

## ملخص وحدة التنفس - الأكسدة الخلوية -

ملخص موافق للمنهاج

## النشاط 1: تذكير بالمكتسبات

- تعريف عملية التنفس: ظاهرة حيوية يتم فيها هدم المادة العضوية (الركيزة) وتحويل الطاقة الكيميائية الكامنة فيها (في الروابط الكيميائية) إلى طاقة قابلة للاستعمال تخزن في مادة أيضية وسيطة تسمى الـ ATP.
- شروط عملية التنفس: لا تحدث عملية التنفس إلا بتوفر ثلاثة شروط: ثنائي الأكسجين ( $O_2$ )، مادة الأيض أو الركيزة وهي الجلوكوز، إنزيمات تنفسية.
- ملاحظة: جزيئة الجلوكوز هي السكر الوحيد الذي تحدث له أكسدة خلوية لإنتاج الطاقة (العملة التي تصرف في العضوية).
- مظاهر عملية التنفس: أثناء قيام الخلية النباتية أو الحيوانية بعملية التنفس يظهر: امتصاص الـ  $O_2$ ، طرح الـ  $CO_2$ ، هدم مادة الأيض، تحرير طاقة على شكل ATP وحرارة (تفاعلات الأكسدة الخلوية تحرر حرارة).
- المعادلة الإجمالية لعملية التنفس:  $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + E$

## النشاط 2: مقر عملية التنفس

- مقر عملية التنفس: تتم تفاعلات الأكسدة الخلوية في الميتوكوندري (مركز الطاقة في الخلية).
- وصف بنية الميتوكوندري: عضوية ذات شكل بيضوي متطاوّل يحدها غشائين بلازميين: غشاء خارجي وغشاء داخلي يفصل بينهما تجويف بين الغشائين. يمتد من الغشاء الداخلي نتوءات (امتدادات) تسمى الأعراف. يشغل تجويف الميتوكوندري سائل يسمى المادة الأساسية يحتوي على ADN، ريبوزومات وحبيبات ادخارية.
- المميزات البنيوية للميتوكوندري
- البنية الحبيبية: الميتوكوندري ذات بنية حبيبية (مقسمة إلى حبرات) لأن فضاءها مقسم إلى فراغين مختلفين يتمثلان في المسافة بين الغشائين والتجويف الذي تملأه الحشوة.
- اختلاف التركيب الكيموحيوي لمكوناتها: يختلف التركيب الكيموحيوي لكل من الغشائين الداخلي والخارجي، فالغشاء الداخلي يتكون من نسبة كبيرة من البروتينات الوظيفية تتمثل في إنزيمات ونواقل الالكترونات ومضخات البروتونات. كما أن الحشوة تحتوي على مركبات مختلفة تتمثل في إنزيمات أخرى ومواد أيضية.
- طبيعة تفاعلات عملية لتنفس: أكسدة إرجاع (أكسدة الجلوكوز وإرجاع الأكسجين).

## الأنشطة 3 - 4 - 5: مراحل عملية التنفس

المرحلة 1: التحلل السكري (الغلزة)	المرحلة 2: حلقة كريبس	المرحلة 3: الفسفرة التأكسدية
تعريف	سلسلة من التفاعلات يتم فيها أكسدة الأسيتيل مرافق الانزيم أ وطرح الـ $CO_2$ مع إنتاج ATP وإرجاع المرافقات الانزيمية $NAD^+$ و $FAD^+$	سلسلة من التفاعلات يتم فيها أكسدة نواقل البروتونات والالكترونات ( $NADH, H^+$ و $FADH_2$ ) وتركيب ATP
المقر	المادة الأساسية للميتوكوندري	الغشاء الداخلي للميتوكوندري
الانزيمات	ليست مذكورة	نازعات الهيدروجين: تنزع الهيدروجين من المركب وترجع الناقل $NAD^+$ أو $FAD^+$ (يسمى التفاعل: أكسدة/إرجاع) نازعات ثاني أكسيد الكربون: تسمى كذلك نازعات الكربوكسيل، تنزع الوظيفة الكربوكسيلية $-COOH$ من الحمض وتطرعه على شكل غاز $CO_2$ (يسمى التفاعل نزع كربوكسيل). - عند تدخل الانزيمين معا يسمى التفاعل: نزع كربوكسيل تأكسدية.

$n\text{NADH}, \text{H}^+ + n\text{FADH}_2 + n/2\text{O}_2 + 5n\text{ADP} + 5n\text{Pi} \rightarrow n\text{NAD}^+ + n\text{FAD}^+ + n\text{H}_2\text{O} + 5n\text{ATP}$	<b>المرحلة التحضيرية</b> $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + \text{CoA} + \text{NAD}^+ \rightarrow \text{CH}_3\text{-CO-S-CoA} + \text{NADH}, \text{H}^+ + \text{CO}_2$ <b>حلقة كريبس</b> $\text{CH}_3\text{-CO-S-CoA} + 3\text{NAD}^+ + \text{FAD}^+ + \text{ADP} + \text{Pi} \rightarrow \text{CoASH} + 2\text{CO}_2 + 3\text{NADH}, \text{H}^+ + \text{FADH}_2 + \text{ATP}$	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2\text{NAD}^+ + 2\text{ADP} + 2\text{Pi} \rightarrow 2\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + 2\text{NADH}, \text{H}^+ + 2\text{ATP}$	المعادلة
ATP, $\text{NAD}^+$ , $\text{FAD}^+$ , $\text{H}_2\text{O}$	ATP, $\text{FADH}_2$ , $4\text{NADH}, \text{H}^+$ , $3\text{CO}_2$	2 حمض البيروفيك، $2\text{NADH}, \text{H}^+$ و $2\text{ATP}$	النواتج
30ATP	8ATP		الحصيلة الطاقوية
تتطلب ثاني الأكسجين: الـ $\text{O}_2$ هو المستقبل الأخير للإلكترونات في السلسلة التنفسية.	تتطلب ثاني الأكسجين: في وجود الـ $\text{O}_2$ تتجدد المرافقات الانزيمية $\text{NAD}^+$ , $\text{FAD}^+$ اللازمة لحلقة كريبس	تتم في وجود وغياب الأكسجين	دور الـ $\text{O}_2$
<b>العلاقة الوظيفية</b> التحلل السكري عملية منفصلة تحدث في الوسطين الهوائي أو اللاهوائي. حلقة كريبس والفسفرة التأكسدية يربط بينهما المرافقات الانزيمية حيث تُرجع في حلقة كريبس وتتأكسد (تتجدد) في الفسفرة التأكسدية			

- ملاحظة: حلقة كريبس عبارة عن تسلسل 7 تفاعلات تتدخل فيها 7 انزيمات.

- تمعدن الركيزة: هو أكسدة المركب العضوي (يحتوي على طاقة) إلى جزيئات الـ  $\text{CO}_2$  المعدني (الخالي من الطاقة).

- ملاحظة: يمكن أن تتركب المادة الأيضية GTP عوضا عن ATP في الميتوكوندري وهي مركب طاقي كذلك.

- في السلسلة التنفسية (سلسلة الأكسدة والارجاع): مصدر الإلكترونات هو أكسدة النواقل  $\text{NADH}, \text{H}^+$  و  $\text{FADH}_2$  حسب معادلات الأكسدة:



والمستقبل الأخير للإلكترونات هو: ثنائي الأكسجين (الممتص) حسب معادلة الارجاع:  $\text{O}_2 + 4e^- + 4\text{H}^+ \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

- آلية انتقال الإلكترونات في السلسلة التنفسية: تنتقل تلقائيا في نواقل ذات كمون أكسدة إرجاع متزايد.

- الفسفرة التأكسدية (أكسدة النواقل وفسفرة الـ ADP)

تسمح تفاعلات الأكسدة والارجاع التي تتم على طول السلسلة التنفسية بضخ البروتونات من المادة الأساسية نحو الفراغ بين الغشائين مولدا بذلك تدرجا للبروتونات في هذا المستوى. يتم تشتت هذا التدرج الألكتروليتي (البروتونات المتراكمة بين الغشائين) بسيل (تدفق) عائد من البروتونات نحو المادة الأساسية بالانتشار عبر الـ ATP سنتيتاز. تسمح الطاقة المتحررة من سيل البروتونات بفسفرة الـ ADP إلى ATP في وجود الفوسفات اللاعضوي Pi في مستوى الكرات المذبذبة.

### معلومات مهمة

- **العلاقة بين البنية والوظيفة:** قاعدة كبيرة في العلوم الطبيعية ف البنية تحدد الوظيفة واختلاف البنية دليل على اختلاف الوظيفة. مثلا: يختلف التركيب الكيموحيوي لكل من غشاء التيلاكويد والحشوة في الصانعة الخضراء، هو دليل على اختلاف وظيفتهما في عملية التركيب الضوئي. نفس الشيء بالنسبة للغشائين الداخلي والخارجي للميتوكوندري، وكذلك الفرق بين الغشاء الداخلي والمادة الأساسية للميتوكوندري. رأينا وحدة بأكملها نتكلم عن هذه القاعدة وهي "العلاقة بين بنية ووظيفة البروتين". وفي وحدة المناعة، نستدل على أن الخلية البلازمية مفرزة للأجسام المضادة انطلاقا من بنيتها فقط. في بكالوريا 2014 نستدل في الاجابة على أن اللمفاوية LB غير مفرزة للأجسام المضادة انطلاقا من بنيتها (الغير متطورة بعكس البلازمية)... في هذه الوحدة، نستدل مثلا على نشاط الخلية بعدد الميتوكوندريات فيها، أو تطور بنيتها من عدمه (حجم كبير أو صغير، أعراف كبيرة ومتعددة أو قليلة وضامرة...).

- **الأيض:** تفاعلات التركيب الضوئي تفاعلات بناء للمادة العضوية (تمثيل حيوي)، وتفاعلات التنفس تفاعلات هدم، نسمي مجموع تفاعلات البناء والهدم في الخلية بعملية الأيض.