

## محتويات الخلية

## جهاز كولجي THE GOLGI APPARATUS

## مقدمة:

اكتشف جهاز كولجي من قبل العالم الإيطالي كاميلو كولجي Camillo Golgi عام 1898 كمجموعة من الأغشية المرتبة بطريقة خاصة في الخلايا العصبية. ويطلق عليه أيضاً معقد كولجي Golgi complex أو أجسام كولجي Golgi bodies. لا يظهر هذا التركيب باستعمال المجهر الضوئي في الخلية عند تلويها بالأصباغ الاعتيادية أو (الروتينية) لأن معامل انكساره مشابه لمعامل انكسار السائتوبلازم، ويستدل إلى موضعه من وجود منطقة خالية أو باهتة الصبغة قريبة من النواة.

يمكن مشاهدة جهاز كولجي عند معاملة الخلايا بأملح الفضة أو الأوزميوم حيث يظهر الجهاز كشبكة من القنوات والصحاريج والفجوات غير منتظمة الشكل داكنة اللون. يقع جهاز كولجي عادة بالقرب من النواة وغالباً ما يقع فوقها قرب الأجسام المركزية ويختلف مظهره وموقعه تبعاً لنوع الخلايا. ففي الخلايا الإفرازية يقع الجهاز فوق النواة بينما يحيط بها في الخلايا العصبية. كما قد تحتوي بعض الخلايا على أكثر من جهاز في سائتوبلازمها. وبما أن جهاز كولجي يرتبط بصورة غير مباشرة مع الشبكة الإندوبلازمية لذلك يقع دائماً بالقرب منها ويتميز عنها بكونه أملس خالياً من الرايبوسومات شأنه بذلك شأن الشبكة الإندوبلازمية الملساء تحيط به فسحة شفافة من السائتوبلازم الخالي من البروتينات.

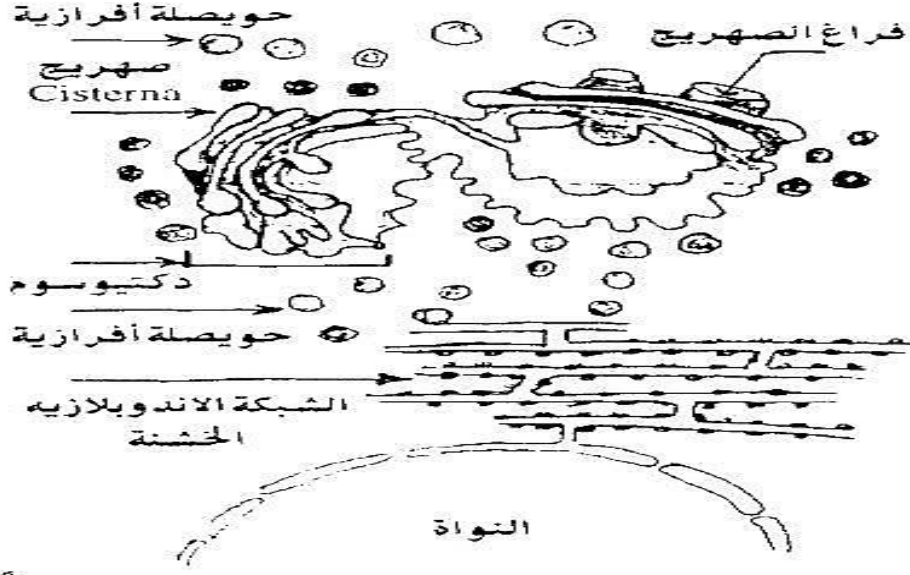
## التركيب:

يوجد جهاز كولجي في جميع الخلايا الجسدية المتميزة في الفقاريات على هيئة تركيب شبكي في السائتوبلازم. وقد وصف جاتينيبي وتهامي موسى (Gqtenby & Tohamy Moussa) هذا الجهاز في عام 1949 باستخدام ميكروسكوب التباين على أنه جهاز قنوي Canalicular system أي جهاز مكون من أنابيب وحوصلات يتخلل جدرانها (مادة جهاز كولجي) الفضة و الأوزميوم. وقد تأكد ذلك فيما بعد بواسطة كثير من العلماء بما فيهم من استخدموا الميكروسكوب الإلكتروني. ويوجد جهاز كولجي في خلايا اللاقاريات وفي الخلايا الجرثومية (الخلايا التناسلية) للفقاريات على هيئة قضبان مقوسة أو حوصلات.

## الفحص المجهرى (التركيب الدقيق) لجهاز كولجي:

يظهر جهاز كولجي واضحاً بواسطة المجهر الإلكتروني ويتألف كل جهاز من كدس من الصحاريج المرتبة واحداً فوق الآخر ويفصل بين الصحاريج والآخر مسافة تتراوح ما بين 20-30 نانوميتر. يظهر الصحاريج على هيئة تجويف بالوني مقعر من أحد السطوح ومحدب من الآخر ينتهي بانتفاخات واضحة ويحتوي في فراغه على مادة كثيفة. يبلغ اتساع فراغ الصحاريج حوالي 15 نانوميتر ويختلف سمك غشاء السطح المقعر عن غشاء السطح المحدب حيث يكون غشاء السطح المحدب أرق من غشاء السطح المقعر. نتيجة لاختلاف سمك أسطح الصحاريج فإن السطح المحدب ربما يكون سطحاً غير ناضح أما السطح المقعر الاقرب إلى تركيب الغشاء البلازمي سطحاً افرازياً.

يختلف عدد الصهاريج المؤلفة لكل كدس (يطلق عليه أحيانا بالدكتيوسوم)، ويتألف الكدس النموذجي من ستة صهاريج وقد يصل عددها إلى أكثر من 30 صهريجاً في خلايا حقيقية النواة الوطئة.



إضافة للصهاريج فإن هناك مكونات أخرى لجهاز كولجي هي الانيبويات التي تمتد حول وبين الصهاريج ويبلغ قطرها حوالي 60 نانوميتر. والحويصلات التي تترافق دائماً مع أكداص الصهاريج وهي تراكيب غشائية يبلغ قطرها حوالي 50 نانوميتر تتجمع في نهايات الصهاريج وكذلك بالقرب من الشبكة الإندوبلازمية وأعلى الكدس.

هذه الحويصلات تنقل البروتينات المتكونة في تلك الشبكة إلى جهاز كولجي وكذلك مواد أخرى كالدون وبعدها تكون محاطة بغلاف غشائي خال من الأجسام الرايبوزية وتتحرك باتجاه جهاز كولجي لتلتصق بالصهاريج. **للحويصلات الناقلية وظيفتان:**

**الأولى:** نقل البروتين من الشبكة الإندوبلازمية المحببة وتفريغه في صهاريج جهاز كولجي.

**الثاني:** الجدران الغشائية تجهز هذه الصهاريج بأغشية جديدة لزيادة حجمها ولتعويض ما يفقد منها في عملية حزم وإعداد الفجوات والتراكيب الأخرى التي تتكون من جهاز كولجي.

**الفجوات الإفرازية Secretory Vacuoles** هي جزء من جهاز كولجي يبلغ قطرها حوالي 1000 نانوميتر وتنتشر على جانبي الصهاريج وخصوصاً بالقرب من الغشاء البلازمي وتحتوي على منتجات مركزة معينة من قبل الجهاز نفسه.

تتفصل من صهاريج كولجي باستمرار العديد من الفجوات التي تحمل داخلها أنواع مختلفة من البروتينات وغيرها. كما تلتحم بهذه الصهاريج أعداداً أخرى من الحويصلات الإفرازية القادمة من الشبكة الإندوبلازمية وهو ما يجعل جهاز كولجي غير ثابت ويتغير باستمرار حيث تستعمل أغشية صهاريج لتكوين الفجوات والحويصلات وبنفس الوقت يجري بناء وتعويض هذه الأغشية عن طريق التحام الحويصلات الناقلية التي تحمل منتجات الشبكة الإندوبلازمية. يختلف عدد

أكداس الصهاريج في الخلايا وذلك اعتماداً على وظيفة الخلايا. فالخلايا الإفرازية كخلايا البنكرياس والخلايا الكأسية في بطانة الأمعاء تحتوي على عدد كبير من هذه الأكداس يتراوح ما بين 10-100 كدس وتشغل حيزاً كبيراً من حجم هذه الخلايا.

### الشكل العام والحجم والتوزيع والموقع:

**الحجم:** يختلف حجم جهاز كولجي من خلية لأخرى، فهم أكبر حجماً وأكثر نشاطاً في الخلايا الإفرازية والعصبية والتناسلية، وصغير الحجم نسبياً في الخلايا التي لا تظهر نشاطاً إفرازياً ملحوظاً.

**الشكل:** شكل جهاز كولجي وحجمه مميزين لكل نوع من أنواع الخلايا، وإن كان يختلفان في الخلية الواحدة تبعاً لنشاطها وكذلك تبعاً لعمر الحيوان؛ ففي الخلايا الطلائية لمعدة وأمعاء الأرنب الجائع، يشاهد جهاز كولجي على هيئة تركيب متكاثف في منطقة ضيقة من السايئوبلازم، تقع بين النواة والحافة الحرة للخلية. وبعد أن يتغذى الحيوان، يكبر حجم جهاز كولجي وتظهر حبيبات الإفراز على اتصال وثيق بهذا الجهاز. كما يتغير شكل الجهاز وتركيبه الكيميائي مع تقدم الحيوان في العمر وذلك في الثدييات والبرمائيات والطيور. وبصورة عامة فإن ازدياد العمر يتسبب في تفتيت هذا التركيب الشبكي إلى قضبان صغيرة، كما يتسبب في تغيير تركيبه الكيميائي ويؤثر على أنشطته المختلفة في خلايا الجسم.

**التوزيع:** يتكسر جهاز كولجي أثناء الانقسام الميتوزي إلى جسيمات صغيرة تتوزع بالتساوي في أنحاء السايئوبلازم ويؤدي إلى تقسيم هذه الجسيمات بين الخليتين الناتجتين بصورة تكاد تكون متساوية. وقد يختلف ترتيب جسيمات كولجي في الخلايا أثناء مراحل الانقسام ولكنها في جميع الحالات، تتوزع بالتساوي تقريباً بين الخليتين الناتجتين من الخلية الأم.

**الموقع:** موقع جهاز كولجي ثابت تقريباً ومميز لكل نوع من أنواع الخلايا، فقد يكون محيطاً بالجسم المركزي كما في الخلايا التناسلية، أو منتشراً في السايئوبلازم كما في الخلايا العصبية للحيوانات اللافقارية أو على شكل شبكة محيطة بالنواة كما هو الحال في الخلايا العصبية للفقاريات، كما يقع بين النواة والقطب الإخراجي كما في خلايا الغدد القنوية (مثل الخلايا الطلائية للأمعاء).

### التركيب الكيميائي لجهاز كولجي:

تركيب أغشية جهاز كولجي هو وسط بين تركيب أغشية الشبكة الإندوبلازمية والغشاء البلازمي حيث تبلغ نسبة الدهون المؤلفة لغشاء جهاز كولجي حوالي 46% مقارنة مع 62% في أغشية الشبكة الإندوبلازمية و40% في أغشية البلازما. تكون الدهون بصورة مقنعة أي أنها تكون متحدة بالبروتينات بطريقة لا تسمح لها بالظهور عند الكشف عن الدهون. الجزء البروتيني في الخلايا العصبية يتكون من التيروسين والجلوتاثيون. وبالإضافة إلى البروتينات فإن جهاز كولجي يشتمل على مواد عديدة التسكر في الخلايا الطلائية للأمعاء.

بينت فحوصات المجهر الإلكتروني لأغشية جهاز كولجي بأن السطوح المعقدة للصهاريج والمواجهة للغشاء البلازمي هي السطوح الفارزة في الجهاز وأن لها سماكة وكثافة الكترونية مماثلة لسماكة وكثافة غشاء البلازما.

تحتوي قنوات أو تجاويف جهاز كولجي على بيروفوسفاتيز الثيامين وجليكوسيل ترانسفيريز الذي يعمل على تحويل قليلات التسكر إلى بروتينات سكرية. في بعض الأحيان يكون الجزء الدهني غير مقنع مثل حالة الخلايا التناسلية في الرخويات والحلقيات. بالإضافة إلى ذلك فقد وجد أن الدهون تتحول من مقنعة إلى حرة أو غير مقنعة في خلايا الحيوانات المسنة في كل من الفقاريات واللافقاريات.

### وظائف جهاز كولجي:

- البروتينات والدهون والسكريات المتعددة وبعد التحويرات التي تجري داخل منظومة جهاز كولجي، تفرز وتغزل في منطقة النقل الذي يعمل كمركز توزيع يوجه الجزيئات باتجاهات محددة، للجسيمات الدقيقة أو الأجسام الحالة أو باتجاه غشاء الخلية أو باتجاه خارج الخلية.
- من العمليات التي تجري داخل منظومة جهاز كولجي، تحويرات على السكريات المرتبطة بالبروتين في الكربو-بروتينات المعدة لغرض الإفراز حيث يتم إزالة وحدة (مانوز) ثم إضافة وإزالة وحدتي مانوز وإضافة جلوكوز أميني مرة واحدة.
- لجهاز كولجي دوراً في أيض الدهون وتكوين السكريات الدهنية.
- من أهم وظائف جهاز كولجي هي دوره في الخلايا التي تعمل على إفراز مواد مهمة (بروتينية أو مواد من السكريات المتعددة) إلى خارج الخلية، حيث يقوم جهاز كولجي في تركيبها بالشكل النهائي.
- فيما يخص السكريات فإنه ليس فقط يركز هذه السكريات بل يكون منها مركبات غاية في التعقيد. وبعد تكوين المواد الإفرازية بشكلها النهائي يجري في جهاز كولجي أيضاً حزمها وتغليفها واعدادها للإفراز إلى خارج الخلية.
- في تراكيب جهاز كولجي يجري تركيز عدد من المواد الكيماوية والخمائر واعدادها على شكل حويصلات أو فجوات مغلقة بأغشية وبعض هذه الحويصلات أو الفجوات تحتوي على مزيج من المركبات المعقدة كالبروتينات المختلفة أو الكربوهيدرات.
- خمائر التحلل المائي تتكون في البدء في الشبكة الإندوبلازمية المحببة ثم تنتقل إلى جهاز كولجي حيث تتجمع وتأخذ شكلها النهائي في حويصلات محاطة بغشاء مكونة الأجسام الحالة (أجسام خمائر التحلل المائي) الأولية.
- معظم الإفرازات المخاطية التي تفرزها الخلايا الكأسية في بطانة الأمعاء وغيرها تصنع أولاً داخل صهاريج كولجي ثم تفرز بعد ذلك نحو السطح الخارجي.
- يعتقد بأن الجهاز يقوم بربط الكبريت ببعض المنتجات مثل السكريات وسلاسل عديد الببتيد. يأتي هذا الاعتقاد من تركيز الكبريت داخل جهاز كولجي حيث بين الفحص المجهرى وجود الكبريت كبقع فضة أو سوداء عند استخدام الكبريت الموسم في الأوساط الغذائية لتربية الخلايا.
- العديد من الخلايا الإفرازية تقوم بإنتاج موادها وطرحها إلى الساييتوبلازم على هيئة حويصلات مغلقة تنفصل باستمرار من نهايات صهاريج أجهزة كولجي. كما تفرز بعض المواد مباشرة إلى الساييتوبلازم دون تغليف.

- جهاز كولجي يلعب دوراً كبيراً في تعويض الأغشية البلازمية ومساعدتها على إصلاح الأضرار الميكانيكية التي قد تحصل له تماماً كمساهمة الشبكة الإندوبلازمية في تعويض جهاز كولجي عن أغشيته التي يفقدها عند تكوينه الحويصلات الإفرازية.
- يحتوي جهاز كولجي على مواقع للنقل الفعال لأيونات الصوديوم والبوتاسيوم في أغشية جهاز كولجي في الخلايا العصبية. ويعتقد بأنها تعمل على ضخ هذه الأيونات إلى السائتوبلازم لتوفير القطبية اللازمة لأغشية هذه الخلايا واللازمة لنقل السيالات العصبية.
- يرتبط جهاز كولجي بتكوين الإفرازات في أنواع مختلفة من الغدد خارجية الإفراز (مثل إفراز البيسين بواسطة الخلايا البيسينية في المعدة، والصفراء في الخلايا الكبدية).
- تكوين فيتامين ج في الخلايا يرتبط بجهاز كولجي. وقد أوضح موسى أن جهاز كولجي في الخلايا العصبية السمبثاوية للتثدييات يعمل على إفراز أو تركيز فيتامين ج ، كما يعتقد بأن جهاز كولجي يقوم بعزل أو فصل فيتامين ج في خلايا الأنابيب الكلوية.
- جهاز كولجي في الخلايا المعدية يختص بتخليق الدهون من الأحماض الدهنية والجليسرين.
- جهاز كولجي يرتبط بإفراز السائل الزلالي في المفاصل وذلك بواسطة الغشاء الزلالي للمفاصل، وتكوين مادة مينا الأسنان وذلك بواسطة خلايا المينا والحبيبات الملونة أو الصبغية في قزحية العين، وكذلك تكوين المح الدهني في البويضات.
- يقوم جهاز كولجي بدور هام في تمييز الخلايا الجنينية وذلك لأن الجهاز يكون في حالة نشاط أثناء تكوين الخلايا.

### التغيرات المرضية لجهاز كولجي:

- 1- يؤدي قطع العصب الوركي إلى هجرة جهاز كولجي في الخلايا العصبية المقابلة من مكانه الأصلي حول النواة إلى حافة الخلية.
- 2- في حالة الإصابة بفيروس نيوكاسل تحدث انتفاخات في جهاز كولجي وفي قليل من الخلايا تحدث تجمعات لأجسام كولجي في المنطقة الخارجية للسائتوبلازم.
- 3- يتسبب نقص فيتامين ب المركب في تفتيت شبكة جهاز كولجي في الخلايا العصبية للتثدييات إلى جسيمات كروية وقطع صغيرة تتركز حول النواة.
- 4- في حالة التسمم بالمورفين تنتفخ كولجي وترتخي أجزاؤها ثم تنكسر إلى قطع صغيرة. وباستمرار تعاطي المورفين يستمر تفتت جهاز كولجي إلى أن يختفي تدريجياً من الخلية.
- 5- الإشعاع والبرودة والتسمم الفسفوري وغيرها من العوامل تؤثر تأثيرات واضحة على مورفولوجية جهاز كولجي ونشاطه وتركيبه الكيماوي وسلوكه العام في خلايا كل من اللافقاريات والفقاريات.