تذكير بالمكتسبات

- تعريف عملية التنفس: ظاهرة حيوية يتم فيها هدم المواد العضوية كليا في وجود O2 ويتم خلالها تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في المادة العضوية إلى طاقة قابلة للاستعمال (ATP) تستخدم في مختلف وظائف الخلية، ومقرها الميتوكوندري.
- شروطها: يجب توفر الشروط التالية:
- الاكسجين O_2. - مادة عضوية (غلوكوز). - انزيمات تنفسية.
- مظاهرها: تتمثل في: امتصاص O2 وطرح CO2 وهدم المادة العضوية، وتحرير طاقة على شكل ATP وحرارة.
- معادلة الاجمالية للتنفس:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_6 + 6H_2O \longrightarrow 6CO_2 + 12H_2O + \text{طاقة}$$

مقر عملية التنفس

✓ وصف بنية الميتوكوندري:

- عضية ذات شكل بيضوي متطاول محاطة بغلاف مكون من غشاءين خارجي وداخلي بينهما فراغ بين غشاءين، يبدي الغشاء الداخلي انثناءات (امتدادات) الى الداخل تسمى الأعراف، ويحيط الغشاء الداخلي بسائل يسمى المادة الأساسية (الحشوة) والتي تحتوي على ADN، ريبوزومات، حبيبات ادخارية.
- تمتاز الميتوكوندري ببنية حجيرية لأنها مقسمة الى حجرتين:
* الفراغ بين الغشاءين: يحدده الغشاءان (الخارجي والداخلي).
* الحشوة: يحددها الغشاء الداخلي للميتوكوندري.

- بنية الميتوكوندري: الوثيقة (3) ص208.

✓ التركيب الكيموحيوي للميتوكوندري:

- يبين التحليل الكيميائي لمكونات الميتوكوندري وجود اختلاف في التركيب الكيميائي بينها دليل على اختلاف وظائفها حيث:
* يتكون الغشاء الداخلي والخارجي من بروتينات ودسم، لكن الغشاء الداخلي له نسبة مرتفعة من البروتينات تتمثل في (نازعات الهيدروجين، نواقل الالكترونات، مضخات البروتونات، كرات مذنبة) بينما الغشاء الخارجي له نسبة اقل من البروتينات تتمثل في قنوات كبيرة تسمح بمرور الجزيئات بسهولة في الاتجاهين. وهذا يدل ان الغشاء الداخلي أكثر نشاط من الغشاء الخارجي.
* تحتوي الغشاء الداخلي والمادة الأساسية على نازعات الهيدروجين مما يدل ان لهما دور في تفاعلات الاكسدة، كما تتكون المادة الاساسية من نازعات الهيدروجين والكربوكسيل غير الموجودة في الغشاء الداخلي، ومنه هناك اختلاف في نوعية التفاعلات التي تحدث في كل منهما.

- التركيب الكيميائي لعناصر الميتوكوندري: الوثيقة (4+5) ص208.209.

التحلل السكري

- هي مرحلة تتم على مستوى الهيولى تحدث خلالها سلسلة من التفاعلات يتم فيها هدم الغلوكوز (6C) الى جزيئتين من حمض البيروفيك (3C) والذي يعتبر المادة المستعملة من طرف الميتوكوندري التي لا يمكنها استعمال الغلوكوز مباشرة.
- يتم خلال هذه التفاعلات انتاج 2NADH.H+ و2ATP.
- يستمر هدم حمض البيروفيك في الميتوكوندري في وجود O2 (تنفس)، بينما يتم هدمه في الهيولى في حالة غياب O2 (تخمر).

- معادلة التحلل السكري:

$$\underset{\text{غلوكوز}}{C_6H_{12}O_6} + 2NAD^+ + 2ADP + 2Pi \rightarrow \underset{\text{حمض البيروفيك}}{2C_3H_4O_3} + 2ATP + 2NADH.H^+$$

- مراحل التحلل السكري: الوثيقة (4) ص12

مراحل تفكك حمض البيروفيك (تفاعلات حلقة كريبس)

✓ المرحلة التحضيرية لحلقة كربس:

- تتم على مستوى المادة الأساسية للميتوكوندري يحدث خلالها تحول حمض البيروفيك الى استيل مرافق إنزيم أ.
- يتم خلال هذا التفاعل أكسدة ونزع كربوكسيل من حمض البيروفيك (تفاعل نزع كربوكسيل تأكسدية)، حيث الاكسدة يرافقها ارجاع +NAD الى +NADH.H، ونزع الكربوكسيل ينتج عنه طرح CO2.
- يعتبر هذا التفاعل خطوة تحضيرية للمرحلة اللاحقة (حلقة كريبس) لذلك تدرج عادة مع حلقة كريبس.

- معادلة المرحلة التحضيرية:

- جزيئة غلوكوز واحدة تنتج 2 حمض بيروفيك ومنه المعادلة:

$$\underset{\text{حمض البيروفيك}}{2CH_3\text{-}CO\text{-}COOH} + \underset{\text{مرافق الانزيم أ}}{2CoA\text{-}SH} + 2NAD^+ \longrightarrow \underset{\text{أستيل مرافق الانزيم أ}}{2CH_3\text{-}CO\text{-}S\text{-}CoA} + 2NADH.H^+ + 2CO2$$

✓ تفاعلات حلقة كربس:

- تتم على مستوى المادة الأساسية يدخل أستيل مرافق الإنزيم (أ) في سلسلة من التفاعلات وذلك خلال دورة كيموحيوية تدعى حلقة كريبس وذلك بتدخل مجموعة من الإنزيمات (نازعات الهيدروجين والكربوكسيل أو نازعات الهيدروجين فقط).

تتمثل اهم مراحل هذه الحلقة كما يلي:

-1- تثبيت الأستيل مرافق الأنزيم أ مع مستقبل رباعي الكربون (4C) ليعطي مركب (6C) ويتحرر مرافق الانزيم أ.

-2- تفاعل نزع كربوكسيل تأكسدية للمركب (6C) لينتج مركب (5C) مع ارجاع NAD^+ الى $NADH.H^+$ وطرح CO_2.

-3- تفاعل نزع كربوكسيل تأكسدية للمركب (5C) لينتج مركب (4C) مع ارجاع NAD^+ الى $NADH.H^+$ وطرح CO_2.

-4- تركيب ATP (فسفرة ADP).

-5- تفاعل نزع هيدروجين (أكسدة) لمركب (4C) مع ارجاع FAD الى $FADH_2$.

-6- تفاعل اماهة لمركب (4C) لينتج مركب اخر (4C).

-7- تفاعل نزع هيدروجين (أكسدة) لمركب (4C) مع ارجاع NAD^+ الى $NADH.H^+$ ويتم تجديد المركب (4C) الأول في الحلقة والذي يثبت الاستيل مرافق الانزيم أ.

- تفاعلات حلقة كريبس: الوثيقة (2) ص214.

- نتائج حلقة كريبس:

* 2CO2. * ATP. * FADH2. * 3NADH.H+.

- انطلاقا من جزيئة غلوكوز واحدة ينتج 2 حمض بيروفيك ومنه 2 استيل مرافق الانزيم أ وبالتالي تحدث حلقتين.

- معادلة حلقة كريبس:

$$2CH_3\text{-}CO\text{-}S\text{-}COA + 6NAD^+ + 2FAD + 2ADP + 2Pi \rightarrow 4CO_2 + 6NADH.H^+ + 2FADH_2 + 2ATP + COA\text{-}SH$$

✓ الحصيلة الاولية للتحلل السكري وحلقة كريبس انطلاقا من جزيئة واحدة من الغلوكوز:

المرحلة	ATP	NADPH.H+	FADH2	CO2
التحلل السكري من 1 غلوكوز	2	2	0	0
المرحلة التحضيرية من 2 حمض بيروفيك	0	2	0	2
حلقة كريبس من 2 استيل مرافق انزيم أ	2	6	2	4
المجموع	4	10	2	6

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الفسفرة التأكسدية

- تتم على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكوندري يحدث خلالها أكسدة النواقل المرجعة (المرافقات الانزيمية المرجعة) وهي $NADH.H^+$ و$FADH_2$، كما يتم فسفرة ADP لتركيب ATP، لذلك سميت الفسفرة التأكسدية.

✓ آلية الفسفرة التأكسدية:

- اكسدة المرافقات الأنزيمية المرجعة:

- تحتوي المرافقات الانزيمية المرجعة الناتجة من التحلل السكري وتفاعلات حلقة كريبس على الكترونات عالية الطاقة (كمون أكسدة/ارجاع منخفض).

- اكسدة هذه المرافقات يعطي الكترونات é وبروتونات H^+.

$$NADH,H^+ \rightarrow NAD^+ + 2H^+ + 2é$$

$$FADH_2 \rightarrow FAD^+ + 2H^+ + 2é$$

- الالكترونات الناتجة تنتقل عبر سلسلة من النواقل موجودة في الغشاء الداخلي (T5.T4.T3.T2.T1) وتسمى السلسلة التنفسية ويكون انتقال é تلقائي من كمون منخفض الى كمون مرتفع.

- تصل الالكترونات الى المستقبل الأخير وهو O_2 الذي يرتبط أيضا مع بروتونات من الحشوة ويتم ارجاعه الى ماء H_2O.

$$O_2 + 4é + 4H^+ \rightarrow 2H_2O$$

- فسفرة ADP الى ATP:

- اثناء انتقال الالكترونات في السلسة التنفسية يتم تحرير طاقة من هذه الالكترونات المنتقلة، ويستخدم جزء منها في ضخ H^+ من المادة الأساسية الى الفراغ بين الغشائين (نقل فعال) عبر بعض النواقل التي تلعب دور مضخات (T5.T3.T1) ونظرا لوجود قنوات البورينات في الغشاء الخارجي فان H^+ تخرج كذلك خارج الميتوكوندري، ويؤدي هذا الى احداث فرق في H^+ حيث يصبح مرتفعا في الخارج ومنخفض في المادة الأساسية.

- تعود H^+ من الخارج الى المادة الأساسية عبر الكرات المذنبة وفق تدرج التركيز (الميز) مؤدية الى تحفيز انزيم ATP سنتاز على فسفرة ADP لتركيب ATP.

- آلية الفسفرة التأكسدية: الوثيقة (4) ص216.

- معادلة الفسفرة التأكسدية:

- أكسدة $NADH.H^+$ ينتج عنه تركيب 3ATP.

- أكسدة $FADH_2$ ينتج عنه تركيب 2ATP.

$$10NADH.H^+ + 2FADH_2 + 6O_2 + 34\ ATP + 34\ Pi \rightarrow 12H_2O + 34\ ATP + 10NAD^+ + 2FAD$$

✓ حساب الحصيلة الطاقوية الاجمالية (ATP) الناتجة من هدم جزيئة غلوكوز واحدة:

المرحلة	ATP	$NADH.H^+$	FADH2
التحلل السكري	2	2	0
المرحلة التحضيرية	0	2	0
حلقة كريبس	2	6	2
الفسفرة التأكسدية	0	أكسدة 10 $NADH.H^+$	أكسدة 2 FADH2
حصيلة عدد ATP	4	30	4
الحصيلة الإجمالية	38ATP		

* مخطط تحصيلي لمراحل ظاهرة التنفس: مخطط ص224 *

التخمر

- ظاهرة حيوية تلجأ لها بعض انواع الكائنات في غياب الاكسجين (وسط لاهوائي) حيث يتم هدم المادة العضوية جزئيا وينتج عن ذلك تحويل جزئي للطاقة الكيميائية الكامنة الموجودة فيها وتكون الطاقة الناتجة المحصل عليها ضئيلة مقارنة بالطاقة التي نتحصل عليها في وجود الأكسجين وله عدة أنواع أهمها:

* تخمر كحولي: تقوم به الخميرة.

* تخمر لبني: يحدث على مستوى العضلات عند القيام بجهد عضلي كبير من اجل توفير كمية إضافية من الطاقة للعضلات.

✓ مراحل التخمر الكحولي:

- التحلل السكري:

تكون مماثلة للتحلل السكري في التنفس وينتج عنه:

* 2 حمض البيروفيك.

* 2ATP .

* $2NADH.H^+$.

- تحول حمض البيروفيك الى كحول:

- تتم في الهيولى حيث يتم تحول حمض البيروفيك الى اسيتالدهيد ويرافقه طرح CO2.

- تحول اسيتالدهيد الى كحول (ايثانول) ويرافقه اكسدة NADH.H+ الى NAD^+.

- مراحل التخمر الكحولي: مخطط ص225.

- معادلة التخمر الكحولي:

$$Glucose + 2ADP + 2Pi \longrightarrow 2\ Ethanol + 2ATP + 2CO_2$$

✓ كيفية تجديد نواقل الهيدروجين خلال التنفس والتخمر:

- التخمر:

- يتم تجديد المرافق الإنزيمي NAD^+ الذي تم إرجاعه خلال عملية التحلل السكري بأكسدة $NADH.H^+$ من خلال تحويل أستيالدهيد الى كحول في الهيولى لا يتطلب وجود O2.

-التنفس:

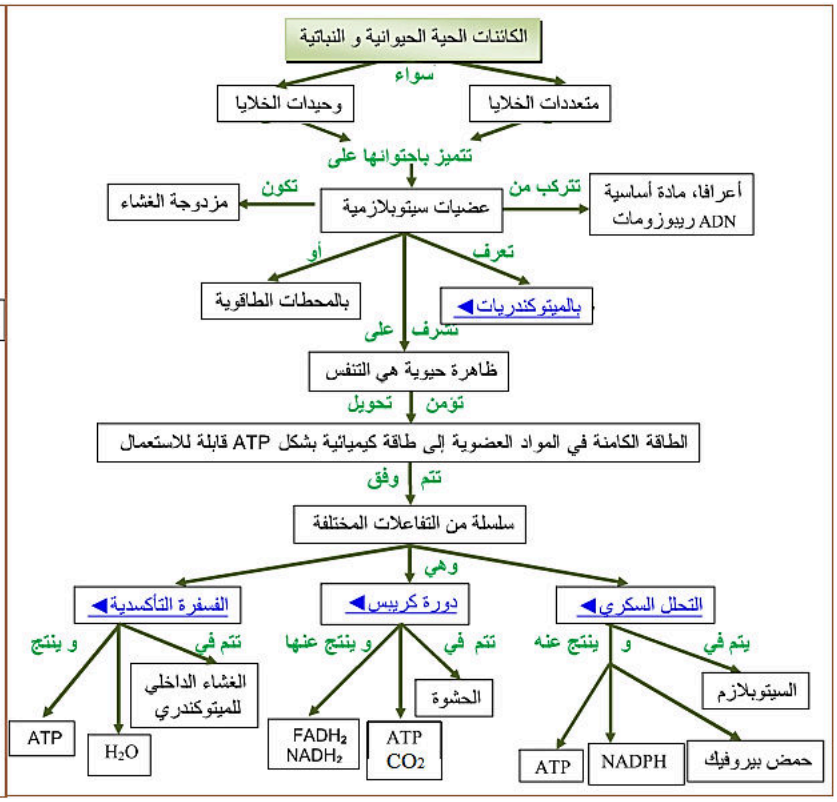
-تجديد المرافقات الإنزيميةNAD^+ وFAD التي تم ارجاعها في التحلل السكري والمرحلة التحضيرية وحلقة كريبس عند حدوث الفسفرة التأكسدية داخل الميتوكوندري وتتطلب وجودO2.

مقارنة بين التنفس والتخمر:

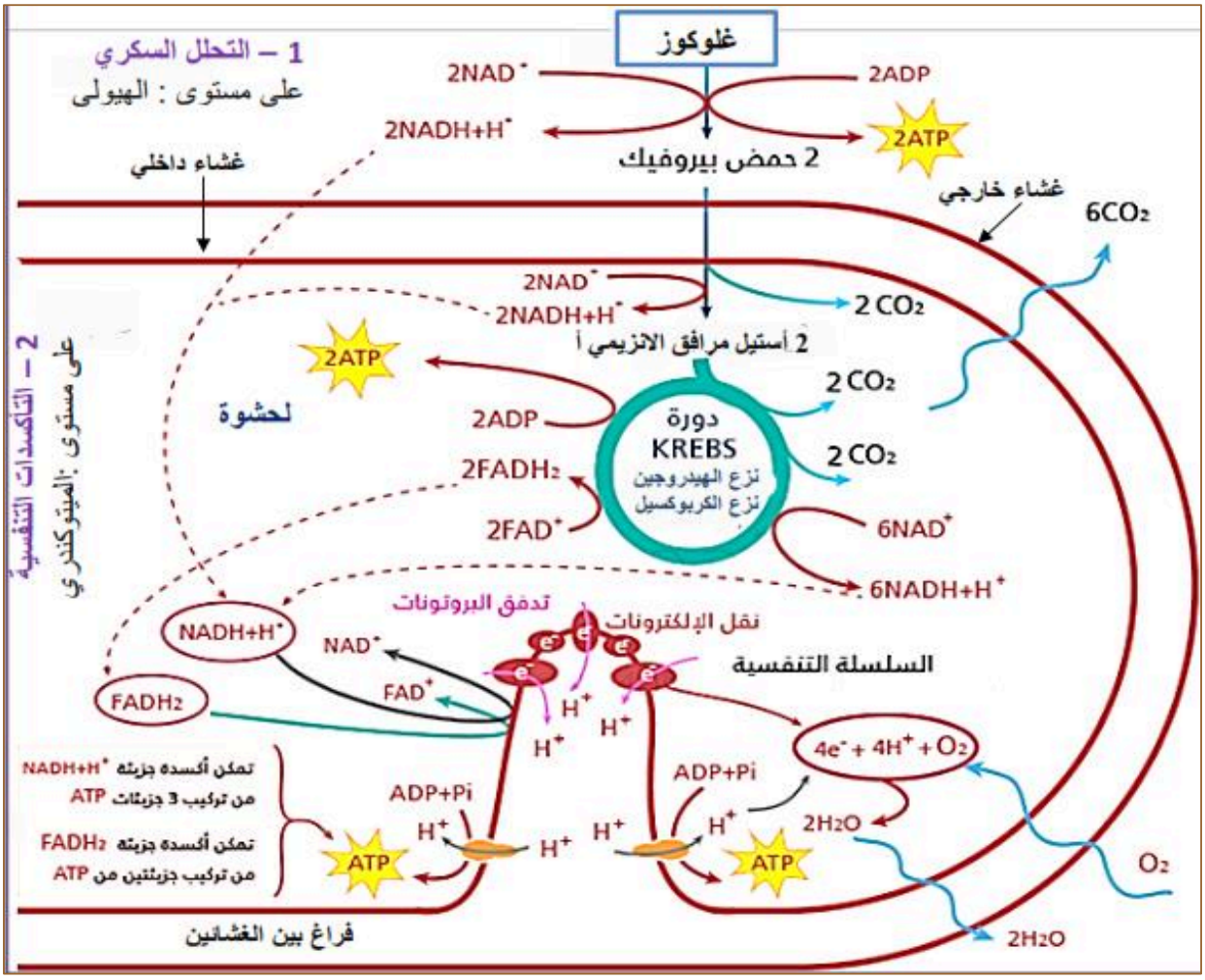
مقارنة بين التنفس والتخمر	
التنفس	التخمر
- مرحلة التحلل السكري: تحول جزيئة غلوكوز الى 2 حمض بيروفيك في الهيولى.	
- دخول حمض بيروفيك الى الميتوكوندري ويتم استخدامه في الاكسدة التنفسية (حلقة كريبس + الفسفرة التأكسدية). - تتم في وجود O_2. - هدم كلي للمادة العضوية. - انتاج مواد معدنية ($H_2O.CO_2$) خالية من الطاقة الكامنة. - انتاج كمية كبيرة من الطاقة 38ATP (تحرير كلي للطاقة).	- بقاء حمض البيروفيك في الهيولى ويتحول الى مادة عضوية جديدة حسب نوع التخمر (كحول، حمض). - تتم في غياب O_2. - هدم جزئي للمادة العضوية. - انتاج CO_2 ومادة عضوية جديدة (كحول، حمض اللبن) تحوي طاقة كامنة. - انتاج كمية قليلة من الطاقة 2ATP (تحرير جزئي للطاقة).
خلال كلا الظاهرتين جزء من الطاقة المحررة ينتشر على شكل حرارة.	

قلم الجزائر WWW.DZPEN.COM

- مخططات تحصيلية توضح آليات تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة الى طاقة قابلة للاستعمال ATP -

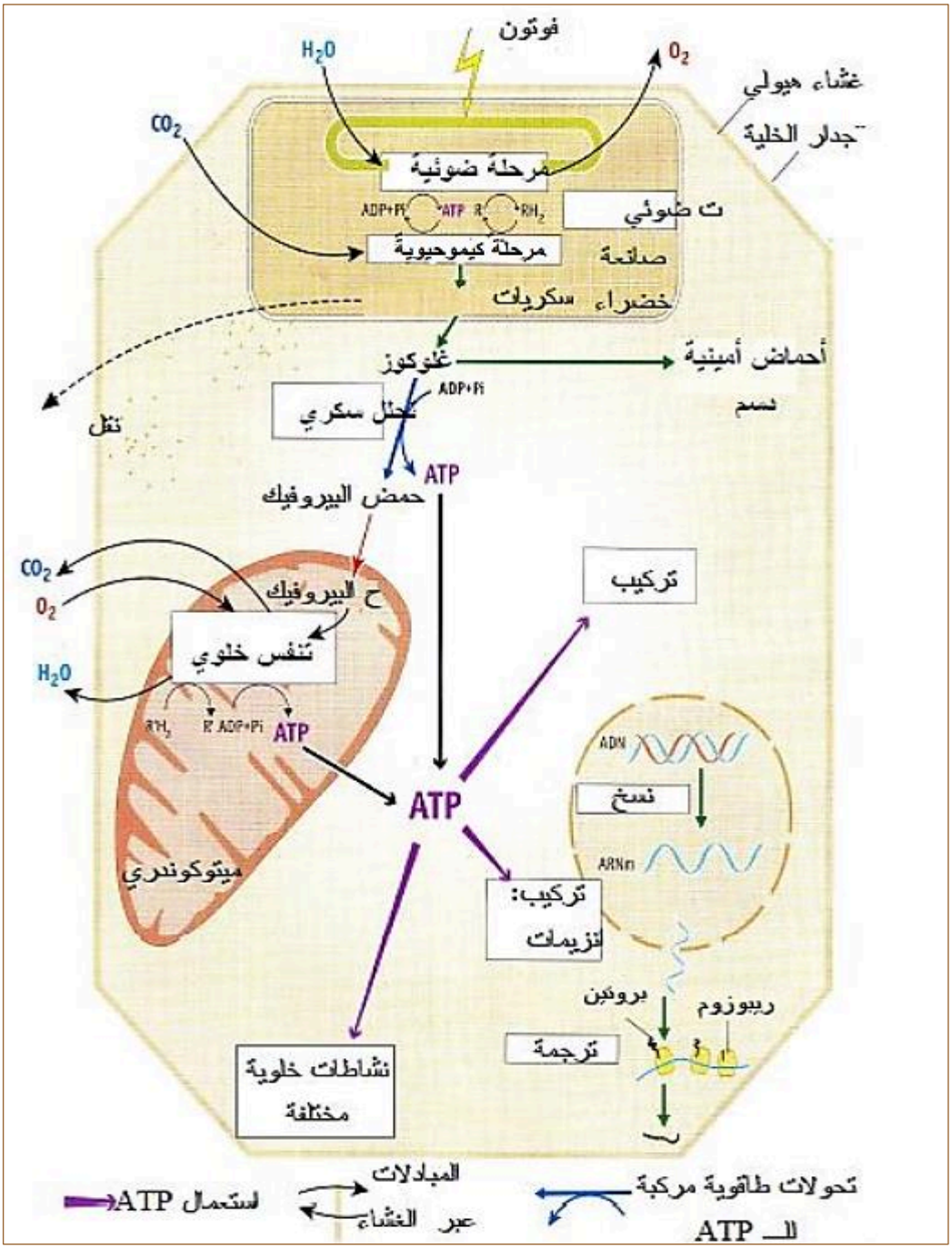


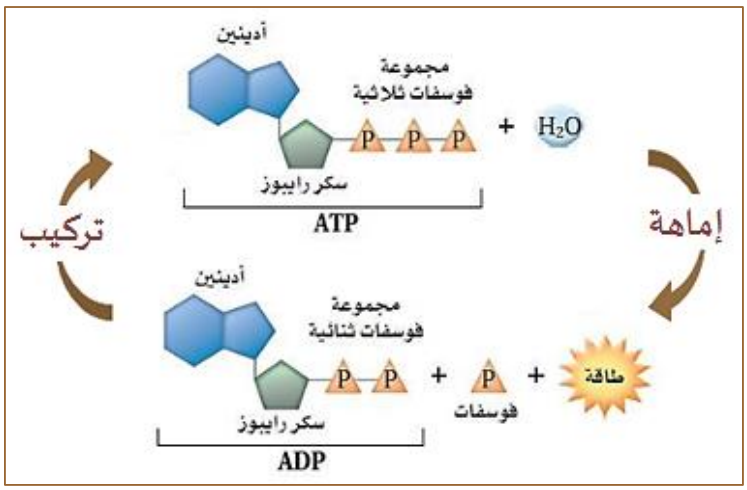
- رسم تخطيطي وظيفي يوضح مراحل عملية التنفس -



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- رسم تخطيطي تحصيلي يوضح مختلف التحولات الطاقوية على المستوى الخلوي -





تتكون جزيئة ATP من قاعدة ازوتية (أدنين A) وسكر ريبوز و3 مجموعات فوسفاتية، ويعتبر ATP مركب غني بالطاقة لاحتوائه على رابطتين غنيتين بالطاقة، عند اماهة ATP يتم تفكيك الرابطة الأخيرة وينتج ADP+Pi ويتم تحرير طاقة تستعمل في العديد من الوظائف الحيوية على المستوى الخلوي منها: البناء الحيوي، الحركة، النقل الفعال، المحافظة على حرارة الجسم.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM