

## المحاضرة الأولى

### مقدمة في العمليات الحياتية ( الايض )

### Introduction to metabolism

إن أبسط تعريف للعمليات الحياتية ( الايض ) metabolism انها المجموعة الكلية للتفاعلات الانزيمية التي تحصل داخل الخلية الحية أو بالاحرى فإن الايض يعني التغيرات الكلية للمادة والطاقة في الخلية الحية .

وتقسم العمليات الحياتية إلى قسمين رئيسيين : عمليات الهدم ( التقويض ) الحياتي catabolism وعمليات البناء الحياتي metabolism أو التركيب الحياتي biosynthesis حيث تنتج من هذه العمليات مركبات حيوية ضرورية للخلية وكذلك طاقة كيميائية لازمة لانجاز التفاعلات الخلوية .

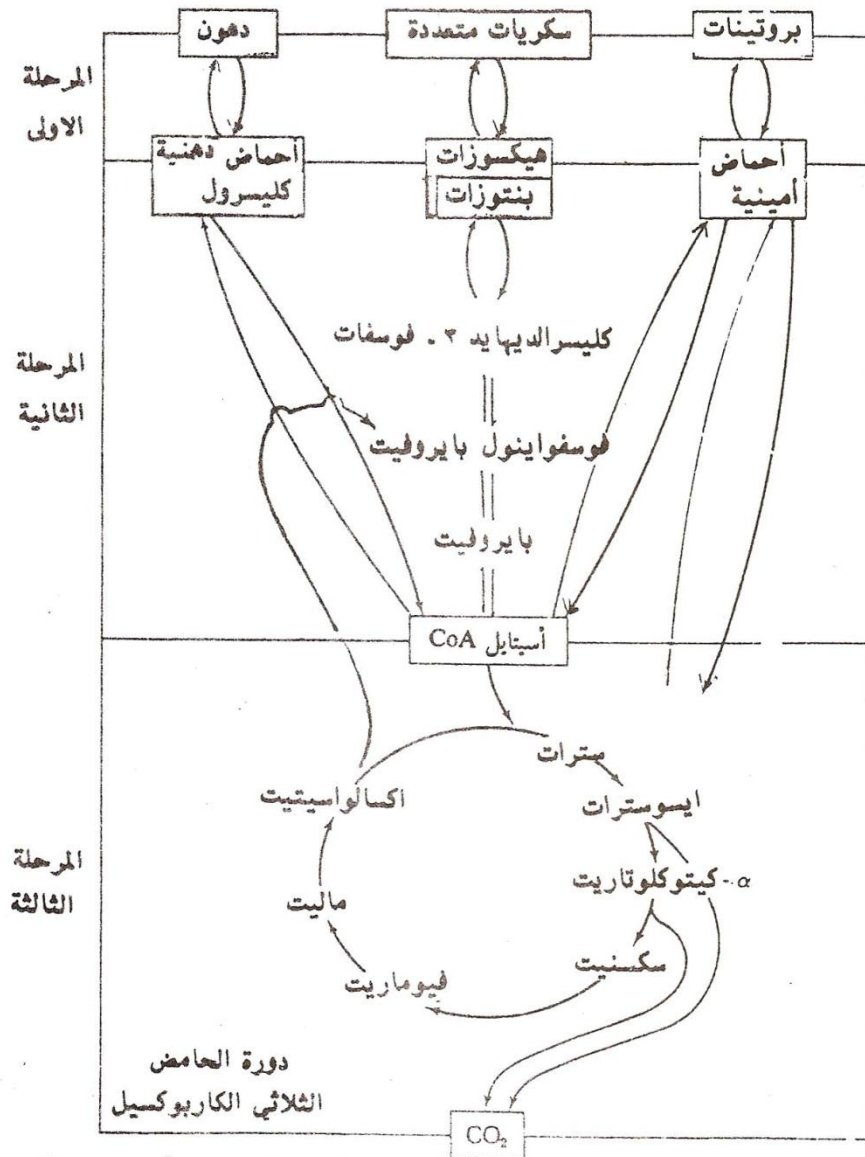
ففي عمليات الهدم الحياتي (التكسير الحياتي)، تتحلل جزيئات الاغذية العضوية كالكاربوهيدرات والدهون والبروتينات التي تم الحصول عليها من المحيط او من الاغذية المخزونة في الخلية بواسطة تفاعلات متعاقبة تحفز بالانزيمات، متحولة الى مركبات وسطية حيوية لازمة لحياة الخلية، والى نواتج نهائية بسيطة كحامض اللاكتيك وحامض الخليك وثنائي اوكسيد الكربون والامونيا واليوريا... ويصاحب عمليات الهدم الحيوي، هذه تحرر الطاقة التي كانت كامنة في تركيب الجزيئات العضوية الكبيرة والمعقدة. ان هذه الطاقة المتحررة تحفظ بشكل طاقة كيميائية وغالباً ما تكون بشكل المركب ادينوسين ثلاثي (تراي) فوسفات ATP او قد تكون بشكل قوة إختزالية مثل المركب NADPH .

وفي عمليات البناء او التركيب الحياتي، يتم تحويل الجزيئات الاولية البسيطة والصغيرة بواسطة تفاعلات انزيمية متعاقبة، الى مكونات جزيئية ضرورية للخلية الحية مثل الاحماض النووية والبروتينات والدهون والسكريات المتعددة وكذلك الهرمونات والصبغات الحيوية.. ان البناء الحياتي يؤدي الى زيادة الحجم والتعقيد في التركيب لذا تحتاج هذه العمليات الى طاقة تجهز بتفكك الادينوسين ثلاثي (تراي) فوسفات ATP الموجود في الخلية.

تحدث عمليات الهدم والبناء بصورة متلازمة ومتواقة وتحت نظام اقتصادي دقيق ذي كفاءة قصوى كما سبين فيما بعد .

قد تختلف الاتجاهات السائدة في عمليات الايض للنبات والحيوان ، إلا أنه ينبغي التذكر بأن العمليات الحياتية الاصلية وجدت متشابهة في كل من خلايا الحيوان والنبات ، وهكذا فإن العديد من التفاعلات الرئيسية التي درست في الخلايا الحيوانية تحدث بصورة مطابقة في الخلايا النباتية .

ينظم الايض metabolism بصورة عامة ، في ثلاث مراحل رئيسة كما هو موضح في شكل ( 10-1 - أ ) ، أما المستثنى الواضح من هذا فهو غياب تفاعلات التركيب الضوئي في خلايا الحيوان .



شكل ( 10-1 - أ ) المراحل الثلاثة للعمليات الهدمية والبنائية

## دورة الحامض ثلاثي الكربوكسيل ( دورة كريس )

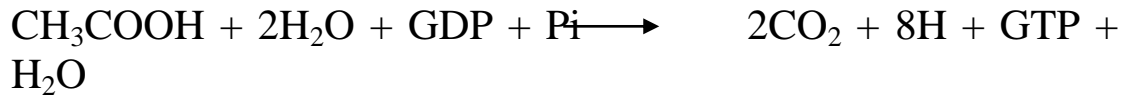
### ( Krebs cycle ) tricarboxylic acid cycle

تحصل دورة الحامض ثلاثي الكربوكسيل ( TCA ) في الميتوكوندريا لخلايا أنسجة الحيوانات الراقية ومعظم الاحياء المجهرية الهوائية والعديد من الانسجة النباتية . وقد سميت بـ (دورة الحامض ثلاثي الكربوكسيل ) وذلك لأن العديد من المركبات الوسيطة لهذه الدورة لها ثلاث منجموعات كربوكسيل مثل سترات citrate . سيس ( متقابل المجموعات ) اكونيتات cis aconitate وايزوسترات isocitrate . وهذه الدورة تدعى أيضا بدورة حامض السيتريك citric acid cycle ، وقد سميت أيضا بدورة كريس Krebs cycle نسبة للعالم كريس Krebs . H الذي افترض ميكانيكية هذه الدورة عام 1937 .

إن دورة الـ ( TCA ) هي المحور المركزي للعمليات الحياتية ( الايض ) للسكريات وللحامض الدهنية وللحامض الامينية . وان الغرض الاساسي لهذه الدورة هو انتاج الطاقة اضافة لتجهيز مركبات وسيطة لتكوين أحماض أمينية ومركبات بورفايرين porphyrins .

تمثل دورة الـ ( TCA ) المسار الرئيسي لأكسدة حامض الاسيتيك ( بشكل أسيتايل - CoA ) كليا إلى جزيئي CO<sub>2</sub> وثمان ذرات هيدروجين غنية بالطاقة وجزيء GTP . حيث تدخل ذرات الهيدروجين سلسلة نقل الالكترونات

electron transport chain لتحرر طاقة بشكل ATP :

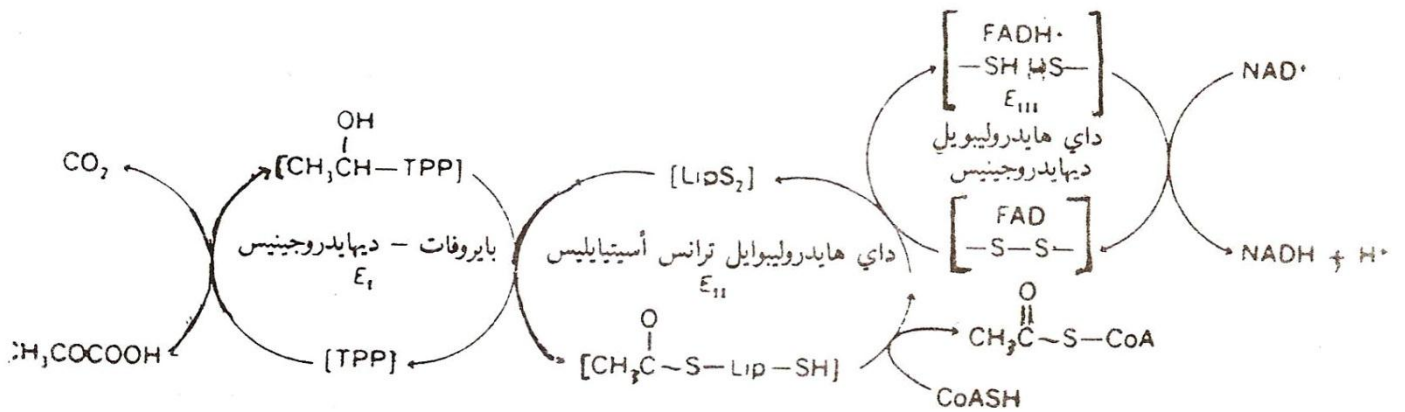


## مصادر تجهيز دورة الـ TCA بالوقود

### Fuel Sources for TCA cycle

هناك عدة مصادر لتجهيز دورة الـ TCA بالوقود ( اسيتايل - CoA ) والمصدر الرئيس هو التفاعل المحفز بمعقد الانزيم بايروفات ديهيدروجينيس Pyruvate dehydrogenase complex الذي يحصل في الميتوكوندريا ، حيث ان البايروفات المتكون في عملية انحلال السكر ( glycolysis ) أو في عمليات الهدم الحياتي لخمسة من الاحماض الامينية ( الانين ، سايسيتين ، كلايسين ، سيرين ، وثريونين ) يدخل مباشرة الميتوكوندريا .

إن ثيامين بايروفوسفات (TPP) thiamine pyrophosphate يعمل على حذف مجموعة الكاربوكسيل من البايروفات مكوناً  $\text{CH}_3\text{CHOH}-\text{TPP}$  وحامض ليبويك مرافق انزيمي ثان. يؤكسد الـ  $\text{CH}_3\text{CHOH}-$  الى  $\text{CH}_3(\text{C}=\text{O})-$  ثم ينقله الى  $\text{C}_6\text{A}-\text{SH}$  منتجاً بذلك اسيتايل  $\text{C}_6\text{A}-$  وحامض ليبويك مختزلاً. ويعمل الـ FAD على اعادة حامض الليبويك الى حالته المؤكسدة وبذا يتحول هو الى  $\text{FADH}_2$  الذي يعمل بدوره على اختزال الـ  $\text{NAD}^+$  الى  $\text{NADH}$ . وبهذا فان خمس مرافقات تشارك في التفاعل المحفز بمعقد الانزيم بايروفات - ديهيدروجينيس (شكل 10-2):



شكل (10-2) معقد الانزيم بايروفات ديهيدروجينيس (معقد لانزيمات متعددة multienzyme complex) يعمل على اكسدة حامض البايروفيك الى اسيتايل مرافق الانزيم  $\text{Co}_2\text{A}$ .  
 $\text{E}_1$ : dihydrolipoyl dehydrogenase.  $\text{E}_2$ : Pyruvate dehydrogenase.  $\text{E}_3$ : dihydrolipoyl transacetylase.

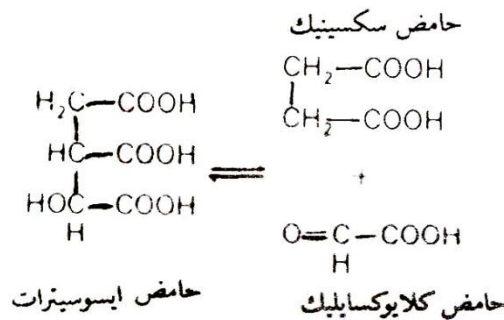
وان التفاعل الاجمالي لمعقد الانزيم بايروفات ديهيدروجينيس:



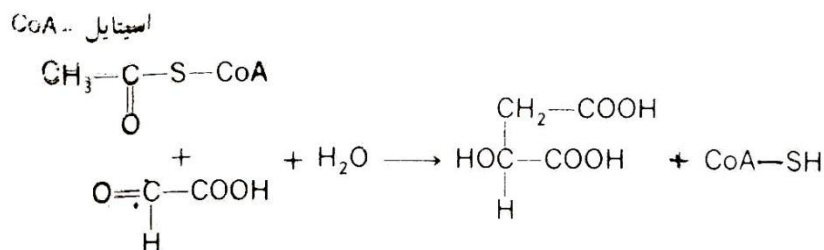
ويشبط الـ ATP انزيم بايروفات ديهيدروجينيس بفسفرة الانزيم لجعله غير فعال .  
أما عملية الاكسدة  $\beta$  للحامض الدهني  $\beta$  - oxidation of fatty acid التي  
تحدث في الميتوكوندريا فهي المصدر الثاني لاسيتايل مرافق الانزيم A اللازم لدورة الـ  
TCA . وهناك مصدر آخر لاسيتايل مرافق الانزيم A وهو من الهدم الحياتي لستة  
أحماض أمينية ( فينيل الانين ، تايروسين ، ليوسين ، لايسين ، تربتوفان ، ايزوليوسين  
( .

### دورة حامض الكلايوكسايليك Glyoxylic acid cycle

بعض أنواع البكتريا ، الاشنات وبعض النباتات المتقدمة وعند دور معين في حياتها  
، تستخدم الاسيتات مصدراً للطاقة والكاربون ، لتكوين جميع مركبات الخلية . ويتم  
هذا عبر ما يسمى بدورة حامض الكلايوكسايليك . وتعد هذه الدورة ( شكل ١٠-٤ )  
( مسار حياتي متحور لدورة الـ TCA ( شكل ١٠-٣ ) حيث يتكثف اسيتيل -  
CoA مع اوكسالواسيتات ليكون السيترات ثم الايسوسيترات كما هو الحال في دورة الـ  
TCA .



وبعدها يعمل انزيم ايسوسيتراتيس isocitratase على انشطار الايسوسيترات الى حامضي  
سكسينيك وكلايوكسايليك . وبعدها يتكثف حامض الكلايوكسايليك مع جزئي آخر  
اسيتايل CoA بواسطة الانزيم مالات سينثيس malate synthase ليتكون مالات بطريقة  
مشابهة لتكوين السيترات .



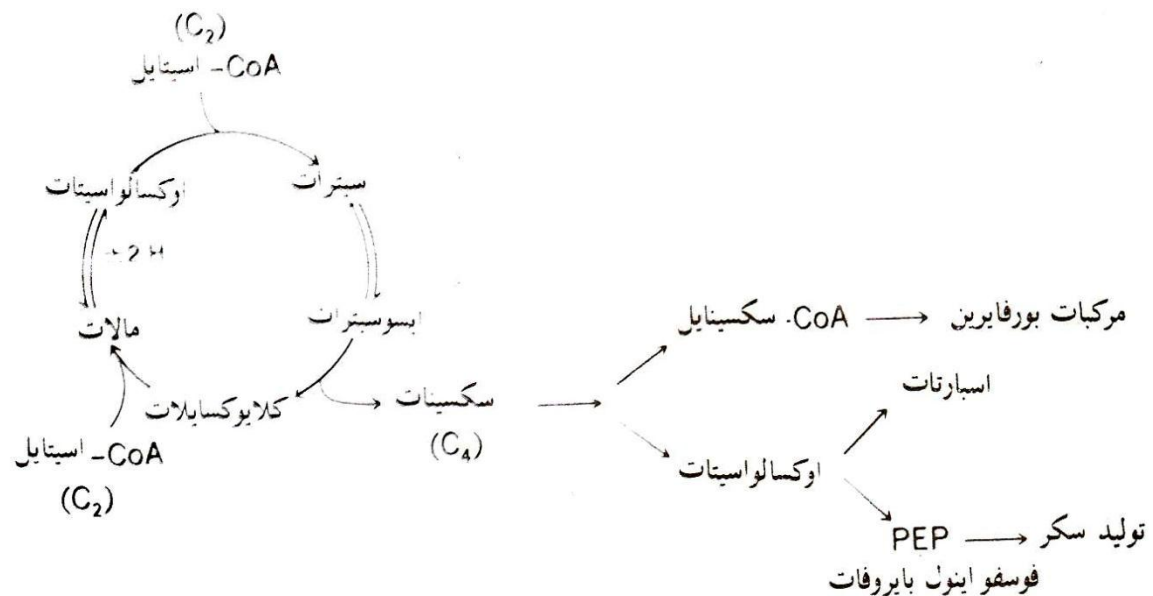


ومن يتحول المالات الى اوكسالواسيتات كما هو الحال في دورة الـ TCA .  
ويتبين من الشكل ( 4-10 ) أنه في كل لفة من دورة الكلايوكسايالات تدخل  
جزيئتان من أسيتايل - CoA فتتكون جزيئة واحدة سكسينات ، حيث تستخدم في  
عمليات التركيب الحيوي المختلفة ، وزوج من ذرات الهيدروجين . والمعادلة الكلية لدورة  
الكلايوكسايالات :



مرافق الأنزيم A      سكسينات      أسيتايل مرافق الأنزيم A

وفي انسجة النباتات المتقدمة التي تنجز دورة الكلايوكسايالات ، توجد عضيات  
خلوية تدعى كلايوكسيسوم glyoxysomes . تحوي الأنزيمات الخمس اللازمة لهذه  
الدورة . وهكذا فان دورة الكلايوكسايالات تكون سائدة في الفترة المبكرة من انبات بذور  
النباتات الراقية حيث تحول متخلفات الأسيتايل المشتقة من الأحماض الدهنية المخزونة  
شكل الكليسيريد الثلاثي ، الى كاربوهيدرات . وتسمى هذه الدورة بدورة مالات  
malate cycle .



شكل ( 4-10 ) دورة الكلايوكسايالات