

الأكاديمية الجهوية للتربية والتكوين  
جهة مراكش تانسيفت الحوز  
نيابة الحوز  
ثانوية أبطيح التأهيلية  
آيت أورير

ملف الأستاذ  
ملف الأستاذ

# الوحدة الأولى: استهلاك المادة العضوية وتدفق الطاقة

ملف تربوي خاص ب:

- مستوى السنة الثانية بكالوريا شعبة العلوم التجريبية:
- مسلك علوم الحياة والأرض
  - مسلك العلوم الفيزيائية

اقتراح: الأستاذة خديجة زكريط

**البرنامج الخاص بتدريس مادة علوم الحياة والأرض.**  
**السنة الثانية علوم تجريبية - مسلك علوم الحياة والأرض و مسلك الفيزياء**  
**الدورة الأولى**  
**الوحدة الأولى: استهلاك المادة العضوية وتدفق الطاقة.**

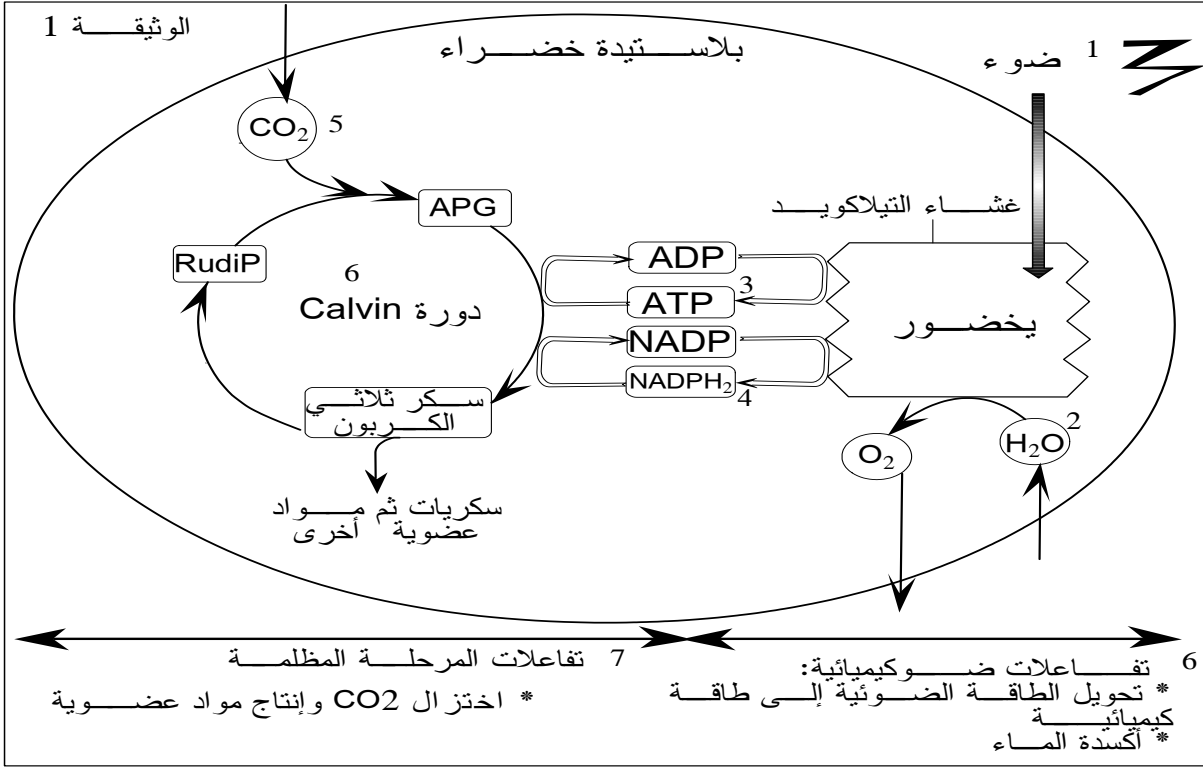
الحصص		المكتسبات القبلية
	الأولى الإعدادية: العلاقات بين الكائنات الحية وتفاعلها مع الوسط الثالثة الإعدادية: الوحدة الوظيفية للجسم، التربية الغذائية. الجدع المشترك العلمي: علم البيئة، التوالد عند النباتات. السنة الأولى باكوريا مسلك العلوم التجريبية: إنتاج المادة العضوية وتدفق الطاقة.	
12 ساعة	<p>✳️ <b>التفاعلات المسؤولة عن تحرير الطاقة الكامنة في المادة العضوية على مستوى الخلية:</b>.....</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- مراحل انحلال الكليكويز على مستوى الجبلة الشفافة.</li> <li>- المراحل الأساسية لدورة KREBS على مستوى الميتوكوندري.</li> <li>- أهم مراحل التخمر اللبني على مستوى الجبلة الشفافة.</li> <li>- مقارنة الحصيعة الطاقية لكل من التنفس والتخمر: مفهوم المردود الطاقوي.</li> </ul>	المضامين المراد دراستها والغلاف الزمني المخصص لكل منها
11 ساعة	<p>✳️ <b>دور العضلة الهيكلية المخططة في تحويل الطاقة:</b>.....</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- تسجيل التقلصات العضلية وتحليل التسجيلات المحصل عليها.</li> <li>- الظواهر المرافقة للتقلص العضلي: حرارية وكيميائية.</li> <li>- آليات التقلص العضلي: بنية وفوق بنية الخلية العضلية المخططة.</li> <li>- استهلاك ATP وإنتاج الطاقة اللازمة للتقلص العضلي.</li> <li>- تجديد ATP ومختلف طرق تجديده.</li> </ul>	
02 ساعات	<p>✳️ <b>حصيعة: خطاطة تركيبية لاستهلاك المادة وتدفق الطاقة على مستوى الخلية.</b></p>	
30 دقيقة	في بداية معالجة الوحدة.	التقويم القبلي
60 دقيقة	في منتصف الوحدة.	التقويم التكويني
90 دقيقة	عند نهاية الوحدة.	+ الدعم
120 دقيقة	عند نهاية معالجة الوحدة وينبغي أن يشمل مكونات الوحدة.	التقويم الإجمالي
30 ساعة	المجموع	

# الفهرس

الصفحة	العنوان
4	تقديم عام للوحدة
5	الفصل الأول: تحرير الطاقة الكامنة في المواد العضوية على مستوى الخلية
20	الفصل الثاني: دور العضلة الهيكلية المخططة في تحويل الطاقة
33	حصيلة عامة في شكل خطاطة

# تقويم قبلي

✽ تمثل الوثيقة 1 ظاهرة تقع داخل عضي مميز للنباتات الخضراء:

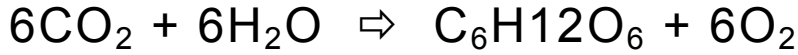


1- اعط الأسماء المناسبة لأرقام الوثيقة 1.

2- سم ظاهرة الوثيقة 1: التركيب الضوئي = التمثيل الضوئي

3- حدد نوع الخلية الممثلة في الوثيقة 1: خلية ذاتية التغذية.

4- اعط المعادلة الكيميائية الإجمالية لظاهرة الوثيقة 1.



✽ تعطي الوثيقة 2 ظاهرة أخرى تقع داخل الخلايا:

5- اعط الأسماء

المناسبة لأرقام الوثيقة 2.

6- سم ظاهرة

الوثيقة 2.

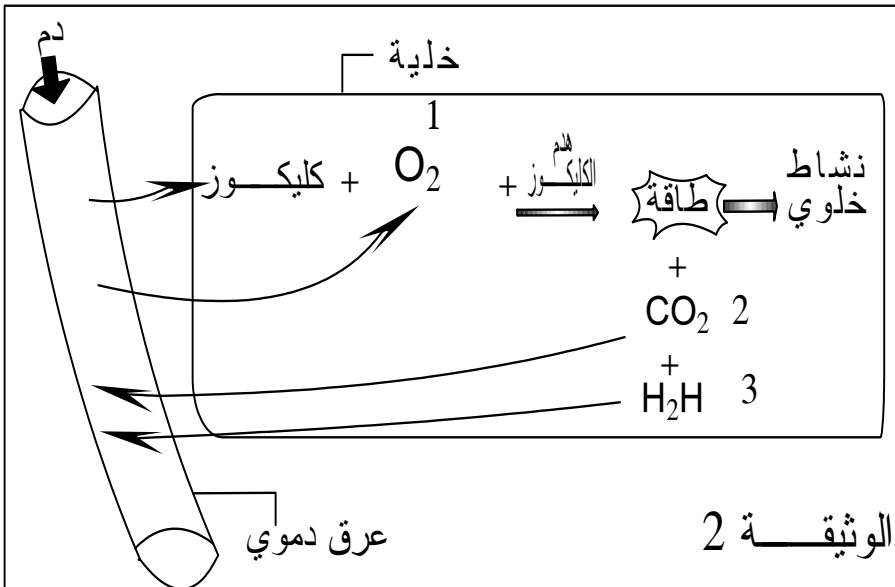
هدم الكليكوز عن

طرق ظاهرة التنفس

7- حدد نوع الخلية

الممثلة في الوثيقة 2.

خلية غير ذاتية التغذية



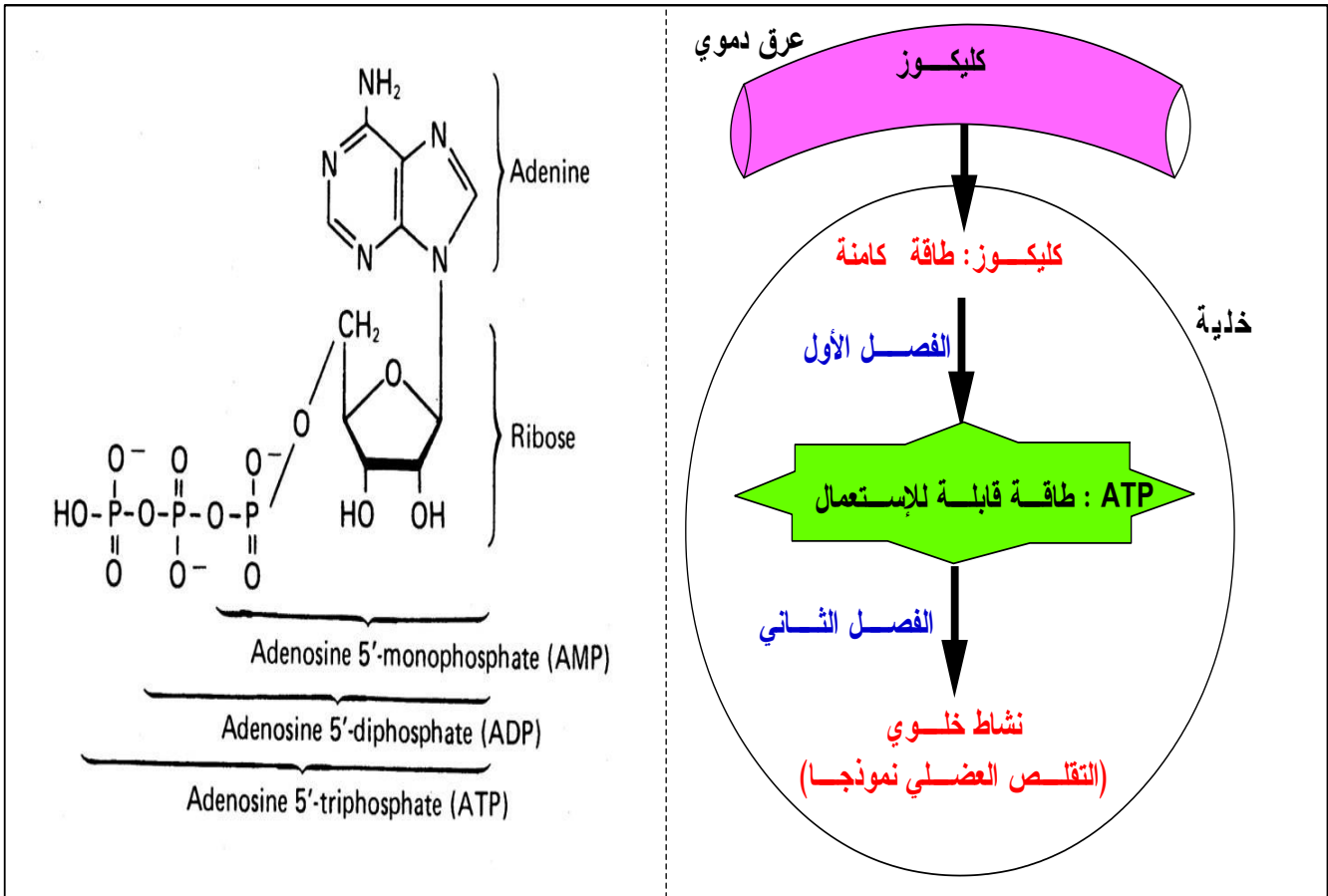
3 استهلاك المادة العضوية وتدفق الطاقة في برنامج السنة الثانية بكالوريا لشعبة العلوم التجريبية - مسلكي علوم الحياة والأرض وعلوم فيزيائية ثانوية أبطيح التأهيلية اقتراح الأستاذة خديجة زكريط

# تقديم عام للوحدة :

✽ تستعمل الكائنات ذاتية التغذية (النباتات الخضراء) الطاقة الضوئية و المواد المعدنية لإنتاج المادة العضوية، بينما تستعمل الكائنات الغير ذاتية التغذية (إنسان، حيوانات، نباتات لاخضورية) المادة العضوية (سكريات، دهنيات، بروتينات) لتمدها بالطاقة اللازمة لنموها و أنشطتها التركيبية و تعويض الخلايا الميتة و المواد المستعملة.

✽ تعد جزيئات الأدينوزين ثلاثي الفوسفات L'ATP الطاقة القابلة للاستعمال الخلوي المباشر مما يستلزم تحويل الطاقة الكامنة في المواد العضوية إلى مصدر طاقة قابلة للاستعمال

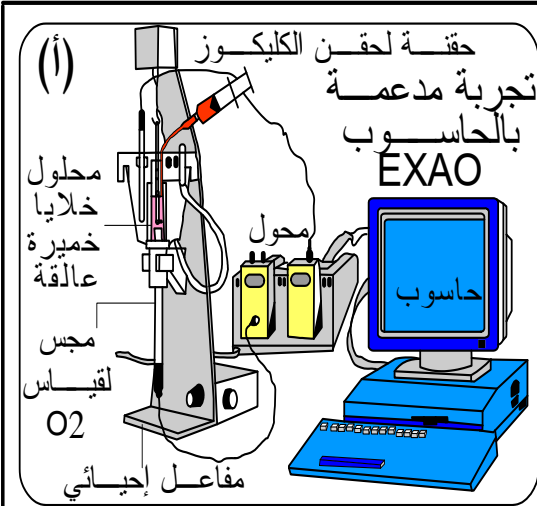
- فكيف تحول الخلية المواد العضوية إلى جزيئات L'ATP؟
- كيف تستغل جزيئات L'ATP لضمان النشاط الخلوي (التقلص العضلي نموذجاً)؟



# الفصل الأول: تحرير الطاقة الكامنة في المواد العضوية على مستوى الخلية

## I الكشف عن أنماط التفاعلات المسؤولة عن تحرير الطاقة الكامنة في المادة العضوية.

### 1 - التنفس ظاهرة خلوية لهدم الكليكوز وتحرير الطاقة الكامنة



قصد فهم سلوك الخلايا إزاء المواد العضوية، في وسط حي هوائي، نقتراح عليك التجربة التالية:

- نضع خلايا الخميرة في وسط زرع مزود بالأوكسجين وبفتقر لمواد القيت خلال يومين وذلك لاستنفاد المدخرات السيتوبلازمية.

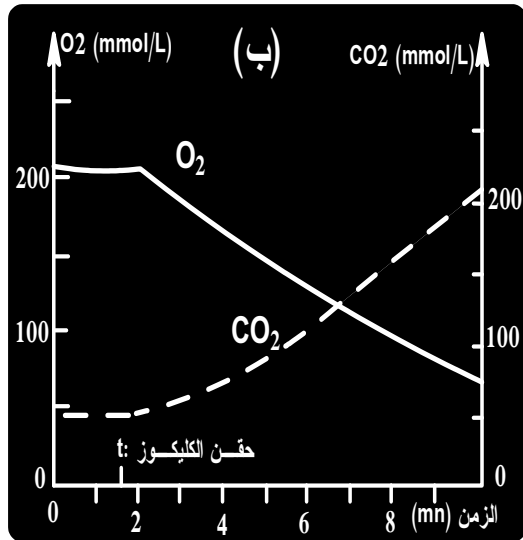
- نضع عينة من هذا المحلول الذي يضم خلايا خميرة عالقة في مفاعل حيوي لعدة EXAO (الشكل "أ").

- تمكن العدة من قياس تركيز  $O_2$  و  $CO_2$ ، حيث تترجم النتائج على شاشة حاسوب في شكل بيان (الشكل "ب").

- في الزمن t نضيف إلى محلول الخميرة كمية من محلول الكليكوز.

1- صف تطور تركيز كل من  $CO_2$  و  $O_2$  في المفاعل الحيوي قبل وبعد إضافة الكليكوز

2- ماذا تستنتج؟



1-I

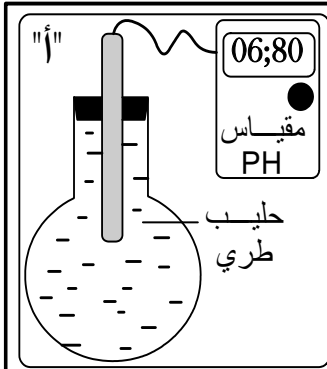
K.Zekrite.doc

- 1 - قبل إضافة الكليكوز كان تركيز  $O_2$  و  $CO_2$  ثابتا.
- بعد إضافة الكليكوز إلى الوسط تنخفض نسبة  $O_2$  وتزيد نسبة  $CO_2$ .
- 2 - نقطتين هامتين يمكن استنتاجهما من خلال نتائج هذه التجربة:
  - \* تمتص خلايا الخميرة  $O_2$  وتطرح  $CO_2$ ، فهي تتنفس، نتكلم عن التنفس الخلوي.

\* التنفس الخلوي ظاهرة مرافقة وملزمة لاستهلاك الكليكوز، إذن فالتنفس الخلوي ما هو إلا تفاعل هدم للكليكوز مصحوب بتحرير الطاقة، حيث يمكن كتابة المعادلة العامة لهذا التفاعل على الشكل التالي:

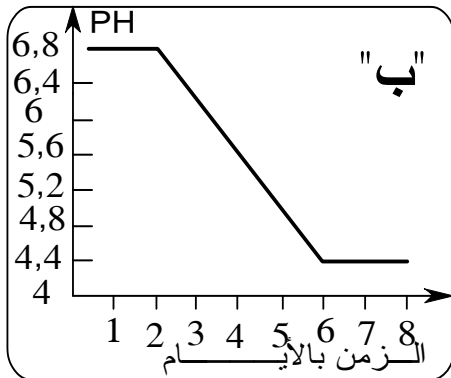


## 2- التخمر ظاهرة خلوية أخرى لهدم الكليكوز وتحرير الطاقة الكامنة



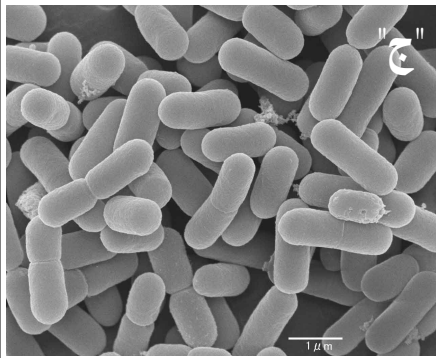
قصد فهم سلوك الخلايا إزاء المواد العضوية، في وسط حي لاهوائي نقترح عليك التجربة التالية:

- نضع في إناء كمية من الحليب (نحرص على ملأ الإناء كلياً لنحصل على وسط لاهوائي) الشكل "أ".
- نقوم بقياس PH الحليب كل يوم لمدة 10 أيام وذلك بواسطة مقياس PH.
- ندون النتائج في شكل بيان (الشكل "ب")
- نلاحظ تغير مظهر الحليب.



- 1- أنجز هذه المناولة
- 2- حلل الرسم البياني لوثيقة الشكل "ب"

يتضمن الحليب الطري العديد من البكتيريا من ضمنها عصيات الحليب *Lactobacillus* (الشكل "ج") والمسؤولة عن تخثر الحليب.



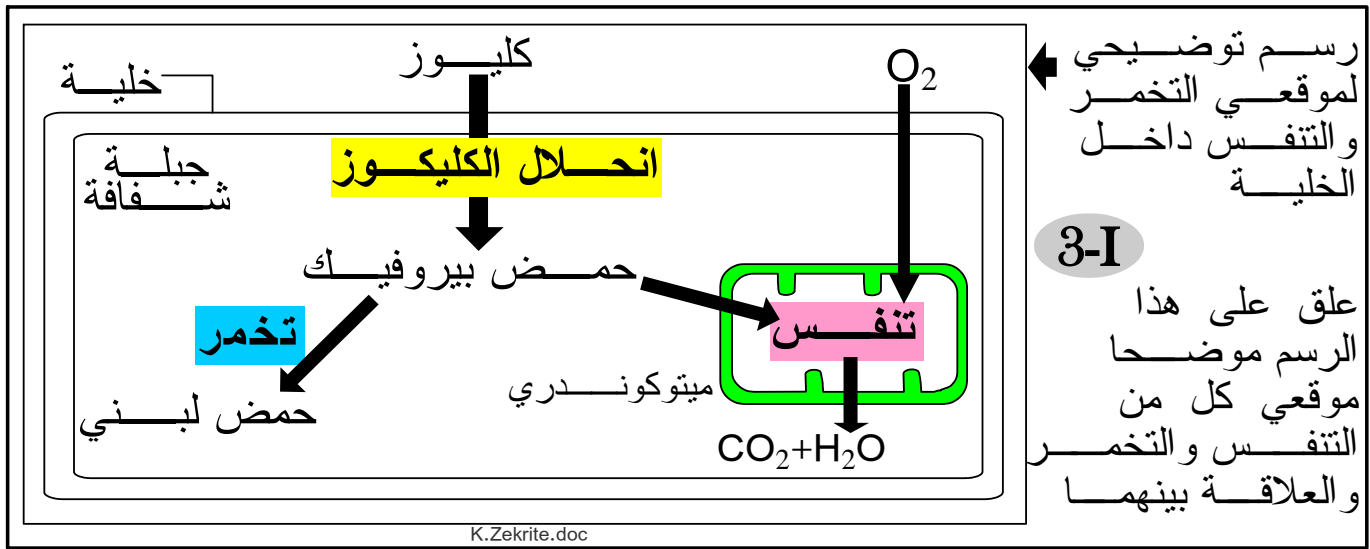
- 3- اجمع كافة المعطيات السابقة، واعط تفسيراً كاملاً لتطور PH الحليب وتغير مظهره.
- 4- ادل بحصيلة تبين من خلالها نمطي الظاهرتين المسؤولتين عن استهلاك المادة العضوية من أجل تحرير الطاقة.

عصيات الحليب ملاحظة بالمجهر الإلكتروني

K.Zekrite.doc

2-1





رسم توضيحي  
لموقعي التخمر  
والتنفس داخل  
الخلية

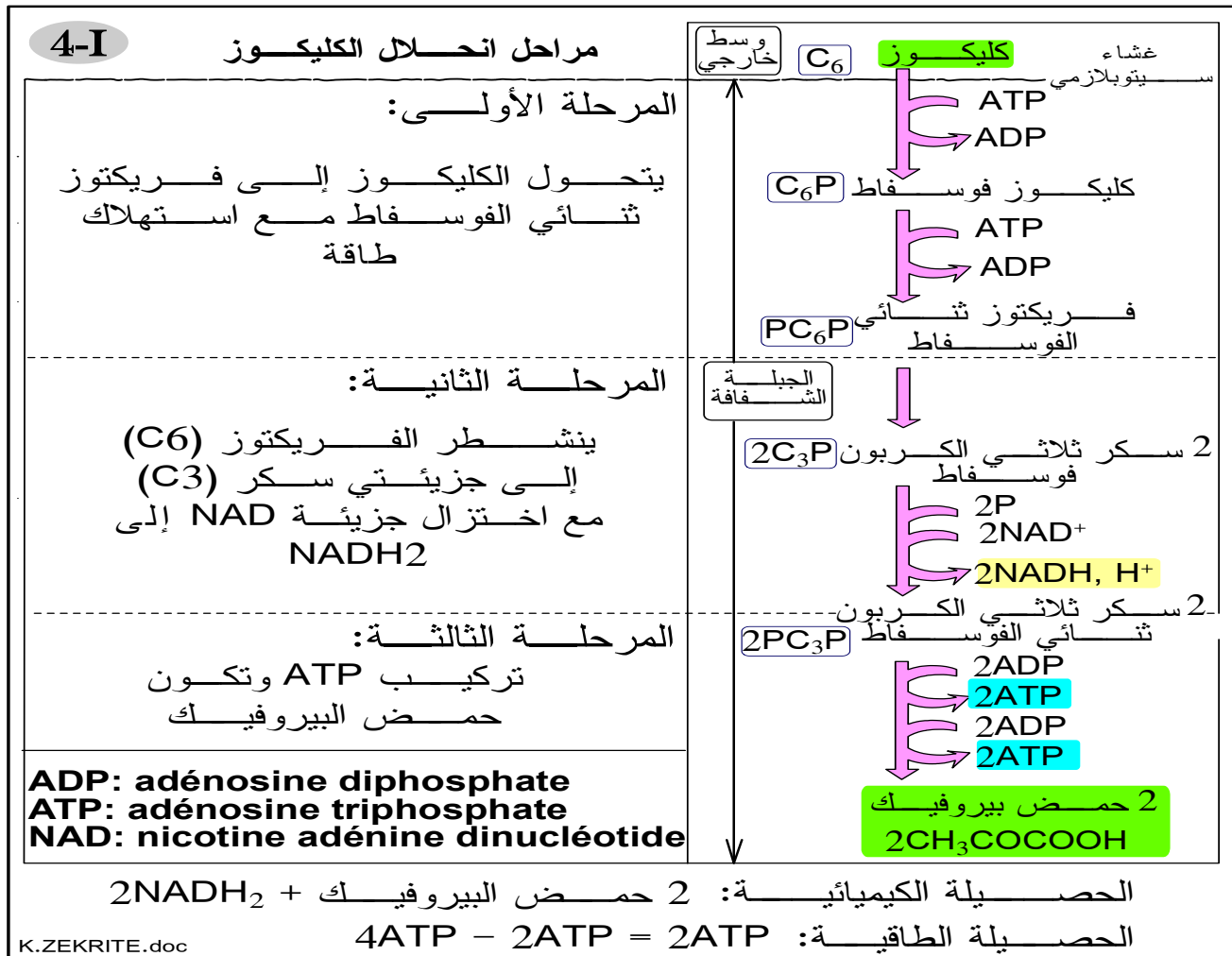
3-I

علق على هذا  
الرسم موضحا  
موقعي كل من  
التنفس والتخمير  
والعلاقة بينهما

K.Zekrite.doc

- يتم التخمر داخل الجبلبة الشفافة.
- يتم التنفس داخل الجبلبة الشفافة والميتوكوندري.
- يتم كل من التنفس والتخمير في سلسلة من التفاعلات الكيميائية، تبدأ بمرحلة مشتركة بين الظاهرتين تقع في الجبلبة الشفافة، غير ملزمة لـ  $O_2$  وتسمى: انحلال الكليكوز = la glycolyse.

## 2- مراحل انحلال الكليكوز



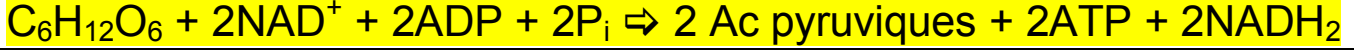
- انحلال الكليكوز عبارة عن سلسلة من التفاعلات المؤدية إلى هدم جزيئة من الكليكوز ( $C_6$ ) إلى استهلاك المادة العضوية وتدفق الطاقة في برنامج السنة الثانية بكالوريا شعبة العلوم التجريبية - مسلكي علوم الحياة والأرض وعلوم فيزيائية ثانوية أبتيح التأهيلية

جزئتي حمض البيروفيك (C<sub>3</sub>).

✱ التفاعل الأساسي في انحلال الكليكو هو تفاعل إزالة الهيدروجين، وهو عبارة عن تفاعل أكسدة - اختزال، يتطلب وجود متقبل للهيدروجين، بحيث يتم انتزاع 2H<sup>+</sup> و 2e<sup>-</sup> من سكر ثلاثي الكربون وتقبل هذين البروتونين والإلكترونين من طرف NAD<sup>+</sup> الذي يختزل ويتحول إلى NADH, H<sup>+</sup>:



✱ يمكن كتابة التفاعل الأساسي لانحلال الكليكو على الشكل التالي:



**ملحوظة:** لكي تستمر عملية انحلال الكليكو، يجب إعادة أكسدة NADH, H<sup>+</sup>. وتتم هذه الأكسدة إما خلال التنفس الخلوي، أو خلال التخمر (انظر لاحقا هذا التفاعل).

### III مصير حمض البيروفيك خلال التنفس الخلوي.

#### 1 - موقع استهلاك حمض البيروفيك خلال التنفس

- تم هرس خلايا كبد فأر، وبواسطة تقنية النبذ، تم عزل الميتوكوندريات  
- تم خلط هذه العضيات بمحلول عيار ملائم ووضع المحلول في مفاعل إحيائي لعدة Exao.

- أضيفت إلى المحلول:

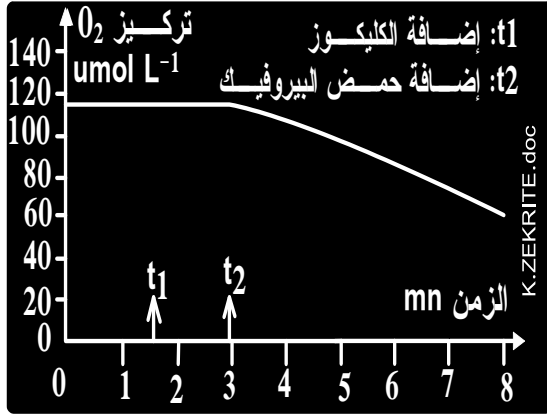
+ كمية من الكليكو في الزمن t<sub>1</sub>.

+ كمية من حمض البيروفيك في الزمن t<sub>2</sub>.

نتتبع على شاشة الحاسوب تركيز الأوكسجين في المفاعل (الشكل جانبه).

1- حل هذه النتائج واعط تفسيراً لها

2- ماذا تستنتج من هذه التجربة؟



1 - يبقى تركيز O<sub>2</sub> ثابتاً حتى بعد إضافة الكليكو (الزمن t<sub>1</sub>)، يفسر ذلك بكون

الميتوكوندري لا تستهلك الكليكو كمستقلب طاقوي.

- في الزمن t<sub>2</sub>، ومع إضافة حمض البيروفيك إلى الوسط نسجل انخفاضا في تركيز

O<sub>2</sub>، نفس ذلك بكون الميتوكوندري تستهلك حمض البيروفيك.

2 - استنتاج: في وسط هوائي، أي خلال ظاهرة التنفس يتعرض حمض البيروفيك

الناتج عن تفاعل انحلال الكليكو إلى تفاعل (تفاعلات) هدم داخل الميتوكوندري.

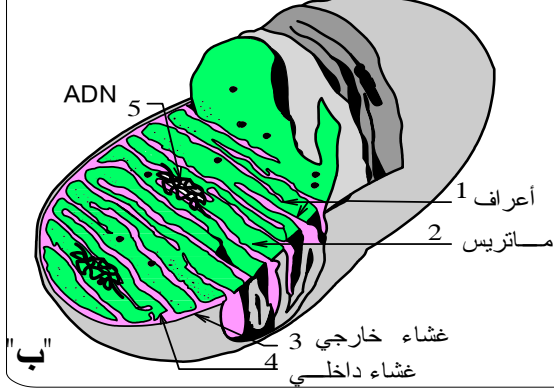
- فما هي بنية هذه العضيات؟

- ما هي التفاعلات الأساسية التي تقع داخل الميتوكوندري؟

إجابة

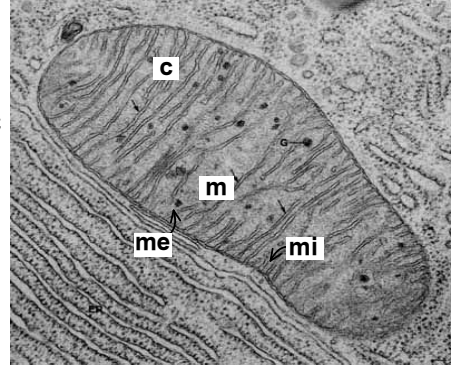
# 1 - بنية الميتوكوندري

## الهيكل العام لبنية الميتوكوندري

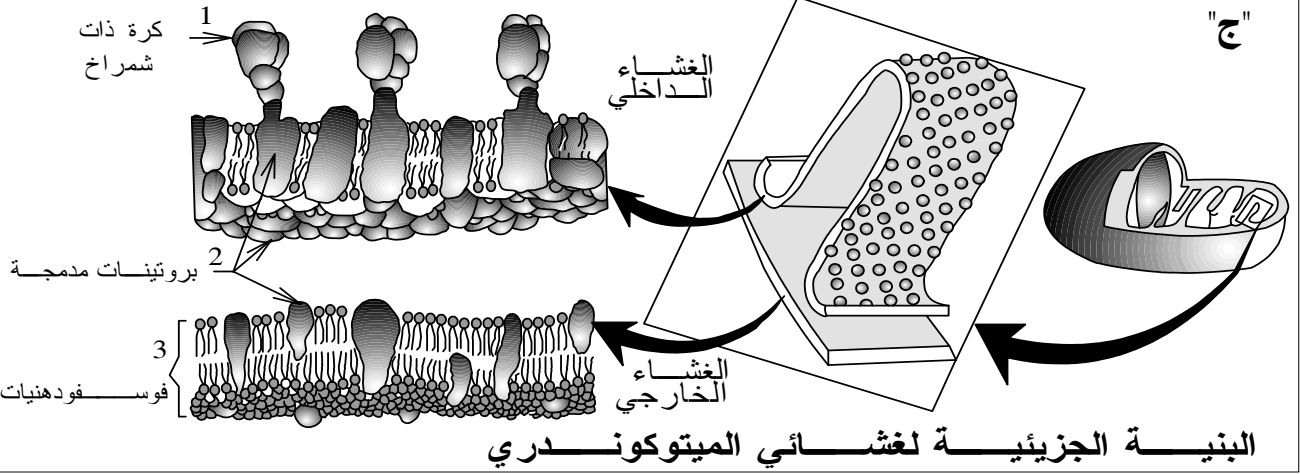


## صورة إلكتروغرافية لميتوكوندري

m: ماتريس  
c: عرف  
mi: غشاء داخلي  
me: غشاء خارجي



"أ"



## البنية الجزيئية لغشائي الميتوكوندري

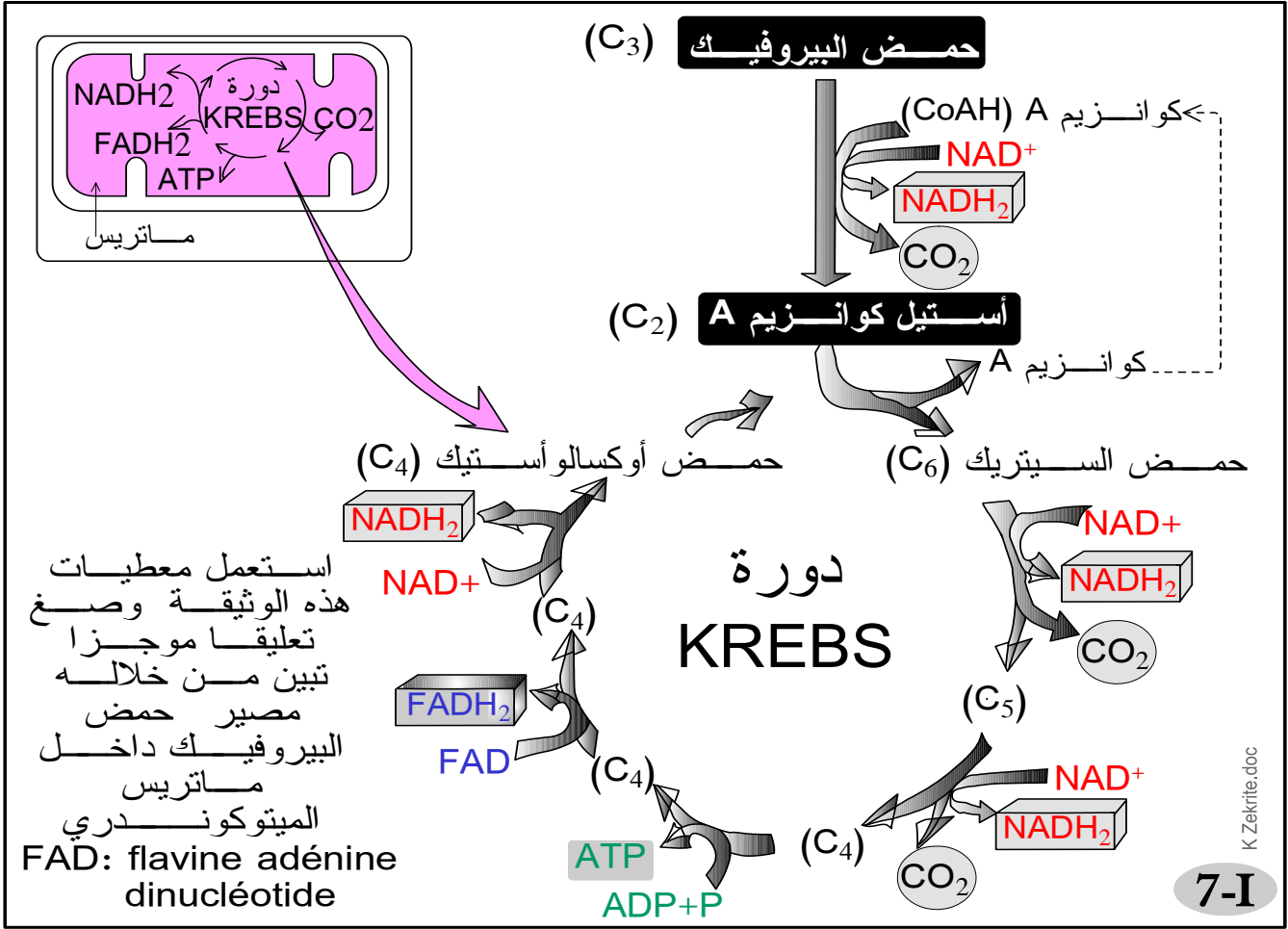
<p>* 62% من البروتينات + 38% من الدهون. * تركيب مشابه لبنية الغشاء السيتوبلازمي.</p>	الغشاء الخارجي
<p>* 80% من البروتينات + 20% من الدهون. * تركيب مخالف لبنية الغشاء السيتوبلازمي. * إنزيمات خاصة تساهم في تفاعلات أكسدة - اختزال. * أنزيم: ATP synthétase</p>	الغشاء الداخلي
<p>* غياب مواد كربونية من نمط الكليوز. * عدة أنزيمات + ناقلات الإلكترونات والبروتونات. * <math>P + ADP + ATP</math></p>	الماتريس

"ت" التركيب البيوكيميائي لمختلف أجزاء الميتوكوندري K Zekrite.doc

6-I

- \* الميتوكوندري عضي خلوي مغلق، محاط بغشائين مترابطين: خارجي وداخلي.
- \* لا يختلف كثيرا الغشاء الخارجي عن الغشاء السيتوبلازمي.
- \* يرسل الغشاء الداخلي عدة أعراف نحو الماتريس ويرصع وجهه الداخلي بحبات تسمى كرات ذات شمراخ، يتميز بتركيب خاص فهو يضم عدة أنزيمات، من ضمنها ATP سانتيتاز التي تدخل في تركيب الكرات ذات شمراخ.

### 3- تفاعلات هدم حمض البيروفك داخل الميتوكوندري أ - في الماتريس



يتم هدم حمض البيروفك داخل الماتريس في مرحلتين:

✱ المرحلة الأولى: تكون الأستيل كوانزيم A (الأستيل مساعد أنزيم).

✱ المرحلة الثانية: دورة KREBS.

✱ تؤدي سلسلة دورة KREBS إلى الهدم الكلي للشق أستيل وتعويض حمض أوكسالوأستيك الضروري لاستمرار هذه التفاعلات.

✱ تتميز دورة KREBS بـ:

- تفاعلات إزالة الكربون وتحرير CO<sub>2</sub> (فضلات التنفس).

- تفاعلات إزالة الهيدروجين الذي تستقبله مستقبلات الهيدروجين (NAD<sup>+</sup> و FAD<sup>+</sup>)

التي تتحول من حالتها المؤكسدة (بفتح السين) إلى حالتها المختزلة (NADH<sub>2</sub> و FADH<sub>2</sub>).

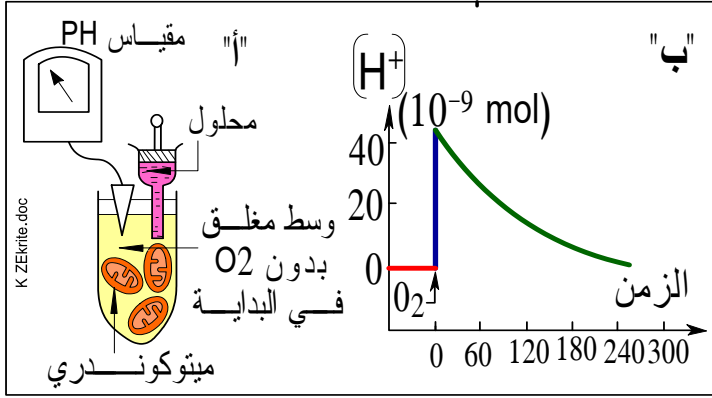
- تركيب جزيئة ATP انطلاقا من النفسر (ربح P) المؤكسد لجزيئة ADP:



### ب - على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكوندري

#### a - الأوكسدة التنفسية ونشوء ممال للبروتونات:

## ✳ تجربة:



♦ وضعت ميتوكوندريات في شكل محلول عالق في وسط مغلق خال من  $O_2$  في البداية (الشكل أ)، ثم نتتبع تطور تركيز بروتونات  $H^+$  في هذا الوسط قبل وبعد إضافة  $O_2$  (الشكل ب).

♦ في الحالة الطبيعية، بوجود  $O_2$ :

- سرعة النقل الغشائي للبروتونات  $H^+$  تكون مرتفعة عندما يرتفع تركيز متقبل

الهيدروجين في شكله المختزل ( $NADH, H^+$ ) في الماتريس.

- تركيز  $H^+$  يرتفع في الحيز البيغشائي للميتوكوندري وينخفض في الماتريس.

1- حلل منحنى الوثيقة 1.

2- استعن بالمعلومات الإضافية المقدمة لك ونتائج التجربة وادل باستنتاجات ملائمة.

## ✳ معطيات بيوكيميائية:

يضم الغشاء الداخلي للميتوكوندري عدة أنزيمات تسمى السلسلة التنفسية. تتميز هذه الجزيئات بجهد أكسدة/اختزال مختلف مما يمكنها من تقبل وإعطاء الإلكترونات عن طريق تفاعلات الأكسدة/اختزال. يمثل (الشكل ت) جهد أكسدة/اختزال لبعض هذه النواقل.

3 - حدد على الرسم اتجاه النقل

التلقائي للإلكترونات، واذكر

المعطي الأول والمتقبل الأخير

للإلكترونات.

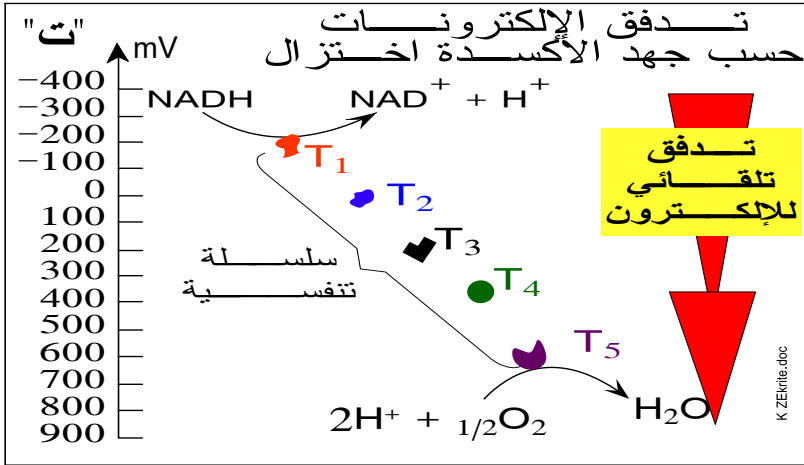
4- لخص من خلال هذه المعطيات

الظواهر التي تحدث على

مستوى الغشاء الداخلي

للميتوكوندري.

## الوثيقة 8



1- تحليل المنحنى:

يلاحظ ارتفاع سريع لتركيز  $H^+$  في الوسط مباشرة بعد إضافة الأوكسجين إلى أن يصل قيمة قصوى ثم ينخفض تدريجياً.

2- استنتاجين أساسيين يمكن استخراجهما من نتائج التجربة ومن المعطيات الإضافية:

- يقوم الغشاء الداخلي للميتوكوندري بنقل سريع لبروتونات  $H^+$  من الماتريس إلى الحيز

البيغشائي، وتتم إعادة هذه البروتونات إلى الماتريس لكن بشكل بطيء جداً، وهو ما ينجم عنه ممال للبروتونات  $H^+$  (فرق في التركيز) من جهتي الغشاء الداخلي للميتوكوندري.

- حركة البروتونات  $H^+$  التي تتم من الماتريس إلى الحيز البيغشائي عبر الغشاء الداخلي

للميتوكوندري مرتبطة بتواجد متقبلات الهيدروجين ( $NADH; H^+$ ) و الأوكسجين مما يدعو للاعتقاد بأن هذه البروتونات تصدر عن عملية انتزاع (أكسدة) من متقبلات الهيدروجين الموجودة في الماتريس

- 3- نعلم أن الإلكترونات تتدفق من الزوج أكسدة/اختزال ذي جهد منخفض إلى الزوج أكسدة اختزال ذي جهد مرتفع، إذن سيتم نقل الإلكترونات من الزوج  $NADH_2/NAD$  إلى الزوج  $O_2/H_2O$ . للإشارة فهذا الانتقال سيكون مصحوبا بتحرير طاقة.
- المعطي الأول للإلكترونات هو الزوج:  $NADH ; H^+$ .
  - المتقبل الأخير للإلكترونات هو الزوج:  $O_2/H_2O$ .
- 4- تتم على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكوندري:
- أكسدة النواقل المختزلة ( $NADH_2$  و  $FADH_2$ ).
  - اختزال  $O_2$  وتشكل  $H_2O$ .
  - طرد البروتونات  $H^+$  من الماتريس وتراكمها في الحيز البيغشائي وهو ما ينجم عنه نشوء مجال للبروتونات  $H^+$  من جهتي الغشاء الداخلي للميتوكوندري.

### b - التفسر المؤكسد

**\* تجربة:**

نخضع ميتوكوندريات معزولة لفعل الموجات فوق صوتية مما يؤدي إلى تقطيعها وتكون حويصلات مغلقة تكون الكرات ذات شمراخ المرتبطة بها موجهة نحو الخارج. توضع هذه الحويصلات بحضور  $ADP$  و  $Pi$  في محاليل مثبتة تختلف من حيث قيمة  $PH$  (الشكل ج):

\*\* إذا كان  $PH$  الداخلي أصغر من  $PH$  الخارجي يلاحظ تقسفر  $ADP$ .

\*\* إذا كان  $PH$  الداخلي يساوي  $PH$  الخارجي لا يتم تقسفر  $ADP$ .

1- ما ذا تستنتج من هذه التجربة؟

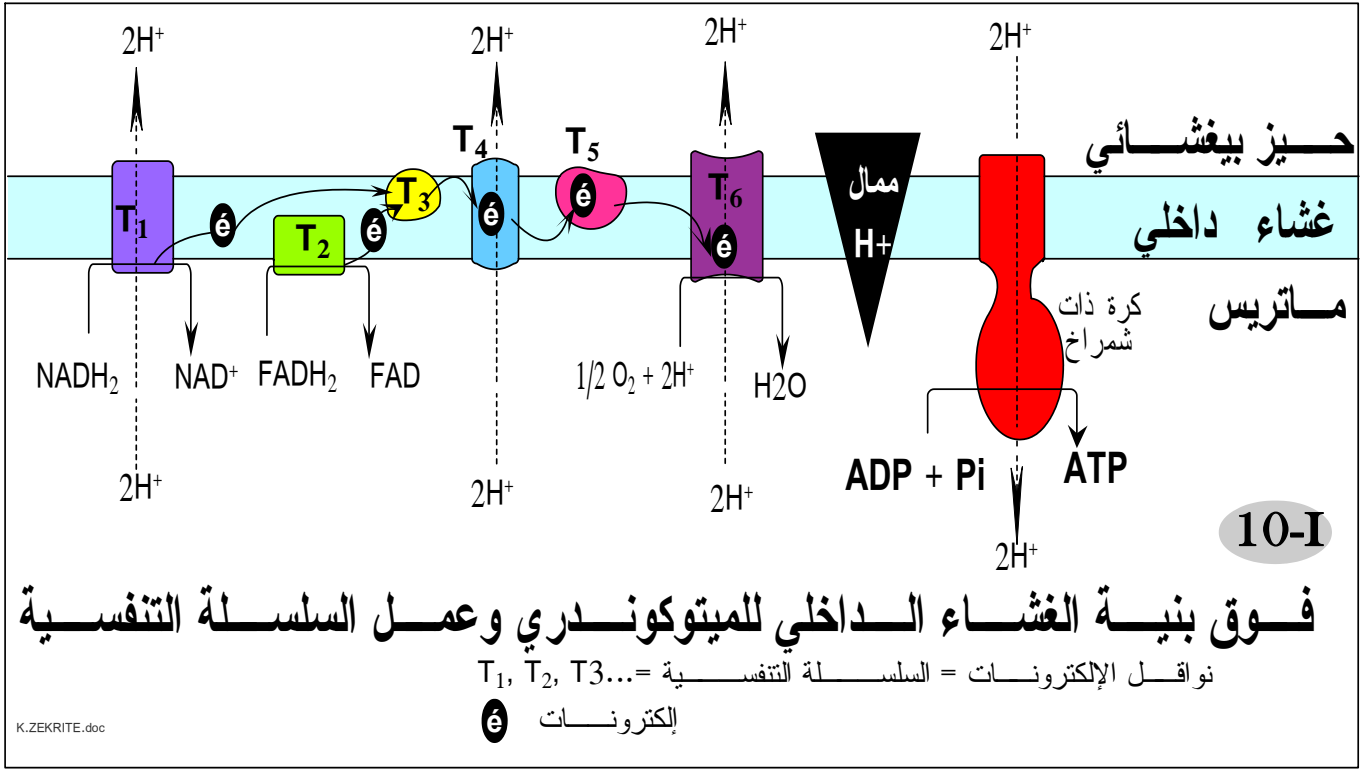
2- اجمع معطيات الوثيقة 8 والوثيقة 9، واستعن بخطاطة الوثيقة 10 واعط سلسلة التفاعلات التي تقع في مستوى الغشاء الداخلي للميتوكوندري.

9-I K Zekrite.doc

1- نستخلص من هذه التجربة ما يلي:

- \* الكرات ذات شمراخ مسؤولة عن تركيب  $L'ATP$ .
  - \* تركيب  $L'ATP$  يتم من خلال تفاعل التقسفر:  $ADP+Pi \Rightarrow ATP$ .
  - \* تفاعل التقسفر مرتبط بوجود فرق في الـ  $PH$  من جهتي الغشاء الداخلي للميتوكوندري.
  - \* ينجم فرق الـ  $PH$  إلى مجال البروتونات  $H^+$  والذي يعود بدوره إلى تدفق الإلكترونات على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكوندري (الفقرة السابقة).
- 2- يوجه التلميذ لجمع المعطيات التجريبية، ويستدرج لاستكمال المعلومات من خلال الاستعانة بخطاطة الوثيقة 10 (انظر الحويلة).

### c - حويلة:



ينتج عن انحلال الكليكوز في الجبلة الشفافة وهدم حمض البيروفيك في الماتريس عدد من الناقلات المختزلة:  $NADH_2$  و  $FADH_2$ .

تتعرض هذه الناقلات للأكسدة على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكوندري حسب التفاعلات التالية:



تسلم البروتونات والإلكترونات لمجموعة من الجزيئات البروتينية المتموضعة بالغشاء الداخلي للميتوكوندري تسمى السلسلة التنفسية (نواقل الإلكترونات).

يتم تدفق البروتونات والإلكترونات نحو الزوج  $O_2/H_2O$  وتسمى عملية التدفق هذه الأكسدة التنفسية.

يصحب نقل الإلكترونات بتحرير طاقة تستغل لطردها أيونات  $H^+$  من الماتريس نحو الحيز البينغشائي (نقل نشيط).

يترتب عن هذا الطرد تراكم البروتونات في الحيز البينغشائي ونشوء مزال للبروتونات من جهتي الغشاء الداخلي للميتوكوندري.

إن نشوء هذا المزال وما يرافقه من اختلاف في الشحنات الكهربائية هو بمثابة طاقة كامنة، فهذا الغشاء غير نفوذ لأيونات  $H^+$  إلا على مستوى الكرات ذات شمراخ التي تسمح بعودتها نحو الماتريس.

تستغل طاقة هذا التدفق لتركيب  $L'ATP$  انطلاقاً من تفسر  $L'ADP$ :

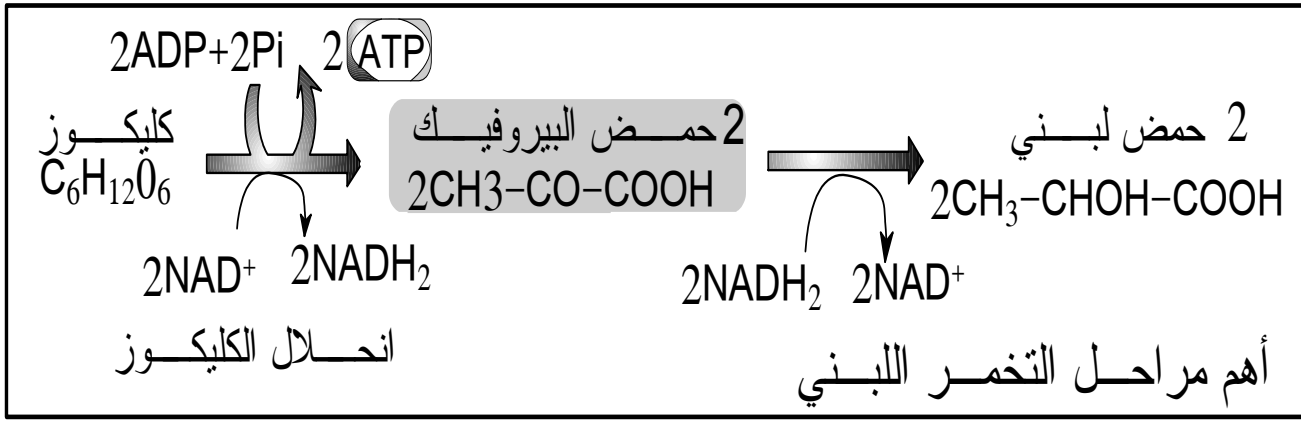


بما أن هذا التفسر يقترن بأكسدة  $NADH_2$  و  $FADH_2$  فإنه يسمى تفسراً مؤكسداً (بكسر السين).  
الحصيلة الطاقية لهذا التفسر المؤكسد:

- تعطي أكسدة جزيئة واحدة من  $NADH_2$  ثلاث (3) جزيئات من  $L'ATP$ .

- تعطي أكسدة جزيئة واحدة من  $FADH_2$  جزيئتي (2)  $ATP$ .

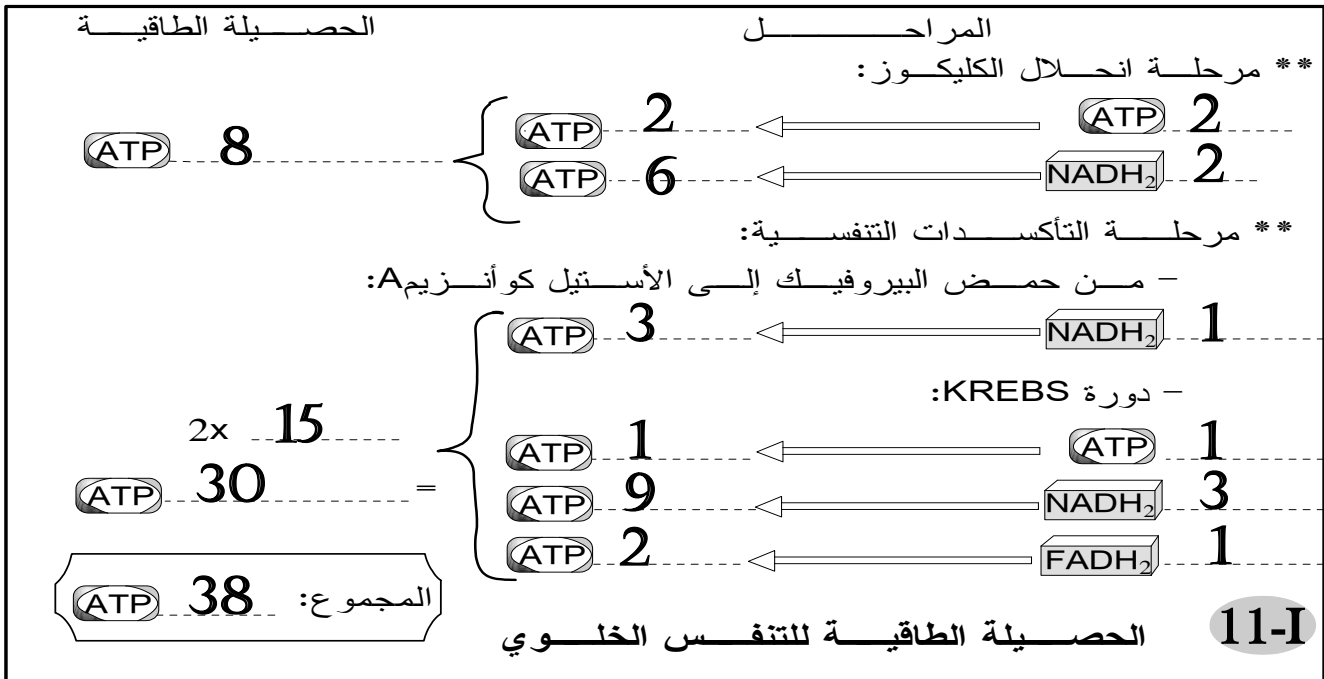
## IV مصير حمض البيروفيك خلال التخمر اللبني.



يتحول حمض البيروفيك الناتج عن انحلال الكليوز إلى حمض لبني ويرافق ذلك أكسدة  $\text{NADH}_2$  إلى  $\text{NAD}^+$ .

خلال هذه المرحلة، ليس هناك إنتاج مزيد من الطاقة على شكل ATP، غير أن أهمية هذه المرحلة تتمثل في إعادة توفير  $\text{NAD}^+$  في شكله المؤكسد، وهذا أمر ضروري لاستمرار انحلال اللكليوز. تتم كافة تفاعلات التخمر في الجبلة الشفافة.

## V الحصلة الطاقةية للتخمر والتنفس. 1- الحصلة الطاقةية للتنفس



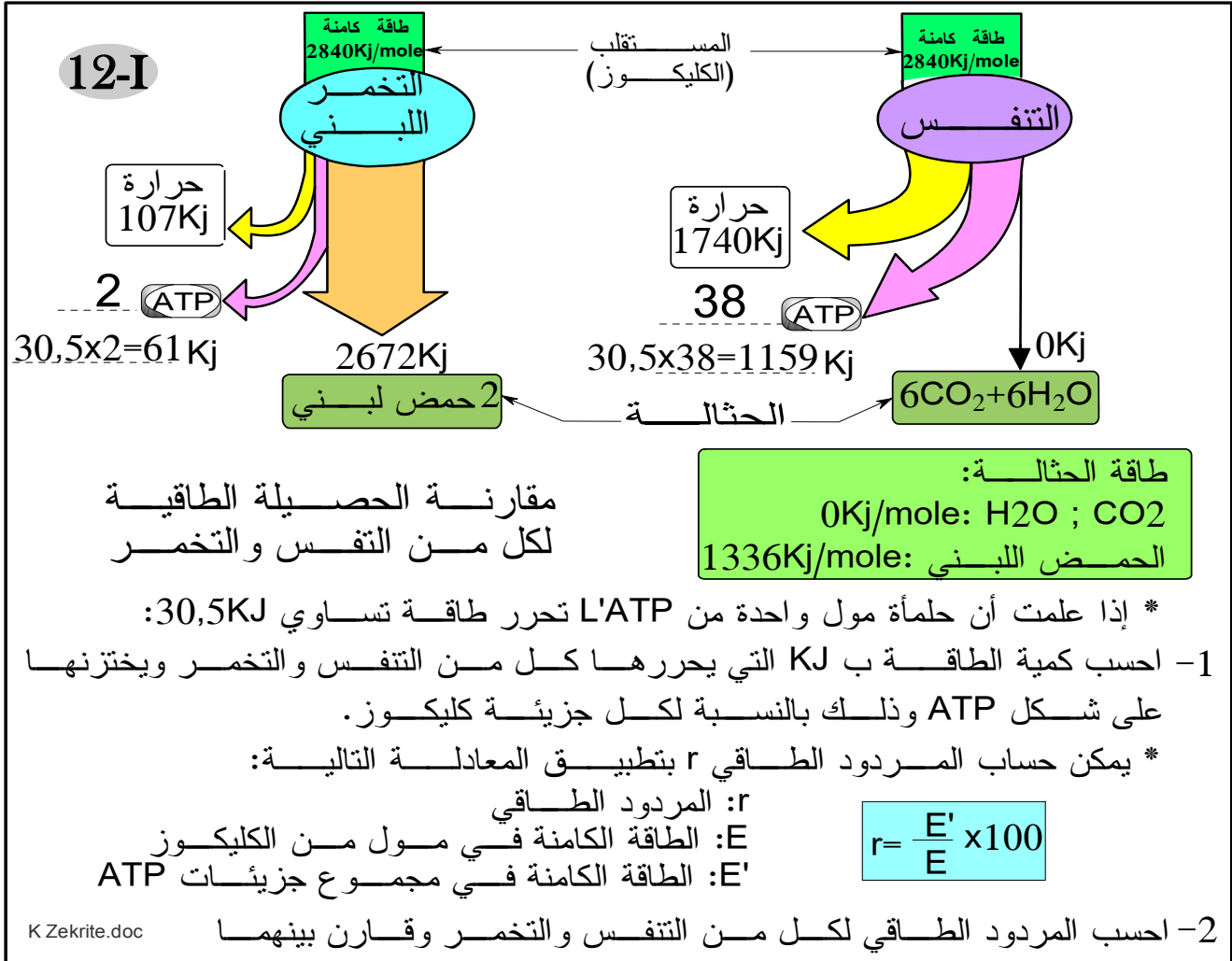
نظريا تؤدي الأوكسدة التامة لجزيئة واحدة من الكليوز إلى إنتاج 38 جزيئة من L'ATP، لكن في الواقع وباستثناء خلايا القلب والكبد، نحصل على 36 جزيئة ATP فقط لأن النواقل  $\text{NADH}_2$  الناتجة انحلال الكليوز في الجبلة الشفافة، لا تدخل إلى الميتوكوندري لكن تعوض بجزيئات  $\text{FADH}_2$ .

## 2- الحصلة الطاقة للتخمير:

يؤدي الهدم الغير التام لجزيئة واحدة من الكليكوز خلال التخمير اللبني إلى إنتاج جزيئتين من

L'ATP

## 3- مقارنة المردود الطاقوي للتنفس والتخمير:



1 - انظر الوثيقة.

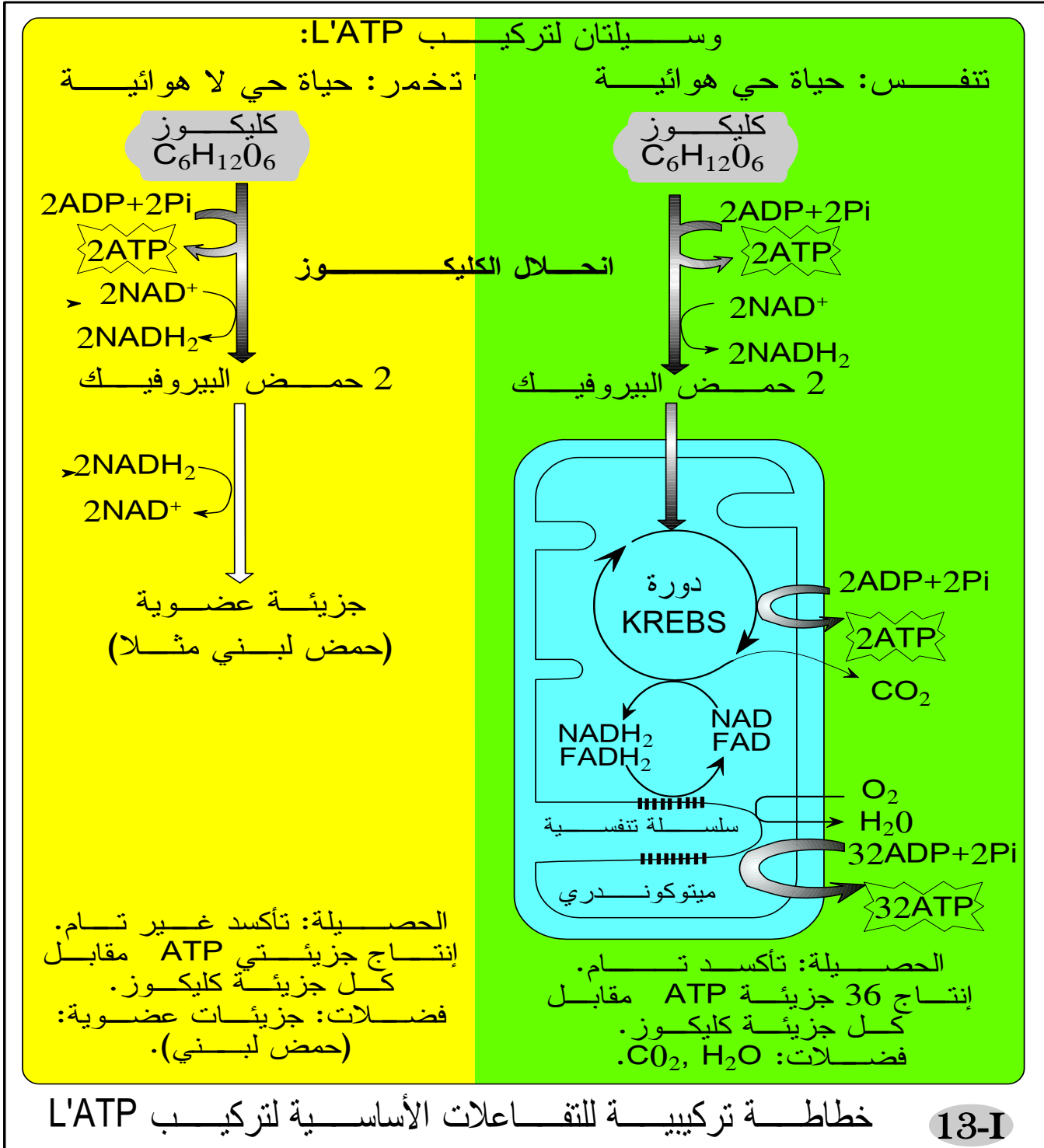
2 - المردود الطاقوي:

النتيجة

التخمير	التنفس
$r = \frac{E'}{E} \times 100$	$r = \frac{E'}{E} \times 100$
$= \frac{61}{2840} \times 100$	$= \frac{1159}{2840} \times 100$
$= 2,14\%$	$= 40,8\%$

انطلاقاً من مول واحد من الكليكوز، تنتج الخلية:  
 - 2ATP خلال التخمر مع حثالة عضوية ذات طاقة كامنة.  
 - 36ATP خلال التنفس مع حثالة معدنية خالية من الطاقة.  
 وعليه، فالمرذود الطاقى للتخمر ضعيف جداً (2,1%) بينما يكون المرذود الطاقى للتنفس مهماً (ما بين 38,4% إلى 40%).

#### 4- حصلة في شكل خطاطة:



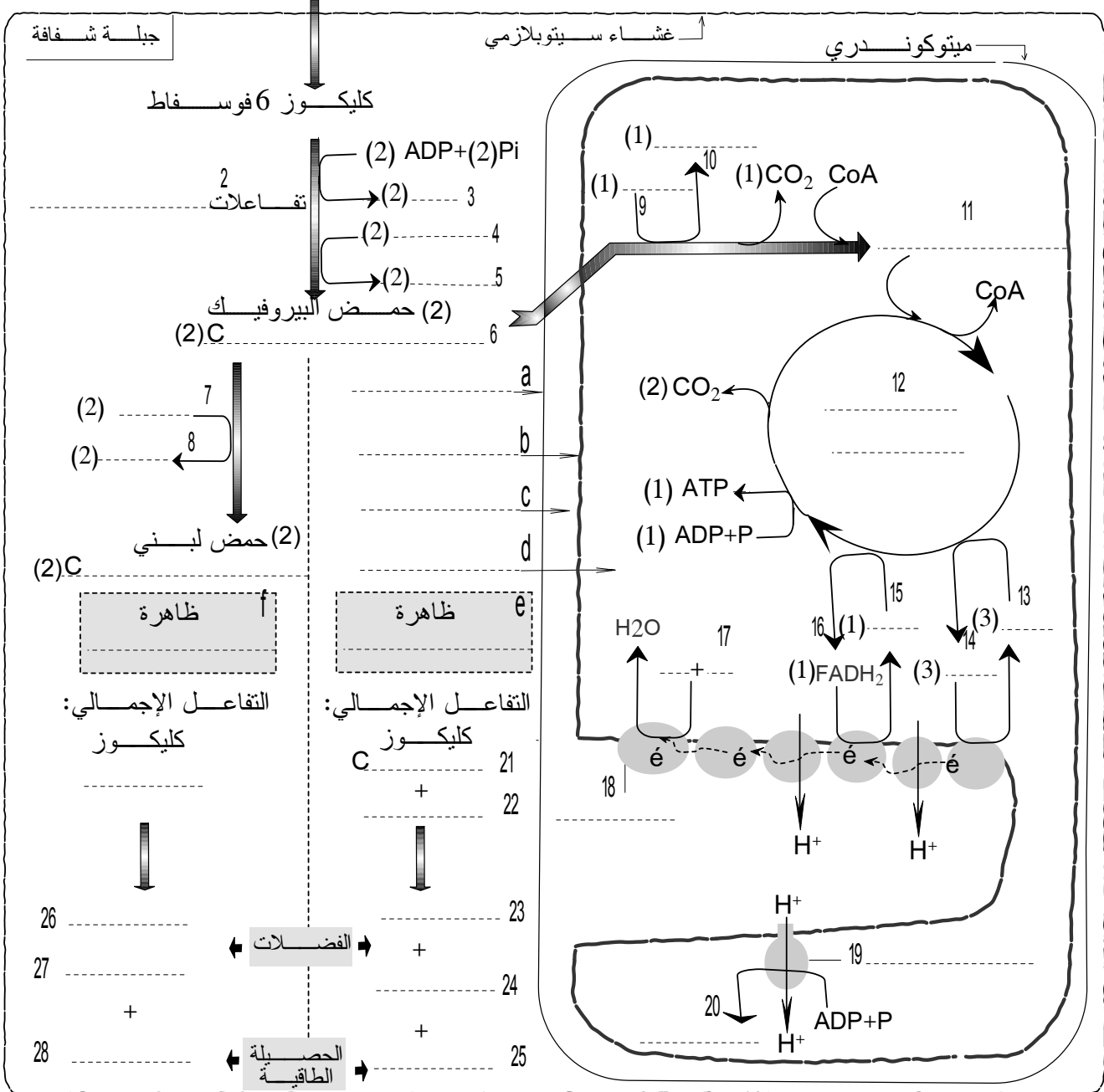
13-I

13-I

تقويم في شكل خطاطة

تمرين 1: أتمم ما يناسب على الخطاطة التالية ثم اعط التفاعل الإجمالي والحصيلة الطاقية. تشير الأرقام بين قوسين ( ) إلى عدد الجزيئات المنتجة أو المستهلكة.

(1) كليوز: 1 (1)C



تمرين 2: استعمل معطيات التمرين السابق وقارن بين ظاهرتي التنفس والتخمير من خلال ملأ الجدول التالي:

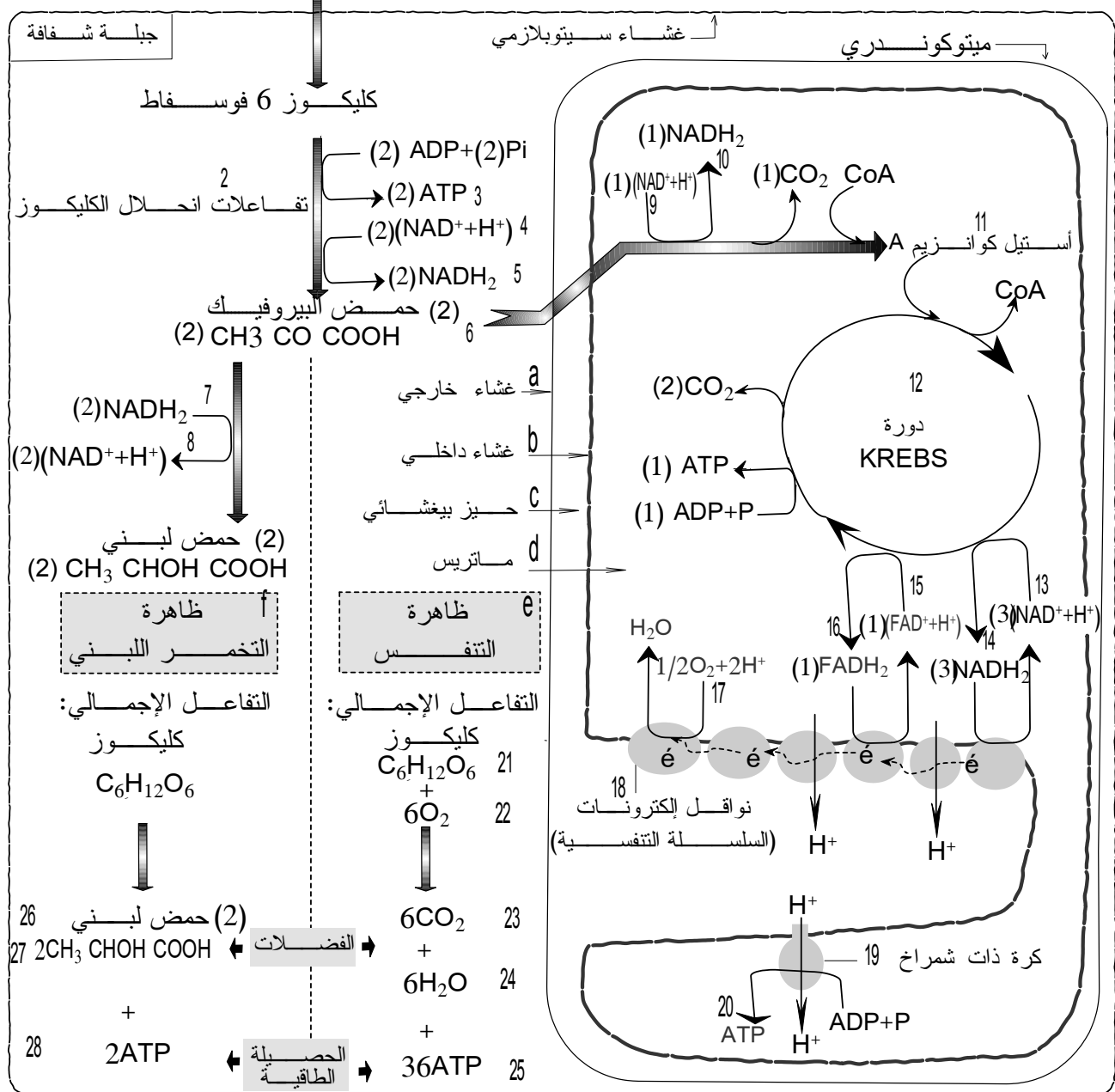
ظاهرة التخمر	ظاهرة التنفس	
		الحاجة إلى O <sub>2</sub>
		موقع التفاعلات
		الحصيلة الطاقية
		نمو الخلية
		الفضلات

13-I

## تقويم في شكل خطأطة: عناصر الإجابة

تمرين 1: أتمم ما يناسب على الخطأطة التالية ثم اعط التفاعل الإجمالي والحصيلة الطاقية.  
! تشير الأرقام بين قوسين () إلى عدد الجزيئات المنتجة أو المستهلكة.

(1) كليوز:  $C_6H_{12}O_6$  (1)



تمرين 2: استعمل معطيات التمرين السابق وقرن بين ظاهرتي التنفس والتخمر من خلال ملأ الجدول التالي:

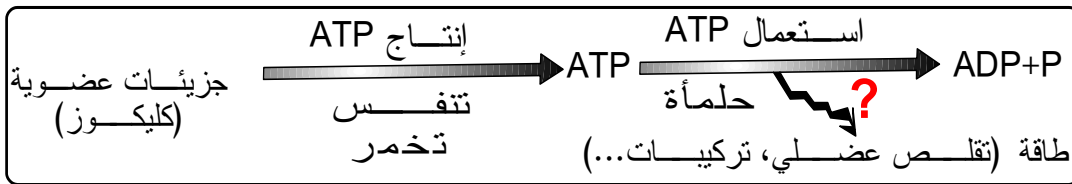
ظاهرة التخمر	ظاهرة التنفس	
لا تحتاج $O_2$	تحتاج $O_2$	الحاجة إلى $O_2$
الجبلية الشفافة	الجبلية الشفافة + الميتوكوندري	موقع التفاعلات
2ATP	36ATP	الحصيلة الطاقية
ضعيف	كبير	نمو الخلية
مواد عضوية تتضمن طاقة: حمض لبني في حالة التخمر اللبني	مواد معدنية خالية من الطاقة: $H_2O + CO_2$	الفضلات

# الفصل الثاني:

## دور العضلة الهيكلية المخططة في تحويل الطاقة

### تقديم:

خلال تفاعلات التنفس والتخمير، يتم تحويل الطاقة الكامنة في الجزيئات العضوية التي تستهلكها الخلايا إلى طاقة كامنة في جزيئات L'ATP. ويتم استهلاك هذه الطاقة عن طريق حلمأة L'ATP خلال الوظائف الخلوية (نقل نشيط، تركيبات خلوية، عمل ميكانيكي...). وتعتبر العضلة من أهم الأعضاء المتخصصة في العمل الميكانيكي.

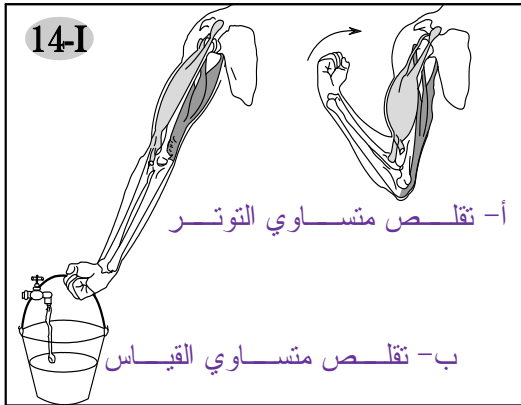


- فكيف يتم تحويل الطاقة الكيميائية (ATP) إلى طاقة ميكانيكية (حركة) من طرف العضلة؟
- ماهي البنية المميزة للعضلة والتي تتيح عملية التحويل هذه؟
- كيف تجدد العضلة مخزونها من L'ATP؟

## I الظواهر الميكانيكية للتقلص العضلي

### 1- ملاحظة تقلص عضلي

- ✳ خلال حركة ثني الساعد على الذراع:
  - تتقلص العضلة الأمامية للذراع، حيث يقصر طولها وتصير صلبة.
  - تتمدد العضلة الخلفية، حيث يزيد طولها وترتخي.
- ✳ خلال حركة بسط الساعد، يحدث عكس المظاهر السابقة.
- ✳ تتميز العضلة إذن بخاصية:
  - القلوصية Contractilité.
  - المرونة Elasticité: حيث تتقلص العضلة وتتمدد لكنها قادرة على الرجوع إلى طولها الأصلي.



- ✳ نميز بين نوعين من التقلصات العضلية:
  - **التقلص المتساوي التوتر**: يكون مصحوبا بتقصير العضلة، وفي هذه الحالة تتجز العضلة شغلا:

$$W = TL$$

W: شغل  
T: التوتر = القوة التي تبذلها العضلة  
L: فارق تغير طول العضلة

- **التقلص المتساوي القياس:** لا يتغير طول العضلة، لكن يزيد توترها فلا تنجز شغلا:

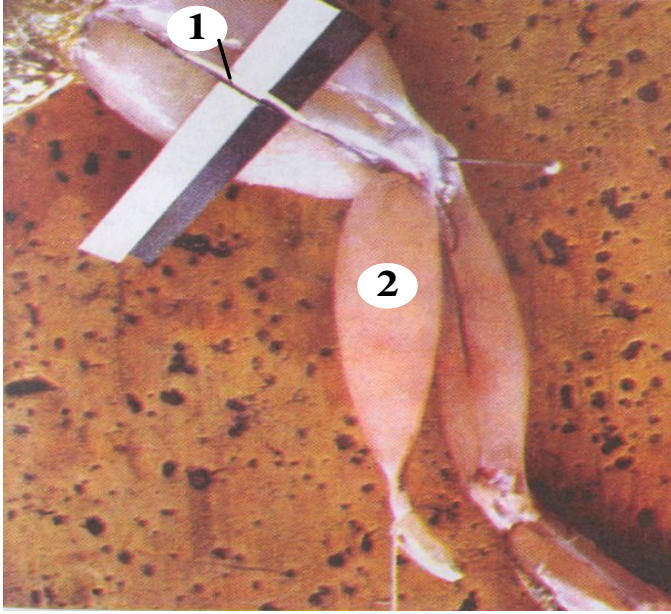
$$W = 0$$

## 2- دراسة تحرسة للتقلص العضلي

### أ - طريقة تسجيل التقلص العضلي:

يمكن تسجيل الظاهرة الميكانيكية بواسطة عدة تسمى مسجل عضلي Myographe.

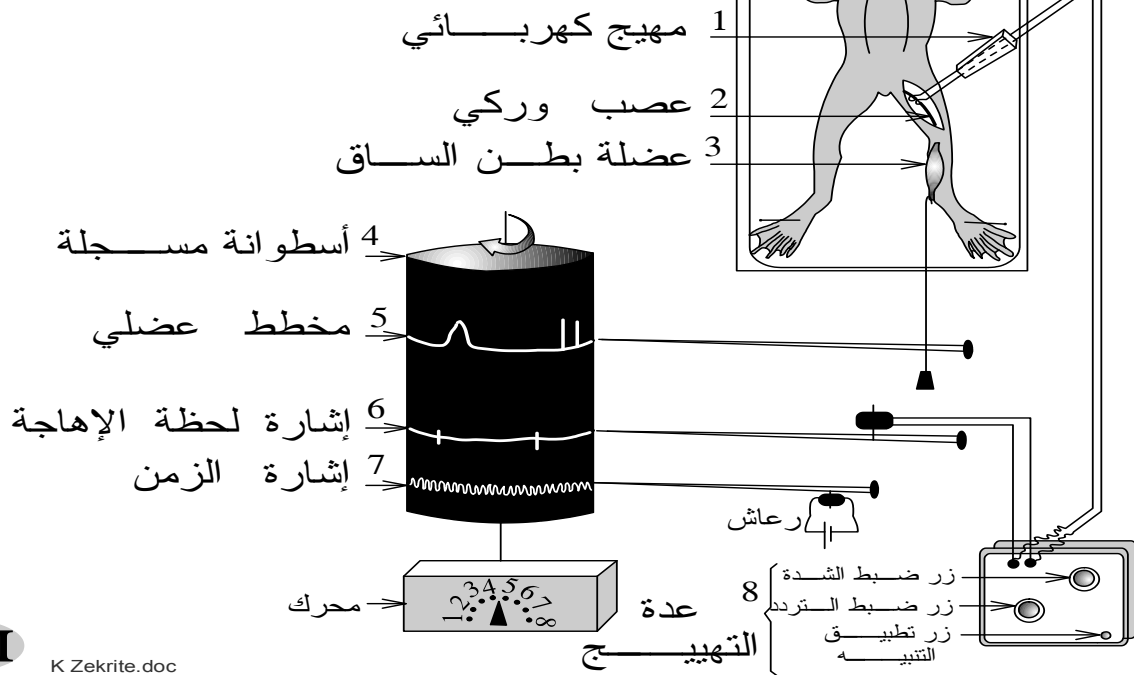
تحضير عضلة بطن الساق عند الضفدعة



1 عصب وركي 2 عضلة بطن الساق

- \* نخرب الدماغ والنخاع الشوكي لضفدعة.
- \* نشرح طرفها الخلفي بحيث نظهر عضلة بطن الساق والعصب الوركي.
- \* نثبت الركبة على لوحية بواسطة إبرة.
- \* نقطع وتر العقب ونوصله بعدة جهاز التسجيل "الشكل ب"
- \* نهيج العضلة إما مباشرة، بوضع إلكترودين مهيجين على سطحها أو بصفة غير مباشرة بوضع الإلكترودين على العصب الوركي.

"ب" تركيب تجريبي لتسجيل التقلص العضلي



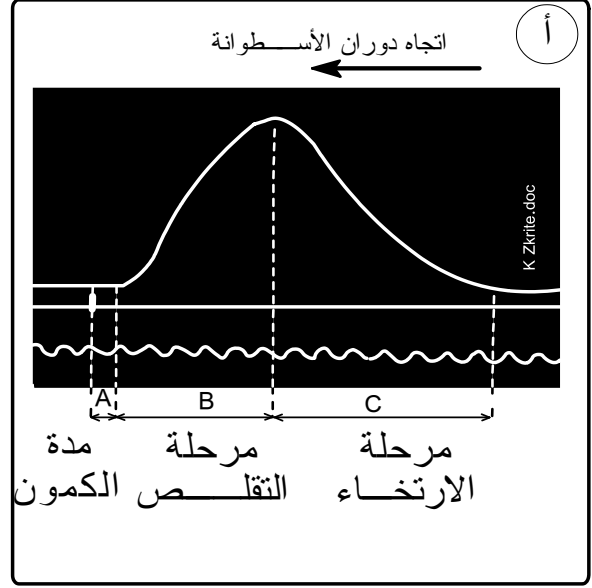
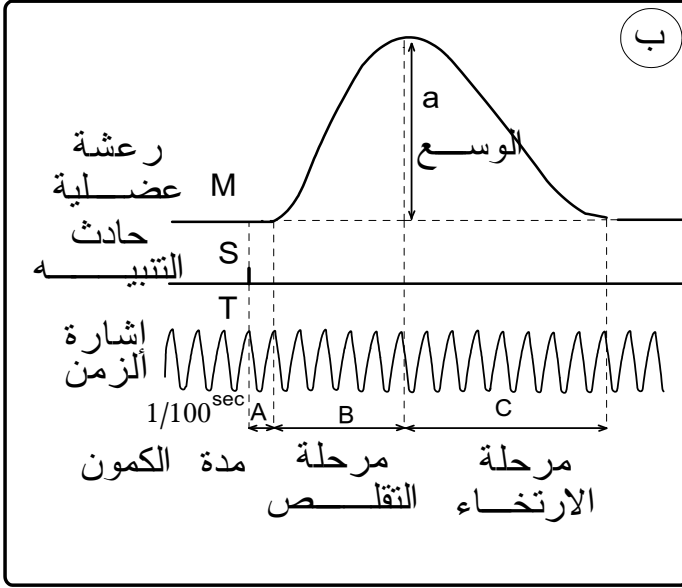
15-I

K Zekrite.doc

## ب - التسجيل العضلي لإهاجة واحدة فعالة:

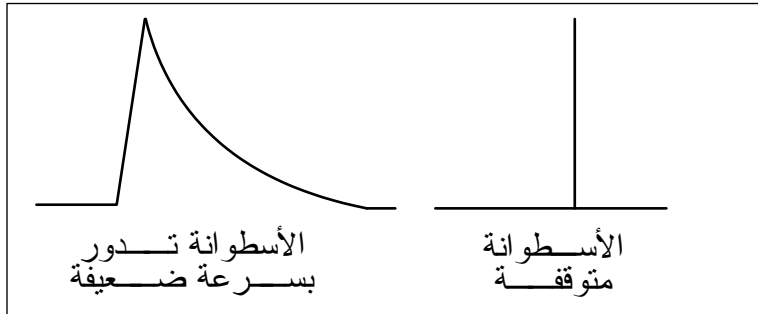
16-I

"أ": تسجيل لرعشة عضلية منفردة  
"ب": رسم تقسيري لرعشة عضلية



- \* عندما نهيج العضلة بإهاجة فعالة، نحصل على استجابة، إذن فالعضلة هيوجة (خاصية الاهتياجية).
- \* نحصل على تسجيل يسمى رسم تخطيطي عضلي = مخطط عضلي = رعشة عضلية.
- \* يمكن تقسيم الرعدة المسجلة إلى 3 أجزاء:
- مرحلة الكمون *temps de latence*: الوقت الذي يفصل الإهاجة عن بداية الاستجابة.
- مرحلة التقلص *Phase de contraction*.
- مرحلة الارتخاء *phase de relâchement*: الوقت الذي تعود فيه العضلة تدريجيا إلى أبعادها الأصلية.

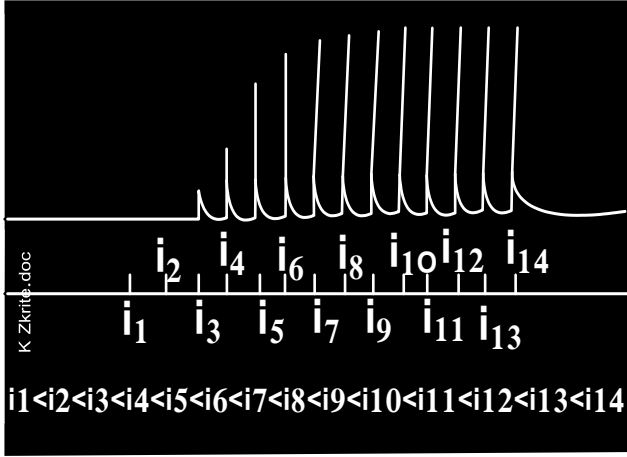
**ملحوظة:** يتغير شكل الرعدة العضلية حسب سرعة دوران الأسطوانة المسجلة:



## ت - التسجيل العضلي لإهاجات متباعدة متصاعدة الشدة:

- \* نعرض العضلة لتهييجات منعزلة، متباعدة و متزايدة الشدة. ندير الأسطوانة المسجلة يدويا بين التنبهات.
- \* حلل التسجيلات
- \* ماذا تستنتج؟

17-I

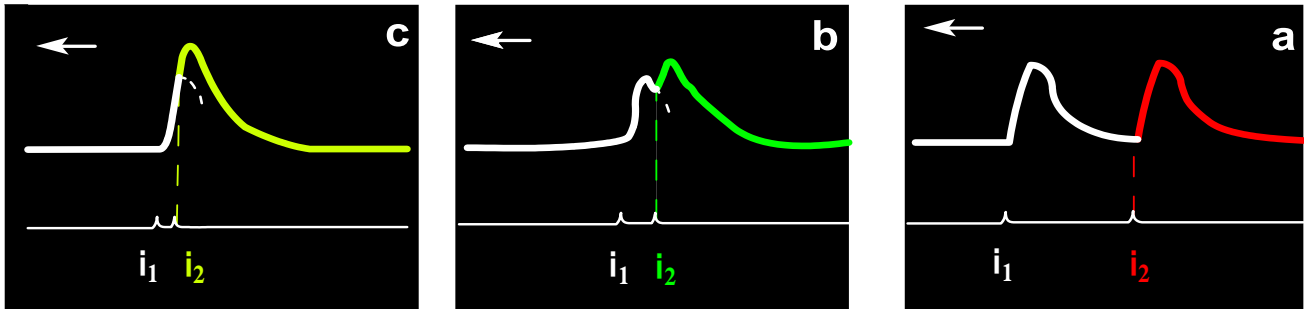


- \* عند تطبيق الإهاجتين  $i_1$  و  $i_2$ ، لم نحصل على أي استجابة، وبدءا من  $i_3$  نحصل على استجابة.
- \* نقول أن الإهاجتين  $i_1$  و  $i_2$  أقل من الريبواز، أما  $i_3$  فهي تساوي أو أكثر من الريبواز.
- \* الريبواز = عتبة التهيج، هي التوتر الكهربائي الأدنى الذي تحته لن تستجيب العضلة مهما كانت مدة الإهاجة.
- \* بعد الإهاجة  $i_3$ ، يزداد وسع الرعشات بازدياد شدة الإهاجة ( $i_3 \leftrightarrow i_9$ ) حتى يصل الوسع قيمة أعظمية لا يمكن تجاوزها مهما زادت شدة التنبه.
- \* إن ارتفاع وسع الاستجابة عندما تزداد شدة التنبه، يمكن تفسيره افتراضيا بكون العضلة عبارة عن مجموعة عناصر قلوصة، فعندما تزيد شدة التهيج تدريجيا يزداد عدد العناصر المتقلصة، وعندما تنقلص كافة العناصر المكونة للعضلة يبقى الوسع ثابتا، يمكن أن نسمي هذه الظاهرة بظاهرة التجنيد.

## ث - استجابة العضلة لإهاجتين فعاليتين متتاليتين:

نعرض العضلة لإهاجتين فعاليتين متساويتين (أكبر قليلا من الريبواز) مع تغيير المدة الفاصلة بينهما. حلل التسجيلات المحصل عليها

18-I



شدة العتبة  $i_1 = i_2 >$

- \* إذا وقعت الإهاجة الثانية بعد مرحلة ارتخاء الرعشة الأولى (a)، نحصل على استجابة ثانية مستقلة عن الرعشة الأولى ولها نفس الوسع

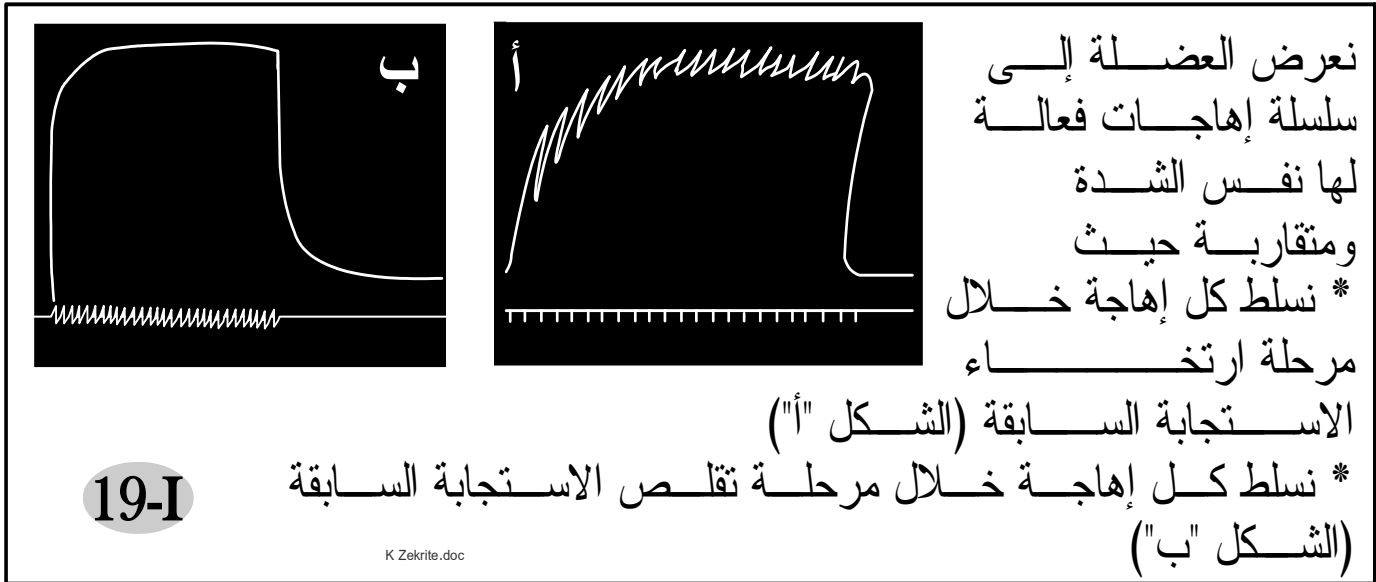
✳ إذا وقعت الإهاجة الثانية أثناء مرحلة ارتخاء الرعشة الأولى (b)، نحصل على استجابة ثانية يفوق وسعها وسع الرعشة الأولى (فعل الإجمال) دون أن تختلط الرعشتان فنتكلم عن الالتحام غير تام  
Fusion incomplète.

✳ إذا وقعت الإهاجة الثانية أثناء مرحلة تقلص الرعشة الأولى (c)، نحصل على رعشة واحدة ذات وسع أكبر، نقول أن الالتحام تام  
Fusion complète.

### ملحوظة:

- عندما تكون شدة الإهجتين أعظمية، نحصل على الالتحام تام أو غير تام (حسب زمن وقوع الإهاجة الثانية)، لكن وسع الاستجابة لا يتغير (يختفي فعل الإجمال).
- عندما تقع الإهاجة الثانية خلال فترة الكمون، لا تعطي الإهاجة الثانية أي استجابة، نتكلم عن الدور المقاوم للعضلة.

## ج - استجابة العضلة لسلسلة إهجات:

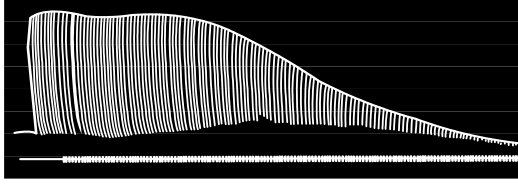


- ✳ عند وقوع كل إهاجة خلال مرحلة ارتخاء الاستجابة السابقة نحصل على تسجيل متموج، يدعى هذا النوع من التقلص الكزاز الناقص *tétanos imparfait*.
- ✳ عند ارتفاع تردد الإهجات، بحيث يسلط كل تهيج خلال فترة تقلص الاستجابة السابقة، تبقى العضلة متقلصة ويصبح المنبسط مستقيماً، نتكلم عن كزاز تام *tétanos parfait*.

### ملحوظة:

- إن حركاتنا عبارة عن كزاز تام لأن الرسائل العصبية لها تردد 50Hz.
- تحتفظ العضلات عند شخص يقظ في حالة راحة تامة على درجة من التقلص، لا يختفي إلا عند النوم العميق، يسمى هذا التقلص بالتوتر العضلي.
- إن التيارات الكهربائية ذات الترددات المرتفعة لا تشكل خطورة، لكن التيارات المنخفضة التردد تسبب الوفاة على إثر إحداث كزاز للعضلات التنفسية.

## د - العياء العضلي: (الوثيقة 20)



\* نخضع عضلة إلى سلسلة إهجات، يعطي الشكل "أ" نتائج التسجيلات ويعطي الشكل "ب" رسما للرعدة العضلية الأولى  $S_1$  والرعدة الأخيرة  $S_n$ .  
\* حدد من خلال الشكلين فيم يتمثل العياء العضلي.

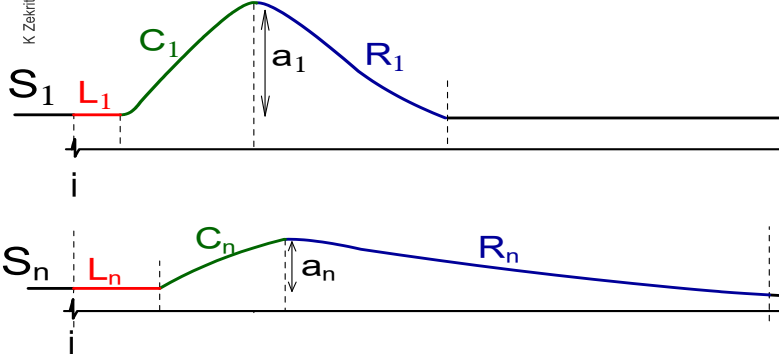
S استجابة = رعدة

L مدة الكمون

C فترة التقلص

R فترة الارتخاء

a وسع الرعدة 20-I

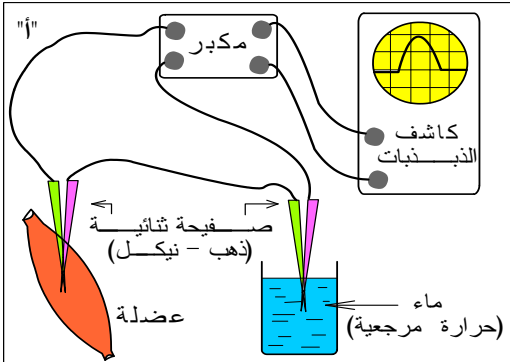


\* بعد إهجات متعددة ومترددة تصاب العضلة بالعياء.

\* يتمثل العياء العضلي في:

- الزيادة في مدة الكمون.
- نقصان وسع التقلص.
- إطالة مدة الرعدة.

## II الظواهر الأخرى المرافقة للتقلص العضلي 1- الظواهر الحرارية



\* تمكن تقنيات دقيقة كالعمود الحراري (الشكل أ) من تسجيل تغيرات درجات الحرارة في العضلة، يحتوي هذا العمود على إبرتين كهروحراريتين. تغرز إحدى الإبرتين في العضلة ويحافظ على الأخرى في درجة حرارة مرجعية. عندما تتقلص العضلة، يظهر اختلاف في درجة الحرارة بين الإبرتين يتولد عنه تيار كهربائي تتناسب شدته ودرجة حرارة العضلة المتقلصة. يبين الشكل (ب) التسجيل المحصل عليه.

حلل نتائج هذه التسجيلات.

\* إذا علمت أنه بغياب

الأوكسجين، تتقلص العضلة،

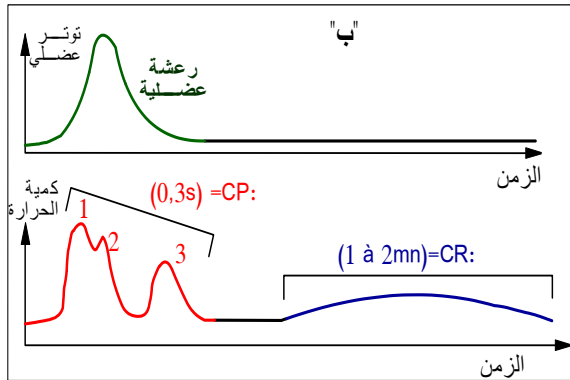
يتواصل تحرير الحرارة

الابتدائية وتخفي الحرارة

المتأخرة، اقترح فرضية لتفسير

أصل الطاقة العضلية

الوثيقة 21



حرارة أولية = CP

1 حرارة التقلص

2 حرارة الدعم

3 حرارة الارتخاء

حرارة متأخرة = CR

K Zekrite/doc

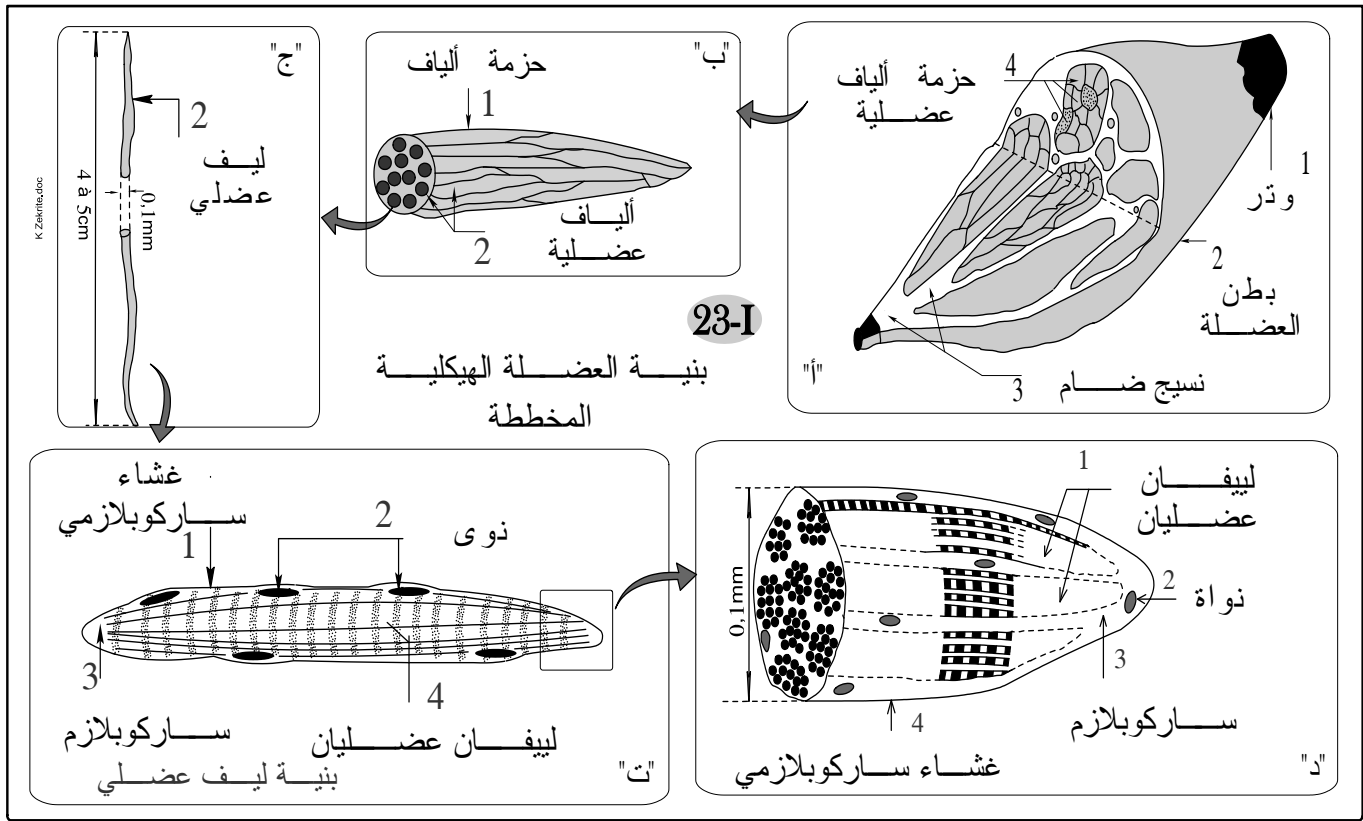
- ✳ تطرح الحرارة من طرف العضلة في مرحلتين أساسيتين:
- الحرارة الأولية = الابتدائية: كميتها مهمة لكن لا تدوم إلا مدة قصيرة، يحرر جزء منها خلال مرحلة التقلص والجزء الآخر خلال مرحلة الارتخاء.
- الحرارة المتأخرة: تظهر بعد انتهاء الرعشة العضلية، كميتها قليلة لكنها تدوم وقتا طويلا.

## 2- الظواهر الكمائية

- ✳ إن مصدر الحرارة المحررة من طرف العضلة، لا يمكن أن يكون إلا تفاعلات كيميائية.
  - ✳ إن إنتاج الحرارة على دفعتين وغياب الحرارة المتأخرة بدون  $O_2$  مع استمرار تحرير الحرارة الابتدائية، يفرض وجود سلسلتين من التفاعلات:
  - تفاعلات لا هوائية، هي أصل الحرارة الابتدائية.
  - تفاعلات هوائية هي أصل الحرارة المتأخرة.
- انظر لا حقا تفاصيل هذه التفاعلات.

## III بنية وفوق بنية العضلة الهيكلية المخططة

### 1- بنية العضلة



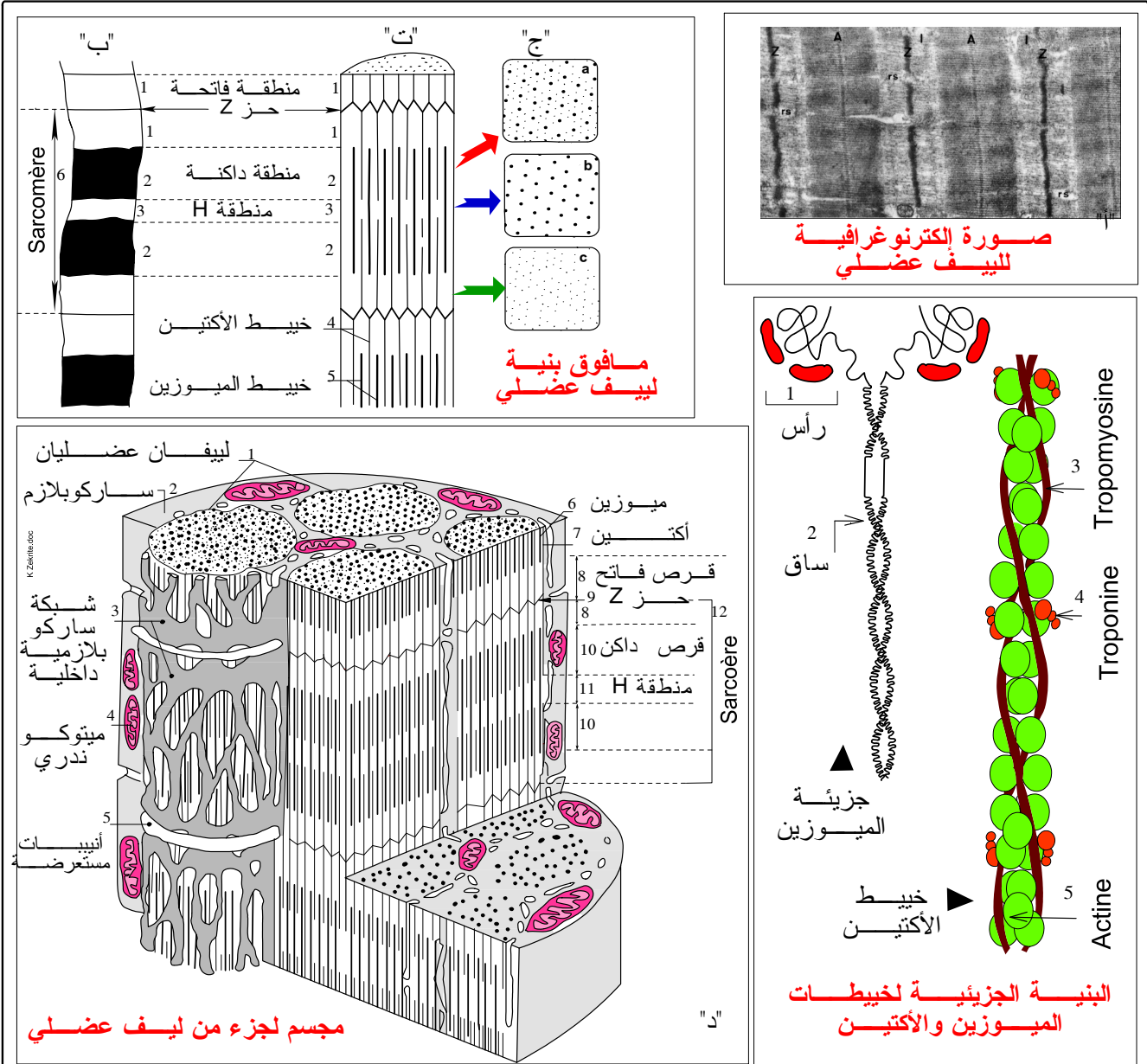
✳ تضم العضلة الهيكلية المخططة مادة حمراء تسمى الخضاب العضلي، هي التي تعطي اللون الأحمر للعضلة.

✳ تتكون العضلة من عدة خييطات تسمى ألياف عضلية Fibres musculaires.

✳ الليف العضلي هو خلية عملاقة (ترى بالعين المجردة) تتكون من عدة نوى وعدة خييطات تسمى ليفيات Myofibrilles.

✳ يظهر الليف العضلي والليف عدة حزات متناوبة داكنة وفاتحة لدى نقول أن العضلة الهيكلية مخططة.

## 2- مافوق نية اللف العضلي



24-I

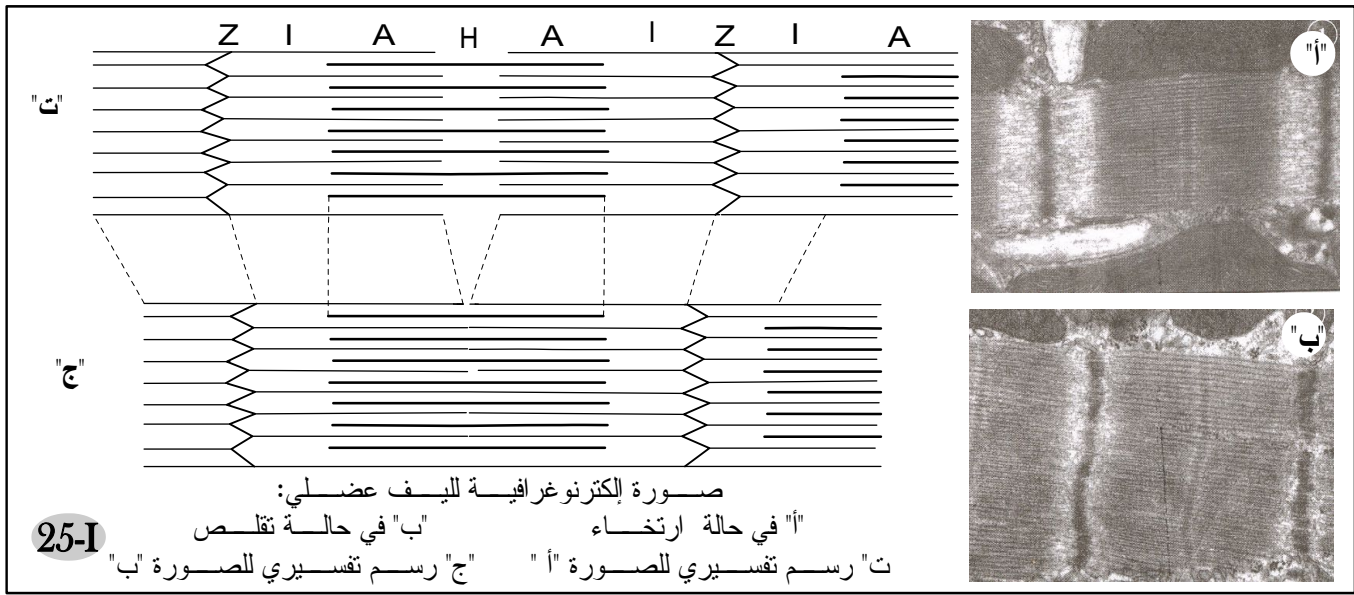
حدد أسماء مختلف العناصر على الوثيقة  
حدد مواقع إنجاز المقاطع a و b و c للشكل (ج) على الوثيقة (ت)، بين ذلك بواسطة أسهم

- ✳ يتشكل كل ليف عضلي من تناوب أشرطة فاتحة (isotropique) و أشرطة داكنة (anisotropique)، و يظهر وسط كل شريط داكن منطقة فاتحة تدعى المنطقة H و وسط كل شريط فاتح خط قائم يدعى الحز Z (de l'allemand zwischen, signifiant "entre").
- ✳ تسمى المنطقة المحصورة بين حزتي Z متتالين ساركومير Sarcomère و يعتبر هذا الأخير الوحدة البنوية و الوظيفية للليف العضلي.
- ✳ يتشكل كل ليف عضلي من صنفين من الخييطات العضلية:
  - خييطات سمكية تسمى خييطات الميوزين Myosine.
  - خييطات دقيقة تسمى خييطات الأكتين Actine.

- ✳ يتكون الشريط الفاتح من خييطات الأكتين فقط.
- ✳ يتكون الشريط القاتم من خييطات الميوزين والأكتين.
- ✳ تتضمن المنطقة H خييطات الميوزين فقط.
- ✳ يتكون خييط الميوزين من مئات جزيئات الميوزين (جزيئة بروتينية) وتتكون كل جزيئة ميوزين من ساق ورأسين.
- ✳ تملك جزيئة الميوزين موقعين: موقعا لتثبيت الأكتين وموقعا لتثبيت L'ATP.
- ✳ يتكون خييط الأكتين من مئات جزيئات الأكتين على شكل سلسلتين ملتويتين، ترتبط بهما بروتينات أخرى تسمى تروبونين وتروبوميوزين.

## VI آلية التقلص العضلي

### 1- المظهر الميكانيكي للتقلص العضلي

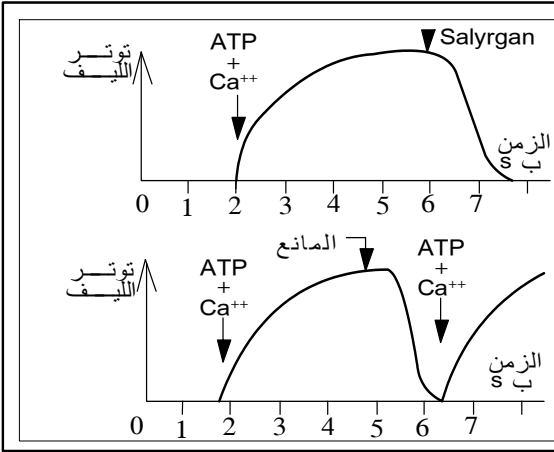


#### ✳ خلال التقلص العضلي:

- ينقص طول الساركومير.
- ينقص طول القرص الفاتح.
- تختفي المنطقة H.
- يحتفظ القرص القاتم بنفس الطول.
- ✳ بما أن طول الأشرطة القاتمة يبقى ثابتا، فليس هناك تقصير للخييطات، بل انزلاق بعضها بالنسبة للبعض، إنها نظرية انزلاق الخييطات.

### 2- متطلبات التقلص العضلي

- ✳ يتقلص الليف العضلي بوجود L'ATP وأيونات الكالسيوم، ويصبح التقلص غير ممكن عند منع حلماة L'ATP أو بغياب  $Ca^{2+}$ .
- ✳ يتطلب إذن التقلص العضلي:
  - وجود أيونات  $Ca^{2+}$ .
  - حلماة جزيئات L'ATP.



تم عزل ألياف عضلية، ووضعت في وسط خاص حيث حافظت على قدرتها على التقلص والتمثلة في نوع من التوتر يمثل البيانين التاليين نتائج قياس التوتر عند هذه الألياف بعد إضافة  $ATP + Ca^{++}$  \*

\*\* مادة ساليركان: سم يكبح حلمأة L'ATP  
\*\* مانع: وهي مادة كيميائية ترتبط بالكالسيوم فتمنع فعله

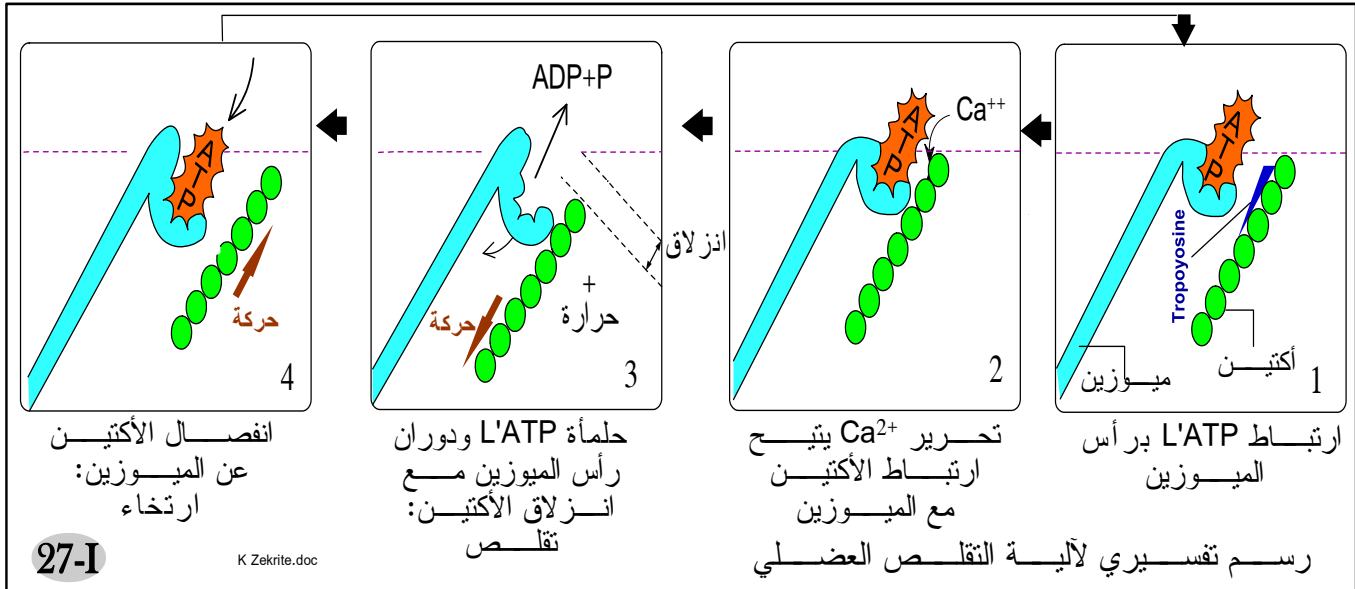
حل هذه النتائج وحدد مستلزمات التقلص العضلي

26-I

### ملحوظة:

تملك الأكتين مواقع تثبيت على الميوزين، لكن هذه المواقع تكون محجوبة بفعل التروبوميوزين، يثبت  $Ca^{2+}$  على التروبونين وهذا يتيح إزاحة التروبوميوزين للكشف عن هذه المواقع.

### 3- آلية التقلص العضلي



- \* يؤدي بلوغ السليالة العصبية إلى الليف العضلي إلى تحرير أيونات  $Ca^{2+}$  المدخرة في قنوات الشبكة الساركوبلازمية.
- \* تؤدي أيونات  $Ca^{2+}$  إلى كشف مواقع اتحاد الأكتين على الميوزين.
- \* ترتبط رؤوس الميوزين بجزئيات الأكتين عن طريق روابط مؤقتة تسمى قناطر مستعرضة، بذلك ينشأ مركب أكتوميوزين.
- \* يحفز مركب الأكتوميوزين حلمأة L'ATP المرتبطة برأس الميوزين.
- \* تؤدي الطاقة الناجمة عن حلمأة L'ATP إلى دوران رؤوس الميوزين مما يسبب انزلاق خيوط الأكتين المرتبطة بها نحو مركز الساركومير، بذلك تتحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية تتمثل في تقصير طول الساركومير وتقصير العضلة.

✿ تتكرر نفس الظاهرة طالما وجدت أيونات  $Ca^{2+}$  حتى تنتهي التنبيهات، حينئذ تضخ هذه الأيونات داخل الشبكة الساركوبلازمية.

✿ بوجود جزيئات ATP جديدة، تنفصل رؤوس الميوزين عن الأكتين مما يؤدي إلى الارتخاء.

✿ في غياب  $L'ATP$ ، تبقى رؤوس الميوزين مرتبطة بالأكتين فلا يحدث الارتخاء وتبقى العضلة متقلصة، هذا ما يفسر التيبس الجثي الذي يلي الموت بقليل.

### ملحوظة:

- يهدر جزء من الطاقة المحررة خلال حلمة  $L'ATP$  في شكل حرارة، إذ تمثل حرارة التقلص (حرارة ابتدائية).
- هناك بعض المخدرات تحجز تحرير  $Ca^{2+}$  من الشبكة الساركوبلازمية فلا يحدث التقلص حتى ولو توصلت العضلة برسالة عصبية.

## V تجديد $L'ATP$

### 1- ضرورة تجديد $L'ATP$ خلال التقلص العضلي

المسافة التي يقطعها العداء	$L'ATP$ ب mmol/kg من العضلة	الفوسفوكرياتين ب mmol/kg من العضلة	الحمض اللبني ب mmol/l من الدم
انطلاق الجري (0m)	05	12	02
40m	05	06	4,5
80m	4,5	4,4	7,5
100m	4,2	04	08

عند عداء مختص في العدو السريع تم تتبع تطور تركيز بعض المركبات الكيميائية في الدم وفي العضلة. تمت القياسات عند انطلاق الجري وعند قطع المسافات: 100m، 80m، 40m.

يمثل الجدول جانبه نتائج هذه المعايرة

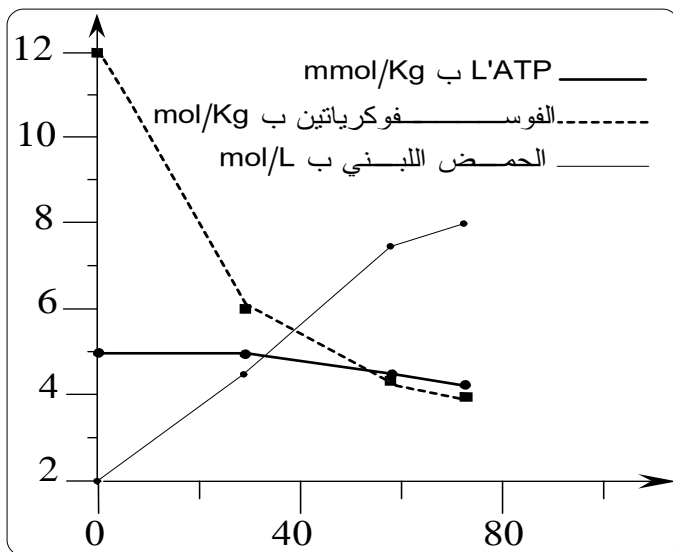
1- مثل على نفس المعلم تغير مختلف المركبات حسب المسافة المقطوعة

2- حلل المنحنيات المحصل عليها.

3- علما أن الطاقة اللازمة للنشاط العضلي تستمد من  $L'ATP$ ، اقترح تفسيراً لقيم هذه الجزيئة خلال العدو.

4- اعتماداً على هذه الدراسة وعلى خطاطة الوثيقة 29، حدد مختلف طرق تجديد  $L'ATP$ ، خلال التقلص العضلي

28-I



1- البيان

100m

2- بزيادة المسافة المقطوعة من طرف العداء، نسجل:

- نقصان كمية الفوسفوكرياتين.

- زيادة تركيز الحمض اللبني.

- أما تركيز L'ATP في العضلة فلا يتغير إلا قليلا.

3- رغم الاستهلاك الكبير لجزيئات L'ATP على مستوى العضلة خلال النشاط، فإن تركيز هذه الجزيئات الخازنة للطاقة لا يتغير كثيرا، وهذا يفرض وجود طرق لتجديد هذه الجزيئات.

4- تبرز هذه الدراسة سبيلين لتجديد L'ATP:

- عن طريق ظاهرة التخمر، هذا ما يفسر زيادة الحمض اللبني عند العداء.

- من خلال تحول الفوسفوكرياتين: الفوسفوكرياتين (CP) مركب غني بالطاقة، يوجد في

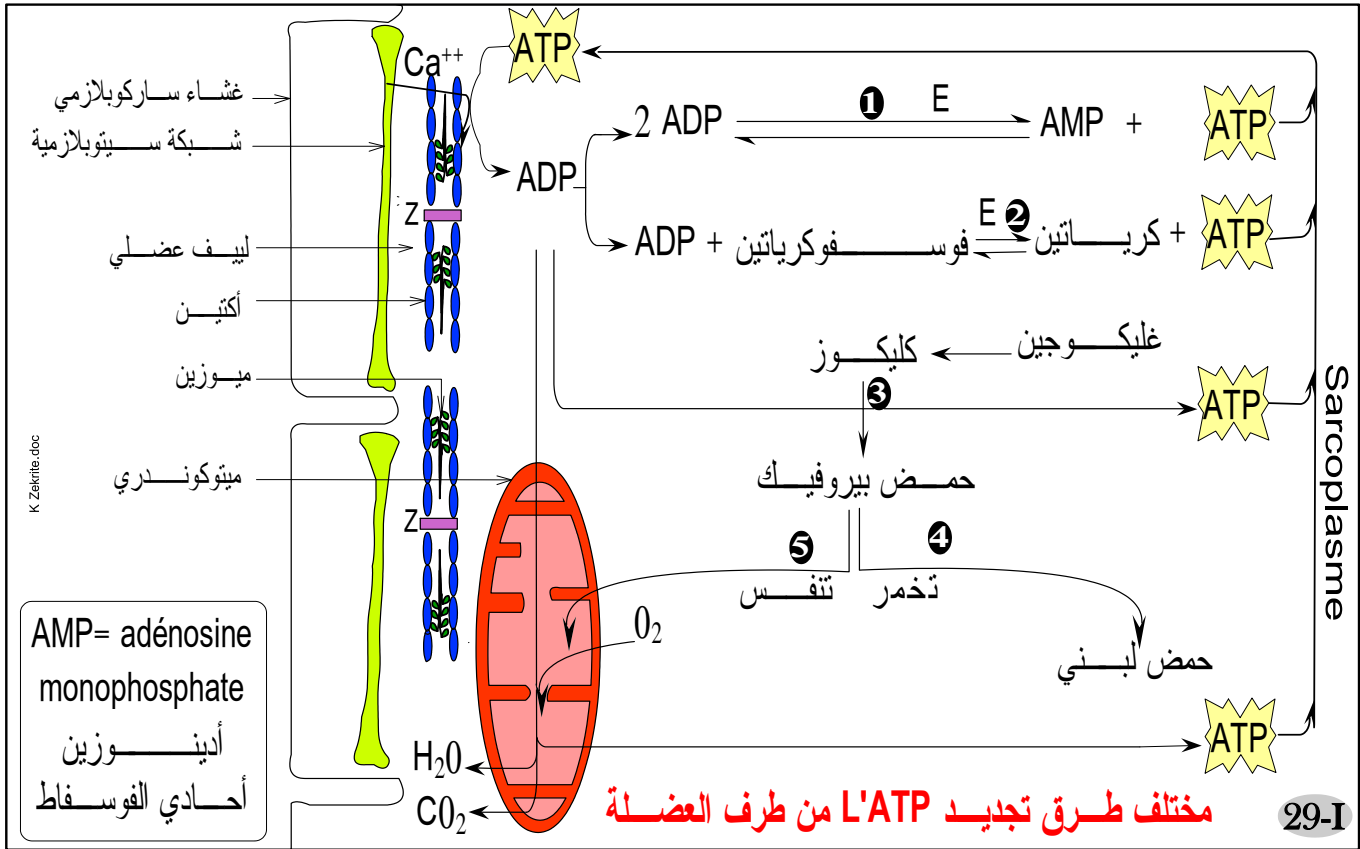
الألياف العضلية. يتفاعل مع L'ADP وفق التفاعل التالي:



Enzyme

C = كرياتين

## 2- طرق تحديد L'ATP (انظر الوثيقة 29)



حسب سرعة تجديد L'ATP، يمكن التمييز بين 3 طرق:

أ- طريق سريع لاهوائي:

\* التفاعل الأول:



\* التفاعل الثاني:



\* يصحب هذان التفاعلان بتحرير الحرارة الأولية

### ب - تفاعلات متوسطة السرعة لاهوائية:

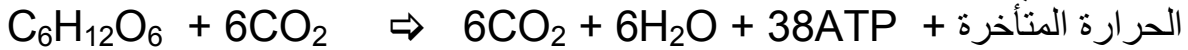
\* تتمثل في التخمر اللبني، حيث تتم حلمأة الغليكوجين العضلي إلى كليكوز، يخضع هذا الأخير للانحلال في الجبلة الشفافة إلى حمض لبني، وفي غياب O<sub>2</sub> يتحول حمض بيروفيك إلى حمض لبني.



\* يسبب تراكم الحمض اللبني انخفاض PH العضلة و بالتالي انخفاض فعالية الأنزيمات وانخفاض الإستقلاب العضلي مما يؤدي إلى التعب العضلي. عندما تعود العضلة إلى الراحة، يعود الحمض اللبني إلى الكبد فيتحول إلى حمض بيروفيك ثم إلى كليكوجين.

### ج - تفاعلات بطئة هوائية:

\* بوجود O<sub>2</sub> وبعد انحلال الكليكوز إلى حمض بيروفيك يدخل هذا الأخير في التأكسدات التنفسية داخل الميتوكوندري:



\* يعتبر هذا التفاعل مصدر الحرارة المتأخرة.

### 3- مصادر الحرارة المطروحة:

إن مصدر الحرارة المحررة من طرف العضلة، هو التفاعلات الكيميائية.

\* الحرارة الابتدائية: تصدر الحرارة الابتدائية من التفاعلات اللاهوائية وتعود بالأساس إلى صنفين من التفاعلات:

⇐ تفاعلات حلمأة ATP: خلال التقصص العضلي تتم حلمأة ATP حسب التفاعل التالي:



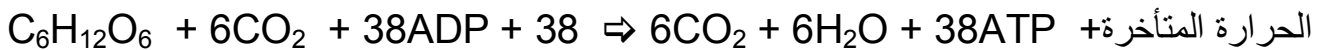
يستغل جزء من هذه الطاقة لدوران رؤوس الميوزين (طاقة ميكانيكية) لكن جزءا منها يهدر في شكل طرح حراري (حرارة التقصص).

⇐ التفاعلات اللاهوائية لتجديد ATP:



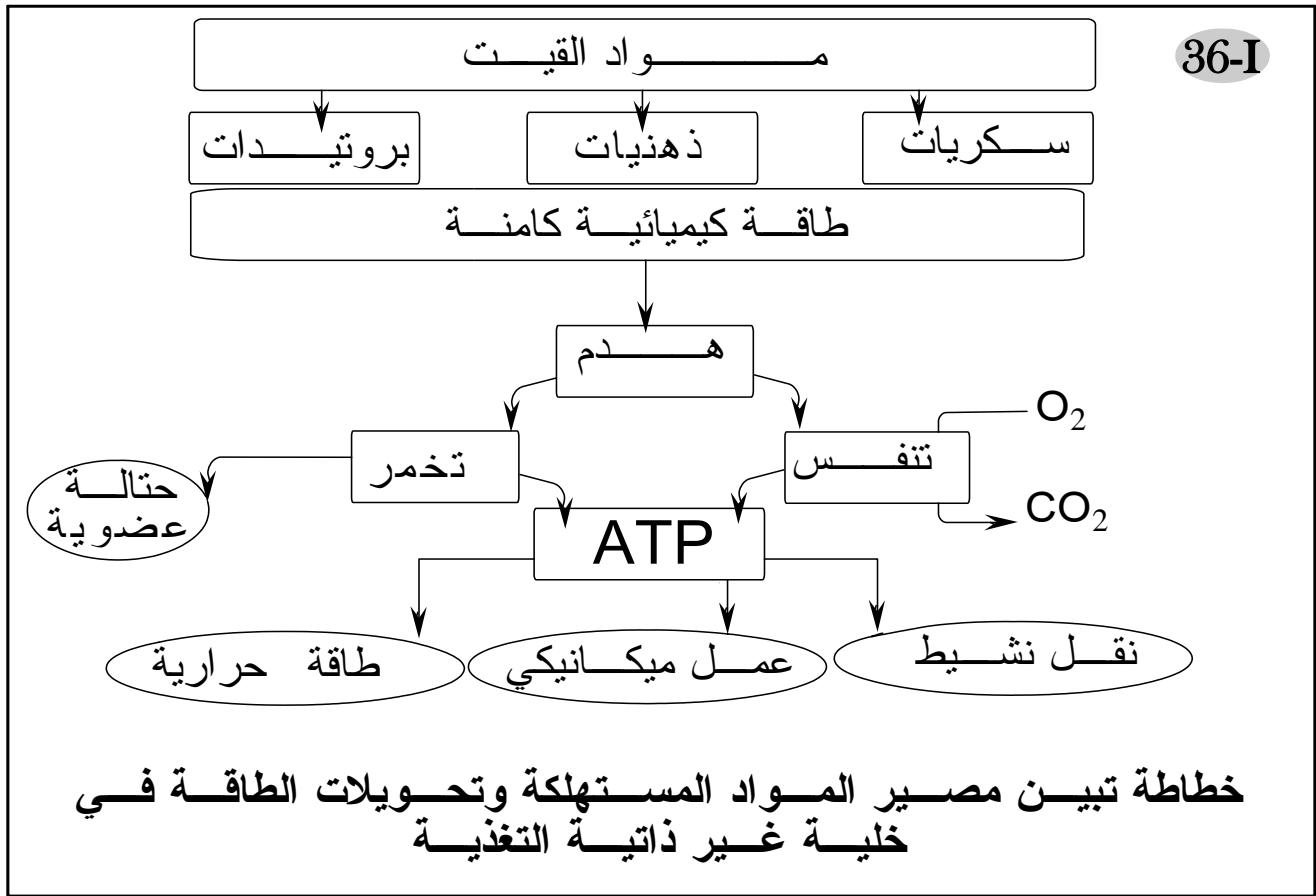
- تفاعلات التخمر اللبني

\* الحرارة المتأخرة: تصدر الحرارة المتأخرة من التفاعلات الهوائية وتعود بالأساس إلى تفاعلات التنفس الخلوي:



- ✱ تحول العضلة الطاقة الكيميائية الناتجة عن حلمأة L'ATP إلى طاقة ميكانيكية تتمثل في انزلاق خيوطات الأكتين بالنسبة للميوزين.
- ✱ يصرف جزء من هذه الطاقة على شكل حرارة (طاقة حرارية).
- ✱ تلعب العضلة إذن دور محول للطاقة من حالتها الكيميائية إلى حالتها الميكانيكية والحرارية.

## حصيلة عامة للوحدة الأولى في شكل خطاطة



رجاء لا تنسوني من صالح دعائكم  
خديجة زكريط

# المراجع

- ◀ الكتاب المدرسي لمادة العلوم الطبيعية السنة الثالثة ثانوي شعبة العلوم التجريبية.
- ◀ الكتاب المدرسي لمادة العلوم الطبيعية السنة الثانية ثانوي شعبة العلوم التجريبية.
- ◀ في رحاب علوم الحياة والأرض (الكتاب المدرسي) السنة الثانية من سلك البكالوريا شعبة العلوم التجريبية مسلك علوم الحياة والأرض.
- ◀ الجديد في علوم الحياة والأرض (الكتاب المدرسي) السنة الثانية من سلك البكالوريا شعبة العلوم التجريبية مسلك علوم الحياة والأرض.
- ◀ الامتحانات الوطنية للبكالوريا مادة علوم الحياة والأرض شعبة العلوم التجريبية مسلك علوم الحياة والأرض.
- ◀ سلسلة باك الأكاديميات.

## علوم الحياة والأرض تمارين وحلول سلسلة TOP SVT

- Sciences de la vie et de la terre Régis Demounem, Joseph Gourlaouen, Eric Périlleux 1<sup>re</sup> S NATHAN
- Biologie Sciences de la vie et de la terre Tavernier Première L et ES Bordas
- Sciences de la vie et de la terre Tavernier C Lizeaux T<sup>erm</sup>S Bordas