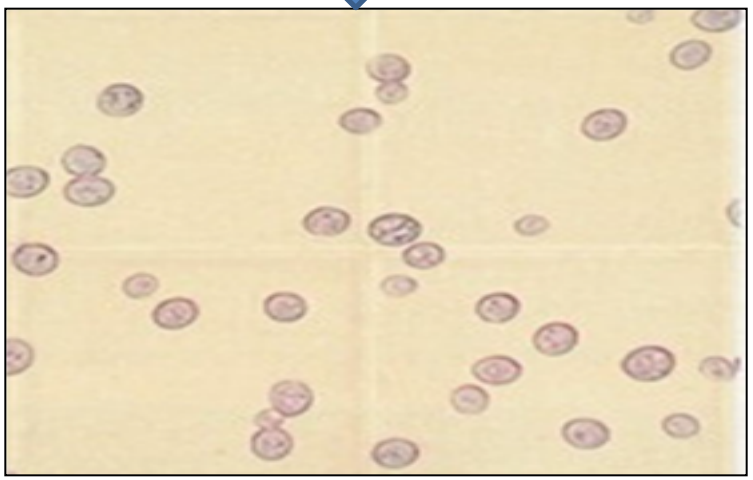
الوحدة :1استهلاك المادة العضوية و تدفق الطاقة

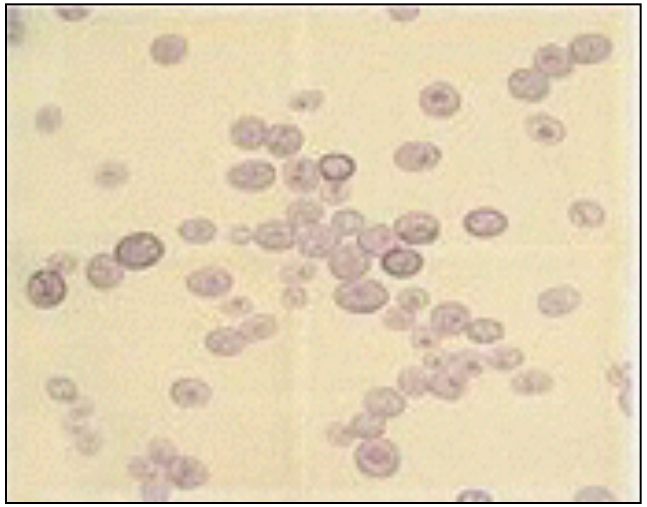
الفصل1: التفاعلات المسؤولة عن تحرير الطاقة الكامنة في المادة العضوية

الوضعية مشكلة

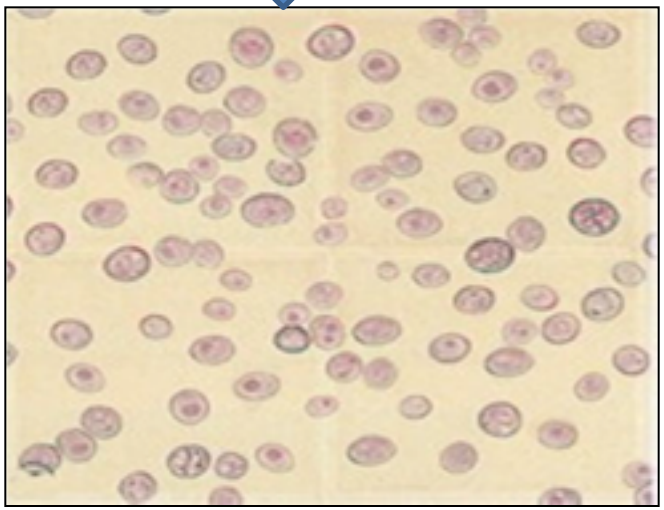
1- وصف الملاحظة المجهرية(بداية التجربة): في الوسطين حيهوائي و حي لاهوائي يكون عدد خلايا الخميرة ضعيفا (34 خلية تقريبا)



حي لاهوائي (نهاية التجربة) يصل عدد خلايا الخميرة حوالي 72 خلية :نسجل



حيهوائي(نهاية التجربة) يزداد عدد خلايا الخميرة ليصل 120 خلية :نسجل



3- ATP المنتجة في الوسطين تختلف :

ضعيفة في غياب 02

مهمة بوجود 02

وسط الزرع	تطور خلايا الخميرة	ATP المنتجة بالنسبة لجزيئة الكليكوز	استنتاج بوجود 02
وسط حيهوائي	نمو وتطور مهم	38 ATP أو 36 ATP	تنتج خلايا الخميرة كمية مهمة من الطاقة تمكنها من النمو و التكاثر بشكل جيد
وسط حي لاهوائي	نمو وتطور ضعيف	2 ATP	02 تنتج خلايا الخميرة كمية ضعيفة من الطاقة لا تمكنها من النمو و التكاثر

الإشكالية المطروحة : كيف يمكن تفسير اختلاف كمية ATP المنتجة في الوسطين الحيهوائي و الحي لاهوائي

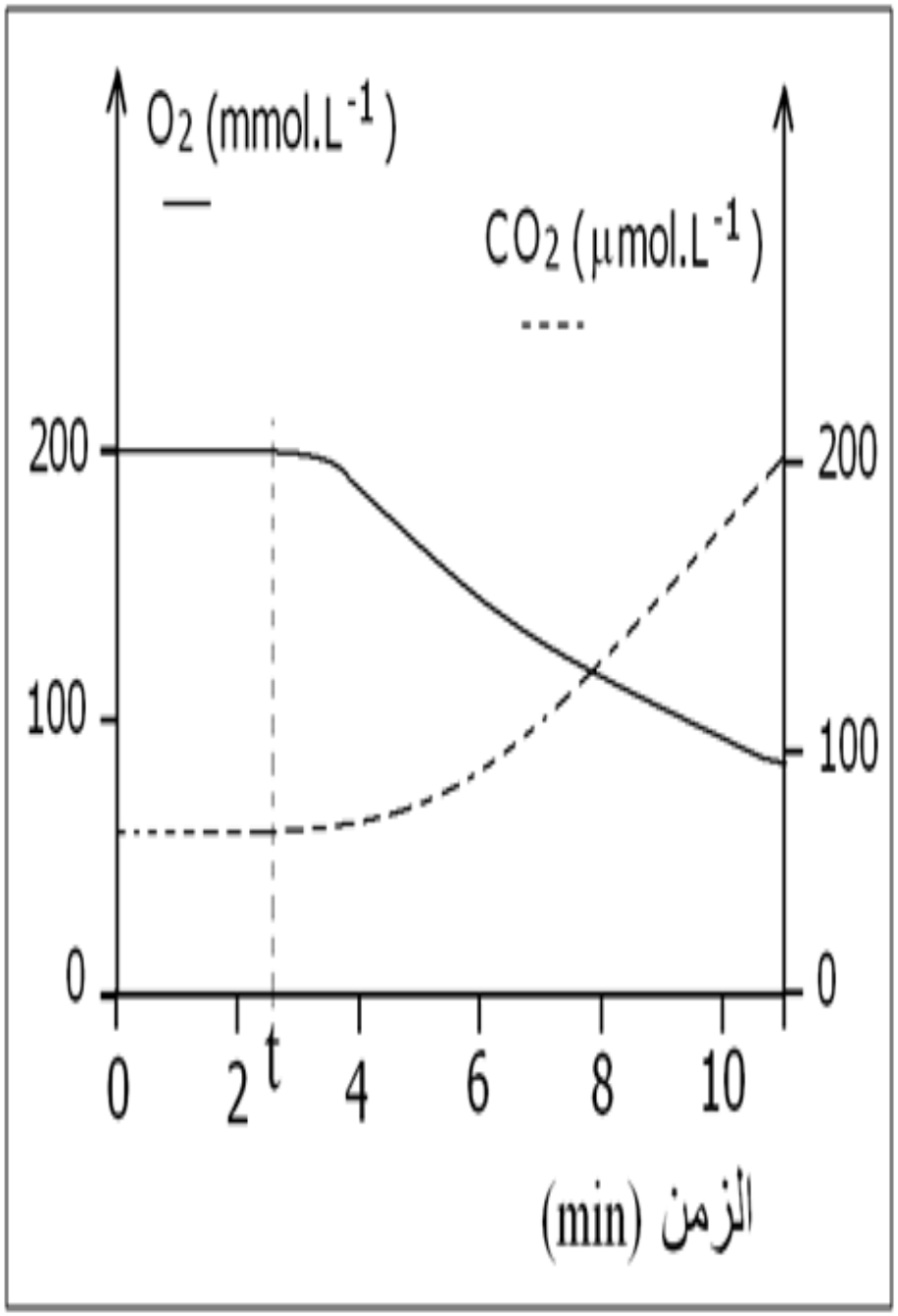
- الكشف عن التفاعلات المسؤولة عن تحرير الطاقة الكامنة في المادة العضوية

1- التنفس الخلوي

التجربة1: تم وضع محلول خميرة داخل مفاعل إحيائي و بوجود 0_2 مع إضافة كمية من الكليكوز 10غ في الليتر في الزمن t

1- صف تطور تركيزكل من C02 و 0_2 حسب الزمن قبل و بعد إضافة الكليكوز داخل المفاعل الإحيائي؟

2- ماهي الظاهرة الخلوية التي تحدث في وسط الزرع ؟ استخرج مظاهرها ثم أكتب تفاعلها الإجمالي؟



1- الوصف :

-قبل إضافة الكليكوز يبقى تركيز كل من 02 و C02 تابثا داخل المفاعل الإحيائي

- بعد إضافة الكليكوز نسجل ارتفاعا تدريجيا في تركيز C02 مقابل انخفاض في تركيز 02

2- التنفس الخلوي : مظاهره و تفاعله الإجمالي

-تستهلك خلايا الخميرة الكليكوز كمستقلب طاقي و 02

- نقول أن خلايا الخميرة تتنفس

-تطرح خلايا الخميرة C02 في الوسط كما يتكون H20

-نواتج (حتالة) معدنية دون قيمة طاقية H20 و CO2

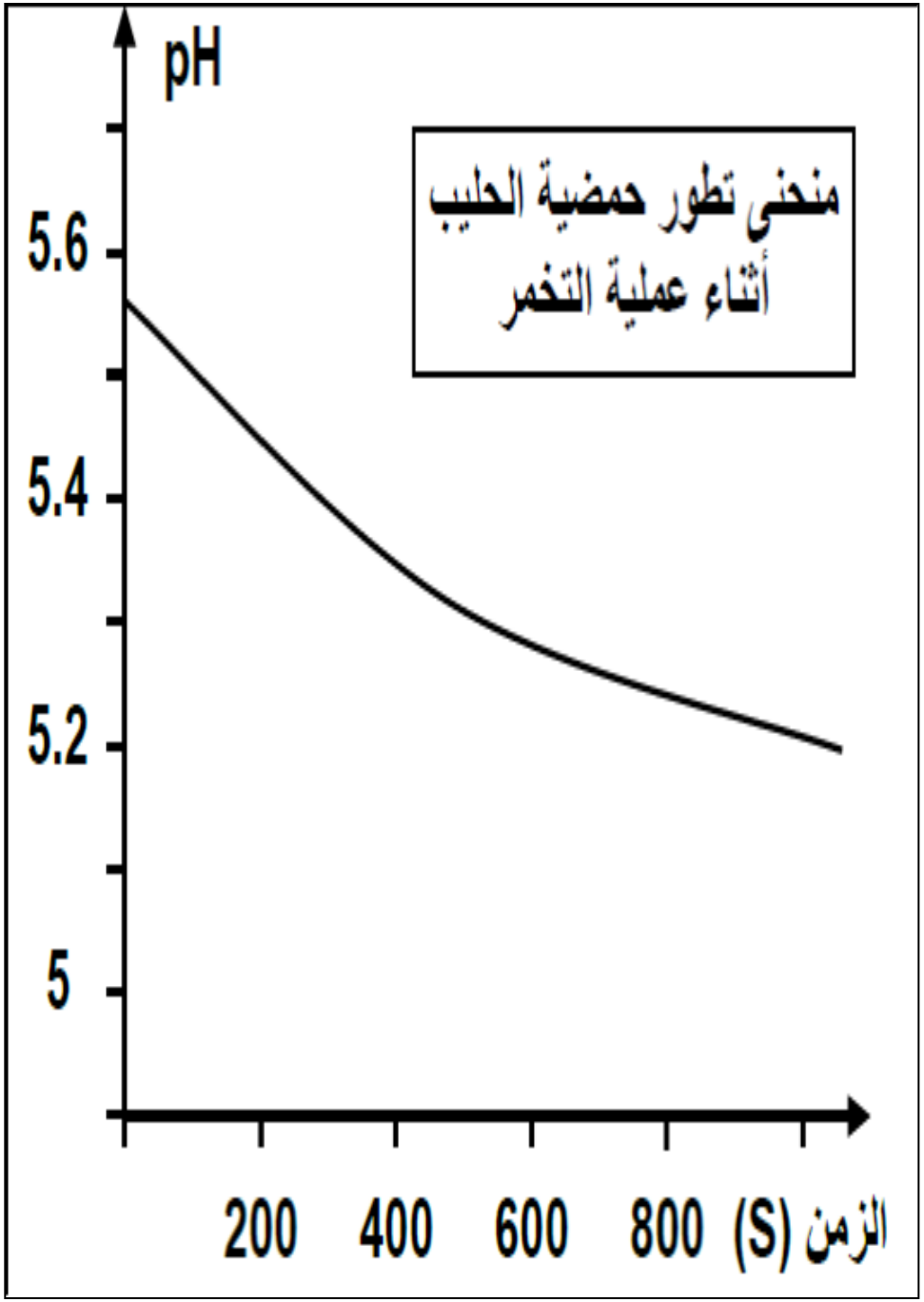
-التفاعل الإجمالي للتنفس الخلوي

C6H1206 + 6 02 +38ADP+38Pi

6 C02 + 38ATP + H206

التنفس إذن ظاهرة خلوية للهدم الكلي للكليكوز في وسط حيهوائي مع إنتاج طاقة مهمة (38 ATP)وتكون حتالة معدنية

2- أ/ التخمر اللبني



التجربة3: نضع داخل قارورة كمية من الحليب مع الحرص على طرد الهواء للحصول على وسط حي لاهوائي.نضع داخل الحليب مجس PH ونتتبع تطور حمضية الحليب حسب الزمن :

1- صف تطور تركيز PH حسب الزمن؟

2- استنتج العلاقة بين تطورPH و هدم الكليكوز ثم أكتب التفاعل الإجمالي للظاهرة المعنية ؟

1- الوصف

مع مرور الزمن ينخفض PH في الوسط حيث تنتقل قيمته من 5,5 الى 5,2.

ترتفع إذن حمضية الحليب مع الزمن

2- تفسير و استنتاج

تقوم عصيات الحليب بهدم الكليكوز في غياب O_2

مما ينتج عنه تكون الحمض اللبني (ينخفض PH)

نتكلم عن ظاهرة التخمر اللبني

الحمض اللبني حتالة عضوية خازنة للطاقة :

التخمر اللبني إذن ظاهرة للهدم الجزئي للكليكوز

وبالتالي كمية الطاقة المنتجة ستكون ضعيفة 2ATP فقط

التفاعل الإجمالي للتخمر اللبني :

$$C_6H_{12}O_6 + 2ADP + 2Pi \rightarrow 2CH_3CHOHCOOH + 2ATP$$

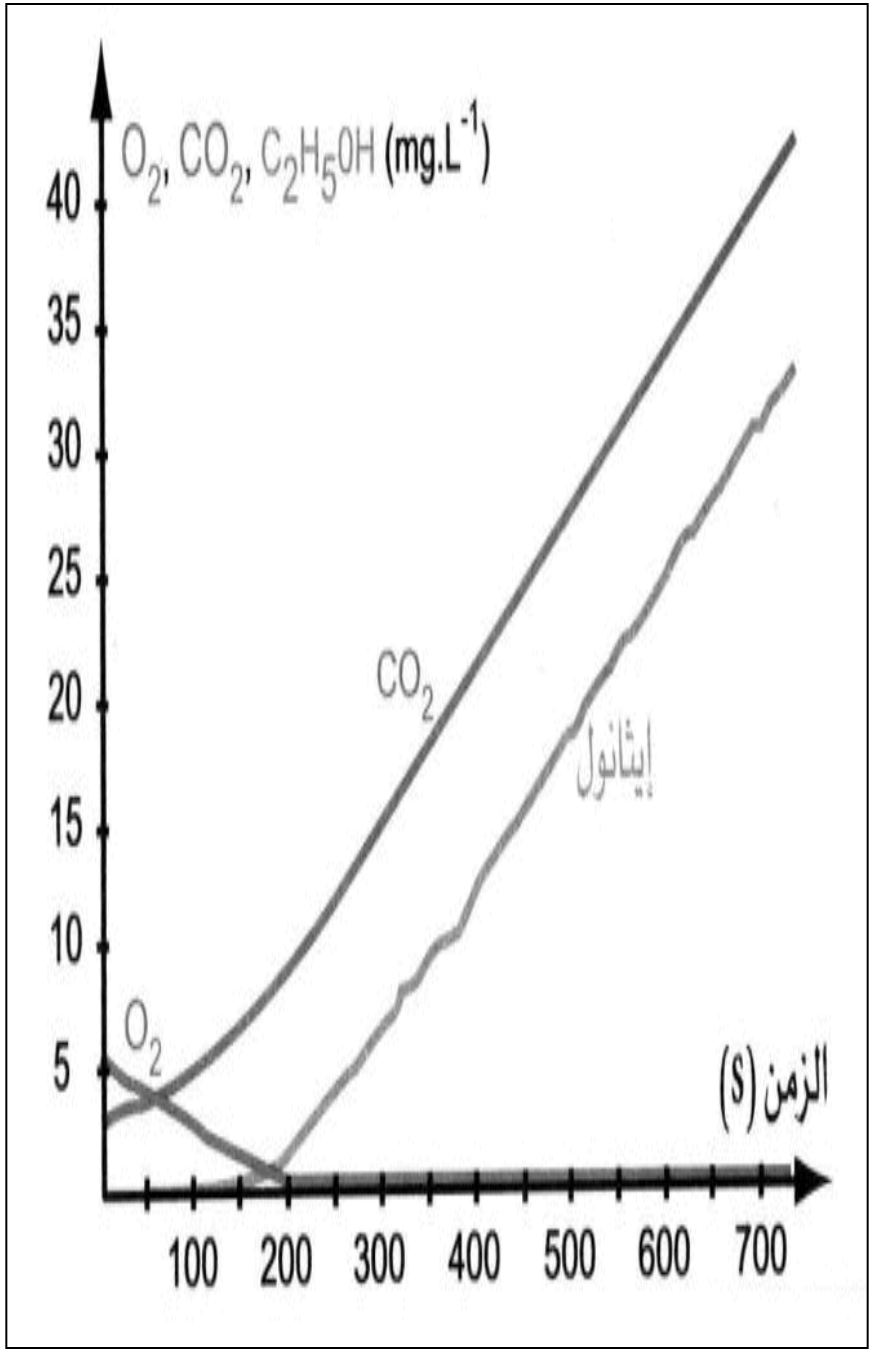
التخمر ظاهرة خلوية للهدم الجزئي للكليكوز في وسط حي لاهوائي مع إنتاج طاقة ضعيفة (2ATP)وتكون حتالة عضوية

2- ب/ التخمر الكحولي

التجربة 2: تم وضع محلول خميرة داخل مفاعل إحيائي و بغياب 0_2 مع إضافة كمية من الكليكوز 10غ في الليتر

1- صف تطور تركيز الإيتانول و C02 حسب الزمن داخل المفاعل الإحيائي؟

2- ماهي الظاهرة الخلوية التي تحدث في وسط الزرع ؟ إستخرج مظاهرها ثم أكتب تفاعلها الإجمالي؟



1- الوصف

بوجود خلايا الخميرة وفي وسط حي لاهوائي :

-يرتفع تدريجيا تركيز ثنائي أوكسيد الكربون

-ترتفع بشكل تصاعدي كمية الإيتانول (C_2H_5OH) (الكحول الإيتيلي)

2- تفسير و استنتاج: بوجود خلايا الخميرة

-تتم الظاهرة المعنية في غياب 02 و ينتج عنها الكحول الإيتيلي يتعلق الأمر ب التخمر الكحولي .

- يتم استهلاك الكليكوز كمستقلب طاقي

- يتم تخليص الإيتانول و هي حتالة عضوية خازنة للطاقة الكيميائية : الكليكوز أثناء التخمر الكحولي يخضع إذن للهدم الجزئي

-التفاعل الإجمالي للتخمر الكحولي :

$$C6H12O6+2ADP+2Pi \longrightarrow 2\ C02 + 2\ C2H5OH+2ATP$$

-التفاعل الإجمالي للتنفس الخلوي

$$C_6H_{12}0_6 + 6\ 02 + 38ADP + 38P_i \rightarrow 6\ C02 + H_20_6 + 38ATP$$

التفاعل الإجمالي للتخمر اللبني :

$$C_6H_{12}O_6 + 2ADP + 2P_i \rightarrow 2CH_3CHOHCOOH + 2ATP$$

التفاعل الإجمالي للتخمر الكحولي : -

$$C_6H_{12}O_6 + 2ADP + 2P_i \rightarrow 2\ C0_2 + 2\ C_2H_5OH + 2ATP$$

انحلال الكليكوز: مرحلة - II
مشتركة بين التنفس و التخمر

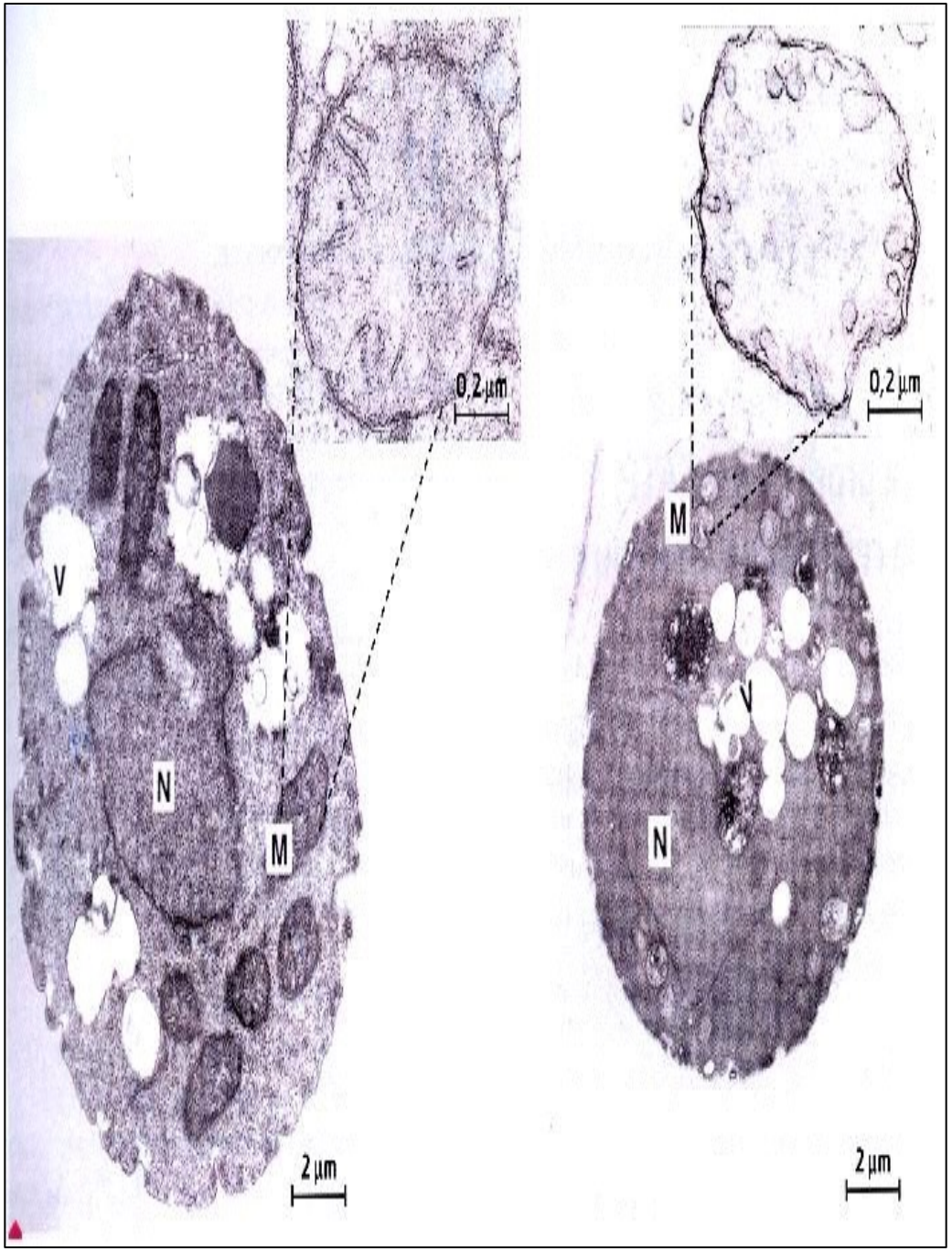
1- موقع حدوث التنفس الخلوي و التخمر داخل الخلية

1- معتمدا على الوثيقة1 أرسم الخليتان و قارن بينهما

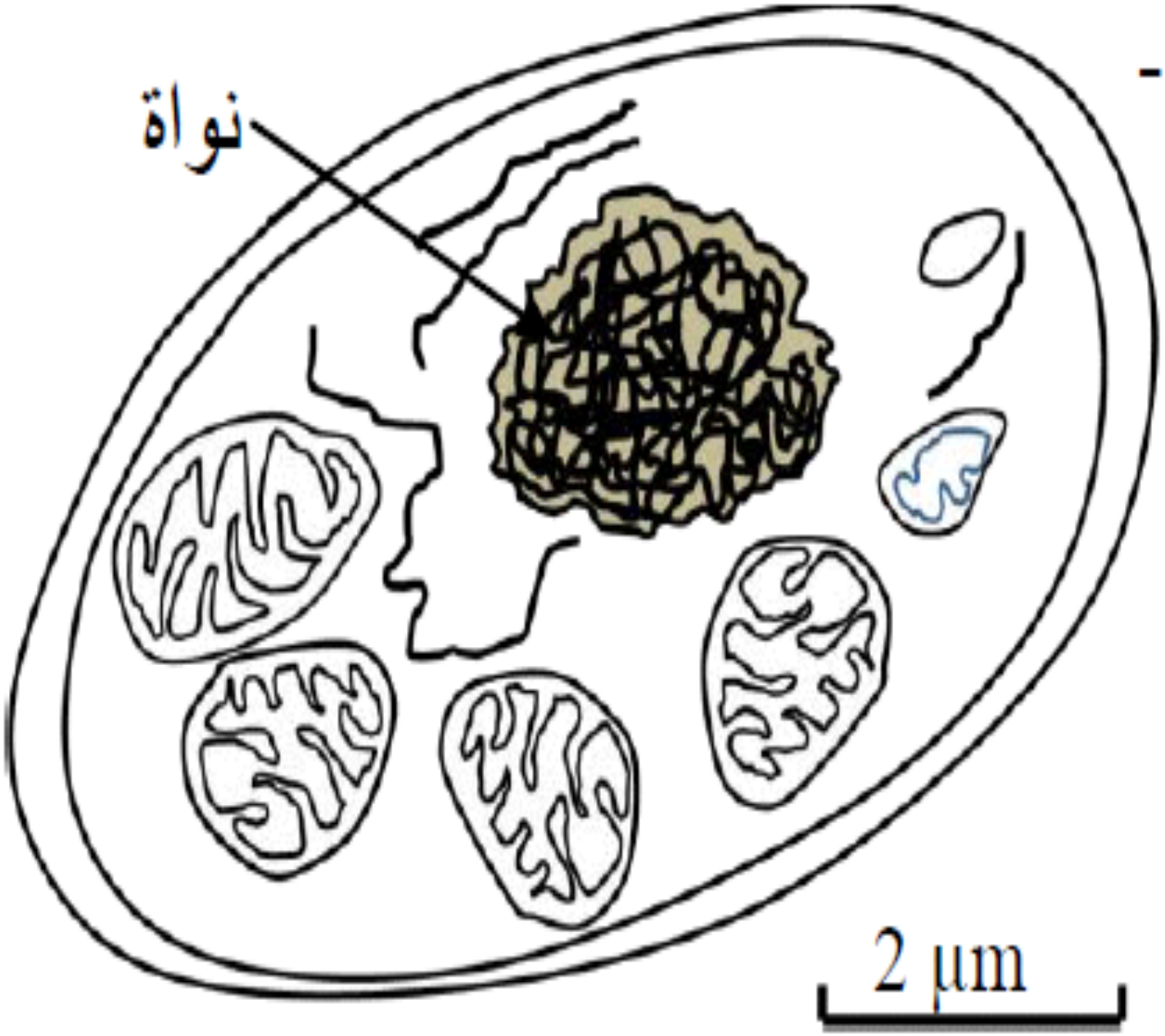
2- حدد العلاقة التي تربط بين وجود الميتوكندري و 0_2

3- اقترح فرضية حول موقع حدوث التنفس و التخمر

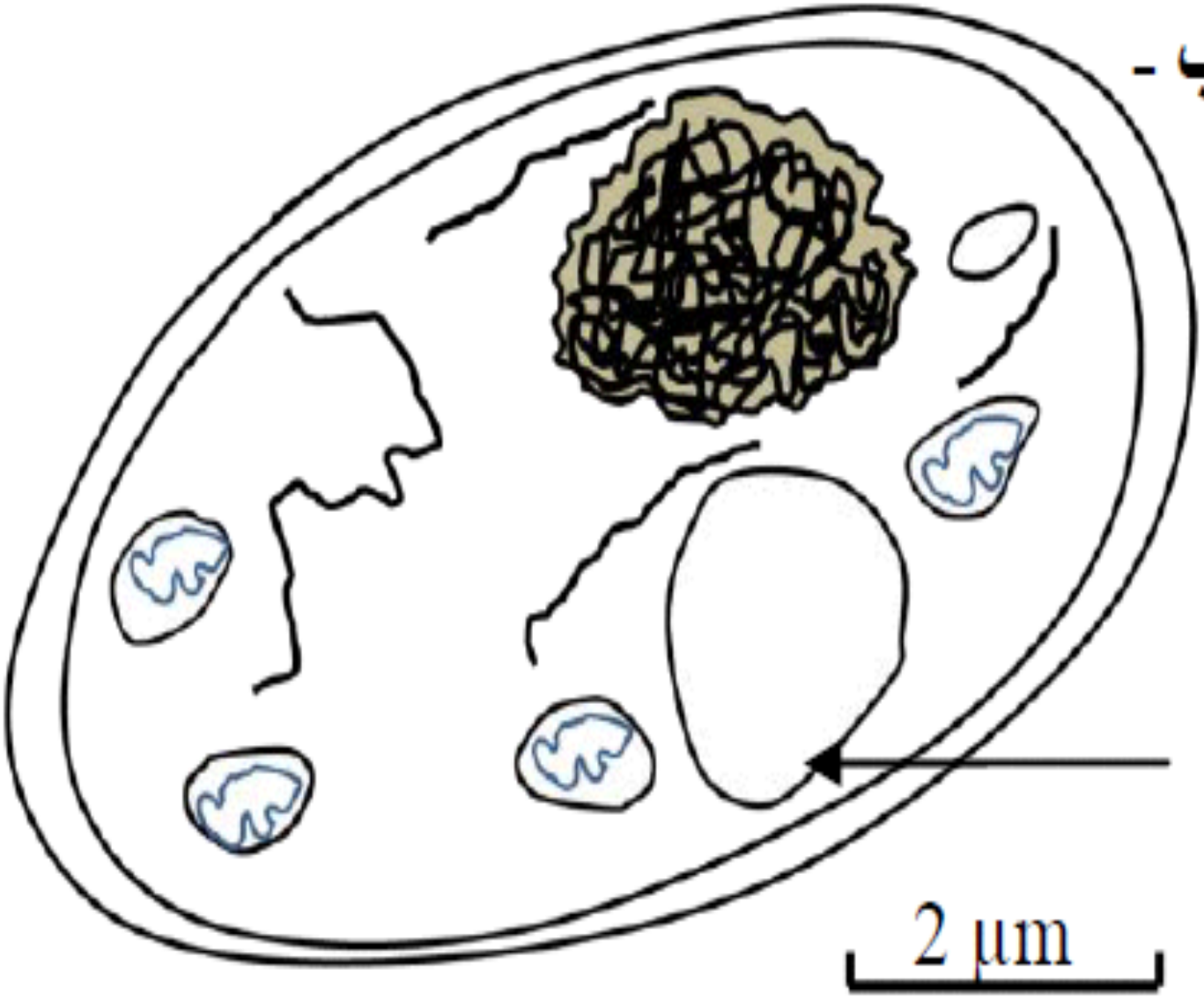
4- صف نتائج الوثيقة 2 .ماهو القاسم المشترك بين الظاهرتين



الشكل - أ -



الشكل - ب -



1-

أ/ الخلية في الوسط الحيهوائي تضم ميتوكوندريات كثيرة العدد و متطورة (لها أعراف)

ب/ الخلية في الوسط حي لاهوائي تضم ميتوكندريات قليلة العدد و غير متطورة (ليست لها أعراف)

2- يتم استهلاك 02 من طرف الخلية على مستوى الميتوكندري

3- التنفس الخلوي يحدث في الجبلة الشفافة و الميتوكندري بينما يتم التخمر في الجبلة الشفافة فقط

2- الكشف عن مراحل أكسدة الكليكوز

الوثيقة 2	الوسط الخارجي يحتوي على 0_2			الوسط الخارجي لايحتوي على 0_2		
الزمن	الوسط الخارجي	الجبلة الشفافة	ميتوكندري	الوسط الخارجي	الجبلة الشفافة	ميتوكندري
To	G^{+++}			+++G		
T1	G^{+}	++G		+G	++G	
T2		++AP	+AP	C02	AP++ +ايتانول	

4- وصف نتائج الجدول :

- الوسط الخارجي يحتوي على 02 :

من T0 الى T1يدخل الكليكوز من الوسط الخارجي الى الجبلة الشفافة ثم يتحول الى حمض بيروفيك أثناء T2 لينتقل بعد ذلك الى داخل الميتوكندري

الوسط الخارجي لايحتوي على O_2 :

من T_0 الى T_1 ينتقل الكليكوز من الوسط الخارجي الى الجبلة الشفافة ثم يتحول الى حمض بيروفيك أثناء T_2 .

حمض بيروفيك بدوره يعطي ايتانول و CO_2.

القاسم المشترك بين التنفس و التخمر :

يخضع الكليكوز للإنحلال داخل الجبلة الشفافة ليعطي حمض بيروفيك نتكلم عن انحلال الكليكوز . نستخلص أن انحلال الكليكوز مرحلة مشتركة بين التنفس و التخمر .

3- تفاعلات انحلال الكليكوز

1- معتمدا على الوثيقة3 صف مراحل انحلال الكليكوز داخل الجبلة الشفافة.

2- استخرج حصيلة انحلال الكليكوز.

3- اكتب التفاعل الإجمالي لهذه المرحلة.

4- أتمم الخطاطة أسفله بتحديد نوعي التخمر و نواتجهما.

انحلال الكليكوز مرحلة مشتركة بين التنفس والتخمر تتم داخل **الجبلة الشفافة** عبر سلسلة من التفاعلات الكيميائية المحفزة بأنزيمات نوعية.

تكون الفريكتوز ثنائي الفوسفاط

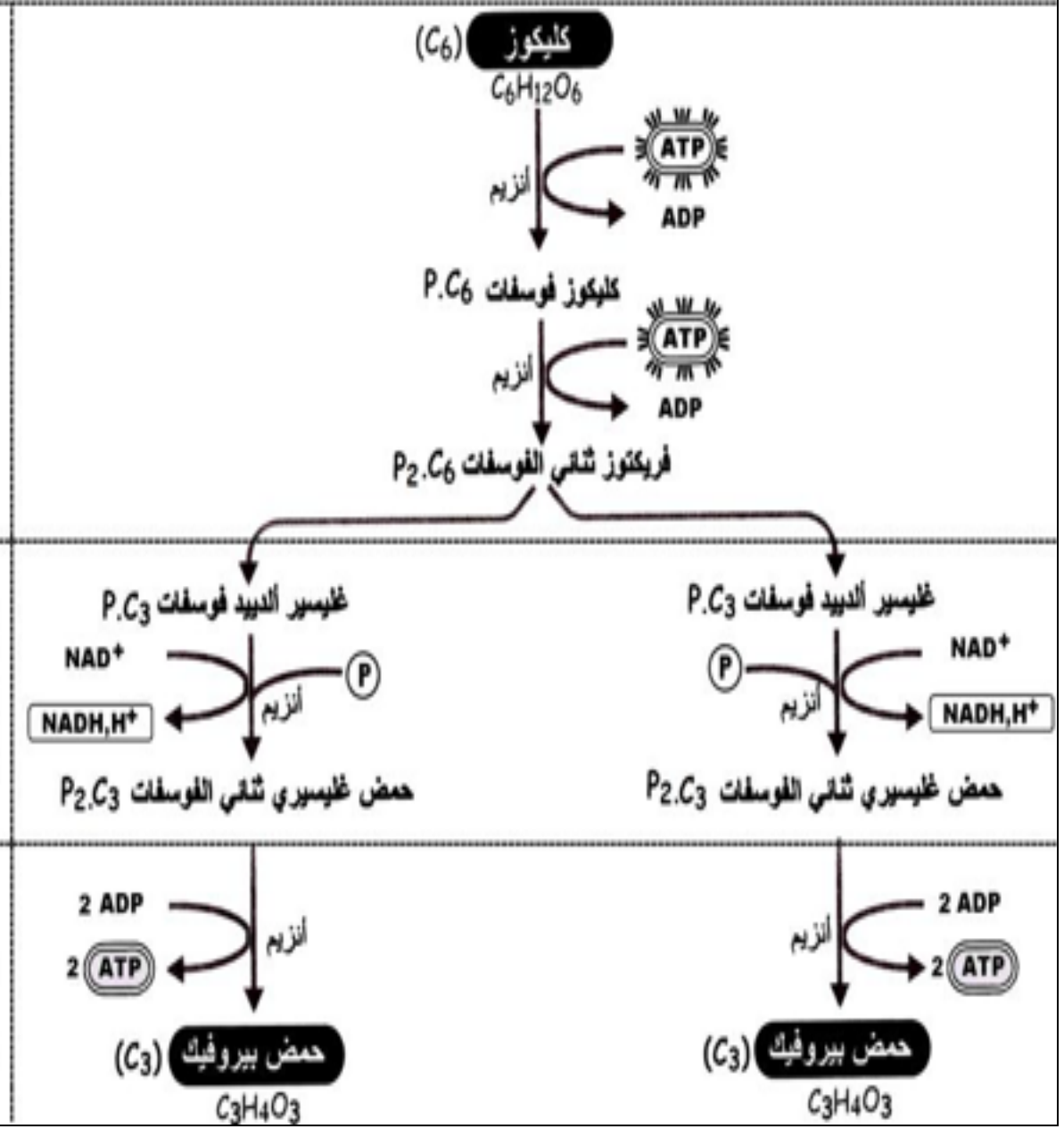
إستهلاك 2ATP

تكون جزيئتين من حمض كليسيري 2P

إنتاج 2NADH,H

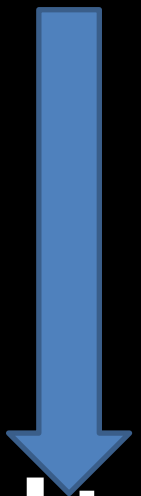
تكون 2 حمض بيروفيك

إنتاج 4ATP



التفاعل الإجمالي لانحلال الكليكوز:

كليكوز+2ADP+2Pi+ 2NAD +

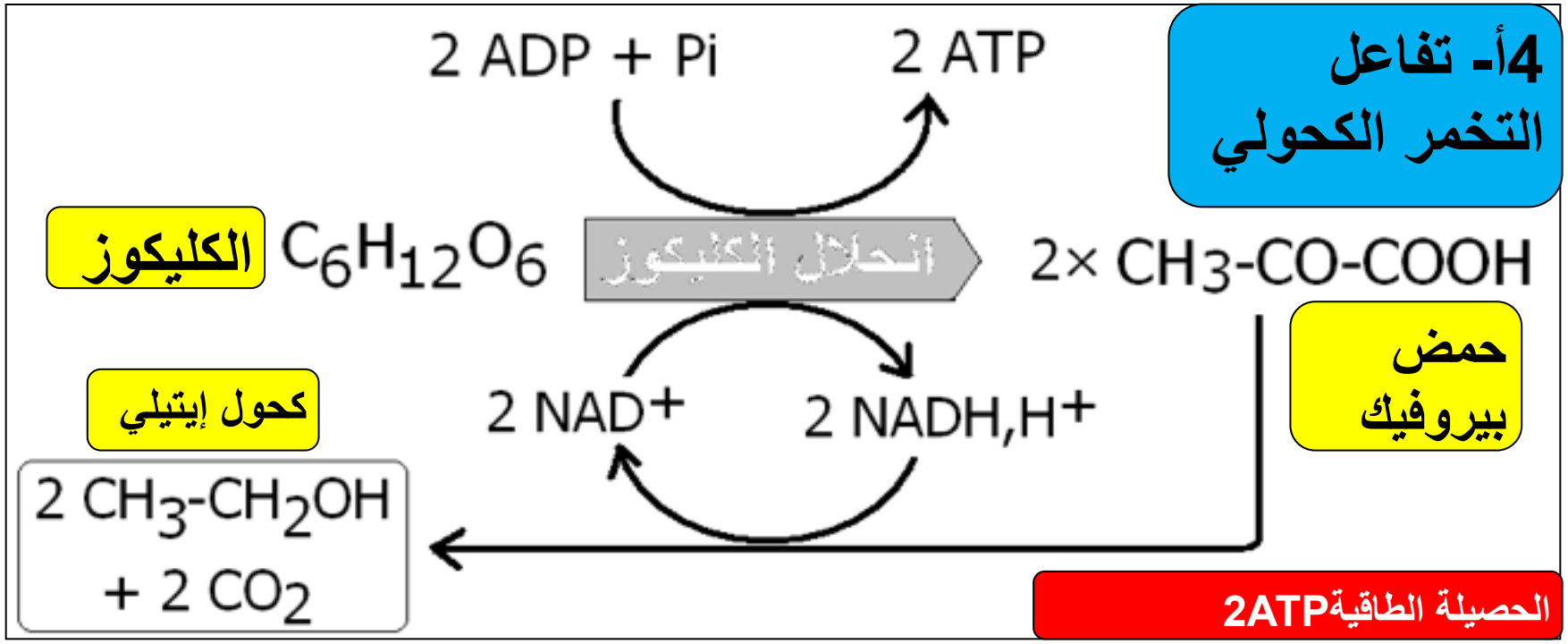


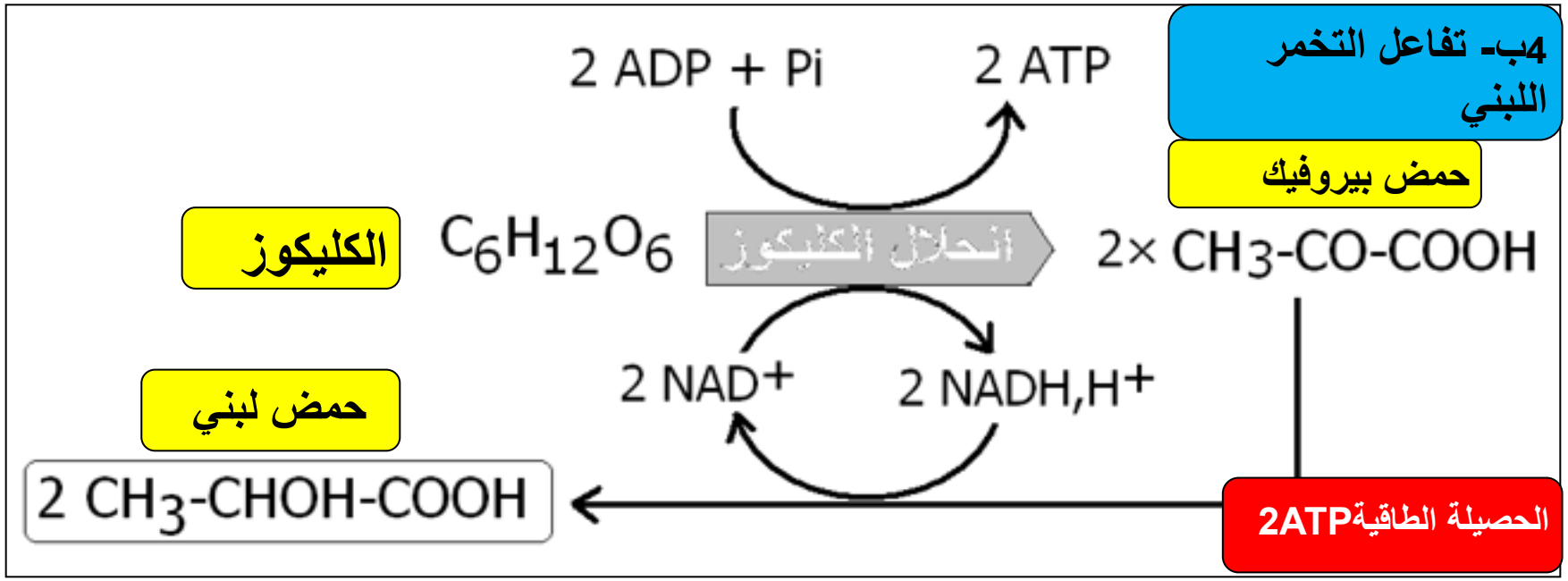
2حمض بيروفيك+2NADH,H+ 2ATP+

انحلال الكليكوز:

مجموعة من التفاعلات التي تحدث داخل الجبلة الشفافة و تسمح بالهدم الجزئي للكليكوز ليعطي جزيئتين من حمض بيروفيك مع إنتاج 2ATP.

4- تفاعل التخمر الكحولي و التخمر اللبني


4أ- تفاعل التخمر الكحولي
2 ADP + Pi
2 ATP
الكليكوز
$C_6H_{12}O_6$
انحلال الكليكوز
$2\times CH_3\text{-}CO\text{-}COOH$
حمض بيروفيك
2 NAD^+
2 $NADH,H^+$
كحول إيتيلي
$2\ CH_3\text{-}CH_2OH$
$+\ 2\ CO_2$
الحصيلة الطاقية2ATP


4ب- تفاعل التخمر اللبني
2 ADP + Pi
2 ATP
حمض بيروفيك
الكليكوز
$C_6H_{12}O_6$
انحلال الكليكوز
$2\times CH_3\text{-}CO\text{-}COOH$
2 NAD^+
2 $NADH,H^+$
حمض لبني
$2\ CH_3\text{-}CHOH\text{-}COOH$
الحصيلة الطاقية2ATP

- تفاعلات التنفس الخلوي III

1- أكسدة حمض بيروفيك

1-1- دور الميتوكندري في التنفس الخلوي

نخلط قعيرة من الميتوكندريات مع محلول ملائم ونضعه في مفاعل إحيائي لعدة EXAO ثم نتتبع تطور تركيز 0_2 :

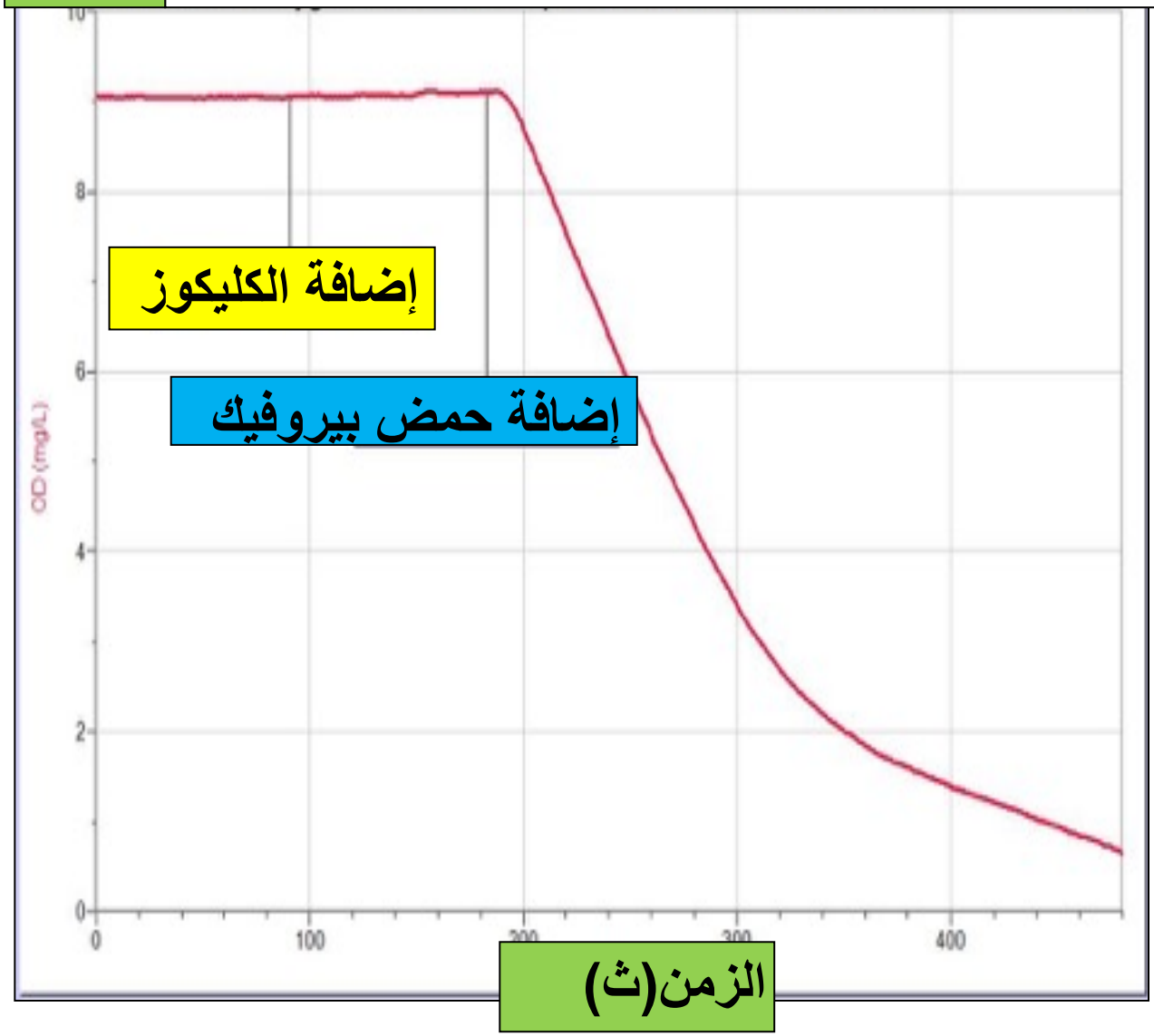
- في الزمن t_1 نضيف الكليكوز

- في الزمن t_2 نضيف حمض بيروفيك

1- كيف يتغير تركيز 0_2 حسب الزمن

2- ما علاقة البيروفات و الميتوكندري؟

الوثيقة 1 : تطور تركيز 0_2 بدلالة الزمن وحسب طبيعة المستقلب



1- يبقى تركيز 02 تابثا قبل و بعد إضافة الكليكوز في الزمن t1

- في الزمن t2 وبعد إضافة حمض بيروفيك ينخفض تركيز 02 بشكل ملحوظ

2- يعتبر حمض بيروفيك(بيروفات) هو المستقلب الطاقي للميتوكوندري :

يخضع الكليكوز للإنحلال في الجبلة الشفافة ليعطي حمض بيروفيك هذا الأخير ينتقل للميتوكندري ليتعرض لهدم كلي مصحوب باستهلاك 02 مع إنتاج ATP

2-1 مراحل أكسدة حمض بيروفيك داخل الميتوكندرى

للكشف عن مراحل أكسدة حمض بيروفيك داخل الميتوكندري:

تم زرع خلايا الخميرة في وسط هوائي أضيف له الكليكوز المشع(C^{14}) . نقوم بعد ذلك بتتبع مصير الإشعاع داخل خلية الخميرة.

حدد مسار الكليكوز داخل خلية الخميرة بوجود O_2 ثم إعط نتائج أكسدة حمض بيروفيك داخل الميتوكندري؟

زمن أخذ العينات بالساعات	الوسط الخارجي للخلية	الوسط الداخلي للخلية	
		الجبلة الشفافة	الميتوكندريات
t = 0h	الجبلة الشفافة		
t = 1h	الكليكوز +++	الكليكوز ++	
t = 2h	الكليكوز +	حمض بيروفيك ++	حمض البيروفيك +
t = 3h	$+ CO_2$		أستيل مساعد الأنزيم A ومركبات عضوية لحلقة Krebs + (C_4 ,C_5,C_6)
t = 4h	$++ CO_2$		مركبات عضوية لحلقة Krebs ++ (C_4 ,C_5,C_6)

ملحوظة: يعبر تزايد عدد الرمز (+) عن تزايد شدة الإشعاع.

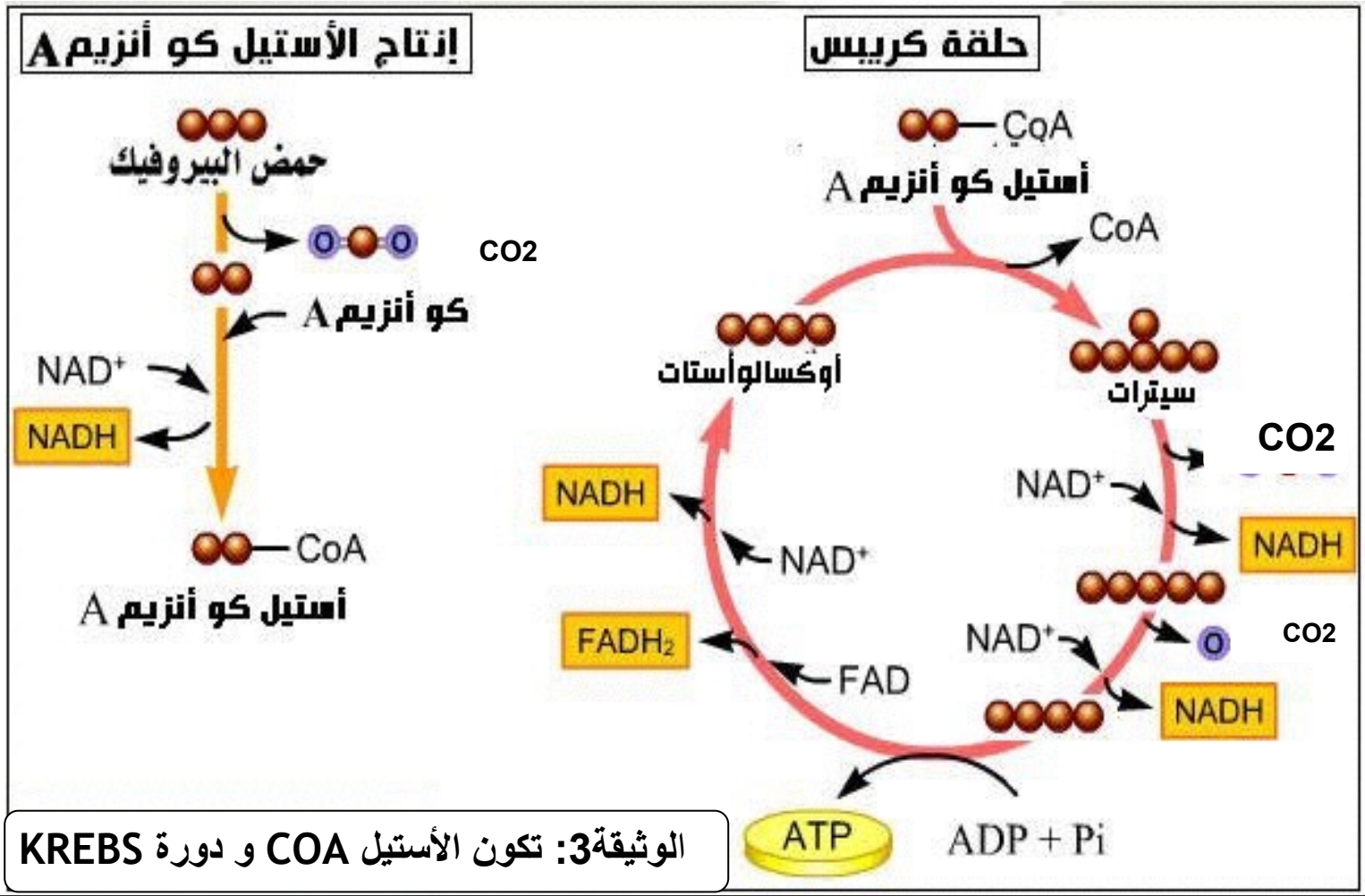
-<u>مسار الكليكوز داخل خلية الخميرة</u>: في وسط حيهوائي و عند إضافة الكليكوز لخلايا الخميرة يدخل هذا الأخير الى الجبلة الشفافة فيخضع للإنحلال ليعطي جزيئتين من حمض بيروفيك . ينتقل حمض بيروفيك للميتوكندري (الماتريس) فيخضع لتحولات كيميائية ينتج عنها الأستيل COA (مساعد أنزيم A)ثم مجموعة من أحماض كريبس AK مع تحرير CO2 .

تمثل الوثيقة3 مراحل أكسدة حمض بيروفيك داخل الميتوكندري

1- رتب هاتين المرحلتين وصفهما

2- حدد حصيلة كل مرحلة

3- أكتب التفاعل الإجمالي للمرحلتين



الوثيقة3: تكون الأستيل COA و دورة KREBS

تفاعلات الإختزال:

$$NAD^+ + 2H^+ + 2e^- \rightarrow NADH,H^+$$

$$FAD + 2H^+ + 2e^- \rightarrow FADH_2$$

-نتائج أكسدة حمض بيروفيك داخل الميتوكندري :

_ تكون الأستيل مساعد أنزيم A

- ظهور أحماض كريبس KREBS (دورة كريبس)
- طرح ثنائي أوكسيد الكربون
- تكون $NADH\ ,H^+/FADH_2$

المرحلة 1:

تكون الأستيل كوأنزيم A مع إزالة الكربون وتحرير CO_2 ثم إزالة الهيدروجين و تكون : NADH

- حصيلة المرحلة 1: 1NADH

المرحلة 2: (تتميز دورة KREBS

بتفاعلات إزالة الكربون مع تحرير $2CO_2$

كما تتميز أيضا بتفاعلات إزالة الهيدروجين الذي تستقبله NAD^+ و FAD وتتحول من حالتها المؤكسدة الى حالتها المختزلة حسب تفاعلات إختزال النواقل

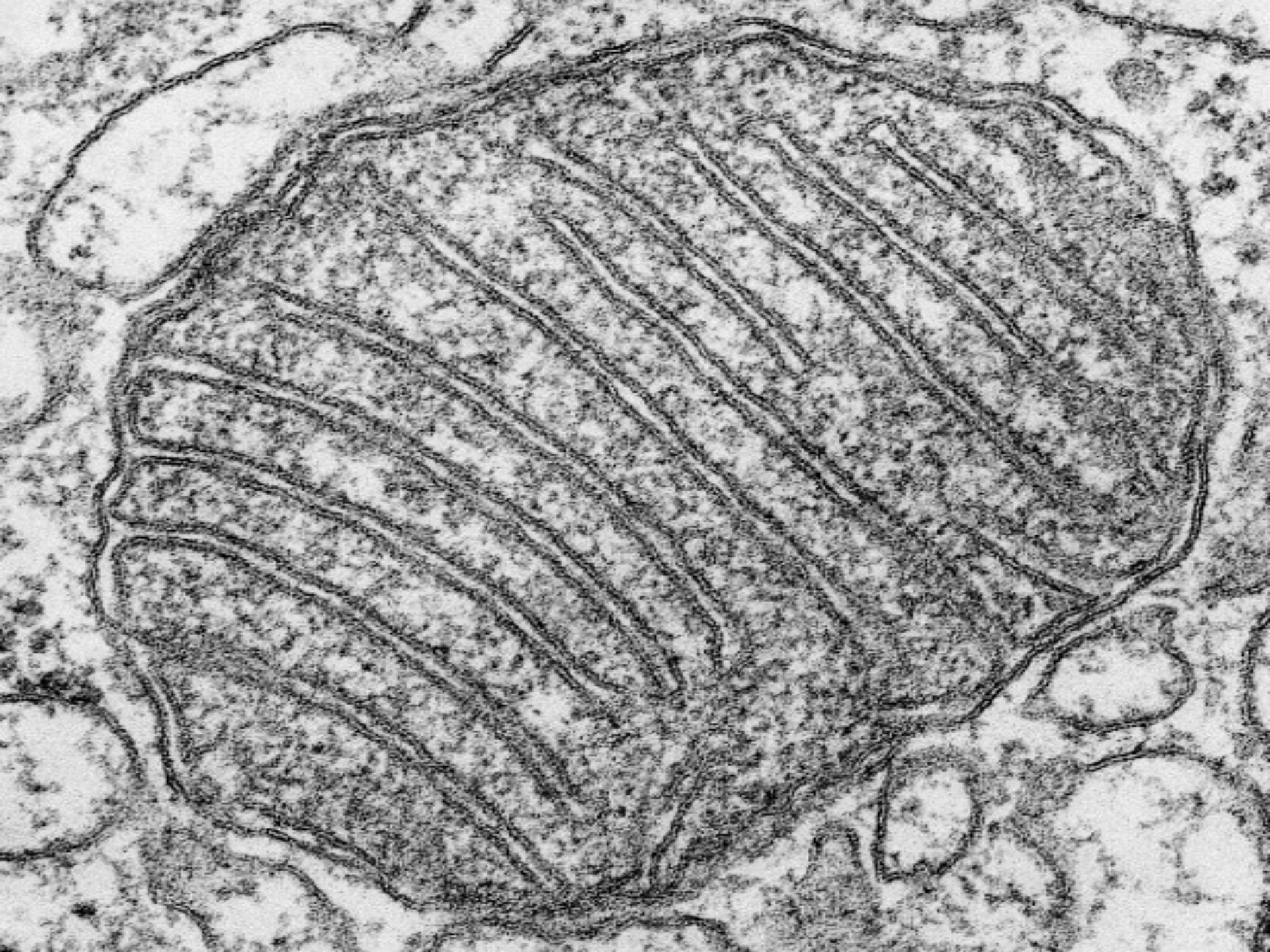
- حصيلة المرحلة 2:

1ATP /1FADH2/3NADH

حصيلة أكسدة حمض بيروفيك داخل الميتوكوندري هي :

- 4NADH,H+
- 1FADH2
- 1ATP
- 3CO2

2 - فوق بنية الميتوكندرى



تمثل الوثيقة 1 صورة الكترونوغرافية لإحدى العضيات الخلوية:الميتوكندري.

1- ضع مفتاحا للوثيقة

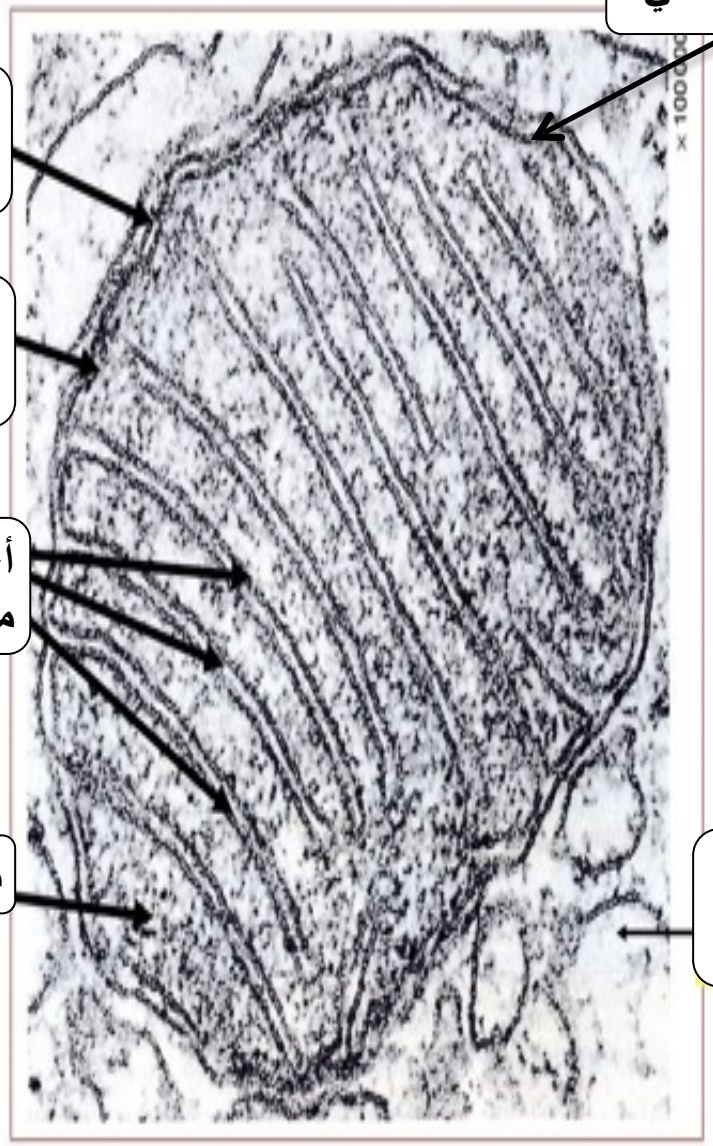
2-أنجز رسما تخطيطيا مبسطا للميتوكندري

3- صف بنية الميتوكندري

يمثل جدول الوثيقة2 التركيب الكيميائي لمختلف بنيات الميتوكندري.

4- قارن و استنتج

فوق بنية الميتوكندري



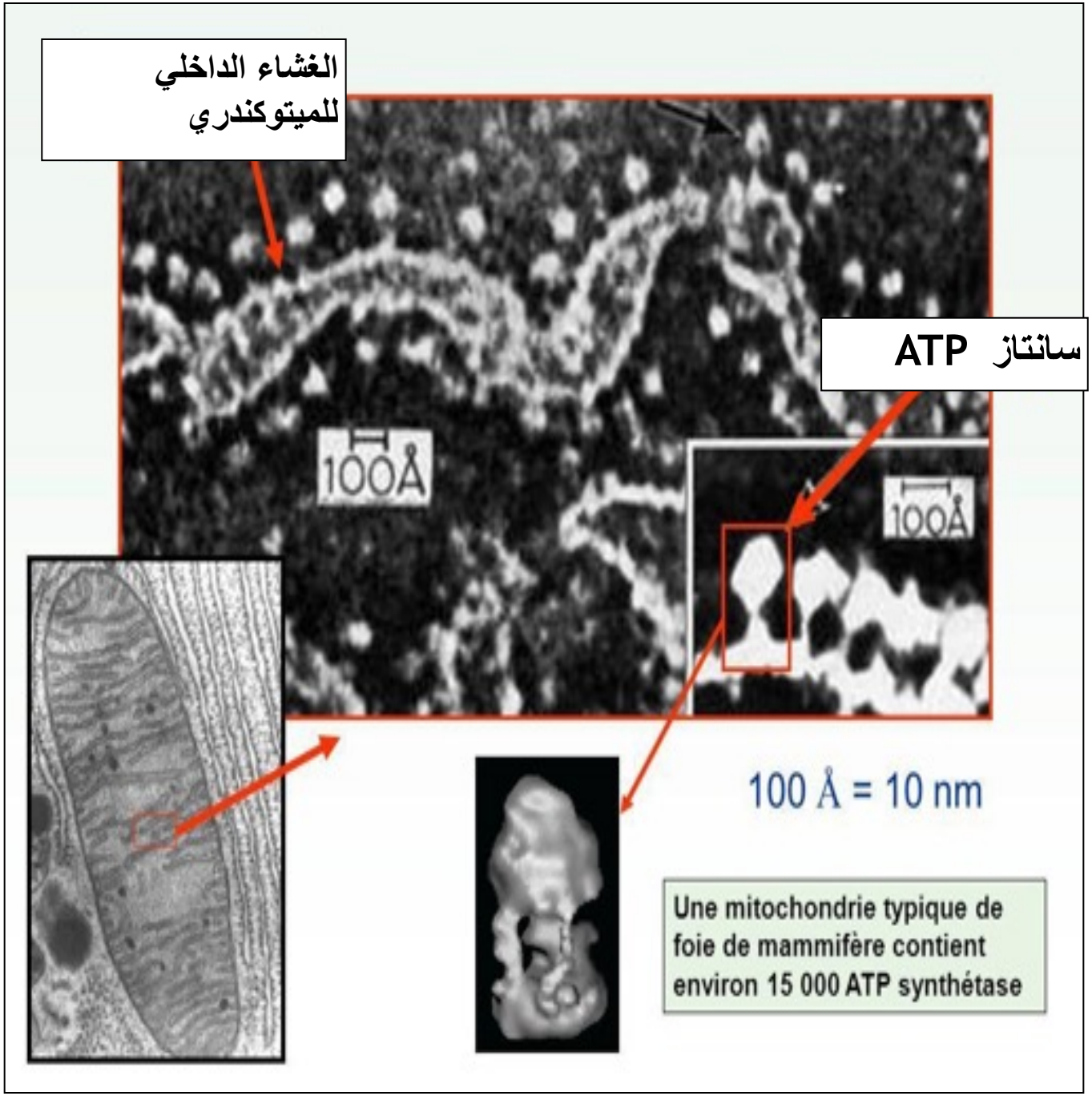
3-الميتوكندري عضي خلوي مغلق محاط بغشائين متراكبين :

غشاء خارجي وغشاء داخلي يفصلهما حيز بيغشائي . الغشاء الداخلي له امتدادات داخل الماتريس وهي مادة مكونة وسط الميتوكندري وكل امتداد يسمى عرف ميتوكندري .

الغشاء الخارجي	الغشاء الداخلي	الماتريس
▪ بروتينات ٪ 62 ▪ دهنيات ٪ 38 ذات طبيعة شبيهة بتلك المتواجدة بالغشاء السيتوبلازمي	▪ بروتينات ٪ 80 ▪ دهنيات ٪ 20 مختلفة عن تلك المتواجدة بالغشاء السيتوبلازمي ▪ أنزيمات تفاعلات الأكسدة اختزال ▪ ATP سنتتاز	▪ جزيئات كربونية صغيرة ▪ نواقل الالكترونات والبروتونات ▪ أنزيمات مزيلة الكربون وأنزيمات مزيلة الهيدروجين ▪ ATP و ADP و Pi

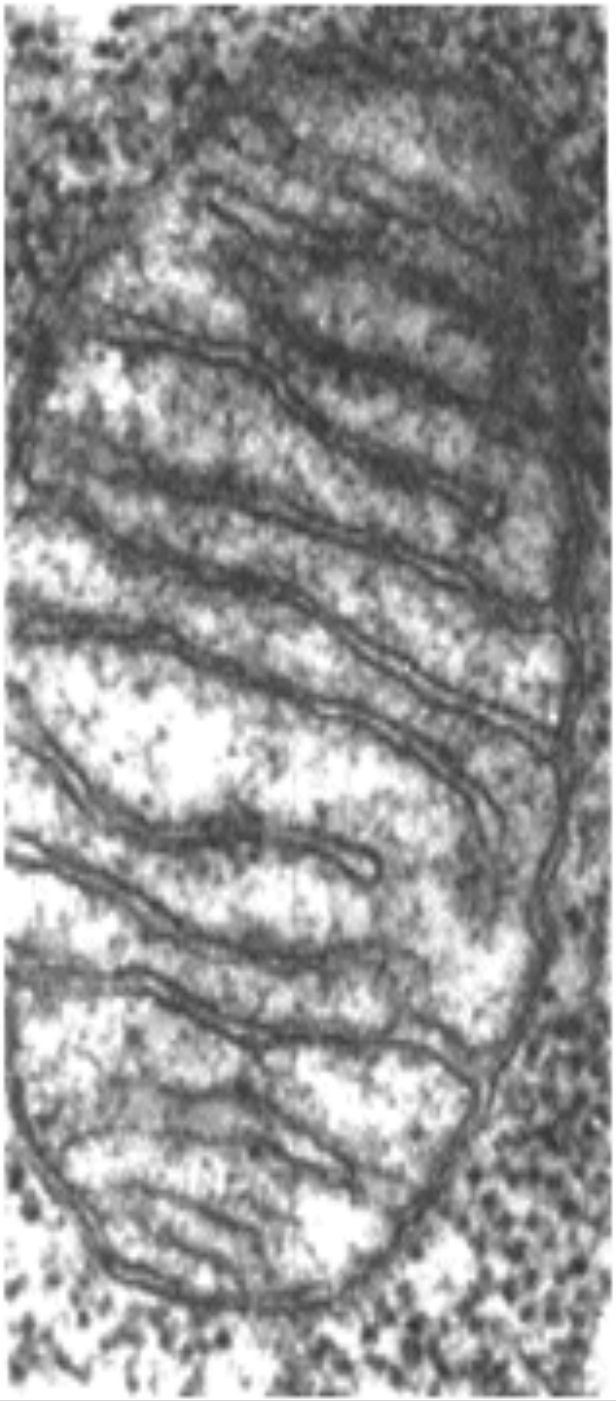
4- يشبه الغشاء الخارجي بنية و تركيب الغشاء السيتوبلازمي و ليس له أي دور في إنتاج ATP بينما يتميز الغشاء الداخلي بغناه بالبروتينات و بعدة أنزيمات تفاعلات أكسدة إختزال و بوجود ATP سانتاز.

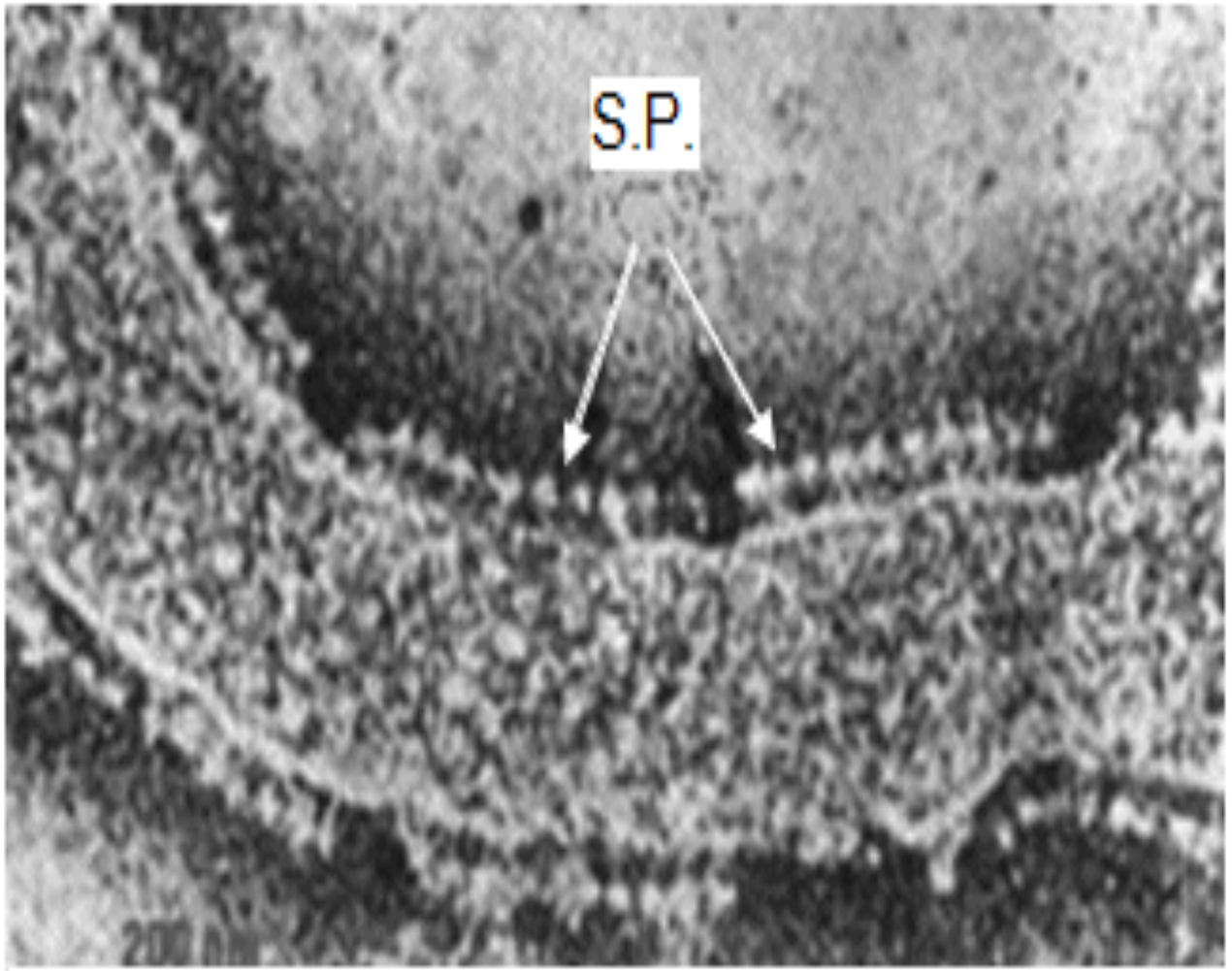
على مستوى الماتريس تخضع الجزيئات الكربونية لإزالة الكربون و الهيدروجين بتدخل أنزيمات كما يتم إنتاج ATP



الوثيقة3: صورة تبين الكرات ذات شمراخ (سانتاز ATP) مرصعة في الغشاء الداخلي للميتوكندري

اقترح فرضيات بخصوص دور الغشاء الداخلي للميتوكندري و كذا دور الماتريس





Sphères pédonculées كرات ذات شمراخ

فوق بنية الميتوكندري

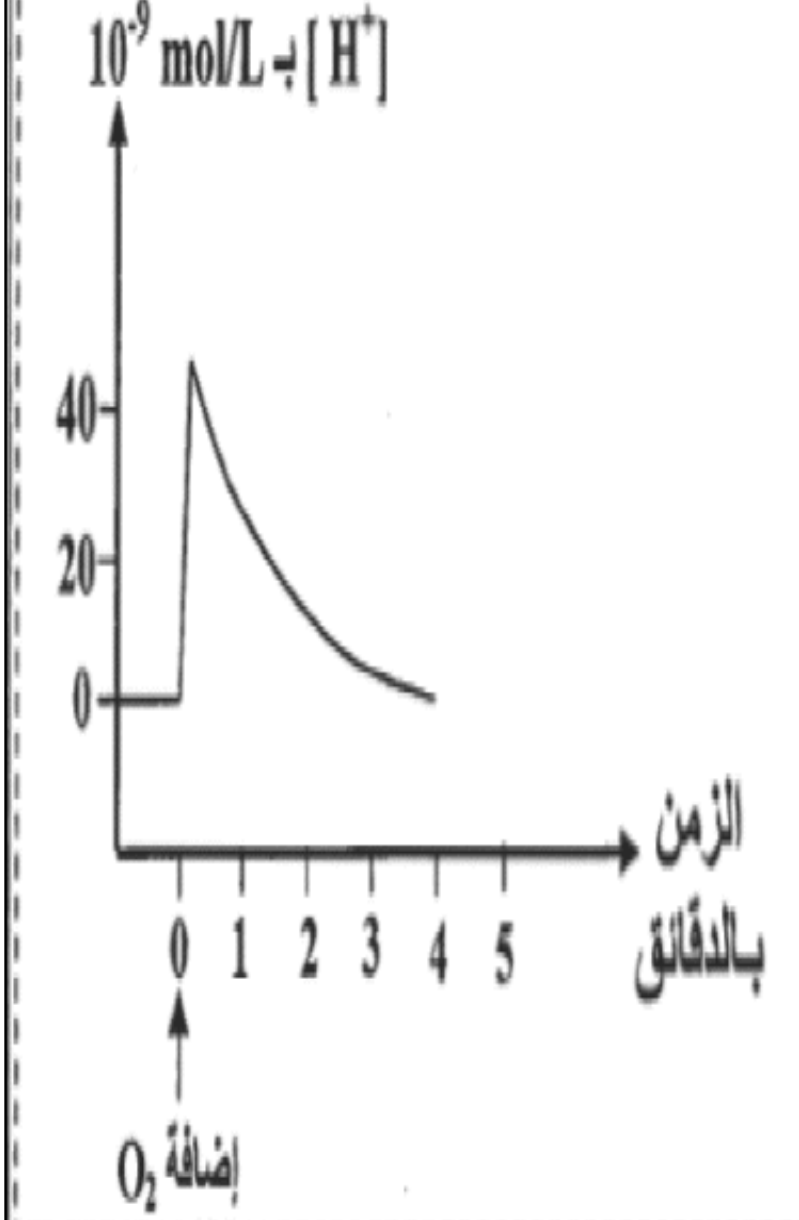
فرضيات : يخضع حمض بيروفيك للهدم داخل الماتريس على مرحلتين : يتحول أولا الى أستيل كوأنزيم A ثم يخضع ثانيا الشق أستيل (CH3C0)

داخل دورة كريبس لإزالة الكربون (تحرير CO2) و لإزالة الهيدروجين (تتكون النواقل المختزلة NADH و FADH2) كما يتم إنتاج 1ATP

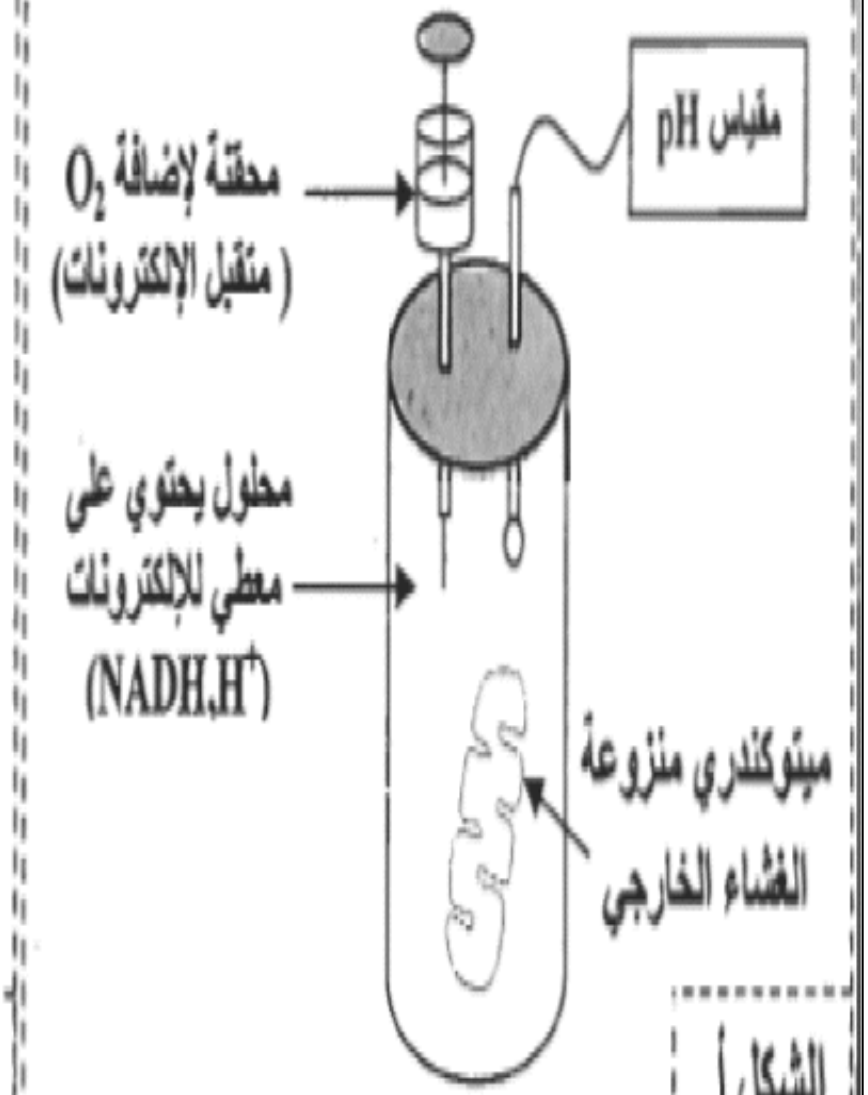
تخضع النواقل المختزلة RH2 للأكسدة على مستوى الغشاء الداخلي فتتحرر الكترونات و بروتونات H+ تكون مصدرا لطاقة ينتج عنها تشكل ATP على مستوى الكرات ذات شمراخ .

3- تدفق الإلكترونات عبر السلسلة التنفسية و اختزال O_2

3-1/ قياس نقل البروتونات H^+ في الميتوكوندري



الشكل ب



الشكل أ

1- قبل إضافة O_2 كان H^+ منعدما في الوسط (المحلول)

- مباشرة بعد إضافة O_2 نلاحظ ارتفاعا سريعا في تركيز H^+ في الوسط الى حين بلوغ القيمة $45_9 10.$ mol/L

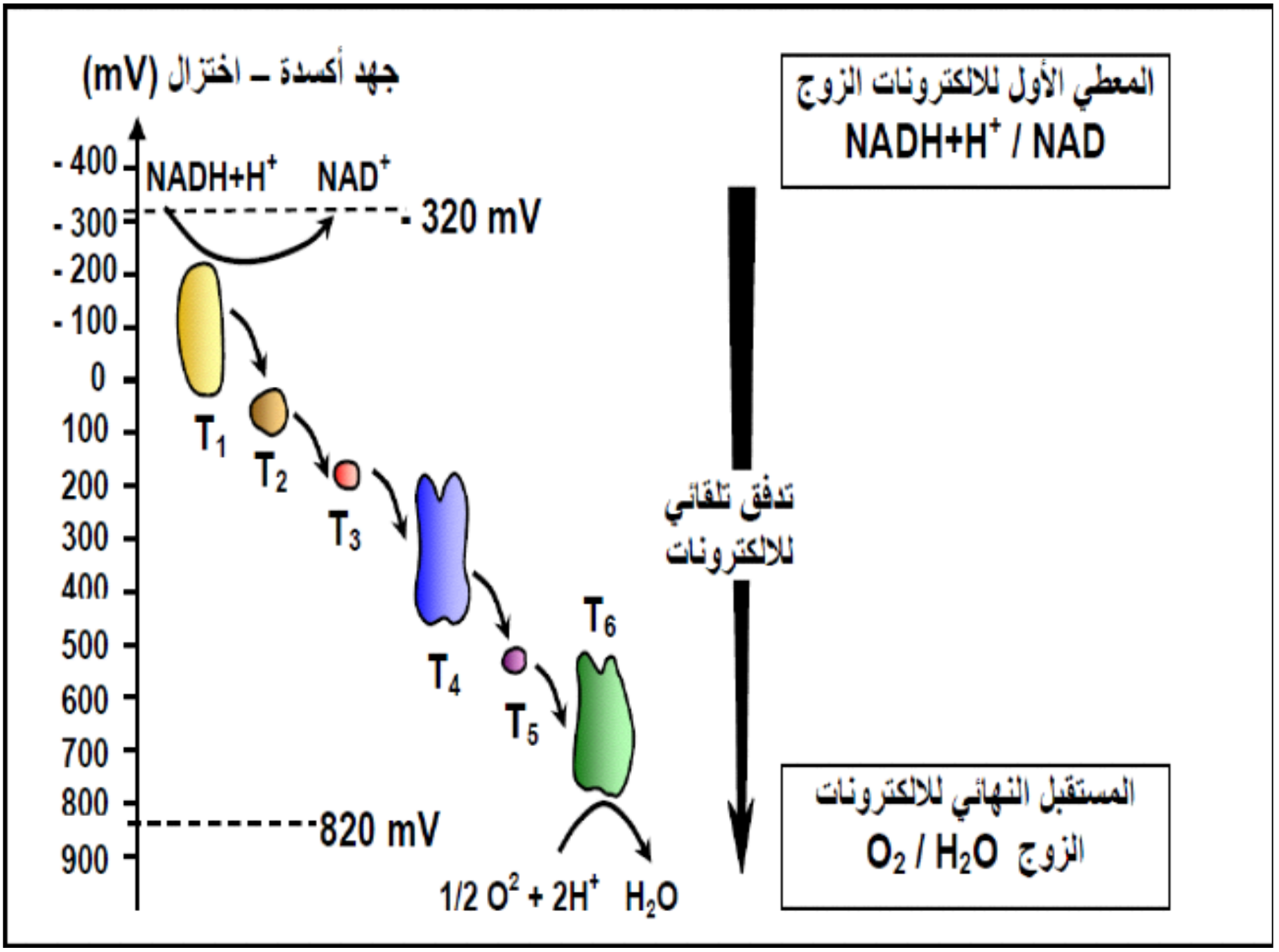
- بعد ذلك نسجل انخفاضا تدريجيا في تركيز H^+ الى حين استرجاع القيمة الأصلية بعد مرور 4 دقائق .

2- يرجع ارتفاع تركيز H+ في المحلول مباشرة بعد إضافة O2 الى خروج H+ الناتجة عن أكسدة معطي الإلكترونات NADH,H+ من الميتوكوندريات (الماتريس)عبر غشائها الداخلي .و يرجع انخفاض H+ في المحلول الى عودة البروتونات الى الماتريس .

ملحوظة :

على مستوى الميتوكندري يتراكم H^+ بعد أكسدة النواقل على مستوى الحيز البيغشائي لكن سرعان ما يعود H^+ الى الماتريس.

2-3 /التدفق التلقائي للإلكترونات حسب قيمة الجهد أكسدة - إختزال


جهد أكسدة – اختزال (mV)
- 400
- 300
- 200
- 100
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
NADH+H+
NAD+
- 320 mV
820 mV
T1
T2
T3
T4
T5
T6
1/2 O2 + 2H+
H2O
تدفق تلقائي للالكترونات
المعطي الأول للالكترونات الزوج
NADH+H+ / NAD
المستقبل النهائي للالكترونات
الزوج O2 / H2O

1- السلسلة التنفسية مجموعة من البروتينات المتواجدة على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكوندري والتي تحفز تفاعلات الأكسدة – إختزال وتسمح بتدفق الإلكترونات من المركبات المختزلة (NADH,H+ و $FADH_2$) الى المتقبل النهائي O_2. وهي :

أو المركب 1– T1

أو المركب 2 T2 -

Q أو كوأنزيم T3 -

أو المركب 3 T4 -

C أو كوأنزيم T5-

أو المركب 4 T6 -

2-

المعطي الأول للإلكترونات هو الزوج (NADH,H+ / NAD+)

المتقبل النهائي للألكترونات هو الزوج (1/2 02 /H2O)

تفاعلات الأكسدة :

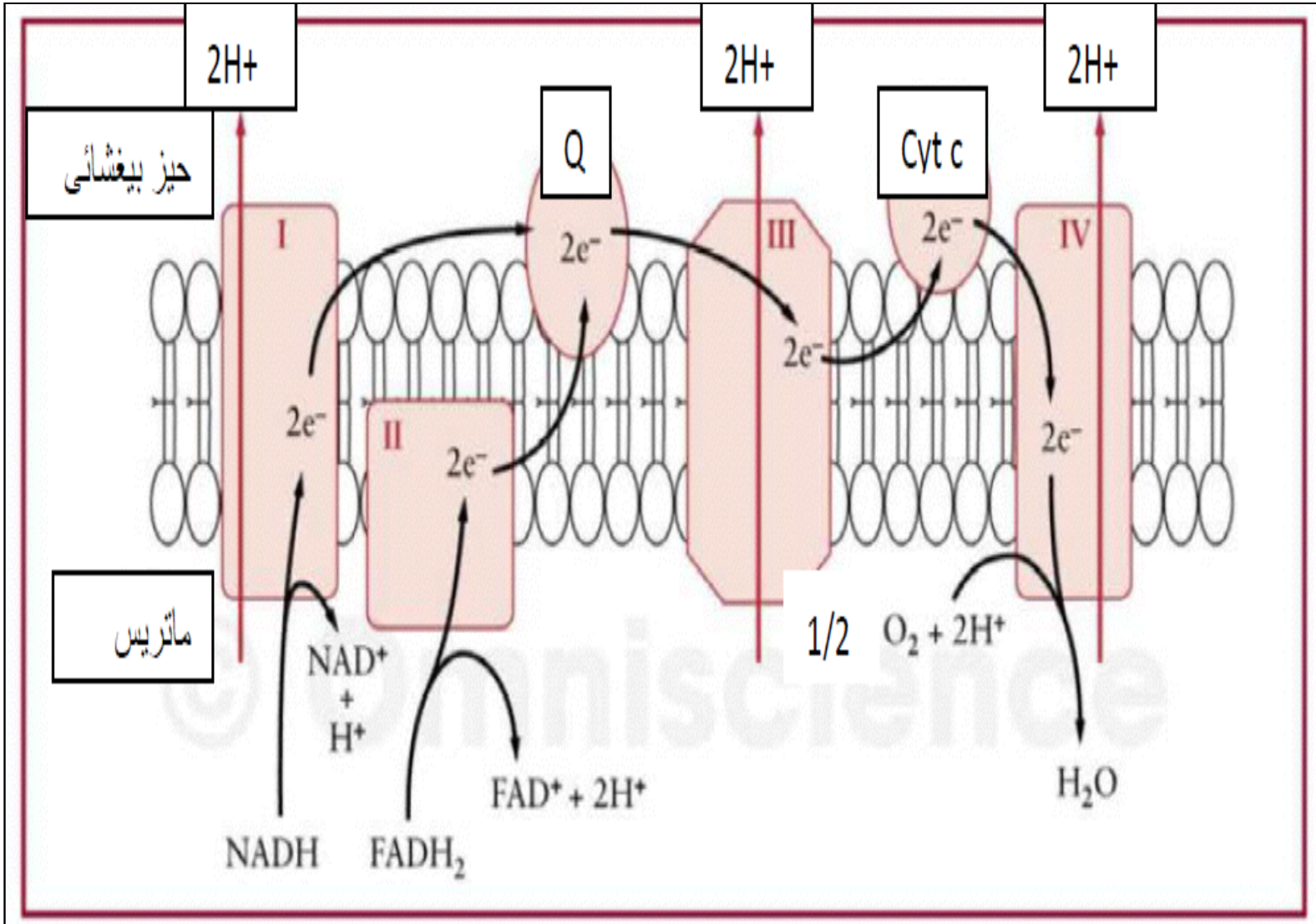
$NADH,H^+ \longrightarrow NAD^+ + 2H^+ + 2e^-$

$FADH_2 \longrightarrow FAD + 2H^+ + 2e^-$

تفاعل اختزال O2:

$\frac{1}{2} O_2 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2O$

3-3 /الأكسدة التنفسية



الوثيقة3: الأكسدة التنفسية

I,II ,Q,III, Cyt c ,IV

هي نواقل الإلكترونات في السلسلة التنفسية

3- تعاد على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكندري أكسدة NADH,H+ و FADH2 وذلك بتسليمها البروتونات و الإلكترونات للسلسلة التنفسية .

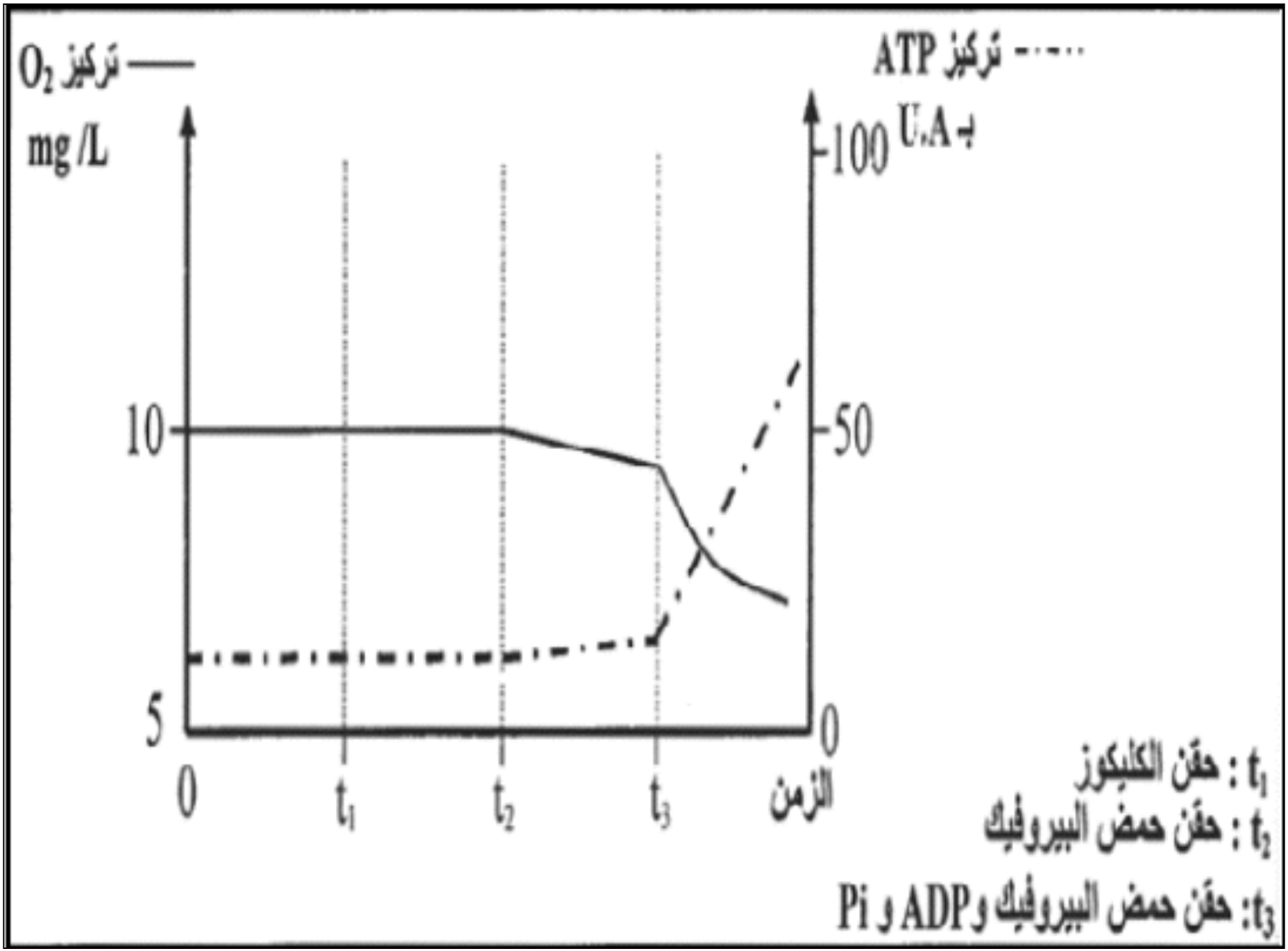
يتم تدفق البروتونات و الإلكترونات نحو الزوج 02/ H20 (تفاعل اختزال الأوكسجين) و تسمى عملية التدفق هذه : الأكسدة التنفسية.

يصحب نقل الإلكترونات بتخزين البروتونات في الحيز البيغشائي .

يترتب عن خروج البروتونات من الماتريس نشوء ممال H+ من جهتي الغشاء الداخلي للميتوكندري

4 /التفسفر المؤكسد:

4 1-تطور تركيز O2 و ATP داخل الميتوكندري


تركيز O_2 ——
mg /L
تركيز ATP ----
U.A بـ
100
50
10
5
0
0
0
t_1
t_2
t_3
الزمن
t_1 : حقن الكليكوز
t_2 : حقن حمض البيروفيك
t_3: حقن حمض البيروفيك وADP و Pi

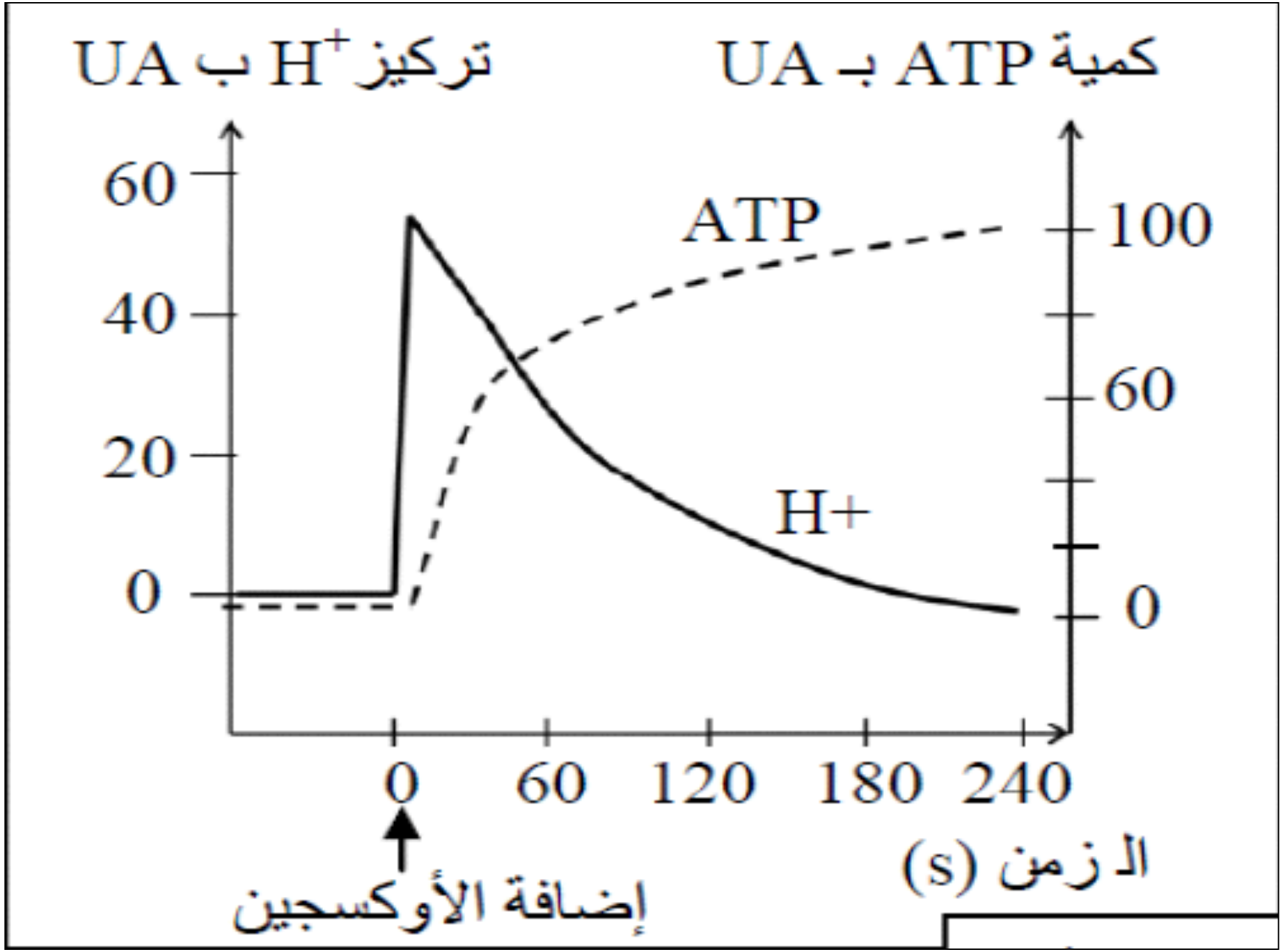
1- عند حقن الكليكوز يلاحظ استقرار تركيز كل من O2 في قيمة قصوى و استقرار تركيز ATP في قيمة دنيا.

بعد إضافة حمض بيروفيك يلاحظ انخفاض طفيف في تركيز O2 يصاحبه ارتفاع طفيف في تركيز ATP .

بعد إضافة كل من حمض بيروفيك و ADP و Pi يلاحظ انخفاض ملحوظ و تدريجي في تركيز O2 و ارتفاع ملحوظ في تركيز ATP

نستنتج أن استهلاك O_2 يكون مصحوبا بإنتاج ATP على مستوى الميتوكندريات

4 2 –/ علاقة O_2 و H^+ بتركيب ATP


تركيز H^+ ب UA
كمية ATP بـ UA
60
40
20
0
ATP
H+
100
60
0
0
60
120
180
240
الزمن (s)
إضافة الأوكسجين

2- بعد إضافة 02 للوسط:

- يرتفع تركيز H^+ بشكل فوري ثم ينخفض تدريجيا الى أن ينعدم
- يرتفع تركيز ATP بشكل سريع في المرحلة 1 و يستمر هذا الإرتفاع بشكل بطيئ في المرحلة2
-

3- يؤدي وجود O_2 في الوسط إلى :

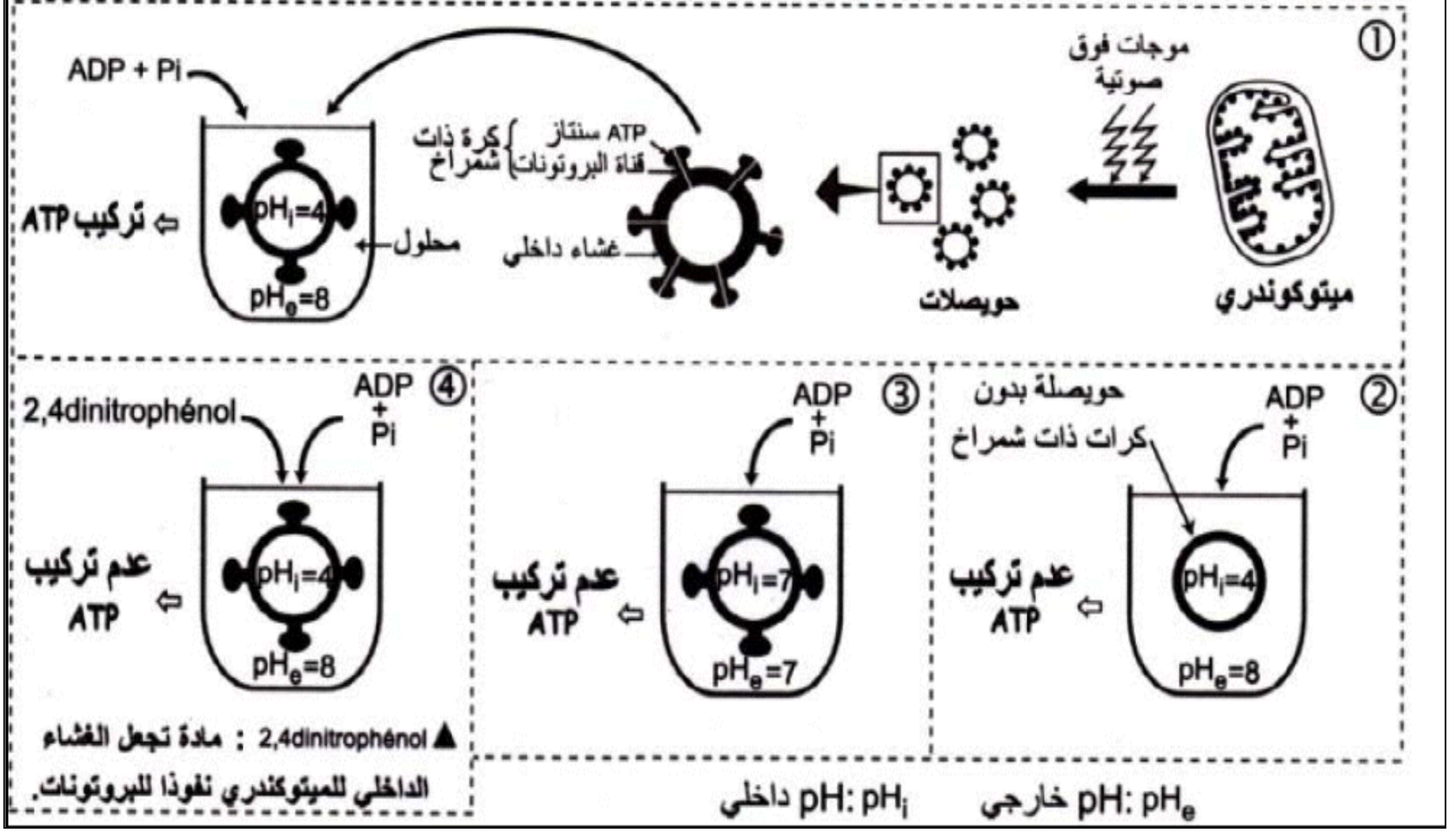
-ارتفاع تركيز H^+ في الحيز البيغشائي ثم انخفاضه

-تركيب ATP

3 4 –/ شروط ترکیب ATP

بعد عزل ميتوكندريات، تم تعريضها لموجات فوق صوتية قصد الحصول على حويصلات مغلقة انطلاقا من أعراف الغشاء الداخلي. توضع هذه الحويصلات في محاليل مختلفة.

تبين الاشكال أسفله الظروف التجريبية و النتائج المحصلة.



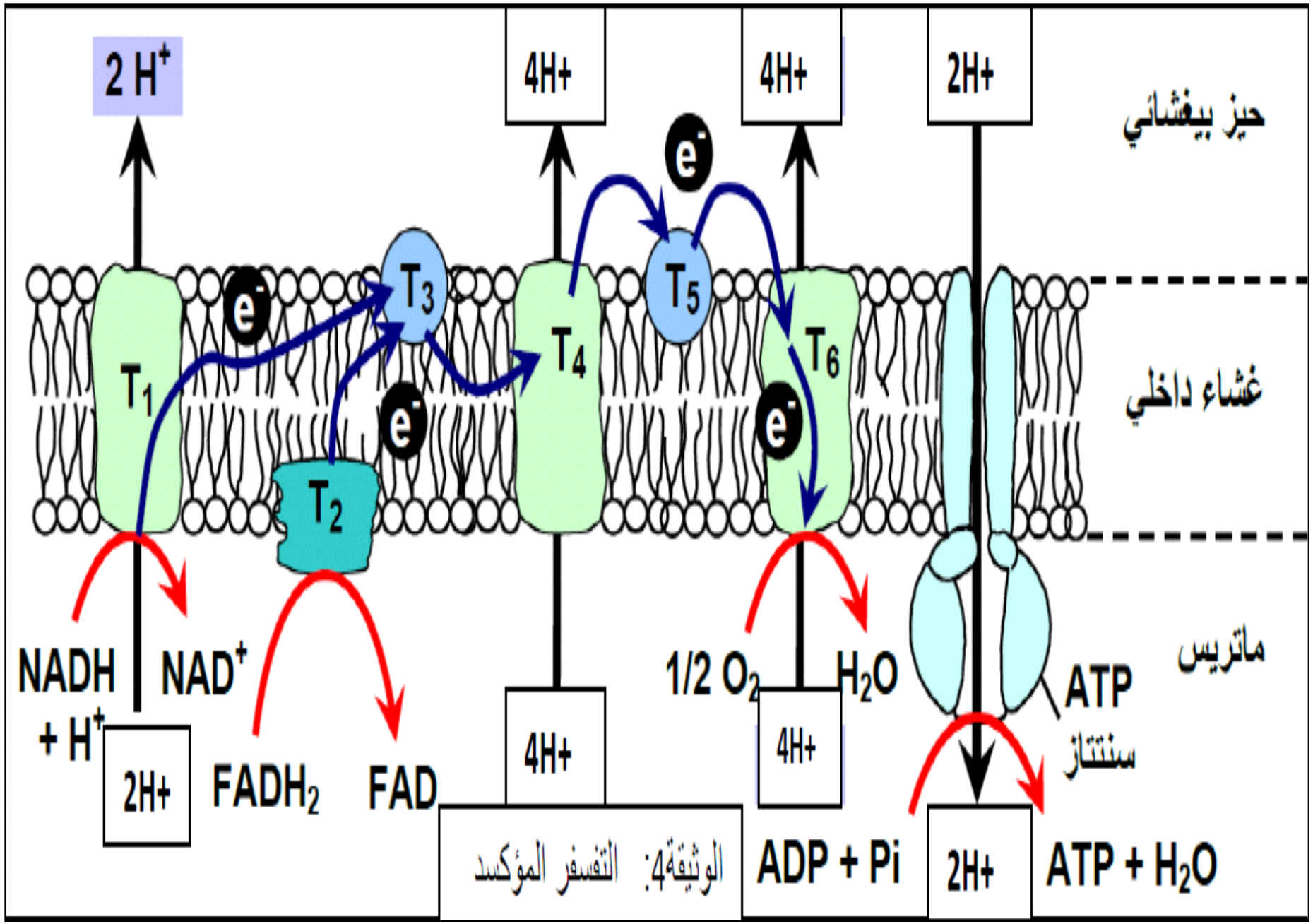
4- لتركيب ATP :

-ضرورة وجود الكرات ذات شمراخ

- ضرورة وجود ممال +H أي أن PHi=4 في الحيز بيغشائي(وسط حمضي أي تركيز +H مرتفع) و PHe=8 في الماتريس (وسط قاعدي أي تركيز +H منخفض).

الكرات ذات شمراخ : بروتينات أنزيمية (ATP سانتاز) توجد في الغشاء الداخلي للميتوكوندري و تحفز تفسفر ADP الى ATP

4 4 –/ تركيب ATP على مستوى الكرات ذات شمراخ: تفسفر ADP


2 H+
4H+
4H+
2H+
حيز بيغشائي
e-
T3
T5
T1
e-
T4
T6
غشاء داخلي
e-
e-
T2
ماتريس
NADH
+ H+
NAD+
1/2 O2
H2O
ATP
سنتتاز
2H+
FADH2
FAD
4H+
4H+
الوثيقة4: التفسفر المؤكسد
ADP + Pi
2H+
ATP + H2O

-5- عند إضافة الأوكسجين للوسط يتم :

- تنشيط أكسدة المركبات المختزلة على مستوى السلسلة التنفسية .

- انتقال الإلكترونات على طول السلسلة التنفسية الى المتقبل النهائي و هو الأوكسجين.

- ضخ H^+ من الماتريس الى الحيز البيغشائي و تكون ممال H^+ .

- عودة H^+ عبر الكرات ذات شمراخ الى الماتريس و تركيب ATP انطلاقا من ADP و Pi

-التفسفر المؤكسد يتمثل في تركيب ATP نتيجة تفسفر ADP على مستوى الكرات ذات شمراخ سانتاز) باستعمال الطاقة ATP) المحررة خلال أكسدة نواقل الهيدروجين من طرف السلسلة التنفسية.

- حصيلة :

تتم ظاهرة التنفس الخلوي عبر المراحل التالية:

- انحلال الكليكوز في الجبلة الشفافة
- تكون الأستيل كو أنزيم A في الماتريس
- حلقة KREBS في الماتريس
- التفسفر المؤكسد على مستوى الغشاء الداخلي

ملخص

بنية الميتوكندري و هدم حمض بيروفيك :

بنية الميتوكندري:

- محاطة بغشائين خارجي وداخلي
- يوجد بين الغشائين حيز بيغشائي
- للغشاء الداخلي امتدادات تسمى أعراف
- تضم الميتوكندري بداخلها مادة أساسية تسمى ماتريس .

هدم حمض بيروفيك على مستوى الماتريس:

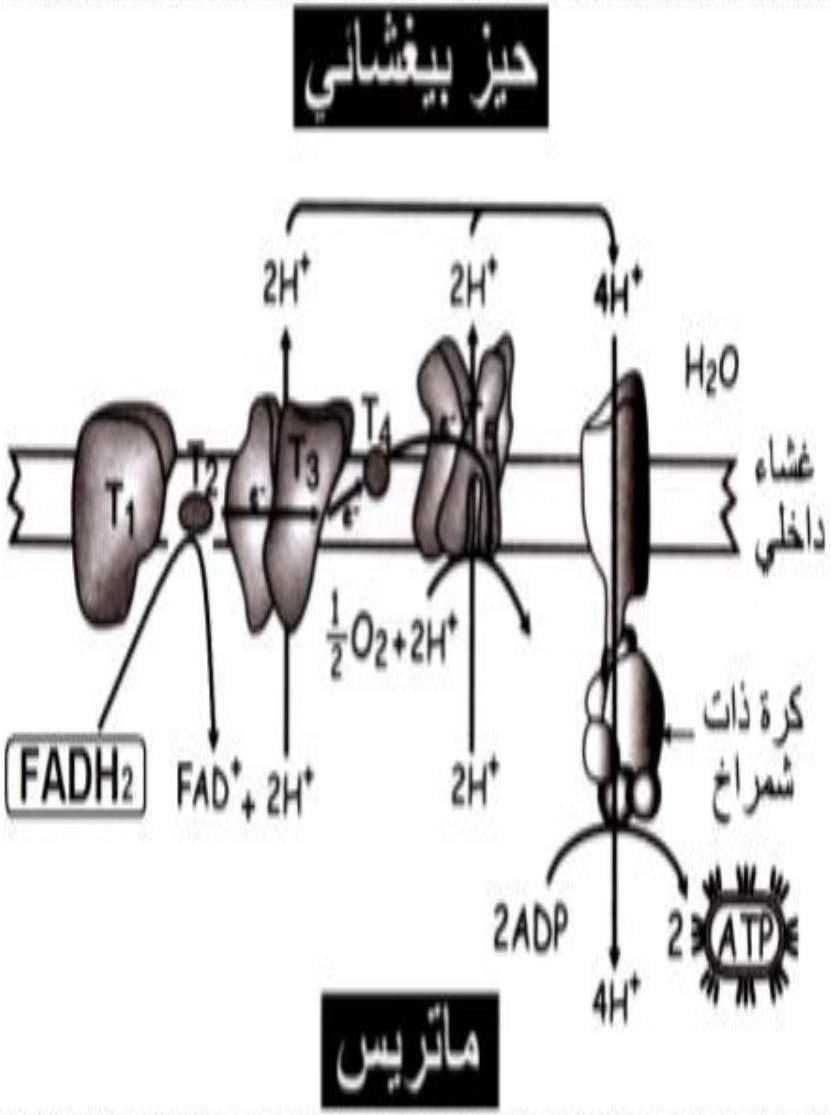
- تحول حمض بيروفيك الى أستيل كوأنزيم A
- هدم الشق أستيل على مستوى دورة كريبس
- تكون مركبات مختزلة NADH,H+ و FADH2(إزالة الهيدروجين و اختزال النواقل)

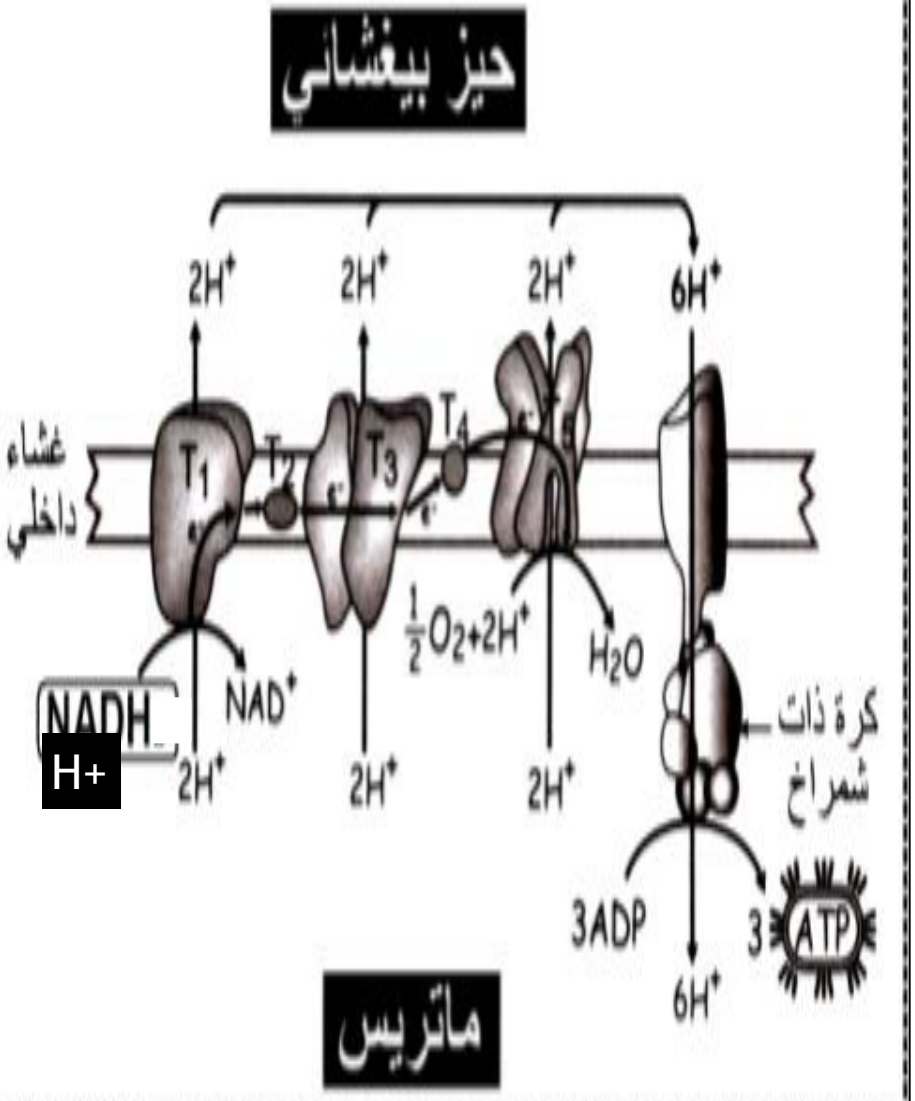
التفسفر المؤكسد على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكندري:

- أكسدة النواقل المختزلة حسب التفاعلات التالية:
- $NADH,H^+ \rightarrow NAD^+ + 2e^- + 2H^+$
- $FADH_2 \rightarrow FAD + 2e^- + 2H^+$
- نقل الإلكترونات على مستوى السلسلة التنفسية و تكون ممال البروتونات من جهتي الغشاء الداخلي للميتوكندري.
- إختزال O2 حسب التفاعل: $1/2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$

IV الحصيلة الطاقية و المردود الطاقي للتنفس الخلوي و التخمر

1- الحصيلة الطاقية للتنفس الخلوي


حيز بيغشائي
2H+
2H+
4H+
H2O
غشاء داخلي
T1
T2
T3
T4
½O2+2H+
FADH2
FAD+ + 2H+
2H+
كرة ذات شمراخ
2ADP
2 ATP
4H+
ماتريس


حيز بيغشائي
2H+
2H+
2H+
6H+
غشاء داخلي
T1
T2
T3
T4
½O2+2H+
H2O
NADH
NAD+
H+
2H+
2H+
2H+
كرة ذات شمراخ
3ADP
3 ATP
6H+
ماتريس

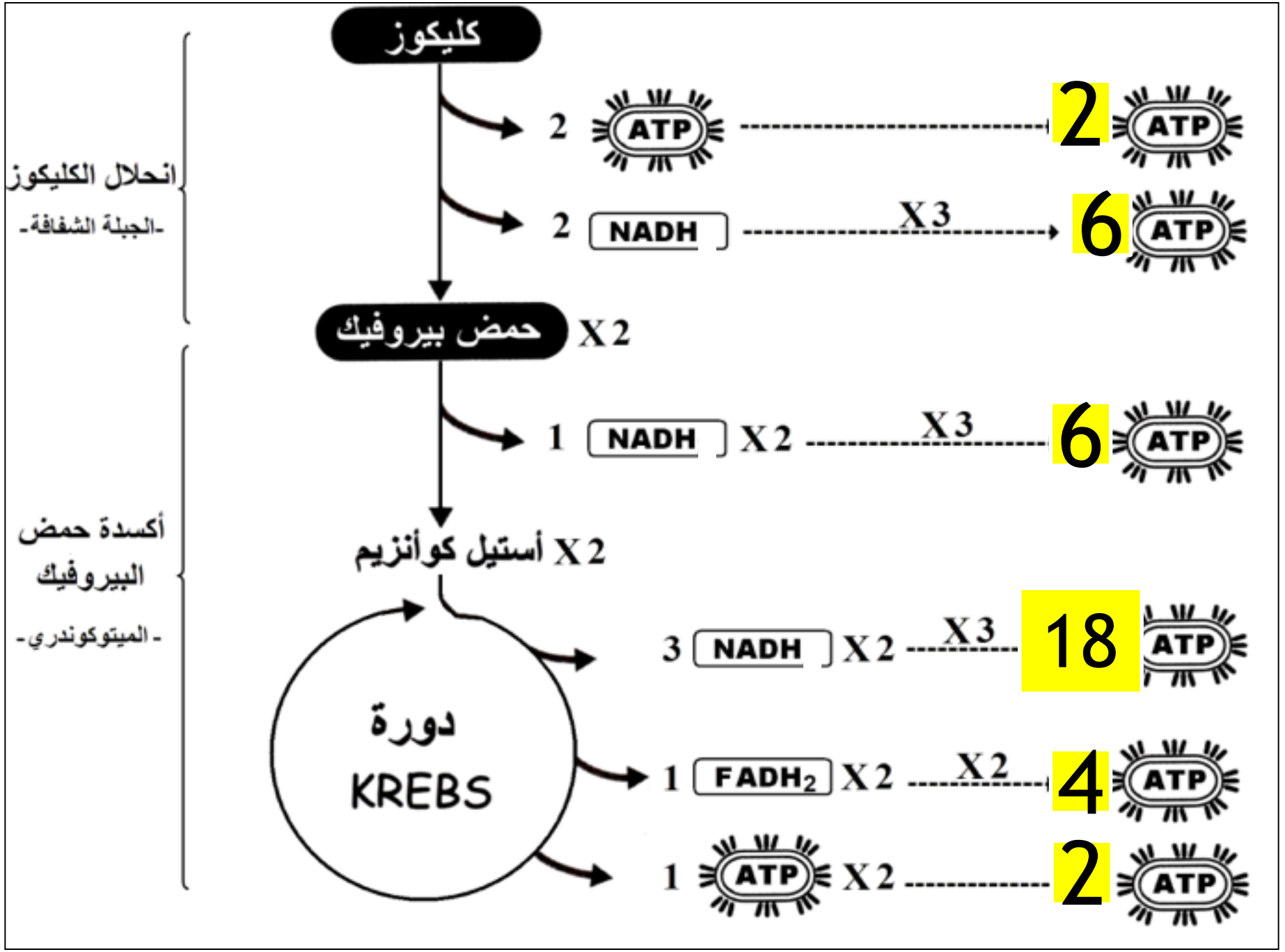
1- علما أن مرور بروتونين عبر الكرات ذات شمراخ يؤدي الى تركيب جزيئة واحدة من ATP (تتبيث Pi على ADP) :

-أكسدة NADH,H+ تبدأ فيT1 و يتم ضخ 6H+

- إذن أكسدة 1NADH,H+ تعطي 3ATP

- أكسدة FADH2 تبدأ في T2 و يتم ضخ 4H+

- إذن أكسدة 1FADH2 تعطي 2ATP


كليكوز
انحلال الكليكوز
-الجبلة الشفافة-
2 ATP
2 ATP
2 NADH
X3
6 ATP
حمض بيروفيك X2
أكسدة حمض البيروفيك
-الميتوكوندري-
1 NADH X2
X3
6 ATP
أستيل كوأنزيم X2
دورة KREBS
3 NADH X2
X3
18 ATP
1 FADH2 X2
X2
4 ATP
1 ATP X2
2 ATP

- مجموع جزيئات NADH,H+ الناتجة عن الأكسدة التامة لجزيئة كليكوز هي 10 أي ما يناسب 30 ATP
- مجموع جزيئات FADH2 الناتجة عن الأكسدة التامة لجزيئة كليكوز هي 2 أي ما يناسب 4 ATP

مجموع جزيئات ATP المنتجة بشكل مباشر أثناء الأكسدة التامة للكليكوز هي 4ATP .

- اذن الحصيلة الطاقية للتنفس هي :

-(خلايا الكبد و القلب و الكلية) 38 ATP

2- تصبح الحصيلة الطاقية للتنفس هي 36 ATP بتدخل GlycerolP(خلايا العضلة الهيكلية و الدماغ)

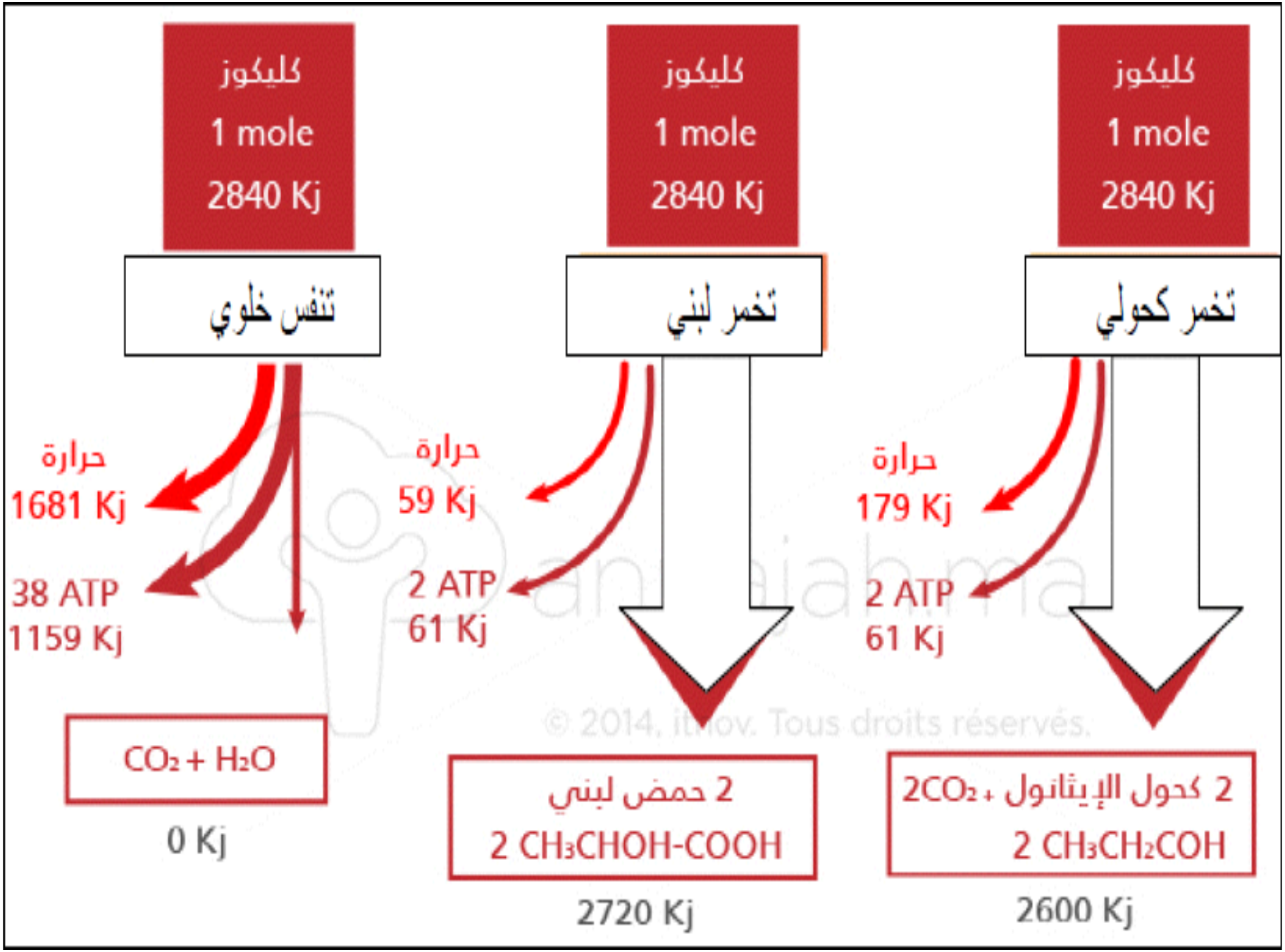
2- المردود الطاقي للتنفس الخلوي و التخمر

يعبر المردود الطاقي عن النسبة المئاوية للطاقة المستخلصة على شكل ATP بالنسبة للطاقة الإجمالية الكامنة في الكليكوز .

يمكن حساب المردود الطاقي بتطبيق المعادلة التالية و باعتبار:

- الطاقة الكامنة في مول من الكليكوز هي 2840Kj
- حلمأة مول واحدة من ATP تحرر طاقة =Kj30,5

$$\text{المردود الطاقي} = \frac{\text{الطاقة الكامنة في جزيئات ATP}}{\text{الطاقة الكامنة في مول من الكليكوز}} \times 100$$



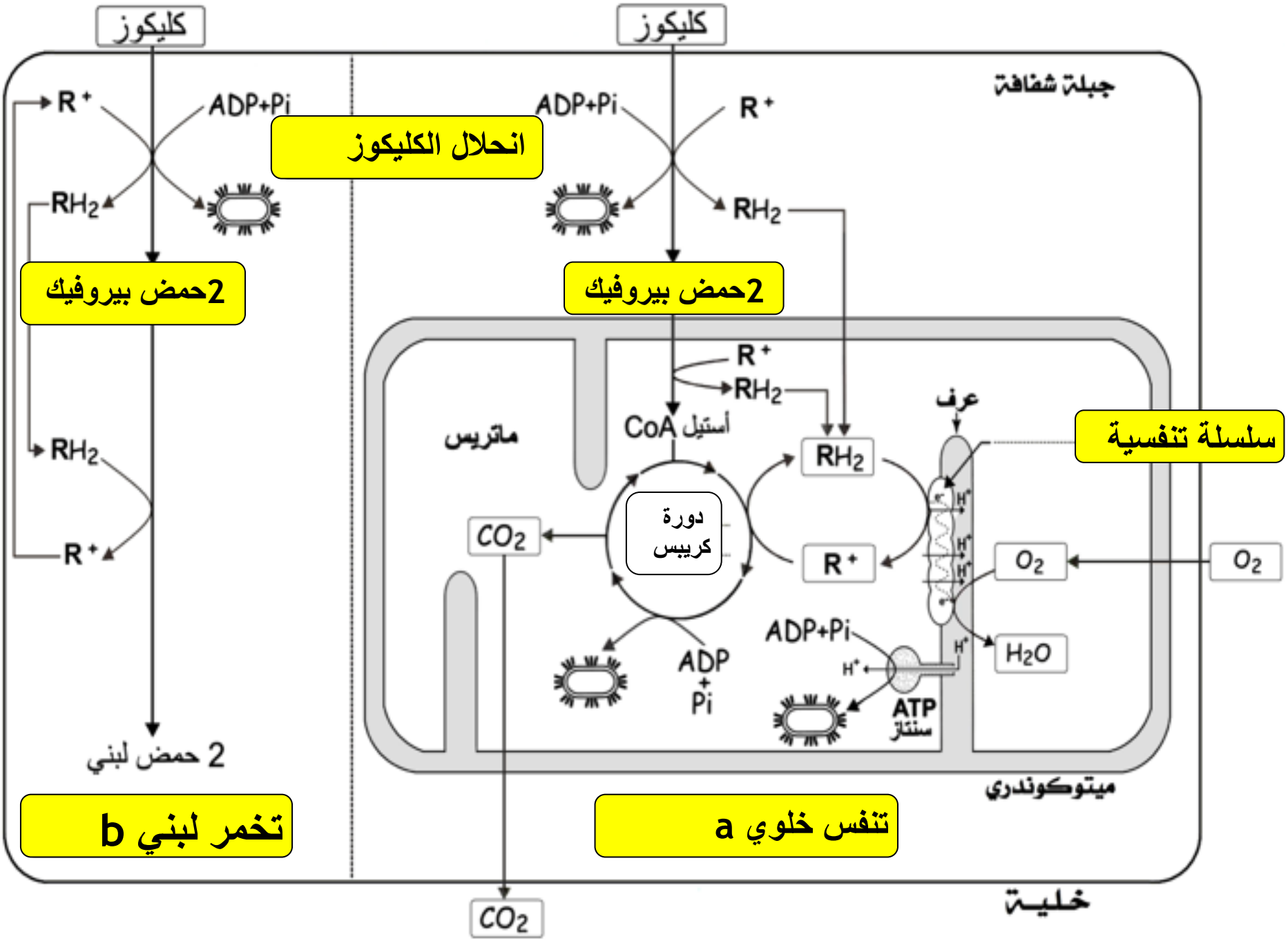
© 2014, itnov. Tous droits réservés.

المردود الطاقي للتنفس الخلوي

$$40,8\% = 100 \times \frac{1159}{2840}$$

المردود الطاقي للتخمر

$$2,14\% = 100 \times \frac{61}{2840}$$

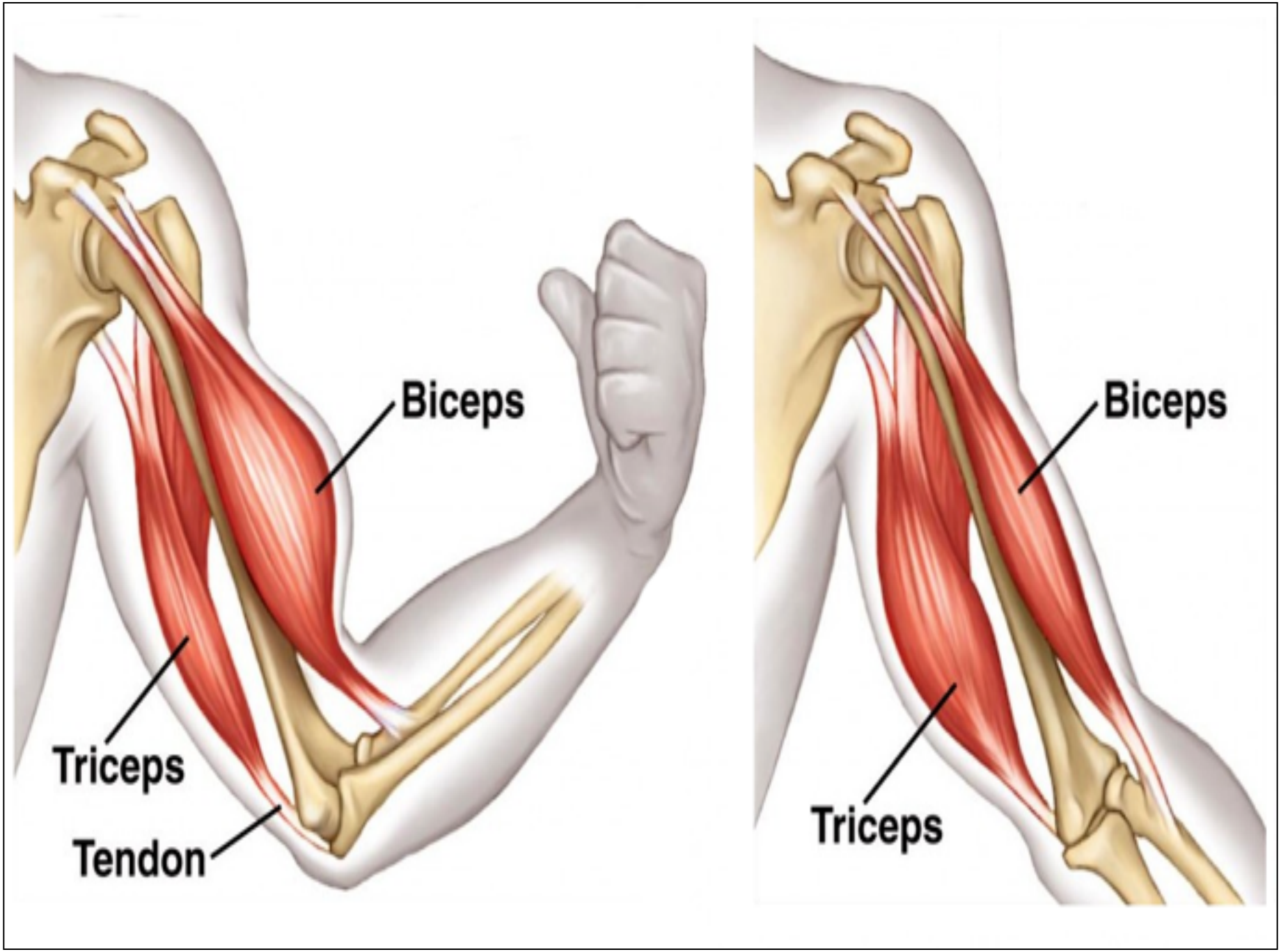

كليكوز
كليكوز
جبلة شفافة
انحلال الكليكوز
ADP+Pi
R⁺
RH₂
2حمض بيروفيك
2حمض بيروفيك
سلسلة تنفسية
ماتريس
أستيل CoA
دورة كريبس
عرف
CO₂
O₂
O₂
H₂O
ADP
+
Pi
ATP
سنتاز
2 حمض لبني
ميتوكوندري
تخمر لبني b
تنفس خلوي a
خلية
CO₂

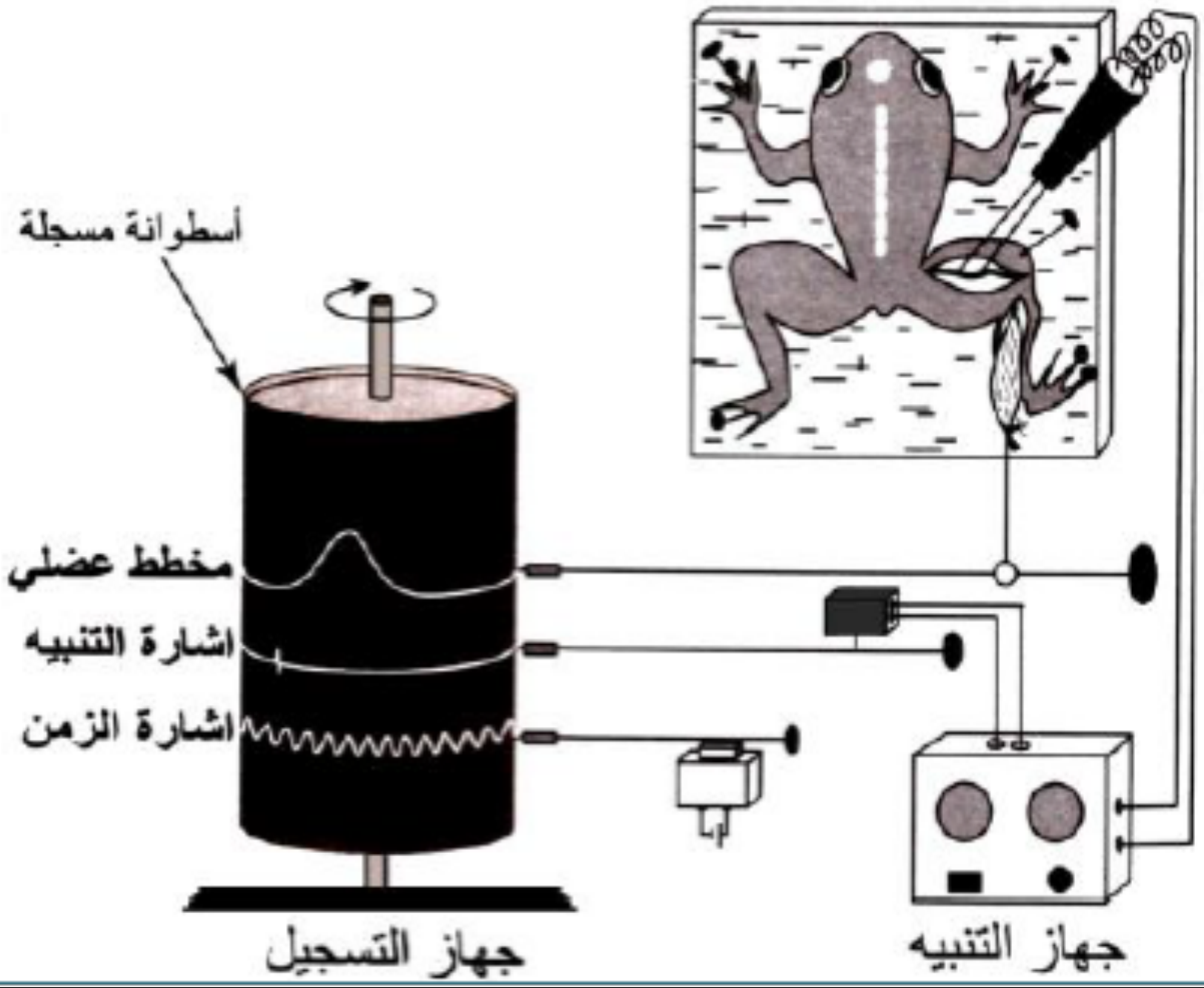
الفصل 2:

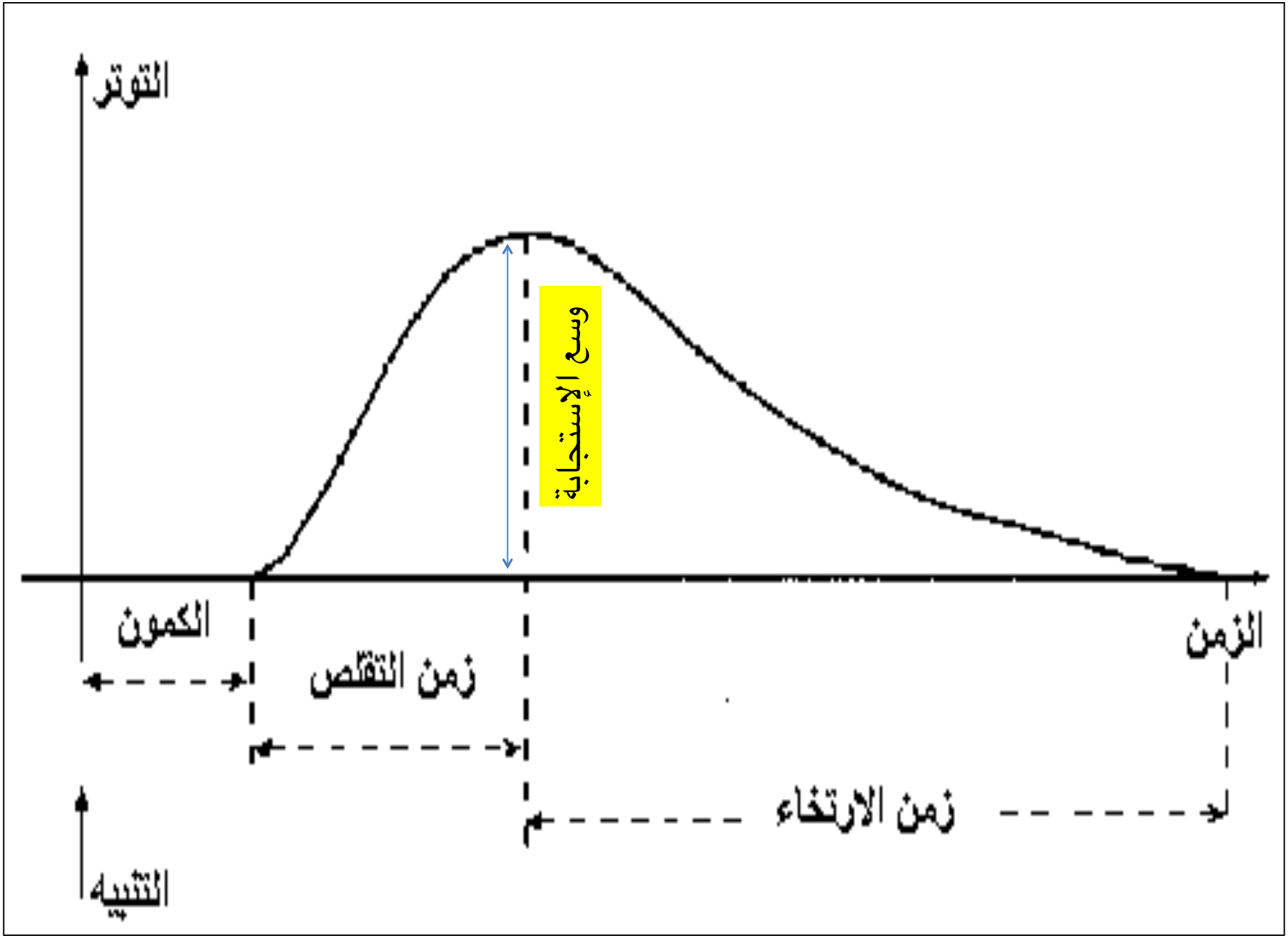
دور العضلة الهيكلية المخططة في تحويل الطاقة

- العمل الميكانيكي للعضلة الهيكليةI المخططة

1- استجابة العضلة لإهاجة فعالة واحدة


Biceps
Triceps
Tendon
Biceps
Triceps


أسطوانة مسجلة
مخطط عضلي
اشارة التنبيه
اشارة الزمن
جهاز التسجيل
جهاز التنبيه


التوتر
وسع الإستجابة
الكمون
الزمن
زمن التقلص
زمن الارتخاء
التنبيه

1- أ A تقلص - B ارتخاء

ب -يتطلب تقلص العضلة استعمال طاقة بعد تفاعل الحلمأة (ATP)

ج - A(زيادة التوتر) يتناسب مع 2

- B (3 نقصان التوتر) يتناسب مع

2- رعشة عضلية معزولة

3-ب هيوجة (تستجيب للمهيج)

قلوصة (قابلة للتقلص و الإرتخاء)

3-ج

فترة الكمون: الفترة الفاصلة بين لحظة التنبيه و بداية الإستجابة

مرحلة التقلص: يرتفع خلالها التوتر وتتغير الأبعاد الأصلية للعضلة

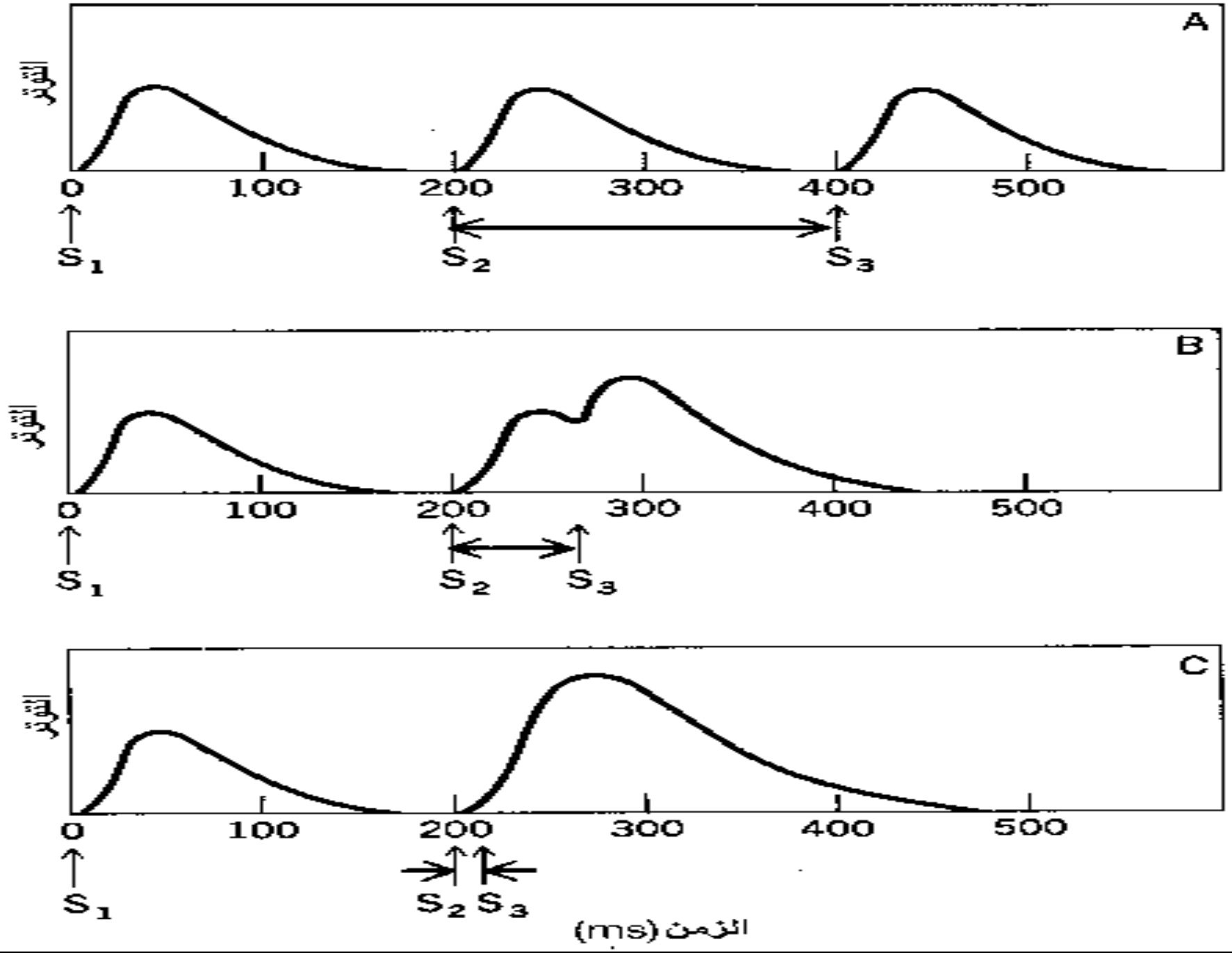
مرحلة الإرتخاء : ينخفض التوتر و تسترجع العضلة أبعادها الأولية

تعريف الرعشة العضلية:

استجابة عضلية لإهاجة فعالة و تتكون من :

- فترة كمون
- فترة تقلص
- فترة ارتخاء

2- استجابة العضلة لإهاجتين متتاليتين


A
التقلص
0
100
200
300
400
500
S1
S2
S3
B
التقلص
0
100
200
300
400
500
S1
S2
S3
C
التقلص
0
100
200
300
400
500
S1
S2 S3
الزمن (ms)

1- بتحليلك لنتائج الوثيقة 2 ما السبب في اختلاف الاستجابة في الحالات الثلاث؟

2- إعط إسم التسجيل المحصل عليه في كل من الحالة B وc

3- كيف تفسر هذه التسجيلات

1- عند تطبيق إهاجتين فعالتين تختلف الإستجابة حسب اللحظة التي تطبق فيها الإهاجة الثانية (نلاحظ تقارب الإهاجتين كلما انتقلنا من A الى B ثم الى C

2-

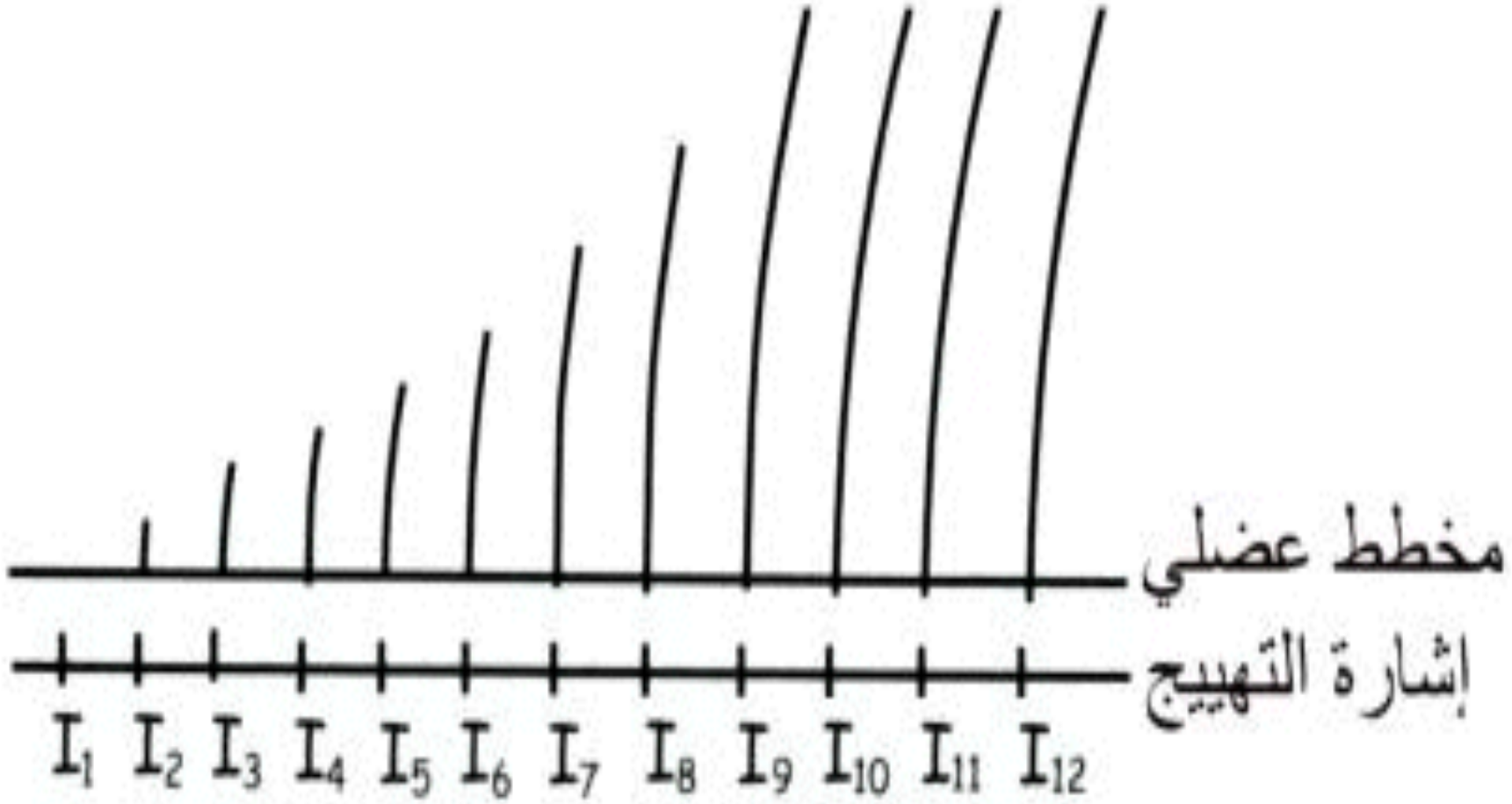
الحالة B: رعشتان ملتحمتان التحاما غير تام

- الحالة C: رعشتان ملتحمتان التحاما تاما

3- أ/ إذا وقع التهييج الثاني خلال مرحلة ارتخاء الإستجابة الأولى يحدث التحام غير تام بين الإستجابتين و يكون وسع المنحنى الثاني أكبر من وسع المنحنى الأول .

3-ب/ عند وقوع الإستجابة الثانية خلال مرحلة تقلص الإستجابة الأولى يلاحظ تراكب المنحنيين نتكلم عن التحام تام و يكون وسع التوتر الإجمالي المبذول من طرف العضلة أكبر من وسع التوترالمبذول خلال رعشة معزولة .

استجابة العضلة لإهاجات متباعدة ذات شدة تصاعدية



ملحوظة: الأسطوانة تكون متوقفة، وندير ها باليد بعد كل تهييج.

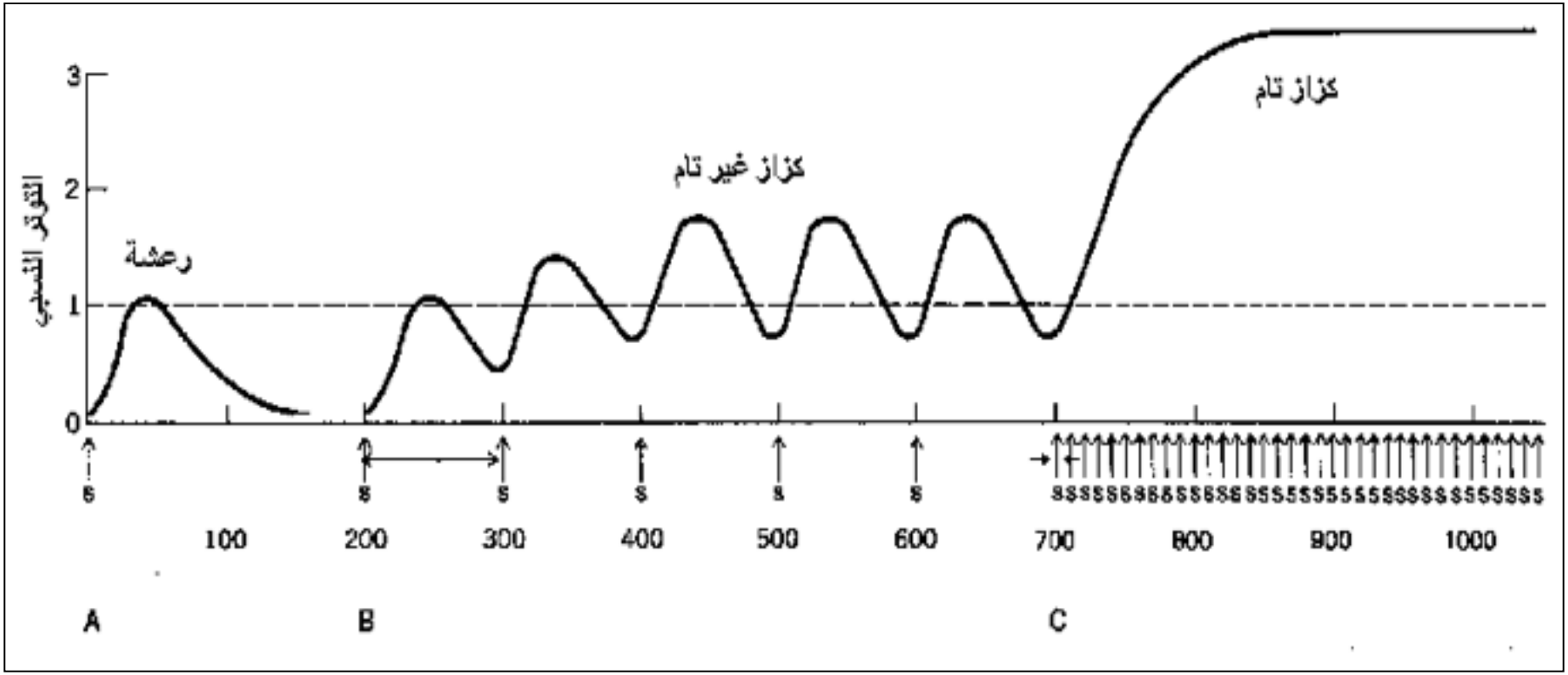
عند الشدة I2 تستجيب العضلة بتقلص.
الشدة الدنيا I2 التي تحدث استجابة: ريوباز.

عندما نرفع الشدة يزداد وسع التقلص العضلي
عند شدة إهاجة I9 يبقى وسع الإستجابة تابثا

يمكن تفسير العلاقة بين شدة التهييج ووسع الإستجابة بكون العضلة تخضع لقانون التجنيد

حيث تتكون من عدة ألياف عضلية تتقلص تدريجيا الى أن تتجند جميع الألياف العضلية و تصل الى الوسع الأقصى .

3- استجابة العضلة لعدة إهاجات متتالية



1- ضع تعليقا على الصورة جانبه

لتفسير الحالة في الصورة نطبق سلسلة إهاجات متتالية على عضلة فنحصل على التسجيلين 1 و 2

2- سم التسجيلين واقترح تفسيرا لهما؟

1-

يتعلق الأمر بطفل مصاب بالكزاز حيث تكون العضلات لديه في تقلص دائم و مستمر

2-أ/عند وقوع كل إهاجة خلال مرحلة ارتخاء الإستجابة السابقة تصبح العضلة في حالة كزاز ناقص أو كزاز غير تام ويكون التسجيل المحصل عليه متموجا (B).

ينتج الكزاز غير التام عن إلتحام عدة رعشات عضلية إثر سلسلة إهاجات بحيث تتم الإهاجة الموالية خلال فترة ارتخاء الرعشة الناتجة عن الإهاجة السابقة .

2-ب/ عند ارتفاع تردد الإهاجات بحيث يسلط كل تهييج خلال تقلص الإستجابة السابقة تبقى العضلة متقلصة و يصبح المنبسط مستقيما .

نقول أن العضلة في كزاز تام (C)

ينتج الكزاز التام عن إلتحام عدة رعشات عضلية إثر سلسلة إهاجات بحيث تتم الإهاجة الموالية خلال فترة تقلص الرعشة الناتجة عن الإهاجة السابقة .

4- التعب العضلي

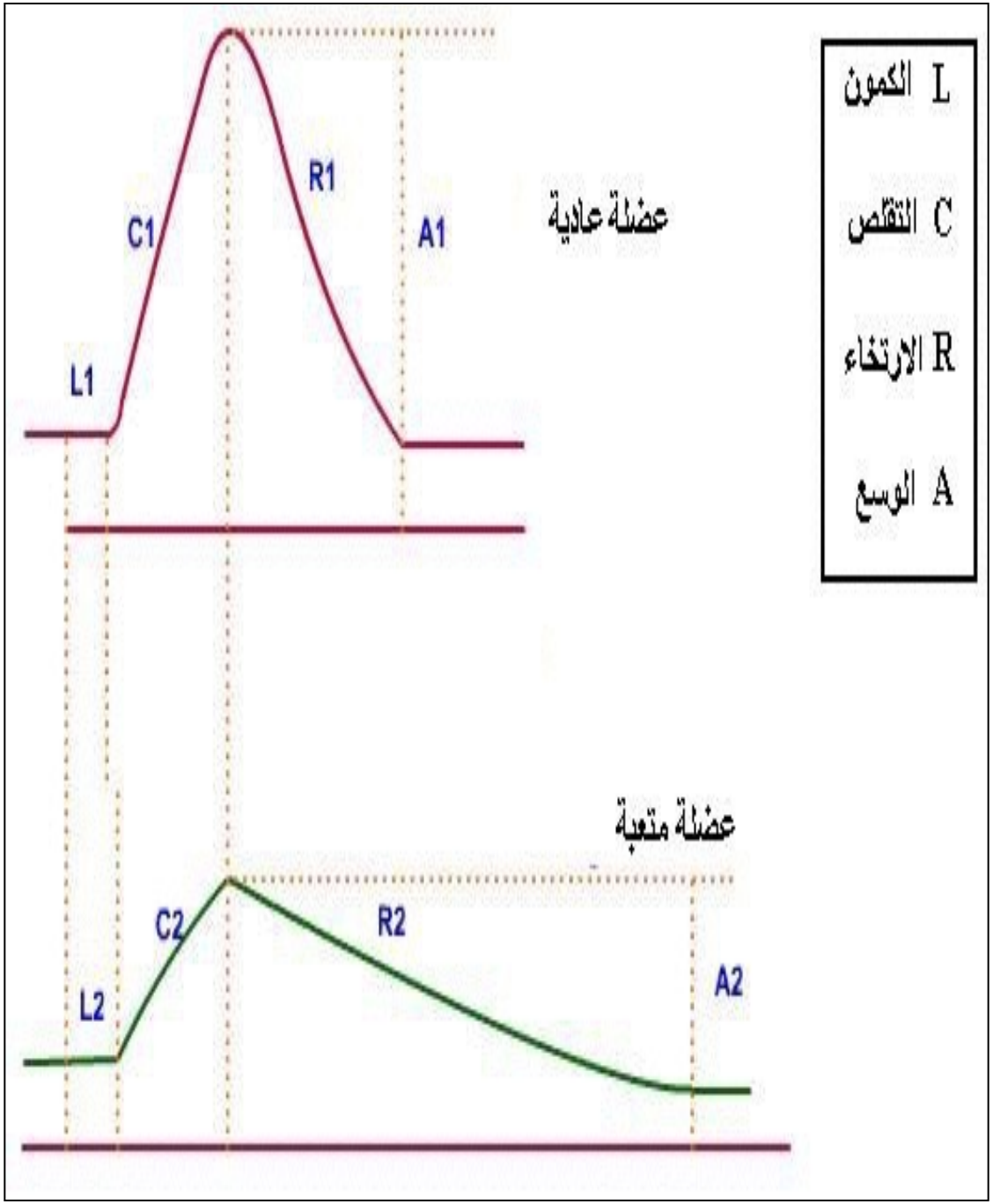
تمثل الصورة أحد رياضيي لعبة التنس و هو مسترخ على الأرض.

1- كيف تفسر هذه الحالة

يمثل التسجيل 1رعشة عضلية لعضلة مرتاحة و يمثل التسجيل 2 رعشة عضلية لعضلة متعبة .

2- حدد شروط الحصول على التسجيل2

3- ما الفرق بين التسجيلين



1-

تفسر هذه الوضعية بحالة التعب العضلي حيث تظهر على الشخص علامات العياء و المرفوق باللهاث و خروج العرق و الطرح الحراري

2-

من شروط الحصول على التسجيل 2 خضوع العضلة لعدة إهاجات متتالية من نفس الشدة و لمدة طويلة .

3-

- التسجيل 1: مدة الرعشة صغيرة ووسع كبيرA1 – فترة ارتخاء قصيرة R1و مدة كمون أصغر L1

- التسجيل 2: مدة الرعشة طويلة ووسع صغيرA2 – فترة ارتخاء طويلة R2و مدة كمون أطول L2

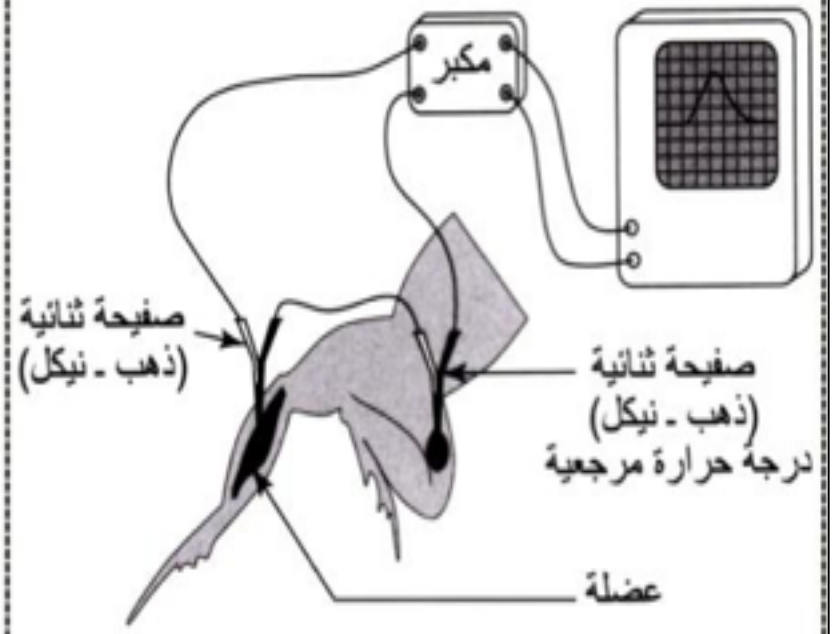
II- الكشف عن الظواهر المرافقة للتقلص العضلي و عن أصل الطاقة العضلية

1- الظواهر الحرارية

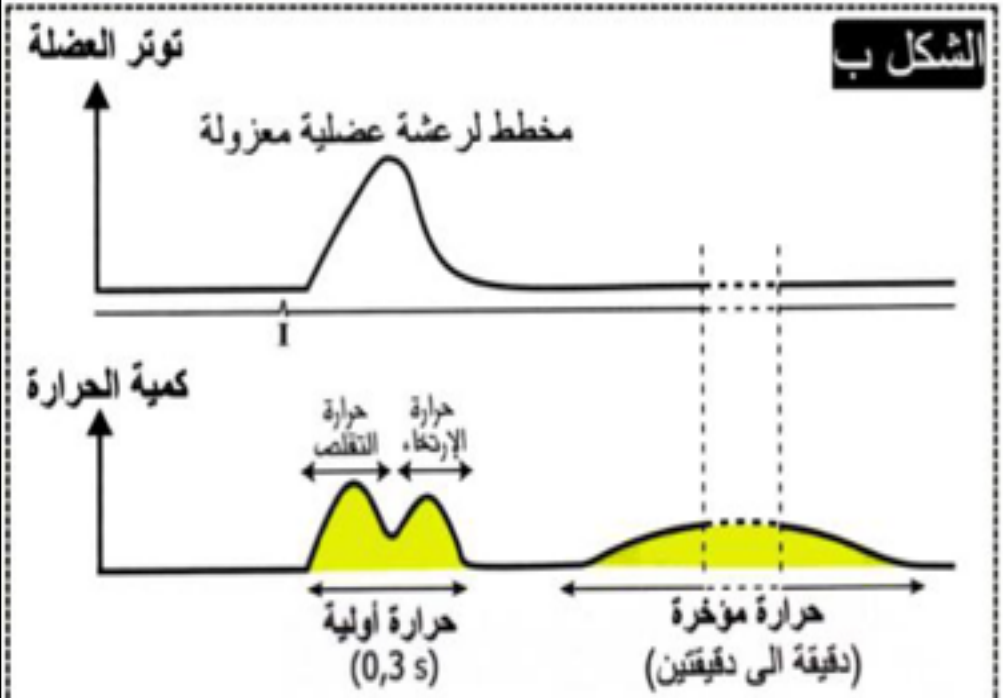
تعتبر الحرارة مظهرا من مظاهر الطاقة المحررة نتيجة تفاعلات كيميائية مرافقة للتقلص العضلي. للكشف عن نمط التفاعلات الكيميائية المسؤولة عن الطرح الحراري أجريت التجربة التالية :

خلال رعشة عضلية تكون تغيرات الحرارة جد ضئيلة. لقياس هذه الحرارة يتم اللجوء لتقنية خاصة تعتمد على استعمال إبر حرارية ـ كهربائية، تُحوّل الحرارة الضعيفة الى تيار كهربائي يمكن تسجيله بواسطة كاشف الذبذبات (الشكل أ). يؤدي تهييج فعال لعضلة هيكلية مخططة الى تسجيل مخطط عضلي لرعشة عضلية معزولة وكذا الحرارة المرافقة لها (الشكل ب)

الشكل أ

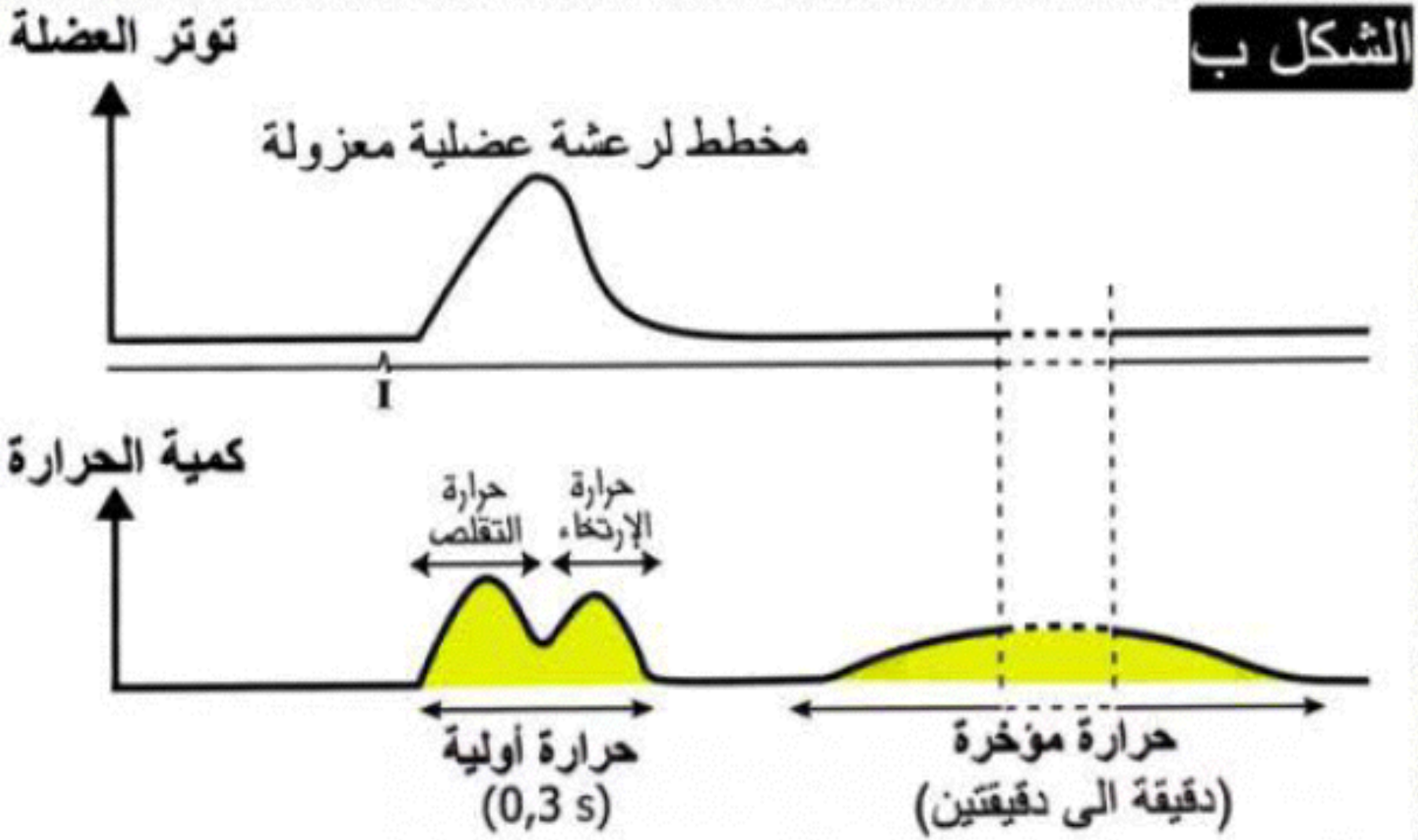


الشكل ب



ملحوظة : إذا أُعيدت نفس التجربة في وسط لاهوائي لايتم تحرير الحرارة المؤخرة.

الشكل ب



ملحوظة : إذا أُعيدت نفس التجربة في وسط لاهوائي لايتم تحرير الحرارة المؤخرة.

1- تبين الوثيقة 1 أن العضلة تطرح الحرارة في مرحلتين أساسيتين .حدد هاتين المرحلتين ؟

2- بناء على ما سبق ما اسم الظواهر المرافقة للتقلص العضلي ؟

3- نلاحظ خلال النشاط العضلي عدة تغيرات كما تبرز ذلك الوثيقة2. ما هي هذه التغيرات؟

4- ما الظواهر الأخرى المرافقة للتقلص العضلي؟

-1- الحرارة الأولية و تحرر في جزئين جزء أثناء التقلص و جزء خلال الإرتخاء (تدوم 0,3 ثانية و مرتبطة بانحلال الفوسفوكرياتين)

-الحرارة المؤخرة (المتأخرة) و تحرر بعد نهاية التقلص العضلي وهي مرتبطة بالتنفس الخلوي (تدوم دقيقة الى دقيقتين)

- 2- الظواهر الحرارية

2- أصل الطاقة العضلية

الدم الداخل

100 mL)

الكليكوز : 90 mg

O2 : 20 mL

CO2

de carbone : 49 mL

الدم الخارج

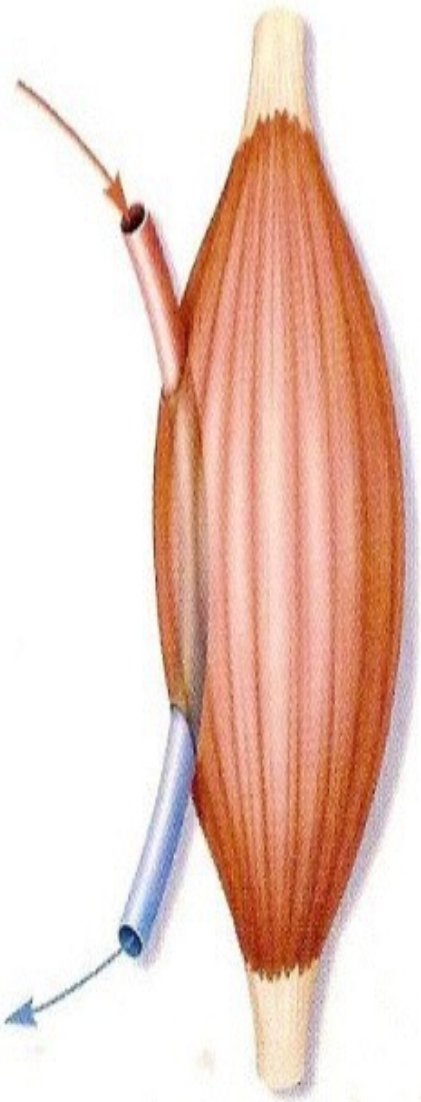
100 mL)

الكليكوز : 80 mg

O2 : 15 mL

CO2

de carbone : 54 mL



عضلة في راحة

الدم الداخل

r 100 mL)

الكليكوز 90 mg

O2 : 20 mL

CO2

de carbone : 49 mL

الدم الخارج

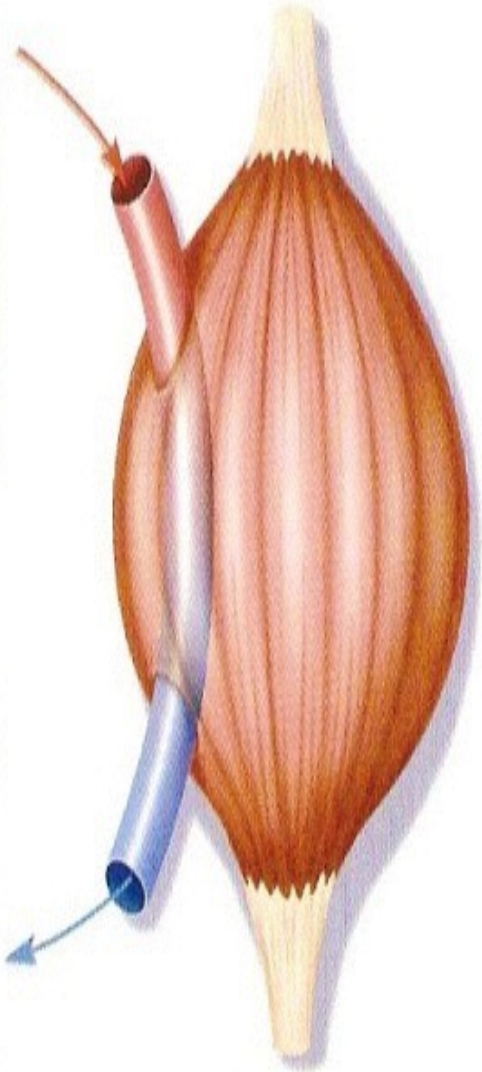
100 mL)

الكليكوز 50 mg

O2 : 11 mL

CO2

de carbone : 58 mL



عضلة في نشاط

3- ترتفع حاجيات العضلة من 02 خلال النشاط العضلي و يرتفع استهلاك الكليكوز و يطرح المزيد من C02 كما تنخفض مذخرات العضلة من الكليكوجين . يتعلق الأمر بالتنفس الخلوي و الذي يصاحب بتحرير طاقة لازمة للنشاط العضلي وبضياع جزء منها على شكل حرارة .

4- الظواهر الكيميائية و الحرارية

- بنية و فوق بنية العضلة الهيكلية المخططةIII

1- بنية العضلة الهيكلية المخططة

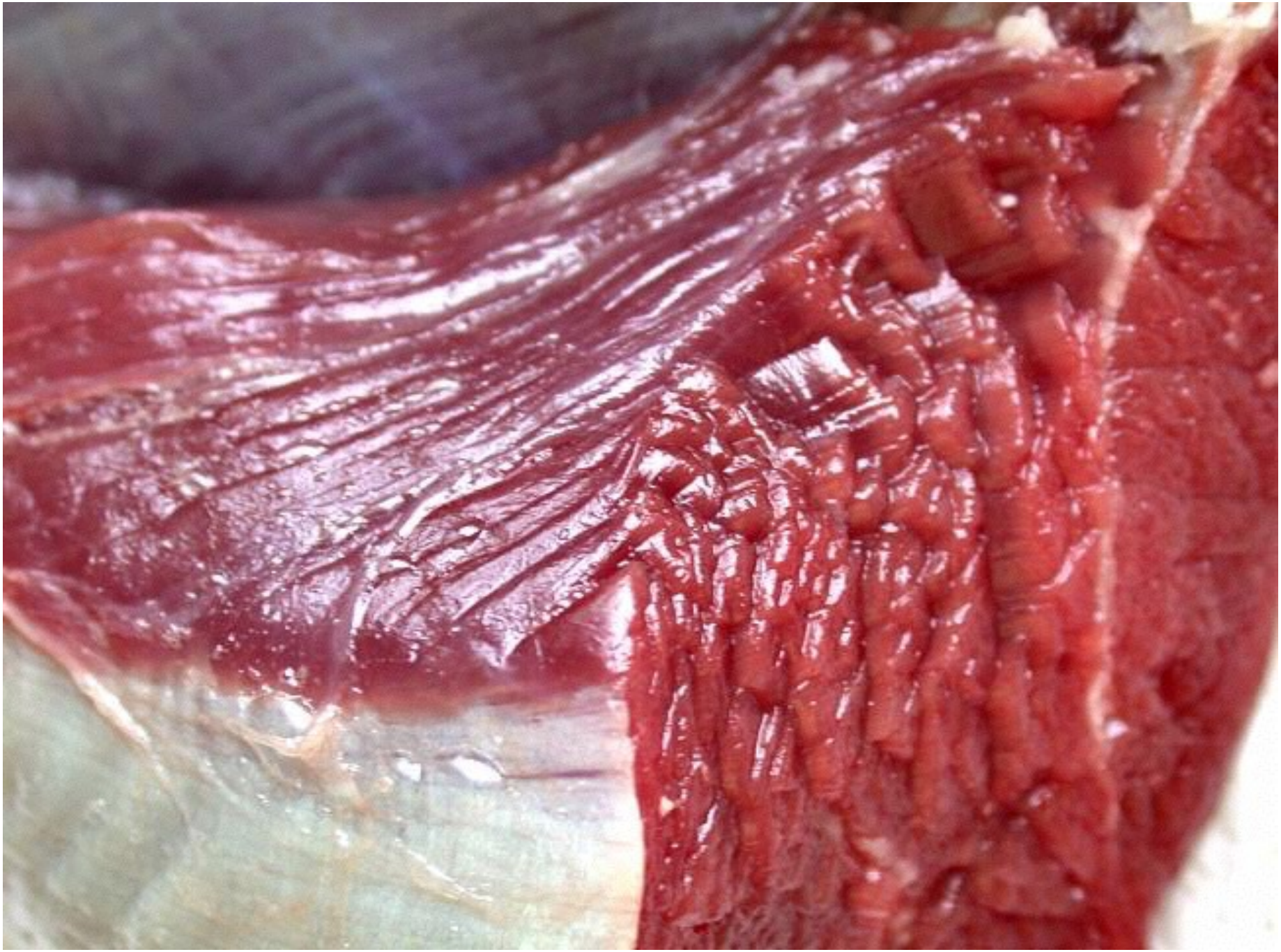
1-صف البنية المجهرية لليف عضلي

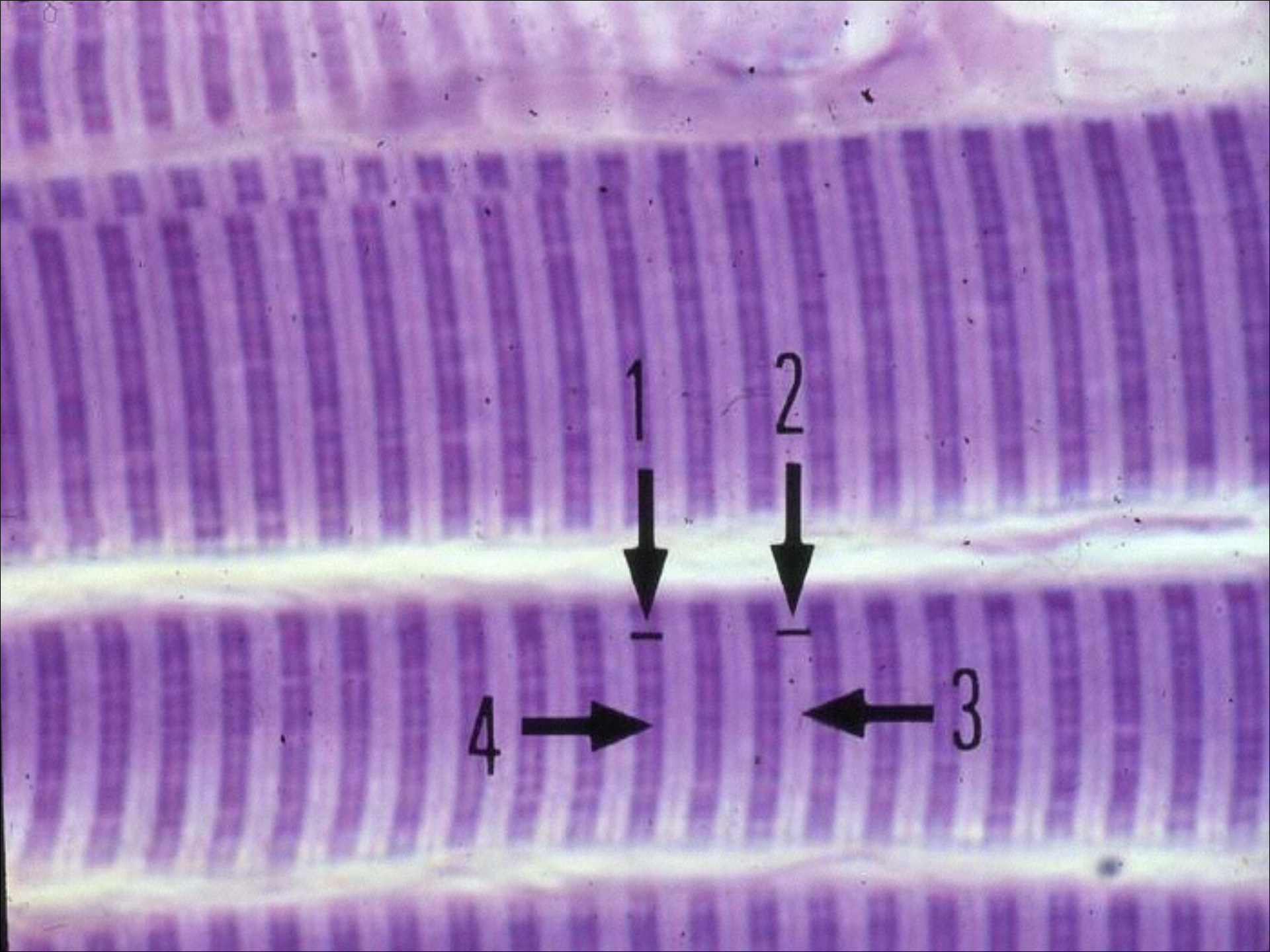
2-يعتبر الساركومير الوحدة البنيوية لليف عضلي:أبرز ذلك ثم أنجز رسما تخطيطيا له؟

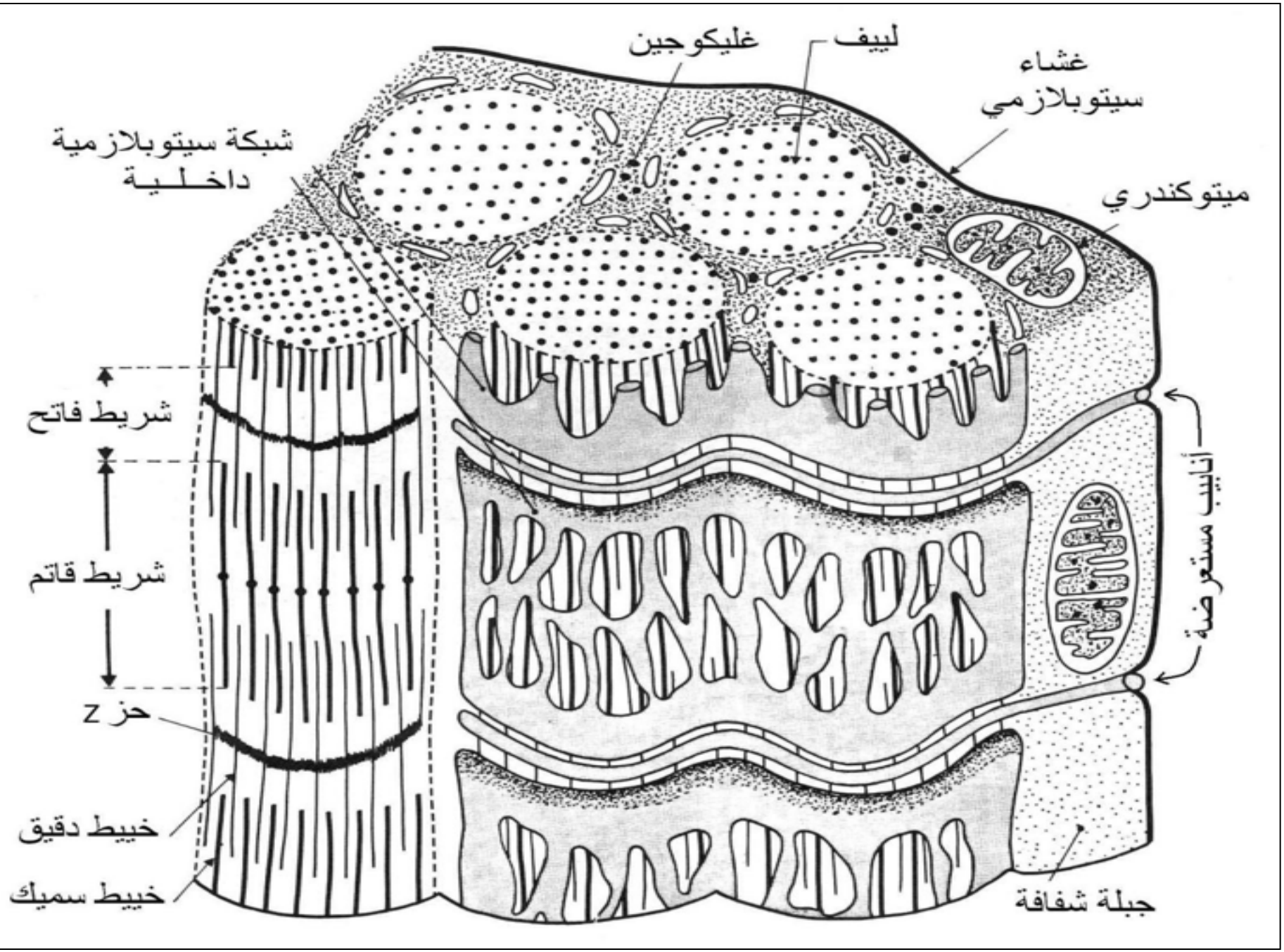
3-صف فوق بنية المقاطع المستعرضة و حدد الخييطات الموجودة في كل مقطع

4-حدد المكونات الكيميائية للخييطات وصف بنيتها؟

عضلة
عظم
نسيج ضام
حزمة ألياف عضلية

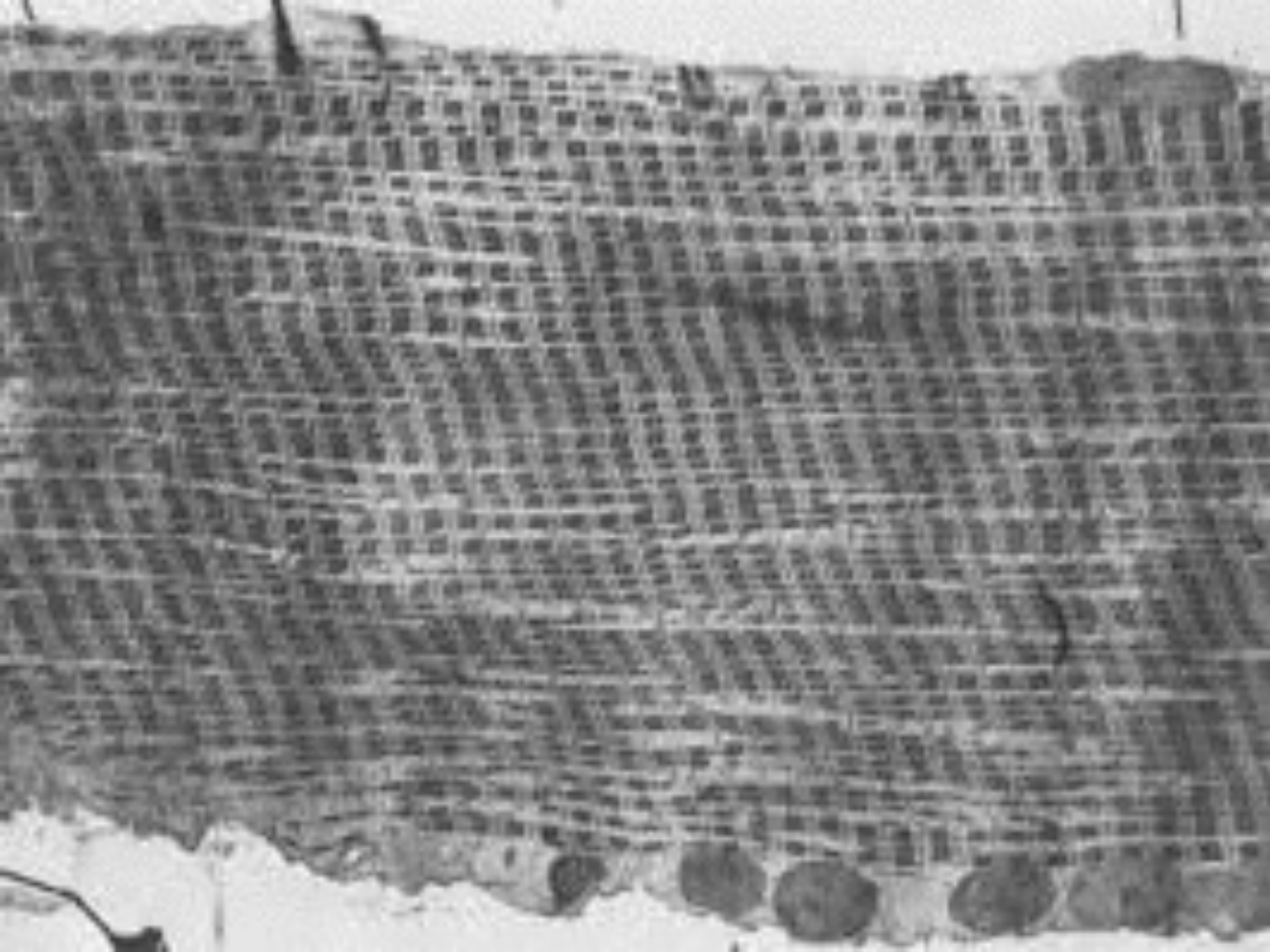


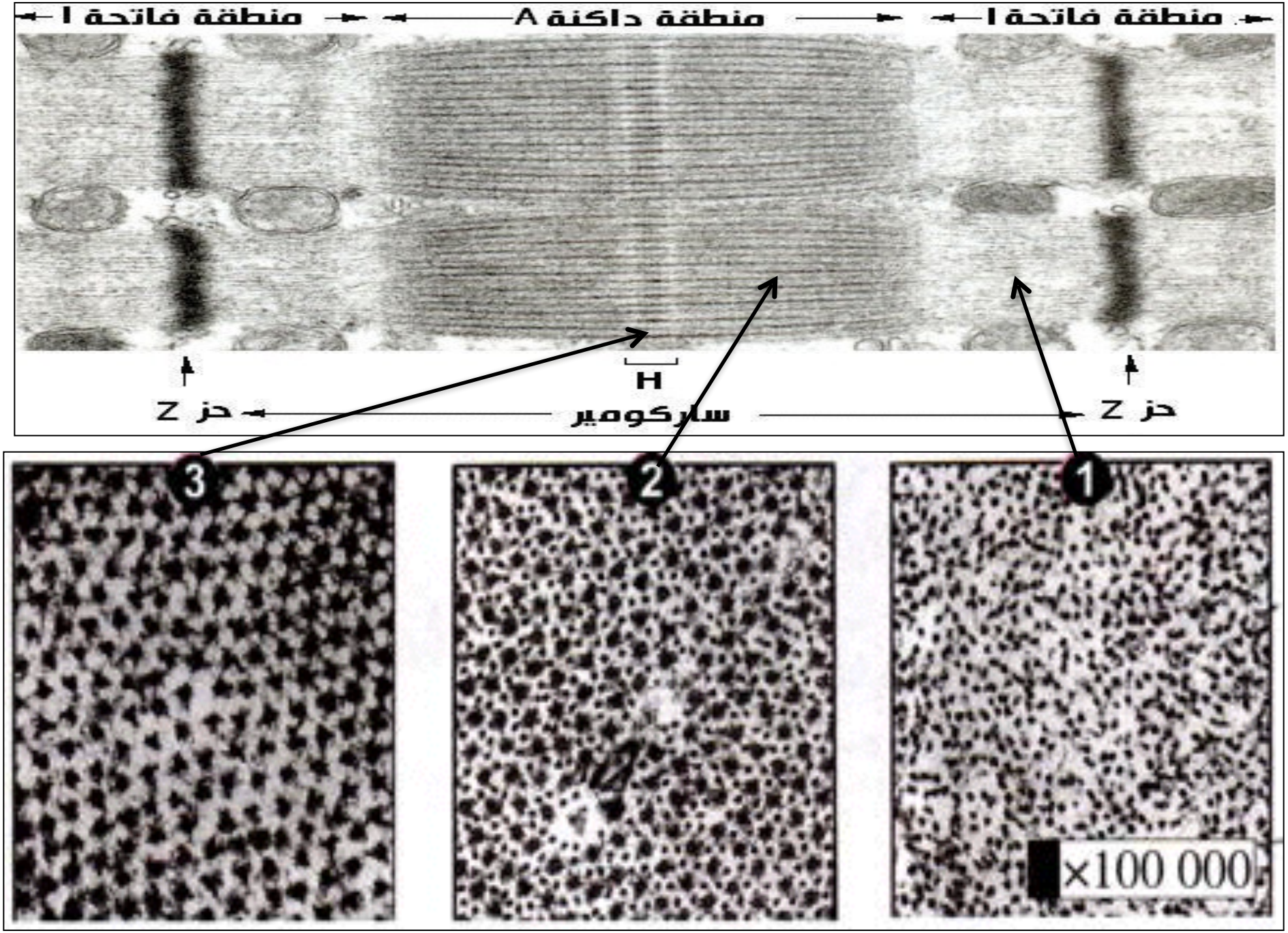

1
2
4
3


غليكوجين
ليف
غشاء
سيتوبلازمي
شبكة سيتوبلازمية
داخلية
ميتوكندري
شريط فاتح
شريط قاتم
حز z
خييط دقيق
خييط سميك
أنابيب مستعرضة
جبلة شفافة

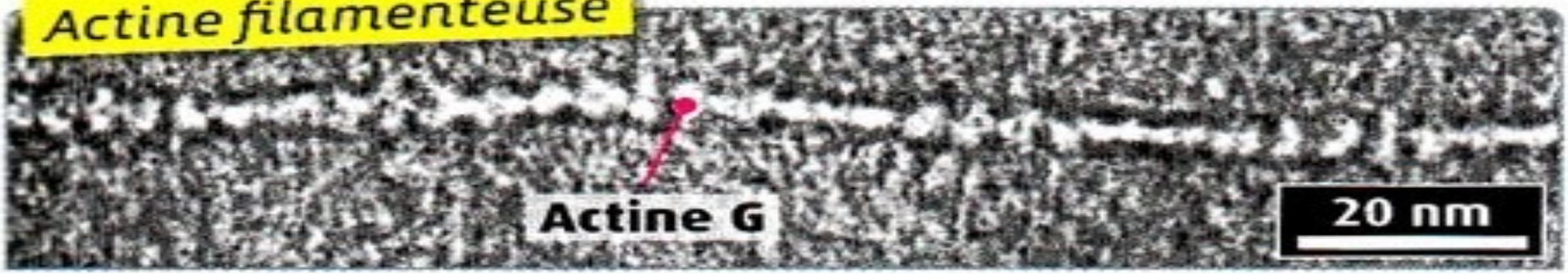
تبرز الملاحظة بالمجهر الضوئي أن الليف العضلي عبارة عن خلية مستطيلة مخططة و كل ليف يحتوي على عدة نوى مرتبة على المحيط(مختلط خلوي).يظهر الساركوبلازم مشغولا بعناصر متوازية فيما بينها و مع محور استطالة الخلية تسمى الليفات العضلية مما يؤدي الى التخطيط الطولي لليف العضلي. من جهة اخرى يتكون كل لييف عضلي من تناوب أشرطة فاتحة و أشرطة داكنة نتكلم إذن عن التخطيط العرضي لليف العضلي.

2-فوق بنية العضلة الهيكلية المخططة

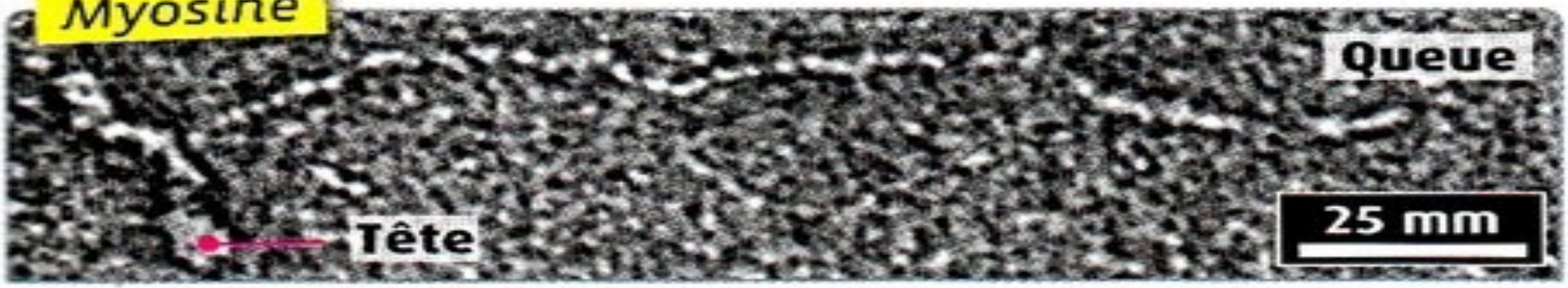


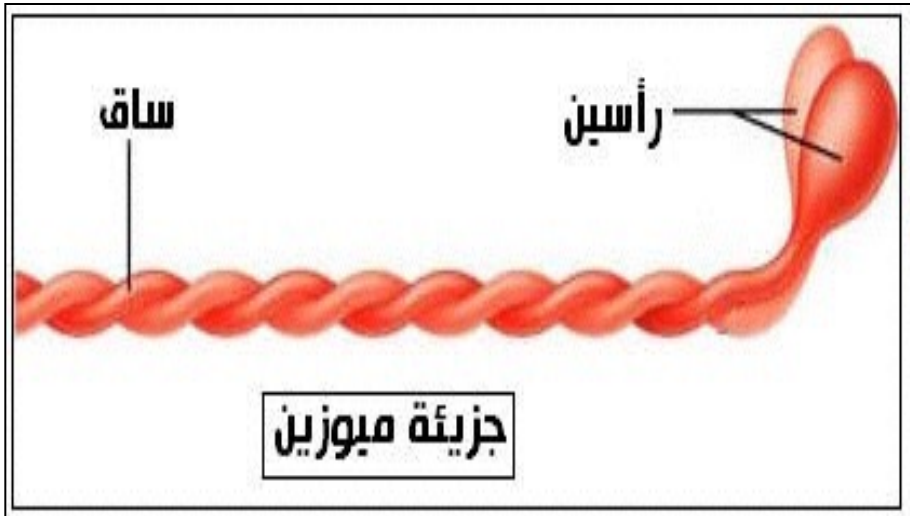

منطقة فاتحة I
منطقة داكنة A
منطقة فاتحة I
H
حز Z
ساركومير
حز Z
3
2
1
×100 000

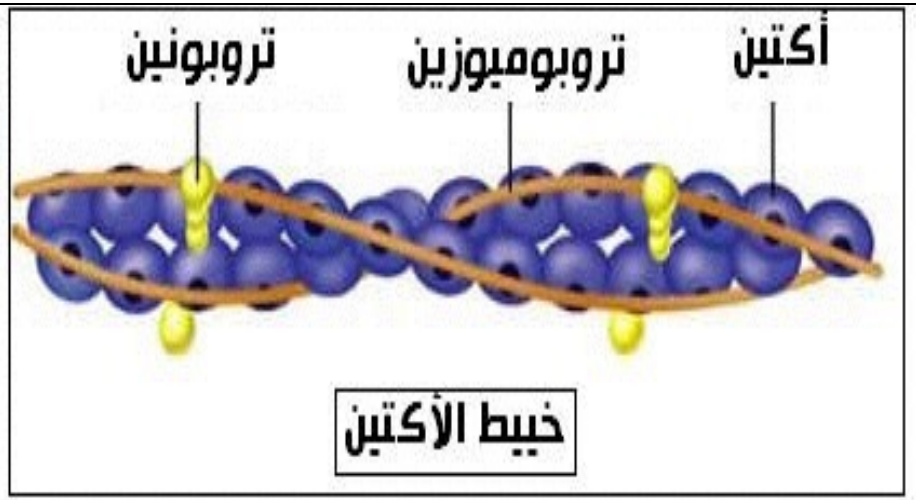
Actine filamenteuse

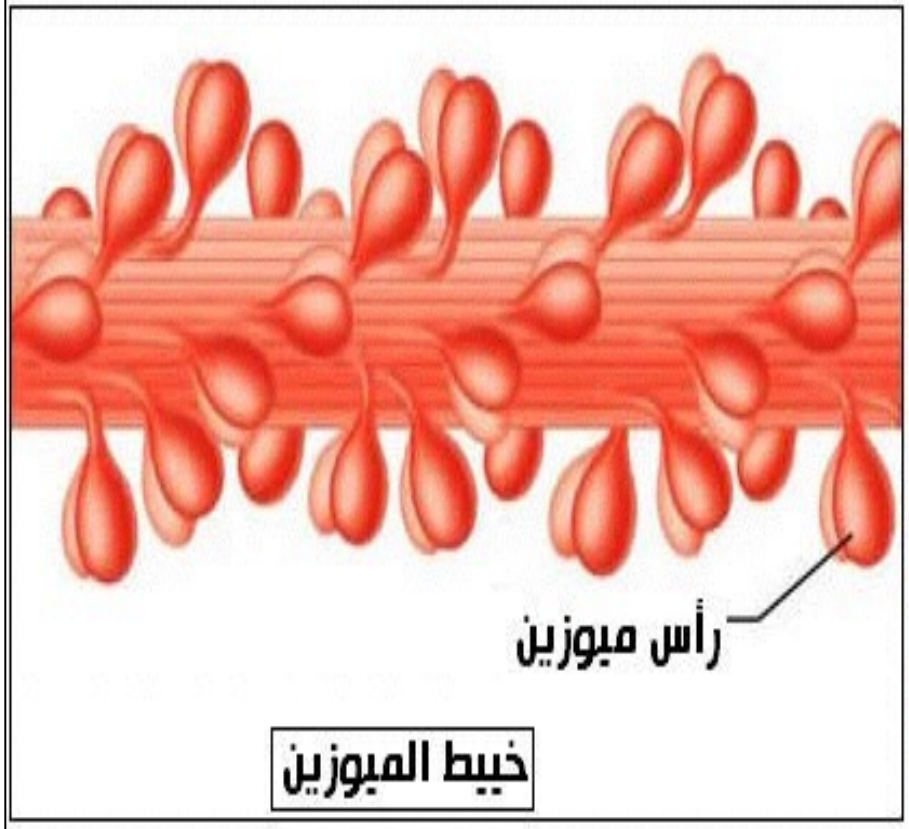


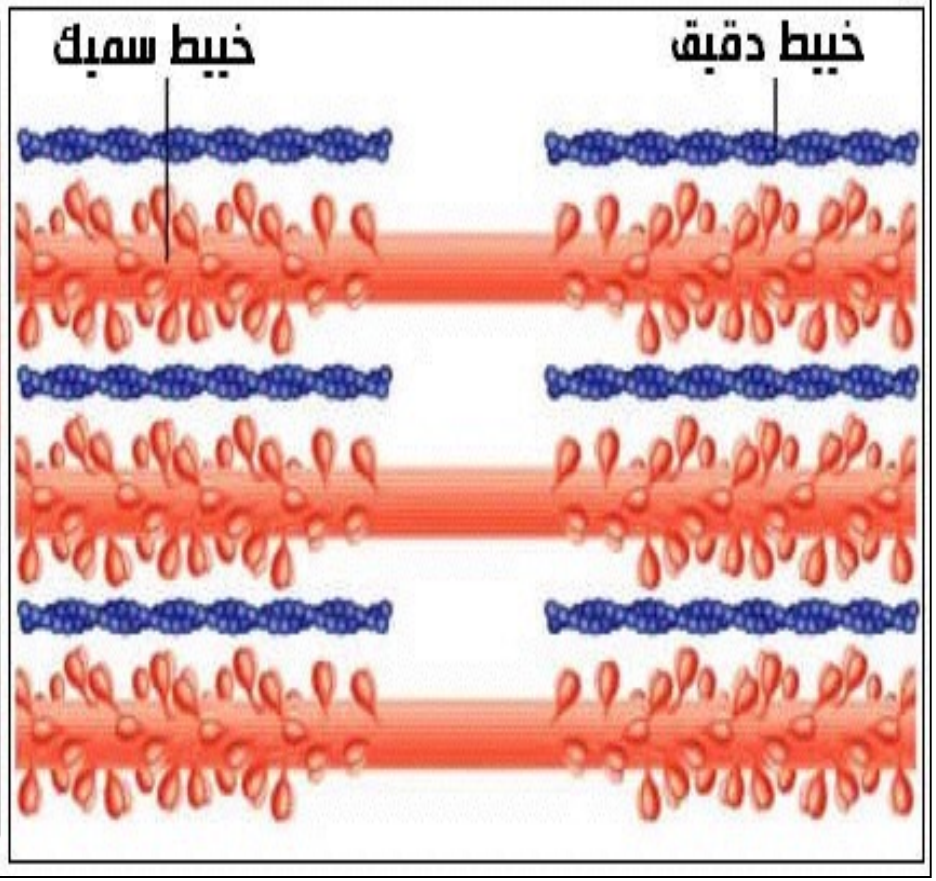
Myosine




رأسين
ساق
جزيئة ميوزين

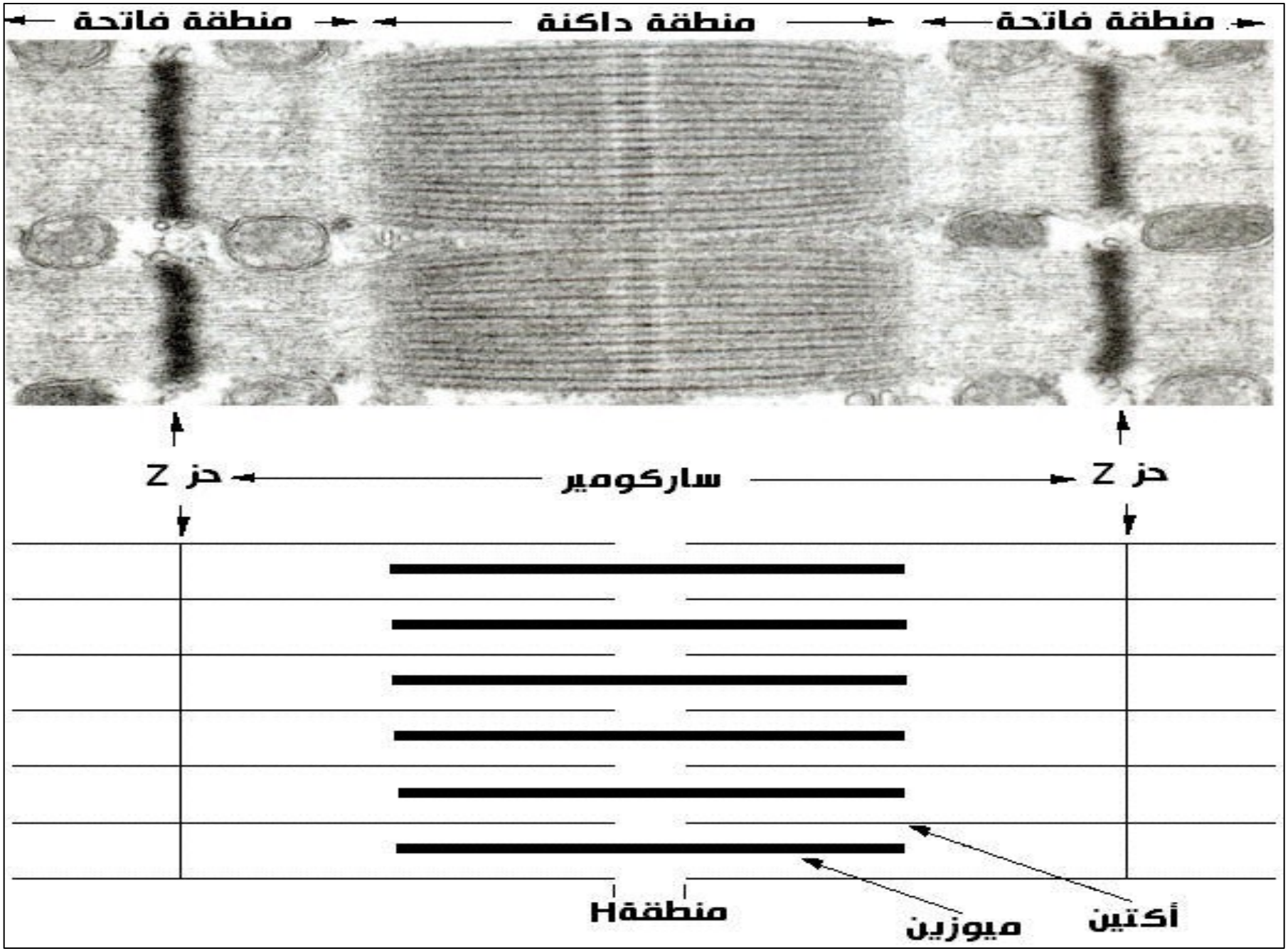

تروبونين
تروبوميوزين
أكتين
خيط الأكتين


رأس ميوزين
خيط الميوزين


خيط سميك
خيط دقيق

تبين الملاحظة بالمجهر الإلكتروني أن الليف العضلي مكون من تعاقب مناطق فاتحة و مناطق داكنة.تحتوي الأشرطة الفاتحة على خييطات دقيقة (المقطع1) و تسمى خييطات الأكتين بينما تحتوي الأشرطة القاتمة في مناطقها الوسطى (المنطقة H) على خييطات سميكة(المقطع 3) و تسمى خييطات الميوزين.و تحتوي المنطقة الداكنة خارج H على الخييطين معا:الميوزين و الأكتين(المقطع 2) و يضم الليف أيضا حزات مستعرضة تسمى الحزات Z و تدعى المنطقة المحدودة بحزي Z : ساركومير

ساركومير و هو الوحدة البنيوية لليف العضلي و المحصورة بين حزي Z وتتكون من منطقة داكنة و نصف منطقتين فاتحتين


منطقة فاتحة
منطقة داكنة
منطقة فاتحة
حز Z
ساركومير
حز Z
منطقةH
ميوزين
أكتين

يتكون خيط الميوزين (المنطقة H)
من عدة جزيئات الميوزين و تتألف كل جزيئة ميوزين من ساق(عصية) و رأسين كرويين.

يتكون خيط الأكتين(الشريط الفاتح)
من مئات جزيئات الأكتين بالإضافة الى التروبوميوزين و التروبونين .

IV- آلية التقلص العضلي

1- المظاهر الميكانيكية للتقلص العضلي

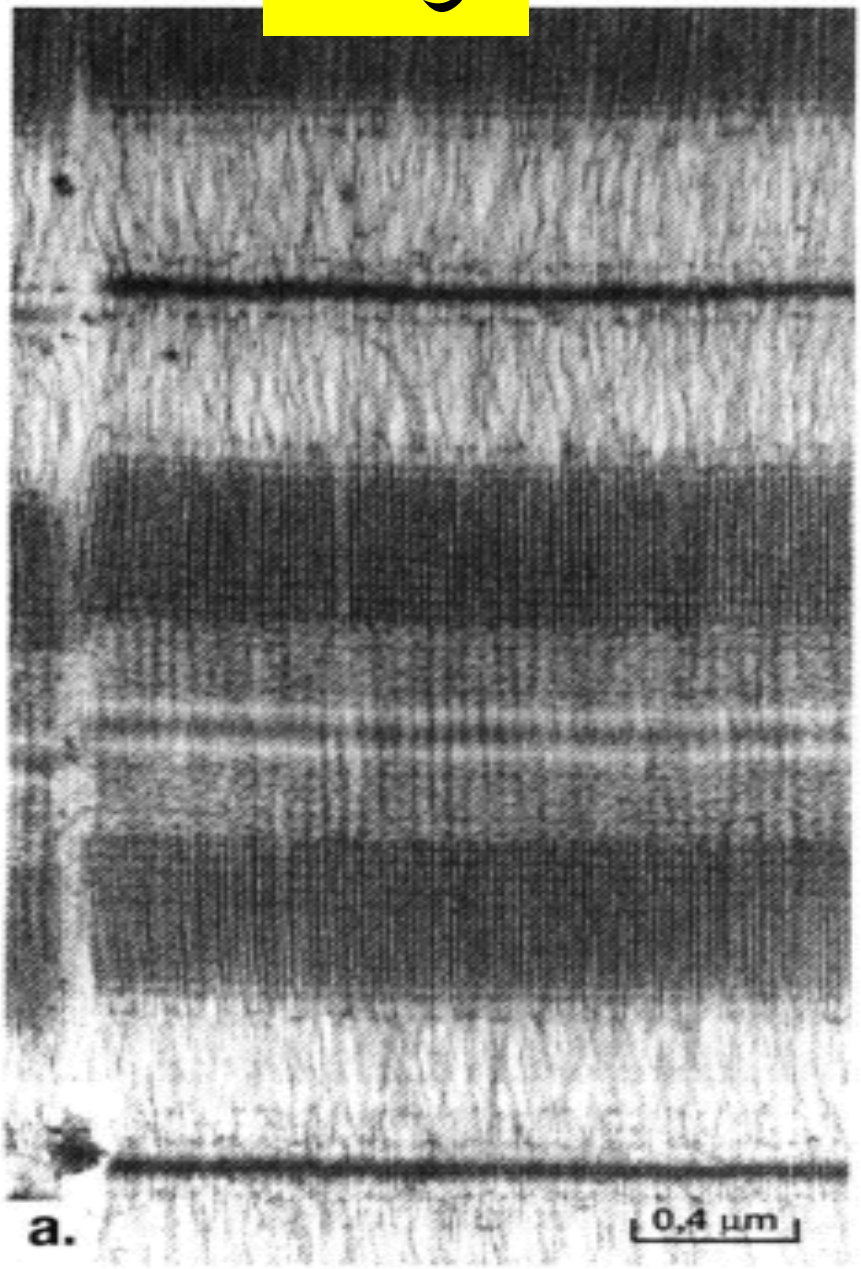
1- أ/ حدد التغيرات التي تطرأ على الساركومير عند الإنتقال من حالة الإرتخاء a الى حالة التقلص b.

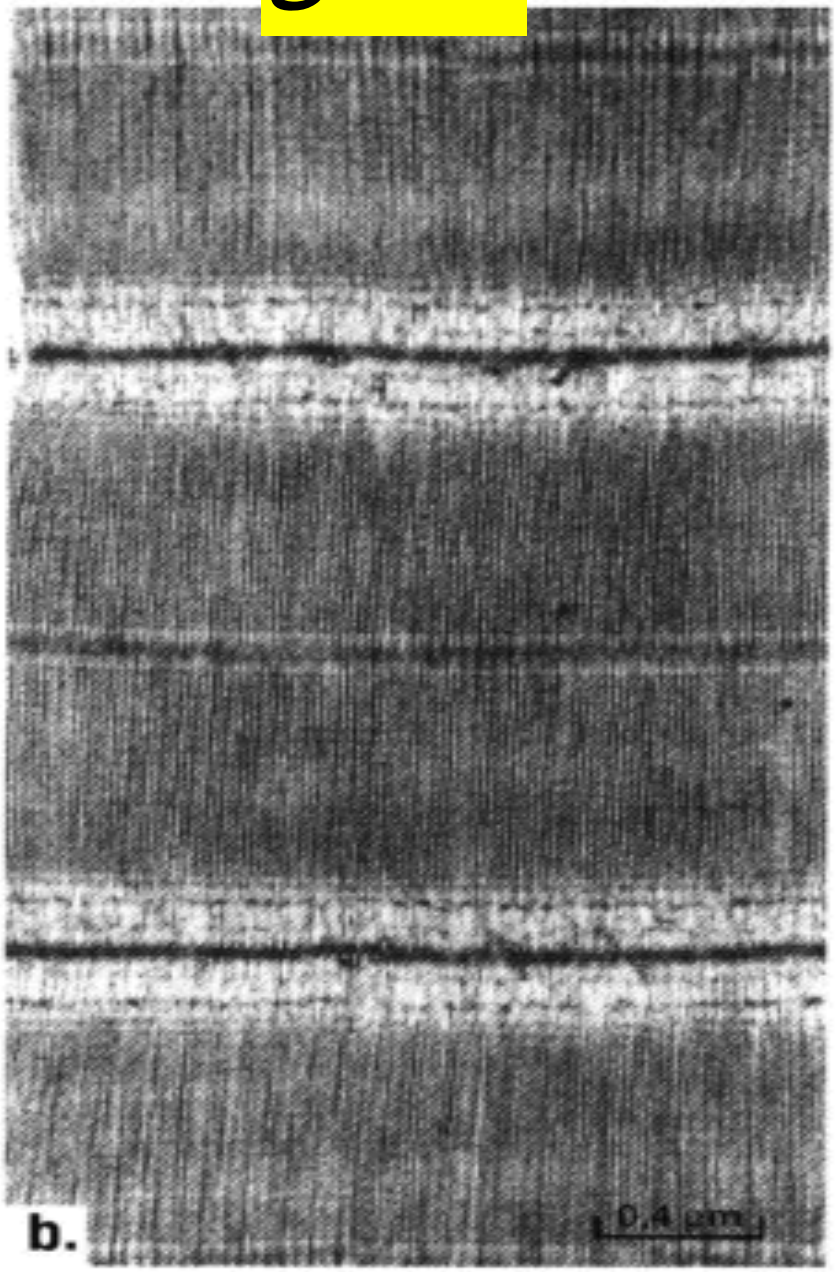
ب/كيف تفسر حدوث هذه التغيرات؟

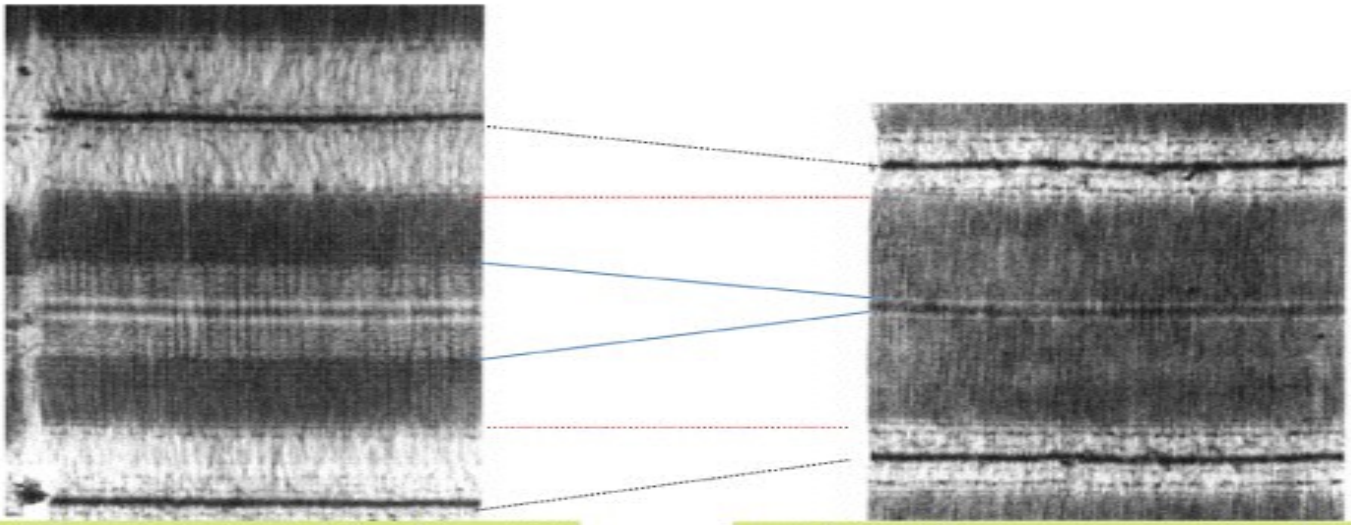
ج/ أنجز رسما للساركومير في الحالتين .

ارتخاء

تقلص





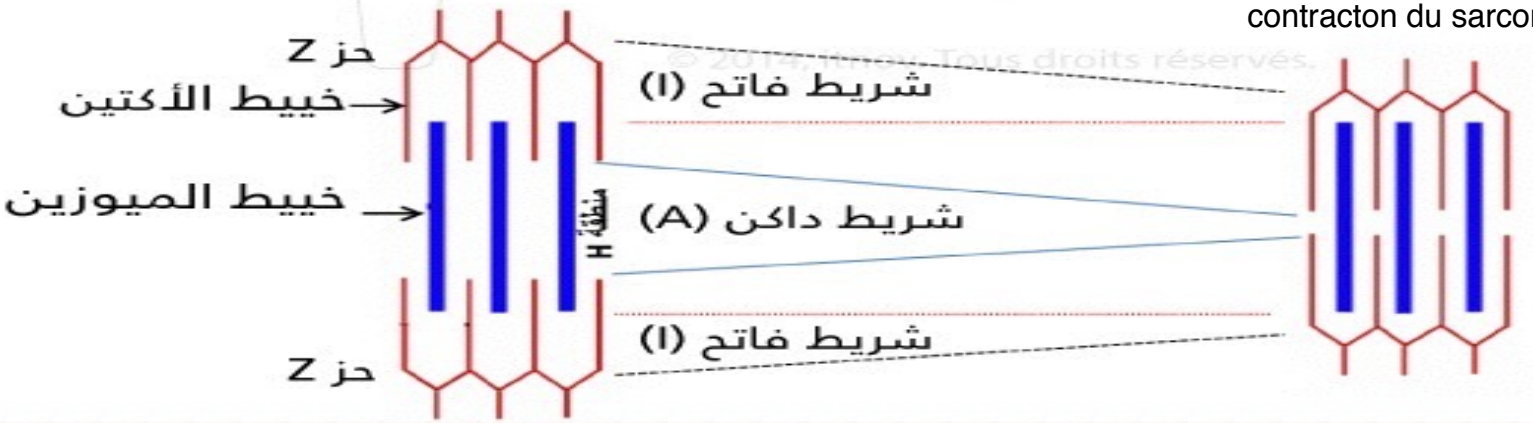


صورة لساركومير في حالة راحة

صورة لساركومير في حالة تقلص

أ. ملاحظة بالمجهر الإلكتروني.

contracton du sarcomère.swf



ب. رسوم تفسيرية تظهر التغيرات التي تطرأ على الساركومير خلال التقلص.

الوثيقة 1: التغيرات التي تطرأ على هيئة الساركومير خلال التقلص.

عند الإنتقال من حالة الإرتخاء الى حالة التقلص نسجل الملاحظات التالية :

- تقارب حزي Z (تقصير الساركومير)
- تقصير المنطقة H
- ثبات طول المنطقة الداكنة
- تقصير الشريط الفاتح

يمكن تفسير هذه التغيرات بحدوث انزلاق خيطات الأكتين فوق رؤوس الميوزين أثناء التقلص .

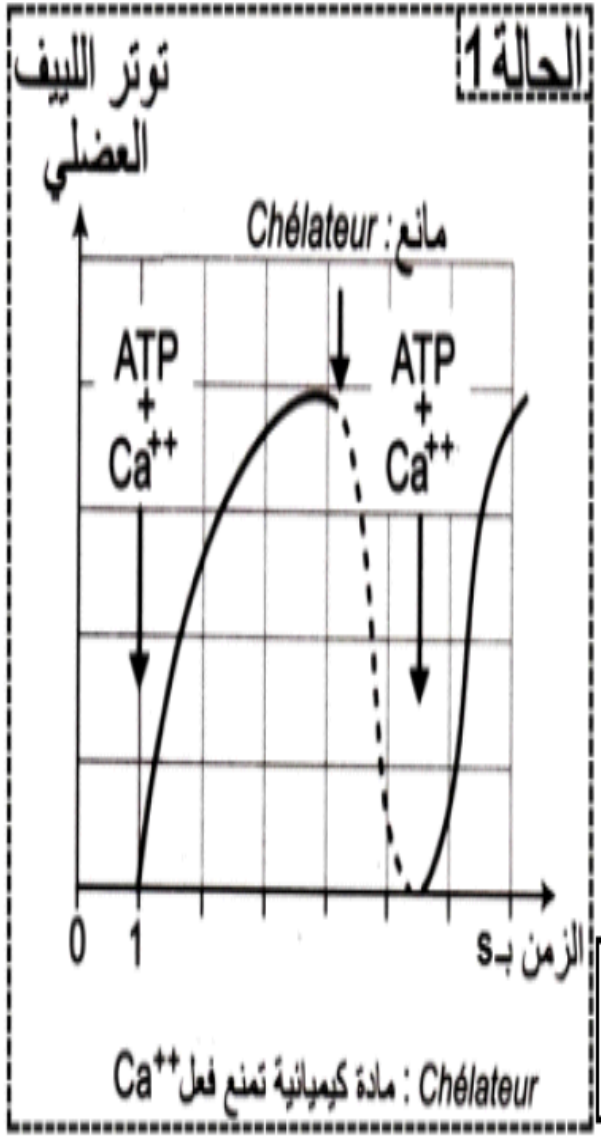
2- متطلبات التقلص العضلي

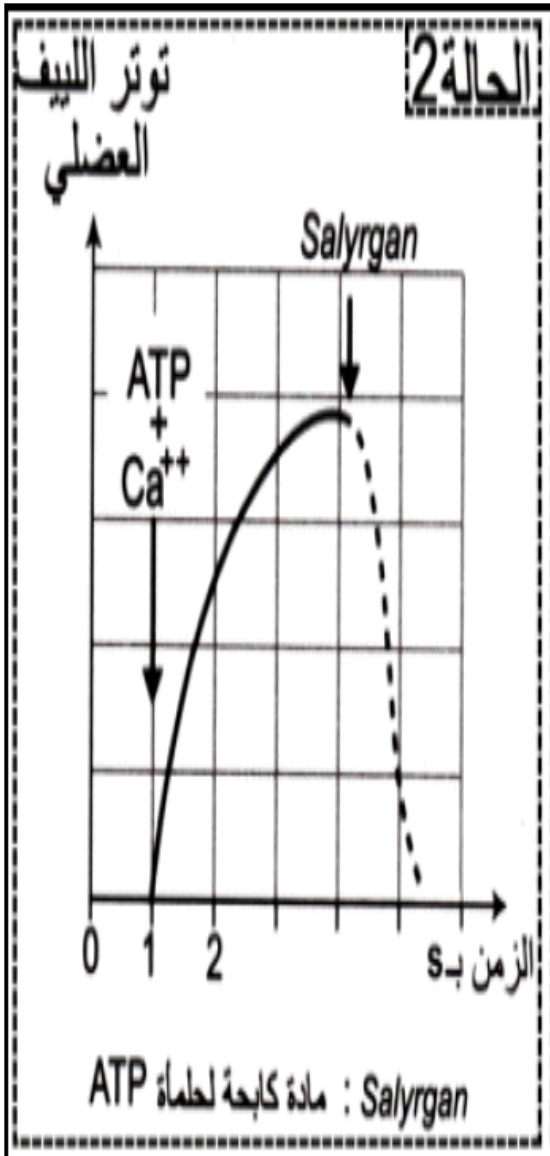
2-1 الكشف عن شروط التقلص العضلي

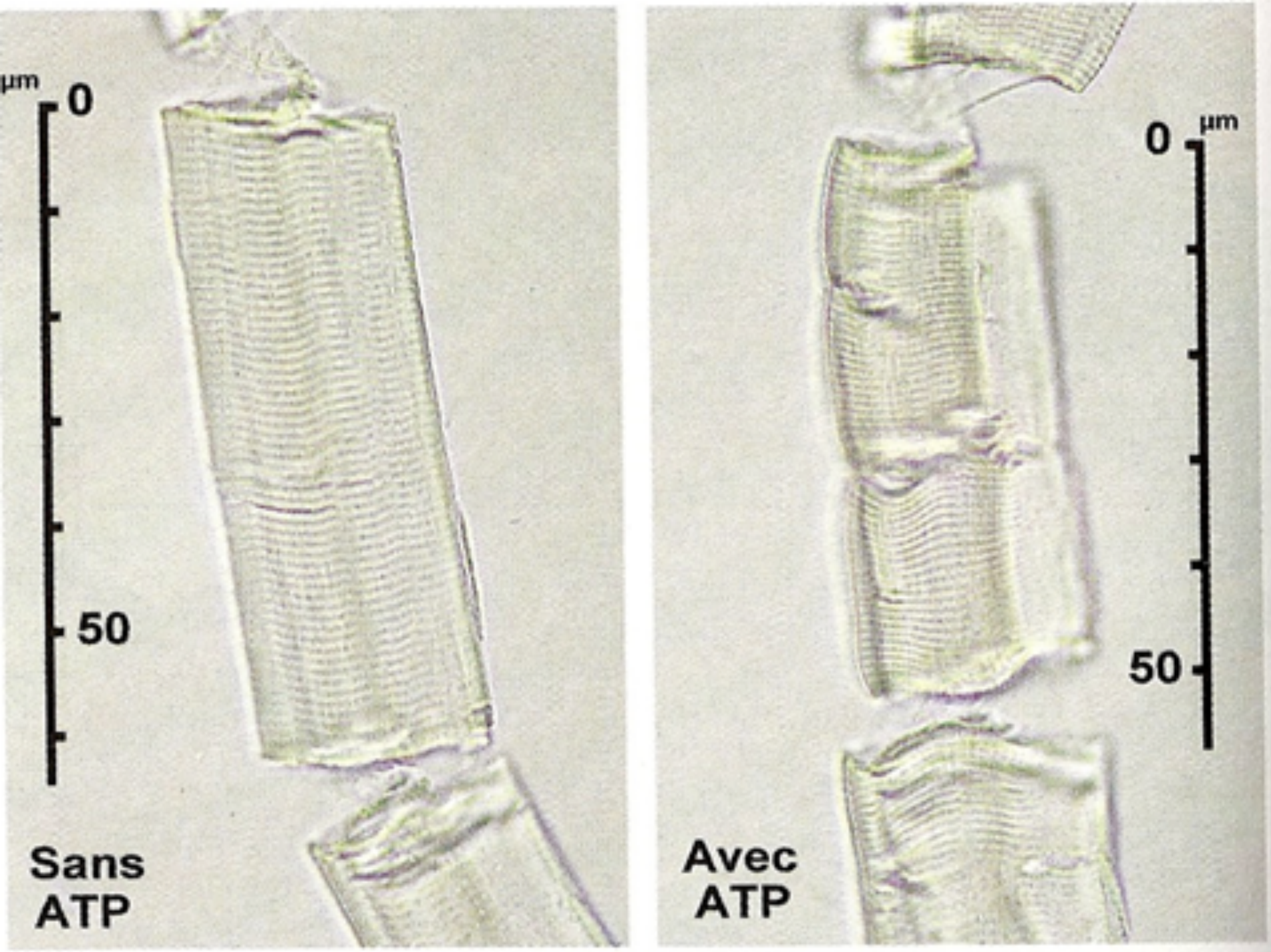
2- استخرج من الوثيقة 2 الشروط الضرورية للتقلص العضلي

بعد عزل ألياف عضلية، وُضعت في وسط خاص بوجود ATP و Ca^{++} وتم قياس توتـر الليفات بعد إضـافة مادة "Chélateur"(الحالة 1) و مـادة Salyrgan (الحالة 2).

الوثيقة2






µm
0
50
Sans
ATP
0
µm
50
Avec
ATP

2- يبين تغير نسبة توتر ليف عضلي معزول وضع في وسط ملائم بعد إضافة ca2+ و ATP الى الوسط متبوعا بإضافة مادة كابحة لحلمأة ATP أن التوترينخفض ثم ينعدم بعد نصف ثانية .

- من شروط التقلص العضلي ضرورة وجود ATP.

كما يبين تغير توتر ليف عضلي معزول في وسط ملائم أن إضافة مانع EDTA و هو مادة كيميائية ترتبط ب ca2+ و تمنع فعله أن التوتر ينخفض ثم ينعدم بعد نصف ثانية .

- من الشروط الأخرى للتقلص العضلي ضرورة وجود أيونات الكلسيوم .

2-2 دور الكالسيوم في التقلص العضلي :

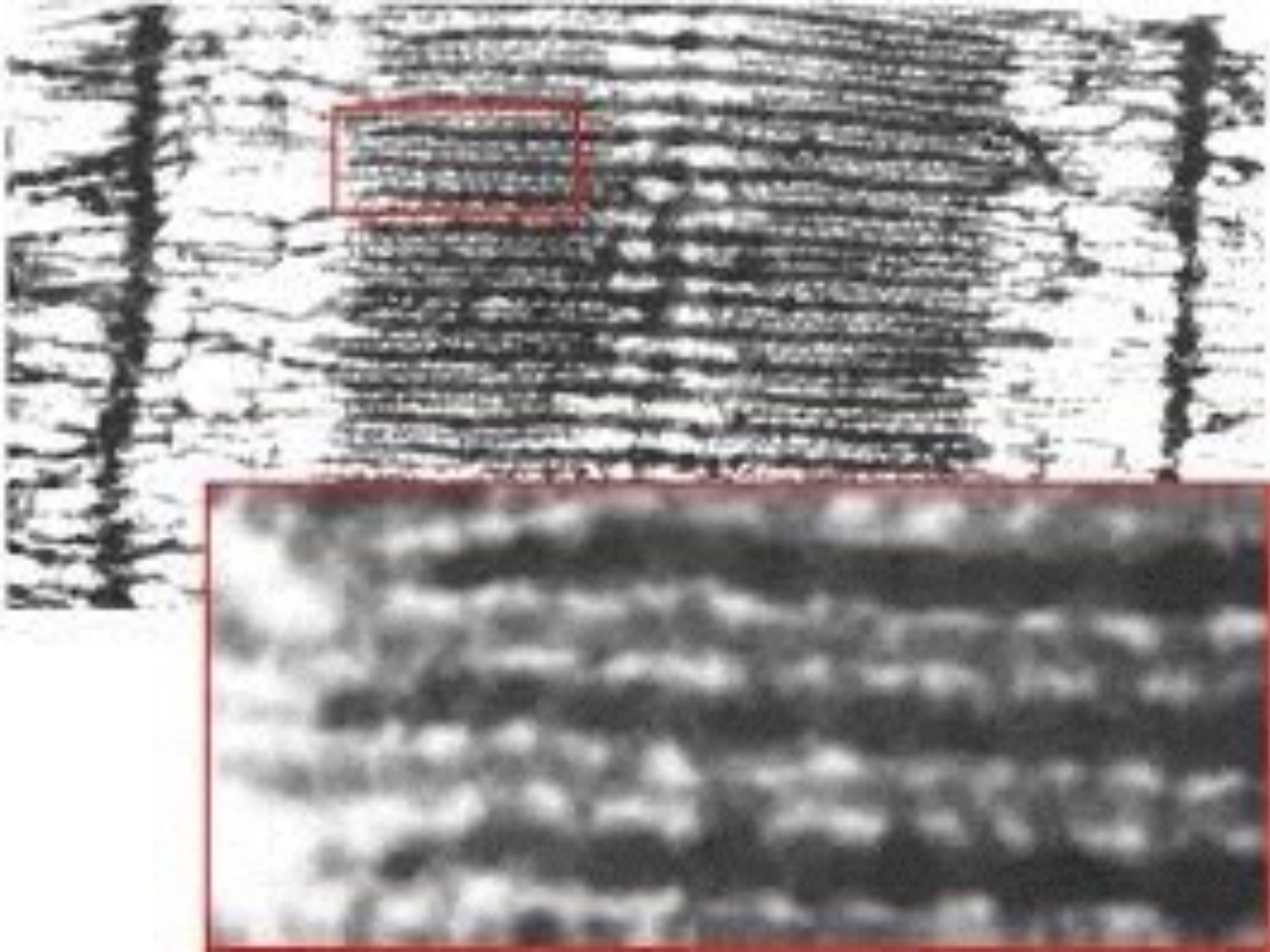
3- استنتج من معطيات جدول الوثيقة3 دور أيونات ca^{2+} في التقلص العضلي

الأوساط التجريبية	مكونات الأوساط	الوثيقة3
	بداية التجربة	نهاية التجربة
الوسط 1	خيط الميوزين + خيط الأكتين + Ca^{2+} + ATP	مركبات أكتوميوزين + Ca^{2+} + كمية كبيرة من ADP و Pi
الوسط 2	خيط الأكتين + Ca^{2+} + ATP	خيط الأكتين + Ca^{2+} + ATP
الوسط 3	خيط الميوزين + Ca^{2+} + ATP	خيط الميوزين + ATP + Ca^{2+} + كمية ضعيفة من ADP و Pi

الوسط1: تفسر حلمأة ATP بكمية كبيرة بتكون مركبات الأكتوميوزين بوجود Ca2+ .(تتم حلمأة 300 جزيئة ATP في الدقيقة بالنسبة لكل جزيئة ميوزين)

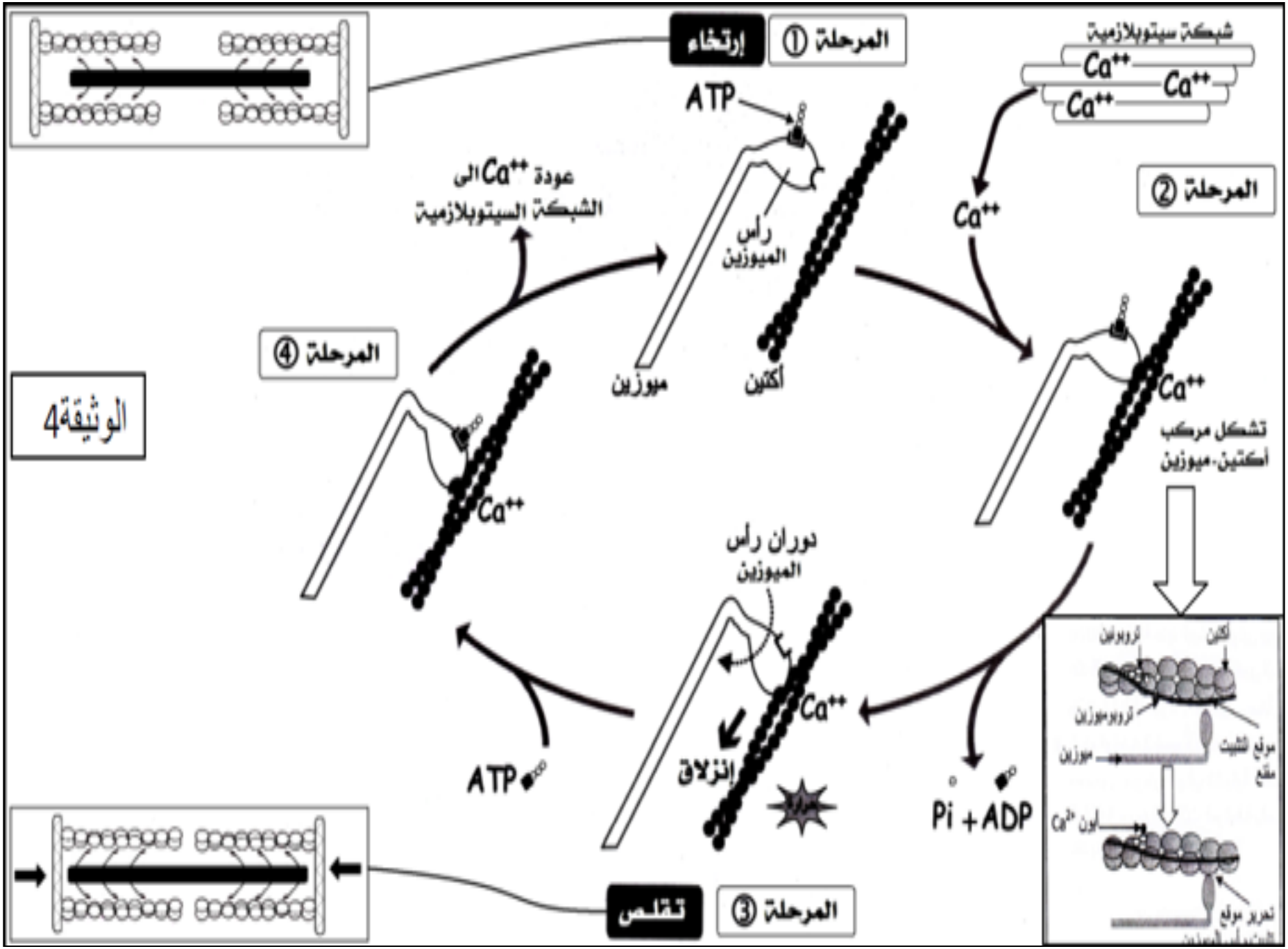
الوسط2: لم تتم حلمأة ATP لغياب الميوزين .

الوسط3: تفسر حلمأة ATP بكمية ضعيفة بعدم تشكل مركب الأكتوميوزين لاحتواء الوسط على الميوزين فقط . (تتم حلمأة جزيئتان من ATP في الدقيقة بالنسبة لكل جزيئة ميوزين)



الكالسيوم يلعب دورا أساسيا في تشكل مركب الأكتوميوزين حيث يثبت على التروبونين فتتم إزاحة التروبوميوزين و تحرير مواقع ارتباط الأكتين بالميوزين فيتكون مركب الأكتوميوزين مع حلمأة ATP فتتقلص العضلة

2-3 مراحل التقلص العضلي :



الوثيقة4
المرحلة ① إرتخاء
شبكة سيتوبلازمية
Ca++
Ca++
Ca++
ATP
رأس الميوزين
ميوزين
أكتين
عودة Ca++ الى الشبكة السيتوبلازمية
المرحلة ②
Ca++
Ca++
تشكل مركب أكتين-ميوزين
المرحلة ④
Ca++
دوران رأس الميوزين
Ca++
إنزلاق
ATP
Pi + ADP
المرحلة ③ تقلص
تروبونين
أكتين
تروبوميوزين
موقع التثبيت مقنع
ميوزين
أيون Ca2+
تحرير موقع

يحصل التقلص العضلي على مراحل و هي :

- تحرير الشبكة الساركوبلازمية أيونات الكالسيوم في الساركوبلازم
- تكون مركب الأكتوميوزين .
- حلمأة ATP
- دوران رؤوس الميوزين .
- انزلاق خييطات الأكتين نحو مركز الساركومير و هو ما يسبب في تقلصه (تحول الطاقة الكيميائية الى طاقة ميكانيكية)

ملحوظة :

عند انتهاء التنبيه يضخ الكالسيوم داخل الشبكة الساركوبلازمية و ترتبط جزيئات ATP برؤوس الميوزين مما يؤدي إلى انفصال هذه الرؤوس عن خيطات الأكتين و

خلال التقلص العضلي تبقى كمية ATP تابثة في الليف العضلي.

قد يتم التقلص العضلي في

ملخص

السار كومير و دوره

في التقلص العضلي:

بنية السار كوميير:

- محصور بين حزي Z و يشمل منطقة داكنة و نصف منطقتين فاتحتين
- تتكون المنطقة الفاتحة من خيطات الأكتين
- تتكون المنطقة الداكنة من خيطات الميوزين و خيطات الأكتين خارج H و من خيطات الميوزين فقط في المنطقة H.

تقصير الساركومير:

- تقارب حزي Z
- تقصير المنطقة H.
- إنخفاض طول الشريط الفاتح مع تباث طول الشريط الداكن

آلية التقلص العضلي :

- تحرير مواقع تثبيت رؤوس الميوزين على الأكتين
- تكون مركب الأكتوميوزين .
- حلمأة ATP
- دوران رؤوس الميوزين .
- انزلاق خيطات الأكتين على رؤوس الميوزين

- طرق تجديد الطاقة خلال النشاط العضليV

1- معطيات تجريبية

معايرة التركيب الكيميائي لـ 3 عضلات معزولة خضعت لإهاجات كهربائية قوية ومستمرة لبضع دقائق في **وسط لاهوائي** وفي ظروف مختلفة.

	الظروف التجريبية	رد فعل العضلة	المواد المعايرة	نتائج المعايرة بـ mg/g من كتلة العضلة الطرية	
				قبل التقلص	بعد التقلص
①	عضلة عادية دون معالجة (عضلة شاهدة)	تتقلص العضلة لمدة 3 دقائق مع تكون الحمض اللبني	كليكوجين	1,62	1,21
			ATP	2	2
			فوسفوكرياتين	1,5	1,5
②	عضلة معالجة بحمض (IA) Iodo - Acétique الذي يكبح تفاعلات انحلال الكليكوز.	تقلص العضلة لمدة دقيقة تقريبا دون تكون الحمض اللبني	كليكوجين	1,62	1,62
			ATP	2	2
			فوسفوكرياتين	1,5	0,4
③	عضلة معالجة بحمض (IA) Iodo - Acétique ومادة كابحة لأنزيم (Pk) Pk:Phosphocréatine kinase (انزيم يحفز انحلال الفوسفوكرياتين)	تقلص العضلة ثم توقفها بسرعة مع عدم تكون الحمض اللبني.	كليكوجين	1,62	1,62
			ATP	2	0
			فوسفوكرياتين	1,5	1,5

2- تحليل المعطيات التجريبية

في الحالة1: نلاحظ أن العضلة تتقلص في غياب O_2 لمدة 3 دقائق

تستهلك الكليكوجين و تنتج الحمض اللبني مع استقرار تركيز ATP.

العضلة إذن تجدد ATP انطلاقا من التخمر اللبني .

في الحالة2: نلاحظ أن العضلة المعالجة بمادة iodoacétique

تستهلك الفوسفوكرياتين PC خلال تقلصها مع استقرار تركيز ATP

ولا تستهلك الكليكوجين ولا تنتج الحمض اللبني. العضلة إذن تجدد ATP عن طريق الفوسفوكرياتين.

في الحالة3:

نلاحظ عند توقف انحلال الكليكوز و الفوسفوكرياتين

تتقلص العضلة بضع ثوان ثم تتوقف وتستهلك مخزونها من ATP .

العضلة لم تجدد ATP في هذه الحالة .

3- تجديد ATP حسب مدة التمرين الرياضي

3- 1 خاصيات الألياف العضلية

الوثيقة2: خاصيات الألياف العضلية من الصنف I و II

الخاصيات	ألياف الصنف I	ألياف الصنف II
جزيئات الخضاب العضلي المثبت للأوكسجين	+++	+
عدد الميتوكندريات	+++	+
قابلية التعب	+	+++

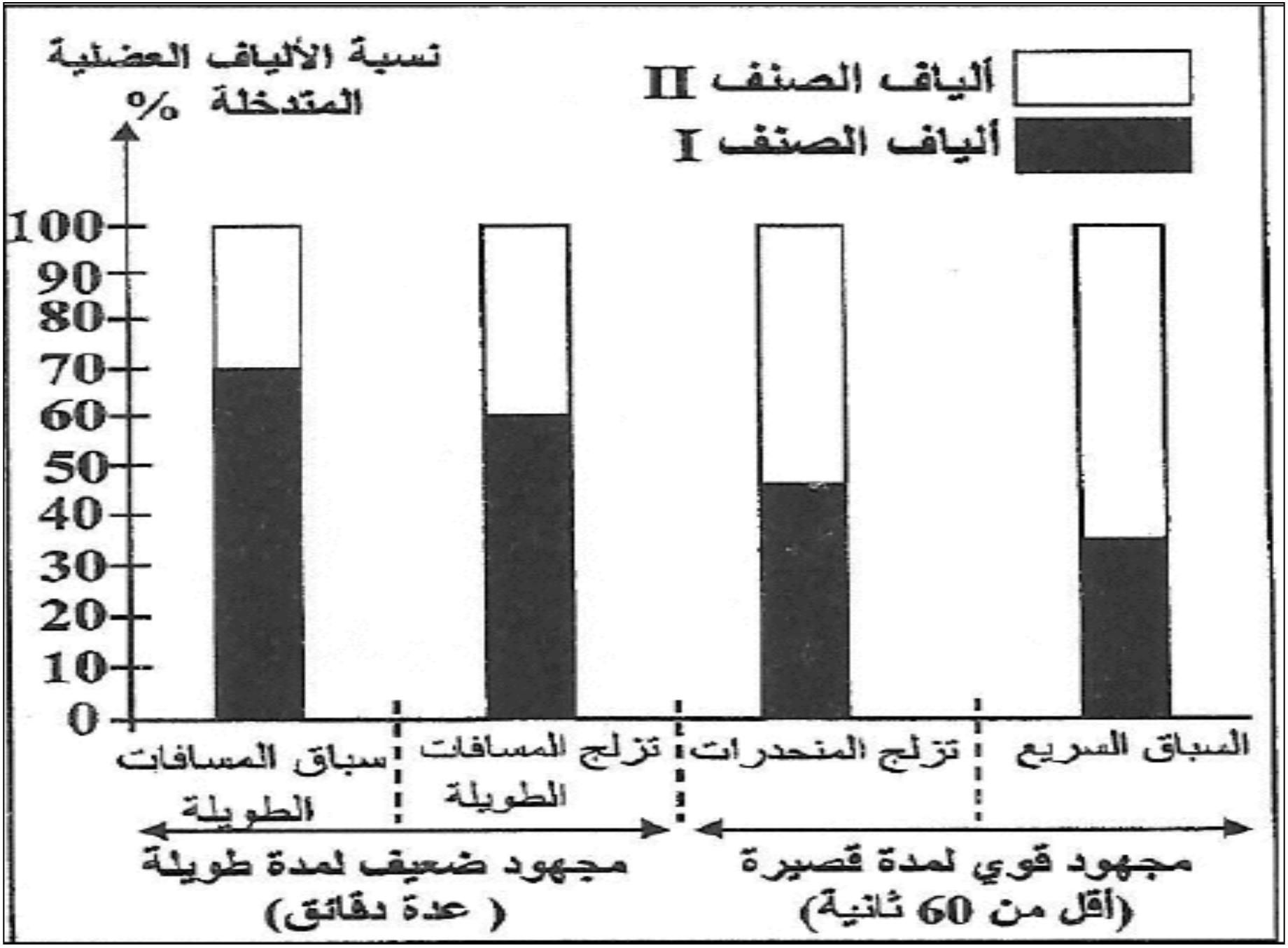
1-1تتميز ألياف الصنف I بتوفرها على عدد كبير من الميتوكوندريات و نسبة كبيرة من الخضاب العضلي المثبت ل O2 و قابلية أقل للتعب.

المسلك الإستقلابي المهيمن بالنسبة لهذه الألياف هو المسلك حيهوائي أو التنفس الخلوي .

2-1تتميز ألياف الصنف II بتوفرها على عدد قليل من الميتوكوندريات و نسبة ضعيفة من الخضاب العضلي المثبت ل O2 و قابلية أكثر للتعب.

المسلك الإستقلابي المهيمن بالنسبة لهذه الألياف هو المسلك حي لاهوائي أو التخمر اللبني .

3- 2 الألياف العضلية و المجهود العضلي


نسبة الألياف العضلية المتدخلة %
ألياف الصنف II
ألياف الصنف I
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
سباق المسافات الطويلة
تزلج المسافات الطويلة
تزلج المنحدرات
السباق السريع
مجهود ضعيف لمدة طويلة (عدة دقائق)
مجهود قوي لمدة قصيرة (أقل من 60 ثانية)

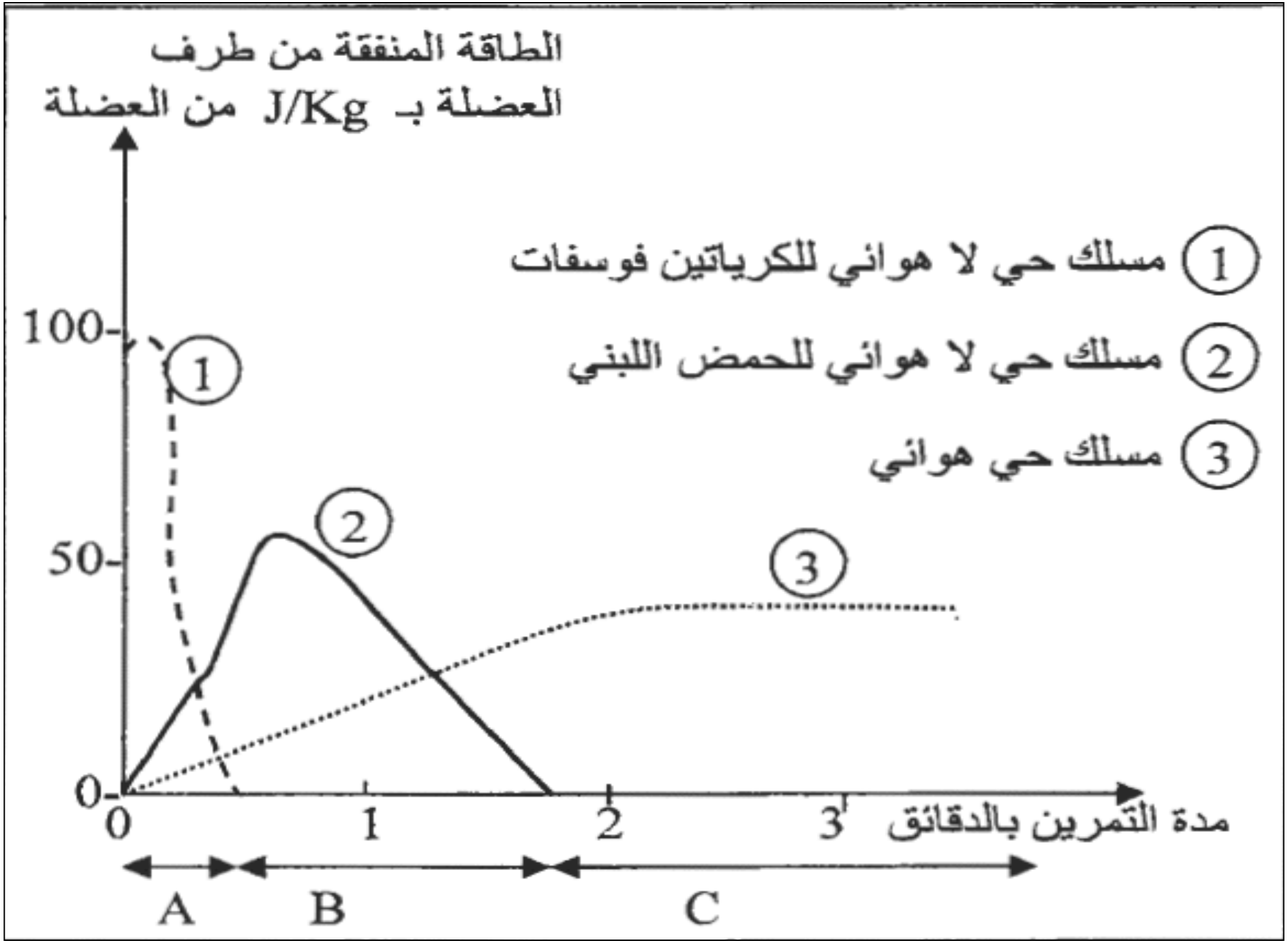
1-2عند ممارسي الرياضات ذات المجهود الضعيف لمدة طويلة تتدخل بنسبة كبيرة الألياف من الصنف I

- 70% عند ممارسي سباق المسافات الطويلة.
- 60% عند ممارسي تزلج المسافات الطويلة

2-2عند ممارسي الرياضات ذات المجهود القوي لمدة قصيرة تتدخل بنسبة كبيرة الألياف من الصنف II

- 55% عند ممارسي تزلج المنحدرات.
- 65% عند ممارسي السباق السريع.

3- 3/ الطرق و المسالك الإستقلابية المتدخلة في تجديد ATP


الطاقة المنفقة من طرف العضلة بـ J/Kg من العضلة
100
50
0
0
1
2
3
مدة التمرين بالدقائق
1 مسلك حي لا هوائي للكرياتين فوسفات
2 مسلك حي لا هوائي للحمض اللبني
3 مسلك حي هوائي
A
B
C

3-1/ المسلكان المهيمنان في حالة تمرين رياضي مدته أقل من 60 ثانية:

-المسلك حي لاهوائي للكرياتين فوسفاط في بداية التمرين الرياضي

- المسلك حي لاهوائي للتخمر اللبني بعد انخفاض أهمية المسلك السابق.

- 3-2/ المسلك المهيمن في حالة تمرين رياضي مدته تتجاوز 120 ثانية هو التنفس الخلوي

أ- طرق سريعة لاهوائية

في أقل من 30 ثانية ينطلق تفاعلان لتجديد ATP :

ADP + ADP —(ميوكيناز)→ AMP + ATP

المسلك الإستقلابي للفوسفوكرياتين:

ADP + CP —(فوسفو كرياتين كيناز)→ ATP+ C

فوسفوكرياتين — كرياتين

يكون هذا التفاعل مصحوبا بتحرير حرارة أولية

ب- طرق لاهوائية متوسطة السرعة

يتدخل المسلك الإستقلابي للتخمر اللبني حيث تتم حلمأة الكليكوجين العضلي الى كليكوز و الذي يخضع للإنحلال في الجبلة الشفافة ليعطي حمض بيروفيك و الذي يتحول الى حمض لبني .

تفاعل حلمأة الكليكوجين :

$$(C_6H_{11}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$$

التفاعل الإجمالي للتخمر اللبني :

$$C_6H_{12}O_6 + 2ADP + 2Pi \rightarrow 2CH_3CHOHCOOH + 2ATP$$

ج- طرق هوائية بطيئة

تدخل المسلك الإستقلابي للتنفس الخلوي :

-تستهلك خلايا الخميرة الكليكوز كمستقلب طاقي و 02

-تطرح خلايا الخميرة C02 في الوسط كما يتكون H20

التنفس إذن ظاهرة خلوية للهدم الكلي للكليكوز مع إنتاج طاقة مهمة و تحرير الحرارة المؤخرة

-التفاعل الإجمالي للتنفس الخلوي

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 38ADP + 38Pi \longrightarrow 6\ CO_2 + 38ATP + 6\ H_2O$$

ملخص

طرق تجديد ATP أثناء التقلص العضلي و الظواهرالحرارية المرافقة لها

الطرق السريعة لاهوائية :

PC+ADP+Pi → ATP

ADP +ADP → ATP+AMP

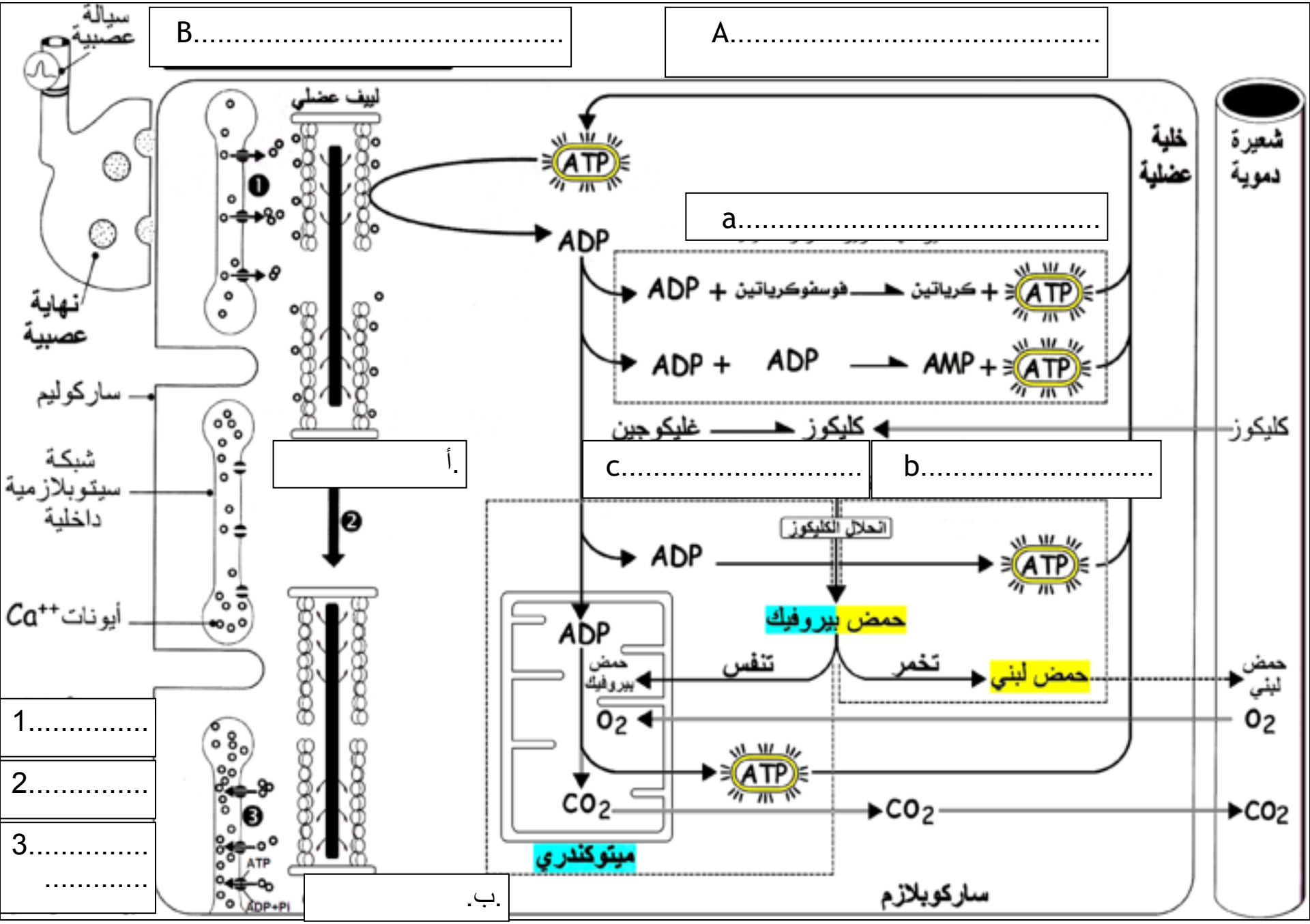
الطرق المتوسطة السرعة لاهوائية :التخمر اللبني

$C_6H_{12}O_6$ +2ADP+2Pi → $2CH_3CHOHCOOH$+2ATP

-الطرق الهوائية البطيئة : التنفس الخلوي

$C_6H_{12}0_6$ + 6 02 +38ADP+38Pi → 6 C02 + H_20_6 +38ATP

- الظواهر الحرارية المرافقة للتقلص العضلي: الحرارة الأولية و مصدرها تفاعل حلمأة الفوسفوكرياتين و الحرارة المتأخرة و مصدرها التنفس الخلوي


سيالة عصبية
B.....
A.....
ليف عضلي
خلية عضلية
شعيرة دموية
ATP
ADP
a.....
نهاية عصبية
ADP + فوسفوكرياتين ← كرياتين + ATP
ADP + ADP ← AMP + ATP
ساركوليم
غليكوجين ← كليكوز
كليكوز
أ.
c.....
b.....
شبكة سيتوبلازمية داخلية
انحلال الكليكوز
ADP
ATP
أيونات Ca^{++}
حمض بيروفيك
ADP
حمض بيروفيك
تنفس
تخمر
حمض لبني
حمض لبني
O_2
O_2
ATP
CO_2
CO_2
CO_2
ميتوكندري
ساركوبلازم
1.....
2.....
3.....
.....
ATP
ADP+PI
ب.