



المملكة العربية السعودية
جامعة الملك سعود

جامعة الملك سعود

كلية العلوم

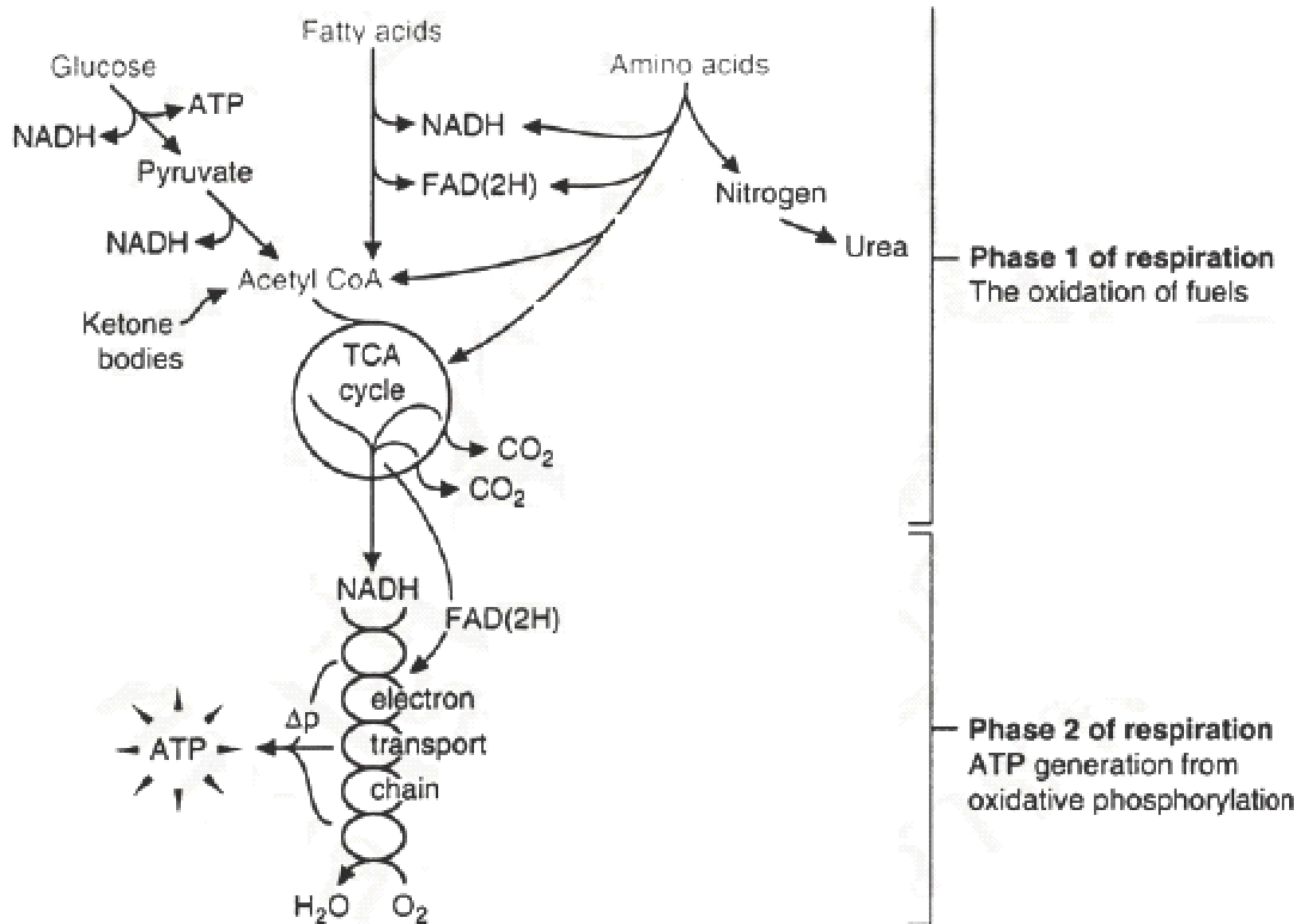
قسم الكيمياء الحيوية

كيمياء حيوية عامة (BCH 101)

الأكسدة الحيوية

BIOLOGICAL OXIDATION

Energy metabolism



إنزيمات السلسلة التنفسية

- توجد أربعة معقدات إنزيمية على السطح الداخلي لغشاء الميتوكوندريا يتم بواسطتها نقل الإلكترونات من معقد لأخر حتى يصل الإلكترون إلى موضع الاتحاد مع الأكسجين ليكون ماء ويستعمل التدفق العكسي للبروتونات لإنتاج ATP.
- **معقد إنزيمي I (NADH-CoQ oxidoreductase) ينقل** الإلكترونات من NADH إلى الأوبيكينون (المرافق الإنزيمي كو كيو CoQ) ويحتوي على حديد وكبريت وفلافين (في شكل FMN)

• معقد إنزيمي II

• **(Succinate-CoQ oxidoreductase)** يحتوي على **Cytochrome b** ينقل الإلكترونات من **succinate** إلى الأوبيكينون (المرافق الإنزيمي كو كيو CoQ)

• يحتوي عدة بروتينات تحتوي على حديد وكبريت وفلافين في شكل **FAD** ومجموعة هيم يختزل الحديد إلى الحديدوز **Fe²⁺** ثم تعاد أكسدته إلى حديدك **Fe³⁺**

• معقد إنزيمي III

- **CoQH₂-cytochrome c oxidoreductase** أو سايتوكروم ريدكتيز يحفز أكسدة CoQ المختزل (CoQH₂) ويتم تمرير الإلكترونات الناتجة على طول الساييتوكروم سي في عدة خطوات. ويحتوي هذا المعقد على سايتوكروم بي وسي وعدة بروتينات تحتوي على كبريت وحديد.
- أكسدة CoQH₂ يحتاج إلى إلكترونين بينما تحتاج أكسدة الحديدك إلى حديدوز إلى إلكترون واحد فقط لذلك يحتاج كل كو Q إلى جزيئين من سايتوكروم سي.
- الساييتوكروم سي غير مرتبط بالمعقد III لذلك يمكنه الحركة بحرية في الغشاء الداخلي للميتوكوندريا لنقل الإلكترونات.

• معقد إنزيمي IV

- **Cytochrome c oxidase** أو سايتوكروم أكسيديز يحفز الخطوات الأخيرة من نقل الإلكترونات حتى تصل للأكسجين لتكوين الماء. وكذلك يتم نقل البروتونات خلال هذا المعقد
- يحتوي هذا المعقد على سايتوكروم a_3 , a واثنين من أيونات النحاس Cu^{2+} التي تقوم بنقل الإلكترونات.

مصاحبة الأكسدة للفسفرة

- بعض الطاقة الناتجة من تفاعلات الأكسدة في سلسلة نقل الإلكترونات تستعمل في فسفرة ADP إلى ATP يقوم معقد بروتيني كعامل ربط بين عملية الأكسدة والفسفرة ويسمى ATP synthase
- يتكون هذا البروتين من جزئين
- الجزء الأول يكون مغموراً في غشاء الميتوكوندريا ويرمز له بالرمز F_0 ويتكون من أربعة سلاسل ببتيدية مختلفة.
- الجزء الثاني يقوم بتصنيع ATP يكون مرتبطاً بالمادة الأساس (الماتركس) ويرمز له بالرمز F_1 ويتكون من 5 أنواع مختلفة من السلاسل الببتيدية $\alpha 3\beta 3\gamma\delta\varepsilon$.

- توجد مركبات تسمى مانعات الإزدواج أو المركبات غير المقترنة تثبط فسفرة ADP إلى ATP دون أن تؤثر على نقل الإلكترونات.
- في الظروف العادية يتم نقل الإلكترونات من NADH أو FADH₂ إلى الأكسجين مما يؤدي إلى تكوين الماء و ATP.
- في وجود المركبات غير المقترنة يتم تكوين الماء دون إنتاج ATP.
- تستخدم نسبة الفوسفات/الأكسجين P/O للدلالة على عدد جزيئات ATP المنتجة.
- ففي المواد التي تمنح إلكترونات إلى NAD⁺ (المعقد I) مثل أيزوسترات و ألفا كيتو جلوتارات و المالات تكون النسبة = 3
- المادة التي تمنح إلكترونات إلى FAD (المعقد II) كالكسجينات تكون النسبة = 2
- والمادة التي تختزل مباشرةً بواسطة سايتوكروم سي (المعقد III & IV) مثل الأسكوربيك تكون النسبة = 1
- وفي وجود المواد المقترنة تكون النسبة = صفر
- مثال المواد المقترنة الثايروكسين – 2 و 4-ثنائي نيترو فينول – بعض المضادات الحيوية مثل فالينومايسين وجراميسيدين A.

آلية الفسفرة التأكسدية

- ١- نظرية الازدواج الكيميائي
- ٢- نظرية التشكيل أو البناء الفراغي
- ٣- نظرية الازدواج الاسموزي الكيميائي

المثبطات التنفسية لتدفق لالكترونات

أنظمة لنقل خلال غشاء الميتوكوندريا