

اكتُشفت من قبل البيولوجي دي دوڤ De Duve عام 1951 وتعود تسميتها إلى اللاتينية حيث lises تعني يحل و soma وتعني جُسيم، وهي عبارة عن عضيات من النظام الغشائي الداخلي الخاص بالخلايا حقيقيات النوى. مكونة من حويصلات غشائية صغيرة محاطة بغشاء رقيق تبدو بأشكال وحجوم مختلفة، تحوي بداخلها أنزيمات حالة حامضية. وبشكل عام، فإنّ الجسيمات الحالة توجد في الخلايا حقيقية النوى وتزداد أعدادها في الخلايا النشطة في الإفراز أو الاطراح كخلايا الكبد أو الكلية والخلايا المبطنة للأمعاء وخلايا الطحال ونقي العظم والخلايا البلعمية المنتشرة في الجسم والمختصة بمهاجمة الأجسام الغريبة الغازية لجسم الكائن الحي. تُصنّف الجسيمات الحالة إلى ثلاثة أشكال:

1- الجسيمات الحالة الأولية: تنشأ من تيرعم أغشية جهاز غولجي وتبدو على شكل حويصلات غشائية ذات محتوى متجانس وتحتوي فقط على أنزيمات حالة حامضية.

2- الجسيمات الحالة الثانوية: وهي حويصلات غشائية كبيرة ذات محتوى غير متجانس تحوي أنزيمات حالة حامضية ومواد في مراحل الهضم المختلفة، تنتج إما من اتحاد الجسيم الحال الأولي مع فجوة بلعمية ذات مصدرها من خارج الخلية ودخلت إلى داخل الخلية بعملية إدخال خلوي لذا تسمى هذه الجسيمات الحالة بالفجوات الهضمية، أو تنتج عن اتحاد الجسيمات الحالة الأولية مع مكونات الخلية الداخلية الهرمة بغرض هضمها لذا تدعى بالجسيم الحال الذاتي أو الفجوات البلعمية الذاتية.

3- الأجسام المتبقية: وهي ما تبقى من مواد غير مهضومة داخل الجسيمات الحالة الثانوية بعد توقف النشاط الأنزيمي بسبب عدم تأثرها بالأنزيمات الحالة، تطرح خارج الخلية بواسطة آلية الإخراج الخلوي أو من الممكن أن تبقى في الخلية، و يؤدي تراكمها إلى أعراض مرضية.

التركيب الكيميائي للجسيمات الحالة

أمكن باستخدام طرائق التنقيط التفاضلي عزل الجسيمات الحالة وتنقيتها و فصل أغشيتها عن محتواها. تُرْس محتوى الجسيمات الحالة عن طريق التحليل الكيميائي فتبيّن أنه يحوي الكثير من الأنزيمات الحالة الحامضية وهي أنزيمات إماهة حامضية تعمل عند درجة $pH=5$ ، تقوم بتفكيك وهضم جزيئات المواد الرئيسية (البروتينات، السكار، الليبيدات الحموض النووية). تم التعرف على أكثر من 50 أنزيماً حالاً مختلفاً مثل أنزيمات الفوسفاتاز والبروتياز والبيبتيدياز والليباز وسلفتاز.

تتركب أغشية الجسيمات الحالة من طبقة مضاعفة من الليبيدات الفوسفورية يتوضع ضمنها بروتينات ضمنية ومحيطية تشتمل الأغشية على مضخات بروتونية (H^+) تضخ البروتونات إلى أجواف الجسيم الحال بهدف المحافظة على درجة pH بين 5 و 4.5 داخل الجسيمات الحالة، وهي الدرجة الملائمة لعمل الأنزيمات الحالة. تحدث عملية ضم وحدات سُكْرِيّة لكامل المكونات الغشائية الموجودة على السطح الداخلي لغشاء الجسيم الحال حيث ترتبط البروتينات والليبيدات المكونة للغشاء مع سلاسل من السكار قليلة التعدد غير المتجانسة بواسطة روابط تكافؤية. إن هذه العملية تحمي غشاء الجسيم الحال من تأثير الأنزيمات الحالة الموجودة ضمنه وتمنعها من هضم الجزيئات الليبيدية والبروتينية المكونة للغشاء.

يُعدُّ الجسم الحال في الخلية بمثابة جهاز الهضم الخلوي، حيث تستخدم الخلية الأنزيمات الحالة الموجودة ضمن الجسيمات الحالة في عملية الهضم الخلوي، كما تقوم بالدفاع عن الخلية ضد أي جسم غريب يدخلها ، وهنا يمكن تمييز نوعين من عمليات الهضم الخلوي حسب منشأ المواد المراد هضمها، فإما أن تكون المواد خارجية المنشأ وبذلك تدعى عملية الهضم بالبلعمة الغيرية (heterophagy) أو أن تكون المواد داخلية المنشأ (هضم بعض المكونات الداخلية للخلية نفسها) وتدعى عندئذٍ عملية الهضم بالبلعمة الذاتية.

❖ البلعمة الغيرية

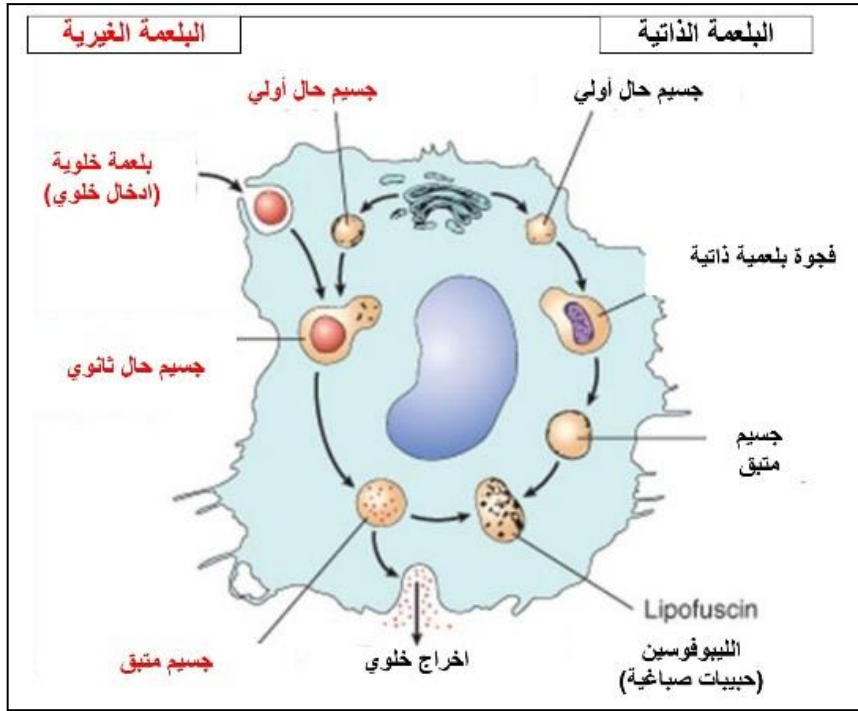
من أهم وظائف الجسيمات الحالة أنها تقوم بهضم وتفكيك المواد الغريبة الملتقطة من قبل الخلايا بعملية البلعمة الغيرية، كما أنها تُعدُّ الوسيلة الوحيدة للتغذي عند الحيوانات الأولية حرة المعيشة كالمتحولات، وتساهم في إنجاز عدد من الوظائف الإفرازية كما في الغدة الدرقية.

وبشكل عام تتم عملية البلعمة الغيرية كما يلي:

- 1- تلتقط الخلية مواد خارجية المنشأ وتدخلها إلى داخل الخلية بعملية إدخال خلوي
- 2- تتشكل فجوة بلعمية
- 3- تلتحم الجسيمات الحالة الأولية مع أغشية الفجوات البلعمية وتتكون منهما جسيمات حالة ثانوية أو الجسيمات الحالة البلعمية المتغايرة، يتم ضمنها هضم وتفكيك المواد الغريبة
- 4- تنتقل الجزيئات الصغيرة كالساكر والحموض الأمينية الناتجة عن الهضم عبر غشاء الجسم الحال إلى العصارة الخلوية لتُستخدم كمصدر للمواد المغذية للخلية
- 5- تتشكل الأجسام المتبقية من بقايا الأنزيمات الحالة التي تغيرت طبيعتها ومعها المواد التي لم تهضم.
- 6- إما أن تطرح الأجسام المتبقية خارج الخلية أو أن تتراكم ضمنها مما يساهم في تقدم عمر الخلية.

❖ البلعمة الذاتية

تشمل تفكيك المكونات الخلوية الداخلية كالعضيات السيتوبلاسمية الهرمة أو البنى الخلوية التي انتهى دورها وتريد الخلية التخلص منها، ويمكن التمييز بين نوعين من البلعمة حسب الحجم : بلعمة ذاتية كبيرة macrophgy و بلعمة ذاتية دقيقة microphagy وبشكل عام فإنه تتم إحاطة العضيات (الجسيمات الكوندرية أو قطع صغيرة من العضيات السيتوبلاسمية) بغشاء مضاعف من الشبكة الداخلية البلاسمية وتتشكل بذلك الفجوة البلعمية الذاتية، تلتحم مع جسيمات حالة أولية مكونة جسيمات حالة ثانوية يتم فيها هضم العضيات الهرمة.



شكل تخطيطي يوضح عملية البلعمة الغيرية و البلعمة الذاتية

تجدر الإشارة إلى أنه تحدث البلعمة الذاتية بتوترات مختلفة وفي ظروف متنوعة فمثلاً: في أثناء نضج كريات الدم الحمراء تتحطم جميع محتوياتها الداخل خلوية بما فيها الجسيمات الكوندرية، وكذلك في أثناء عملية التحول الشكلي التي تمر بها بعض الأعضاء والأنسجة كاختفاء الذيل في أثناء تطور شراغيف الضفادع أو انسلاخ الجلد لدى الحشرات فمثلاً، تحدث لدى الضفادع عملية بلعمة ذاتية كثيفة لأنسجة الذيل وتبدأ الخلايا بتكوين فجوات بلعمية ذاتية تهضم جزءاً كبيراً من مكوناتها وفي مرحلة تالية تتمزق أغشية الفجوات الهاضمة وتنتشر الأنزيمات الحالة في جميع أرجاء الخلايا مما يؤدي إلى موت الخلايا و في مرحلة تالية يتم هضم حطام الخلايا من قبل خلايا بلعمية تقوم بعملية بلعمة غيرية، منظفة بهذا الشكل النسيج المتmort. تُحرّض عملية الهضم النسيجي الكثيف هرمونات تفرز في أثناء التحول الشكلي كهرمون التيروتوكسين لدى الضفادع وتتشط هذه الهرمونات تركيب الأنزيمات الحالة الحامضية وتشكيل الجسيمات الحالة.

وبعد أن تعرفنا على دور ووظيفة الجسيمات الحالة لنرى ما يحدث في حال غياب أو حدوث قصور في أنزيم ما من أنزيمات الجسيمات الحالة النوعية.

يؤدي غياب أحد الأنزيمات الحالة الوظيفية النوعية إلى تراكم في المادة النوعية الخاصة بذلك الأنزيم في الخلايا، مما يسبب أعراضاً مرضية خاصة فمثلاً، ينجم مرض النقرس عن اضطراب في استقلاب البيورينات يؤدي إلى تراكم حمض البول Uric Acid، داخل المفاصل على هيئة بلورات إبرية الشكل، مما يسبب مظاهر التهابية وألماً شديداً، ويمكن أن يتجمع حمض البول أيضاً تحت الجلد في جيوب أو في القناة البولية على شكل حصيات كلوية. وكرّد فعل إيجابي من الجسم لتلك البلورات المترakمة ضمن السائل الزلالي للمفاصل فإنه تتم بلعمة تلك البلورات من قبل الخلايا البيضاء الحبيبية وتتكون لها فجوات بلعمية تتحد بدورها مع الجسيمات الحالة الأولية مكونة فجوات هاضمة. تتشط الأنزيمات في نزع البروتينات المغلفة للبلورات وبذلك تصبح البلورات معرضة للغشاء الحال، ويؤدي

احتكاك البلورات بالغشاء إلى تمزقه مؤدياً إلى تحرر الأنزيمات الحالّة و طرحها في السائل الزلالي للمفاصل مما يسبب آلاماً مفصلية حادة.

جهاز غولجي The Golgi apparatus

يُشكل جهاز غولجي جزءاً من النظام الغشائي الداخلي، سُمى نسبة إلى مكتشفه الطبيب الإيطالي غولجي عام 1898م. يرتبط بعلاقة وثيقة مع الشبكة السيتوبلاسمية الداخلية الحبيبية يؤدي دور الوسيط في عمليات النقل و الإفراز .

بنية جهاز غولجي:

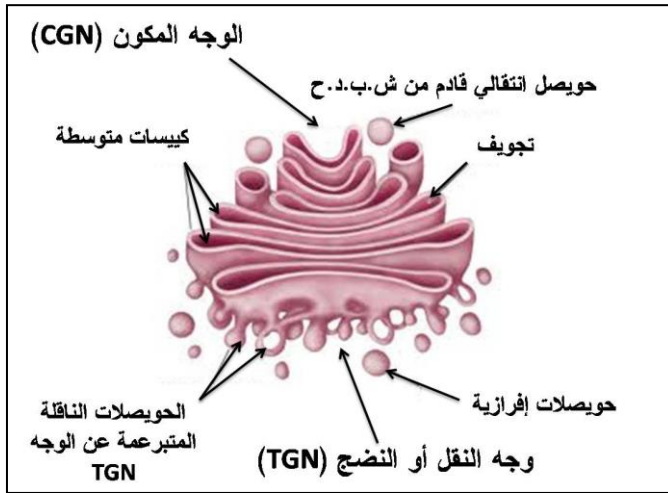
يتكون من بنى شبكية الشكل يطلق عليها اسم الجسيمات الشبكية أو حزم غولجي، تشكل مجموعها جهاز غولجي. يتركب الجسيم الشبكي الواحد من عدد من الكيبسات أو الصفائح الغشائية المجوفة المتراسة فوق بعضها بعضاً والتي تفصل بينها مسافات بينية. تكون الصفائح الغشائية محدبة من جهة ومقعرة من الجهة الأخرى ، ويوجد بالقرب منها العديد من الحويصلات الغشائية



صورة بالمجهر الإلكتروني للجسيم الشبكي

يملك كل جسيم شبكي وجهين: وجهاً مركزياً محدباً يدعى وجه المكون (CGN) cis-golgi network يتجه نحو الحويصلات الانتقالية القادمة من الشبكة البلاسمية الداخلية الخشنة، ويستقبل الحويصلات الحاوية على البروتينات والليبيدات القادمة منها، ووجهاً مقعراً يدعى وجه النقل أو النضج (TGN) trans- golgi network يتجه نحو سطح الخلية، ويتميز بكيبسات متوسعة ذات أطراف منتفخة.

يتدرج من أطراف الجسم الشبكي حويصلات إفرازية تحمل البروتينات المعالجة ضمن جهاز غولجي والتي تكون وجهتها إما إلى الحبيبات الإفرازية أو إلى الجسيمات الحالة أو إلى الغشاء البلاسمي وبشكل عام فإنه تختلف أشكال الجسيمات الشبكية وأعدادها وتوزعها بشكل كبير من نمط خلوي لآخر حسب نشاط الخلية وطبيعتها الإفرازية.



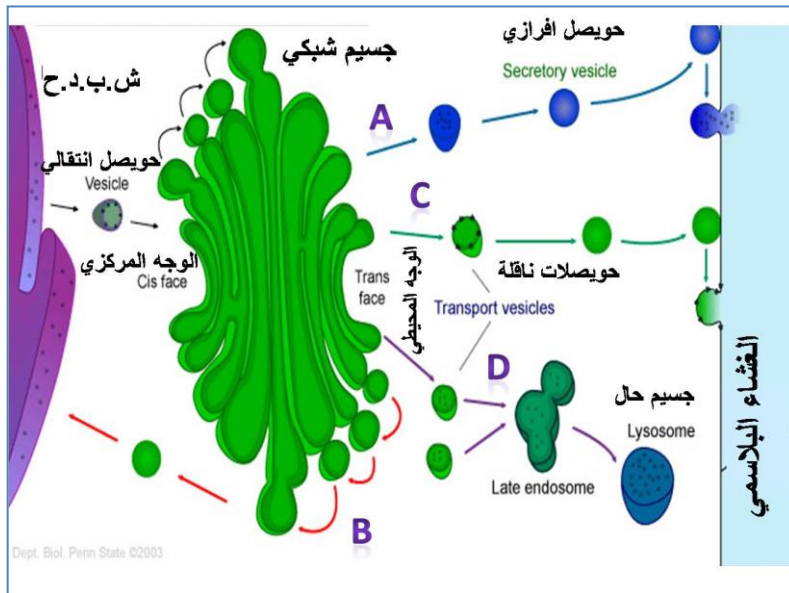
رسم تخطيطي يوضح بنية الجسم الشبكي المكون لجهاز غولجي.

التركيب الكيميائي لجهاز غولجي:

أمكن باستخدام طرائق التثقيب التفاضلي عزل عناصر جهاز غولجي وتحليلها بالطرق الكيميائية، فتمت أن الأغشية الخلوية المحيطة بالكبيسات الغشائية تماثل في تركيبها وهندستها بنية الأغشية الخلوية عامة؛ والتي تتألف من طبقة ليبيدية مضاعفة مع بروتينات ضمنية ومحيطية، تشكل الأنزيمات جزءاً من البروتينات الضمنية و تتوضع البروتينات السكرية باتجاه لمعة التجاوييف. وبشكل عام، فإن الليبيدات تشكل 35% من بنية الأغشية بينما تشكل البروتينات 65% منها وتتميز البروتينات بكونها بروتينات سكرية و ليبيدية بالإضافة إلى وجود بروتينات خاصة بأغشية جهاز غولجي والتي هي عبارة عن أنزيمات ناقلات السكاكر وناقلات الكبريتات وأنزيم الفوسفاتاز وسلسلة نقل الإلكترونات مثل السيتوكرومات. أما محتوى التجاوييف الخاصة بالكبيسات الغشائية فإنه يماثل محتوى تجاوييف الشبكة الداخلية السيتوبلاسمية الحبيبية، مع وجود كميات كبيرة من السكاكر.

وظائف جهاز غولجي

يُعدُّ جهاز غولجي عضبة مهمة في الخلايا حقيقية النوى. إذ تتجلى مهمته الأساسية بتوجيه السكاكر والبروتينات اللازمة للجسم إلى وجهتها الصحيحة. و يقوم بمعالجة البروتينات المركبة ضمن الشبكة الداخلية السيتوبلاسمية و ينقلها لأجزاء مختلفة من الخلية. وتتضمن معالجة البروتينات ضم السكاكر من أجل تشكيل البروتينات السكرية، وكذلك إضافة مجموعات من الكبريتات أو جزيئات الفوسفات إلى البروتينات، وقد تحتاج بعض البروتينات إلى معالجة خاصة ضمن كيبسات جهاز غولجي، لاستكمال نضجها وقبل مغادرتها إلى وجهتها الأخيرة. ويشكل عام، يساهم جهاز غولجي في فرز وتكثيف البروتينات المعدة للإفراز، إذ تُركب عناصر الشبكة البلاسمية الخشنة البروتينات التي تنتقل إلى الوجه المكون CGN للجسيم الشبكي بواسطة حويصلات صغيرة انتقالية تتبرعم عن أغشية الشبكة البلاسمية، تتحد الحويصلات الانتقالية مع كيبسات الوجه المكون للجسيم الشبكي وتتراكم البروتينات بذلك داخل تجاوبف الجسيم الشبكي حيث تتكثف وتتركز على شكل حبيبات إفرازية، تتبرعم حويصلات إفرازية تحوي على حبيبات إفرازية، من أغشية كيبسات وجه النقل أو النضج، وتتحرك ضمن السيتوبلاσμα باتجاه الغشاء السيتوبلاسمي حيث تتحد معه وتطرح محتواها إلى خارج الخلية بعملية إخراج خلوي (الشكل A). تحتاج بعض البروتينات لمعالجة خاصة ومن ثم تقوم الحويصلات بحملها عن طريق النقل إلى الوراء من جهاز غولجي وتعود بها إلى الشبكة السيتوبلاسمية الداخلية (الشكل B). يؤدي جهاز غولجي دوراً مهماً في تركيب مكونات الغشاء السيتوبلاسمي ، إذ تقوم الحويصلات المتبرعمة عن كيبسات الجهاز والحاوية على البروتينات والدهون الخاصة بالغشاء السيتوبلاسمي بالاتجاه نحوه والالتحام معه، وبذلك تؤمن محتوى الغشاء من البروتينات والدهون (الشكل C 22-6). كما يقوم جهاز غولجي بتوجيه أنزيمات الجسيمات الحالة إلى الجسيمات الدقيقة الداخلية والجسيمات الحالة (الشكل D).



رسم تخطيطي يوضح وظائف جهاز غولجي في الخلية.