# محتويات الخلية

## السيتوبلازم Cytoplasm

وهو ذو طبيعة غروية ، يحتوى على تراكيب حية تعرف بالعضيات السيتوبلازمية - البعض منها غشائى مثل الميتوكوندريا والشبكة الاندوبلازمية وجهاز جولجي والليسوسومات والبلاستيدات الخضراء ( في الخلايا النباتية فقط ) ، وبعضها الآخر غير غشائي مثل الريبوسومات والجسم المركزي والأنيبيبات الدقيقة والليفات والأسواط والأهداب - كما يحتوى على مواد غير حية يطلق عليها الميتا بلازم أو الديوتوبلازم عبارة عن الجليكوجين والنشا والحبيبات الدهنية والقطرات الزيتية وبعض المواد الأخرى كالأصباغ والمواد الإفرازية والنواتج الإخراجية .. وغيرها

- **الخلايا بدائيات النواة والخلايا حقيقيات النواة :**

الخلايا بدائيات النواة : مثل البكتريا والطحالب الخضراء المزرقة.

السيتوبلازم فيها يخلو من العضيات السيتوبلازمية الغشائية مثل الشبكة الأندوبلازمية وجهاز جولجي والليسوسومات والميتوكوندريا ( معظم وظائف هذه العضيات يقوم بها السطح الداخلي للغشاء البلازمي ) . وهو يحتوى على ريبوسومات صغيرة الحجم ، والنواة تفتقد الغشاء النووى الذي يحيط بمحتوياتها ولذلك فالنواة غير محددة في بدائيات النواة وتختلط محتوياتها بالسيتوبلازم وتتكون المادة الوراثية فيها من كروموسوم واحد يتكون من جزئ طويل واحد من لحمض النووى الديوكسي ريبوزى DNA ، بالإضافة إلى قطع صغيرة من الـــ DNA تعرف بالبلازميدات . وحمض DNA بالكروموسوم والبلازميدات من النوع الدائرى . كما أن النواة لا تحتوى على نوية في بدائيات النواة . وبعض بدائيات النواة لها عضيات تشبه الشعر يطلق عليها الأسواط يغيب من تركيبها الأنيبيبات الدقيقة ، وتتكون من نوع واحد من البروتين يُعرف بالفلاجين .

- **الخلايا حقيقيات النواة :**

تحاط فيها النواة بغلاف نـووى يتركب من غشائين ويحتوى ثقوب تسمح باستمرار الاتصال بين محتويات النواة والسيتوبلازم . وتحتوى النواة على مادة الكروماتين التي تتعقد مع البروتينات وتشكل مادة الكروموسومات التي تمثل المادة الوراثية للخلية . وتحتوى النواة على نوية أو أكثر . ويحتوى السيتوبلازم على مختلف أنواع العضيات السيتوبلازمية الغشائية وغير الغشائية.

## العضيات السيتوبلازمية : Cytoplasmic Organelles

وهي تراكيب سيتوبلازمية تعتبر مراكز متخصصة - كل منها له وظيفة محددة داخل الخلية.

### 1. المايتوكوندريا Mitochondria

مصطلح المايتوكوندريا يتكون من كلمة (mitos) وتعني خيط وكلمة (chondros) وتعني حبيبة. كان ألتمان Altmann أول من وصف المايتوكوندريا في الخلايا العصبية عام 1890 ثم تبعه العالم بندا Benda عام 1897. بعد ذلك أجريت بحوث كثيرة ثبت منها أن المايتوكوندريا موجودة في جميع الخلايا الحيوانية والنباتية. يذكر كاودري Cowdry أن هذه العضيات قد أطلق عليها حوالي خمسين اسماً، ولكن بقى لفظ مايتوكوندريا هو الأكثر استخداماً.

توجد المايتوكوندريا في جميع الخلايا باستثناء خلايا الدم الحمراء في الإنسان وبعض الأحياء بدائية النواة كالبكتيريا وتنتشر في السايتوبلازم على هيئة أشكال مختلفة. فهي أما على شكل كريات أو عصيات أو بيضوية أو أجسام خيطية ويتغير شكلها وحجمها تبعاً لفاعلية الخلايا ولكنها في جميع الأحوال لا يزيد حجمها عن 10 مايكرومتر وثابتة الشكل تقريباً في النوع الواحد من الخلايا.

الخلايا المنتجة للطاقة تتميز بعدد كبير من المايتوكوندريا الكبيرة الحجم والمعقدة التركيب كما هو الحال في الخلايا الجدارية الفارزه لحامض الهيدروكلوريك في المعدة وخلايا العضلات القلبية وخلايا الدهون البنية.

تعد المايتوكوندريا ثاني أكبر جزء في الخلية بعد النواة وتعرف بأنها عبارة عن عضيات حبيبية أو خيطية موجودة بصورة عامة في الخلايا حقيقية النواة فهي موجودة في سايتوبلازم الخلايا في الحيوانات الراقية والنباتات.

وتعتبر المايتوكوندريا المولدات النهائية للطاقة في الخلايا، أو ماكينات بيولوجية يتم فيها تحويل الطاقة الكيمياوية الموجودة في المواد الغذائية إلى نوع من الطاقة يتم استخدامه بواسطة الخلايا.

#### الفحص المجهري الكيميائي للمايتوكوندريا (توضيح المايتوكوندريا)

يمكن مشاهدة المايتوكوندريا في الخلايا الحية باستخدام ميكروسكوب التباين. ولكن من الصعب رؤيتها بالميكروسكوب الضوئي العادي نظراً لأن معامل انكسارها منخفض. ويمكن صبغ المايتوكوندريا في الخلايا الحية بمحاليل مخففه من صبغات جانس الخضراء والسوداء Janus green & Janus black، ويصبغ جانس الاخضر المايتوكوندريا باللون الأخضر المزرق قليلاً وذلك بسبب وجود إنزيم Cytochrome-Oxidase والذي يعمل على الحفاظ على الصبغة بحالتها المؤكسدة (الملونة).

ويمكن رؤية المايتوكوندريا تحت المجهر بعد صباغة النماذج بالأيوسين أو الهيماتوكسلين إلا أنها تظهر واضحة جداً عند استخدام الهيماتوكسلين الحديدي حيث تتأكسد محتوياتها مسببة ألوانا غامقة يمكن تمييزها بوضوح.

المايتوكوندريا أجسام حساسة ولذلك فإنها قد تتفتت تحت تأثير المثبتات ولهذا يستخدم في تثبيتها محاليل تعمل على الحفاظ على التركيب الدهني البروتيني فيها وذلك تحت تأثير طويل المدى لمحاليل مؤكسدة مثل رباعي أكسيد الأوزميوم وحامض الكروميك وبيكرومات البوتاسيوم.

أما عند فحصها بالمجهر الإلكتروني فإن التراكيب الداخلية لها تظهر واضحة وتبدو كعضيات مزدوجة الغشاء معقدة التركيب الداخلي. تحاط المايتوكوندريا بغشاء خارجي أرق من الغشاء البلازمي يبلغ سمكه حوالي 7 نانوميتر أملس الطبيعة يتألف من البروتينات والدهون وتمثل البروتينات أكثر من 70% من مكوناته بينما تمثل الدهون بأنواعها كالدهون المفسفرة والكوليسترول حوالي 24-30%.

**التركيب الدقيق للمايتوكوندريا**

تحاط المايتوكوندريا بغشاء خارجي أملس (سمكه حوالي 60 انكستروم)، له دور بخاصية النفاذية في هذه العضيات. ويوجد للداخل من هذا الغشاء غشاء آخر (سمكه حوالي 60 انكستروم) يمتد داخل تجويف المايتوكوندريا على هيئة عدد من الحواجز أو الفواصل (يطلق عليها الأعراف أو الحواجز المايتوكوندريه) تقسم التجويف الداخلي انقساما غير تام إلى عدد من الحجرات الصغيرة. إن أغشية المايتوكنودريا هي من نوع المتناظر وتمتلك طبقة دهنية ذات نمط كروي شأنها في ذلك شأن أغشية كولجي وأغشية الشبكة الإندوبلازمية ويبلغ سمكها 20-23 انكستروم أما الطبقة البروتينية الخارجية فيبلغ سمكها 15-17 انكستروم.

يسمى التجويف الواقع إلى داخل الأعراف بالردهة الداخلية تكون مليئة بمادة كثيفة تسمى مادة الخلايا أو الحشوة Matrix، وتكون هذه المادة متجانسة عادة، ولكن تظهر فيها في بعض الحالات مادة خيطية رقيقة أو حبيبات عالية الكثافة. وتعتبر هذه الحبيبات أماكن للربط بين الكاتيونات الثنائية خاصة المغنسيوم والكالسيوم.

يفصل الغشاء الخارجي للمايتوكوندريا عن غشائها الداخلي فسحة أو فراغ يبلغ عرضه حوالي 6.5 نانوميتر يسمى بالفراغ الخارجي Outer space أو الردهة الخارجية Outer chamber ويتراوح عرض هذه الردهة بين 40-70 انكستروماً.

يحتوي الغشاء الداخلي على عدد كبير من الأنزيمات التنفسية والعوامل المساعدة مثل NADH dehydrogenase و Co-enzyme Q وسايتوكرومات C و b و a و $a_3$ و Succinic dehydrogenase و Iron-sulphur proteins و $NAD^+$ و FAD وتتركز هذه عادة على الاعراف الممتدة نحو الفراغ الداخلي. هذا إضافة لوجود أملاح لا عضوية عديدة أبرزها الكالسيوم والمغنسيوم.

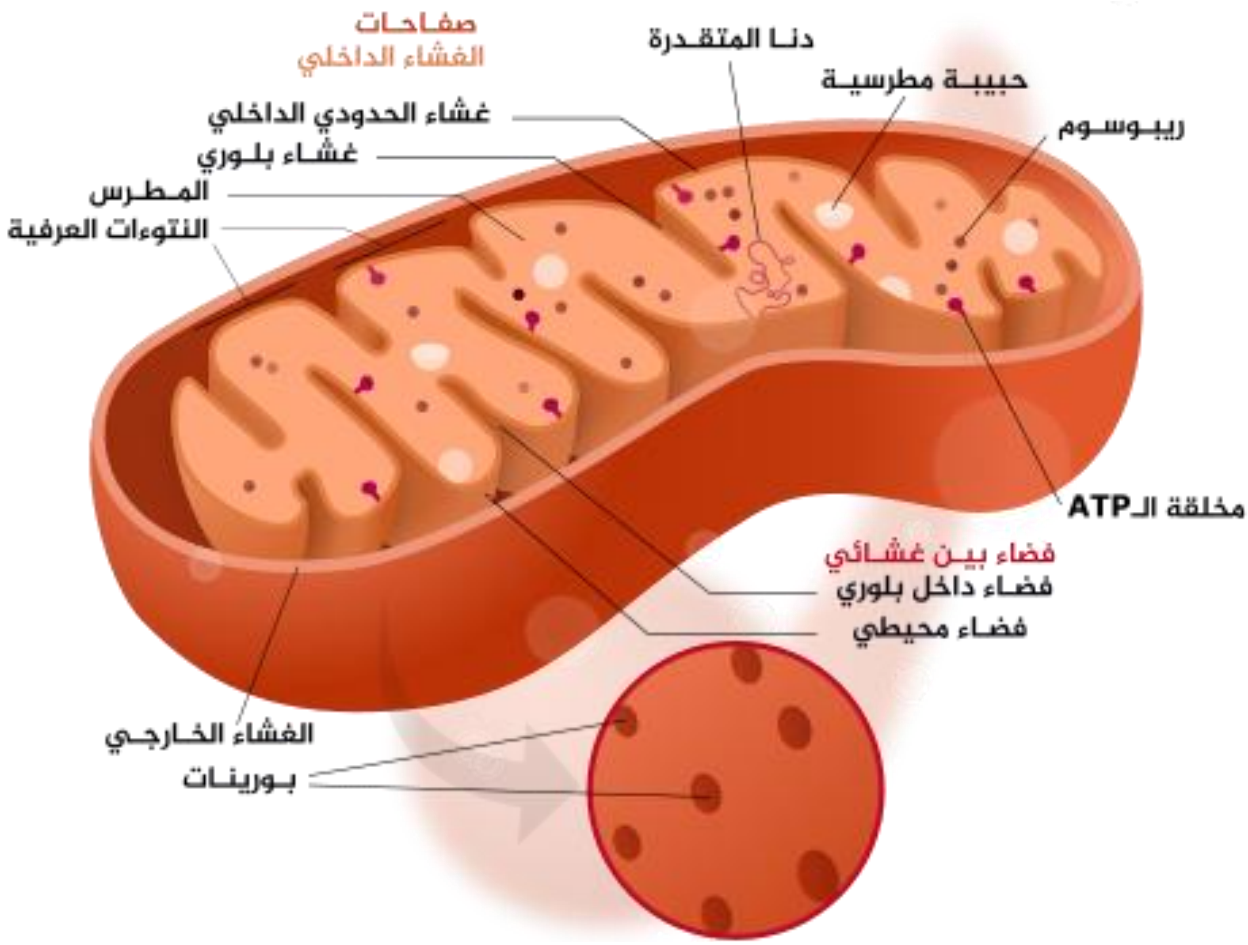
الأعراف الانبوبية التي يمكن مشاهدتها في مايتوكوندريا الغدد الكظرية والجسم الاصفر وخلايا انابيب مالبيجي في الحشرات والخلايا الطلائية المبطنة للمجاري التنفسية والخلايا الكبدية والعصبية فأنها تكون على هيئة انابيب مفردة أو متفرعة تتشابك بطريقة غير منتظمة داخل فراغ المايتوكوندريا الداخلي. تحتوي الاعراف الانبوبية في نهايتها على منطقة متوسعة على هيئة حويصلات أو اكياس.

تحتوي المايتوكوندريا على حبيبات بالغة الدقة موزعة بانتظام على الحواجز المايتوكوندريه، وتمثل هذه الحبيبات تجمعات من الإنزيمات التنفسية وتحتوي كل مايتوكوندريا في الخلايا الكبدية على حوالي 15000 من هذه التجمعات الانزيمية، وقد يبلغ عددها 100000 في خلايا عضلات الطيران، ولذلك تعتبر المايتوكوندريا بطاريات انزيمية.

للمايتوكوندريا مادة وراثية خاصة بها mt DNA موجودة على هيئة خيوط مزدوجة لولبية أو على هيئة حزم أو تجمعات.

يبلغ حجم DNA المايتوكوندريا في خلايا الانسان 16,596 زوجا قاعديا، بينما يبلغ في الخمائر حوالي خمس مرات ذلك (حوالي 50,000 زوج قاعدي).

على الرغم من حجم الحمض النووي المايتوكوندري إلا أنه لا يشفر إلا لعدد قليل من البروتينات (سبعة بروتينات في الخميرة) وجيئتان من الحمض النووي الريبوسومي (15S و 21S) وجميع جزيئات الحمض النووي الناقل اللازمة لتصنيع هذه البروتينات (22-24 جزيئة حمض نووي ناقل).




## التركيب الدقيق للمايتوكوندريا

### أشكال وأحجام وإعداد وتوزيع المايتوكوندريا

**شكل المايتوكوندريا** ومكانها مميزة لكل نوع من أنواع الخلايا. ففي خلايا البنكرياس تكون على هيئة خيوط طويلة، بينما تكون حبيبية الشكل في البويضات والخلايا المنوية، وفي الخلايا العصبية توجد المايتوكوندريا على هيئة حبيبات وقضبان قصيرة، وفي الخلايا الطلائية للأمعاء تكون المايتوكوندريا بيضاوية عند قمة النواة وخيطية على جانبيها بينما تكون على هيئة حبيبات في الجزء القاعدي للخلية. وقد يتغير شكل المايتوكوندريا في نفس الخلية تبعاً لنشاطها كما يحدث في خلايا الكبد والبنكرياس.

يختلف **حجم المايتوكوندريا** في الخلايا المختلفة، ففي معظم الخلايا يكون عرض المايتوكوندريا ثابت تقريباً (حوالي 0.5 ميكرون) ولكن أطوالها تختلف وقد تصل إلى 7 ميكرونات. ويعتمد طول المايتوكوندريا على نشاط الخلية. وبذلك يمكن مشاهدة أنواع رفيعة جداً (0.2 ميكرون). كذلك يتوقف حجم المايتوكوندريا وشكلها على الضغط الأسموزي والأس الهيدروجيني للمثبت المستخدم.

أما **عدد المايتوكوندريا** يختلف تبعاً لنوع الخلايا ووظائفها وحالتها، مثلاً يبلغ متوسط عددها في الخلية الكبدية للثدييات 2500 تقريباً، وينخفض هذا العدد انخفاضاً كبيراً (200-800) عندما تصبح الخلية الكبدية سرطانية.

**توزيع المايتوكوندريا** مرتبط بوظيفتها كمصدر للطاقة، فهي تتحرك بحرية في بعض الخلايا حاملة معها الادنين ثلاثي الفوسفات ATP إلى حيث تحتاج الخلية، وفي حالات أخرى تتركز المايتوكوندريا في المكان الذي يكون في حاجة أشد إلى مزيد من الطاقة. ففي خلايا شبكية العين (القضبان والمخاريط) تحتل المايتوكوندريا المنطقة الداخلية، بينما تشاهد عند حافة السيتوبلازم في الخلايا العصبية الحركية.

**وظائف أخرى للمايتوكوندريا:**

1- تركيز أيون الكالسيوم لأكثر من 25% من وزنها وعلى هيئة فوسفات الكالسيوم.

2- يستخدم الكالسيوم المايتوكوندريا كعامل مساعد في كثير من التفاعلات التي تجري في حشوة المايتوكوندريا وعلى أغلفتها. ويعتقد بأن الحبيبات التي تنتشر في حشوة المايتوكوندريا هي مواقع تخزين هذه الأيونات.

3- نظراً لاحتواء حشوة المايتوكوندريا على عدد من الريبوسومات إضافة لجزيئات من الحامض النووي الناقل tRNA وأشرطة مزدوجة من ال DNA لذلك يعتقد بأن المايتوكوندريا لها القدرة على تصنيع على الأقل بعض بروتيناتها اللازمة لعمليات الأكسدة والاختزال وغيرها.

4- تحتوي المايتوكوندريا على بعض الأنزيمات التي لها علاقة بتحويل الكوليسترول إلى ستيرويدات وهو ما يعني وجود دور لها في بناء الدهون.

5- يعتقد أن للمايتوكوندريا دوراً في بناء الحديد الضروري لبعض المساعدات الأنزيمية التنفسية.

6- للمايتوكوندريا دور كبير في موت الخلايا المبرمج وهذا ما أثبتته الدراسات الحديثة.

**منشأ المايتوكوندريا**

**هناك وجهتا نظر لمنشأ المايتوكوندريا:**

**1-** يعتقد بأن المايتوكوندريا هي في واقع الحال كائنات حية بدائية النواة تطفلت على الخلايا بصور إجبارية وتكيفت عبر آلاف السنين لتصبح جزءاً من الخلايا تفيدها في إطلاق الطاقة مقابل حصولها على احتياجاتها الغذائية وغيرها. يرجع هذا الاعتقاد إلى اشتراك المايتوكوندريا في العديد من الخصائص الشكلية والكيميائية مع الأحياء بدائية النواة، فكلاهما لا يحتوي نواة متميزة ويتكاثران بالانشطار الثنائي.

**2-** الاعتقاد الثاني ينص على نشوء المايتوكوندريا من فجوات غشائية ملتحمة. ويفترض هذا الاعتقاد بدخول فجوة غشائية كبيرة الحجم محملة بقليل من السايتوبلازم وبعض محتوياته من الريبوسومات والـ DNA إلى داخل فجوة غشائية أخرى أصغر حجماً بحيث يؤدي ذلك إلى انثناء جدار الفجوة الداخلية بسبب حجه الكبير في أماكن مختلفة مكوناً الأعراف الموجودة في الغشاء الداخلي للمايتوكوندريا. كما يفترض الاعتقاد بأن الريبوسومات وجزء ال DNA ساهمت في بناء الأنزيمات اللازمة لعمل هذه العضية.

م.م صميم