **الضفدع الأعتيادي Normal Frog: يستخدم لدراسة الفعاليات و الأستجابات الطبيعية للضفدع ومقارنتها مع فعاليات الحالتين (الثانية والثالثة).**

- **الضفدع المنزوع عنه المخ (اللامخي) Decerebrated Frog : ويتم تحضيره بأدخال مقص بين الفكين وقطع الفك العلوي والجمجمة خلف العينين مباشرةً .**
- **الضفدع الشوكي Spinal Frog: ويدعى ايضا بالضفدع الأنعكاسي Reflex Frog وهو الضفدع الذي يستأصل فيه الدماغ تاركا الحبل الشوكي فقط لذلك يعرف بالضفدع الشوكي ويتم تحضيره بقطع الرأس بأكمله أمام الأطراف الأمامية . وتعد هذه الطريقة سهلة وسريعة وتضمن ازالة تامة للدماغ**

**كما يمكن تحضير الضفدع الشوكي بأستخدام احدى الطريقتين الآتيتين :**

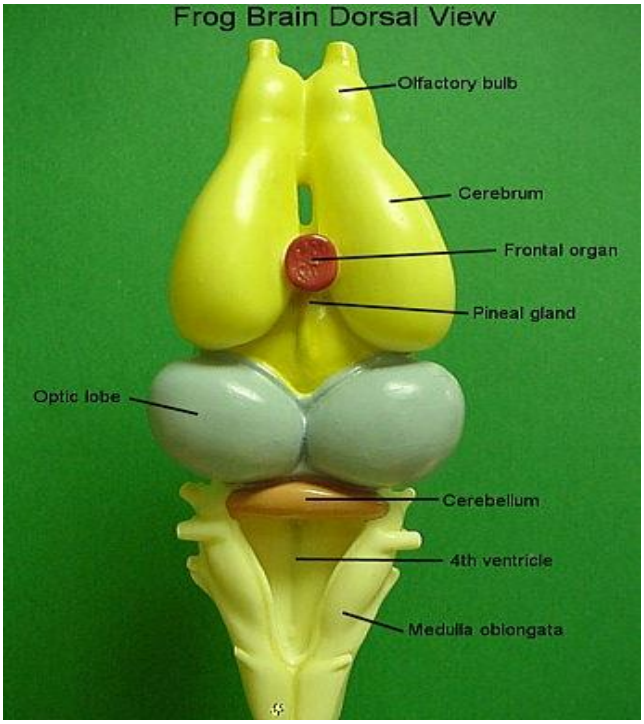
- **يتم اتلاف الدماغ بأدخال ابرة في القحف عن طريق الثقب الكبير وتحريكها حركة دورانية ومن عيوبها امكانية عدم حدوث اتلاف تام للدماغ.**
- **تزال عظام سقف القحف ويستأصل الدماغ بأداة حادة كالمشرط وهذا يضمن ازالة تامة للدماغ ولكنه يحتاج الى خبرة ودقة ووقت.**

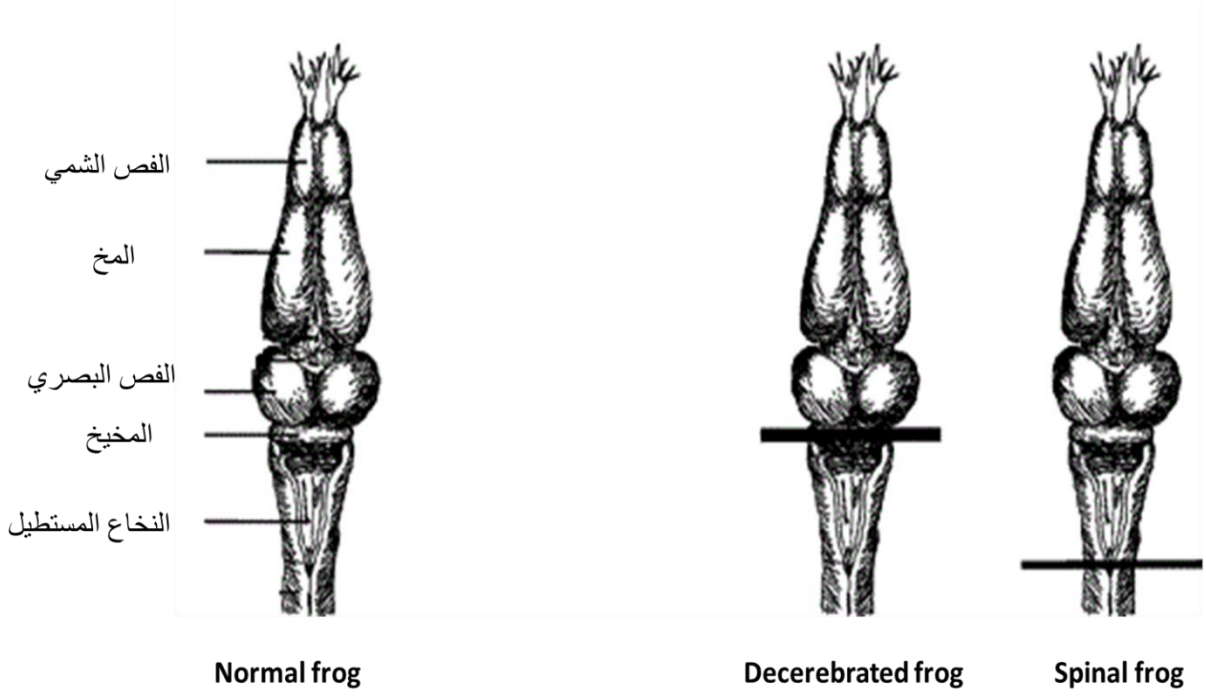
**تتم دراسة الفعاليات الآتية في كل حالة من حالات الضفدع المذكورة أعلاه**

- **وضعية الجسم : يلاحظ وضع الرأس والجذع والأطراف .**
- **الحركات التنفسية : يتم حساب معدل الحركات التنفسية بحساب عدد هذه الحركات في الدقيقة الواحدة .**
- **السباحة : تلاحظ قدرة الضفدع على تحريك أطرافه بصورة منسقة لغرض السباحة .**
- **الفعل الأنعكاسي التصحيحي righting reflex : عند قلب الضفدع على ظهره فأنه ينقلب الى وضعه الطبيعي ويصحح وضعية جسمه وهذا يدعى بالفعل الأنعكاسي التصحيحي .**

## جدول يبين الفعاليات الملاحظة في الحالات المختلفة للضفدع

| حالة الضفدع | وضعية الجسم | الحركات التنفسية | حركات السباحة | الفعل الأنعكاسي التصحيحي |
|---|---|---|---|---|
| الأعتيادي | طبيعية | موجودة | موجودة | موجود |
| اللامخي | طبيعية | موجودة | موجودة | موجود |
| الشوكي | الجسم ممدود ومتراخي | مفقودة | يغطس في القعر | مفقود |






**شكل يبين مواضع الأستئصال للحصول على كل من الضفدع اللامخي والضفدع الشوكي**

- **من خلال الشكل السابق نستدل على :**
- **- أن قطع الفك العلوي والجمجمة خلف العينين للحصول على الضفدع اللامخي يؤدي الى قطع أجزاء مهمة من الدماغ كالفصين الشميين ونصفي كرة المخ والفصين البصريين, بينما تبقى اجزاء مهمة اخرى من الدماغ كالمخيخ و النخاع المستطيل.**
- **-أن قطع الرأس بأكمله أمام الأطراف الأمامية للحصول على الضفدع الشوكي يؤدي الى استئصال الدماغ بكل أجزائه بضمنها المخيخ والنخاع المستطيل .**

- **يستدل مما سبق على مسؤولية كل جزء من أجزاء الدماغ عن القيام بوظائف وفعاليات معينة فالمخيخ يكون المسؤول الرئيسي عن فعاليات التوازن كوضعية الجسم والسباحة والفعل الأنعكاسي التصحيحي لذلك نرى الحفاظ على هذه الفعاليات في الضفدع اللامخي وفقدانها في الضفدع الشوكي بينما يكون النخاع المستطيل مسؤولا عن العديد من الفعاليات ومنها الحركات التنفسية وهذا يفسر بقاء هذه الحركات في الضفدع اللامخي وفقدانها في الضفدع الشوكي .**

**فسلجة الجهاز العصبي/ العملي /2**

## انتشار الأفعال الأنعكاسية Irradiation of Reflexes

عند تحفيز احد اصابع الطرف الخلفي للضفدع تحفيزا بسيطا بأستخدام الملقط نلاحظ استجابة طفيفة تتمثل بسحب الطرف المحفز نحو جذع الجسم وكلما تزداد قوة الحافز نلاحظ أن الأستجابة تصبح اقوى اذ تشترك عضلات اكثر في هذه الأستجابة وهذا يوضح ظاهرة انتشار الأفعال الأنعكاسية اذ ترتبط الأقواس الأنعكاسية مع بعضها في الجهاز العصبي، فكلما زادت شدة الحافز ازداد عدد العضلات المشتركة في الأستجابة نتيجة لأرتباط هذه الأقواس الأنعكاسية .

عند تعريض احد الأطراف الى حافز شديد القوة نلاحظ اشتراك الطرف الآخر (غير المحفز) في الأستجابة وتدعى هذه الظاهرة بالفعل الأنعكاسي المتصالب أو التصالبي Crossed Reflex .

## الزمن الأنعكاسي Reflex Time

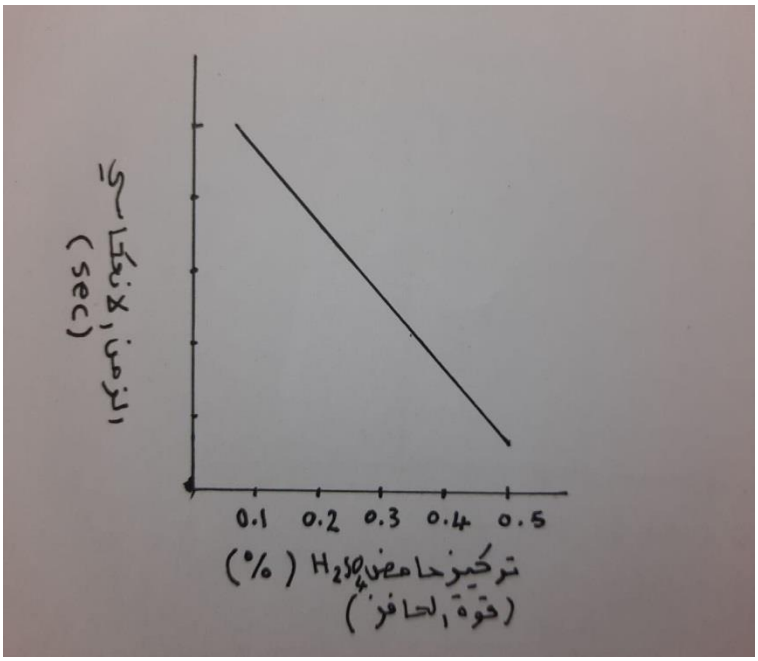
وهو الفترة الزمنية التي تقع بين لحظة اعطاء الحافز وحدوث الأستجابة بهيئة فعل انعكاسي .

يمكن دراسة وتحديد الزمن الأنعكاسي عن طريق تعليق الضفدع الشوكي وغمر احد اطرافه الخلفية بسلسة من التراكيز التصاعدية لحامض الكبريتيك ($H_2SO_4$) %(0.5 , 0.4 , 0.3 , 0.2 , 0.1) مع مراعاة مايأتي :

- يكون غمر الطرف في التراكيز المختلفة بنفس العمق .
- يغسل الطرف المغمور بمحلول بيكاربونات الصوديوم ($NaHCO_3$) بتركيز 1% ثم يغسل بالماء وذلك بعد تعريضه لكل من التراكيز المذكورة . (لماذا؟) .
- تعطى فترة دقيقتين قبل الغمر في التركيز اللاحق .

من خلال النتائج سيلاحظ ان استجابة الضفدع ستكون برفع الطرف المحفز نحو جذع الجسم وان الفترة الزمنية لحدوث الأستجابة ستكون اقصر (اي تكون الأستجابة أسرع) كلما كان تركيز الحامض أعلى، اي ان الزمن الأنعكاسي يقل بأزدياد قوة الحافز (علاقة عكسية) .

- يمكن الأستعاضة عن حامض الكبريتيك بأستخدام حوافز اخرى كأستخدام رجات كهربائية متصاعدة الشدة .
- يمكن التعبير عن العلاقة بين قوة الحافز والزمن الأنعكاسي بالرسم البياني .




**شكل يوضح العلاقة بين قوة الحافز والزمن الأنعكاسي**

## الأعاقة (المنع) Inhibition

تحدث الأعاقة عند تحفيز الحيوان بحافز معين مع وجود حافز آخر.

**امثلة :**

يمكن اعادة تجربة تحديد الزمن الأنعكاسي ولكن بعد ربط الطرفين الأمامين بشدة بأستخدام خيط سميك . هل ستقل أم ستزداد سرعة الأستجابة بأستخدام التراكيز المختلفة من حامض الكبريتيك بعد ربط الطرفين الأماميين ؟ ولماذا ؟

- عند دراسة ظاهرة الفعل الأنعكاسي التصحيحي لاحظنا عند قلب الضفدع على ظهره فأنه تمكن من العودة الى وضعه الطبيعي . يمكن اعادة هذه التجربة بعد ربط الطرفين الأماميين للضفدع . هل سيتمكن الضفدع في هذه الحالة من تصحيح وضعه في حالة كون الربط قوي ؟ ولماذا؟

## امثلة على بعض الأفعال الأنعكاسية (المنعكسات)

**منعكس الضوء البؤبؤي :** يحدث هذا المنعكس عند سقوط الضوء على شبكية العين اذ يتضيق البؤبؤ لتقليل كمية الضوء التي تمر خلاله .

**منعكس القرنية ومنعكس الدمع** : عند ملامسة القرنية مع جسم غريب يؤدي ذلك الى غلق العين لا راديا وتدفق الدمع من العين ويحدث ذلك لوقاية القرنية من الأجسام الغريبة ويحدث ذلك ايضا عند التعرض للأضاءة الشديدة .

**منعكس الرضاعة** : يحدث هذا المنعكس نتيجة للتحفيز الميكانيكي للشفاه واللسان والبطانة المخاطية للفم في حديثي الولادة .

**منعكس التقيؤ :** التقيؤ هو فعل انعكاسي يحدث لأزالة المواد المهيجة من المعدة والجزء العلوي من الأمعاء . وهناك حوافز عديدة اخرى من الممكن ان تؤدي الى حدوث هذا المنعكس ومن امثلتها الحوافز الواردة من الكلية (كما يحدث في حالة المغص الكلوي) والرحم والمثانة والجهاز الدهليزي اذ تؤثر هذه الحوافز في مركز التقيؤ الذي يقع في النخاع المستطيل نتيجة وصول الأيعازات العصبية اليه من هذه المناطق ، فضلا عن التأثيرات النفسية التي قد تقود ايضا الى التقيؤ .

## فسلجة حيوان/ العملي

## فسلجة التقلص العضلي

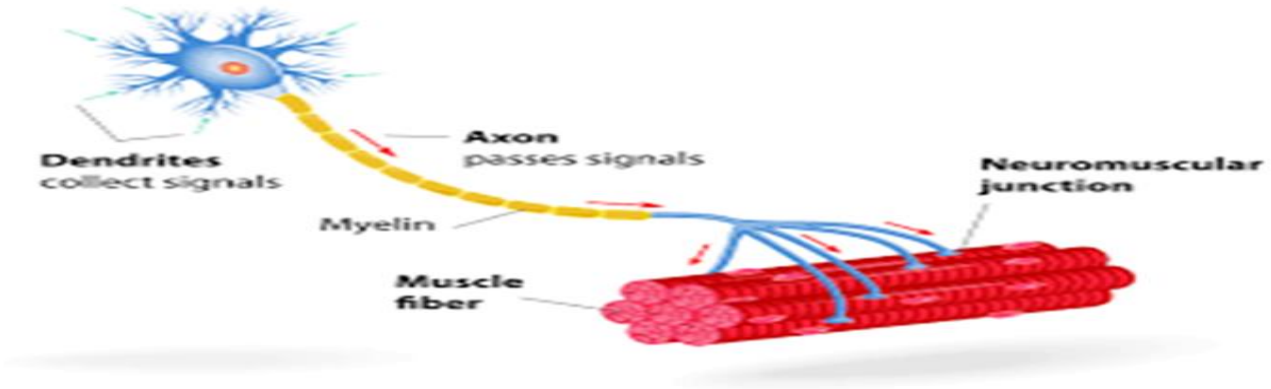
تلعب العضلات الهيكلية دورا مهما في استجابة الحيوان وتفاعله مع البيئة الخارجية عن طريق حركة الجسم بأكمله أو حركة أحد اعضائه .

تتألف العضلة الهيكلية من حزم من الألياف العضلية Muscle Fibers وكل ليف عضلي يمثل خلية متعددة الأنوية تحوي ليفات عضلية Myofibrils والليفات تحوي خيوط Filaments والتي تتألف من بروتينات تقلصية .

# العصب Nerve يتألف من مجموعة من الألياف العصبية Nerve Fibers والليف العصبي هو محور لخلية عصبية وكل ليف عصبي يتفرع في نهايته الى عدد من الفروع التي تنتهي بتراكيب منتفخة تدعى الأزرار او الأقدام النهائية التي تحوي عدد كبير حويصلات التشابك الخازنة للناقل الكيميائي.

تتصل نهايات الليف العصبي الحركي وظيفيا بأغشية الألياف العضلية عن طريق تركيب خاص يدعى الملتقى العضلي العصبي Myoneural Junction (Neuromuscular Junction). اذ يتصل الليف العصبي الواحد عن طريق فروعه بعدد كبير من الألياف العضلية تساوي عدد هذه الفروع . ويدعى الليف العصبي الواحد مع الألياف العضلية التي يتصل بها بالوحدة الحركية Motor Unit , علما أن الوحدة الحركية هي الوحدة الوظيفية في العضلة .

- لايوجد اتصال فعلي بين سايتوبلازم نهاية فرع الليف العصبي وسايتوبلازم الليف العضلي اذ توجد فجوة ضيقة بين غشائي الليفين في الملتقى العضلي-العصبي .




**تركيب الوحدة الحركية Motor Unit**

## صفات الوحدة الحركية

1- لكل وحدة حركية حساسية معينة للأستجابة للحوافز , اذ ان بعضها يستجيب لحافز ضعيف بينما يستجيب بعضها الآخر لحوافز اقوى ولايستجيب لحوافز دونها , ويعبر عن مقدار حساسية الوحدة الحركية بمصطلح العتبة Threshold .

العتبة: هي أدنى قوة حافز يمكنها ان تحدث استجابة في الوحدة الحركية .

2- تخضع الوحدة الحركية لقانون الكل أو اللاشيء All or None Law اذ انها تستجيب حين وصول الحافز حد عتبتها ولا تستجيب عندما يكون الحافز دون ذلك , وعند استجابتها فأن مقدار هذه الأستجابة لايزداد بزيادة شدة الحافز. (الليف العصبي ايضا يخضع لقانون الكل أو اللاشيء)

**ملاحظة مهمة** : العضلة الهيكلية ككل لاتتبع قانون الكل او اللاشيء لأنها تضم عدد كبير من الوحدات الحركية التي تختلف في حساسيتها ( مقدار حدود عتباتها ) فعند تحفيزها بحافز ضعيف يصل الى حدود عتبات وحدات حركية معينة ولايصل الى حدود عتبات وحدات حركية اخرى فأن استجابتها تكون ضعيفة وكلما زادت قوة الحافز تزاد شدة الأستجابة وذلك لأنضمام وحدات حركية اخرى الى الأستجابة وصل الحافز الى حدود عتباتها. أي ان قوة استجابة العضلة الهيكلية تعتمد على عدد الوحدات الحركية المشتركة في الأستجابة وبذلك فهي لاتخضع لقانون الكل أو اللاشيء.

## التحضير العصبي – العضلي Nerve-Muscle Preparation

لدراسة فسلجة العضلات الهيكلية يتم عادة استخدام عضلة ساق الضفدع المسماة بالعضلة السمانية Gastrocnemius Muscle مع العصب الوركي Sciatic Nerve المرتبط بها لذلك يعرف هذا التحضير بالتحضير السماني-الوركي .

## تستخدم عضلات الضفدع كنموذج لدراسة فسلجة التقلص العضلي

لكونها تحتفظ بقدرتها على التقلص لفترات طويلة عند ترطيبها بأستمرار بمحلول رنكر ولاتحتاج الى توفير متطلبات كالتي يجب توفيرها لو تم استخدام عضلات حيوان لبون كالأرنب أو الفأر مثلا من درجة حرارية مثلى مقاربة لدرجة حرارة الجسم و تجهيزمستمر بالأوكسجين وبمصادر للطاقة كالكلوكوز. وذلك لكون الضفدع ذو معدل ايض واطيء مقارنة باللبائن فضلا عن كونه من الحيوانات متغيرة درجة الحرارة ولا يحتاج الى توفير درجة حرارة معينة عند استخدامه في التجارب .

التحضير العصبي-العضلي
Nerve – muscle preparation

sciatic – gastrocnemius preparation
تحضير العصب الوركي – العضلة السمانية

لتسجيل الأستجابات المختلفة للعضلة الهيكلية تم استخدام جهاز خاص يدعى الكايموكراف في السنوات الماضية اما حاليا سيتم استخدام جهاز حديث يدعى Power Lab اذ يتم تحفيز العضلة بحوافز ذات شدة وزمن مختلف.

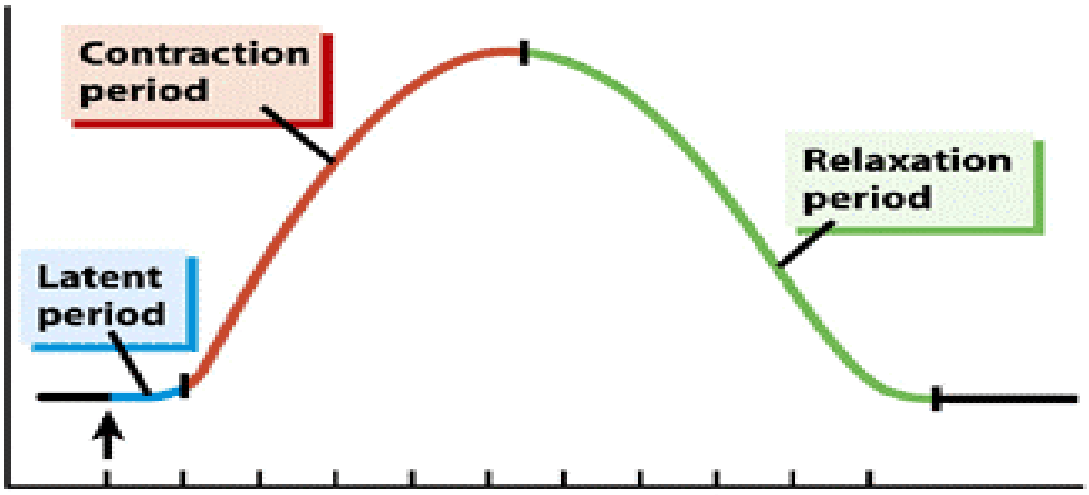
## دراسة بعض استجابات العضلة الهيكلية

### 1- التقلص العضلي البسيط (الخطفة العضلية) Simple Muscle Twitch

عند تحفيز العضلة بصورة مباشرة أو غير مباشرة عن طريق العصب المرتبط بها بحافز منفرد ذو قوة كافية فأنها تتقلص بسرعة ثم تنبسط (ترتخي) . علما بأن استجابة العضلة لا تحدث مباشرة عند تحفيزها بل هناك فترة زمنية تقع بين لحظة اعطاء الحافز وحدوث الأستجابة وتدعى هذه الفترة بفترة أو دور الكمون Latent Period تستغرق حوالي 10 ملي ثانية . وتعزى هذه الفترة (في حالة التحفيز غير المباشر) الى الأسباب الآتية :

1- الفترة اللازمة لوصول الأيعاز العصبي من موقع التحفيز على العصب الى الأقدام (الأزرار) النهائية الموجودة في نهاية فروع الليف العصبي .
2- الفترة اللازمة لأفراز الناقل الكيميائي (الأستل كولين) من الحويصلات التشابكية الموجودة في الأزرارالنهائية وتسربه الى الفجوة الموجودة في الملتقى العضلي-العصبي ثم ارتباطه بمستقبلاته على غشاء الليف العضلي .
3- الفترة اللازمة لحدوث زوال الأستقطاب في غشاء الليف العضلي وتولد جهد الفعل وانتشاره في لييفات الليف العضلي والذي يؤدي الى حدوث التقلص العضلي .

بعد انتهاء فترة الكمون تمر العضلة بفترة انكماش وتدعى هذه بفترة التقلص Contraction Period وتستغرق حوالي 40 ملي ثانية ثم تعقبها فترة انبساط (ارتخاء) Relaxation Period تستغرق حوالي 50 ملي ثانية .




**أدوار(فترات)التقلص العضلي البسيط (الخطفة العضلية) Simple Muscle Twitch**

**دور الكمون Latent Period**

**دور التقلص Contraction Period**

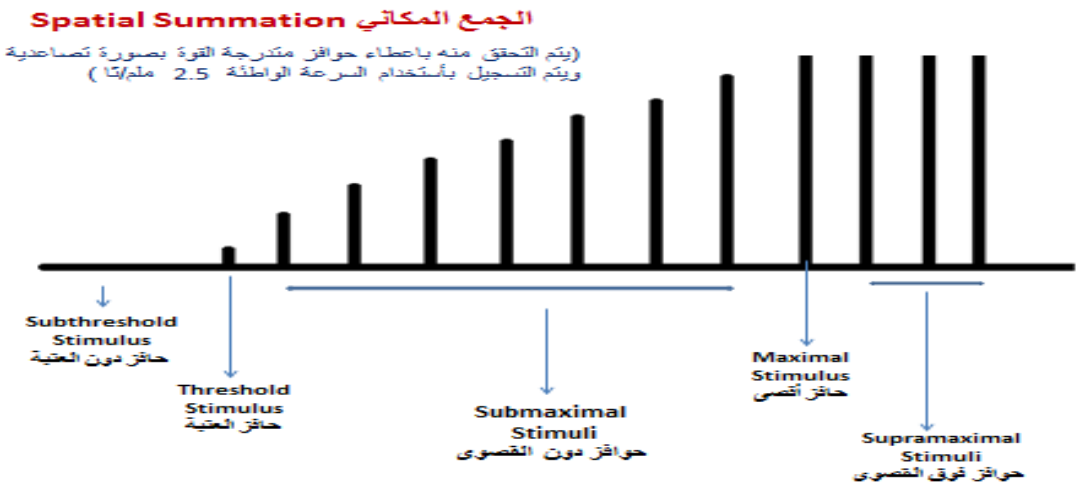
**دور الأرتخاء Relaxation Period**

## ظاهرة الضم (الجمع) Summation

كما تم ذكره سابقا لاتخضع العضلة الهيكلية لقانون الكل أو اللاشيء لأن اليافها العضلية والعصبية موزعة الى وحدات حركية مستقلة عن بعضها وان لكل وحدة حركية حساسية (حد عتبة) خاصة بها , اذ لبعضها عتبات واطئة ولبعضها الآخر عتبات عالية . وعليه فأن العضلة تظهر ظاهرة الضم بشكل واضح . الضم هو زيادة مقدار الأستجابة بتغيير الحافز سواء من حيث العلاقة الزمنية أو من حيث قوة الحافز . لذلك هناك نوعان من الضم(الجمع) هما الجمع المكاني Spatial Summation والجمع الزمني Temporal Summation .

### الجمع المكاني Spatial Summation

عند تحفيز العضلة الهيكلية بحوافز تصاعدية فأن مقدار الأستجابة يزداد مع زيادة قوة الحافز . فعند التحفيز بحافز ضعيف قد لاتستجيب العضلة نهائيا لأن الحافز لايزال دون حد العتبة Subthreshold Stimulus لجميع الوحدات الحركية في العضلة وعند زيادة قوة الحافز قليلا من الممكن ان تحدث استجابة ضعيفة اذ ان الحافز وصلت قوته الى حد عتبة عدد من الوحدات الحركية ذات العتبات الواطئة , ويطلق على اقل قوة حافز ادت الى حدوث اول استجابة ضعيفة بحافز العتبة Threshold Stimulus . وهكذا كلما ازدادت قوة الحافز تزداد قوة استجابة العضلة بسبب انضمام وحدات حركية اكثر الى الأستجابة لكون الحافز وصل الى حدود عتباتها وهذا مايعرف بالجمع المكاني . وعند الأستمرار بزيادة قوةالحافز سنصل الى مرحلة نجد فيها ثبات الأستجابة على أقصى حد وصلت له اي ان الحافز السابق كان الحافز الأقصى Maximal Stimulus ولاتزداد شدة الأستجابة بعد ذلك مهما زيدنا قوة الحافز وذلك لأن الحافز وصل الى حد عتبة جميع الوحدات الحركية في العضلة ولم تعد هناك وحدات حركية اخرى تضاف الى الأستجابة لتزيد من قوتها , اي ان تقلص العضلة وصل الى اقصى حد ممكن , علما بأن الحوافز التي تعقب الحافز الأقصى تدعى بالحوافز فوق القصوى Supermaximal Stimuli




## الجمع الزمني Temporal Summation

عند تحفيز العضلة بحافزين متساووين في القوة وكانت الفترة الزمنية بين الحافزين قصيرة جدا نلاحظ تسجيل استجابتين وتكون الأستجابة الثانية أقوى من الأولى مع أن كلا الحافزين بنفس القوة . ان تفسير ذلك هو أن الحافز الأول احدث استجابة في عدد من الوحدات الحركية لكونه يصل الى حدود عتباتها بينما احدث تهيجا (زوال استقطاب ) في وحدات حركية اخرى لم يكن الحافز ضمن حدود عتباتها وعند اعطاء الحافز الثاني بسرعة ادى الحافز الثاني الى استجابة الوحدات الحركية التي تهيجت بفعل الحافز الأول فأنضمت الى الأستجابة وعززت من قوتها

ملاحظة : يشترط ان يكون الحافز المستخدم معتدل الشدة اي دون قوة الحافز الأقصى , لأنه بأستخدام حافز اقصى ستكون الأستجابتين بأقصى مقدار ممكن ولانحصل على جمع زمني .

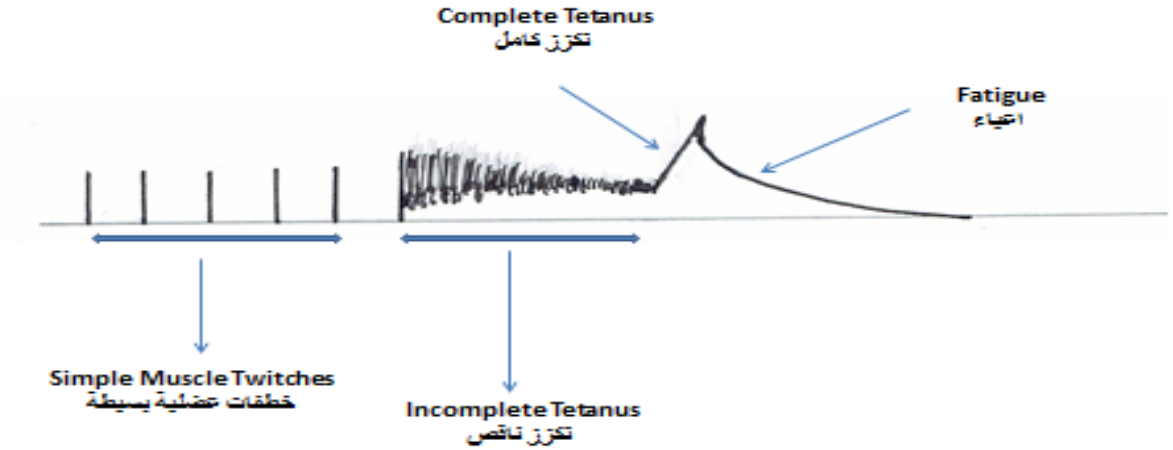
**التكزز Tetanus** وهو شكل من اشكال الجمع الزمني ولكن يحدث بأستخدام حوافز عديدة متتالية متساوية وبصورة سريعة وهناك نوعان من التكزز هما:

1- **التكزز الناقص Incomplete Tetanus** :ويحدث عند اعطاء حوافز متتالية تكون الفترات الزمنية بينها قصيرة فتكون الأستجابة بشكل تقلصات متتالية مندمجة بشكل جزئي ( اي تكون ادوار الأرتخاء بين التقلصات غير مكتملة ) (لاحظ دور الأرتخاء في الشكل السابق الذي يمثل الجمع الزمني )

2- **التكزز الكامل Complete Tetanus** : ويحدث عند اعطاء حوافز متتالية تكون الفترات الزمنية بينها قصيرة جدا فتكون الأستجابة بشكل بشكل تقلص مستمر قوي ناتج عن اندماج تقلصات متتالية .

**الأعياء Fatigue** : يحدث الأعياء نتيجة الأستمرار بالتعرض الى الحوافز المتتالية وبفترات زمنية قصيرة اذ تفقد العضلة قدرتها على التقلص .

التكزز الناقص: يتم تسجيله عن طريق اعطاء حوافز متتالية الفترات الزمنية بينها قصيرة
التكزز الكامل: يتم تسجيله عن طريق اعطاء حوافز متتالية قوية الفترات الزمنية بينها قصيرة جدا فتتصلب العضلة نتيجة ذلك بالأعياء
( علما أن سرعة جهاز التسجيل المستخدمة واطئة 2.5 ملم/ثا )




**يحدث الأعياء في العضلات المفصولة عن الجسم للأسباب الآتية :**

1- تراكم الفضلات في الألياف العضلية (حامض اللبنيك و $CO_2$).
2- انخفاض مستويات الكلايكوجين والكلوكوز بسبب استهلاكها في المجهود العضلي الكبير .
3- نفاذ مصادر الطاقة ( ATP والكرياتين فوسفيت CP) .
4- نقص الأوكسجين .
5- نفاذ مادة الناقل الكيميائي الأستل كولين في منطقة الأندماج العضلي-العصبي (في حالة التحفيز غير المباشر أي عن طريق العصب) .

يمكن للعضلة المفصولة عن الجسم أن تستعيد قدرتها على التقلص عند تركها ترتاح لفترة من الزمن في محلول رنكر .

**مثال :** عند حملنا لشيء ثقيل لفترة من الزمن قد تصل العضلة الى مرحلة الأعياء ولكن بمجرد اعطاءها الراحة وتحريكها قليلا تستعيد قدرتها على الأستجابة بسرعة . اذ يعمل كلا من الجهاز التنفسي وجهاز الدوران على ازالة اسباب الأعياء المذكورة أعلاه بتوفير العناصر الضرورية للتقلص وازالة الفضلات.

**مراكز الافعال الانعكاسية**

لتحديد مواقع الافعال الانعكاسية ناخذ ضفدعا شوكيا ونقطع الضفدع تحت مستوى الطرفيين الاماميين بقليل ننتظر بضع دقايق لكي تزول الصدمة ,نقرص احد الطرفيين الامامين نشاهد حدوث فعل انعكاسي ع شكل استجابة بالطرف المحفز. الان نقرص احد الطرفيين الخلفيين نشاهد حدوث استجابه ع شكل فعل انعكاسي في الطرف المحفز.

من هذا نستنتج ان مراكز الافعال الانعكاسية لجزء معين من الجسم تقع في منطقة من الحبل الشوكي بمستوى ذلك الجزء.

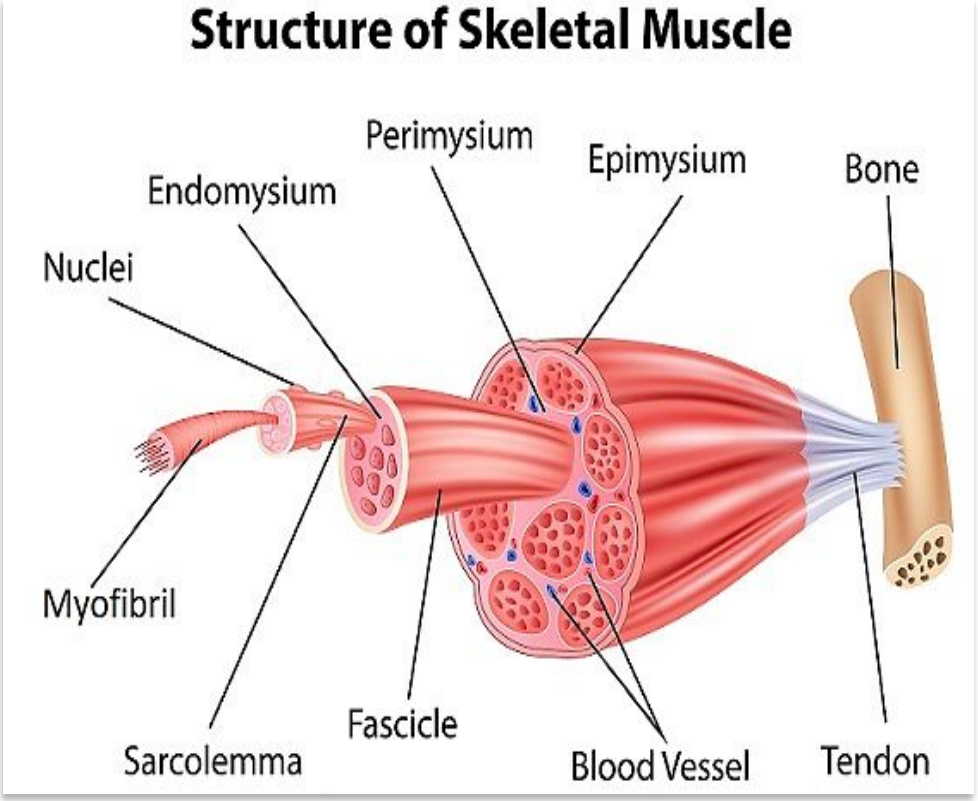
# فسلجة التقلص العضلي

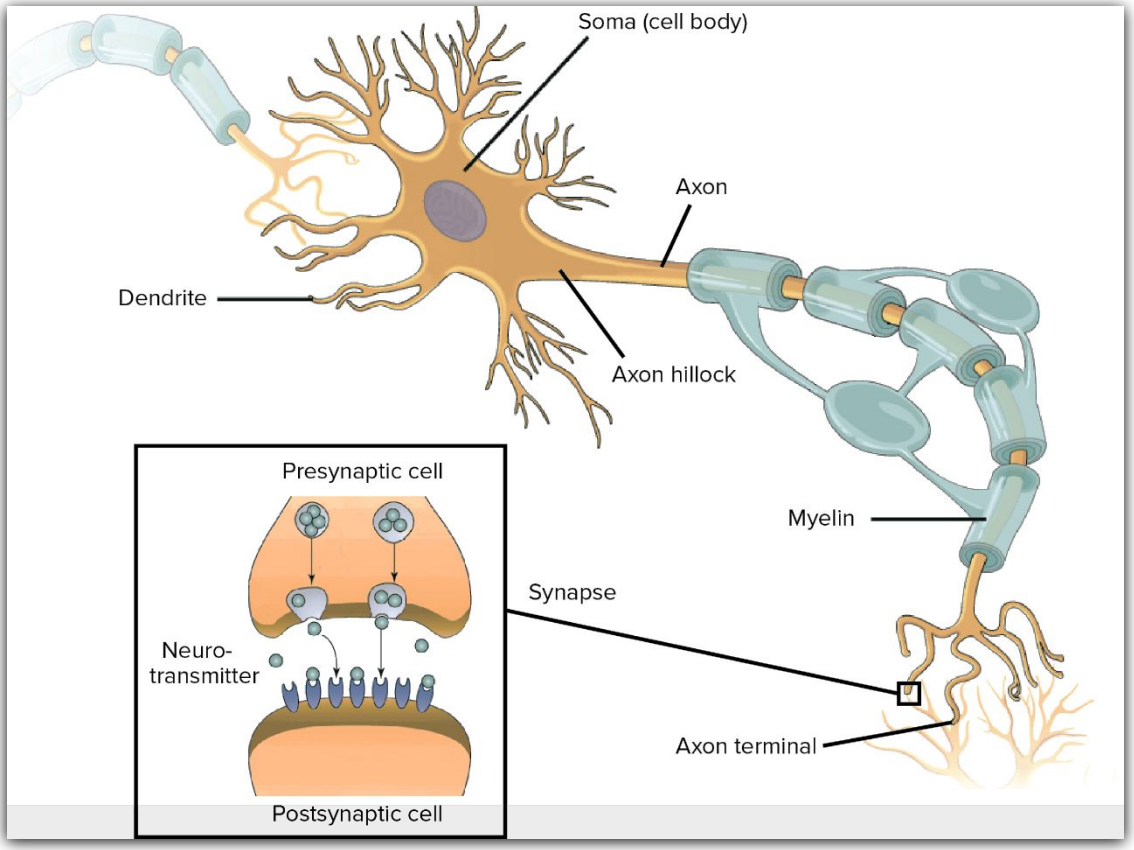
تلعب العضلات الهيكلية دورا مهما في استجابة الحيوان وتفاعله مع البيئة الخارجية عن طريق حركة الجسم بأكمله أو حركة أحد اعضائه .

تتألف العضلة الهيكلية من حزم من الألياف العضلية **Muscle Fibers**

وكل ليف عضلي يمثل خلية متعددة الأنوية تحوي لييفات عضلية **Myofibrils**

الليفات تحوي خيوط **Filaments** التي تتألف من بروتينات تقلصية .

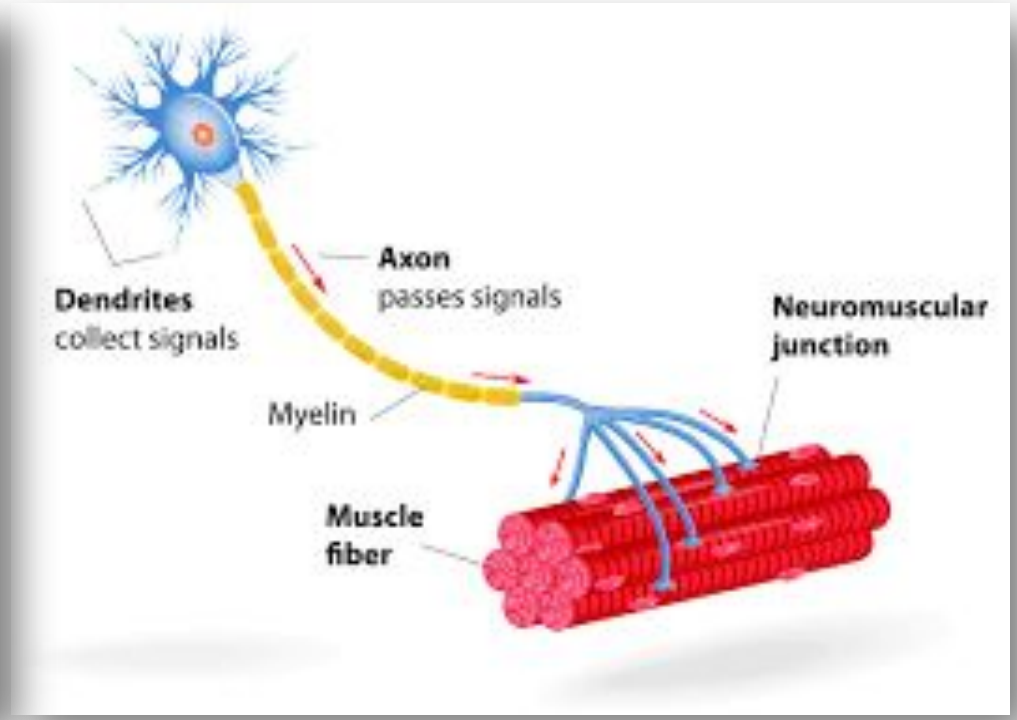





العصبNerve يتألف من مجموعة من الألياف العصبية Nerve Fibers والليف العصبي هو محور لخلية عصبية وكل ليف عصبي يتفرع في نهايته الى عدد من الفروع التي تنتهي بتراكيب منتفخة تدعى **الأزرار او الأقدام النهائية** التي تحوي عدد كبير **حويصلات التشابك الخازنة للناقل الكيميائي.**

تتصل نهايات الليف العصبي الحركي وظيفيا بأغشية الألياف العضلية عن طريق تركيب خاص يدعى الملتقى العضلي العصبي Myoneural Junction (Neuromuscular Junction). اذ يتصل الليف العصبي الواحد عن طريق فروعه بعدد كبير من الألياف العضلية تساوي عدد هذه الفروع . ويدعى الليف العصبي الواحد مع الألياف العضلية التي يتصل بها بالوحدة الحركية Motor Unit , علما أن الوحدة الحركية هي الوحدة الوظيفية في العضلة .

- لايوجد اتصال فعلي بين سايتوبلازم نهاية فرع الليف العصبي وسايتوبلازم الليف العضلي اذ توجد فجوة ضيقة بين غشائي الليفين في الملتقى العضلي-العصبي .



## صفات الوحدة الحركية

1. لكل وحدة حركية حساسية معينة للأستجابة للحوافز , اذ ان بعضها يستجيب لحافز ضعيف بينما يستجيب بعضها الآخر لحوافز اقوى ولايستجيب لحوافز دونها , ويعبر عن مقدار حساسية الوحدة الحركية بمصطلح العتبة Threshold .

   **العتبة :** هي أدنى قوة حافز يمكنها ان تحدث استجابة في الوحدة الحركية .

2. تخضع الوحدة الحركية لقانون الكل أو اللاشيء All or None Law اذ انها تستجيب حين وصول الحافز حد عتبتها ولا تستجيب عندما يكون الحافز دون ذلك , وعند استجابتها فأن مقدار هذه الأستجابة لايزداد بزيادة شدة الحافز. (الليف العصبي ايضا يخضع لقانون الكل أو اللاشيء)

**ملاحظة مهمة :**

**العضلة الهيكلية ككل لاتتبع قانون الكل او اللاشيء لأنها تضم عدد كبير من الوحدات الحركية التي تختلف في حساسيتها ( مقدار حدود عتباتها ) فعند تحفيزها بحافز ضعيف يصل الى حدود عتبات وحدات حركية معينة ولايصل الى حدود عتبات وحدات حركية اخرى فأن استجابتها تكون ضعيفة وكلما زادت قوة الحافز تزاد شدة الأستجابة وذلك لأنضمام وحدات حركية اخرى الى الأستجابة وصل الحافز الى حدود عتباتها. أي ان قوة استجابة العضلة الهيكلية تعتمد على عدد الوحدات الحركية المشتركة في الأستجابة وبذلك فهي لاتخضع لقانون الكل أو اللاشيء.**

# التحضير العصبي-العضلي
# Nerve – muscle preparation

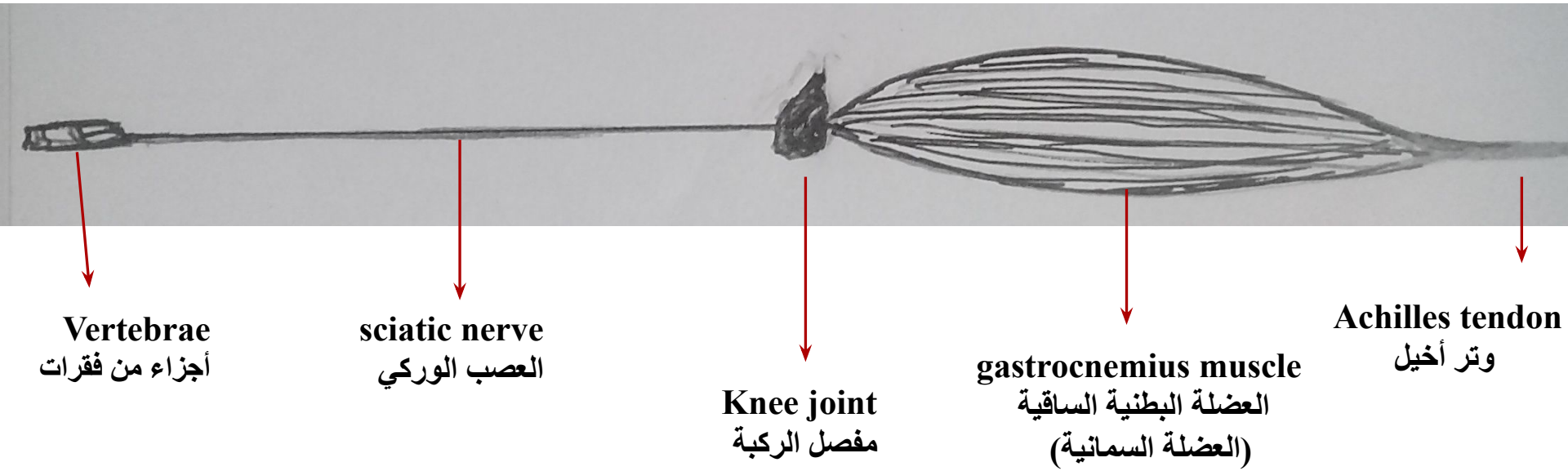
**التحضير العصبي – العضلي Nerve-Muscle Preparation**

لدراسة فسلجة العضلات الهيكلية يتم عادة استخدام عضلة ساق الضفدع المسماة بالعضلة السمانية Gastrocnemius Muscle مع العصب الوركي Sciatic Nerve المرتبط بها لذلك يعرف هذا التحضير بالتحضير السماني-الوركي .

**تستخدم عضلات الضفدع كنموذج لدراسة فسلجة التقلص العضلي**

لكونها تحتفظ بقدرتها على التقلص لفترات طويلة عند ترطيبها بأستمرار بمحلول رنكر ولاتحتاج الى توفير متطلبات كالتي يجب توفيرها لو تم استخدام عضلات حيوان لبون كالأرنب أو الفأر مثلا من درجة حرارية مثلى مقاربة لدرجة حرارة الجسم و تجهيزمستمر بالأوكسجين وبمصادر للطاقة كالكلوكوز. وذلك لكون الضفدع ذو معدل ايض واطيء مقارنة باللبائن فضلا عن كونه من الحيوانات متغيرة درجة الحرارة ولا يحتاج الى توفير درجة حرارة معينة عند استخدامه في التجارب .

# sciatic – gastrocnemius preparation
# تحضير العصب الوركي – العضلة السمانية

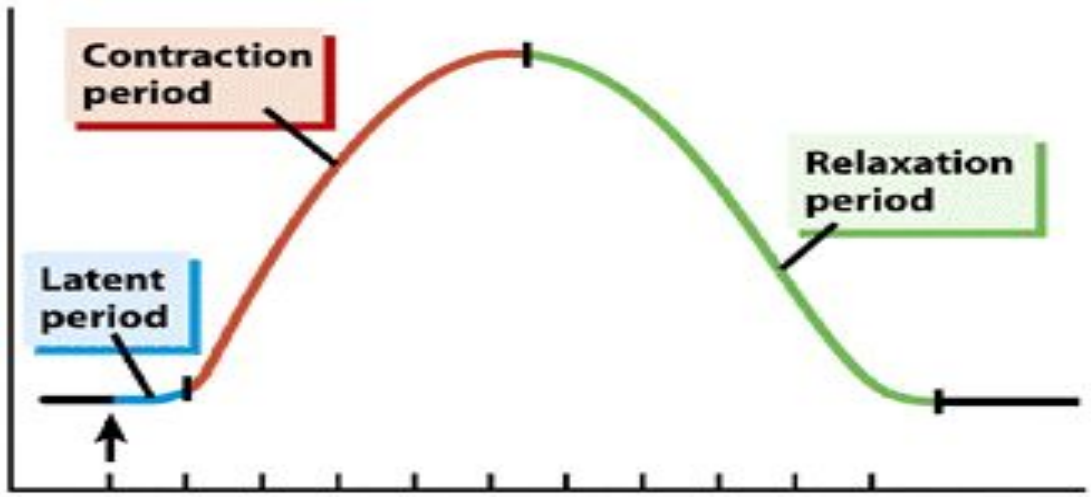



لتسجيل الأستجابات المختلفة للعضلة الهيكلية تم استخدام جهاز خاص يدعى **الكايموكراف (kymograph)** في السنوات الماضية اما حاليا سيتم استخدام جهاز حديث يدعى البورلاب **Power Lab** اذ يتم تحفيز العضلة بحوافز ذات شدة وزمن مختلف.

# دراسة بعض استجابات العضلة الهيكلية

## 1. التقلص العضلي البسيط (الخطفة العضلية) Simple Muscle Twitch

عند تحفيز العضلة بصورة مباشرة أو غير مباشرة عن طريق العصب المرتبط بها بحافز منفرد ذو قوة كافية فأنها تتقلص بسرعة ثم تنبسط (ترتخي) . علما بأن استجابة العضلة لا تحدث مباشرة عند تحفيزها بل هناك فترة زمنية تقع بين لحظة اعطاء الحافز وحدوث الأستجابة وتدعى هذه الفترة بفترة أو دور الكمون Latent Period تستغرق حوالي 10 ملي ثانية




**أدوار(فترات)التقلص العضلي البسيط (الخطفة العضلية) Simple Muscle Twitch**

**دور الكمون Latent Period**

**دور التقلص Contraction Period**

**دور الأرتخاء Relaxation Period**

**وتعزى فترة الكمون (في حالة التحفيز غير المباشر) الى الأسباب الآتية :**

1. الفترة اللازمة لوصول الأيعاز العصبي من موقع التحفيز على العصب الى الأقدام (الأزرار) النهائية الموجودة في نهاية فروع الليف العصبي .
2. الفترة اللازمة لأفراز الناقل الكيميائي (الأستل كولين) من الحويصلات التشابكية الموجودة في الأزرارالنهائية وتسربه الى الفجوة الموجودة في الملتقى العضلي-العصبي ثم ارتباطه بمستقبلاته على غشاء الليف العضلي .
3. الفترة اللازمة لحدوث زوال الأستقطاب في غشاء الليف العضلي وتولد جهد الفعل وانتشاره في لييفات الليف العضلي والذي يؤدي الى حدوث التقلص العضلي .

بعد انتهاء فترة الكمون تمر العضلة بفترة انكماش وتدعى هذه بفترة التقلص Contraction Period وتستغرق حوالي 40 ملي ثانية ثم تعقبها فترة انبساط (ارتخاء) Relaxation Period تستغرق حوالي 50 ملي ثانية .

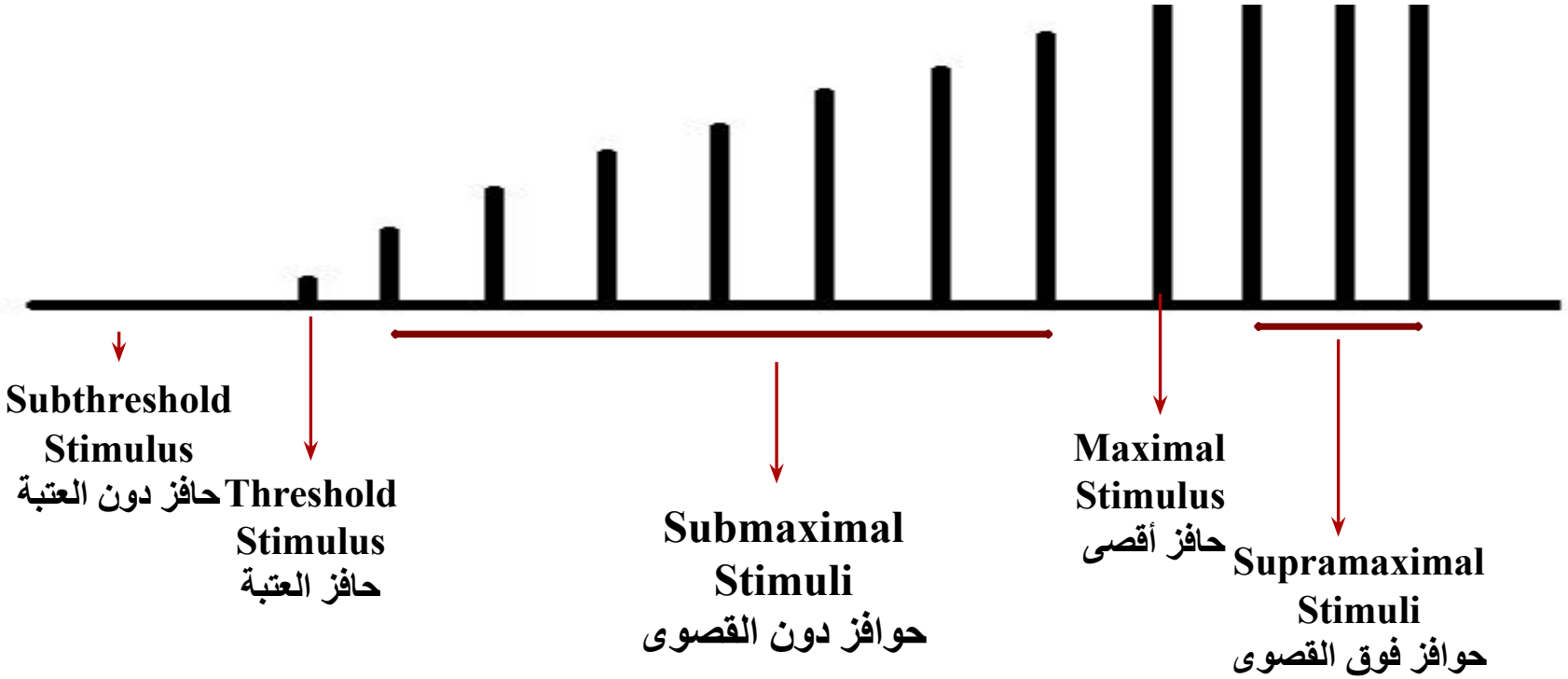
## ظاهرة الضم (الجمع) Summation

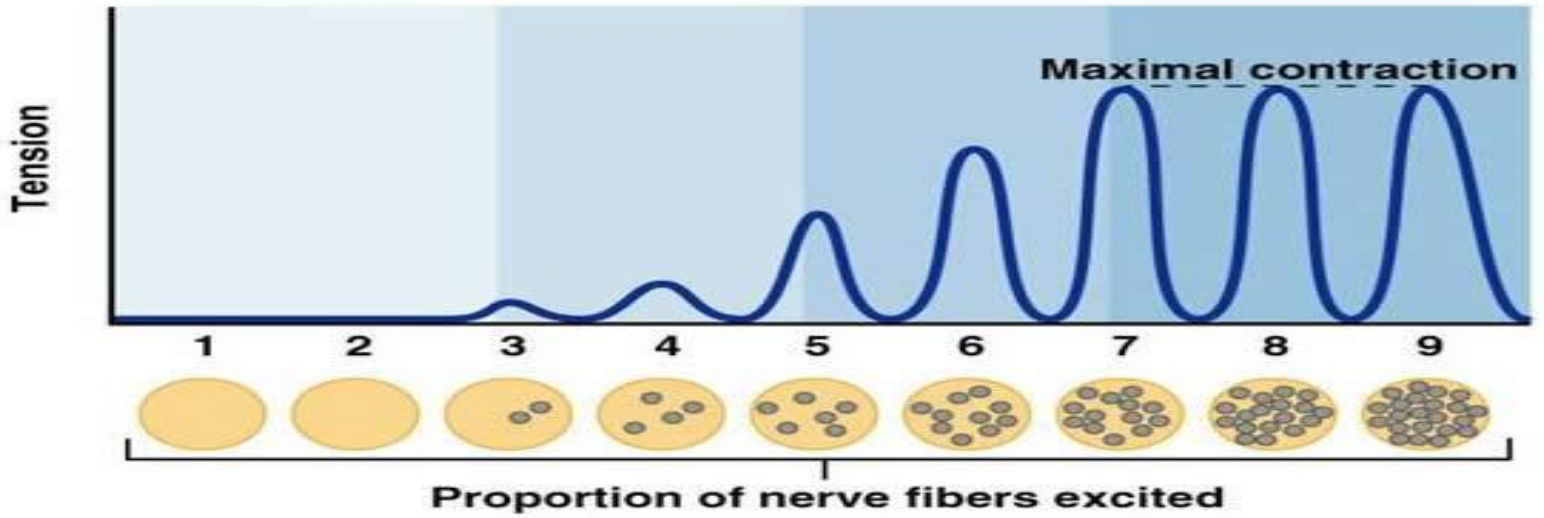
كما تم ذكره سابقا لاتخضع العضلة الهيكلية لقانون الكل أو اللاشيء لأن اليافها العضلية والعصبية موزعة الى وحدات حركية مستقلة عن بعضها وان لكل وحدة حركية حساسية (حد عتبة) خاصة بها , اذ لبعضها عتبات واطئة ولبعضها الآخر عتبات عالية . وعليه فأن العضلة تظهر ظاهرة الضم بشكل واضح . الضم هو زيادة مقدار الأستجابة بتغيير الحافز سواء من حيث العلاقة الزمنية أو من حيث قوة الحافز . لذلك هناك نوعان من الضم(الجمع) هما الجمع المكاني Spatial Summation والجمع الزمني Temporal Summation

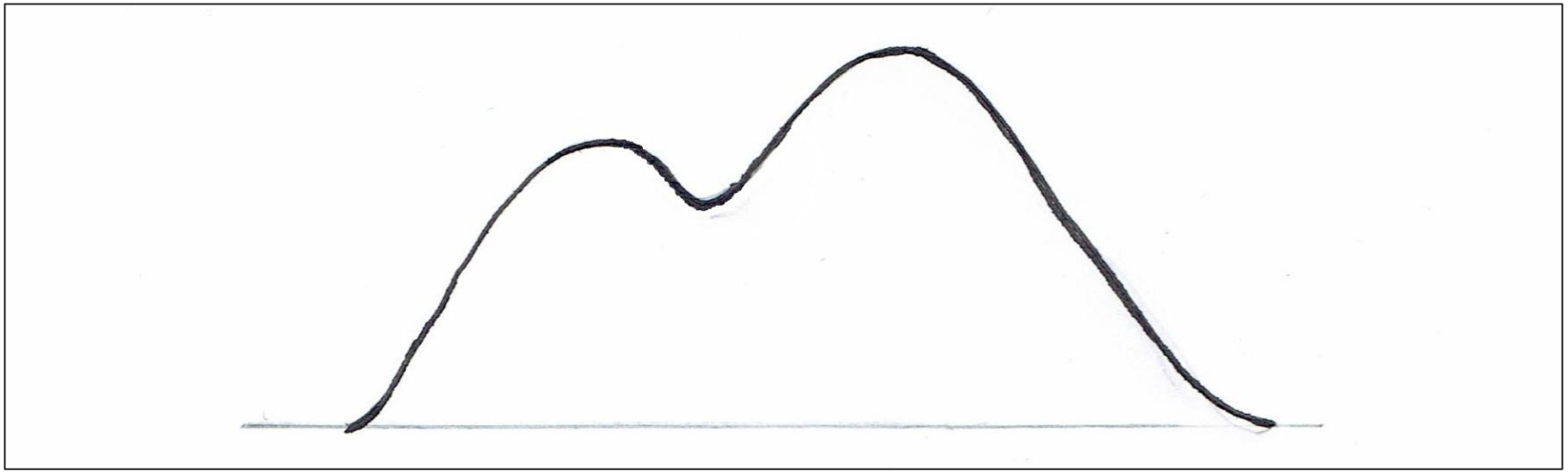
## الجمع المكاني Spatial Summation

عند تحفيز العضلة الهيكلية بحوافز تصاعدية فأن مقدار الأستجابة يزداد مع زيادة قوة الحافز . فعند التحفيز بحافز ضعيف قد لاتستجيب العضلة نهائيا لأن الحافز لايزال دون حد العتبة **Subthreshold Stimulus** لجميع الوحدات الحركية في العضلة وعند زيادة قوة الحافز قليلا من الممكن ان تحدث استجابة ضعيفة اذ ان الحافز وصلت قوته الى حد عتبة عدد من الوحدات الحركية ذات العتبات الواطئة , ويطلق على اقل قوة حافز ادت الى حدوث اول استجابة ضعيفة بحافز العتبة **Threshold Stimulus** . وهكذا كلما ازدادت قوة الحافز تزداد قوة استجابة العضلة بسبب انضمام وحدات حركية اكثر الى الأستجابة لكون الحافز وصل الى حدود عتباتها وهذا مايعرف بالجمع المكاني . وعند الأستمرار بزيادة قوةالحافز سنصل الى مرحلة نجد فيها ثبات الأستجابة على أقصى حد وصلت له اي ان الحافز السابق كان الحافز الأقصى **Maximal Stimulus** ولاتزداد شدة الأستجابة بعد ذلك مهما زيدنا قوة الحافز وذلك لأن الحافز وصل الى حد عتبة جميع الوحدات الحركية في العضلة ولم تعد هناك وحدات حركية اخرى تضاف الى الأستجابة لتزيد من قوتها , اي ان تقلص العضلة وصل الى اقصى حد ممكن , علما بأن الحوافز التي تعقب الحافز الأقصى تدعى بالحوافز فوق القصوى **Supermaximal Stimuli**

(يتم التحقق منه باعطاء حوافز متدرجة القوة بصورة تصاعدية ويتم التسجيل بأستخدام السرعة الواطئة 2.5 ملم/ثا )





**يتم التحقق منه بأعطاء حافزين متتاليين بنفس الشدة الفترة الزمنية بينهما قصيرة جدا ويتم التسجيل بأستخدام السرعة العالية 250 ملم/ ثا**

## الجمع الزمني Temporal Summation

عند تحفيز العضلة بحافزين متساووين في القوة وكانت الفترة الزمنية بين الحافزين قصيرة جدا نلاحظ تسجيل استجابتين وتكون الأستجابة الثانية أقوى من الأولى مع أن كلا الحافزين بنفس القوة . ان تفسير ذلك هو أن الحافز الأول احدث استجابة في عدد من الوحدات الحركية لكونه يصل الى حدود عتباتها بينما احدث تهيجا (زوال استقطاب ) في وحدات حركية اخرى لم يكن الحافز ضمن حدود عتباتها وعند اعطاء الحافز الثاني بسرعة ادى الحافز الثاني الى استجابة الوحدات الحركية التي تهيجت بفعل الحافز الأول فأنضمت الى الأستجابة وعززت من قوتها

ملاحظة: يشترط ان يكون الحافز المستخدم معتدل الشدة اي دون قوة الحافز الأقصى , لأنه بأستخدام حافز اقصى ستكون الأستجابتين بأقصى مقدار ممكن ولانحصل على جمع زمني .

**التكزز Tetanus** وهو شكل من اشكال الجمع الزمني ولكن يحدث بأستخدام حوافز عديدة متتالية متساوية وبصورة سريعة وهناك نوعان من التكزز هما:

1. **التكزز الناقص Incomplete Tetanus** :ويحدث عند اعطاء حوافز متتالية تكون الفترات الزمنية بينها قصيرة فتكون الأستجابة بشكل تقلصات متتالية مندمجة بشكل جزئي ( اي تكون ادوار الأرتخاء بين التقلصات غير مكتملة ) (لاحظ دور الأرتخاء في الشكل السابق الذي يمثل الجمع الزمني )

2. **التكزز الكامل Complete Tetanus** : ويحدث عند اعطاء حوافز متتالية تكون الفترات الزمنية بينها قصيرة جدا فتكون الأستجابة بشكل بشكل تقلص مستمر قوي ناتج عن اندماج تقلصات متتالية .

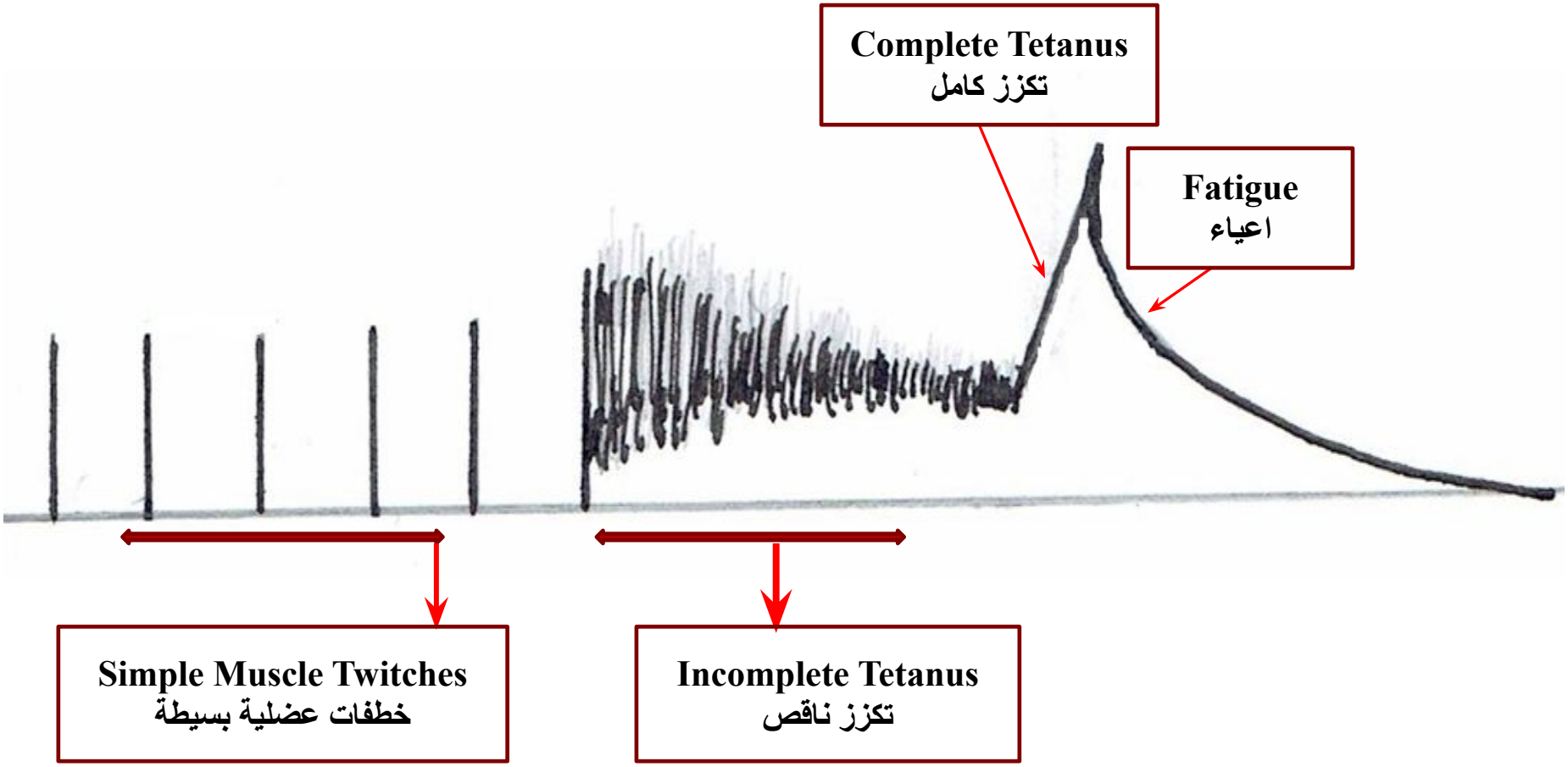
**الأعياء Fatigue** : يحدث الأعياء نتيجة الأستمرار بالتعرض الى الحوافزالمتتالية وبفترات زمنية قصيرة اذ تفقد العضلة قدرتها على التقلص .

# Tetanus & Fatigue

**التكزز الناقص Complete tetanus يتم تسجيله عن طريق اعطاء حوافز متتالية الفترات الزمنية بينها قصيرة**

**التكزز الكامل Incomplete tetanus: يتم تسجيله عن طريق اعطاء حوافز متتالية قوية الفترات الزمنية بينها قصيرة جدا فتصاب العضلة نتيجة ذلك بالأعياء Fatigue.**

**( علما أن سرعة جهاز التسجيل المستخدمة هي 2.5 ملم/ثا )**



**يحدث الأعياء في العضلات المفصولة عن الجسم للأسباب الآتية :**

1. تراكم الفضلات في الألياف العضلية (حامض اللبنيك و $CO_2$).
2. انخفاض مستويات الكلايكوجين والكلوكوز بسبب استهلاكها في المجهود العضلي الكبير .
3. نفاذ مصادر الطاقة ( ATP والكرياتين فوسفيت CP) .
4. نقص الأوكسجين .
5. نفاذ مادة الناقل الكيميائي الأستل كولين في منطقة الأندماج العضلي-العصبي (في حالة التحفيز غير المباشر أي عن طريق العصب) .

يمكن للعضلة المفصولة عن الجسم أن تستعيد قدرتها على التقلص عند تركها ترتاح لفترة من الزمن في محلول رنكر .

**مثال :** عند حملنا لشيء ثقيل لفترة من الزمن قد تصل العضلة الى مرحلة الأعياء ولكن بمجرد اعطاءها الراحة وتحريكها قليلا تستعيد قدرتها على الأستجابة بسرعة . اذ يعمل كلا من الجهاز التنفسي وجهاز الدوران على ازالة اسباب الأعياء المذكورة أعلاه بتوفير العناصر الضرورية للتقلص وازالة الفضلات.

# Frog dissection
# تشريح الضفدع

**قياس المتغيرات الفسلجية**

عادة تستخدم وسائل مختلفة لغرض جمع وتحويل المتغيرات الفسلجية بصورها المختلفة (كيمائية او فيزيائية) الى بيانات مقروءة لغرض تسهيل قراءتها وتحليلها.

ومن بين هذه الوسائل جهاز الكيموغراف Kymographالذي صممه العالم الألماني Carl Ludwigعام 1847 لغرض قياس ضغط الدم والذي لازال يستخدم لغرض جمع وقياس قيم عدد من المتغيرات الفسلجية.

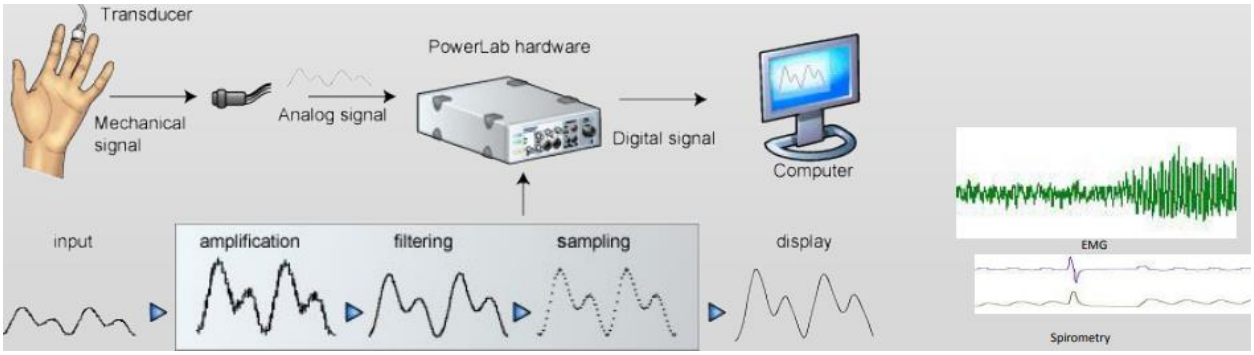
وفي نهاية الثمانينات ظهرت أجهزة جديدة تعتمد على أجهزة الحاسبات ضمن نظام متكامل لغرض جمع وقياس وتحليل المتغيرات الفسلجية ومن بينها نظام ال PowerLab. يتكون نظام ال PowerLab من مكونات مادية (الجهاز مع ملحقاته) وبرامج مختلفة.

ملحقات

الجهاز

برنامج

ويستخدم لجمع وقياس وتحليل قيم المتغيرات الفسلجية من مختلف الأنظمة البيولوجية مثل ضغط الدم، عدد ضربات القلب، تقلص العضلات ومعدل التنفس ...الخ.



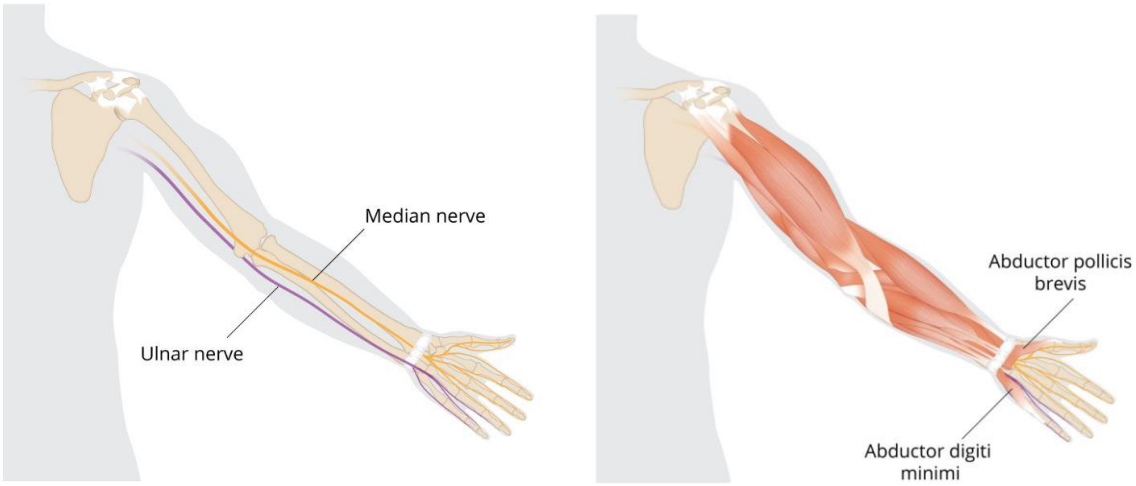

وفي هذا المختبر سوف نستخدم نظام ال PowerLabلغرض دراسة وطيفه الاعصاب المحيطية في الانسان.

**وظيفة الاعصاب المحيطية:**

لدراسة وظيفة الاعصاب المحيطية، نحفز أحد الاعصاب المحيطية، ونعمل تخطيط لكهربائية العضلة المستجيبة ونحسب سرعة توصيل الايعاز العصبي في العصب المحفز.

يحفز التيار كهربائي المسلط، الجزء العصبي من الوحدة الحركية motor unitمولدا جهد فعل action potentialعبر غشائها والذي ينتقل عبر محورها مؤديا الى افراز الناقل العصبي الاستيل كولين acetylcholine الى الشق الموجود في الوصلة العصبية -العضلية neuro-muscular junction يرتبط الناقل العصبي المفرز مع مستقبلاته الموجودة في الجزء العضلي للوحدة الحركية مؤديا الى إزالة استقطاب depolarizationاغشية الخلايا العضلية وتوليد جهد فعل ومن ثم تحرير ايونات الكالسيوم من الشبكة الساركوبلازمية وحدوث تقلص العضلة. يعمل انزيم ال acetylcholinesterase الموجود في الوصلة العصبية -العضلية على تكسير الناقل العصبي الاستيل كولين وينتج عنه غلق قنوات الكالسيوم وإعادة استقطابrepolarization اغشية الخلايا العضلية وانبساط العضلة.

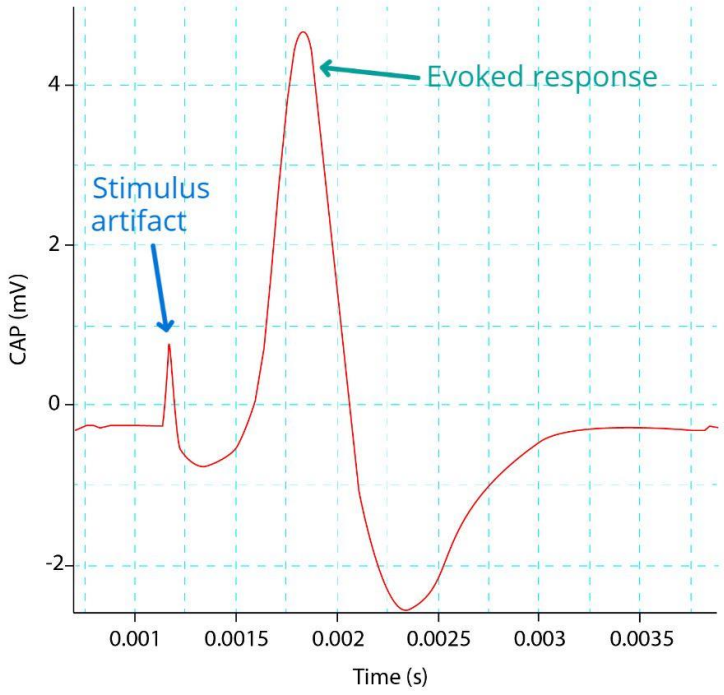
عادة تدرس وظيفة الاعصاب المحيطية في الأطراف وخاصة الامامية مثلا العصب الوسيط median nerveفي منطقة الرسغ وتسجيل كهربائية العضلة القصيرة المبعدة لإبهام اليد abductor policies brevis او العصب الزندي ulnar nerve وتسجيل كهربائية العضلة المبعدة للخنصر abductor digiti minimi




© Lt LabStation platform

## تخطيط كهربائية العضلة Electromyography (EMG)

عادة يتم دراسة تخطيط كهربائية العضلة لفحص سلامة الوحدة الحركية (الجزء العصبي والجزء العضلي). يتم ذلك من خلال تحفيز الجزء العصبي في الوحدة الحركية وتسجيل التغير في كهربائية الجزء العضلي. يتم حساب كلا من فترة الكمون( الفترة الزمنية بين إعطاء الحافز وبدء حدوث الاستجابة) ومدى استجابة الجزء العضلي.



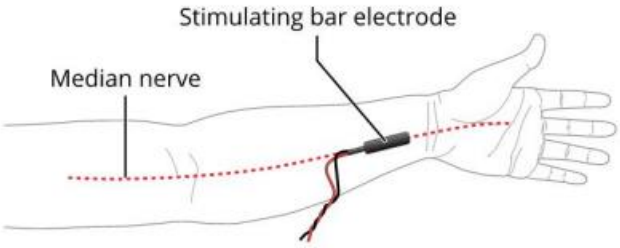

## حساب سرعة توصيل العصب Nerve Conduction Velocity

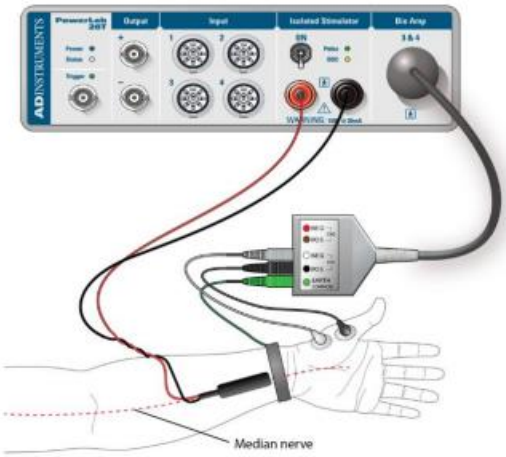
تعتبر سرعة انتقال النبضة العصبية واحدة من المؤشرات المهمة على سلامة الاعصاب ويمكن حساب سرعة توصيل العصب من خلال تحفيز العصب في نقطتين مختلفتين وقياس فترة الكمون لكلا الاستجابتين ومن ثم تقسيم المسافة بين النقطتين على الفرق بين فترتي الكمون. تختلف سرعة توصيل الاعصاب فيما بينها حيث تبلغ في الحالات الطبيعية 50 متر في الثانية او أكثر.

© Lt LabStation platform

**خطوات العمل**

1. استخدم الكحول الطبي لتنظيف منطقة الرسغ والعضلة ومعجون الأقطاب لتسهيل انتقال النبضات الكهربائية.
2. وصل اقطاب جمع الإشارة الى العضلة القصيرة المبعدة لإبهام اليد محافظا على تباعد بين الأقطاب 1-2 سم. يجب ان تكون جميع الأقطاب ثابتة.
3. وصل اقطاب التحفيز الى العصب الوسيط. يجب ان تكون جميع الأقطاب ثابتة.



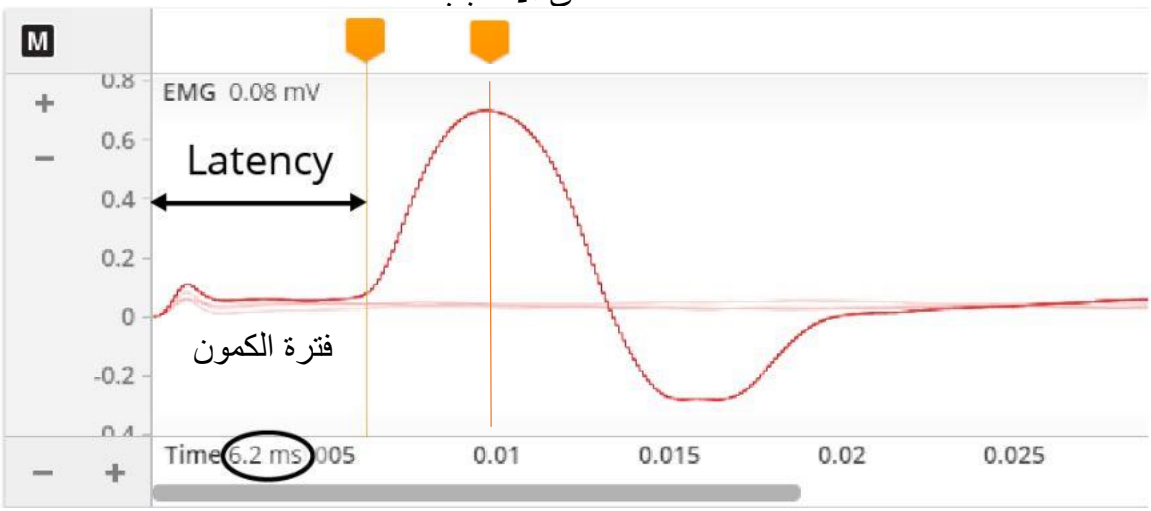




4. استخدم تيارا شدته 8 ملي امبير لأحداث استجابة في عضلة الابهام. يمكن زيادة شدة التيار بمقدار 2 ملي امبير حتى تحصل على الاستجابة على ان لا تزيد شدة التيار 20 ملي امبير

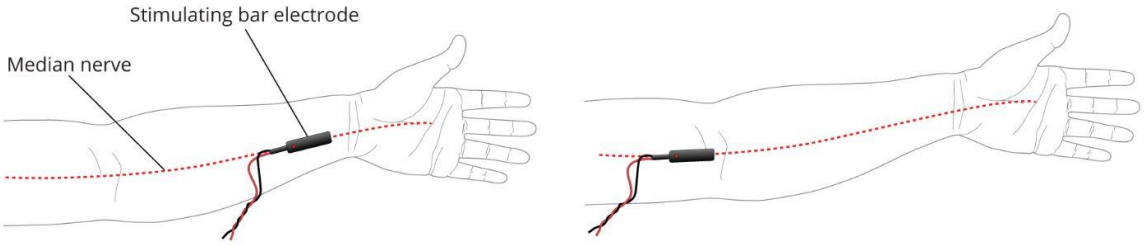
5. أبدا بعملية التحفيز من خلال واجهة البرنامج
6. يمكن تغير مكان الأقطاب او تحفيز العصب الزندي للحصول على استجابة.
7. اجري عملية التحفيز وادرس التخطيط الكهربائي للعضلة.
8. سجل كلا من مدى الاستجابة وفترة الكمون.

© Lt LabStation platform

مدى الاستجابة




9. حفز مكانين مختلفين لنفس العصب مثلا في الرسغ والمرفق




10. احسب المسافة (بالملمتر) بين منطقتي التحفيز.
11. احسب سرعة التوصيل العصبي من خلال البرنامج

| Site of Stimulation | Latency (ms) | Amplitude (mV) |
|---|---|---|
| Wrist | | |
| Elbow | | |
| Wrist-elbow distance (mm) | | |
| Conduction velocity (m/s) | | |

© Lt LabStation platform

ان عملية تخثر الدم تتم بمراحل تشترك فيها عوامل تخثر مختلفة، وان كل مرحلة يتم تحفيزها بواسطة عامل تخثر تم تنشيطه في المرحلة السابقة . حيث ان كل عامل من عوامل التخثر يكون بصيغة غير فعالة Inactive ويتم تنشيطه ليصبح فعالا Active وهذا بدوره ينشط العامل المشترك في المرحلة التالية وهكذا وصولا الى مرحلة تحويل الفايبرينوجين الى فايبرين ، ولهذا يتم تشبيه عملية التخثر بالشلال المتدفق وتدعى بشلال التخثر Coagulation Cascade.

**حساب زمن النزف( Bleeding Time ( BT:**

زمن النزف: هو الزمن اللازم لتوقف تدفق الدم من الوعاء المتضرر ويعتمد على عدد وكفاءة الصفائح الدموية الضرورية لعمل السدادة الصفيحية و يعتمد كذلك على سلامة ومتانة الوعاء الدموي.

- يوخز الأصبع بعد تعقيمه .
- تمس قطرة الدم بجانب من ورقة ترشيح ، يلاحظ تلون الجزء الذي يمس القطرة بلون الدم .
- تعاد الخطوة السابقة كل 30 ثانية
- بعد فترة يلاحظ توقف تلون الورقة بلون الدم مما يدل على توقف النزف .
- تحسب الفترة بين خروج قطرة الدم واختفاء اللون على الورق وهذا الوقت يمثل زمن النزف.
- تعد هذه الطريقة أبسط الطرق المستخدمة لحساب زمن النزف وتعرف بطريقة Duke .
- يبلغ زمن النزف الطبيعي المقاس بهذه الطريقة : (4 – 1) دقائق

**حساب زمن التخثر Clotting (Coagulation) Time (CT) :**

زمن التخثر: هو الزمن اللازم لتكوين خثرة الفايبرين ويعتمد بصورة رئيسة على عوامل التخثر المشتركة في هذه العملية.

ويستخدم لهذا الغرض انبوبة شعرية لاتحوي مادة مانعة للتخثر ( عادة تكون احدى نهايتيها معلمة بلون أزرق )

- يوخز الأصبع بعد تعقيمه .
- تملأ الأنبوبة الشعرية بعينة الدم .
- يكسر جزء صغير من الأنبوبة كل 30 ثانية لحين ظهور خيط غامق بين الجزئين المكسورين دلالة على حدوث عملية التخثر .
- يحسب الزمن من لحظة خروج قطرة الدم لغاية ظهور الخيط وهذا يمثل زمن التخثر.
- حسب هذه الطريقة تكون القيمة الطبيعية لزمن التخثر (8 - 2) دقائق.

طريقة العمل :

- يوضع حامض HCl في الأنبوبة المدرجة الى العلامة 30 بالتدريجات ذات اللون الأحمر .
- تسحب عينة الدم الى العلامة µl (20) ويراعى عدم وجود فراغات في عمود الدم .
- تفرغ العينة المسحوبة في الأنبوبة المدرجة الحاوية على الحامض.
- يمزج الخليط بأستخدام المحرك الزجاجي ويترك لمدة 5 دقائق (كي يتحول الهيموغلوبين الى مركب يدعى بالهيماتين الحامضي Acid Hematin ذو اللون البني وذلك بفعل حامض HCl).
- توضع الأنبوبة في حجرة المقارن اللوني .
- تضاف قطرة بعد اخرى من الماء المقطر الى الأنبوبة مع التحريك ثم يقارن لون العينة مع المقارن اللوني
- تكرر الخطوة السابقة لحين التطابق التام للون العينة مع لون المقارن اللوني .

- يقرأ التدريج الأصفر المقابل لسطح العينة لغرض تحديد كمية الهيموغلوبين بالغرامات لكل dl
- يفضل الأستمرار بأضافة قطرات الماء قطرة بعد اخرى لحين يصبح لون العينة أفتح قليلا جدا من لون المقارن اللوني ثم تؤخذ معدل القرائتين الأخيرتين.

- القيمة الطبيعية Normal Value للذكور (13-18) g/dl ، للأناث (11.5 – 16.5) g/dl

---

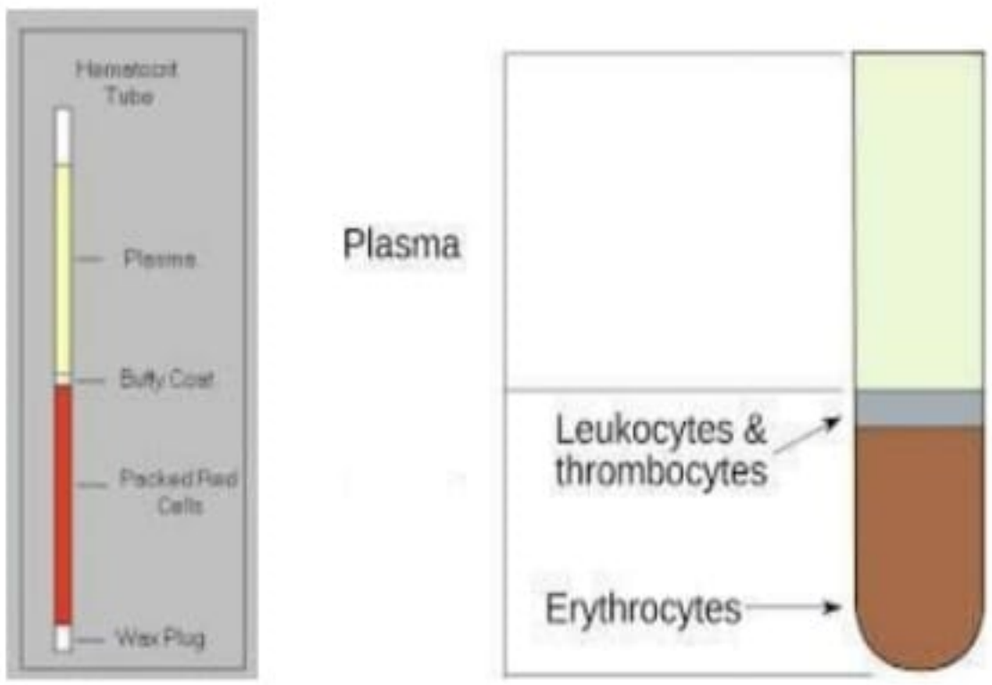
- cmm = cubic millimeter وتعني مليمتر مكعب ( ملم$^3$) و يرمز له أيضا بـ $mm^3$
- µl = microliter وتعني مايكرولتر
- علما بأن الملمتر المكعب = المايكرولتر أي ( $mm^3$ or cmm = µl )
- dl= deciliter= 100 ml= 100 cc (cc= cubic centimeter= $cm^3$) (deciliter تعني عُشُر اللتر)
- g= gram

## المرحلة الرابعة/ فسلجة حيوانية/ عملي

## تحليلات الدم (م/2)

**قياس الهيماتوكريت (مكداس الدم) Hematocrit (Hct) أو حجم الخلايا المضغوطة Packed Cell Volume(PCV)**

عند وضع عينة دم في انبوبة مبطنة بمادة مانعة للتخثر وتثبيتها في جهاز الطرد المركزي وتشغيله فأن هذه العينة ستفصل الى ثلاث طبقات ، طبقة سفلى سميكة تحوي الخلايا الحمر وأخرى عليا سميكة أيضا تحوي البلازما وبينهما طبقة رقيقة جدا تحوي الخلايا البيض والصفيحات الدموية. وتدعى هذه الطبقة الرقيقة بالطبقة الصفراء الفاتحة Buffy Coat . ويطلق عليها في بعض المصادر الطبقة الرمادية.




تدعى النسبة المئوية للخلايا الحمر في هذه العينة بالهيماتوكريت أو مكداس الدم Hematocrit ومختصرها (Hct) وتدعى أيضا بحجم الخلايا المضغوطة Packed Cell Volume ومختصرها (PCV)

- يستخدم هذا التحليل مع تحليلات اخرى لتشخيص حالة الدم فأنخفاض قيمة الـ pcv مع انخفاض عدد الخلايا الحمر وانخفاض كمية الهيموغلوبين دليل على وجود حالة فقر الدم Anemia ، بينما قد تشير قيمته المرتفعة الى حالة كثرة الخلايا الحمر Polycythemia التي قد تسبب زيادة لزوجة الدم وارتفاع الضغط Hypertension.
- كما يمكن الأستدلال عن حالة سوائل الجسم عن طريق مقدار الـ pcv ففي حالة الجفاف Dehydration يزداد هذا المقدار بينما يقل في حالة وجود فرط في السوائل Overhydration .

## ضغط الدم Blood Pressure

وهو القوة التي يسلطها الدم على جدران الأوعية الدموية. ويقاس ضغط الدم عادة بقياس القوة التي يسلطها الدم على جدران الشرايين ، وهناك رقمان مرتبطان بقياس ضغط الدم، الأول يمثل مايدعى بضغط الدم الأنقباضي ( Systolic Pressure) وهو قوة الدم المسلطة على جدران الوعاء اثناء النبض. اما الرقم الثاني فيمثل مايدعى بالضغط الأنبساطي (Diastolic pressure) وهو القوة التي يسلطها الدم على جدران الوعاء اثناء راحة القلب بين النبضات. وبذلك يكون الضغط الأنقباضي دائما اعلى من الضغط الأنبساطي.

- ان ضغط الدم مهم جدا حيث لولاه لايمكن ضخ الدم خلال الجسم لغرض وصوله الى الأعضاء والأنسجة المختلفة.

- عند كتابة ضغط الدم يوضع الضغط الأنقباضي في الأعلى (البسط) والضغط الأنبساطي في الأسفل ( المقام) فمثلا لو كان ضغط الدم الأنقباضي 120 mmHg والأنبساطي 80 mmHg فأن هذا القياس يعبر عنه بالصيغة 120/80. علما ان كلا الرقمين مهمين في تقييم ضغط الدم.

( mmHg = ملم زئبق = ملم ز ) وهي وحدة قياس الضغط

## قياس ضغط الدم

يستخدم لهذا الغرض غالبا جهاز يعرف بمقياس ضغط الدم Sphygmomanometer الذي يتألف من انبوبة زجاجية على جانبيها مسطرة مدرجة ومرقمة بوحدات mmHg. تتصل هذه الأنبوبة بمستودع يحوي مادة الزئبق والذي يتصل بدورة بأنبوب مطاطي مرتبط بكيس يربط حول الذراع Cuff. كما يرتبط الكيس بأنبوب مطاطي اخر ينتهي بـ مضخة هوائية مطاطية Bulb مجهزة بصمام Valve ومفتاح لولبي Screw ،كما ترفق مع الجهاز سماعة طبية Stethoscope . ولغرض قياس ضغط الدم (في الشريان العضدي Brachial Artery) يجرى الأتي:

1- يلف الكيس حول الذراع على منطقة الشريان العضدي فوق ثنية المرفق وتوضع السماعة عند منطقة ثنية المرفق.
2- يتم ضخ الهواء في الكيس بأستخدام المضخة الهوائية بعد غلق المفتاح(يلاحظ ارتفاع مستوى الزئبق في الأنبوبة الزجاجية) وبذلك يسلط الكيس ضغطا على الشريان العضدي الى ان يصبح الضغط المسلط اعلى من الضغط داخل الشريان مما يؤدي الى غلقه وبذلك يتوقف الدم عن الجريان ، وبعدها مباشرة يتم فتح المفتاح للسماح للهواء بالخروج من الكيس وبذلك يقل الضغط المسلط على الشريان تدريجيا (يلاحظ انخفاض مستوى الزئبق في الأنبوبة) الى ان يتم فتح الشريان جزئيا ويجري الدم خلاله من جديد ولحظتها يتم سماع صوت نبضي عن طريق السماعة وعندها يقرأ الرقم المقابل لمستوى الزئبق في المقياس وهذا الرقم يشير الى الضغط الأنقباضي وبأستمرار تفريغ الكيس من الهواء يستمر الأنخفاض في الضغط المسلط على الشريان يصاحبه الأنخفاض في مستوى الزئبق و يستمر سماع الصوت الى ان يختفي(حيث يصبح جريان الدم سلسا نتيجة لفتح الشريان بصورة كاملة) وعندها يقرأ الرقم المقابل لمستوى الزئبق في المقياس والذي يشير الى قيمة الضغط الأنبساطي والشكل أدناه يوضح طريقة قياس ضغط الدم.

## حساب عدد الصفيحات الدموية Blood Platelets (Plt)

يتم حساب عدد الصفيحات الدموية Blood Platelets (Plt) بأستخدام المربع الكبير المستخدم في عد الخلايا الحمر ويكون التخفيف هنا 100 مرة فقط وتحسب الخلايا في الـ 25 مربع متوسط بأكملها ( أي في المربع الكبير بأكمله ) وبأستخدام العدسة ( 40x )

- يتم التخفيف بسحب عينة الدم (بأستخدام الماصة الخاصة بعد الخلايا الحمر) الى العلامة 1 ثم سحب محلول التخفيف ليكمل حجم المزيج في الماصة الى العلامة 101
- علما ان المحلول المستخدم في التخفيف هو 1% ammonium oxalate

ويستخرج عدد الصفيحات الدموية في 1 µl بأستخدام العلاقة الآتية :

$$Plt = N \times 100 \times 10$$

$$= N \times 1000$$

- حيث N تمثل عدد الصفيحات في المربع الكبير .
- ونضرب x 100 لحساب عدد الصفيحات في العينة الأصلية غير المخففة .
- ونضرب x 10 لأستخراج عدد الصفيحات في 1 cmm أي في 1 µl من الدم بدلا من حسابها في 0.1 cmm وهو حجم العينة التي حسب فيها عدد الصفيحات الدموية .
- القيمة الطبيعية Normal Value µl/ ( $150 \times 10^3$ - $450 \times 10^3$ )

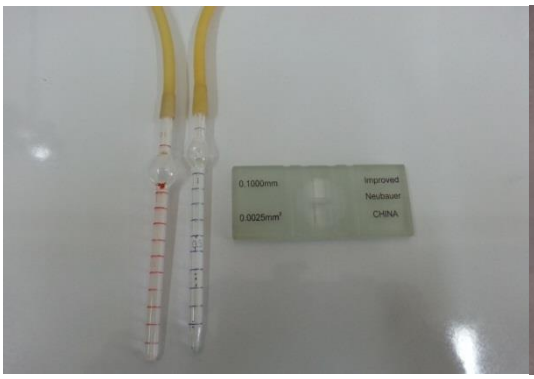
**المرحلة الرابعة/ فسلجة حيوانية/ عملي**

## تحليلات الدم (10)

## حساب عدد خلايا الدم

يستخدم لهذا الغرض جهاز الـ Haemocytometer والذي يحوي :

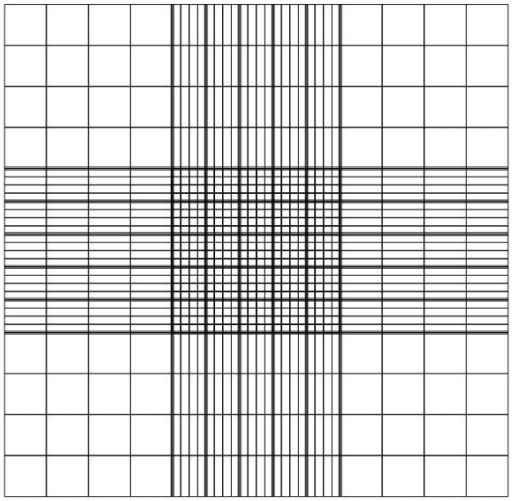
1- ماصتين احداهما كبيرة وتحوي حجرة حاوية على خرزة حمراء تستخدم لتخفيف عينة الدم لغرض حساب عدد الخلايا الحمر وتدريجاتها µl ( 101 , 1 , o.5) والأخرى أصغر حجما وتحوي حجرة حاوية على خرزة بيضاء وهذه تستخدم لتخفيف عينة الدم عند حساب عدد خلايا الدم البيض وتدريجاتها µl (11 , 1 , 0.5 ). وتتصل كل ماصة بأنبوبة مطاطية لتسهيل عملية السحب.

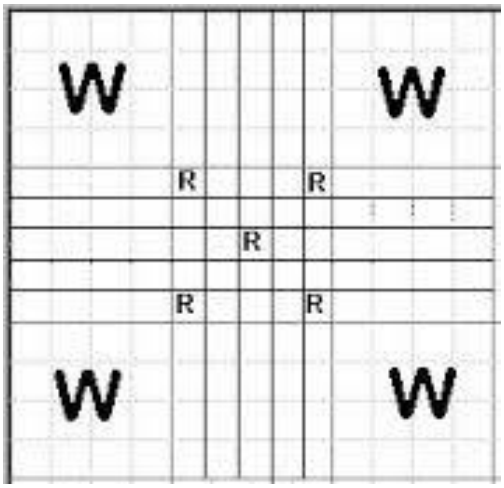


2- شريحة زجاجية خاصة تدعى صندوق العد Counting Chamber تحوي في وسطها مستطيلين كل منهما يحوي تقسيمات ناتجة عن تقاطع خطوط عمودية مع خطوط افقية ، والذي يهمنا من هذه التقسيمات 5 مربعات كبيرة متماثلة من حيث أبعادها ، حيث ان طول ضلع كل منها 1 mm وكل مربع من هذه المربعات ينخفض عن سطح الشريحة بمقدار 0.1 mm وعليه عند وضع غطاء فوق هذه المربعات فأن كل منها يمتلك حجما محصورا بين القاعدة والغطاء يبلغ $0.1\ mm^3$ حيث ان الحجم هنا يساوي مساحة القاعدة في الأرتفاع أي بعبارة اخرى يساوي : الطول x العرض x الأرتفاع ( 1 x 1 x 0.1 ) وعليه فأن حجم العينة التي تشغل هذا الفراغ هو $0.1\ mm^3$ أيضا .

(( (microliter) µl = (cubic millimeter) cmm = $mm^3$ = $ملم^3$ ))

- أحد هذه المربعات الخمسة (الموجود في الوسط) يحوي 25 مربع متوسط الحجم وكل مربع متوسط يحوي 16 مربع صغير أي ان عدد المربعات الصغيرة في هذا المربع الكبير يبلغ 400 . ويستخدم هذا المربع الكبير في حساب عدد الخلايا الحمر لكونها تتواجد بأعداد كبيرة جدا ويحتاج حساب عددها الى استخدام مربعات صغيرة لضبط حسابها بدقة بأستخدام العدسة الشيئية (40 X).
- كل مربع من المربعات الأربعة الباقية يحوي 16 مربع متوسط الحجم ولايحوي مربعات أصغر . وتستخدم هذه المربعات الأربعة الكبيرة في حساب عدد الخلايا البيض وذلك لقلة عددها ويمكن حسابها ببساطة دون الحاجة الى تقسيمات صغيرة و بأستخدام العدسة الشيئية (10 X).



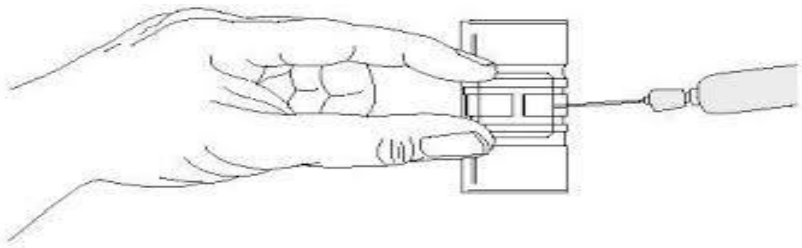

W
W
R
R
R
R
R
W
W

## حساب عدد خلايا الدم الحمر (RBCs Count) Red Blood Cells

1- يوخز الأصبع بعد تعقيمه بالكحول بواسطة أداة الوخز المدببة ( Lancet ) فتخرج قطرة دم .
2- تسحب عينة الدم بواسطة الماصة الخاصة بالخلايا الحمر الى العلامة 0.5 . (اي زيادة يتم سحبها بأستخدام ورق الترشيح)
3- يسحب محلول التخفيف مباشرة ليكمل حجم المزيج في الماصة الى حد العلامة 101 µl ( علما بأن مقدار 1 µl من المحلول المخفف لاتمتزج مع عينة الدم لضيق القطر في بداية الماصة ) اي تكون الأضافة الفعلية الى العلامة 100 أي يكون مقدار التخفيف 200 مرة ( 100/0.5 = 200 ) . (بسبب غزارة عدد هذه الخلايا نحتاج الى تخفيفها بمقدار كبير ليتسنى لنا حسابها بدقة).

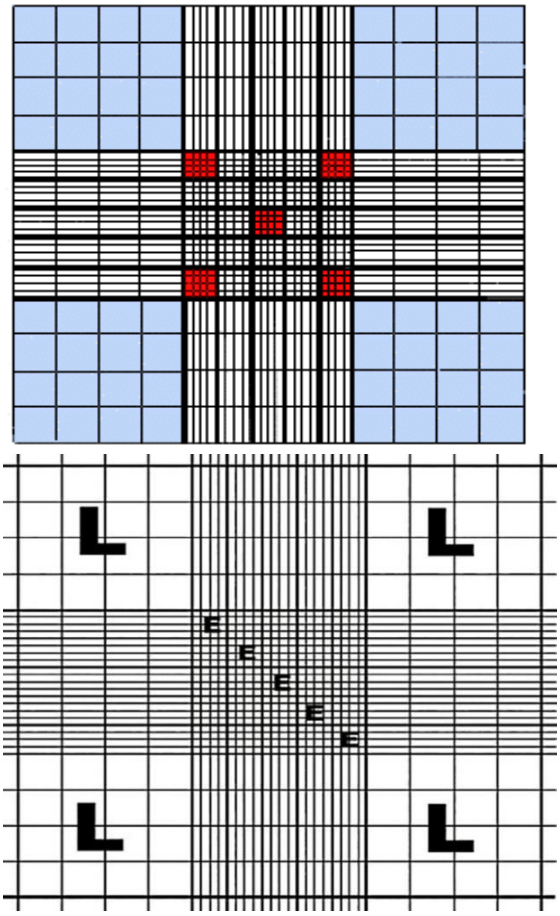
- يستخدم في التخفيف أحد المحاليل التي تمنع تكتل الخلايا ويكون تركيزه مماثل لتركيز محتوياتها كي يحافظ على حجمها وشكلها الطبيعيين ومن هذه المحاليل Hayem's Solution و محلول رنكر Ringer's Solution (الخاص بعد الخلايا)

4- يرج المزيج جيدا لمدة دقيقة (وتساعد الخرزة في عملية المزج) وبعدها يتم التخلص من بضع قطرات من المزيج (لكونها تحوي المحلول المخفف غير الممتزج مع عينة الدم)
5- توضع قطرة من المزيج على شريحة العد ( في الحد الفاصل بين الشريحة والغطاء الزجاجي ) فتنسحب القطرة الى الداخل تلقائيا ويملأ جزءا منها الفراغ المحصور بين المربع الكبير الخاص بعد الخلايا الحمر والغطاء وهذه هي العينة التي سيتم حساب ماتحويه من خلايا . (تترك الشريحة لدقيقة كي تستقر الخلايا).



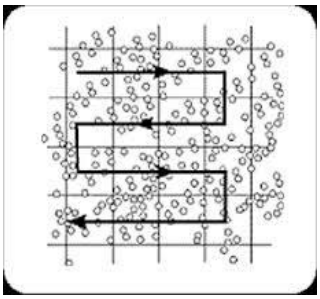
6- بأستخدام العدسة الشيئية (10X) يتم التحقق من التوزيع المتجانس للخلايا اذ يجب ان يكون توزيع الخلايا في المربع الكبير متجانسا وان لم يكن كذلك تكرر الخطوة السابقة.
7- يتم عد الخلايا الحمر بأستخدام المجهر الضوئي وبقوة تكبير (40X)

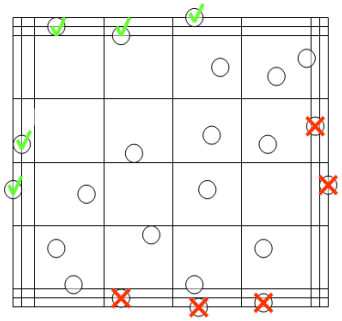
- نظرا لعدد الخلايا الكبير (حتى بعد تخفيفها) وصعوبة حساب عددها في المربع الكبير بأكمله لذلك نختار 5 مربعات متوسطة (كعينة ممثلة للمربع الكبير بأكمله) لحساب عدد الخلايا الحمر فيها ثم نستخرج عددها في المربع الكبير بأكمله بعملية حسابية .
- عادة يتم حساب عدد الخلايا في المربعات المتوسطة الأربعة الطرفية بالأضافة الى المربع المتوسط الوسطي (بعضهم يختار المربعات المتوسطة الخمسة ضمن خط مائل) كما في الشكلين ادناه .



- لاحظ أن المربعات متوسطة الحجم تمتلك اضلاعا ثلاثية الخطوط بينما تكون المربعات الصغيرة داخلها ذات اضلاع مفردة . (موضح في الشكل ادناه)
- تحسب الخلايا الحمر في كل مربع متوسط كما يأتي :

تحسب الخلايا الموجودة في داخل كل مربع صغير بالأضافة الى الخلايا الموجودة على ضلعين فقط كأن يكونا: الضلع العلوي والضلع الأيسر فقط لمنع التداخل وتكرارعد نفس الخلايا ، حيث ان الخلايا الموجودة على الضلعين الآخرين ستحسب ضمن المربعات أخرى .





8- بعد حساب عدد الخلايا في المربعات الخمسة المتوسطة يتم تطبيق العلاقة الآتية لأستخراج عدد الخلايا الحمر في 1 µl (أي في 1cmm) من الدم .

RBCs = n x 5 x 200 x10

= n x 10000

حيث n تمثل عدد الخلايا التي حسبت في خمس مربعات متوسطة
وبضرب n X 5 نحصل على عدد الخلايا الحمر في المربع الكبير الحاوي على 25 مربع متوسط
ونضرب x 200 لحساب عدد الخلايا في العينة الأصلية غير المخففة .
ونضرب x 10 لأستخراج عدد الخلايا الحمر في 1 cmm أي في 1 µl من الدم بدلا من حسابها في 0.1 cmm وهو حجم العينة التي حسب فيها عدد الخلايا الحمر .

**القيمة الطبيعية Normal Value** للذكور $(4.5 \times 10^6 - 6.5 \times 10^6)$ /µl
للأناث $(3.8 \times 10^6 - 5.8 \times 10^6)$ /µl

**ملاحظة :** تختلف تسمية الخلايا الحمر Erythrocytes في المصادر المختلفة فأحيانا تستخدم تسمية كريات الدم الحمر وهي التسمية الأولى قبل اكتشاف شكلها القرصي مقعرالوجهين (كما تظهر في المجهر الألكتروني) وأحيانا يطلق عليها خلايا الدم الحمر Red Blood Cells (RBCs) ومصادر اخرى تطلق عليها جسيمات الدم الحمر Red Blood Corpuscles (RBCs) وذلك لكونها تفقد نواتها (التي تعد اهم تركيب يميز الخلايا) وعضيات اخرى قبل اطلاقها من نخاع (نقي) العظم Bone Marrow (BM) الى الدوران.

## حساب عدد الصفيحات الدموية Blood Platelets (Plt)

يتم حساب عدد الصفيحات الدموية Blood Platelets (Plt) بأستخدام المربع الكبير المستخدم في عد الخلايا الحمر ويكون التخفيف هنا 100 مرة فقط وتحسب الخلايا في الـ 25 مربع متوسط بأكملها ( أي في المربع الكبير بأكمله ) وبأستخدام العدسة ( 40x )

- يتم التخفيف بسحب عينة الدم (بأستخدام الماصة الخاصة بعد الخلايا الحمر) الى العلامة 1 ثم سحب محلول التخفيف ليكمل حجم المزيج في الماصة الى العلامة 101
- علما ان المحلول المستخدم في التخفيف هو 1% ammonium oxalate
ويستخرج عدد الصفيحات الدموية في 1 µl بأستخدام العلاقة الآتية :

Plt = N x 100 x 10

= N x 1000

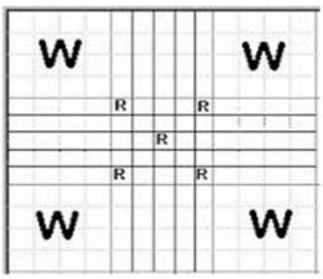
- حيث N تمثل عدد الصفيحات في المربع الكبير .
- ونضرب x 100 لحساب عدد الصفيحات في العينة الأصلية غير المخففة .
- ونضرب x 10 لأستخراج عدد الصفيحات في 1 cmm أي في 1 µl من الدم بدلا من حسابها في 0.1 cmm وهو حجم العينة التي حسب فيها عدد الصفيحات الدموية .
- القيمة الطبيعية Normal Value $(150 \times 10^3 - 450 \times 10^3)$ /µl

## المرحلة الرابعة/ فسلجة حيوانية/ عملي

# تحليلات الدم (10)

**حساب العدد الكلي لخلايا الدم البيض Total White Blood Cell (WBC) Count**

- تسحب عينة الدم بواسطة الماصة الخاصة بعد الخلايا البيض الى العلامة 0.5 ثم يكمل الحجم بالمحلول المخفف الى العلامة 11 (علما بأن مقدار 1 µl من المحلول المخفف لايمتزج مع عينة الدم) أي يكون التخفيف الفعلى الى 10 µl وبذلك يكون تخفيف العينة بمقدار 20 مرة (20 = 0.5 / 10) (محلول التخفيف يحوي صبغة Crystal (Gentian) Violet مذابة في محلول حامض الخليك الثلجي Glatial Acetic Acid . حيث تعمل الصبغة على صبغ أنوية الخلايا البيض لتسهيل عملية تمييزها بينما يعمل الحامض على تحليل الخلايا الحمر)
- يرج المزيج جيدا لمدة دقيقة ، وبعدها يتم التخلص من بضع قطرات منه.
- توضع قطرة من المزيج على شريحة العد (في الحد الفاصل بين الشريحة والغطاء الزجاجي) فتنسحب القطرة الى الداخل تلقائيا ويملأ جزءا منها الفراغ المحصور بين المربعات الخاصة بعد الخلايا البيض والغطاء وهذه هي العينة التي سيتم حساب ماتحويه من خلايا بيض . (تترك الشريحة لمدة دقيقة واحدة كي تستقر الخلايا)
- يتم عد الخلايا البيض في كل من المربعات الأربعة الكبيرة الخاصة بعد الخلايا البيض وبأستخدام المجهر الضوئي وبتكبير (10X) أي بأستخدام عدسة القوة الصغرى .




(يتم تمييز الخلايا البيض عن طريق أنويتها المصطبغة وعادة تحاط كل نواة بهالة شفافة براقة)

- يتم حساب عدد الخلايا البيض في 1 µl من الدم بأستخدام العلاقة الآتية :

$$WBCs = (N/4) \times 20 \times 10$$
$$= N \times 50$$

- حيث N تمثل عدد الخلايا البيض في المربعات الأربعة الكبيرة الخاصة بعد الخلايا البيض (وبتقسيمها على 4 نحصل على عدد الخلايا البيض في مربع كبير واحد).
- نضرب x 20 للحصول على عدد الخلايا البيض في عينة الدم الأصلية قبل التخفيف .
- نضرب x 10 لأستخراج عدد الخلايا البيض في 1 cmm أي في 1 µl من الدم بدلا من حسابها في 0.1 cmm وهو حجم العينة التي حسب فيها عدد الخلايا البيض .

- القيمة الطبيعية Normal Value (4000 – 11000) /µl

# مؤشرات ( دلائل ) الخلية (الجسيمة) الحمراء
# Red Blood Cell (Corpuscle) Indices

- دليل = Index
- جمعها دلائل = Indices or Indexes
- ويطلق عليها أيضا الثوابت , وهي مجموعة من الثوابت الخاصة بالخلايا الحمر والتي يمكن عن طريقها تشخيص بعض الحالات الفسلجية والمرضية كتشخيص نوع فقر الدم مثلا .

## لغرض استخراج هذه الدلائل حسابيا لابد من التعرف على الوحدات الآتية وحفظها مع مختصراتها :

- المختصر dl يمثل الوحدة الحجمية عُشرالليتر (d=deci) (l=liter) deciliter
- اي ان الـ dl=deciliter = 100 CC = 100 ml
- حيث أن المختصر CC يمثل السنتمتر المكعب Cubic Centimeter
- والمختصر ml يمثل الملي ليتر Milliliter
- علما أن الـ CC = ml وبعض المصادر تشير لهذه الوحدة بالمختصر $cm^3$

- المختصر µl يمثل الوحدة الحجمية المايكروليتر microliter
- علما بأن $1 = 10^{6}$ µl وعليه فأن الـ $\mu l = 10^{-6}$ l

- المختصر cmm يمثل الوحدة الحجمية المليمتر المكعب cubic millimeter وبعض المصادر تشير لهذه الوحدة بالمختصر $mm^3$

- علما بأن الـ $1 = 10^{6}$ cmm وعليه فأن الـ $cmm = 10^{-6}$ l
- اذن الـ cmm = lµ (المليمتر المكعب = المايكروليتر)
(الملم$^3$ = المايكروليتر)

- المختصر pg يمثل الوحدة الوزنية البيكوغرام picogram
- g=gram اي الوحدة الوزنية (الغرام)
- علما أن الـ $g = 10^{12}$ pg وعليه فأن الـ
-
- $pg = 10^{-12}$ g

- المختصرfl يمثل الوحدة الحجمية الفيمتوليتر femtoliter
- علما أن الـ $l = 10^{15}$ fl وعليه فأن الـ

-
$$fl = 10^{-15} l$$

# Mean Corpuscular Volume ( MCV )
# ( متوسط حجم الجسيمة الحمراء)

$$MCV = \frac{pcv \ (ml/l)}{RBC \ / l}$$

مثال لشخص ما كانت قيم الـ pcv والـ RBC كالآتي :

pcv = 40 % (ملاحظة 40% تعني 40 ml/dl)

RBC = $5 \times 10^{6}$ / µl

استخرج قيمة الـ MCV

$$MCV = \frac{40 \times 10}{5 \times 10^{6} \times 10^{6}}$$

$$\frac{400}{5 \times 10^{12}} = 80 \times 10^{-12}\ ml$$

يتم التقسيم على 1000 ( أي على $10^3$)
لتحويل الحجم من وحدة ml الى وحدة اللتر ( لأن اللتر (l) = 1000 ml)

$$\frac{80 \times 10^{-12}}{10^3} = 80 \times 10^{-15}\ l$$

$$= 80\ fl$$

حيث أن $1\ fl = 10^{-15}\ l$

يتلي اك تسلسلخ ا رطختخ ا نكي :

لى ةمقpcv ةطخ ا ) قي ا تسرلم ا جارد ا نوب(

MCV =---------- x 10

رمخ ا لي ا لخد ا عدد) اجوض نوبx $10^6$)

ةمق نولت قيسرلم ا لخل ا تسرلمبmcv يتلي اك :

40

MCV = ---------- x 10 = 80 fl

5

قيعيبطا ةمقلا Normal Value )78 – 98 ( fl

- تقل قيمة الـ MCV في بعض الحالات المرضية كالثلاسيميا وفقر الدم الناتج عن نقص الحديد بينما تزداد قيمته في حالة فقر الدم الناتج عن نقص فيتامين B12 أو نقص حامض الفولك Folic Acid .

- على الخلايا الحمر في نخاع العظم ان تكتسب حدا معيناً ادنى من الهيموغلوبين قبل ان يتم اطلاقها الى مجرى الدم وبما ان اسلاف الخلايا الحمر في نخاع العظم تعاني من انقسامات خلوية بتأثيرهورمون الأريثروبويتين فأنه في حالة نقص الحديد وعدم تمكن الخلايا الحمر من اكتساب الهيموغلوبين بمقدار طبيعي فأن هذه الخلايا ستعاني انقسامات اكثر من الطبيعي الى أن تكتسب الحد الأدنى من الهيموغلوبين, وبالتالي ستمتلك الخلايا التي تطلق للدوران حجما (MCV) اصغر من الطبيعي, لذلك يدعى فقر الدم هنا بفقر الدم ذو الخلايا الصغيرة Microcytic Anaemia

- ان نقص فيتامين B12 أو Folic Acid يؤدي الى تثبيط تخليق الـ DNA في اسلاف الخلايا الحمر في نخاع العظم وفي هذه الحالة تحصل الخلايا الحمر على كمية طبيعية من الهيموغلوبين ولكنها تعاني انقسامات خلوية أقل من الطبيعي مما يؤدي الى اطلاق خلايا حمر ذات حجم (MCV) اكبر من الطبيعي الى مجرى الدم ولذلك يعرف فقر الدم هنا بفقر الدم ذو الخلايا الكبيرة Macrocytic Anaemia أو فقر الدم ضخم الأرومات Megaloblastic Anaemia .

# Mean Corpuscular Hemoglobin ( MCH )

# ( متوسط هيموغلوبين الجسيمة الحمراء)

$$MCH = \frac{Hb\ (g/l)}{RBC\ /\ l}$$

لكل لتر دم كمية الهيموغلوبين و عدد كريات RBC

$Hb = 12\ g/dl$

$RBC = 6 \times 10^{6}\ /\ \mu l$

MCH المقدار الخارج

$$MCH = \frac{12 \times 10}{6 \times 10^{6} \times 10^{6}}$$

$$\frac{120}{6 \times 10^{12}} = 20 \times 10^{-12}\ g$$

$$= 20\ pg$$

$pg = 10^{-12}$ g حيث أن

يتم ايجاد متوسط الهيموجلوبين في الكرية الحمراء من العلاقة التالية :

متوسط الهيموجلوبين في الكرية الحمراء ( Hb ) في الدم

MCH = ---------- x 10

عدد الكريات الحمراء في الدم (عدد المرات x $10^6$)

ويمكن تقسيم فقر الدم حسب MCH الى الانواع التالية :

12

MCH = ---------- x 10 = 20 pg

6

القيمة الطبيعية Normal Value ( 27 – 32 ) pg

# Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration
# ( MCHC ) (متوسط تركيز هيموغلوبين الجسيمة الحمراء)

$$MCHC = \frac{Hb\ (g/dl)}{pcv\ (ml/dl)}$$

لكم لما هق تنك ام صخرل Hb لماو pcv يتلآك :

Hb = 12 g / dl

MCHC اصخرج قهق لما pcv = 40 %

$$MCHC = \frac{12}{40} = 0.3\ g/ml$$

وأ

=30 g / dl

)30 – 36 ( g/dl وأ (0.3 – 0.36) g/ml Normal Value قيعيطلا قهقلا