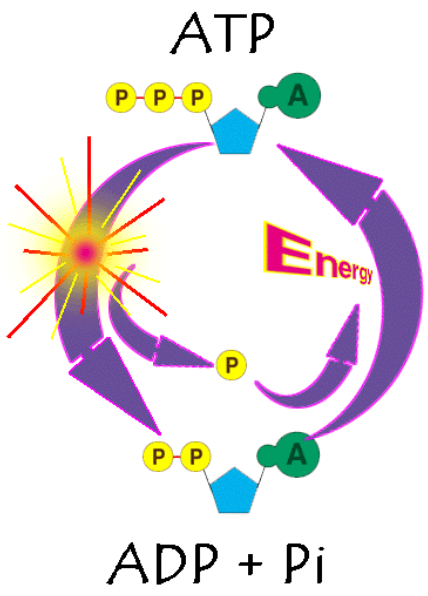
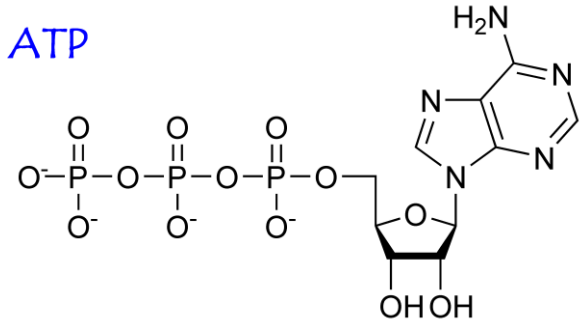
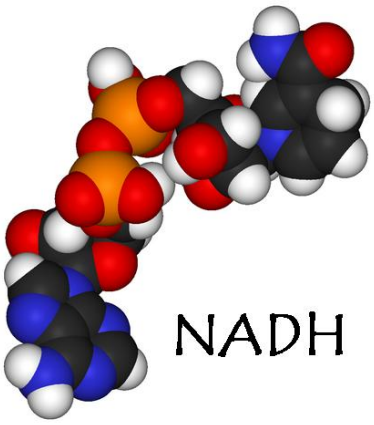
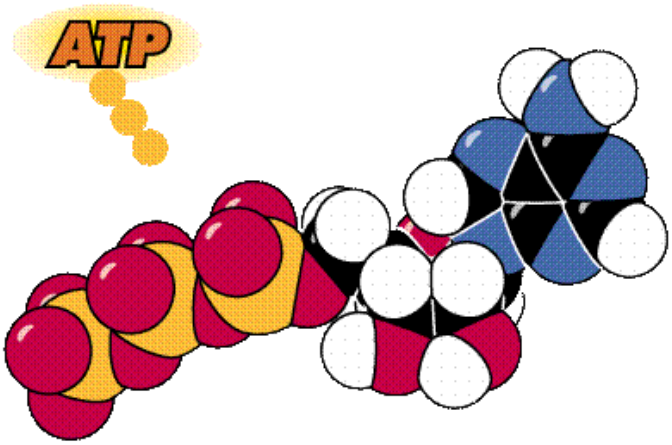
www.9alami.com

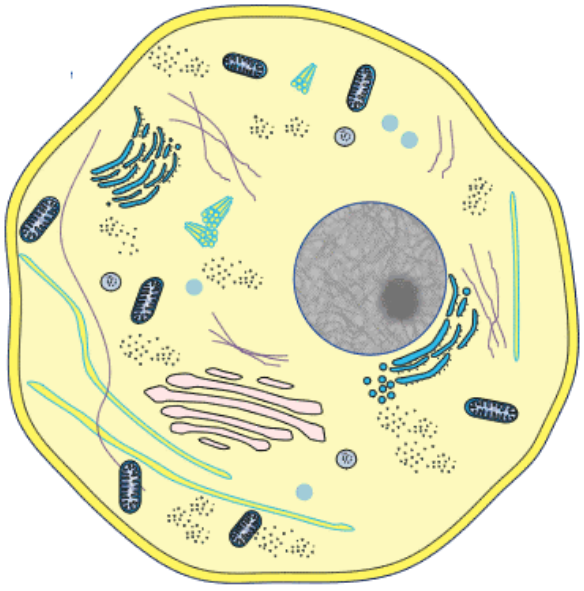
الجزء الأول: استهلاك المادة العضوية وتدفق الطاقة.

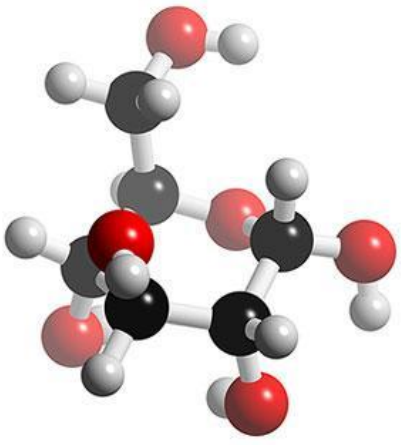












Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT

المكتسبات القبلية

وظائف الاقتيات

- خلال دوران الدم في الجسم يزود مختلف الخلايا بـ O_2 الناتج عن التنفس وبمواد القيت الناتجة عن هضم الأغذية. كما تطرح الخلايا في الدورة الدموية ثنائي أكسيد الكربون (CO_2) ومختلف الفضلات. (الوثيقة 1)

(السنة الثالثة من التعليم الثانوي الإعدادي)

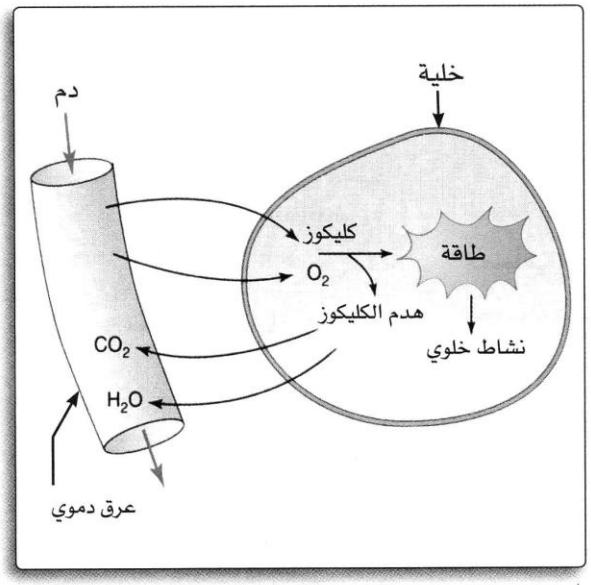
إنتاج المادة العضوية عند النباتات اليخضورية

- تُصنَّف المتعضيات الحية إلى صنفين حسب قدرتها على تركيب المادة العضوية. فالمتعضيات ذاتية التغذية تُركِّب المواد العضوية انطلاقا من المواد المعدنية، وذلك بالأساس عن طريق ظاهرة التركيب الضوئي (النباتات اليخضورية وبعض البكتيريات). أما المتعضيات غير ذاتية التغذية فيلزمها استهلاك مواد عضوية (كثير من البكتيريات، فطريات، حيوانات).
- تتم عملية التركيب الضوئي عبر مرحلتين: المرحلة المضاءة تتم خلالها أكسدة الماء وإنتاج O_2 وATP وRH_2 مع استهلاك الطاقة الضوئية (الوثيقة 2). وخلال المرحلة المظلمة يتم استهلاك ATP وRH_2 وCO_2 وإنتاج سكر ثلاثي يكون منطلقا لتركيب باقي المواد العضوية.
- خلال عملية التركيب الضوئي تتم عدة تفاعلات أكسدة واختزال (أكسدة الماء وإنتاج O_2 مثلا). فحينما تنتقل الإلكترونات من مُعط ذي جهد أكسدة واختزال أكبر نحو مستقبل ذي جهد أصغر يتطلَّب ذلك مصدرا للطاقة، كالطاقة الضوئية. وحينما تنتقل الإلكترونات في المنحى المعاكس يصاحب ذلك تحريرٌ للطاقة.
- تلعب جزيئة ATP دور الوسيط بين التفاعلات المحررة للطاقة والتفاعلات المستهلكة لها. فحلمأتها تحرر الطاقة وتركيبها يستهلكها.

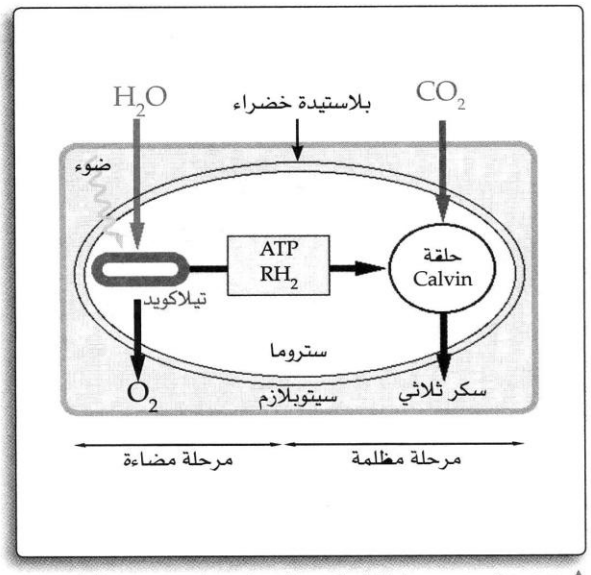
التواصل الهرموني

- من أهم مصادر الطاقة للخلايا نجد الكليكوز. ويتم تخزينه على شكل غليكوجين في الكبد والعضلة، أو يتحول إلى دهون في النسيج الودكي. وكل هذه المدخرات هي بمثابة مخزون طاقي للجسم. وتعمل الهرمونات المنظمة لتحلون الدم (أنسولين وغليكاكون) على تحقيق التوازن بين الواردات الغذائية والمُنفقات والمدخرات.

(السنة الأولى من سلك البكالوريا – مسلك العلوم التجريبية)



▲ الوثيقة 1 : تستخلص الخلايا الطاقة من المواد العضوية المستهلكة.



▲ الوثيقة 2 : تتم عملية التركيب الضوئي على مستوى البلاستيدة الخضراء. وتقسم تفاعلاتها إلى مرحلتين : المرحلة المضاءة والمرحلة المظلمة.

تقديم الجزء الأول:

تسمح ظاهرة التركيب الضوئي، بتركيب المواد العضوية انطلاقا من الماء والأملاح المعدنية، وثنائي أكسيد الكربون (CO_2). كما تؤدي إلى تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة في المواد العضوية المركبة.

تُستَهلك المواد العضوية من طرف خلايا النباتات اليخضورية نفسها، أو من طرف خلايا المتعضيات غير ذاتية التغذية. وتَتَّبِعُ المواد العضوية المُستهلَكة من طرف الخلايا مسارين أساسيين :

- يتم هدمها وفق سلسلة من تفاعلات حيكيميائية، تؤدي إلى تحرير الطاقة الكيميائية الكامنة بها وتحويلها إلى شكل قابل للاستعمال خلال مختلف الأنشطة الخلوية.
- يتم إعادة استعمالها لبناء وتجديد الجزيئات والعضيات الخلوية والأنسجة.

سنتناول في هذا الجزء الظاهرتين الأساسيتين اللتين يتم من خلالهما تحرير الطاقة الكامنة في المواد العضوية : إنهما ظاهرتا التنفس والتخمر. كما سنتطرق إلى بعض مظاهر استهلاك الطاقة الخلوية (التقلص العضلي نموذجا)

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT

الفصل 1/2: تحرير الطاقة الكامنة في المواد العضوية على المستوى الخلوي

تحتاج الخلايا الحيوانية والنباتية إلى طاقة تنفقها في مختلف الأنشطة، كالعمل الميكانيكي (حركة)، والنقل النشيط، والتركيبات الخلوية (تركيب مختلف الجزيئات المكونة للخلية). وتُستخلص الطاقة عن طريق هدم مواد أهمها السكريات والدهنيات.

- كيف يؤدي هدم المواد العضوية (الكليكوز نموذجا) إلى تحويل الطاقة الكامنة فيها إلى طاقة قابلة للاستعمال من قبل الخلية ؟

التصميم

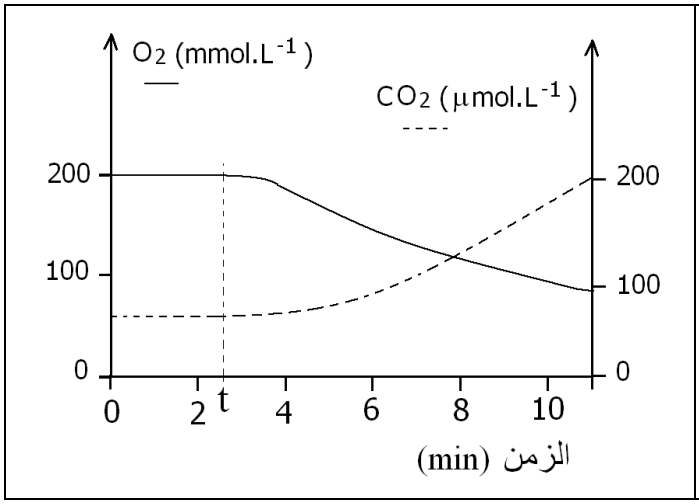
الوحدة1: العلاقة بين التنفس والاقتيات واستهلاك الطاقة.
الوحدة2: انحلال الكليكوز
الوحدة3: فوق بنية الميتوكندري؛ دراسة تجريبية للتنفس على مستوى ميتوكندريات معزولة.
الوحدة4: التأكسدات التنفسية (أ): التأكسد التام لحمض البيروفيك على مستوى ماتريس الميتوكندري وحصيلته.
الوحدة5: التأكسدات التنفسية (ب): التفسفر المؤكسد.
الوحدة6: التخمر اللبني والتخمر الكحولي – مقارنة الحصيلة الطاقية للتنفس والتخمر.

الوحدة1: العلاقة بين التنفس والاقتيات واستهلاك الطاقة:

تعتبر السكريات والدهنيات البسيطة من أهم مواد القيت التي تستعملها الخلية كمصدر للطاقة. فبعد استهلاكها تتعرض لسلسلة من تفاعلات الأكسدة والاختزال، يلعب فيها الأكسجين دورا أساسيا.

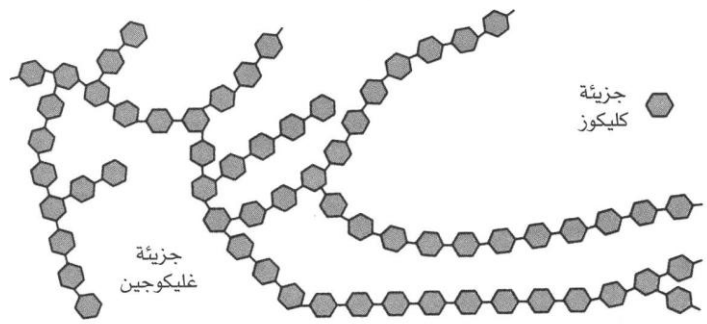
- كيف يمكن الكشف عن الترابط بين التبادلات الغازية التنفسية وتحرير الطاقة والاقتيات ؟

- توضع خلايا الخميرة في وسط زرع مزود بـ O_2 ويفتقر إلى مواد القيت خلال يومين، وذلك لاستنفاذ المدخرات السيتوبلازمية.
- يوضع وسط الزرع الذي يضم خلايا خميرة عالقة في جهاز يُمَكِّن من قياس تركيز كل من O_2 و CO_2.
- يرتبط الجهاز بحاسوب تظهر على شاشته نتائج القياس، على شكل رسم بياني.
- في الزمن t نُضيف إلى الوسط 0,1 mL من محلول الكليكوز بتركيز 5%.
- نلاحظ على الرسم البياني نتائج حقن الكليكوز في الزمن t.



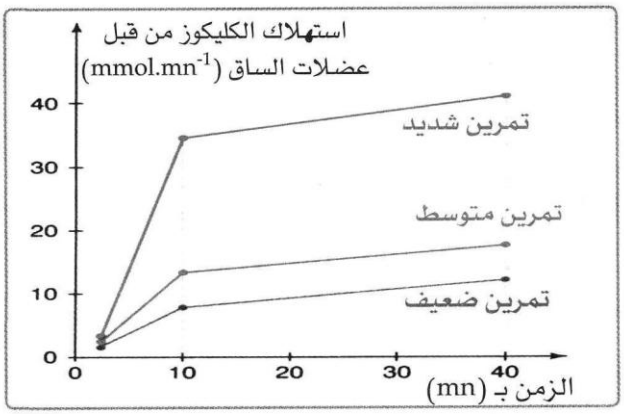
الوثيقة1: دراسة التنفس عند خلايا الخميرة

من أهم المدخرات الطاقية الضمخلوية، نجد السكريات والدهنيات. فعلى سبيل المثال نجد في الخلايا العضلية والكبدية مدخرات مهمة من الغليكوجين. وتعمل أنزيمات خاضعة للتنظيم على تركيب الغليكوجين انطلاقا من الكليكوز، أو حلمأة الغليكوجين لتحرير الكليكوز.



الوثيقة2

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT



تغير نسبة الغليكوجين في عضلة الساق خلال جهد عضلي.

استهلاك الكليكوز من طرف عضلات الساق.

الوثيقة3: الكشف عن مصدر الطاقة للنشاط الخلوي: التقلص العضلي نموذجا

الإنجازات:

1- حدد طبيعة التبادلات التنفسية الخلوية؛ وفسر نتائج التجربة (الوثيقة1).

2- فسر نتائج التجارب الممثلة في الوثيقة3.

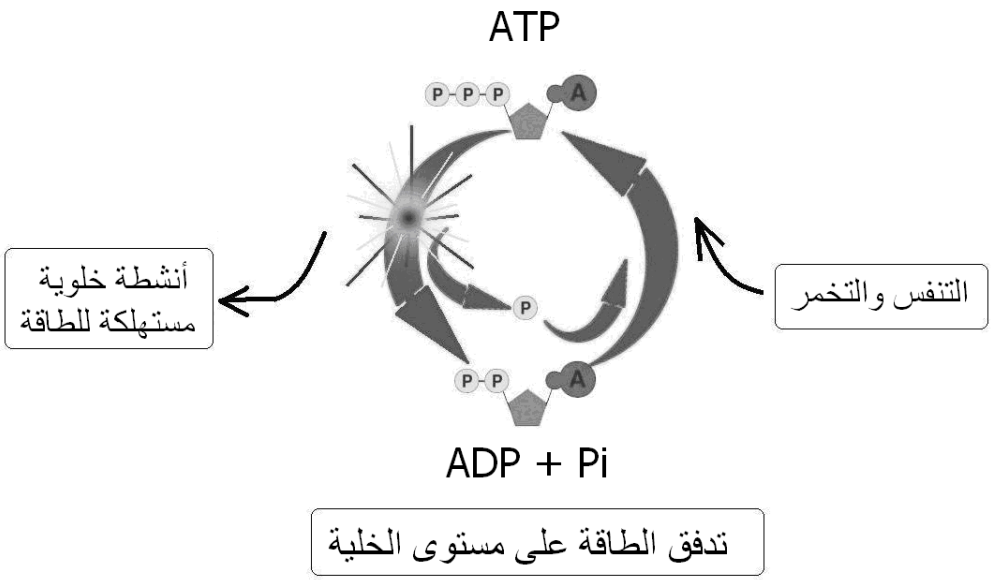
3- حدد العلاقة بين الاقتيات والتنفس وتحرير الطاقة؛ وضع المعادلة العامة للتنفس.

الوحدة2: انحلال الكليكوز

يتحلل الكليكوز عبر سلسلة من تفاعلات حيكيميائية، تُحفزها أنزيمات نوعية، وذلك على مستوى الجبلة الشفافة(الجزء السائل من السيتوبلازم)، ونسمي مجموع هذه التفاعلات **بانحلال الكليكوز** (Glycolyse)، أو مسلك « **Embden-Meyerhof-Parnas** » وهي سلسلة من تفاعلات لاحيهوائية.

- ما حصيلة انحلال الكليكوز وما أهميته البيولوجية ؟

- تتكون جزيئة ATP من قاعدة أزوتية (A) وسكر الريبوز (s) وثلاث مجموعات فوسفاتية (P). حينما تعرض ATP للحلمأة تتحول إلى ADP الذي يضم فقط مجموعتين فوسفاتيتين. ويرافق هذه الحلمأة تحرير كمية مهمة من الطاقة. وتلعب ATP دور الوسيط بين التفاعلات المحررة للطاقة والتفاعلات المستهلكة لها.



الوثيقة1:

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT

• تعتبر $NADH,H^+$ جزيئة ناقلة للإلكترونات، تلعب دورا مهما في تفاعلات الأكسدة والاختزال التنفسية داخل الخلية. وتعتمد الخلية في تركيبها على الفيتامين B3 ؛ وهناك جزيئة قريبة منها وهي $FADH_2$.
وتتواجد NADH بكميات محدودة داخل الخلية؛ لكنها تتجدد باسمرار لأنها تتأرجح بين الشكل المؤكسد والشكل المختزل على النحو المبين جانبه:

الوثيقة 2

$$NAD^+ + 2\,e^- + 2\,H^+ \underset{\text{أكسدة}}{\overset{\text{اختزال}}{\rightleftharpoons}} NADH,H^+$$

$$R + 2\,e^- + 2\,H^+ \underset{\text{أكسدة}}{\overset{\text{اختزال}}{\rightleftharpoons}} RH_2$$

تمثيل مبسط

الانجازات:

1- ما الذي يجعل انحلال الكليكوز مسلكا استقلابيا يتم فيه تحويل الطاقة ؟

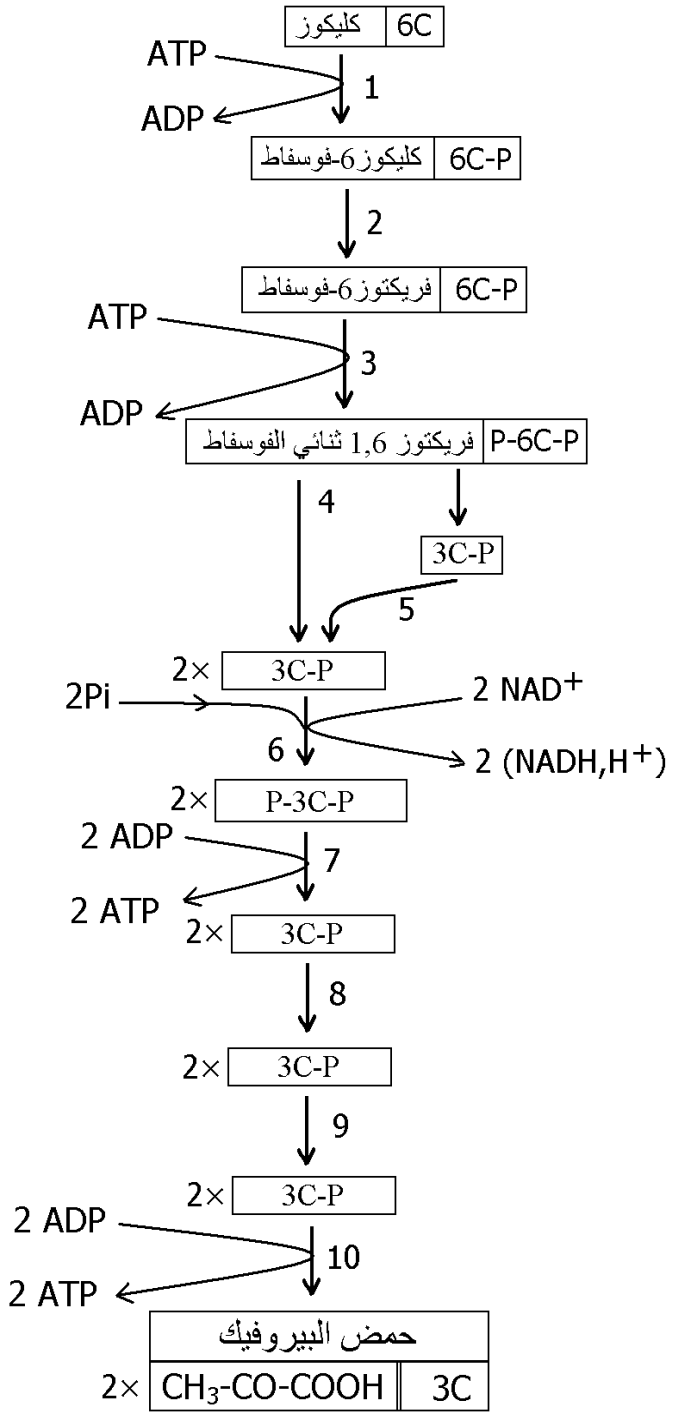
2- أين تكمن أهمية المزاوجة بين الهدم الجزئي للكليكوز وتركيب ATP ؟

3- لماذا سميت تفاعلات انحلال الكليكوز تفاعلات لا حيهوائية ؟

4- ما الذي يبين أن الكليكوز تعرض لهدم جزئي وللأكسدة ؟

5- ما الحصيلة الطاقية لانحلال الكليكوز ؟

6- ما حصيلة انحلال الكليكوز وما أهميته البيولوجية ؟



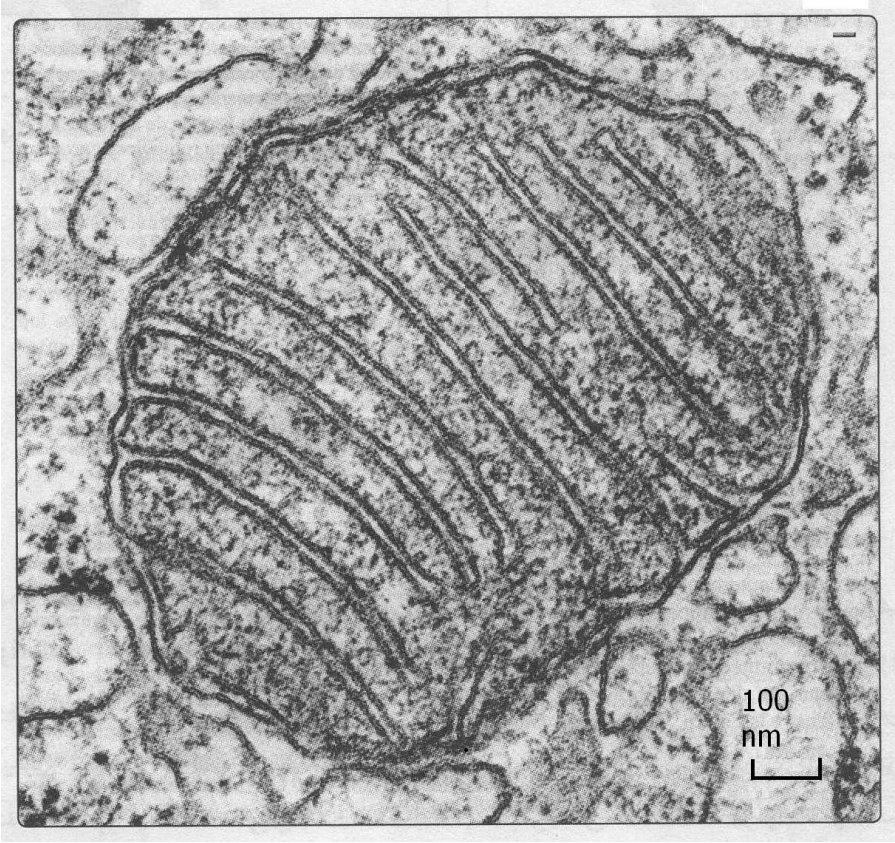
الوثيقة3: مراحل انحلال الكليكوز

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT

الوحدة3: فوق بنية الميتوكندري؛ دراسة تجريبية للتنفس على مستوى ميتوكندريات معزولة.

الميتوكندريات عضيات خلوية تتواجد بجميع الخلايا الحيوانية والنباتية القادرة على القيام بعملية التنفس. وتلعب دورا مهما في تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في المواد العضوية إلى طاقة قابلة للاستعمال من قِبل الخلايا.
من أجل توضيح دور الميتوكندريات في التفاعلات التنفسية، يتم عزلها انطلاقا من خلايا غنية بها، كخلايا الكبد عند الفأر. بعد العزل تتم دراسة بعض مظاهر التأكسدات التنفسية.

- ما بنية الميتوكندريات وما أهم مكوناتها ؟
- كيف يمكن الكشف تجريبيا عن الترابط بين استهلاك O_2 وحمض البيروفيك و ADP ؟



تتم المراحل الأساسية من التفاعلات التنفسية على مستوى الميتوكندريات، وتسمى التأكسدات التنفسية.
والميتوكندريات عضيات خلوية يبلغ طولها بضع ميكرومترات، ويتراوح قطرها بين 0,5 µm و 1 µm. وتصعب ملاحظتها بالمجهر الضوئي نظرا لقدها الصغير. ويمكن المجهر الإلكتروني من الكشف عن بنيتها الدقيقة (فوق البنية،أنظر الصورة جانبه).
يتوفر الميتوكندري على غشائين، داخلي وخارجي، يفصلهما فضاء بيغشائي، ويحد الغشاءُ الداخلي فضاء يسمى ماتريس.
يتوفر الغشاء الداخلي على مساحة كبيرة بما له من طيات تمتد داخل الماتريس وتسمى أعرافا.
تشبه بنية مختلف الأغشية في خطوطها العريضة بنية الغشاء السيتوبلازمي، وذلك لأنها تتكون أيضا من طبقة مزدوجة من الدهنيات، وتضم بروتينات ذات وظائف مختلفة. ومن أهم مكونات الغشاء الداخلي نجد المركب البروتيني المسمى **كرة ذات شمراخ** (ATP synthase)؛ وتكتلا من الأنزيمات وناقلات الإلكترونات يسمى: **السلسلة التنفسية** (Chaîne respiratoire =Electron transport chain).

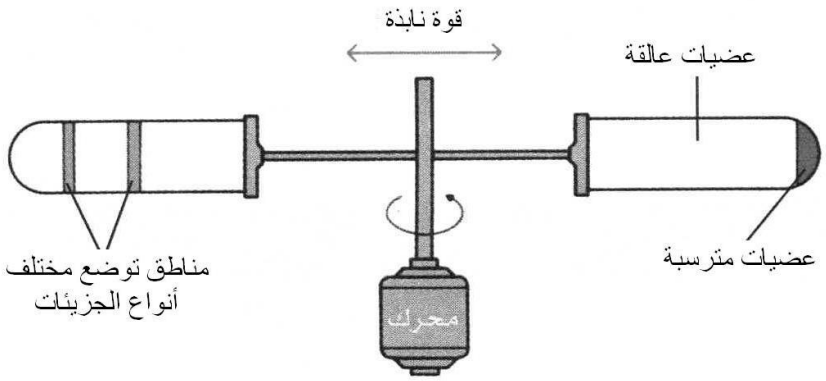
الوثيقة1

	بعض المميزات	أهم المكونات
غشاء خارجي	• حوالي 45% من الدهنيات و 55% من البروتينات.	• بروتينات مسؤولة عن تبادل عدة جزيئات بين الميتوكندري والجبلة الشفافة.
غشاء داخلي	• 20% من الدهنيات و 80% من البروتينات. • مساحة كبير نظرا لوجود الأعراف.	• بروتينات مسؤولة عن تبادل عدة جزيئات بين الماتريس والفضاء البيغشائي. • عدة أنزيمات وناقلات للإلكترونات • كرات ذات شمراخ وسلسلة تنفسية.
ماتريس	• غياب الكليكوز • وجود ATP وحمض البيروفيك.	• عدة أنزيمات، خاصة المزيلة للكربوكسيل (-COOH) والمزيلة للهيدروجين.

الوثيقة2: بعض مميزات الميتوكندري

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT

من أجل فصل مختلف العضيات الخلوية الناتجة عن هرس الخلايا، أو فصل مختلف أنواع الجزيئات المتواجدة بمحلول معين، يمكن الاعتماد على تقنية النبذ. يتم خلالها وضع الخليط المدروس في أنبوب اختبار يضم محلولا خاصا، وتتعرض العناصر المدروسة لترسب (تهاجر نحو قعر الأنبوب) تختلف مسافته حسب الكثافة والكتلة والمدة الزمنية.



لا يمكن للترسب تحت تأثير الجاذبية أن يعطي نتائج ملموسة، لذلك تُستبدل قوة الجاذبية بقوة النبذ الناتجة عن دوران الأنابيب داخل الآلة النابذة. وهكذا يسمح الدوران بتوليد قوة نابذة قد تصل حسب سرعة الدوران إلى 100000 مرة ضِعف قوة الجاذبية(G).

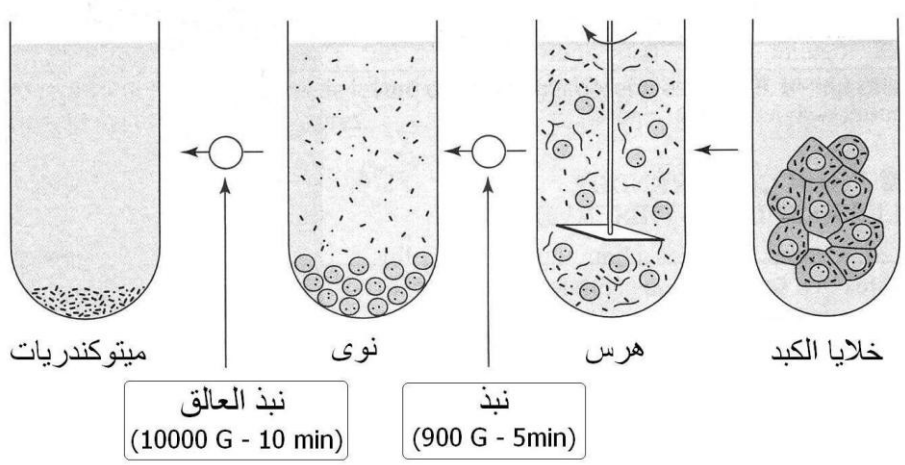
تمكن تقنية النبذ كذلك من فرز خليط من الخلايا أو عزل تكتلات خلوية.

الوثيقة3: مبدأ تقنية النبذ

- تتعرض خلايا الكبد لهرس ميكانيكي معتدل في محلول للسكروز، من أجل فصل مختلف العضيات الخلوية دون تحطيمها.
- يتعرض المسحوق الناتج عن الهرس لعملية النبذ على مرحلتين:

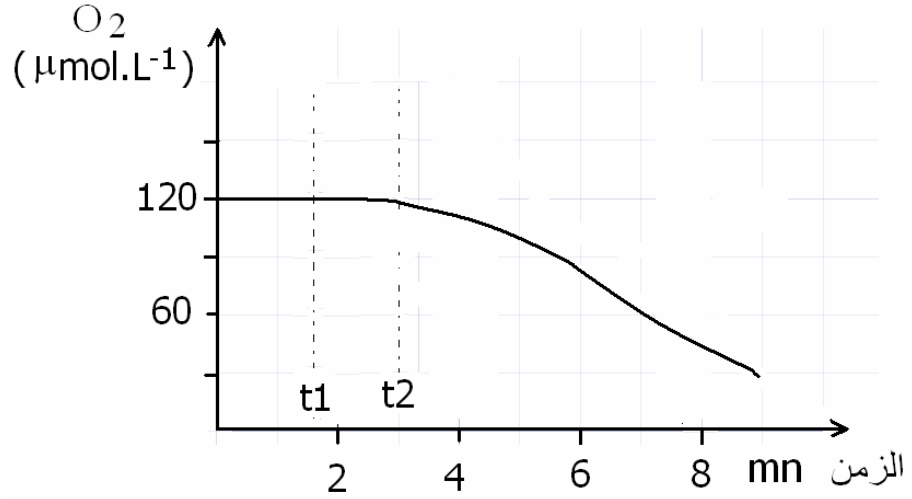
-تمكن المرحلة الأولى من عزل نوى الخلايا عن باقي العضيات الخلوية.

-تمكن المرحلة الثانية من عزل الميتوكندريات عن ما تبقى من العضيات.



الوثيقة4: تقنية عزل الميتوكندريات

- توضع ميتوكندريات عالقة في محلول ملائم وجيد التهوية، في جهاز خاص مزود بمجس لقياس تركيز O_2.
- في الزمن t1 نضيف إلى المحلول كمية قليلة من الكليكوز
- في الزمن t2 نضيف إلى المحلول كمية من حمض البيروفيك
- يرتبط المجس بحاسوب يظهر الرسم البياني على شاشته.

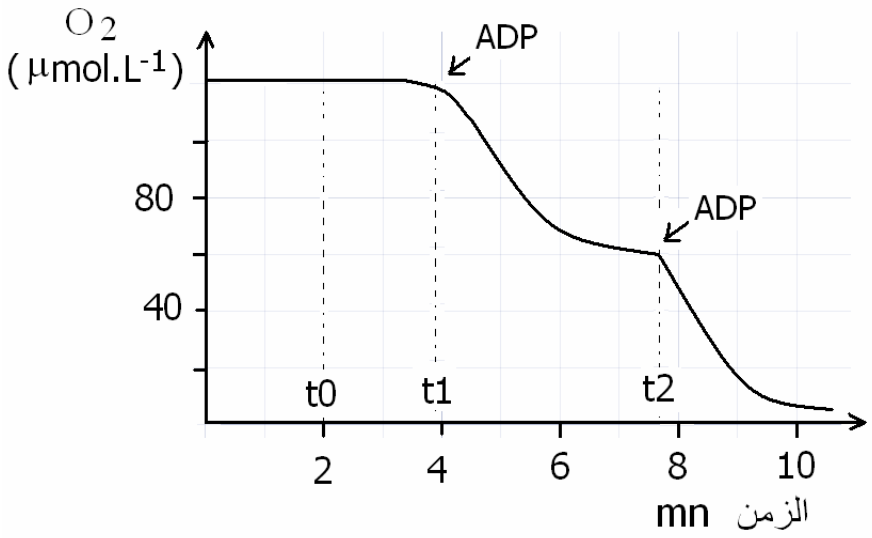


الوثيقة5: الكشف عن العلاقة بين التنفس وطبيعة الجزيئة العضوية المستهلكة على مستوى الميتوكندري

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT

نحصل على الرسم البياني جانبه بعد إنجاز المناولة التالية:

- يوضع محلول جيد التهوية يحتوي على كمية ملائمة من حمض البيروفيك والفوسفات اللاعضوي Pi، في جهاز مزود بمجس لقياس تركيز O_2.
- في الزمن t0 نضيف إلى المحلول كمية من الميتوكندريات المعزولة.
- في الزمن t1 نضيف كمية من ADP.
- في الزمن t2 نضيف إلى المحلول كمية إضافية من ADP.



الوثيقة6: الكشف عن الترابط بين استهلاك O_2 و ADP على مستوى الميتوكندري.

الإنجازات:

1- قم بجرد مختلف الأغشية والفضاءات المكونة للميتوكندري وحدد أهم مكونات هذه الأغشية ومثل هذا العضي برسم تخطيطي (الوثيقة1).

2- بماذا يتميز الغشاء الداخلي للميتوكندري ؟ (الوثيقة1).

3- استخرج من الوثيقة2 ما يوحي باقتسام الأدوار بين مختلف أغشية وفضاءات الميتوكندري.

4- اقترح فرضية لتفسير تواجد حمض البيروفيك و ATP في الماتريس وغياب الكليكوز.

5- من خلال تحليل الرسمين البيانيين للوثيقتين 5و6، اقترح فرضيات حول مثير كل من حمض البيروفيك و ADP، وعن العلاقة بينهما.

6- على إثر أكسدة الكليكوز على مستوى الجبلة الشفافة تتشكل ناقلات مختزلة $NADH,H^+$. كما تتشكل هذه الناقلات المختزلة كذلك على مستوى ماتريس الميتوكندري؛ اقترح فرضية حول مصدرها في هذه الحالة الأخيرة.

تعاريف:

- **ATP سنتاز= كرة ذات شمراخ:** أنزيم مسؤول عن تركيب ATP.
- **أنزيم مزيل للكربوكسيل** : أنزيم يُحفز تفاعل إزالة COOH من جزيئة عضوية، ويؤدي ذلك إلى طرح CO_2.
- **أنزيم مزيل للهيدروجين** : أنزيم يُحفز تفاعل أكسدة جزيئة عضوية واختزال ناقل R إلى RH_2

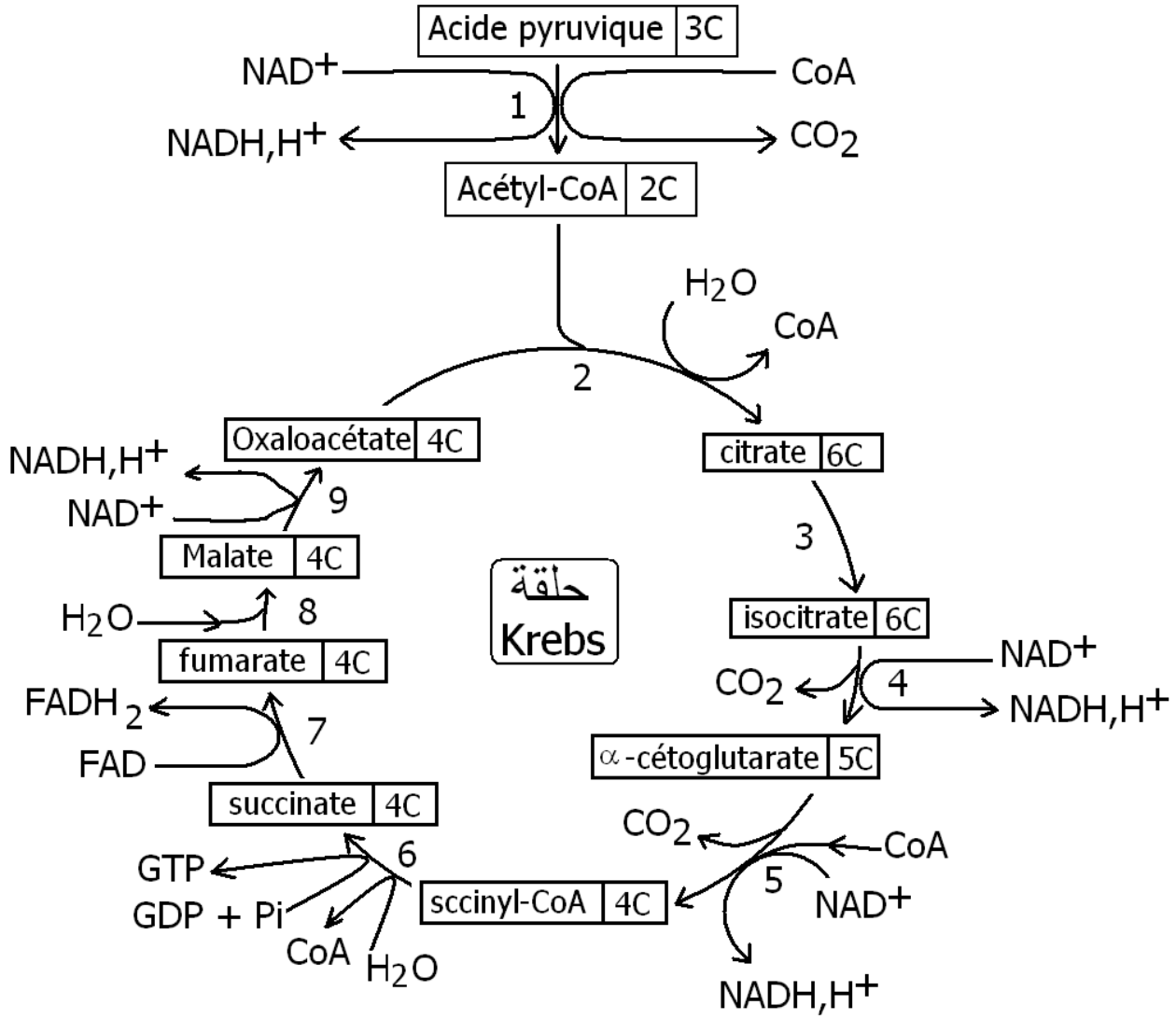
الوحدة4: التأكسدات التنفسية (أ): التأكسد التام لحمض البيروفيك على مستوى ماتريس الميتوكندري وحصيلته.

يتعرض حمض البيروفيك للأكسدة ولهدم تام على مستوى ماتريس الميتوكندري حيث يتم تحرير CO_2 دون استهلاك O_2. ويرافق ذلك تحرير كمية مهمة من الطاقة تتجسد في جزيئات غنية بالطاقة، وهي ATP و نواقل الإلكترونات في شكلها المختزل $NADH,H^+$ و $FADH_2$. ويتم الهدم عبر **مرحلة تمهيدية** تليها سلسلة حلقية من التفاعلات الحيكيميائية المحفزة من قِبل أنزيمات نوعية؛ وتشكل السلسلة الحلقية ما سمي **حلقة Krebs.**

- ما حصيلة التأكسد التام لحمض البيروفيك وما وظيفته البيولوجية ؟

WIKIPEDIA : Le **cycle de Krebs** ou cycle de Szent-Györgyi et Krebs ou **cycle des acides tricarboxyliques** ou encore **cycle de l'acide citrique (citrate)** est une série de réactions biochimiques dont la finalité est de produire des intermédiaires énergétiques qui serviront à la production d'ATP dans la chaîne respiratoire. Il s'agit d'un cycle car le dernier métabolite, l'acide oxaloacétique, est aussi impliqué dans la première réaction. Le cycle peut se résumer dans l'oxydation de 2 carbones en CO_2 ; l'énergie dégagée par ces réactions génère du GTP (ou de l'ATP), des électrons, du $NADH,H^+$ et du $FADH_2$, qui pourront être métabolisés par la chaîne respiratoire pour former de l'ATP. Il a été découvert par le biologiste Hans Adolf Krebs en 1937.

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT



- بعد دخول حمض البيروفيك إلى ماتريس الميتوكندري، يتعرض لأكسدة مصحوبة بإزالة للكربوكسيل (-COOH). ويؤدي هذا إلى اختزال الناقل NAD^+ إلى $NADH,H^+$ وتحرير جزيئة CO_2. كما ينتج عن ذلك تكون جزيئة حمض الأسيتيك (CH_3-COOH) في شكل مرتبط بمساعد أنزيم A (أسيتيل-مساعد أنزيم A).
- يدخل حمض الأسيتيك في حلقة Krebs (مثلث الجزيئات بعدد ذرات الكربون).
- خلال حلقة Krebs، تحدث عدة تفاعلات محررة للطاقة، أهمها إزالة الكربوكسيل وإزالة الهيدروجين الذي يؤدي إلى اختزال النواقل التي تعتبر جزيئات غنية بالطاقة نظرا لقدرتها الكبيرة على الاختزال، أي منح الإلكترونات لمتقبل.
- خلال إحدى تفاعلات حلقة Krebs، يتم تركيب GTP (GDP) وهي جزيئة شبيهة ب ATP حيث تساعد حلمأة الأولى على تركيب الثانية (تحويل الطاقة).
- كل التفاعلات محفزة من قبل أنزيمات نوعية.

الإنجازات:

1- حدد مصير الطاقة الكامنة في جزيئة حمض البيروفيك خلال تعرضه للهدم على مستوى الماتريس.

2- أنجز حصيلة هذا الهدم، أخذا بعين الاعتبار أن جزيئة الكليكوز خلال انحلاله على مستوى الجبلة الشفافة تعطي جزيئتين من حمض البيروفيك.

3- حدد الوظيفة البيولوجية لمرحلتي « تشكل أسيتيل مساعد أنزيم A » و « حلقة Krebs » .

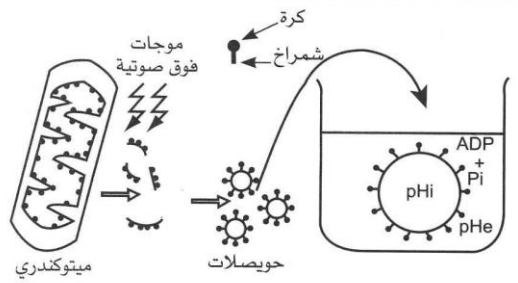
Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT

الوحدة5: التأكسدات التنفسية (ب): الفسفرة المؤكسدة.

ينتج عن انحلال الكليكوز في الجبلة الشفافة وتأكسد حمض البيروفيك في الماتريس عدد من ناقلات الإلكترونات في شكلها المختزل: $FADH_2$ و $NADH,H^+$.

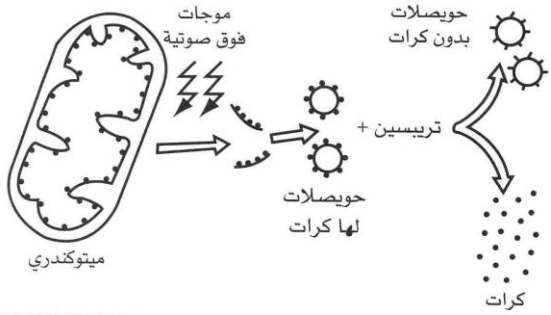
- كيف يتم تحويل الطاقة الكامنة بالناقلات المُختزلة إلى طاقة كامنة في جزيئة ATP ؟
- ما البنيات المسؤولة عن ذلك ؟

شروط تركيب ATP على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكندري، وعلاقته باستهلاك O_2 :



- بعد عزلها تخضع الميتوكندريات لفعل موجات فوق صوتية، مما يؤدي إلى تقطيعها وجعل أعراف الغشاء الداخلي تنقلب وتُكون حويصلات مغلقة، تكون الكرات ذات الشمراخ المرتبطة بها موجهة نحو الخارج. توضع هذه الحويصلات بحضور ADP وPi في محاليل خاصة تختلف من حيث pH.
- إذا كان pHi (بجوف الحويصلات) أصغر من pHe (خارج الحويصلات)، يلاحظ تفسفر ADP أي تحولها إلى ATP.
- إذا كان pHi يساوي pHe ، لن يتم تفسفر ADP.

الكشف عن دور اختلاف تركيز أيونات H^+ بين جهتي الغشاء الداخلي في تركيب ATP.

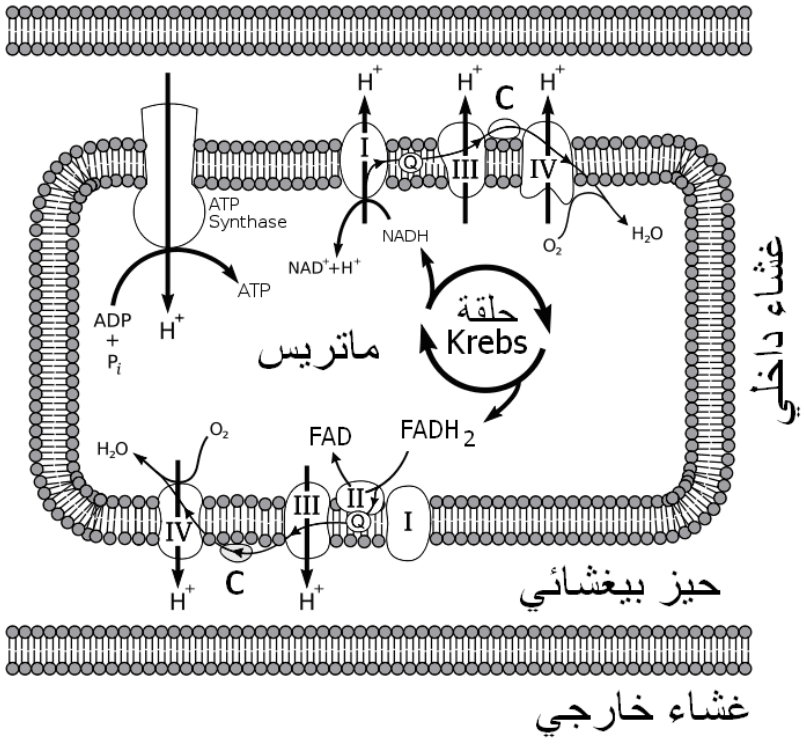


بعد عزل حويصلات من الغشاء الداخلي مزينة بكرات ذات شمراخ، يمكن معالجتها بواسطة أنزيم يسمى التريبسين، مما يؤدي إلى فصل الكرات عن الحويصلات.

- تُنجز الحويصلات المُزيَّنة بكرات ذات شماريخ تفاعلات أكسدة RH_2 واختزال O_2 إلى H_2O، كما تركب ATP.
- تُنجز الحويصلات المزينة بشماريخ فقط تفاعلات أكسدة RH_2 واختزال O_2 إلى H_2O، لكنها غير قادرة على تركيب ATP.
- الكرات المعزولة غير قادرة على أكسدة RH_2 واختزال O_2.

الكشف عن اقتسام الأدوار بين مكونات الغشاء الداخلي.

الوثيقة1: دراسة تجريبية لظاهرة التفسفر المؤكسد (Phosphorylation oxydative = Oxydation phosphorylante).



- تتعرض الناقلات $FADH_2$ و $NADH,H^+$ للأكسدة على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكندري، حيث تعمل السلسلة التنفسية المُكوَّنة من مركبات أنزيمية (I,II,III,IV) وناقلات للإلكترونات (C,Q) على نقل الإلكترونات من RH_2 إلى O_2.
- إن جهد الأكسدة والاختزال هو الذي يحدد منحى تنقل الإلكترونات. فهذا الجهد بالنسبة للزوج مؤكسد-مختزل « NAD+/NADH,H+ » يساوي -320 mV ؛ و بالنسبة للزوج « $FAD/FADH_2$ » فيساوي -120 mV أما بالنسبة للزوج « O_2/H_2O » فيساوي +820 mV

الوثيقة2 (أ).

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT

- بفعل الاختلاف المهم في جهد الأكسدة والاختزال فإن تفاعل إعادة أكسدة النواقل واختزال O_2 يحرر كمية مهمة من الطاقة التي تستغلها السلسلة التنفسية لضخ أيونات H^+ من الماتريس نحو الحيز البيغشائي.
- يختلف مسار الإلكترونات بين الحالة التي تتم فيها أكسدة $NADH,H^+$ والحالة التي تتم فيها أكسدة $FADH_2$.
- إن اختلاف تركيز أيونات +H بين جهتي الغشاء الداخلي للميتوكندري وما يرافقه من اختلاف في الشحنات الكهربائية هو بمثابة طاقة كامنة (Energie potentielle)، فهذا الغشاء غير نفوذ لأيونات +H إلا على مستوى الكرات ذات الشمراخ التي تسمح بتدفقها في اتجاه العودة إلى الماتريس؛ وتستغل طاقة هذا التدفق لتركيب ATP انطلاقا من « ADP + Pi » أي فسفرة ADP (إضافة مجموعة فوسفاتية). وبما أن هذه الفسفرة تكون مزاوجة(Couplée) أكسدة النواقل، فإنها سميت **الفسفرة المؤكسدة**.

(Phosphorylation oxydative = oxydation phosphorylante).

- خلال الفسفرة المؤكسدة، يتم تركيب ثلاث جزيئات ATP مقابل أكسدة جزيئة واحدة من $NADH,H^+$ وجزيئتين مقابل أكسدة جزيئة من $FADH_2$.

الوثيقة2(ب)

الإنجازات:

1- من خلال تحليل الوثيقة1، بين على أن فارق تركيز H^+ نوع من الطاقة الكامنة.

2- رغم أن تفاعلات تركيب ATP من جهة،واختزال O_2 من طرف RH_2 من جهة أخرى تفاعلات مزاوجة، هناك اقتسام للأدوار بين الكرات ذات الشمراخ والسلسلة التنفسية؛ استخرج من الوثيقة 1 ما يبين ذلك.

3- أكتب معادلة تفاعل إعادة أكسدة RH_2 واختزال O_2 على مستوى السلسلة التنفسية.

4- حدد العلاقة بين جهد الأكسدة والاختزال ومسار الإلكترونات وتحويل الطاقة خلال الفسفرة المؤكسدة ، وذلك بالنسبة للناقلين $FADH_2$ و $NADH,H^+$.

5- مثل مراحل التنفس بواسطة خطاطة،واكتب حصيلة كل واحدة من مراحلها الثلاث، ووضح أين يتجلى الترابط والمزاوجة بين هذه المراحل، واحسب الحصيلة الطاقية لأكسدة جزيئة كليكوز، وحدد الوظيفة البيولوجية للتنفس الخلوي.

الوحدة6: التخمر اللبني والتخمر الكحولي – مقارنة الحصيلة الطاقية للتنفس والتخمر.

إلى جانب التنفس نجد التخمر وسيلة أخرى لإنتاج ATP. وقد تلجأ إليه بعض الخلايا بديلا عن التنفس في إطار التكيف مع ظروف نقص أو غياب O_2 (الخلايا العضلية مثلا). وهناك متعضيات تعتمد على التخمر حصريا. ومن بين أنواع التخمر نجد التخمر اللبني والتخمر الكحولي. ويختلف التخمر عن التنفس من حيث طبيعة المواد الناتجة عنه وكذا مردوديته الطاقية.

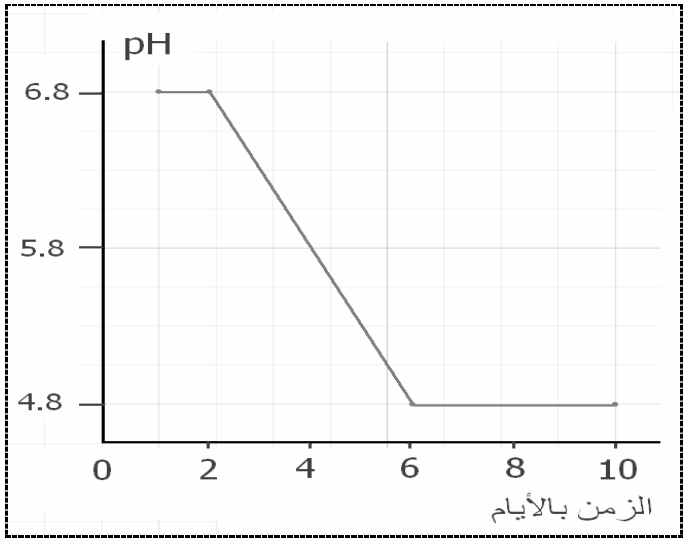
- كيف يمكن الكشف تجريبيا عن بعض مظاهر التخمر اللبني والتخمر الكحولي ؟
- ما طبيعة المواد الناتجة عن التخمر ؟ وماذا يتبين من خلال مقارنة الحصيلة الطاقية للتنفس والتخمر ؟

- **مراحل المناولة** : نضع في كأس 125 mL من الحليب، ونقوم بقياس pH كل يوم لمدة 10 أيام، ويبين الرسم البياني جانبه النتائج المحصل عليها. كما نلاحظ تغير مظهر الحليب.
- **تفسير النتائج:**

- تعمل بكتيريات موجودة طبيعيا بالحليب، تدعى خمير الحليب (Lactobacillus)، على تحويل اللكتوز إلى حمض لبني؛ ويجعل هذا الأخير pH ينخفض؛ مما يؤدي إلى تخثر بروتينات الحليب، ونقول إنه أصبح رائبا.
- بعد حلمأة اللكتوز (سكر ثنائي) إلى كليكوز وغلكتوز، وتحول الغلكتوز بدوره إلى كليكوز، يتحول الكليكوز إلى حمض لبني عبر سلسلة من التفاعلات الحيكيميائية، وهذا ما يسمى التخمر اللبني.
- حصيلة التخمر اللبني:

$$C_6H_{12}O_6 \Rightarrow 2\ CH_3\text{-}CHOH\text{-}COOH$$

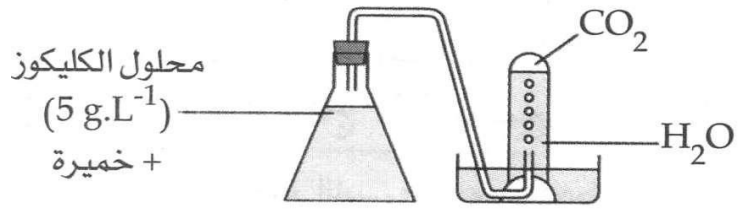
كليكوز — حمض لبني



الوثيقة1: دراسة تجريبية لمظهر من مظاهر التخمر اللبني.

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT

- **مراحل المناولة**:
  - نهيئ محلولا من الكليكوز ($5\ g.L^{-1}$) يحتوي على خلايا خميرة عالقة.
  - نملأ الإناء كما هو مبين في الشكل جانبه، مما يجعل التهوية شبه منعدمة (وسط لاحيهوائي).
  - نترك التركيب التجريبي لمدة 40 دقيقة.
  - يعكر الغاز الذي يظهر في الأنبوب المقلوب ماء الجير. كما تظهر مادة كحولية في المحلول.
  - تمكن الأشرطة الملونة من قياس تركيز الكليكوز في المحلول عند بداية ونهاية التجربة.



- **تفسير النتائج:**

خلال التخمر الكحولي يتحول الكليكوز إلى كحول الإيثانول وثنائي أكسيد الكربون.

وسط حيهوائي: وسط تعيش فيه متعضيات أو خلايا ويتوفر به O_2.

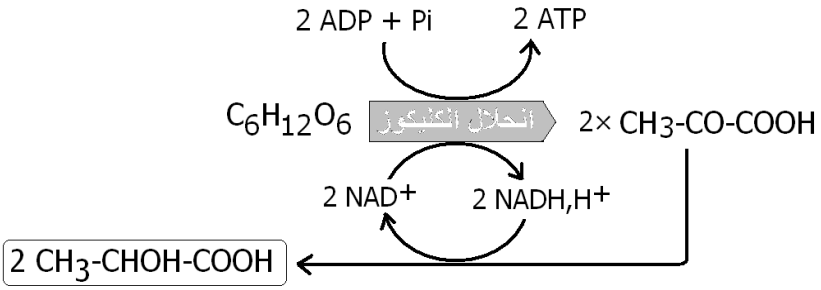
وسط لاحيهوائي: وسط تعيش فيه متعضيات أو خلايا ولا يتوفر به O_2.

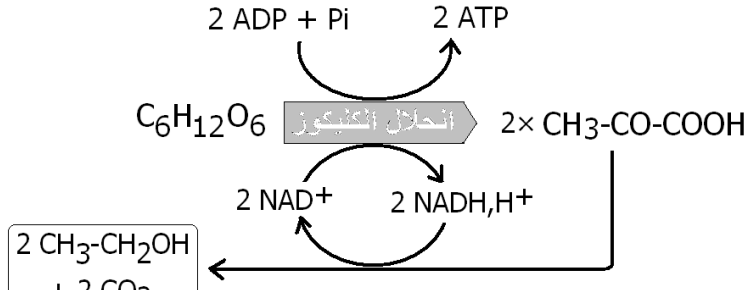
- حصيلة التخمر الكحولي:

$$C_6H_{12}O_6 \Rightarrow 2\ CH_3\text{-}CH_2OH + 2\ CO_2$$

كليكوز — إيثانول

الوثيقة2: دراسة تجريبية للتخمر الكحولي.





يشكل انحلال الكليكوز مرحلة مشتركة بين التنفس والتخمر؛ ويكمن الاختلاف بينهما في مصير حمض البيروفيك.
فبالنسبة للتخمر وعلى مستوى الجبلة الشفافة تحدث التفاعلات الآتية:

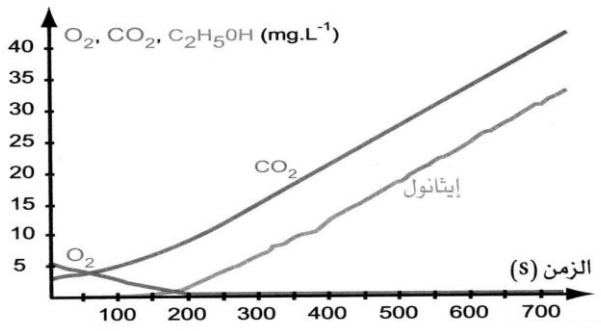
التخمر اللبني:
يتحول حمض البيروفيك إلى حمض لبني؛ ويرافق ذلك أكسدة ناقل الإلكترونات $NADH,H^+$ إلى NAD^+ .

التخمر الكحولي:
تتحول جزيئة حمض البيروفيك إلى كحول الإيثانول، مع تحرير جزيئة CO_2 وأكسدة ناقل الإلكترونات $NADH,H^+$ إلى NAD^+.

خلال المرحلة الأخيرة من التخمر اللبني والتخمر الكحولي، ليس هناك إنتاج مزيد من الطاقة على شكل ATP؛ وتكمن أهمية هذه المرحلة في إعادة توفير ناقل الإلكترونات في شكله المؤكسَد (NAD^+)، وهذا أمر ضروري لاستمرار انحلال الكليكوز، وبالتالي إنتاج جزيئتين من ATP. فكمية الناقلات محدودة، وهذه التفاعلات الاستقلابية تفاعلات مُزاوجة (Couplées).
يسمح استمرار إنتاج ATP للخلايا بالعيش دون الحاجة إلى O_2 (تكيف مع ظروف لا حيهوائية).

الوثيقة3: حصيلة التخمر اللبني والتخمر الكحولي

يتم تهييئ محلول غني بالكليكوز،يضم خلايا خميرة عالقة.
يوضع المحلول في جهاز مغلق ومزود بثلاثة مجسات لرصد تغيرات تركيز O_2 و CO_2 و الإيثانول. ترتبط المجسات بحاسوب يمَكّن من إظهار تطور تركيز المواد الثلاث في الوسط بدلالة الزمن.
(أنظر الرسم البياني جانبه)



الوثيقة 4: الكشف عن تكيف خلايا الخميرة مع ظروف غياب O_2.

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT

الانجازات

1- حدد سبب تطور pH الحليب وأثر هذا التطور على مظهر الحليب. (الوثيقة1).

2- كيف يتطور تركيز اللكتوز في عينة الحليب، وتركيز الكليكوز في المحلول الذي يضم خلايا الخميرة ؟ فسر ذلك.(الوثيقتين 1-2)

3- كيف سيتطور عدد خلايا Lactobacillus وخلايا الخميرة في كل من الوسطين المدروسين ؟ فسر ذلك. (الوثيقتين 1-2)

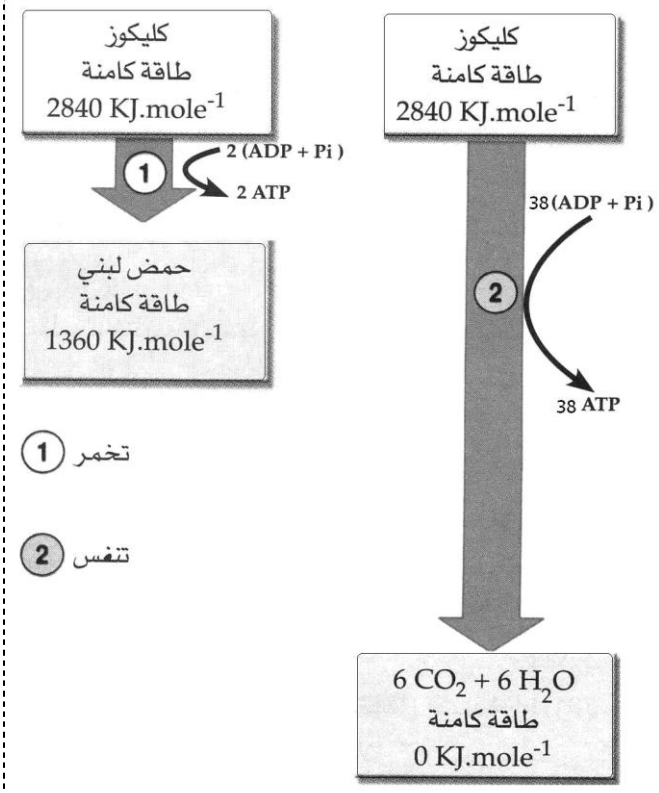
4- قارن من خلال الوثيقة 3 واعتمادا على ما سبق، التنفس والتخمر، من حيث إنتاج الطاقة وطبيعة النواتج المحصل عليها.

5- أين تكمن أهمية المرحلة الأخيرة من التخمر ؟

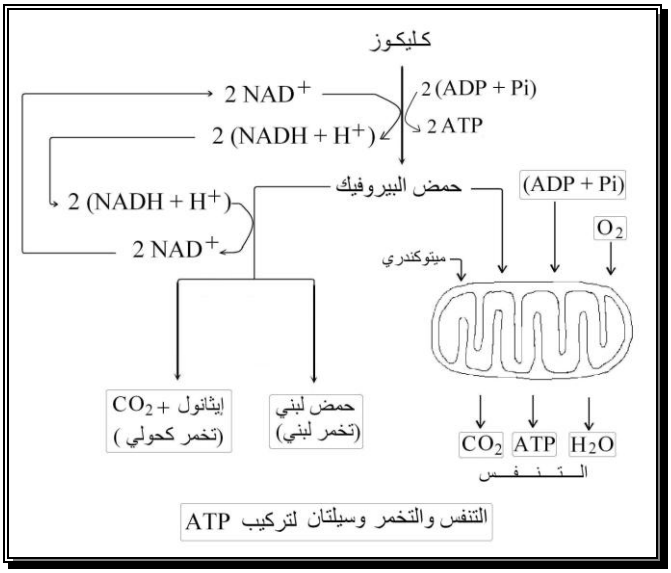
6- فسر معطيات الرسم البياني للوثيقة4.

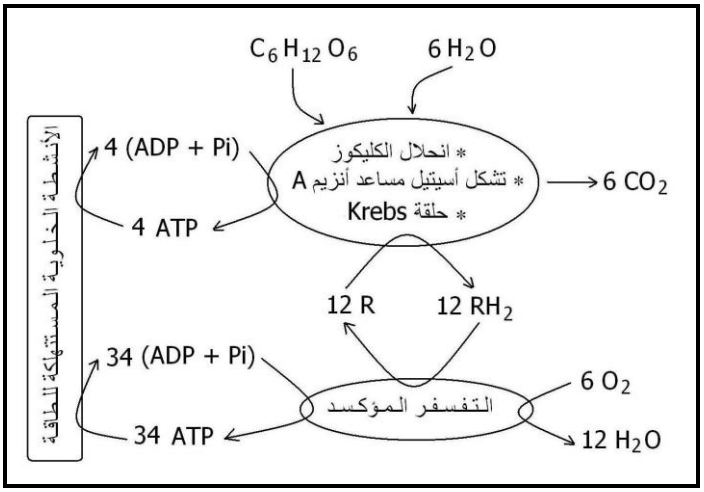
7- إذا علمت أن حلمأة مول واحد من ATP تحرر طاقة تقدر بحوالي 31 KJ، وأن الطاقة الكامنة في مول من الكليكوز تقدر بحوالي 2840 KJ، اَحسب وقارن المردودية الطاقية لكل من التنفس والتخمر (الوثيقة5).

8- ما مصير الطاقة الضائعة ؟



الوثيقة5: التنفس والتخمر: مقارنة مهمة





Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT

الفصل 2/2: دور العضلة الهيكلية المخططة في تحويل الطاقة

المكتسبات القبلية	التساؤلات
وظائف الاقتيات والتغذية • خلال الهضم يتم التبسيط الجزيئي للجزيئات العضوية. وبعد الامتصاص المعوي، تُوزع مواد القيت على خلايا الجسم عبر الدم. ويحتاج الجسم إلى تغذية متوازنة وملائمة لأنشطته. ومن أهم الأغذية نجد البروتينات. (السنة الثالثة من التعليم الثانوي الإعدادي) وظائف الربط والتواصل العصبي • تتلقى العضلة الهيكلية رسائل عصبية عبر السينابسات العصبية العضلية (الصفيحة المحركة). ويؤدي انتشار جهد العمل في غشاء الليف العضلي إلى تقلصه. (السنة الثالثة من التعليم الثانوي الإعدادي والسنة الأولى من سلك البكالوريا – مسلك العلوم التجريبية) طبيعة المواد المركبة خلال التركيب الضوئي • إن أولى نواتج التركيب الضوئي هي السكريات. وتقوم خلايا النباتات اليخضورية بتحويل السكريات إلى دهنيات وبروتيدات. ومن أهم البروتيدات نجد البروتينات التي تتشكل جُزيئاتها من سلاسل من الأحماض الأمينية. (السنة الأولى من سلك البكالوريا – مسلك العلوم التجريبية) التواصل الهرموني • تُمكن الهرمونات المنظمة لتحلون الدم من الحفاظ على ثبات تحلون الدم. ويسمح تنظيم تحلون الدم بتكييف كميات الكليكوز المخزنة مع الواردات الغذائية والمنفقات الطاقية. ومن أهم الخلايا التي تخزن الكليكوز، نجد الخلية العضلية التي تتوفر على مخزون مهم من الغليكوجين، وهو عبارة عن مدخرات طاقية. (السنة الأولى من سلك البكالوريا – مسلك العلوم التجريبية) تحرير الطاقة الكامنة في المواد العضوية على مستوى الخلية • خلال التنفس والتخمر يتم تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في المواد العضوية إلى طاقة كامنة في جزيئة ATP. (الفصل الأول من هذا الجزء)	خلال تفاعلات التنفس والتخمر، يتم تحويل الطاقة الكامنة في الجزيئات العضوية التي تستهلكها الخلايا إلى طاقة كامنة في جزيئة ATP. ويتم استهلاك هذه الطاقة عن طريق حلمأة ATP خلال النقل النشيط، والتركيبات الخلوية، والعمل الميكانيكي. ومن أهم الأعضاء المتخصصة في إنتاج العمل الميكانيكي، نجد العضلة الهيكلية التي تتكون من خلايا متخصصة تسمى أليافا عضلية. كيف يمكن تعرف آلية تحويل الطاقة على مستوى العضلة، من خلال دراسة آلية التقلص العضلي والظواهر الاستقلابية المرافقة له ؟

التصميم

الوحدة1: تسجيل التقلصات العضلية

الوحدة2: بنية وفوق بنية العضلة الهيكلية المخططة.

الوحدة3: آلية التقلص العضلي.

الوحدة4: الظواهر الاستقلابية المصاحبة للتقلص العضلي وطرق تجديد ATP.

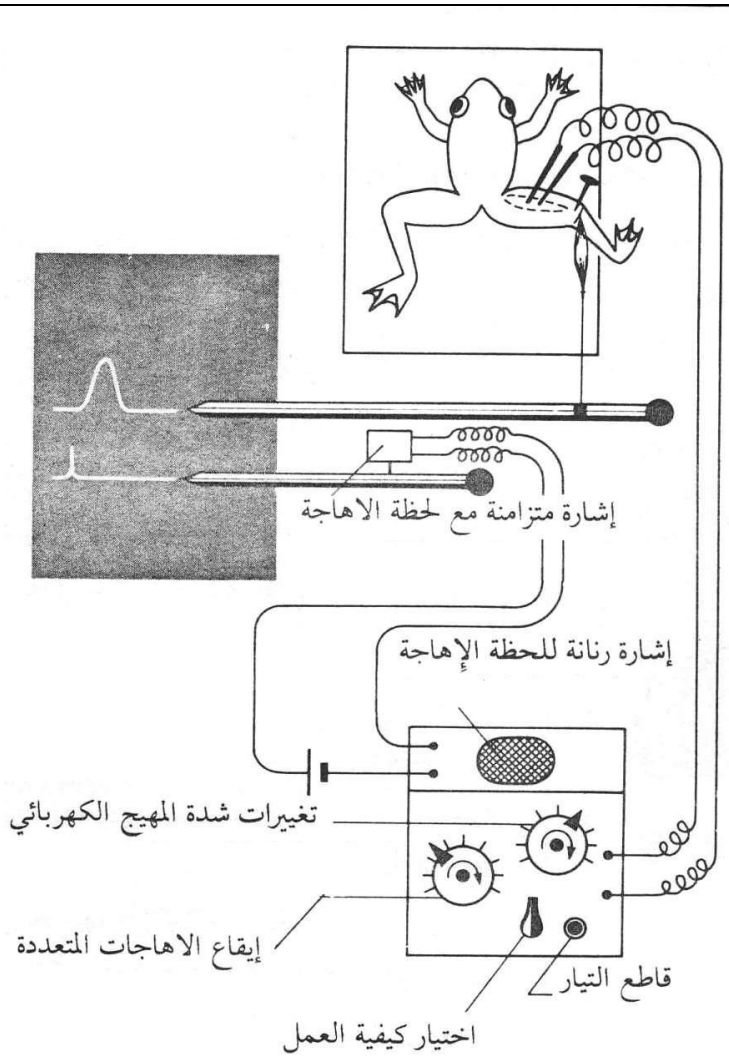
Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT

الوحدة1: تسجيل التقلصات العضلية

تتقلص العضلات على إثر استقبالها للسيالات العصبية الحركية التي تصلها عبر الألياف العصبية الحركية. ويؤدي التقلص إلى حركة العظام بعضها بالنسبة لبعض على مستوى المفاصل. وبذلك تحدث الحركة.

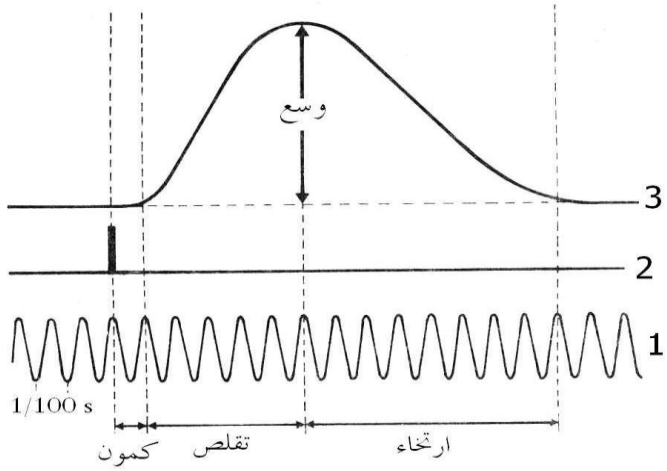
- كيف يمكن تسجيل التقلصات العضلية وربط شكلها بخاصيات السيالات العصبية ؟

- يتم تخريب الدماغ والنخاع الشوكي عند ضفدعة.
- يشرح طرفها الخلفي بحيث تظهر عضلة بطن الساق والعصب الوركي.
- تثبت الركبة على لويحة بواسطة إبرة.
- يقطع وتر العقب ويوصل بخيط بعتلة جهاز التسجيل.
- تتحمل العضلة عند تقلصها كتلة ضعيفة وثابتة، ونقل إن التقلص متساوي التوتر.
- تسلط إهاجات عبر الجهاز المهيج، ويسجل التقلص بواسطة راسمة على أسطوانة تدور بسرعة محددة.



الوثيقة1: البروتوكول التجريبي لدراسة تسجيل التقلصات العضلية عند ضفدعة.

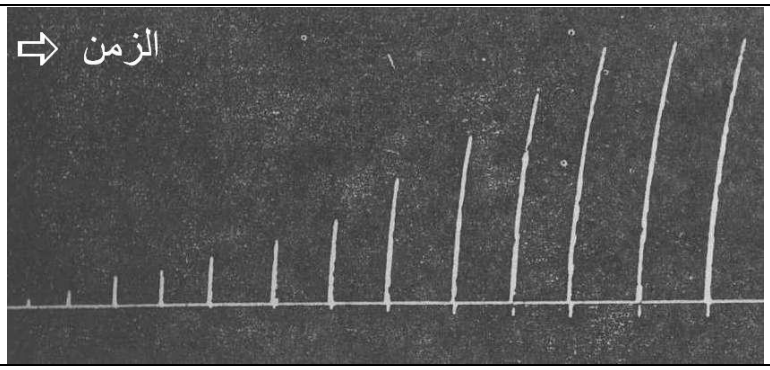
تدور الأسطوانة بسرعة محددة، وتتم إهاجة واحدة ذات شدة تعطي أقصى وسع للتقلص.



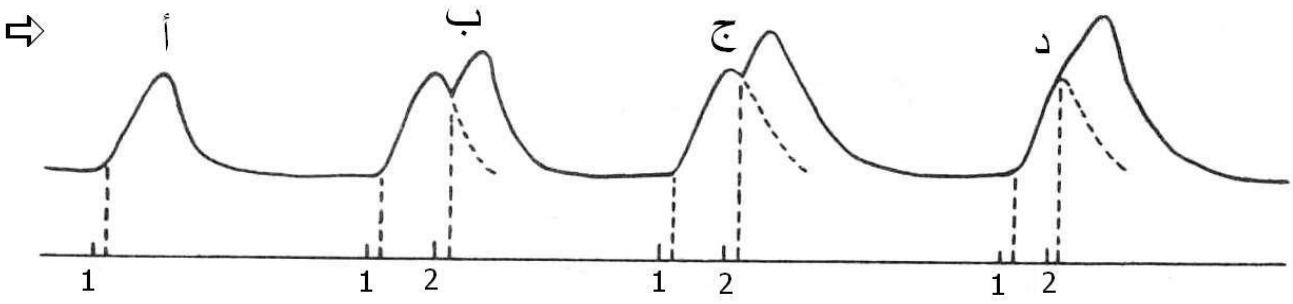
الوثيقة2: مراحل رعشة معزولة: 1- مقياس الزمن / 2- إشارة الإهاجة / 3- رسم تخطيطي عضلي.

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT

نقوم بإهاجة كهربائية على مستوى العصب الوركي، ونحافظ على الأسطوانة ثابتة، ثم ندير ها يدويا لبضع ميليمترات ونعيد الإهاجة. ويبين الشكل جانبه النتيجة المحصل علها بعد إهاجات متتالية ذات شدة تصاعدية.

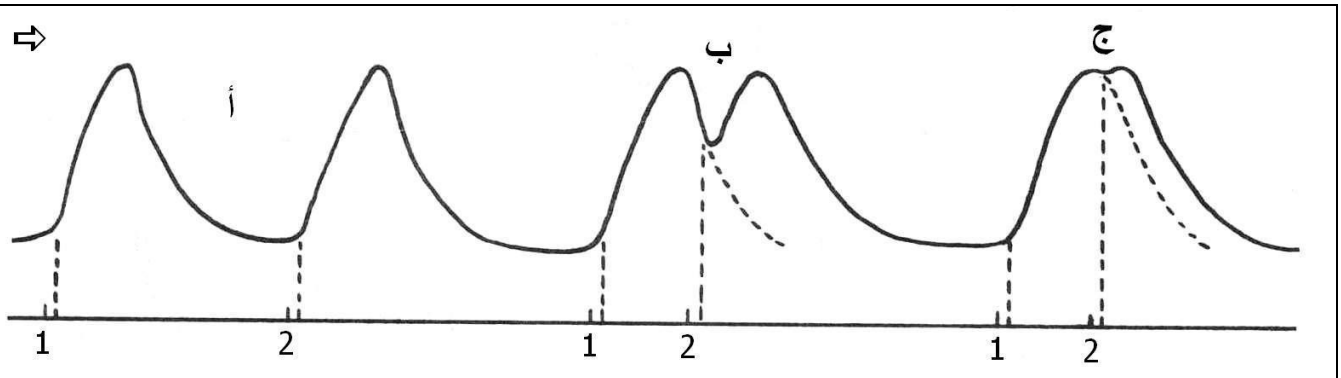


الوثيقة3: الكشف عن العلاقة بين شدة الإهاجة ووسع التقلص



- تدور الأسطوانة بسرعة محددة، ويتم استعمال شدة إهاجة فعالة أقل من الشدة التي تعطي التقلص الأقصى في حالة الرعشة المعزولة.
- **أ-** إهاجة واحدة.
- **ب-** إهاجتان متتاليتان، حيث تطبق الإهاجة الثانية في فترة الارتخاء بالنسبة للرعشة الأولى.
- **ج-** إهاجتان متتاليتان، حيث تطبق الإهاجة الثانية في فترة الارتخاء بالنسبة للرعشة الأولى، مع تقليص الفارق الزمن بين الإهاجتين.
- **د-** إهاجتان متتاليتان، حيث تطبق الإهاجة الثانية في فترة التقلص بالنسبة للرعشة الأولى.

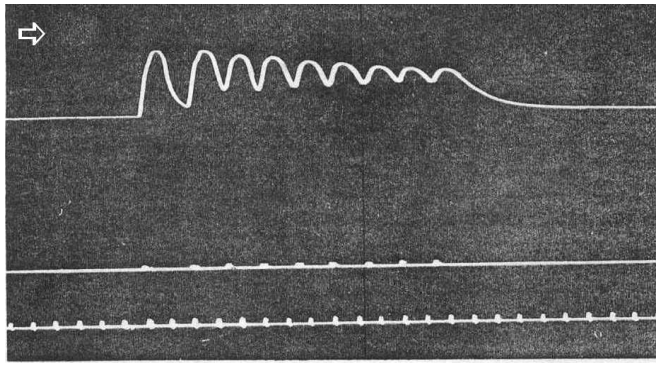
الوثيقة4: دراسة تأثير إهاجتين متتاليتين، بشدة فعالة منخفضة.

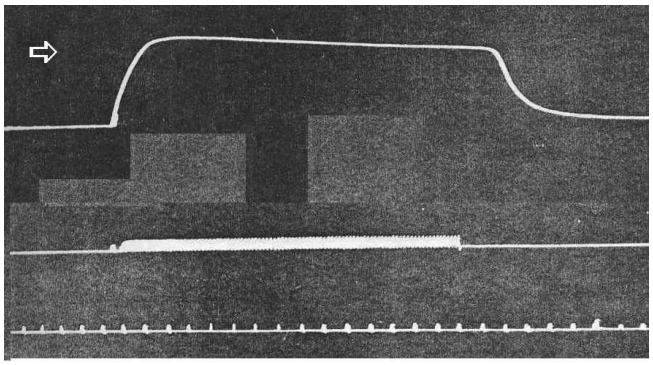


- تدور الأسطوانة بسرعة محددة، ويتم استعمال شدة إهاجة فعالة تعطي التقلص الأقصى في حالة الرعشة المعزولة.
- **أ-** إهاجتان متتاليتان ومتباعدتان زمنيا.
- **ب-** إهاجتان متتاليتان، حيث تطبق الإهاجة الثانية في فترة الارتخاء بالنسبة للرعشة الأولى.
- **ج-** إهاجتان متتاليتان، حيث تطبق الإهاجة الثانية في نهاية التقلص بالنسبة للرعشة الأولى.

الوثيقة5: دراسة تأثير إهاجتين متتاليتين، بشدة تعطي الوسع الأقصى للتقلص.

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT





نقوم باستعمال إهاجات ذات شدة تعطي تقلصا بوسع أقصى، وتتكرر بتردد 10 إلى 15 إهاجة في الثانية (الشكل الأيمن)، وتردد ما بين 25 و 30 إهاجة في الثانية. ونلاحظ أن الرعشات المتتالية تندمج فيما بينها بشكل غير تام أو بشكل تام. ولذلك نتحدث عن الكزاز غير التام والكزاز التام.

الوثيقة6: الكشف عن الكزاز التام وغير التام

الانجازات:

1. حدد مراحل الرعشة المعزولة، واحسب المدة الزمنية لكل مرحلة، وماذا تمثل فترة الكمون ؟ (مثال الوثيقة2).
2. كيف تفسر تغير وسع تقلص العضلة حسب شدة الإهاجة ؟ (الوثيقة3).
3. كيف تفسر اختلاف النتائج التجريبية للوثيقة4 مقارنة مع الوثيقة5 ؟
4. اعتمادا على معطيات الوثيقة6، أعط تعريفا للكزاز، واقترح تفسيرا للتقلص متساوي الوسع والتقلص متساوي التوتر في الحالة الفيزيولوجية الطبيعية.

الوحدة2: بنية وفوق بنية العضلة الهيكلية المخططة.

ترتبط العضلات الهيكلية بالعظام بواسطة الأوتار (هيكلية نسبة إلى الهيكل العظمي)، ويؤمن تقلصها حركة العظام على مستوى المفاصل؛ كما يساعد على الحفاظ على مختلف وضعيات الجسم..

- ما بنية العضلة الهيكلية والألياف العضلية المكونة لها ؟
- ما الذي يجعل الليف العضلي خلية متخصصة في وظيفة التقلص ؟

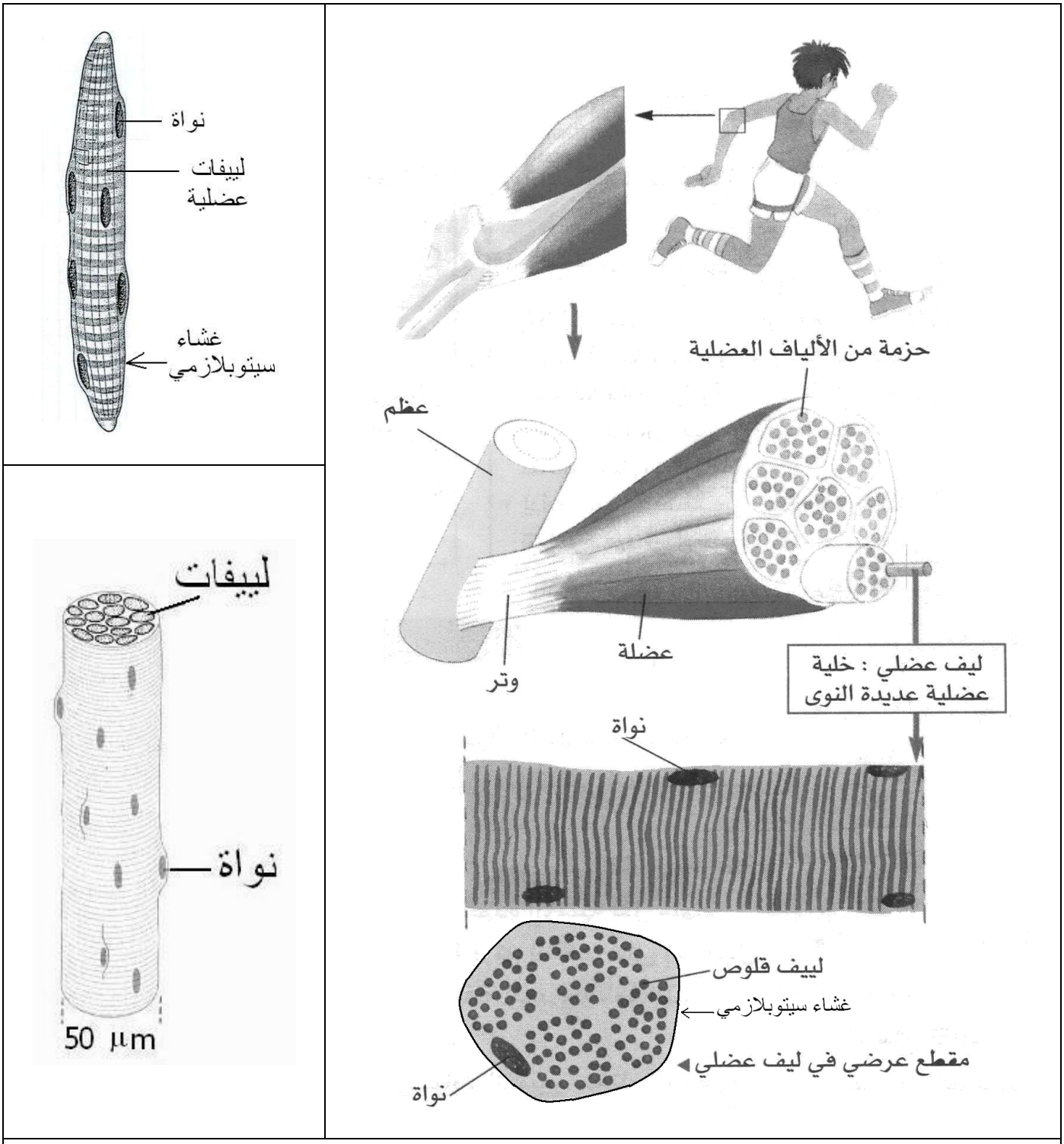
تتكون كل عضلة هيكلية من مئات أو آلاف الألياف العضلية. وترتبط بالعظام بواسطة الأوتار. ولليف العضلي بنية مغزلية، يتراوح قطره بين 10µm و 100 µm. أما طوله فيمكن أن يصل إلى عدة سنتيمترات. إنه عبارة عن خلية ضخمة تضم مئات النوى، ذلك لأنها نتجت عن اندماج عدد كبير من الخلايا خلال النمو الجنيني.

عند ملاحظة ليف عضلي بواسطة المجهر الضوئي، تظهر به عدة أشرطة مستعرضة متعاقبة. وهذا ما يبرر تسمية العضلة الهيكلية بالعضلة المخططة.

إن أكبر نسبة من حجم سيتوبلازم الليف العضلي، تحتلها المئات أو الآلاف من الأسطوانات المتوازية مع المحور الأكبر لليف، إنها الليفات العضلية التي تتميز بخاصية القلوصية (Contractilité). نجد في السيتوبلازم كذلك عدة نوى وعددا كبيرا من الميتوكندريات.

الوثيقة1: تعضي العضلة الهيكلية المخططة Muscle squelettique strié (أ).

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT



الوثيقة2: تعضي العضلة الهيكلية المخططة Muscle squelettique strié **(ب).**

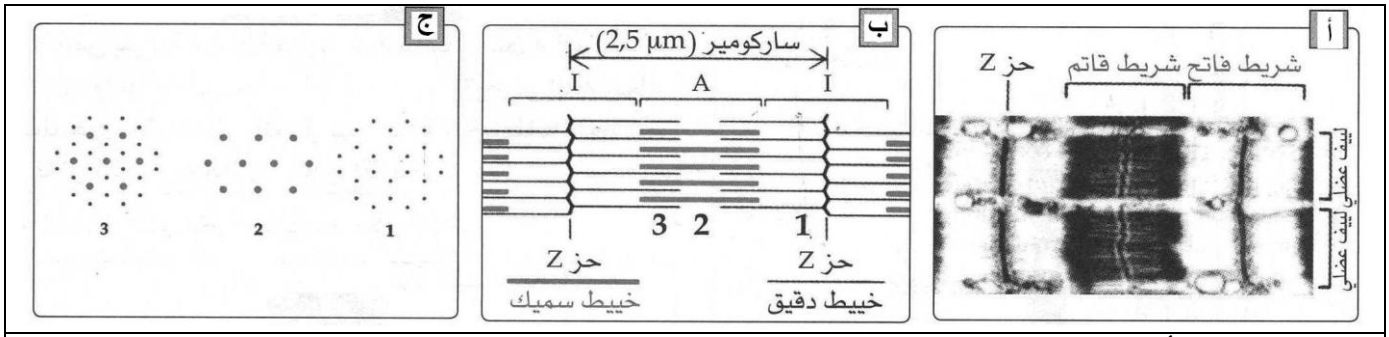
عند ملاحظة ليف عضلي بواسطة المجهر الإلكتروني، نلاحظ تعاقب أشرطة فاتحة(I) وأشرطة داكنة (A). ويتوسط الشريط الفاتح حز يسمى الحزZ.

يتكون كل ليف عضلي من حزمة من خيطات عضلية سميكة، وخيطات عضلية دقيقة؛ وتشكل المنطقة المحصورة بين حزيZ متتاليين وحدة بنيوية ووظيفية مسؤولة عن التقلص تسمى« ساركومير» Sarcomère

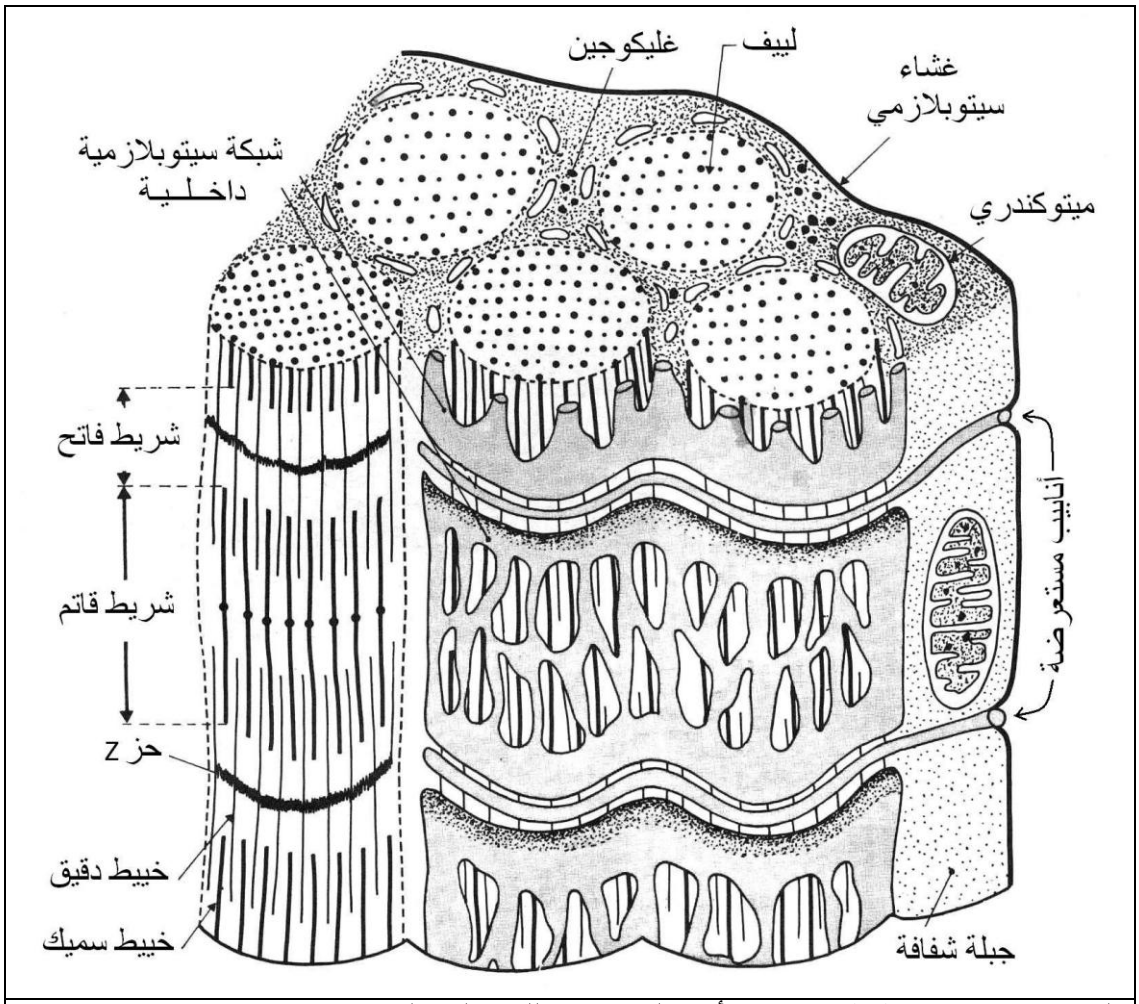
تتكون الخيطات الدقيقة أساسا من بروتين يسمى « أكتين» Actine. أما الخيطات السميكة فتتكون من بروتين يسمى« ميوزين» Myosine.

الوثيقة3 : نتائج ملاحظة الليفات العضلية بواسطة المجهر الإلكتروني.

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT



الوثيقة3 – تتمة: أ: ملاحظة الليفات العضلية بواسطة المجهر الإلكتروني / ب: رسم تخطيطي تفسيري / ج: مقاطع عرضية على المستويات 1و2و3 من الشكل""ب".



الوثيقة4: مجسم تخطيطي ثلاثي الأبعاد لجزء من الليف العضلي.

الإنجازات

1- استخرج من معطيات الوثيقتين 1 و 2 ما يبين على أن الليف العضلي خلية من جهة، ومن جهة أخرى خلية مكيفة مع وظيفة التقلص.

2- كيف تفسر اختلاف ما نلاحظه على مستوى المقاطع 1و2و3 ؟ (الوثيقة 3 تتمة "ب" "ج")

3- يتميز سيتوبلازم الليف العضلي بشبكة كثيفة من الحويصلات المحاطة بغشاء، تسمى **الشبكة السيتوبلازمية الداخلية** ؛ وبتقعرات للغشاء السيتوبلازمي على شكل أصابع القفاز، حيث تغوص بكثافة في عمق الليف بين الليفات. اقترح فرضية تفسر كثافة هذه البنيات السيتوبلازمية.

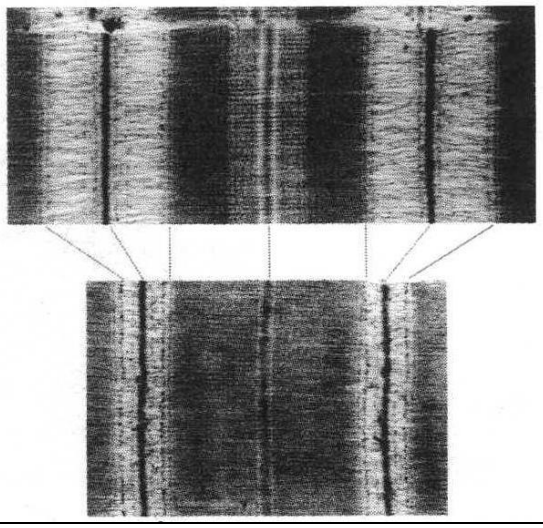
4- إذا علمت أن طول خييطات الأكتين والميوزين لا يتغير خلال التقلص، اقترح فرضية حول ما يحدث على مستوى كل ساركومير خلال التقلص.

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT

الوحدة3: آلية التقلص العضلي.

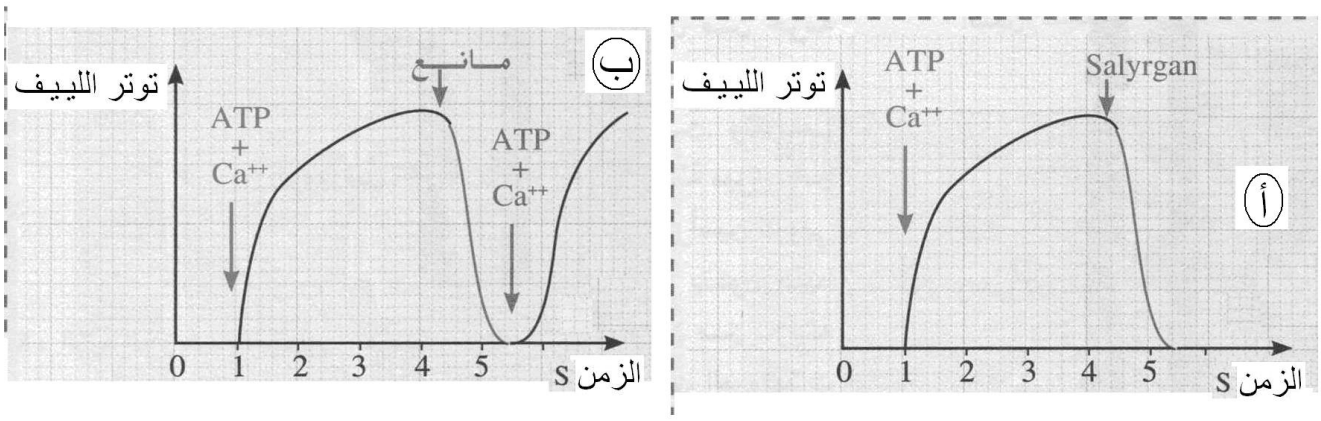
لقد ساعدت الملاحظات بالمجهر الإلكتروني إلى جانب التقنيات الحيكيميائية المتطورة على تعرف الآليات الدقيقة للتقلص العضلي على مستوى خيبطات الأكتين والميوزين.

- ما الذي توضحه الملاحظات بواسطة المجهر الإلكتروني ؟
- كيف يُمكن تفاعل خيبطات الأكتين والميوزين من تحويل الطاقة المحررة خلال حلمأة ATP، إلى طاقة ميكانيكية (حركة) ؟



تُخفض بكيفية مفاجئة درجة حرارة ألياف عضلية في حالة ارتخاء **(أ)**، وأخرى في حالة تقلص **(ب)**. وتوضح الملاحظة بالمجهر الإلكتروني الفرق بين حالة الخيبطات العضلية خلال التقلص وحالتها خلال الارتخاء.

الوثيقة 1 : تغير شكل الساركومير خلال التقلص



يتم نقع ألياف عضلية في كحول الغليسرول، ويؤدي هذا النقع إلى عزل الليفيفات العضلية. وحينما توضع هذه الليفيفات في وسط خاص، تحافظ على قدرتها على التقلص الذي يتجلى في نوع من التوتر. ويبين الرسمان البيانيان (أ) و (ب) نتائج قياس التوتر بعد إضافة كل من ATP وأيونات Ca^{++} و مادة « Salyrgan » التي تكبح حلمأة ATP، ومانع يكبح مفعول أيونات Ca^{++}.

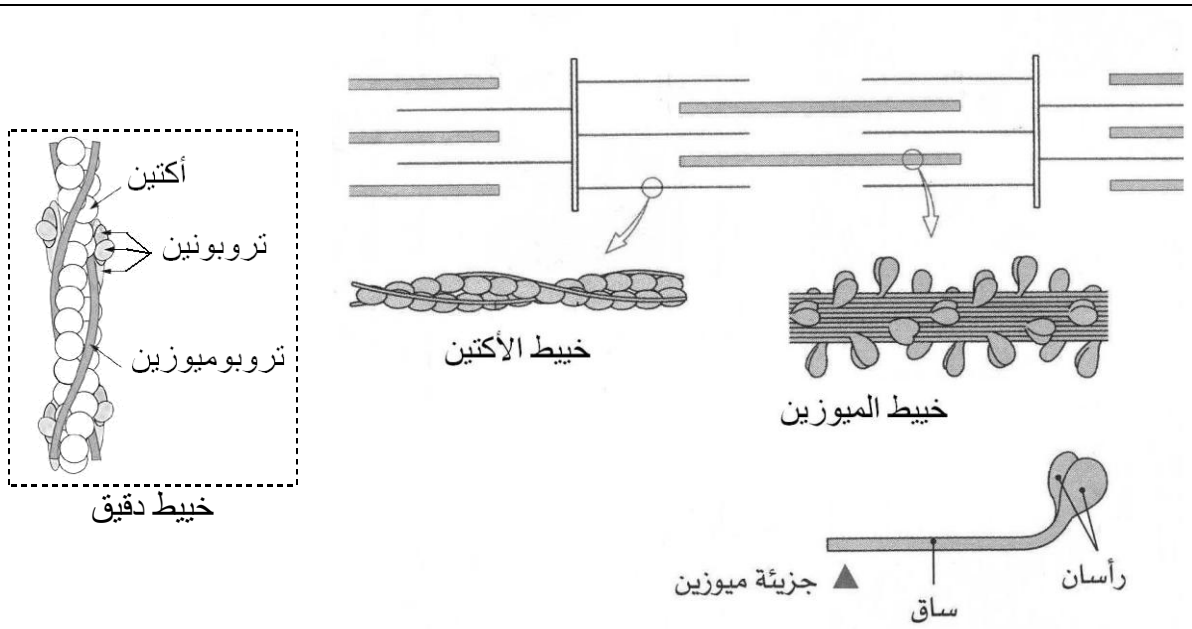
الوثيقة2: الكشف عن ضرورة ATP وأيونات Ca^{++} لتقلص الليفيفات.

- خيبط الميوزين، أي الخيبط السميك، عبارة عن حزمة من 200 جزيئة ميوزين. وتتكون كل جزيئة من ساق ورأسين كرويين. وتتجمع الجزيئات بشكل يجعل الرؤوس تبرز على سطح الخيبط كما هو مبين في الرسم التخطيطي للوثيقة4. وتتميز رؤوس الميوزين بقدرتها على التثبت على خيبطات الأكتين.
- يتشكل خيبط الأكتين من شريطين ملتويين من جزيئات **الأكتين** كروية الشكل، إضافة إلى جزيئات **التروبونين والتروبوميوزين.**

الوثيقة3: مكونات الخيبطات السميكة والدقيقة

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT

الوثيقة4: الخيبطات العضلية، بنية جزيئية معقدة

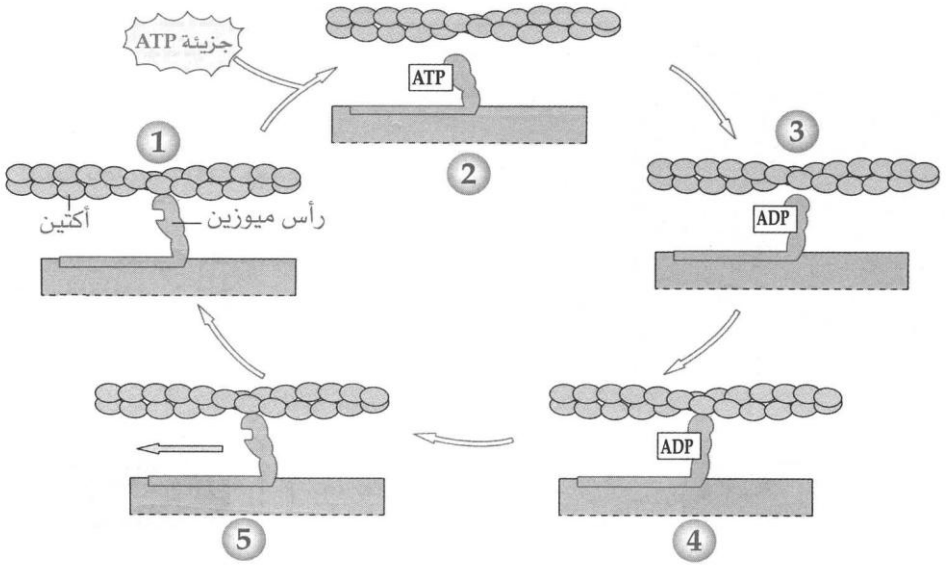


خلال التقلص تحدث ظواهر دورية بين خيبطات الأكتين والميوزين، وهي كالتالي:

1- في بداية الدورة، يشكل رأس الميوزين المثبت على الأكتين زاوية قدرها 45° بالنسبة لمحور خييط الأكتين.

2- يثبت رأس الميوزين جزيئة ATP، مما يؤدي إلى انفصاله عن خييط الأكتين.

3- تؤدي حلمأة ATP إلى حدوث تغير في رأس الميوزين يجعله موجها بكيفية متعامدة مع خييط الأكتين (يمتص رأس الميوزين جزءا من الطاقة المحررة خلال حلمأة ATP).



4- يتثبت رأس الميوزين على خييط الأكتين، ويتطلب هذا التثبيت وجود أيونات الكالسيوم Ca^{++}؛ ففي غياب هذه الأيونات تحجب جزيئات التروبوميوزين مواقع الأكتين التي تستقبل رؤوس الميوزين؛ أما عن توفر Ca^{++} يتثبت هذا الأيون على جزيئات التروبونين، مما يجعلها تؤثر على جزيئات التروبوميوزين التي تنزاح من مواقع الأكتين. وعند اختفاء Ca^{++} تُحجب المواقع مجددا.

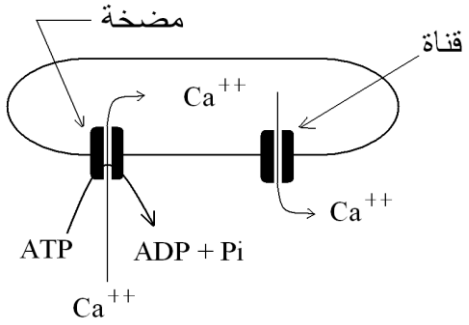
5- يؤدي تحرير ADP إلى تغير جديد في رأس الميوزين، يتمثل في الانتقال من وضعية التعامد إلى وضعية زاوية 45° بالنسبة لمحور خييط الأكتين. وهذا ما يؤدي إلى سحب هذا الأخير نحو مركز الساركومير (يحرر رأس الميوزين الطاقة الممتصة في المرحلة3 على شكل حركة).

- ينجز كل رأس ميوزين خمس دورات في الثانية، مما يؤدي إلى انزلاق الخيبطات العضلية بعضها بالنسبة لبعض بسرعة تصل إلى 15 µm/s.
- خلال انزلاق الخيبطات يتقلص طول الساركومير لأن جزيئات الميوزين موجهة بكيفية تماثلية بالنسبة لمركزه (الرؤوس نحو الحزZ والسيقان نحو المركز).
- تكون العضلة نشيطة، أي تستهلك الطاقة، خلال التقلص. أما الارتخاء فيتم بكيفية سلبية كنتيجة لتقلص العضلات المتعارضة.

الوثيقة 5 : دور خييطات الأكتين والميوزين في توليد الطاقة الميكانيكية

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT

- ينتشر جهد العمل في الغشاء السيتوبلازمي، خاصة على مستوى الأنابيب المستعرضة، ثم ينتقل إلى غشاء حويصلات الشبكة السيتوبلازمية الداخلية التي تضم Ca^{++}. مما يؤدي إلى تحرير هذه الأيونات في الجبلة الشفافة.
- تواجد أيونات Ca^{++} ضروري لارتباط رؤوس الميوزين بخييطات الأكتين. ولكي تكون عملية التقلص منظمة، تعمل مضخات بروتينية على إرجاع أيونات Ca^{++} إلى جوف الحويصلات.



الوثيقة6: أهمية الرسالة العصبية بالنسبة للتقلص العضلي.

الانجازات:

1- اعتمادا على الوثيقة1، قارن سمك الشريط A قبل وبعد التقلص؛ وأنجز رسم تخطيطي تفسير للصورتين (أ) و (ب).

2- فسر نتائج تجارب الوثيقة2.

3- هل يمكن أن نحصل على تسجيل للتوتر لو استعملنا في تجربة الوثيقة2 خييطات الميوزين وحدها أو خييطات الأكتين وحدها ؟ استنتج خاصيتين للمركب **أكتوميوزين** « Acto-myosine ».

4- استخرج من الوثيقة5 المعطيات التي توضح تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية (حركية) خلال التقلص العضلي.

5- وضح اعتمادا على الوثيقة6 كيف تترجم الرسالة العصبية بعد وصولها إلى الليف العضلي.

الوحدة4: الظواهر الاستقلابية المصاحبة للتقلص العضلي وطرق تجديد ATP

تُستمد الطاقة الضرورية لتقلص الليفات العضلية مباشرة من حلمأة ATP؛ وبما أن كميته محدودة في الخلية فمن الضروري تجديده، أي إعادة تركيبه « Régénération de l'ATP ».

- كيف يمكن إبراز أهمية تجديد ATP، وما الطرق الاستقلابية لتجديده ؟
- كيف يم | 22Pageكن الربط بين مختلف طرق تجديد ATP، والحرارة التي تخلصها العضلة خلال التقلص ؟

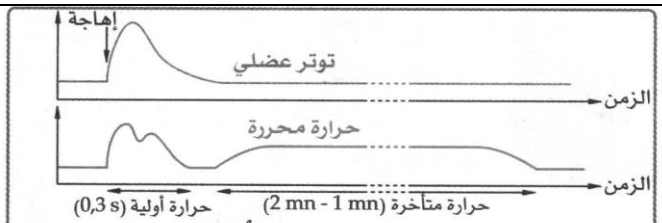
■ مَكَّن تحليل الدم الذي يدخل إلى العضلة الرافعة للشفة العليا عند حصان، والدم الذي يخرج منها من ملاحظة ما يلي :

- عند الانتقال من حالة الراحة إلى حالة النشاط (تقلص العضلة) يزداد حجم الدم العابر للعضلة، وكمية CO_2 المطروح. كما يزداد استهلاك O_2 والكليكوز.

■ بَيَّنت دراسات أُجريت عند الإنسان ما يلي :

- يزداد استهلاك O_2 مع ازدياد شدة تمرين عضلي، إلى أن يبلغ حدا أقصى يستقر عنده رغم ازدياد شدة التمرين العضلي. وفي هذه المرحلة يبدأ ظهور الحمض اللبني في الدم.

الوثيقة 1: الظواهر الكيميائية المرافقة للتقلص العضلي



- بفضل استعمال عدة تجريبية ملائمة، يُمكن تسجيل التقلصات العضلية وما يصاحبها من تخليص للطاقة الحرارية. وتنتج هذه الطاقة الحرارية عن تفاعلات استقلابية محررة للطاقة. ويبين الرسمان البيانيان أعلاه النتائج المحصل عليها بالنسبة لعضلة تعمل بشكل عادي.
- إذا وضعت العضلة في وسط بدون O_2، نلاحظ أن العضلة تتقلص، غير أن الحرارة المتأخرة تنخفض بشكل مهم.

الوثيقة 2: الكشف عن الحرارة المرافقة للتقلص العضلي

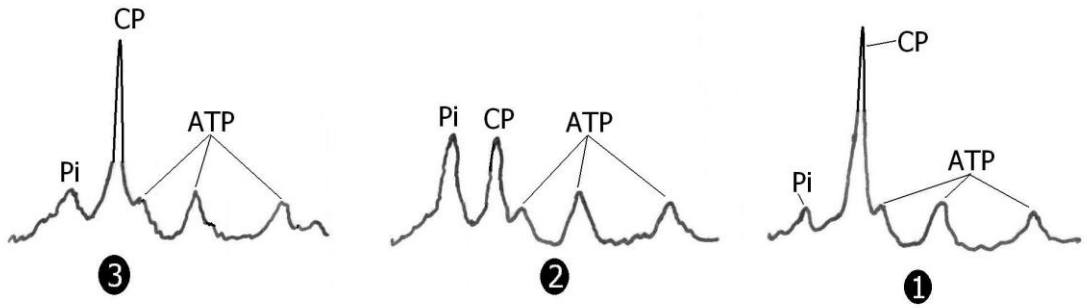
Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT

المكونات الكيميائية	قبل التقلص	بعد التقلص
غليكوجين	10,8 g/Kg	8 g/Kg
ATP	4 mmol/kg ⇨ 6mmol/Kg	4 mmol/kg ⇨ 6mmol/Kg

- خلال تمرين عضلي شديد، يمكن أن تصل سرعة استعمال ATP من قِبل الجسم على 0,5 kg/min.
- تقدر مدخرات عضلة طرية من ATP بـ 4 mmol/Kg إلى 6mmol/Kg أي 0,25 % إلى 0.42 % من كتلة العضلة.
- تجدد خلية عضلية مجموع مخزونها من ATP مرة في الدقيقة؛ أي أنها تقوم بحلمأة وإعادة تركيب حوالي 10 ملايين جزيئة ATP في الثانية.

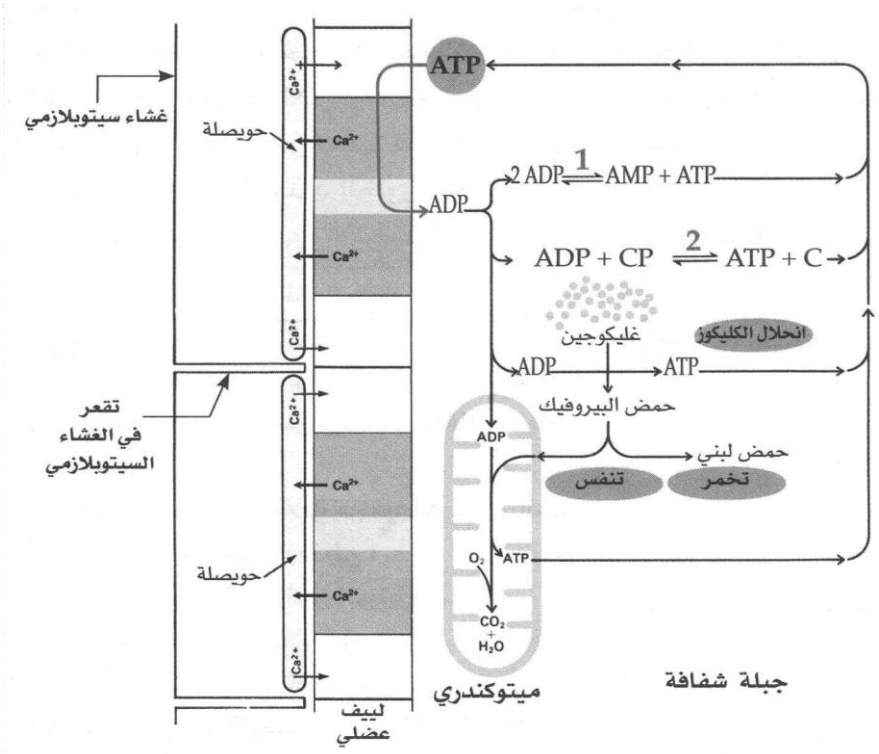
الوثيقة2: تغير بعض المكونات الكيميائية لعضلة طرية (أعطيت الأرقام بالنسبة لـ 1Kg من النسيج العضلي).

الوثيقة3: تطور تركيز بعض المواد في الليف العضلي قبل وأثناء وبعد النشاط العضلي.



بفضل تقنيات متطورة يمكن قياس كل من ATP، والفوسفاط اللاعضوي Pi، ومركب « **الكرياتين فوسفاط** » CP، بكيفية دقيقة. وذلك على مستوى عضلة حية: 1- قبل نشاط عضلي شديد؛ 2- في نهاية النشاط العضلي؛ 3- بعد 4 دقائق من الراحة. ويمثل وسع المخططات كمية المادة المدروسة. أما جزيئة ATP فقد مثلت بثلاث ذروات.

الوثيقة4: طرق تجديد ATP.



أ - طريق استقلابية لا تحتاج لأكسجين (لا هوائية)، ويرافقها تحرير الحرارة الأولية.

تجديد سريع لـ ATP (التفاعلان 1 و 2). ونشير إلى أن الكرياتين فوسفاط (CP) مركب غني بالطاقة تتميز به الخلية العضلية.

ب -طريق استقلابية لا هوائية متوسطة السرعة

حينما لا تساير وتيرة تزويد الألياف العضلية بـ O_2 من طرف الدورة الدموية شدة النشاط العضلي، يحدث التخمر اللبني. وعندما تعود العضلة إلى الراحة ينتقل الحمض اللبني بالأساس إلى الكبد حيث يتحول إلى حمض البيروفيك ثم إلى غليكوجين.

ج- طريق استقلابية بطيئة تتطلب O_2 أي هوائية، ويصاحبها تحرير الحرارة المتأخرة

أكسدة حمض البيروفيك عن طريق التنفس، وإعادة فسفرة الكرياتين C وفق التفاعل :

C + ATP ⇨ CP + ADP

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT

الانجازات:

1- فسر النتائج التجريبية للوثيقة1.

2- اقترح فضية حول مصدر كل من الحرارة الأولية والحرارة المتأخرة (الوثيقة2).

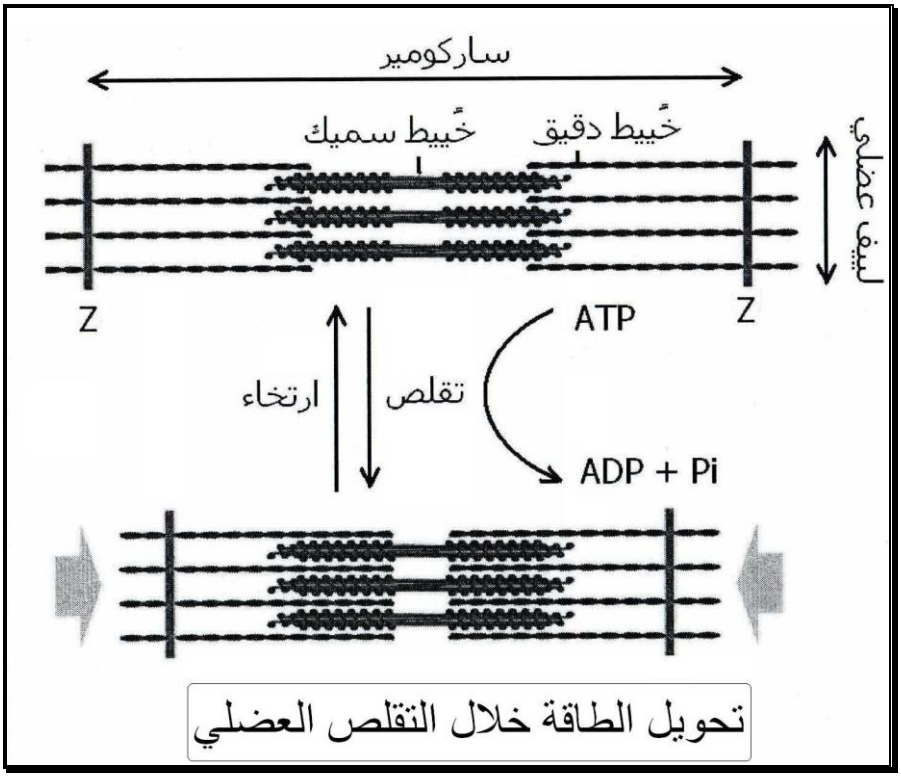
3- استخرج من الوثيقة2 ما يدل على أن تركيز ATP في الخلية ثابتة خاضعة للتنظيم.

4- حلل مخططات الوثيقة3، وفسرها بالاعتماد على معطيات الوثيقة4.

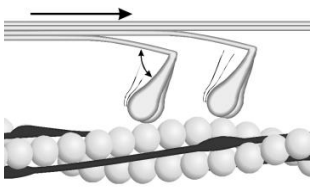
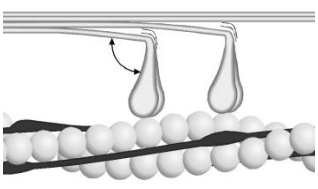
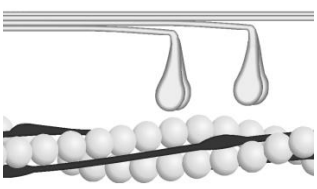
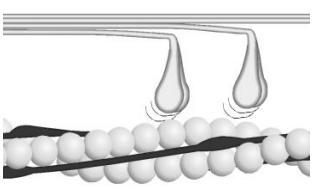
5- استخرج من الوثيقتين 3 و 4 ما يدل على أن الليف العضلي خلية متخصصة مكيفة مع الاستهلاك المرتفع للطاقة.

6- حدد بالاعتماد على الوثيقة 4 الظواهر المسؤولة عن كل من الحرارة الأولية والحرارة المتأخرة.

7- مثل بواسطة خطاطة المسالك الاستقلابية التي توفر الطاقة لليف العضلي.



تحويل الطاقة خلال التقلص العضلي

			
4	**3**	**2**	**1**

Prof : Ennimou Abdelkader cours du soir de SVT