

سلسلة نقل الإلكترونات والفسفرة التأكسدية

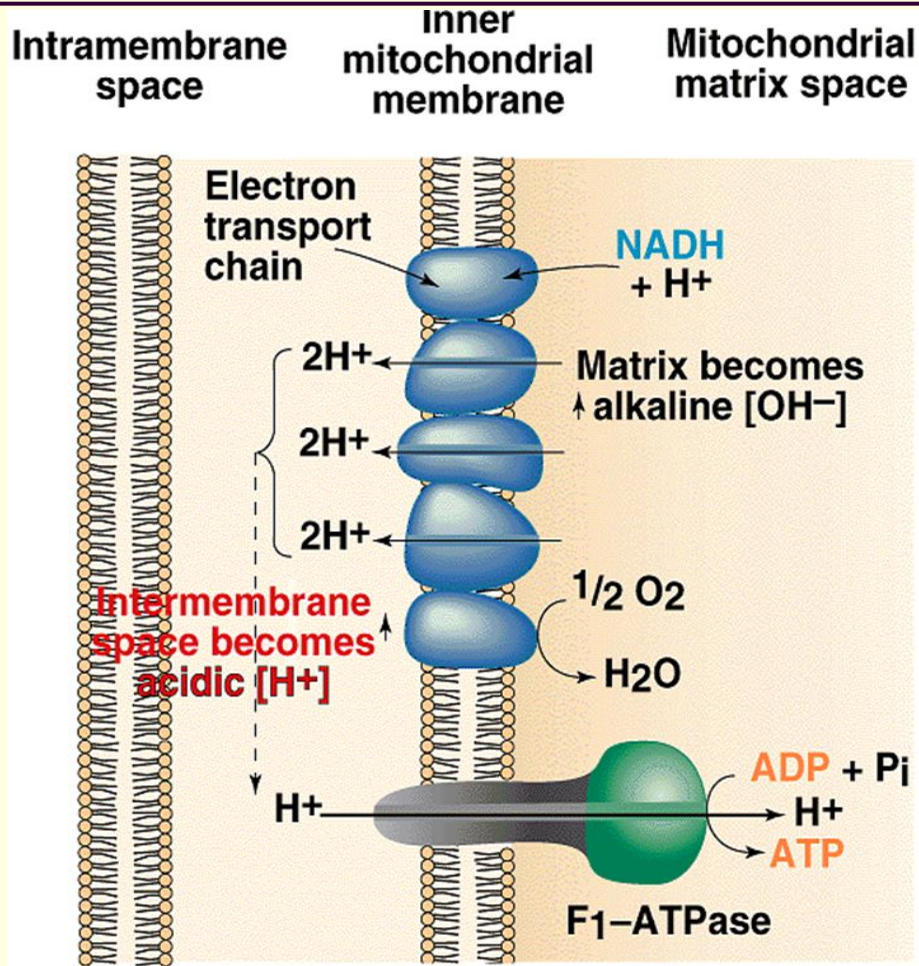
أ. د. سوسن علي حميد
كيمياء غذائية
كلية الزراعة – قسم علوم الأغذية
2026

سلسلة نقل الإلكترونات والفسفرة التأكسدية

■ الفسفرة التأكسدية هي المسار الأيضي الذي تستخدم فيه الخلايا الإنزيمات لأكسدة المغذيات، مما يؤدي إلى تحرير الطاقة الكيميائية المخزنة داخلها بهدف إنتاج الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP. وفي معظم الخلايا حقيقية النواة، تحدث هذه العملية داخل الميتوكوندريا. ويقوم جميع الكائنات الهوائية تقريبًا بالفسفرة التأكسدية.

■ في الفسفرة التأكسدية يتكون ATP نتيجة انتقال الإلكترونات من NADH أو $FADH_2$ إلى الأكسجين O_2 عبر سلسلة من ناقلات الإلكترونات.

سلسلة نقل الإلكترونات والفسفرة التأكسدية



سلسلة نقل الإلكترونات والفسفرة التأكسدية

■ سلسلة نقل الإلكترونات هي عملية انتقال الإلكترونات من $\text{NADH} + \text{FADH}_2$ إلى الأوكسجين عبر عدة نواقل.

■ الإلكترونات المشتقة من $\text{NADH} + \text{FADH}_2$ تتحد مع O_2 ، والطاقة المنطلقة من تفاعلات الأكسدة والاختزال هذه تُستخدم لدفع عملية تخليق ATP من ADP

■ ويتم هذا الانتقال للإلكترونات بواسطة مجموعة من النواقل التي تُشكّل ما يُعرف بـ سلسلة نقل الإلكترونات.

سلسلة نقل الإلكترون

Electron Transport

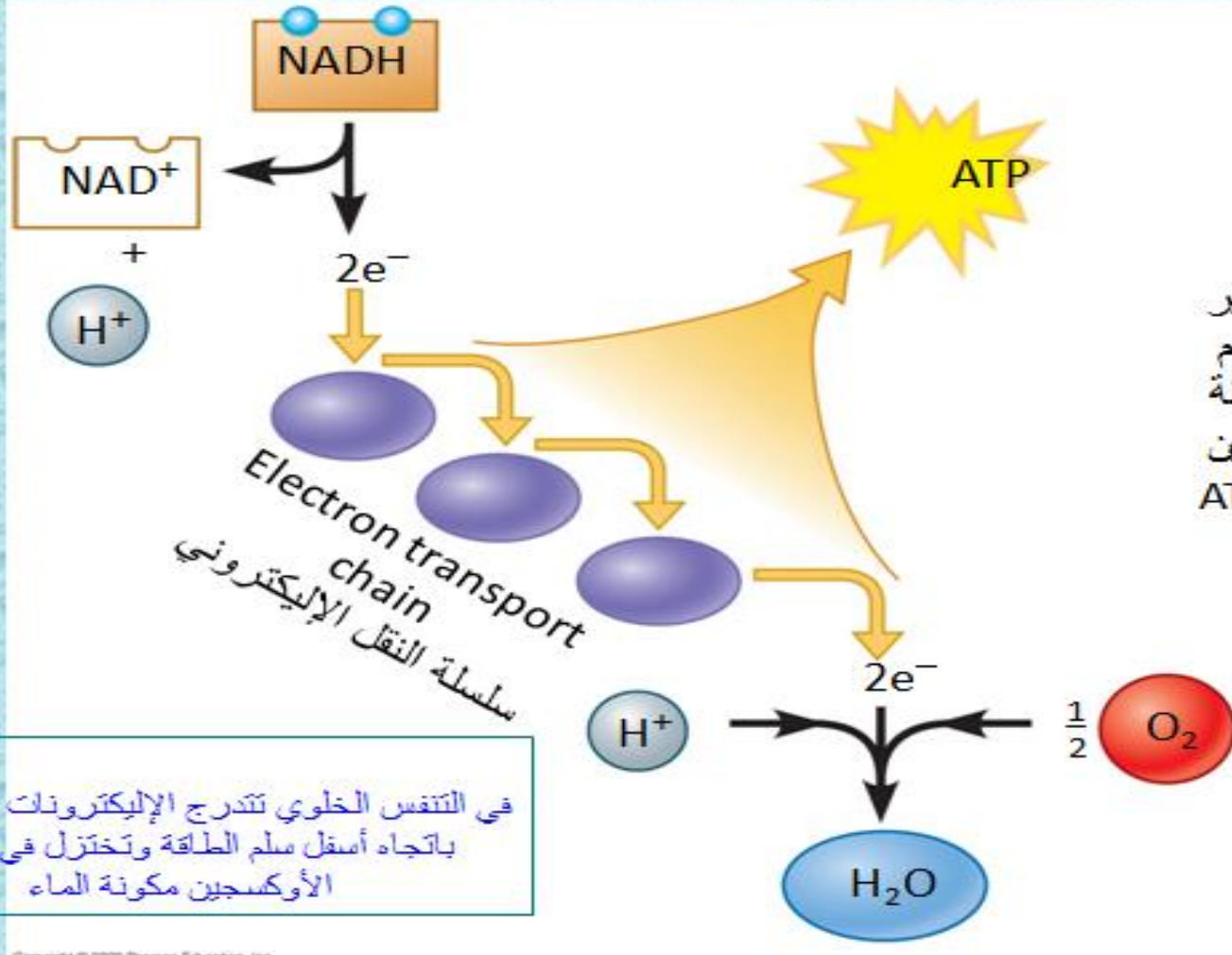
هي سلسلة من التفاعلات التي تنتج معظم جزيئات ATP المتكونة من أكسدة الكلوكوز .

1- يمر الهيدروجين والالكترونات العالية الطاقة والمحمولة , $NADH$ $FADH_2$ على كما في شكل (2) خلال تتابع من مساعدات الأنزيمات في الغشاء الداخلي للميتوكوندريا تسمى السيتوكرومات أو حاملات الالكترونات وتحمل الالكترونات على مستويات طاقة مختلفة وبمرور الالكترونات من جزئ لآخر من السيتوكرومات تنطلق طاقة لتكون جزيئات ATP من جزيئات ADP وتعرف بالفسفرة التأكسدية .

2- يعتبر الأكسجين هو المستقبل الأخير في سلسلة نقل الالكترونات حيث يتحد كل إلكترونين مع بروتونين مع ذرة أكسجين لتكوين الماء كما في المخطط التالي

سلسلة نقل الإلكترون

Electron Transport

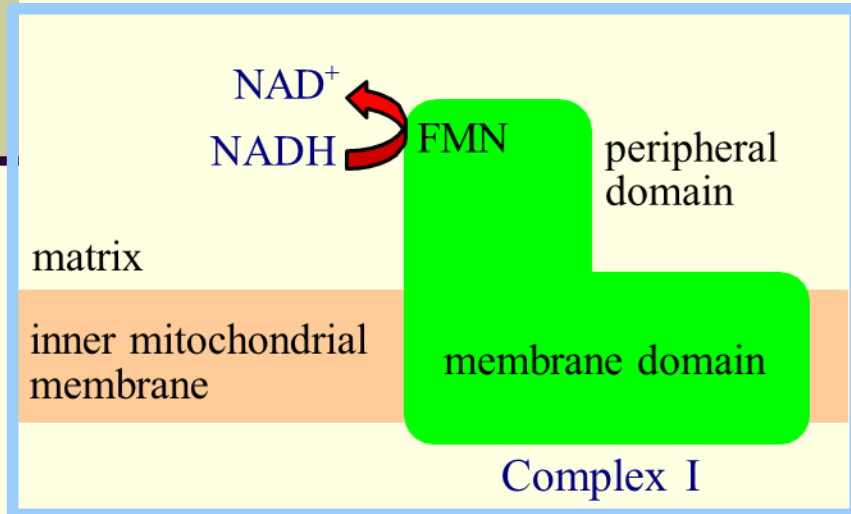


سلسلة نقل الإلكترونات والفسفرة التأكسدية

■ يقوم المعقد الأول بتحفيز أكسدة NADH، مع اختزال الإنزيم المساعد Q.

■ يشتمل على ما لا يقل عن 46 بروتينًا، بالإضافة إلى المجموعات المرافقة FMN وعدة مراكز من الحديد-الكبريت (Fe-S).

■ ويقوم بضخ 4 بروتونات عبر الغشاء الميتوكوندريا



سلسلة نقل الإلكترونات والفسفرة التأكسدية

GLYCOLYSIS	GLUCOSE ----PYRUVATE	2 ATPS 2 NADH ₂	7 ATP
KREB'S CYCLE	WHEN GLUCOSE PASSES THROUGH ONE CYCLE	2 GTPS 6 NADH 2 FADH ₂	20 ATP
ELECTRON TRANSPORT CHAIN	✓GLUCOSE --- PYRUVATE ✓PYRUVATE---- ACETYL CO A ✓KREB'S CYCLE	✓2 NADH ✓2 NADH ✓6 NADH 2 FADH ₂	✓5 ATPS ✓5 ATPS ✓15 ATP ✓3 ATP

سلسلة نقل الإلكترونات والفسفرة التأكسدية

■ سلسلة نقل الإلكترون هي الجزء من التنفس الهوائي الذي يستخدم الأكسجين الحر كمستقبل نهائي للإلكترونات التي يتم نزعها من المركبات الوسيطة أثناء تقويض الجلوكوز.

■ تتكون سلسلة نقل الإلكترون من أربعة معقدات بروتينية كبيرة متعددة الوحدات، ومُدمجة في الغشاء الداخلي للميتوكوندريا، بالإضافة إلى ناقلين إلكترونين صغيرين وقابلين للانتشار ينقلان الإلكترونات بين هذه المعقدات.

■ تنتقل الإلكترونات عبر سلسلة من تفاعلات الأكسدة والاختزال، حيث تُستخدم كمية صغيرة من الطاقة الحرة في ثلاث نقاط لنقل أيونات الهيدروجين عبر الغشاء.

سلسلة نقل الإلكترونات والفسفرة التأكسدية

■ تساهم هذه العملية في تكوين التدرج المستخدم في التناضح الكيميائي
Chemiosmosis.

■ تفقد الإلكترونات التي تمر عبر سلسلة نقل الإلكترون طاقتها تدريجيًا، حيث
تكمل الإلكترونات عالية الطاقة الممنوحة للسلسلة من NADH أو FADH_2
مسار السلسلة، بينما تقوم الإلكترونات منخفضة الطاقة باختزال جزيئات
الأكسجين لتكوين الماء.

■ النواتج النهائية لسلسلة نقل الإلكترون هي الماء و ATP

■ كما يمكن تحويل عدد من المركبات الوسيطة في دورة حمض الستريك إلى
مسارات الابتداء الحيوي لجزيئات كيميائية حيوية أخرى، مثل الأحماض
الأمينية غير الأساسية، والسكريات، والدهون. ويمكن أن تعمل هذه الجزيئات
نفسها كمصادر للطاقة في مسارات الجلوكوز.

ودورها في التفسفر المؤكسد Respiratory chain السلسلة التنفسية

■ تعتمد السلسلة التنفسية على مجموعة من إنزيمات الأكسدة والاختزال التي تحفز تفاعلات خاصة تدعى تفاعلات الأكسدة والاختزال وتعمل في أزواج حيث يكون احد المركبات معطي للإلكترونات والآخر مستقبلا لها وعلى هذا الأساس فإن الأكسدة يقصد بها فقدان الإلكترونات من مركب وانتقالها الى مركب اخر يتم اختزاله

■ المؤكسدة FAD^+ و NAD^+ وبصفة عامة فالأكسدة الحيوية يتم فيها نقل الإلكترونات عبر ذرات الهيدروجين.

■ وتعود مرة أخرى لتحمل بالإلكترونات H^+ (أي أنها تفقد إلكتروناتها المكتسبة من دورة كربس على هيئة بروتون)

Respiratory chain complexes

معقدات السلسلة التنفسية

- يوجد أربع مجموعات من الإنزيمات المعقدة والداخلة في تركيب الغشاء الداخلي للميتوكوندريا وتعمل هذه المجموعات على هيئة سلسلة متتابعة لنقل الإلكترونات من مادة الوقود إلى الأكسجين وهي كما يلي:
- الناتج NADH وينحصر دوره في نقل الإلكترونات من NADH-Co-enzyme-Q-oxidoreducatase يدعى
- في مرحلة تحلل الجلوكوز في الخلايا الهوائية عن طريق إدخال مكافئ له إلى الميتوكوندريا أو الناتج من بوابة التنفس

Complex (2) ب- المعقد الثاني

إلى Succinate وهذا المعقد الإنزيمي يؤكسد ال-Succinate
Coenzyme-Q-oxidoreductase يدعى
Co-enzyme- Q. وتنقل الإلكترونات إلى Fumarate

Complex (3) ج- المعقد الثالث

وهذا المعقد الإنزيمي يستخدم مركب Reduced Coenzyme-Q
Cytochrome C-oxidoreductase يدعى
Cytochrome C. المختزل كمادة تفاعل وتنقل الإلكترونات منه إلى Co-
enzyme- Q

Respiratory chain complexes

معقدات السلسلة التنفسية

■ Complex (4) - المعقد الرابع

■ ويعتبر آخر الإنزيمات المؤكسدة ويعمل على نقل الإلكترونات من السيتوكروم Cytochrome oxidase يدعى

■ المختزل إلى الأكسجين ويعتبر إيقاف نشاط هذا الإنزيم السبب الأساسي للتسمم بالسيانيد لأن السيانيد يمنع من القيام بدوره في نقل الإلكترونات إلى الأوكسجين وبالتالي يتوقف إنتاج الطاقة وتحدث الوفاة كنتيجة نهائية

الأكسدة Oxidative phosphorylation

الفسفورية

■ الأكسدة الفسفورية هي عملية حيوية للحصول على أكبر قدر من الطاقة الأيضية وجعلها متاحة في صورة مركب الطاقة الذي يستخدم لإنجاز عمليات فسيولوجية في الخلية الحية. في الحالات الطبيعية تتزامن الأكسدة مع الفسفرة وهذا يعني أن الحاجة لإنتاج كمية من الطاقة يتطلب زيادة الأكسدة لمزاد الوقود المتاحة وهذه ترتبط بزيادة معدل استهلاك الأوكسجين

الفسفرة التأكسدية

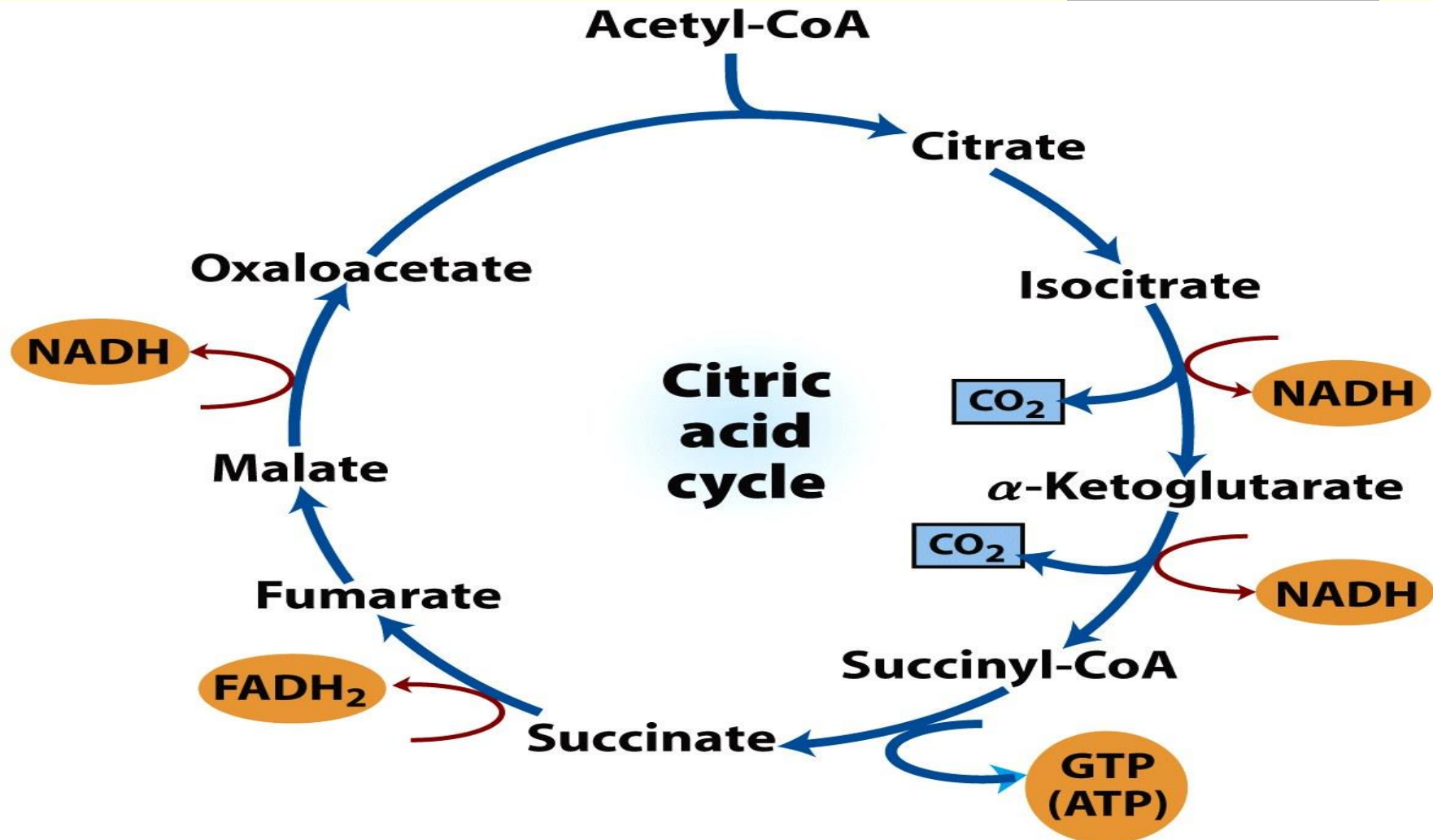


Figure 16-13
Lehninger Principles of Biochemistry, Fifth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

الفسفرة التأكسدية

- . أكسدة جزيئة من NADH_2 تحرر كمية من الطاقة تؤدي إلى 3ATP
- بينما كمية الطاقة الناتجة عن أكسدة جزيئة من NADH_2 تؤدي إلى 2ATP . إذن عن طريق التنفس الخلوي تنتج كل جزيئة من الكلوكوز :
- 4 ATP ——— 4 ATP

8 ATP

Aerobic glycolysis:

6 ATP

2 X 3 = Oxidative decarboxylation:

24 ATP

2 X 12 =

Krebs cycle:

38 ATP

Net:

الفسفرة التأكسدية

- يمكن لكل جزيء NADH أن ينتج تقريبًا 3 جزيئات ATP.
- يمكن لكل جزيء FADH_2 أن ينتج تقريبًا 2 جزيئات ATP.

$$10 \text{ NADH} \rightarrow 30 \text{ ATP}$$

$$2 \text{ FADH}_2 \rightarrow 4 \text{ ATP}$$

ATP الناتج من التحلل السكري $\rightarrow 2 \text{ ATP}$

ATP الناتج من دورة كريبس $\rightarrow 2 \text{ ATP}$

$$\text{الإجمالي} = 38 \text{ ATP}$$

- ينتج 38 جزيء ATP من جزيء واحد من الجلوكوز

الفسفرة التأكسدية

4 ATP ——— ATP ■

30 ATP ——— $10\text{NADH}_2 \times 3$ ■

4 ATP ——— $2\text{FADH}_2 \times 2$ ■
اذن مجموع ATP هو 38 جزيئة

■ **ملحوظة :** عند خلايا بعض الأنسجة (مثل العضلة الهيكلية المخططة و الدماغ) يتميز الغشاء الداخلي للميتوكوندريا بعدم نفاذيته لجزيئات NADH_2 التي تكونت خلال مراحل انحلال الكلوكوز حيث يتطلب وصولها إلى السلسلة التنفسية تدخل بعض النواقل الغشائية الخاصة فينتج عن ذلك تركيب جزيئة FADH_2 انطلاقا من كل جزيئة NADH_2

تذكر نواقل الإلكترونات؟

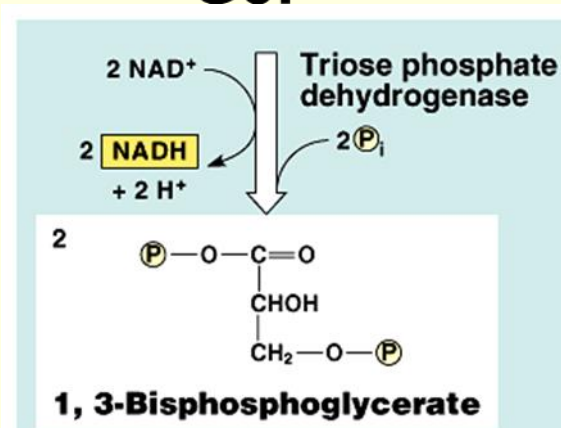
Glycolysis

4 NADH

glucose



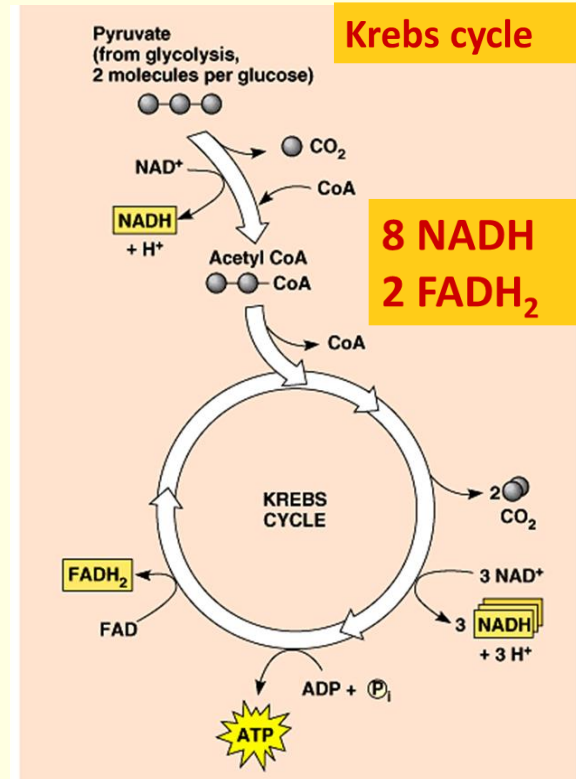
G3P



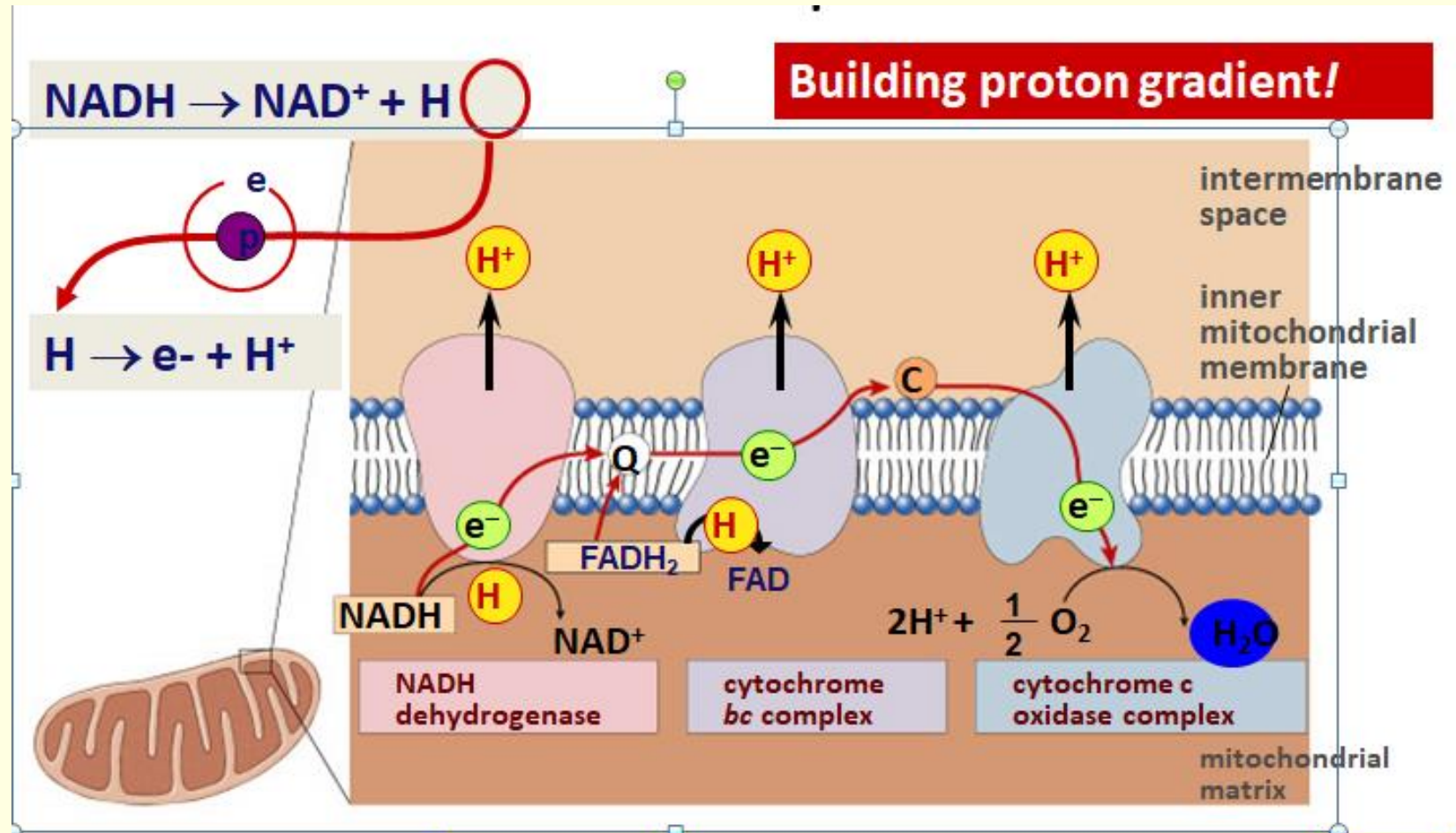
حان وقت تحرير الطاقة المخزنة.

Krebs cycle

8 NADH
2 FADH₂



تذكر نواقل الإلكترونات؟



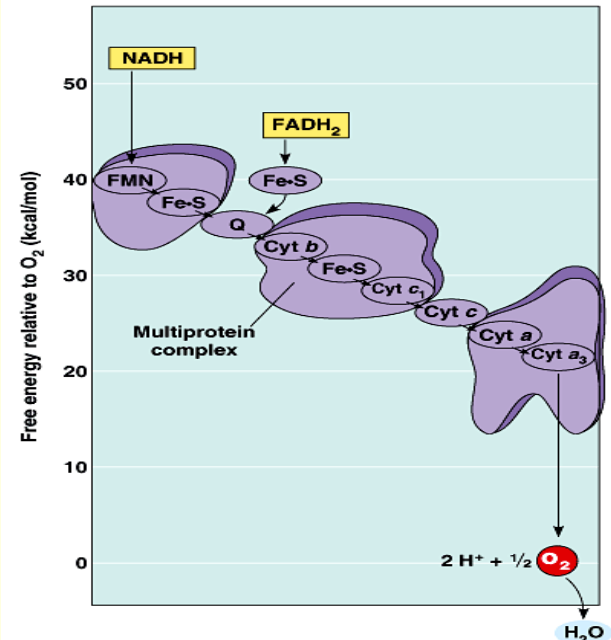
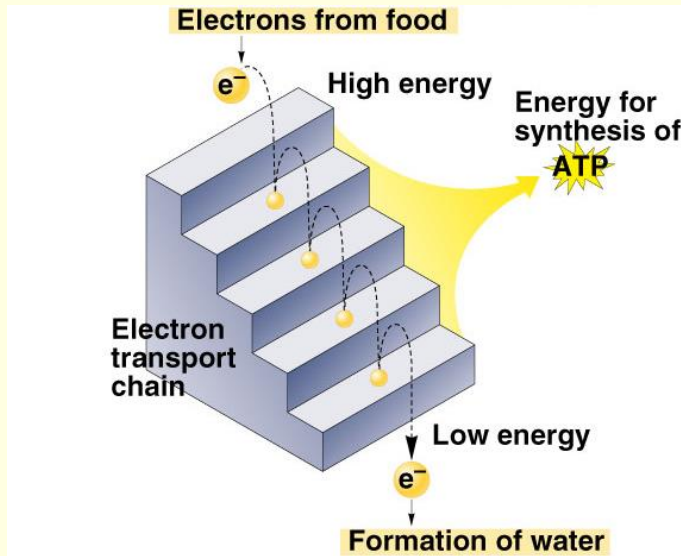
تتدفق الإلكترونات نحو الأسفل.

■ تنتقل الإلكترونات على مراحل من ناقلٍ إلى ناقلٍ آخر نزولاً باتجاه الأكسجين O_2

ويكون كل ناقل أكثر كهرسلبية من الذي قبله.

■ أكسدة مُنضبطة.

تحرر مُتحكم به للطاقة.



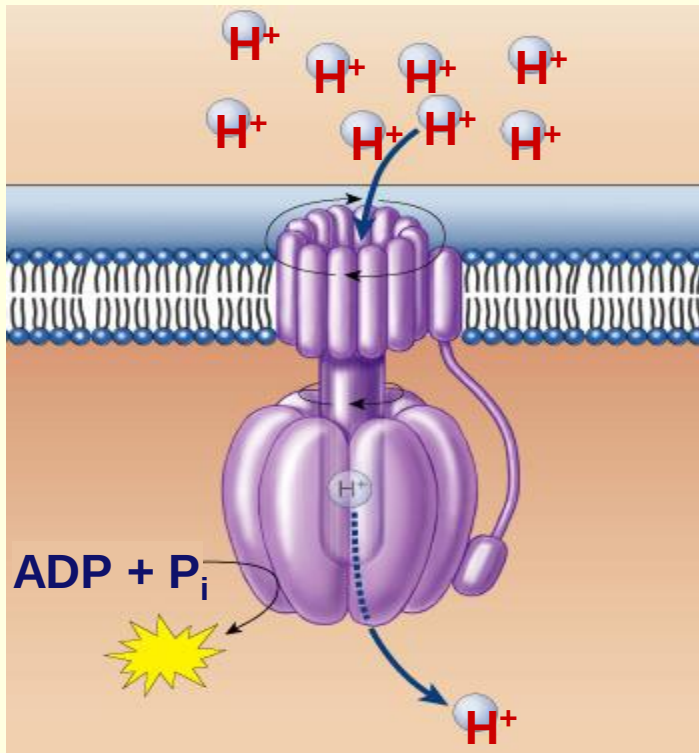
تتدفق الإلكترونات كيف يحدث.

■ تكوين تدرج لـ H^+

السماح للبروتونات بالمرور عبر إنزيم ATP synthase

تخليق ATP

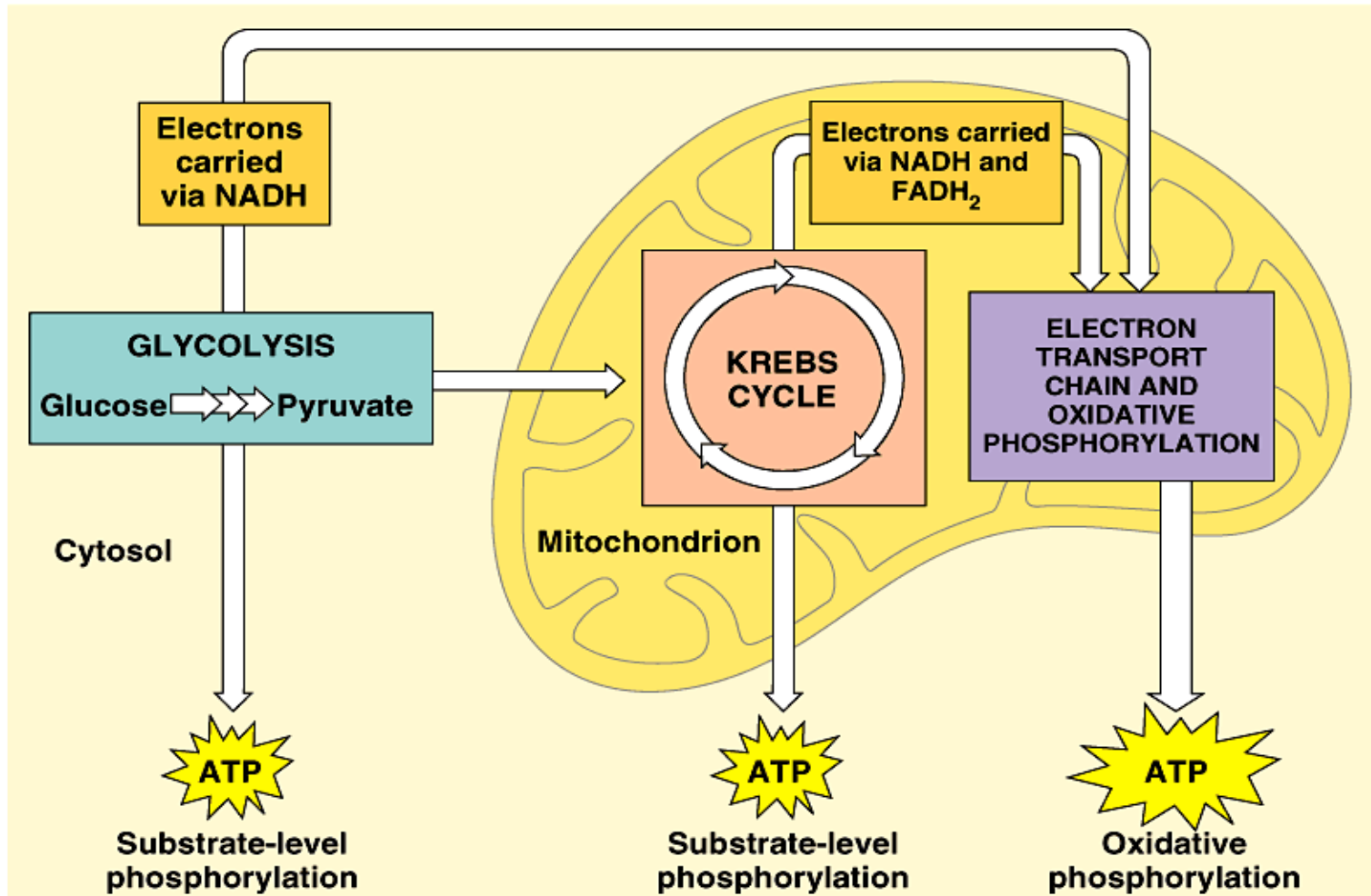
■ $ADP + P_i \rightarrow ATP$



ELECTRON TRANSPORT CHAIN(ETC)

- يربط سلسلة نقل الإلكترون (ETC) بين التفاعل الكيميائي بين مانح الإلكترون ومستقبل الإلكترون ونقل أيونات الهيدروجين عبر الغشاء، من خلال مجموعة من التفاعلات الكيميائية الحيوية الوسيطة.
- تُستخدم أيونات الهيدروجين هذه لإنتاج ATP.
- تُستخدم سلسلة نقل الإلكترون لاستخلاص الطاقة من ضوء الشمس (في عملية التمثيل الضوئي) ومن تفاعلات الأكسدة والاختزال مثل أكسدة السكر (في عملية التنفس).

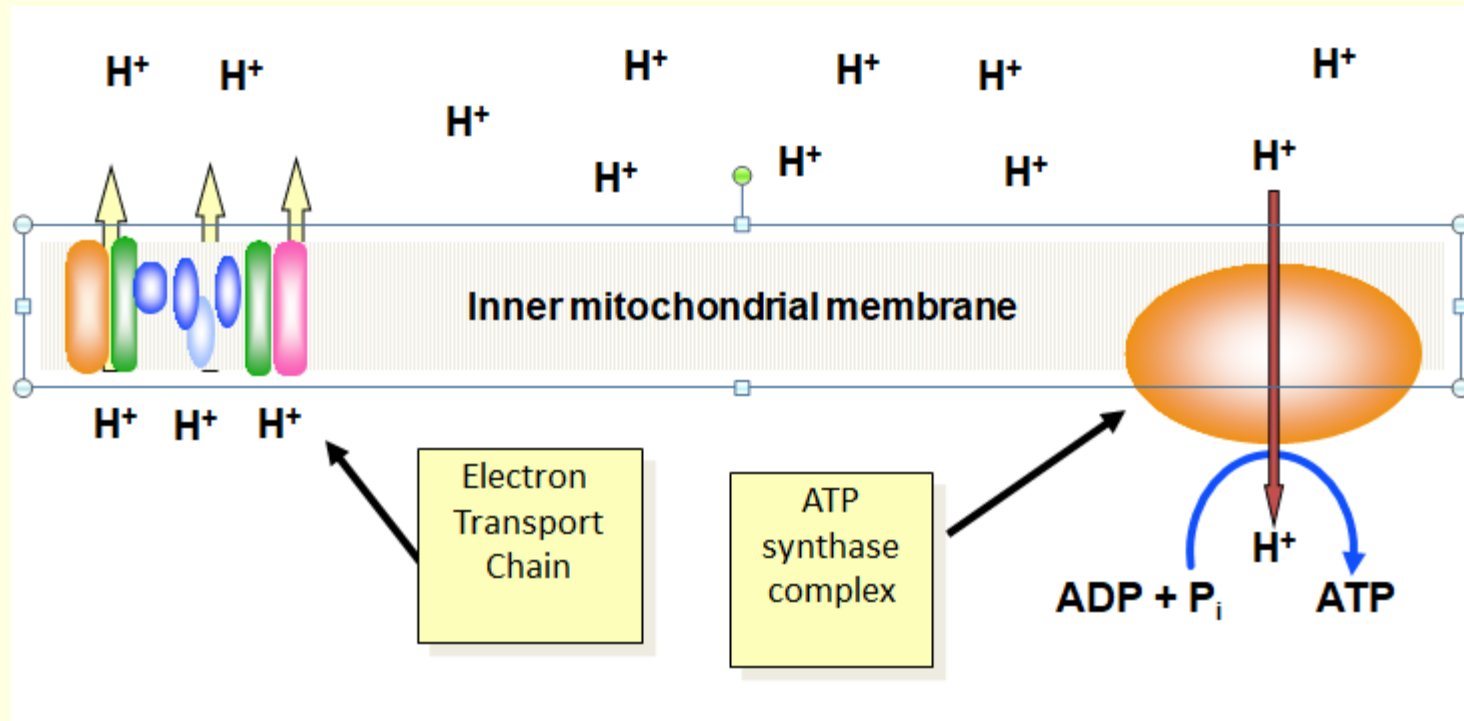
التنفس الخلوي



مكونات سلسلة نقل الإلكترون ETC

- NAD والبروتين الفلافوبروتيني: حاملات الهيدروجين في التنفس الخلوي.
- البروتينات المعدنية غير الهيمية (Fe-S protein): حيث تتبادل ذرة الحديد بين حالتَي الأكسدة $2+$ و $3+$.
- الإنزيم المساعد Q (CoQ): يعمل هذا الجزء كمثبت أو رابط للغشاء الداخلي للميتوكوندريا.
- السييتوكروومات: بروتينات ناقلة للإلكترونات تحتوي على مجموعة الهيم المساعدة.

Outer mitochondrial membrane



آلية عمل سلسلة نقل الإلكترون

- في سلسلة نقل الإلكترون، تُرتب الجزيئات المكونة لها وفقًا لما يلي:
 - زيادة الجهد الأكسدي الاختزالي (Redox potential).
 - انخفاض ضغط الإلكترونات.
 - تناقص مستوى الطاقة الحرة.
- لذلك يحدث انتقال الإلكترونات على طول السلسلة بشكل تدريجي من المانح الأولي الأكثر سلبية إلى المستقبل النهائي الأكثر إيجابية (الأكسجين O_2).
- الإلكترونات الداخلة إلى سلسلة نقل الإلكترون تكون غنية بالطاقة، ومع انتقالها تدريجيًا تفقد جزءًا من طاقتها الحرة.
- يتم حفظ جزء كبير من هذه الطاقة في شكل ATP.

آلية عمل سلسلة نقل الإلكترون

- في سلسلة نقل الإلكترون، يُستخدم الهيدروجين المرتبط بالإنزيم كوقود لتوليد الطاقة، ويكون متاحًا من تفاعلات نزع الهيدروجين أثناء أكسدة الركائز.
- في حالة الركائز المانحة للهيدروجين، يتم تجميع ذرات الهيدروجين بواسطة إنزيمات نازعة الهيدروجين ونقلها إلى سلسلة نقل الإلكترون عبر NAD و FAD.
- تعمل هذه الجزيئات كمستقبلات وناقلات ومانحات للهيدروجين.
- ثم تقوم ذرات الهيدروجين بالتبرع بالإلكتروناتها إلى سلسلة نقل الإلكترون بسرعة.
- وتتحلل أيونات الهيدروجين H^+ لاحقًا إلى الوسط المائي.

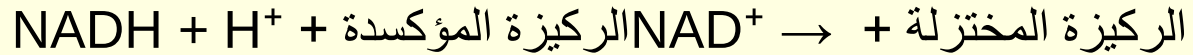
آلية عمل سلسلة نقل الإلكترون

■ إن إنزيمات نازعة الهيدروجين المرتبطة بـ NAD تنزل ذرتي هيدروجين من الركيزة، حيث:

- يتم نقل ذرة واحدة إلى NAD على شكل أيون هيدريد.

- وتظهر الذرة الأخرى في الوسط على شكل H^+ .

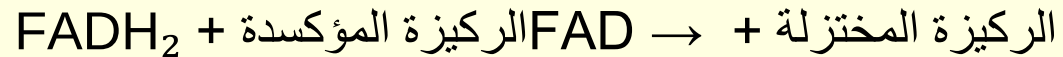
■ المعادلة:



■ أما إنزيمات نازعة الهيدروجين المرتبطة بـ FAD فتزيل ذرتي هيدروجين من الركيزة.

- في معظم الحالات يتم قبول الذرتين بواسطة FAD مكونة $FADH_2$.

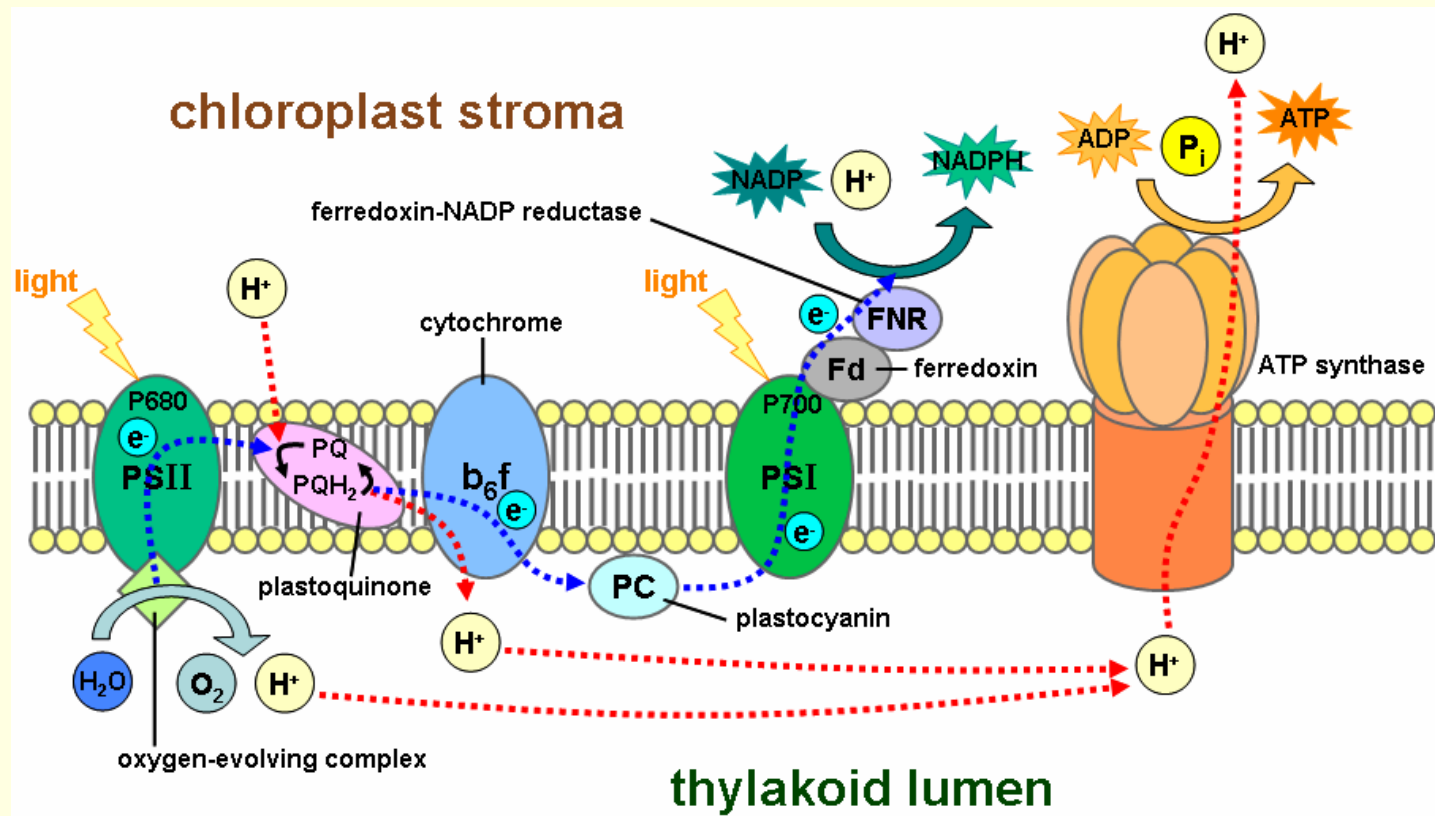
■ المعادلة:



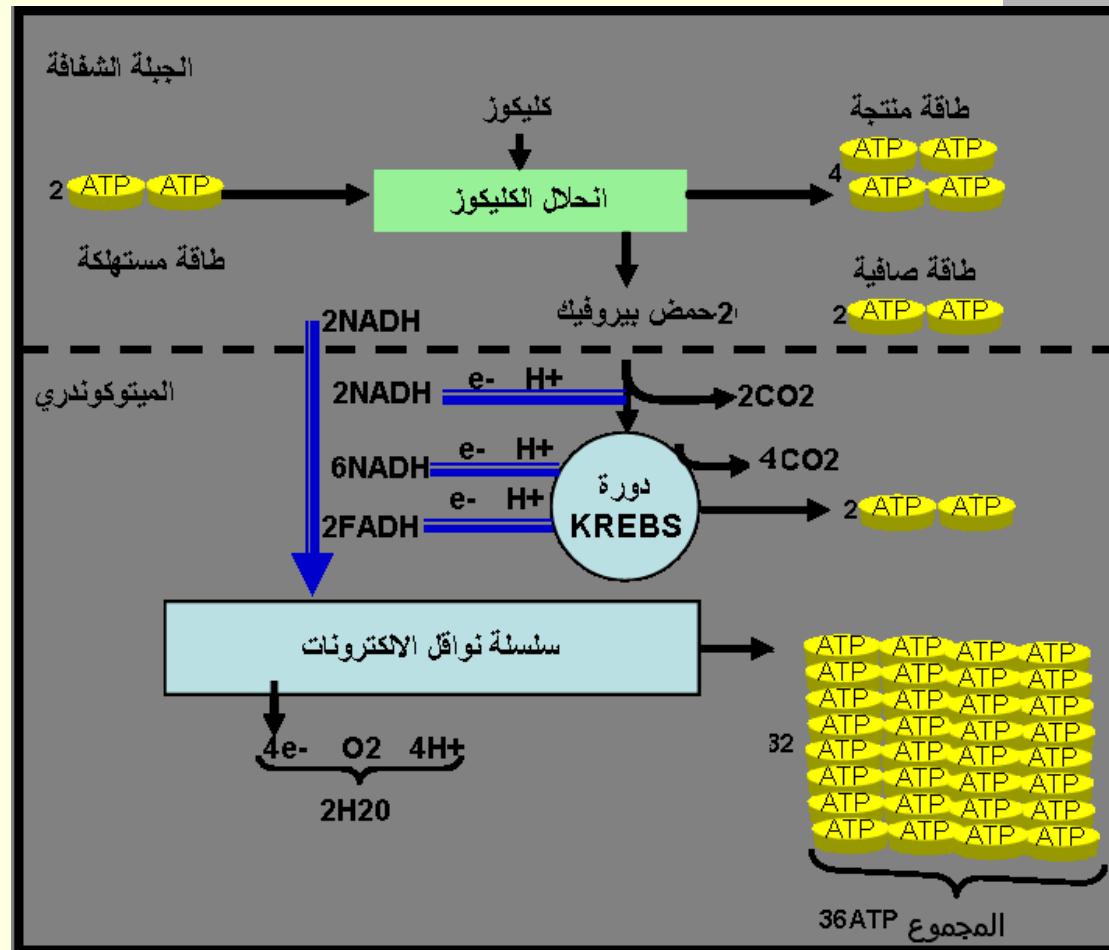
آلية عمل سلسلة نقل الإلكترون

- تنقل سلسلة نقل الإلكترون الإلكترونات من NADH و FADH_2 إلى الأكسجين O_2 وفي الوقت نفسه يتم فسفرة ADP إلى ATP.
- العمليتان تعتمدان إحداهما على الأخرى.
- لا يمكن تصنيع ATP ما لم تتوفر الطاقة الناتجة من نقل الإلكترون ($\Delta G^{\circ} = +31$ كيلوجول/مول).
- ولا تتدفق الإلكترونات نحو الأكسجين ما لم تكن هناك حاجة إلى إنتاج ATP.
- FADH_2

آلية عمل سلسلة نقل الإلكترون



الفسفرة التأكسدية



دور الهرمونات في التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية

- تلعب الهرمونات دورا هاما وكبيرا في تنظيم التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية واهم هذه الهرمونات هي :
- الانسولين Insulin: وهو هرمون يفرز بواسطة خلايا بيتا التي توجد بجزر لانكرهانس في البنكرياس والانسولين بروتين يتكون من عدد كبير من الاحماض الاحماض الامينية اهمها الكلايسين والالنين والسيرين والتايروسين والكلوتامين والفنيل الانينين , امانقطة التعادل الكهربائي هي 5.3 وعند انفصال الاصرة s-s وتحويلها الى SH فإن الانسولين يفقد نشاطه وبالمثل فإن المجموعة الفينولية التي تدخل في تركيب الانسولين لها اهمية كبرى في نشاط الانسولين . يتصف الانسولين بأنه يتأثر بالانزيمات المحللة للبروتينات ولهذا السبب فإن الانسولين لا يؤخذ مطلقا عن طريق الفم لانه يتحلل الى احماض أمينية حرة وبالتالي يصبح عديم الفائدة لذا يحقن في الجسم ولايعطى بالفم حتى يحتفظ بشكله التركيب الذي يعتمد عليه تأثيره الهرموني

دور الهرمونات في التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية

■ أهمية الانسولين بالنسبة للتمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية

1. تحويل الكلوكوز الى كلوكوز-6- فوسفات : يعتبر هذا التحويل من اهم الوظائف التي يقوم بها الانسولين في التمثيل الغذائي للكربوهيدرات والدور الذي يقوم به هو تأثيره على انزيم الهكسوكينيز اللازم لهذا التفاعل اذا ان الأنسولين الذي يتركز على جدران الخلايا يعمل على سهولة تحويل الكلوكوز الخامل داخل الخلايا الى كلوكوز-6- فوسفات النشط .

دور الهرمونات في التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية

1. -تكوين كلايوجين الكبد: هو ضروري لتكوين كلايوجين الكبد ولهذا السبب يتصف الشخص المصاب بالبول السكري بقلة مايتوية الكبد من كلايوجين .

■ - زيادة أكسدة الكلوكوز بالانسجة: يعمل الانسولين على زيادة سرعة أكسدة الكلوكوز بالانسجة ولهذا السبب هنالك فرق واضح يبين كمية الكلوكوز في الدم الوريدي والدم الشرياني

دور الهرمونات في التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية

1. -الاقلال من تحول البروتينات الى سكر بالجسم :تتحول الاحماض الامينية الى سكر بالجسم عن طريق الكلايكوليس وذلك بإزالة المجموعة الامينية من هذه الاحماض أولا ثم يتحول ما يبقى الى سكر ويعمل الانسولين على تنظيم هذه العملية وكما يقلل الانسولين من عملية أزاله المجموعة الامينية من الاحماض بالجسم وبذلك تبقى الاحماض كماهي مما يجعل في الامكان الاستفادة منها في بناء خلايا وتكوين انسجة بدلا من احتراقها لإعطاء طاقة .

دور الهرمونات في التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية

- 5-زيادة سرعة تحول الكلوكوز الى احماض امينية : من أهم وظائف الانسولين هو تحويل الكلوكوز الى أحماض دهنية ولهذا السبب يمكن زيادة وزن الاشخاص النحفاء عن طريق حقنهم بكميات ضئيلة من الانسولين ؟

دور الهرمونات في التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية

■ الهرمونات المضادة لعمل الانسولين

- 1-الكلوكاجون :وهو مضاد لعمل الانسولين يسبب افرازه برفع مستوى سكر الكلوكوز بالدم .
- 2-هرمون النمو : يساعد على تحويل الكلايكوجين بالكبد الى كلوكوز بالدم .
- 3-الادرنيالين : يعمل على تحويل الكلايكوجين بالكبد الى كلوكوز بالدم
- 1. الثيروكسين : ينظم سرعة تكوين الانسولين بالبنكرياس

دور الهرمونات في التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية

■ دور المعان والعناصر اللافلزية في التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية

■ تلعب المعادن دورا هاما في التمثيل الغذائي للكربوهيدرات وهي :

■ -الفسفور : وله أهمية في امتصاص السكريات الاحادية من الامعاء الدقيقة (الفسفرة) اذ أن عملية الفسفرة تعتبر احدى العمليات المهمة في أكسدة السكريات اذ ان الكلوكوز يعتبر خاملا داخل الجسم ولكن اتحاده بمجموعة الفوسفات يتحول الى كلوكوز -6- فوسفات وبذلك يتحول الى مركب نشط يمكن أكسدته داخل الجسم والحصول منه على طاقة . تخزين الطاقة الناتجة من أكسدة المواد الكربوهيدراتية في صورة اواصر فوسفاتية ذات طاقة عالية تختزلها مركبات معينة بالجسم مثل ATP وفوسفات الكرياتين .

دور الهرمونات في التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية

■ دور المعان والعناصر اللافلزية في التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية

- تلعب المعادن دورا هاما في التمثيل الغذائي للكربوهيدرات وهي
 - 2- للمغنسيوم أهمية في تنشيط انزيم الهكسوكينيز اللازم لتحويل الكلوكوز الى كلوكوز -6- فوسفات كما له أهمية في تحويل 3- فوسفات حامض الكلسيريك الى فوسفات حامض البيروفيك .
 - 3- للحديد أهمية في استعمال أكسدة المواد الكربوهيدراتية , أذ أن لأكسدة تتم غالبا عن طريق أزاله الهيدروجين الذي يتحد مع O_2 معطيا H_2O

تحويل المواد الكربوهيدراتية الى دهون

■ تحويل المواد الكربوهيدراتية الى دهون

■ تتكون الدهون كيميائيا من كلسييدات واحماض دهنية , ولما كان بالإمكان ان تتحول المواد الكربوهيدراتية في الجسم الى هذين المركبين لذلك تتحول الكميات الزائدة في المواد الكربوهيدراتية الى دهون . ولتكوين الدهون من الكربوهيدرات يتكون أولا الكلسيدين والاحماض الدهنية المختلفة ثم يتحدان في ما بينهم بعد ذلك مكونان دهون يطلق عليها أسم Lipogenesis ويعتمد تكوين المواد الدهنية من الكربوهيدرات أساسا على خطوتين :

■ 1-تكوين الاحماض الدهنية من الكربوهيدرات :

تحويل المواد الكربوهيدراتية الى دهون

■ تحويل المواد الكربوهيدراتية الى دهون

■ حامض بيروفيك → الكربوهيدرات

■ حامض الخليك → حامض بيروفيك

■ خلاات نشطة → حامض خليك

■ احماض دهنية → خلاات نشطة .

■ يتكون الكلسيرين او الكلسيرول من المركب فوسفوكلسيرالدهايد وهو احد المركبات الوسيطة التي تتكون أثناء أكسدة الكربوهيدرات سواء في وجود الاوكسجين او في غيابه وتتخلص عملية تكوين الكلسيرين بأزاله مجموعة الفوسفات المرتبطة به ثم بعد ذلك يختزل الكلسيرالدهايد الناتج الى الكلسيرين ولكي يتم تحول الكربوهيدرات الى دهون يتطلب ذلك وجود فيتامين B1.

تحويل المواد الكربوهيدراتية الى دهون

■ تحويل المواد الكربوهيدراتية الى دهون

■ أهمية تحول المواد الكربوهيدراتية الى دهن داخل الجسم

- تعتبر الكربوهيدرات محدودة التخزين داخل الجسم وعليه فأن تحولها الى دهون يعطي الجسم الفرصة في إيجاد وسيلة اخرى تخزين بها الكربوهيدرات
- خزن الكربوهيدرات بصورة دهن له مزايا أهمها تخزينها دون الحاجة الى خزن كميات كبيرة من الماء معها , كما أن الطاقة الناتجة من احتراق اغم المواد الدهنية يزود الجسم ب9 سعرات حرارية .