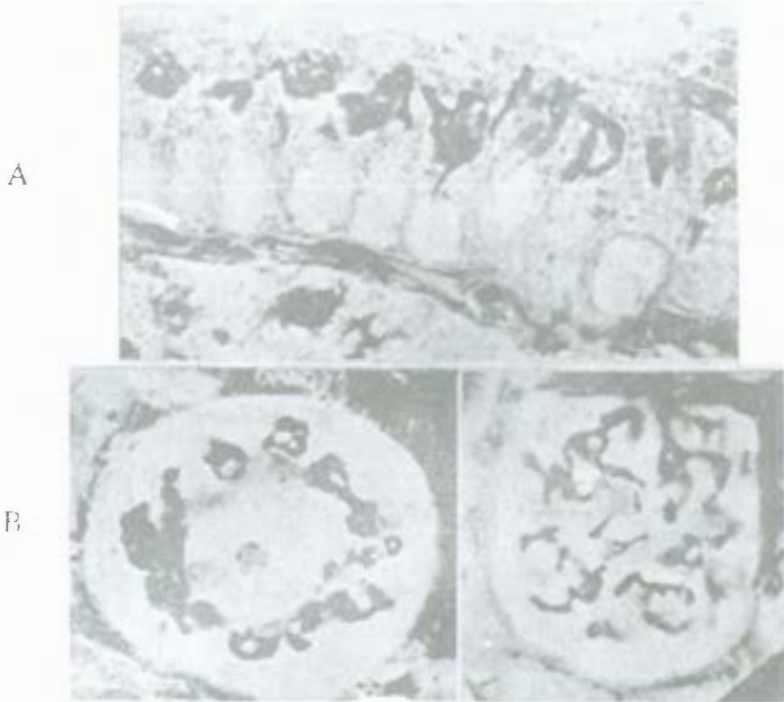


الفصل الثامن

جهاز جولجي THE GOLGI APPARATUS

في عام ١٨٩٨ وصف كاميللو جولجي (Camillo Golgi) في الخلايا العصبية لبعض الفقاريات تركيباً شبكياً أطلق عليه فيما بعد جهاز جولجي (Golgi apparatus). ومنذ ذلك الوقت أجرى العلماء الكثير من الدراسات على هذا التركيب حتى أمكن توضيحه في جميع أنواع الخلايا على وجه التقريب.

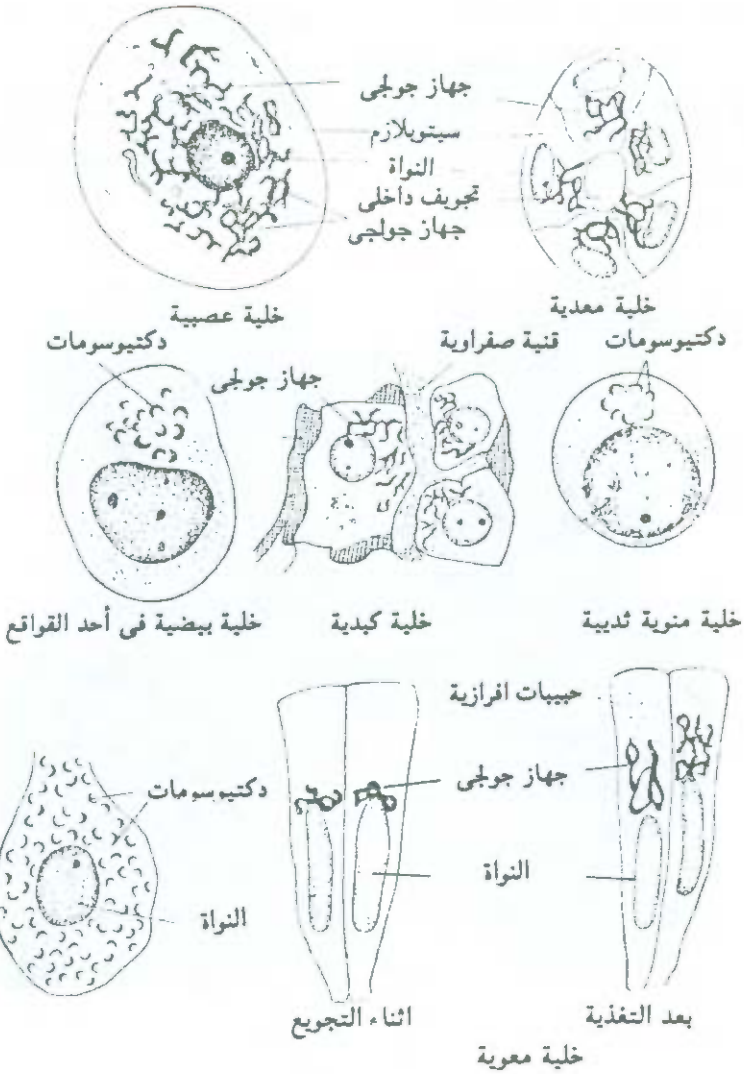


(شكل ٤٢)

جهاز جولجي في الخلية (A) طلاية معوية ، (B) خلية عصبية .

التركيب (Structure) :

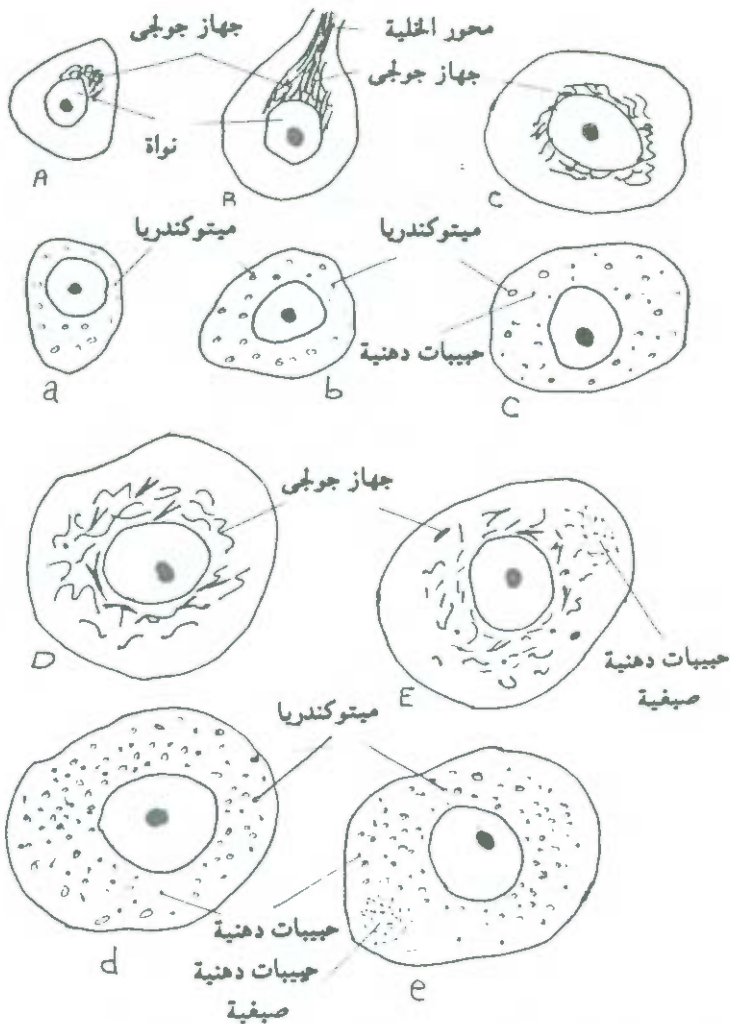
يوجد جهاز جولجى فى جميع الخلايا الجسدية المتميزة فى الفقاريات (كما توضحه الطرق التقنية الخاصة) على هيئة تركيب شبكى فى السيتوبلازم . وقد وصف جاتينبى



(شكل ٤٣)

انماط تواجد جهاز جولجى فى أنواع مختلفة من الخلايا

وتهامى موسى (Gqtenby & Tohamy Moussa) هذا الجهاز فى عام ١٩٤٩ باستخدام ميكروسكوب التباين على أنه جهاز قنوى (Canalicular system) أى جهاز مكون من أنابيب وحوصلات يتخلل جدرانها (مادة جهاز جولجى) الفضة والأوزميوم . وقد تأكد ذلك فيما بعد بواسطة كثير من العلماء بما فيهم من استخدموا الميكروسكوب الالكترونى .

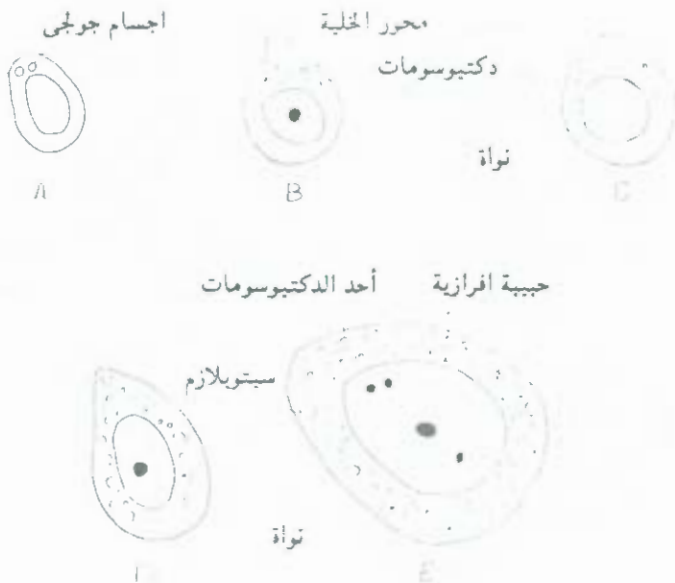


(شكل ٤٤) مراحل نمو جهاز جولجى فى الخلايا العصبية لأحد الفقاريات ، والميتوكوندريا والليبيدات .
 (B-A) خلايا جنينية C خليه فى حيوان صغير
 D خلية فى حيوان يافع E خلية فى حيوان مسن

ويوجد جهاز جولجى فى خلايا اللافقاريات وفى الخلايا الجرثومية (الخلايا التناسلية) للفقاريات على هيئة قضبان مقوسة أو حوصلات . ويطلق على النوع الأول الأهلة أو الديكتيوسومات (dictyosomes) ، كما اطلق عليها أيضا ليبوكندريا أو جولجيوسومات ، ولكن ما زال الإسم المفضل هو الديكتيوسومات لأنه أسبقها فى الاستخدام وأكثرها دقة وتحديدا .

التركيب الدقيق (Ultrastructure) :

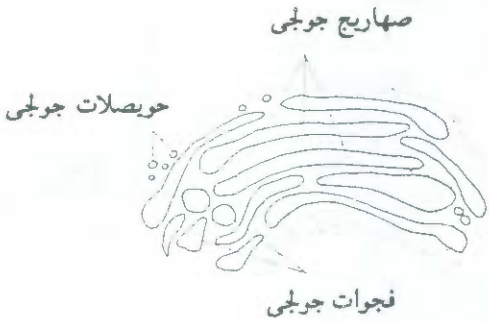
يتكون جهاز جولجى كما يرى بالميكروسكوب الالىكترونى (شكل ٤٦- ٤٧) من (أ) عدد من الأكياس الطويلة المفلطحة أو الصهاريج cisterna التى تمتد موازية لبعضها (ب) مجموعة من الفجوات الكبيرة vacuoles التى تقع عند حافة الأكياس الطويلة ، ويعتقد ان هذه الفجوات نشأت عن انتفاخات فى الأكياس الطويلة ، (ج) تجمعات من الحويصلات الصغيرة vesicles . وبعبارة اخرى ، فان الميكروسكوب الالىكترونى قد



(شكل ٤٥)

مراحل نمو جهاز جولجى (الدكتيوسومات) فى الخلايا العصبية لأحد أنقراع

أوضح مجموعة من الأكياس أو الانابيب محاطة بأغشية رقيقة ومعها مجموعة من الحوصلات فى الأماكن التى كان يوصف فيها جهاز جولجى بواسطة علماء الخلية الذين استخدموا



(شكل ٤٦)

جهاز جولجى بالميكروسكوب الالكترونى

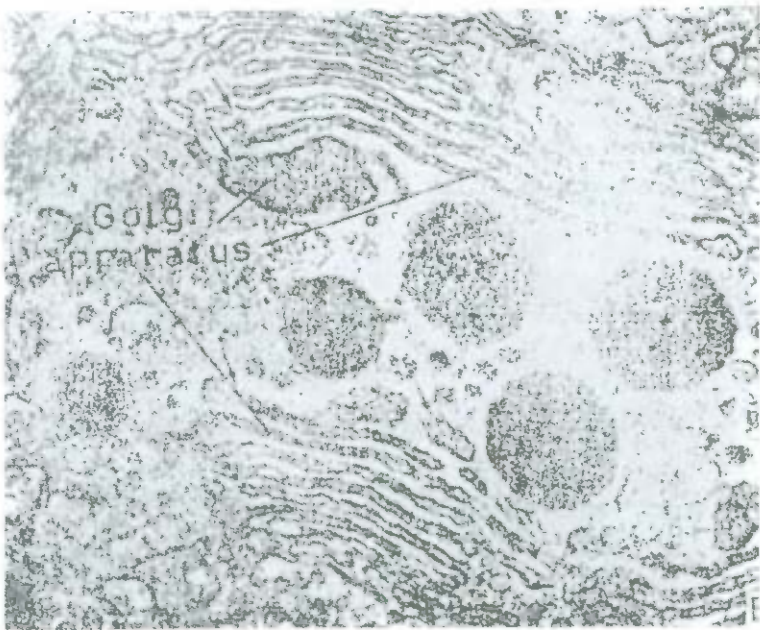
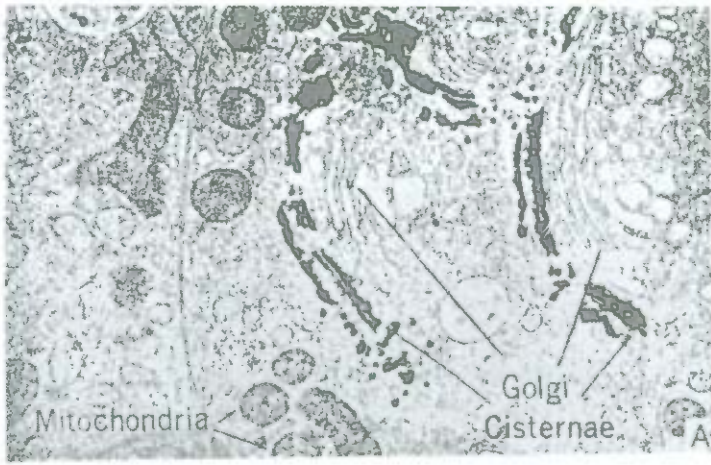
الميكروسكوب الضوئى . ولو نظرنا الى شكل جهاز جولجى كما يرى بالميكروسكوب الالكترونى لوجدنا أنه يشبه تماما ما توصل إليه العلماء من قبل باستخدام ميكروسكوب التباين (شكلى ٥٢-٥٣) .

أما الديكتيوسومات فإنها تبدو بالميكرونسكوب الالكترونى مكونة من أكياس طويلة مقوسة مع تجمعات من الحوصلات الصغيرة بجوار حوافها .

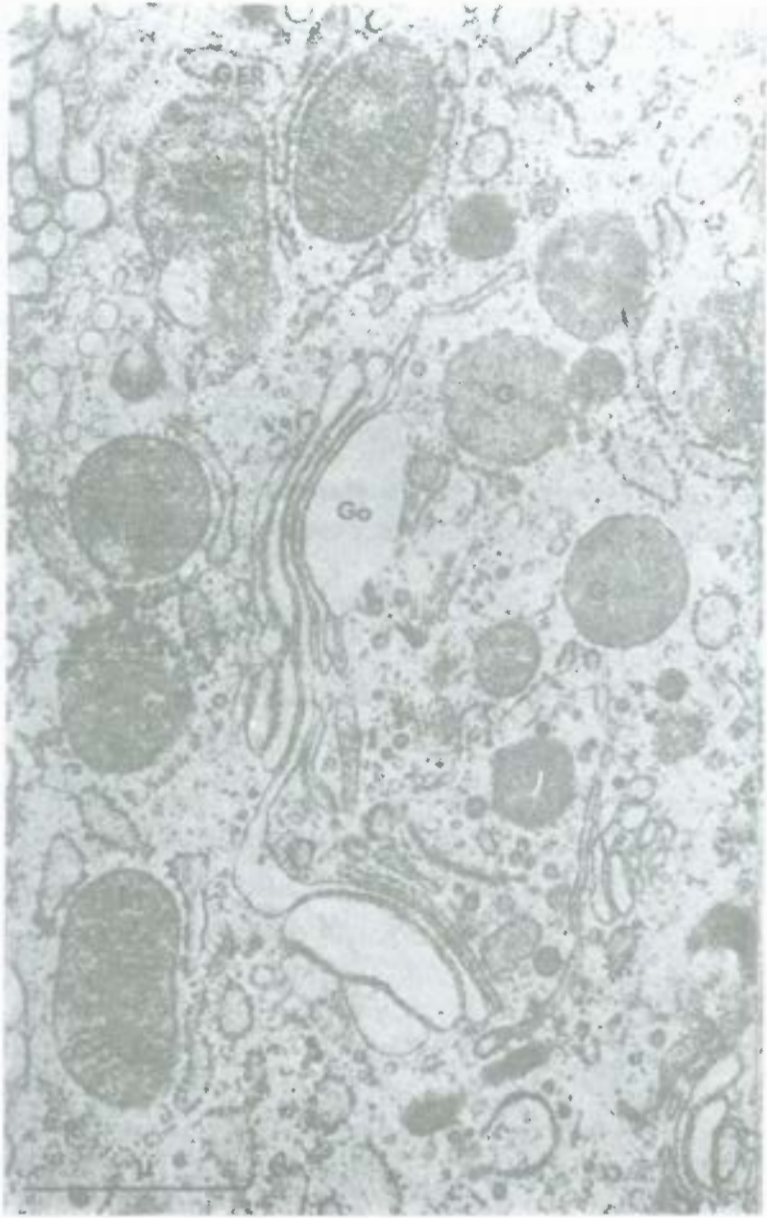
الشكل العام والحجم والتوزيع : Form, size and distribution

يختلف حجم (size) جهاز جولجى من خلية لأخرى ، فهو أكبر حجما وأكثر نشاطا فى الخلايا الإفرازية والعصبية والتناسلية ، وصغير الحجم نسبيا فى الخلايا التى لا تظهر نشاطا إفرازيا ملحوظا .

وبصورة عامة ، فان شكل (form) جهاز جولجى وحجمه مميّزان لكل نوع من أنواع الخلايا ، وإن كانا يختلفان فى الخلية الواحدة تبعا لنشاطها وكذلك تبعا لعمر الحيوان ؛ ففى الخلايا الطلائية لمعدة وأمعاء الأرنب الجائع ، يشاهد جهاز جولجى نلى هيئة تركيب متكاثف فى منطقة ضيقة من السيتوبلازم ، تقع بين النواة والحافة الحرة للخلية . وبعد أن يتغذى



(شكل ٤٧)
صورة بالميكروسكوب الالكترونى لجهاز جولجى



(شكل ٤٨)

صورة بالميكروسكوب الإلكتروني لجهاز جولجي وبعض العضيات الأخرى

(ER) جهاز جولجي

(G) حبيبات زيوجين (M) ميتوكوندريا (R) ريبوزومات

الحيوان ، يكبر حجم جهاز جولجى (شكل ٥٣) وتظهر حبيبات الإفراز على اتصال وثيق بهذا الجهاز (موسى وخطاب Moussa & Khattab, 1957) وكذلك لاحظ المؤلفون (١٩٥٢ ، ١٩٥٥ ، ١٩٦٣ ، ١٩٧٠) ، تغيرات واضحة فى شكل جهاز جولجى وتركيبه الكيماوى مصاحبة لتقدم الحيوان فى العمر وذلك فى الثدييات والبرمائيات والطيور . وبصورة عامة فان ازدياد العم يتسبب فى تفتيب هذا التركيب الشبكي السى قضبان صغيرة (شكل ٢٨ ز ، ح) ، كما يتسبب فى تغيير تركيبه الكيماوى يؤثر على انشطته المختلفة فى خلايا الجسم .

وفى أثناء الإنقسام الميتوزى يتكسر جهاز جولجى إلى جسيمات صغيرة تتوزع بالتساوى فى أنحاء السيتوبلازم ويؤدى الإنقسام الى تقسيم هذه الجسيمات بين الخليتين الناتجتين بصورة تكاد تكون متساوية . وقد يختلف ترتيب جسيمات جولجى فى الخلايا أثناء مراحل الإنقسام ولكنها فى جميع الحالات ، تتوزع بالتساوى تقريبا بين الخليتين الناتجتين من الخلية الأم .

ومكان وجود (position) جهاز جولجى ثابت تقريبا ومميز لكل نوع من أنواع الخلايا ، فقد يكون محيطا بالجسم المركزى كما فى الخلايا التناسلية ، أو منتشرا فى السيتوبلازم كما فى الخلايا العصبية للحيوانات اللافقارية أو على شكل شبكة محيطية بالنواة كما هو الحال فى الخلايا العصبية للفقاريات ، كما يقع بين النواة والقطب الإخراجى كما فى خلايا الغدد القنوية (مثل الخلايا الطلائية للأمعاء وطلائية البربخ فى الخصية) . ولكن الأمر يختلف فى حالة الغدد الصماء فالقطبية متغيرة ما عدا الغدة الدرقية التى يكون فيها جهاز جولجى موجودا فى المنطقة المواجهة لمركز الحوصلات الغددية .

التركيب الكيماوى (Chemical composition)

يتركب جهاز جولجى من البروتينات والليبيدات ، وتكون الليبيدات بصورة مقنعة (masked lipids)، أى انها تكون متحدة بالبروتينات بطريقة لا تسمح لها بالظهور عند الكشف عن الليبيدات . ومن خلال سلسلة طويلة من البحوث التى أجرب على كثير من الخلايا الجسدية مثل الخلايا العصبية وخلايا المعدة والأمعاء والكبد والبنكرياس أوضح الباحثون ان جهاز جولجى لا يصبغ بالسودان الأسود ، وهى صبغة خاصة بالدهون ، وأن الجزء

البروتينى فى الخلايا العصبية يتكون من التيروسين (tyrosine) والجلوتامين (glutathione) . وبالإضافة إلى البروتينات فإن جهاز جولجى يشتمل على مواد عديدة التسكر فى الخلايا الطلائية للأعضاء .

وفى نفس الوقت تحتوى قنوات (أو تجاويف) جهاز جولجى على بيروفوسفاتيز الثيامين (thiamine pyrophosphatase) وجليكوسيل ترانسفيريز (glycosyl transferase) الذى يعمل على تحويل قليلات التسكر (oligosaccharides) الى بروتينات سكرية (glycoproteins) .

وفى بعض الأحيان يكون الجزء الدهنى غير مقنع (unmasked lipids) مثل حالة الخلايا التناسلية فى الرخويات والحلقيات (جاتنبى وموسى ، ١٩٤٩) . بالإضافة إلى ذلك فقد وجد أن الليبيدات تتحول من مقنعة الى حرة أو غير مقنعة فى خلايا الحيوانات المسنة فى كل من الفقاريات واللافقاريات (موسى ، ١٩٥٠ ، ١٩٥٢ ؛ موسى وبنهاوى ، ١٩٥٥) .

توضيح جهاز جولجى (Demonstration) :

يوضح جهاز جولجى فى الخلايا باستخدام طرق التخلل بالفضة لكل من أوياما (Aoyama) وكاجال (Cajal) ودافانو (Dafano) وكذلك بالأوزميوم حسب طريق كولاتشيف ناسونوف (Kolatschev - Nassonov) ومان كوش (Mann - Kopsch) ؛ كذلك يوضح جهاز جولجى باستخدام تيامين بيروفوسفيت وهى طريقة خاصة للصباغة تعتمد على وجود انزيمات فوسفاتيزية معينة فى تجاويف جهاز جولجى .

ولا يصبغ جهاز جولجى بالصبغات الدهنية فى الخلايا المثبتة أو الحية وهذه الصبغات تشتمل على الأحمر والمتعادل (neutral red) وأزرق الميثيلين (methylene blue) وصبغات السودان (Sudan dyes) .

ويمكن مشاهدة أجسام جولجى فى الخلايا الحية غير المصبوغة على صورة مقاربة تماما لصورتها كما تبدو فى التحضيرات المصبوغة وذلك باستخدام ميكروسكوب التباين .

ونتيجة لاستخدام القوة الطاردة المركزية العالية فإن جهاز جولجي يقع أسفل المحتويات الدهنية وفوق الميتوكوندريا ، أى أن جهاز جولجي أثقل من الدهون وأخف من الميتوكوندريا .

نمو جهاز جولجي : Development of Golgi apparatus.

أ - النمو فى الفقاريات : A- Development in vertebrates :

لقد درس نمو جهاز جولجي فى الخلايا العصبية للثدييات (Moussa and Moussa and El-Beih, 1970 والطيور (Moussied Khattab, 1963) فى الخلايا الحية والمثبتة وذلك باستخدام ميكروسكوب التباين .

يظهر جهاز جولجي فى المراحل الجنينية المبكرة على هيئة تركيب شبكى صغير مجاور للنواة عند القطب المحورى للخلية (شكل ٤٤ أ ، ب) ، ثم يأخذ جهاز جولجي فى الانتشار التدريجى حول النواة حتى يحيط بها إحاطة كاملة (شكل ٤٤ ، د ، هـ ، و) . وفى الحيوان اليافع ينتشر جهاز جولجي فى سيتوبلازم الخلايا ولكنه لا يصل الى حافة الخلية ، بل يترك جزءا من السيتوبلازم خلوا من جهاز جولجي (ولكنه يحتوى على الميتوكوندريا وأجسام نسل كما سنبين ذلك فى الابواب القادمة) . وفى المراحل المسنة يتفتت جهاز جولجي الى قطع قصيرة وتستمر عملية التفتيت الى أن يتحول الجهاز فى مراحل الشيخوخة إلى حبيبات وأجسام غير منتظمة الشكل (شكل ٤٤ ج) .

ويلاحظ أن الطبيعة القنوية (احتواء جهاز جولجي على قناة داخلية) أمر واضح تماما حتى فى المراحل الجنينية ، حيث تكون مادة جهاز جولجي التى تكون جدران هذه القنوات ذات ميل شديد للفضة والأوزميوم ولكنها لا تصبغ بصبغات السودان او الأحمر المتعادل . كذلك لا تصبغ القنوات (الفجوات) الداخلية بالفضة أو الاوزميوم ولكنها تحتوى على مادة سائلة (سبق الاشارة الى تركيبها عند الحديث عن التركيب الكيماوى) . ومن المرجح أن جهاز جولجي هو الذى قام بافراز هذه المادة .

ب - النمو فى اللافقاريات : Development in invertebrates :

أمكن تتبع نمو جهاز جولجي فى مراحل تطورية متباينة فى الخلايا العصبية للرخويات (Moussa, 1950) والحشرات (Moussa & Bangauny, 1960) ومع أنه قد لوحظ وجود

بعض الخلافات بينهما فى التفاصيل إلا أن مراحل التطور فى نمو جهاز جولجى - كقاعدة عامه - متشابهة فى الحالتين .

فىوجد جهاز جولجى فى القمة المحورية للخلايا العصبية الصغيرة على هيئة عدد من القضبان الصغيرة المقوسة (ديكتيوسومات) والحوصلات (شكل ٤٥) . ويزداد عدد هذه الاجسام تدريجيا ، وتنتشر حول النواة حتى تحيط بها تماما ، ثم تبدأ فى الانتشار فى السيتوبلازم ، ويلاحظ أن عدد الديكتيوسومات اكثر بكثير من الأجسام الحوصيلة التى توجد عادة فى المراحل التكوينية المبكرة خاصة فى الرخويات . وفى البداية تكون الديكتيوسومات بعيدة ومستقلة عن بعضها ، ولكنها تأخذ فى التجمع فى المراحل اليافة على هيئة مجموعات تحيط كل مجموعة بمنطقة سيتوبلازمية (لا تقبل الصباغة بصباغات الكروم) تفرزها اجسام جولجى نفسها . وتتحول تلك المنطقة تدريجيا الى حبيبات تصبغ بالأوزميوم وسرعان ما تندمج تلك الحبيبات مع بعضها وفى النهاية تكون حبيبتين كبيرتين ثم حبيبة واحدة سرعان ما تطلق إلى سيتوبلازم الخلية . وتشمل هذه المرحلة الطور الإفرازى أو الطور النشط فى هذه الخلايا (active or secretory stage) .

وتبدأ الديكتيوسومات فى التباعد عن بعضها فى خلايا الحيوانات المتقدمة فى العمر ثم تنكسر الى حبيبات صغيرة وتمثل تلك المرحلة مرحلة التراجع (regressive stage) (، ويرى كل من موسى وبنهاوى (١٩٦٠) ، أن الخلايا العصبية تمر بثلاث مراحل أثناء حياتها : مرحلة مبكرة أو مرحلة غير افرازية (non-secretory stage) ثم مرحلة افراز نشطة واخيرا مرحلة تراجع .

وظائف جهاز جولجى : Functions of Golgi apparatus :

أوضحت الدراسات التى أجريت بواسطة الميكروسكوب الضوئى وميكروسكوب التباين أن جهاز جولجى يرتبط ارتباطا وثيقا بتكوين افرازات خاصة (formation of specific secretions) فى أنواع مختلفة من الخلايا . وقد تم اثبات ذلك بالتقنيات الحديثة وباستخدام الميكروسكوب الالكترونى . وتوضح الأمثلة التالية دور جهاز جولجى فى هذا المجال :

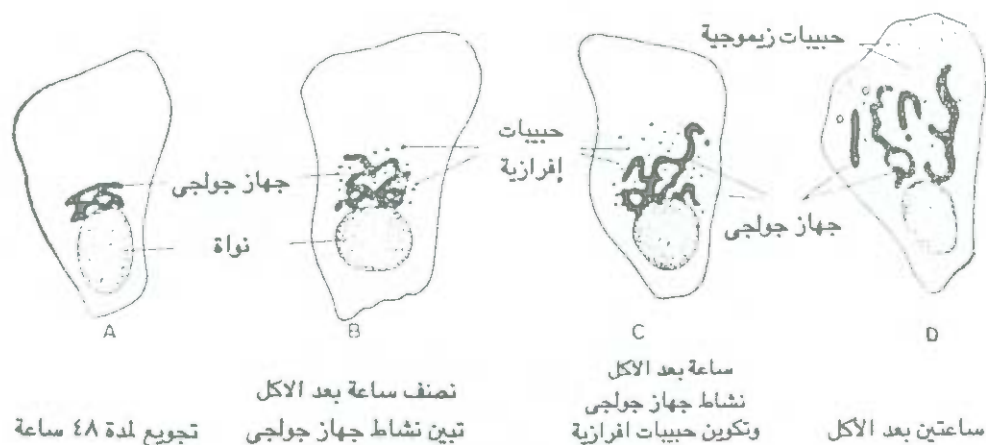
أ - يعتبر قيام جهاز جولجي بتكوين الجسم القمى (acrosome) فى الحيوان المنوى (شكل ٥٦.٥٥) مثلا واضحا لدور هذا الجهاز فى العمليات الافرازية . وقد وضحت تلك الحقيقة عن طريق الدراسات الكثيرة التى استخدم فيها الميكروسكوب الضوئى ، ثم تاكدت بعد ذلك بواسطة الميكروسكوب الالكترونى (Burgos and Faweett, 1955) .

ويوجد جهاز جولجي فى الخلية المنوية الصغيرة محيطا بالكرة المركزية (centrosphere) ومع فو الخلية تتكون فجوات صغيرة (فراغات vacules) عن طريق توسعات فى أنابيب (أو اكياس) جهاز جولجي . وتحتوى كل فجوة على حبيبة صغيرة يقوم جهاز جولجي بافرازاها . وتتحد الحبيبات المختلفة مع بعضها مكونة حبيبتين أو ثلاث حبيبات ثم تندمج فى النهاية مع بعضها مكونة جسما صغيرا يسمى بالجسم القمى البدائى (أو ما قبل الجسم القمى proacrosome) وهذا الجسم محاط بتجويف صغير . ثم يصبح هذا الجسم ملاصقا للقطب الأمامى للنواة ويسمى عندئذ بالجسم القمى (acrosome) .. وتستطيل الخلية المنوية ويصبح الجسم القمى المخروطى الشكل مفلطحا على الجزء الأمامى للنواة . ويأخذ شكله النهائى . وفى نفس الوقت تكون فجوة الجسم القمى القلنسوة الرأسية للخلية المنوية ، ويهاجر جهاز جولجي الى القطب المكسى للنواة .

ب- أوضحت الدراسات التى أجراها كثير من العلماء (Bowen, Cajal, Nassonov, Moussa, Banhawy, Khattab) ارتباط جهاز جولجي بتكوين الافرازات فى انواع مختلفة من الغدد خارجية الإفراز (مثل إفراز البيسين بواسطة الخلايا البيسينية فى المعدة ، والصفراء فى الخلايا الكبدية ، وحبيبات زيموجين فى الخلايا البنكرياسية) . وقد لوحظ فى احدى الدراسات المتعلقة بذلك ان جهاز جولجي فى الخلايا البيسينية لمعدة الأرنب الذى تم تجويده لمدة ٤٨ ساعة يظهر على هيئة جسم كثيف متماسك يقع بالقرب من قطب النواة المواجه لتجويف الامعاء . وفى الحيوانات التى أطعمت ثم فحصت خلاياها بعد نصف ساعة من تعاطى الطعام وجد ان جهاز جولجي قد بدأ فى الانتشار ثم ظهرت بين ثناياه حبيبات مفضضة (أى مصبوغة بمعدن الفضة) كما هو موضح فى (شكل ٥٦ ب) . ومعظم هذه الحبيبات وثيقة الصلة بجهاز جولجي . وينتشر جهاز جولجي بصورة أكثر فى خلايا الحيوانات التى تم فحصها بعد ساعة من تناول طعامها ، حيث شوهدت وفرة فى الحبيبات الإفرازية وبعد ساعتين من تناول الطعام ، يظهر جهاز جولجي منتشرا بشكل كبير

ويحتل معظم القطب الإفرازي للخلية : وفى هذه الخلية تتحول الحبيبات الإفرازية المفضضة الى أجسام كروية لا تقبل الصباغة بالفضة ، ثم تندمج مع بعضها مكونة أجساما أكبر حجما تحتل قطب الخلية المقابل لتجريف القناة الهضمية . وتعتبر تلك الحبيبات التى ظهرت بعد تناول الطعام حبيبات ما قبل الزيموجين (بروزيموجين prozymogen) أو ما قبل البيسين وهى المادة الحاملة للبيسين (پروبيسينوجين propepsinogen) وهذه تتحول الى كريات زيموجين ناضجة (پيسينوجين pepsinogen) بواسطة جهاز جولجى (موسى وخطاب . ١٩٥٧) .

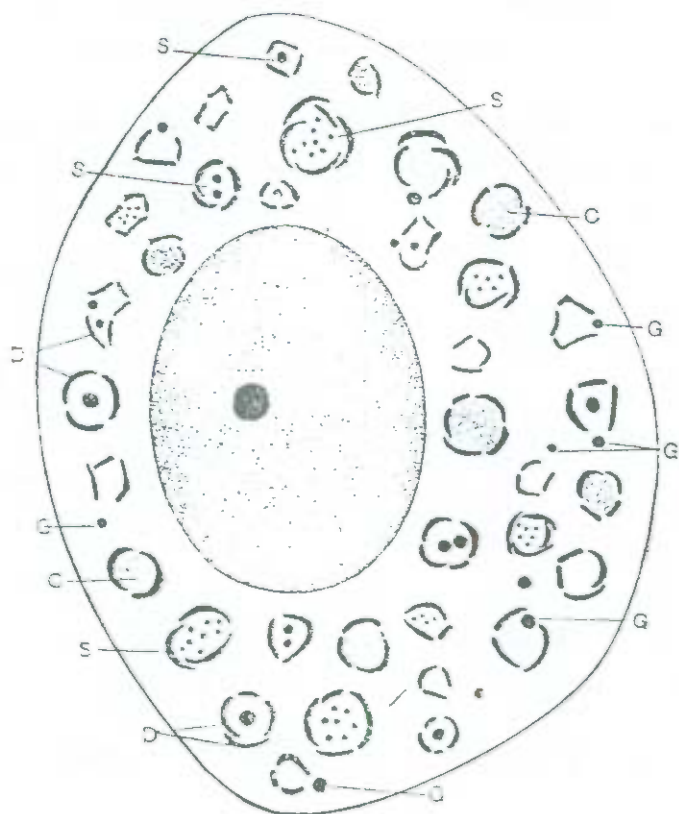
ج - يعتبر جهاز جولجى مركز تكوين المواد المخاطية فى الخلايا الخاصة بذلك (Cajal, 1914) وقد تأكد ذلك حديثا باستخدام الميكروسكوب الالىكترونى ، ثم بالدراسة السيتوكيميائية (موسى خطاب ، ١٩٨٢) .



(شكل ٤٩) التغيرات الوظيفية لجهاز جولجى فى خلايا معدية

د - يلاحظ فى المنطقة التى يحتلها جهاز جولجى فى الخلايا الطلائية والخلايا العصبية وغيرها نشاط واضح لانزيم الفسفاتيز الحمضى والقلوى مما يشير الى وجود علاقة قوية بين جهاز جولجى وهذين الانزيمات وقد تم تأكيد ذلك عندما عزلت أجسام جولجى بواسطة القوة الطاردة المركزية . ويرجع الفضل للميكروسكوب الالىكترونى فى اثبات أن الليسوسومات الأولية (أماكن نشاط إنزيم الفسفاتيز الحمضى) تتكون فى جهاز جولجى (Novikoff, 1964) ومن الواضح أن جهاز جولجى به نشاط لإنزيم الفسفاتيز الحمضى كما أكد ذلك Wetzel ومعاونوه عام ١٩٦٧ .

هـ - يعتقد جاتنبي وموسى أن الحبيبات الملونة التي تظهر في سن الشيخوخة (Senility pigment) والحبيبات الدهنية (lipid granules) في الخلايا العصبية



(شكل ٥٠)

خلية عصبية في الجراد تبين نشاط جهاز جولجي في تكوين الإفرازات العصبية (G) منطقة إفرازية داخلية (S) حبيبات إفرازية (D) دكتيوسومات

للشدييات تفرز بواسطة جهاز جولجى . بالاضافة الى ذلك فإنه قد سبق أن أثبت موسى فى عام ١٩٥٠ ان الدهون الملونة (lipochrome granules) فى الخلايا العصبية للرخويات يتم افرازها بواسطة أجسام جولجى (الدكتيوسومات) . وقد أكد ذلك فيما بعد كل من موسى وبنهاوى (١٩٦٠) وبنهاوى وأنور (١٩٧٠) الذين أوضحوا مراحل تكوين الافرازات العصبية (neurosecretion) فى الحشرات ، ويمثل الطور الخامس فى حشرة الجراد مرحلة النشاط الإفرازى التى تتجمع فيها الدكتيوسومات فى مجموعات تحيط كل منها بمنطقة تفرزها الدكتيوسومات ذاتها . وتحول هذه المنطقة الى حبيبات صغيرة ، ثم تندمج هذه الحبيبات مع بعضها تحت تأثير الدكتيوسومات مكونة فى النهاية حبيبة كبيرة تنطلق إلى السيتوبلازم بعد ذلك .

و - توضح دراسات موسى و بورن (Bourne) أن تكوين فيتامين ج فى الخلايا يرتبط بجهاز جولجى . وقد اوضح موسى ان جهاز جولجى فى الخلايا العصبية السمبثاوية للشدييات يعمل على إفراز أو تركيز فيتامين ج ، بينما اشار بورن الى أن جهاز جولجى يقوم بعزل أو فصل فيتامين ج فى خلايا الانابيب الكلوية .

ز - أعلن كرامر ولادفورد (Cramer and ludford) عام ١٩٢٥ أن جهاز جولجى فى الخلايا المعوية يختص بتخليق الدهون (synthesis of fat) من الأحماض الدهنية والجليسرين .

ح - ومن المعتقد أن جهاز جولجى يرتبط بافراز السائل الزلالى (fluid synovial) فى المفاصل وذلك بواسطة الغشاء الزلالى للمفاصل ، وتكوين مادة المينا فى الأسنان (enamel of teeth) وذلك بواسطة خلايا المينا والحبيبات الملونة أو الصبغية (pigment granules) فى قزحية العين ، وكذلك تكوين المح الدهنى (fatty yolk) فى البويضات .

ط - وقد اوضح موسى وبنهاوى فى عام ١٩٥٥ نتيجة لدراساتهما على التغيرات المورفولوجية والكيمائية لجهاز جولجى فى مراحل الشيخوخة فى الخلايا العصبية للبرمائيات أن هذا الجهاز يتفتت فى خلايا الحيوانات المتقدمة فى العمر الى قطع منفصلة تنتفخ فى أماكن معينة مكونة حوصلات صغيرة تكون تجاويرها متصلة بتجاوير أجسام جولجى فى البداية ولكنها تنفصل عنها بعد ذلك وتصبح هذه الحوصلات حرة فى سيتوبلازم الخلية ،

وتصبح قابلة لأن تصيغ بالصبغات الخاصة بالدهون . وهذه الحالة لم يسبق وصفها فى أى من الحيوانات ؛ وهى توصف لأول مرة فى البرمائيات ، وعلى ذلك يعتقد موسى وبنهاوى ان هذه الحوصلات نتيجة تحول جهاز جولجى فى الخلايا العصبية للحيوانات البرمائية المتقدمة فى السن ، وأن الليبيدات الموجودة فى جهاز جولجى والتي كانت مقنعة ، أصبحت غيرمقنعة فى تلك الحوصلات .

ى - وحسب اعتقاد البعض ، فإن جهاز جولجى يعمل كغشاء تكاثف (اتحاد جزئين أو أكثر من المادة لتكوين جزئ أكثر تعقيدا من انفصال الماء) وذلك لتركيز النواتج السيتوبلازمية المنتشرة إلى حبيبات أو قطرات تترك الخلية فيما بعد . ومعنى ذلك أن جهاز جولجى يعمل على سحب الماء من المواد الإفرازية (المفروزة) اثناء نضجها ، وبذلك تتحول إلى حبيبات متماسكة . وقد تبنى Weiss فى عام ١٩٥٥ هذا الرأى ليشرح به ميكانيكية عزل أو فصل القطرات الدهنية فى الخلايا الطلائية للأثنى عشر .

ك - ويرتبط بوظيفة جهاز جولجى فى تركيز المواد الإفرازية التشابه بينه (فى خلايا الحيوانات المتقدمة) وبين التجويف المتقبض (الذى يطرد الماء خارج الخلايا) الموجود فى الأوليات وبعض الحيوانات البدائية (Gatenby, Dalton and Felix, 1955) .

ل - وقد أوضح استخدام النظائر المشعة والميكروسكوب الالكترونى أن البروتينات يتم تخليقها بصورة مبدئية بواسطة الريبوزومات الموجودة على غشاء الشبكة الاندوبلازمية ، ثم تمر الإفرازات إلى الشبكة الاندوبلازمية ومنها إلى جهاز جولجى حيث يتم نضجها ثم تنطلق بعد ذلك إلى السيتوبلازم .

م - على أنه باستخدام نفس الطرق السابقة يتبين أن جهاز جولجى هو المكان الوحيد لتخليق المواد عديدة التسكر المعقدة (complex polysaccharides) هذا ولم يوجد أى اثر لهذه المواد لا فى الريبوسومات ولا فى الشبكة الاندوبلازمية (Young, 1973) . ومن المقترح أيضا أن السكريات البروتينية (glycoproteins) التى يقوم جهاز جولجى بتكوينها ثم تهاجر إلى سطح الخلية مكونة الغلاف الخلقى (cell coat) .

س - يقوم جهاز جولجى بدور هام فى تمييز الخلايا الجنينية وذلك لأن الجهاز يكون فى حالة نشاط اثناء تكوين الخلايا .

ويتضح بجلاء من كل ما سبق أن جهاز جولجي يختص بتكوين افرازات معينة (secretions) فى الأنواع المختلفة من الخلايا ، ولكن الدور الذى يقوم به بالتحديد قد فسر تفسيرات مختلفة . فيرى بعض علماء الخلية أن جهاز جولجي يقوم بتكوين (أو بتخليق) المواد الإفرازية (synthesis of secretory substances) بينما يرى البعض الآخر أن الجهاز نفسه يتحول الى نواتج افرازية (transformed into secretory products) .

ويعتقد فريق ثالث من العلماء أن جهاز جولجي لا يقوم بتكوين الافرازات ولا يتحول إليها ولكنه يعمل كغشاء تكثيف وذلك لتركيز النواتج التى تم تكوينها فى مكان ما بالخلية الى قطرات أو حبيبات .



(شكل ٥١)

(GA) جهاز جولجي فى خلايا معوية لحيوان جائع

وفى رأينا أن جميع الآراء السابقة صحيحة ، ففى كثير من الحالات يقوم جهاز جولجي بتكوين المواد الإفرازية (كما هو واضح من الأمثلة أ ، ب ، ج ، د ، ه ، ح) ، وفى قليل من الحالات يتحول الجهاز الى نواتج أخرى كما فى الخلايا العصبية للبرمائيات المسنة (ط) ، وفى حالات أخرى يعمل جهاز جولجي كغشاء تكثيف وذلك بتحويل المواد التى كونت بصفة مبدئية - فى أماكن أخرى فى السيتوبلازم - الى قطرات أو حبيبات يمكن الانتفاع بها (ي ، ل ، ولحد ما ك) ، وبذلك فان حقيقة العلاقة بين جهاز جولجي والمواد الإفرازية (أى الناتجة عنه) تتوقف على نوع تلك المواد .

التغيرات المرضية لجهاز جولجي :

Patho logical changes of Golgi apparatus

جهاز جولجي جهاز حيوى يستجيب لأنواع الأنشطة الحيوية المختلفة وغيرها من مؤثرات ، فتؤثر الحالات الفسيولوجية والمرضية المختلفة على حجم الجهاز ووظيفته وتركيبه ومكان تواجده فى الخلية ، وقد تم وصف العديد من تلك التغيرات المورفولوجية وأحيانا الوظيفية والكيمائية بواسطة موسى وزملاؤه (منذ عام ١٩٤٨ الى عام ١٩٨١) . كما هو موضح فيما بعد :

(١) يؤدى قطع العصب الوركى الى هجرة جهاز جولجي فى الخلايا العصبية المقابلة من مكانه الأسمى حول النواة إلى حافة الخلية .

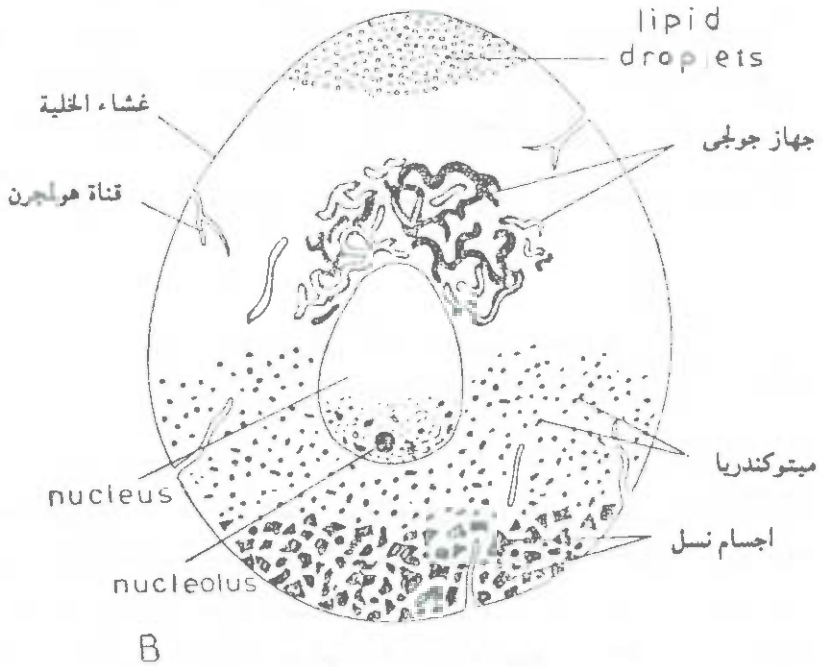
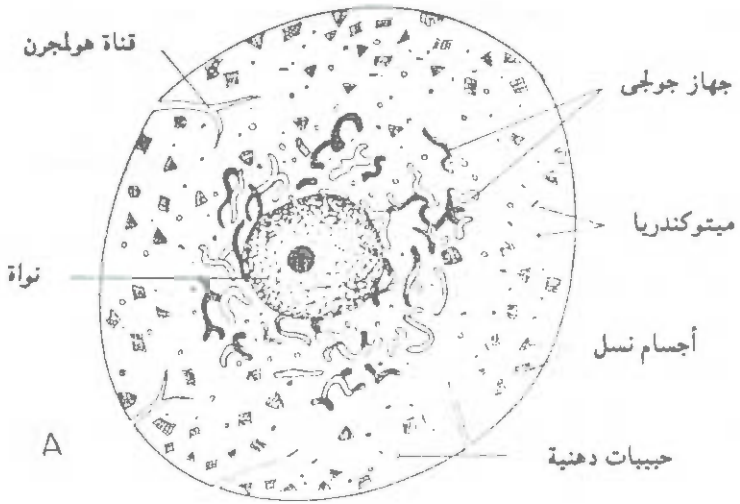
(٢) فى حالة الإصابة بفيروس نيوكاسل (Newcastle virus) تحدث انتفاخات فى جهاز جولجي وفى قليل من الخلايا تحدث تجمعات لأجسام جولجي فى المنطقة الخارجية للسيتوبلازم .

(٣) يتسبب نقص فيتامين ب المركب فى تفتت شبكة جهاز جولجي فى الخلايا العصبية للشذبيات إلى جسيمات كروية وقطع صغيرة تتركز حول النواة . ويستمر تفتت أجسام جولجي إلى حبيبات دقيقة يصعب مشاهدتها (٦٠ ، ٦١) .

(٤) تحدث المبيدات الحشرية تغيرات بعيدة المدى فى مورفولوجية جهاز جولجي (٣٩-٤١) . وبصفة عامة تصبح أجسام جولجي فى الحشرات دقيقة ثم تختفى تدريجيا من الخلية فى المراحل المتقدمة من المعالجة بالمبيد ، كما تختفى الحبيبات الإفرازية التى تكون عادة مصاحبة لجهاز جولجي فى الخلايا السليمة العادية .

(٥) فى حالة التسمم بالمورفين تنتفخ شبكة جولجي وترتخى أجزاؤها ثم تنكسر الى قطع صغيرة (شكل ٣٨) . وباستمرار تعاطى المورفين يستمر تفتت جهاز جولجي إلى أن يختفى تدريجيا من الخلية .

(٦) لوحظ أن الإثارة الكهربائية والإشعاع والبرودة والتسمم الفسفورى وغيرها من



(شكل ٥٢)

(A) خلية عصبية نموذجية (B) خلية عصبية بعد تعريضها للقوة الطاردة المركزية

العوامل تؤثر تأثيرات واضحة على مورفولوجية جهاز جولجي ونشاطه وتركيبه الكيماوى وسلوكه العام فى خلايا كل من اللاقاريات والفقاريات .

المجادلات المتعلقة بجهاز جولجي :

Golgi apparatus controversies

لم يحدث أن أثار أى تركيب فى الخلية من المناقشات والمجادلات ما اثاره جهاز جولجي بين علماء الخلية ودارسيها . ويمكن القول بصورة عامة أنه توجد هناك مدرستان رئيسيتان فيما يتعلق بهذا الموضوع : المدرسة الاولى : (Gqtenby, Beams, Moussa, etc) تعتقد أن جهاز جولجي موجود فى الخلايا الحية كتركيب حقيقى مستقل ، وأن هذا الجهاز قابل للصبغة بنترات الفضة (i.e., argentophil) أو حامض الأوزميك (i.e., osmiophil) بعد عمليات التثبيت المناسبة ، بينما تدعى المدرسة الثانية (Bensley, Parat, Baker, etc ..) أن جهاز جولجي الذى يظهر بعد استخدام نترات الفضة أو حامض الأوزميك لا يوجد هكذا فى الخلايا الحية ، ولكنه يظهر نتيجة اختزال نترات الفضة أو حامض الأوزميك وترسيبها حول القطرات الدهنية (أو بينها) أو على الميتوكونديا أو على اجسام نسل .

والواقع أن الغالبية العظمى من العلماء أصبحوا الآن يعضدون المدرسة الاولى يؤيدونها للأسباب الآتية:

١ - الليبيدات - جهاز جولجي أو " نظرية التجاوىف "

lipid - Golgi apparatus or "Wacuome hypothesis"

اعتنق هذه النظرية بعض العلماء (Parat, Covell, Scott, Baker, Thomas, etc.) وهؤلاء يرون أن حبيبات الليبيدات والتجاوىف (التى تصبغ بالاحمر المتعادل والسودان الأسود) تمثل أساس التركيب غير الحقيقى الذى يظهر نتيجة اختزال نترات الفضة أو حامض الأوزميك وترسيبها ، وبذلك يظهر التركيب الشبكي (جهاز جولجي) الذى يشاهد فى خلايا الفقاريات . على ان هذا الرأى لم يلق قبولا لدى الكثيرين من العلماء للأسباب الآتية :

أ - تمكّن موسى فى عام ١٩٥٢ من مشاهدة جهاز جولجي الشبكي فى الخلايا العصبية السمبثاوية الحية دون صبغة وذلك بواسطة ميكروسكوب التباين . وهذا التركيب يشبه فى

مورفولوجيته وموقعه وتوزيعه نفس جهاز جولجي الشبكي الذى يتم توضيحه باستخدام نترات الفضة أو حامض الأزميك .

ب - عندما صبغت الخلايا العصبية السمبثاوية صباغة حيوية بالأحمر المتعادل أو السودان الأسود بعد تثبيتها ، ثم فحصت بواسطة ميكروسكوب التباين ظهرت شبكة جولجي غير مصبوغة (الصورة السلبية لجهاز جولجي) ومحيطه بالنواة تاركة منطقة متسعة من السيترولازم لا توجد بها أجسام جولجي ولكنها تحتوى على حبيبات الليبيدات (شكل ٥٩) . ومعنى ذلك أن حبيبات الليبيدات وجهاز جولجي يمكن توضيحها جنبا إلى جنب فى اخلية الواحدة (موسى ، ١٩٥٢) .

ج - يظهر جهاز جولجي فى الخلايا العصبية الصغيرة على هيئة شبكة صغيرة فى المنطقة المحورية للخلية (٥٩) . وهذا التركيب يصعب بنترات الفضة أو حامض الأزميك ولكن لا يصعب بالصبغات التى تصبغ المواد الدهنية كصبغات السودان والاحمر المتعادل . ويلاحظ أن هذه الخلايا الصغيرة لا تظهر فيها أية حبيبات دهنية . وبعبارة أخرى فإن هذه الخلايا التى لا تحتوى على ليبيدات تحتوى على جهاز جولجي واضح المعالم (موسى ، ١٩٥٢) .

د - أمكن فصل جهاز جولجي من الحبيبات الدهنية بواسطة جهاز القوة الطاردة المركزية العالية (موسى ، ١٩٥٠ ، ١٩٥٢) . ومعنى ذلك أن الكثافة النوعية لجهاز جولجي تختلف عن الكثافة النوعية للدهون ومن الشكل رقم ٥٩ يتضح أن جهاز جولجي أثقل من الدهون .

هـ - سبق أن أوضح جاتنبي وموسى (١٩٤٩ ، ١٩٥٠) أن الحبيبات والحوصلات الليبيدية التى سبق أن وصفها بيكر (Baker) وغيره ما هى إلا نواتج افرازية لجهاز جولجي خاصة فى الحيوانات اليافعة والمسنة ، وأن جهاز جولجي فى الخلايا العصبية للفقاريات جهاز قنوى تصبغ جدر قنواته (مادة جولجي) بالفضة أو الأوزميك .

و - أوضح الميكروسكوب الالكترونى (Beams, Dalton, Felix, etc...) وجود جهاز جولجي على نفس الهيئة التى سبق لكل من جاتنبي وموسى أن وصفها قبل ذلك ، وعلى وجه العموم ، فلقد تمكن كثير من العلماء الذين درسوا أنواعا عديدة من الخلايا الحيوانية أن يشبها أن الحبيبات الدهنية وجهاز جولجي تركيبان مختلفان فى الخلية .

ومما هوجديد بالذكر أن بيكر (Baker, 1963) وهو زعيم المدرسة الانجليزية فى السيولوجى قد اعترف - بعد صراع مع المدرسة المصرية دام خمسة عشر عاما - بأن جهاز جولجى هو تركيب حقيقى موجود فى الخلايا الحية وأنه جهاز قنوى يمكن الكشف عنه بالطرق التكتيكية التى تستخدم فيها نترات الفضة أو حامض الازميك . ولم يعد بيكر وزملاؤه بعد هذا ينادون بأن جهاز جولجى غير حقيقى أو أنه مكون من حبيبات وقطرات دهينة .

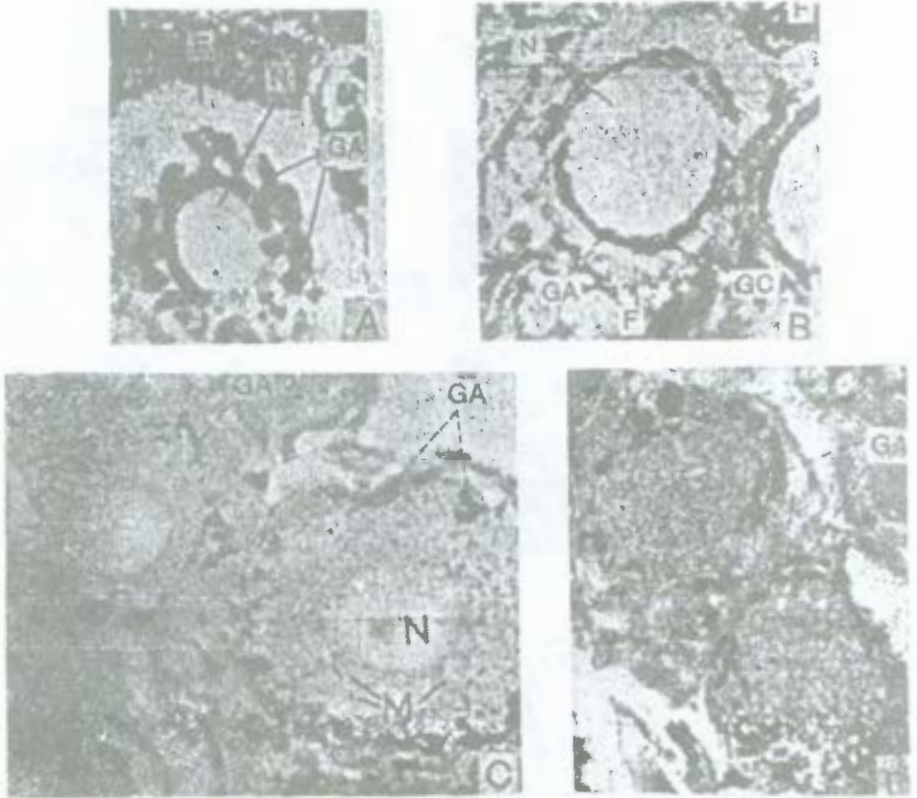
٢- جهاز جولجى والميتوكوندريا : Golgi apparatus and mitochondria

فى عام ١٩١٥ أعلنت مونتى (Monti) أن جهاز جولجى فى الخلايا العصبية للفقاريات واللافقاريات يشبه الميتوكوندريا من ناحية موقعه وكميته وتنظيمه ، ومن ثم استنتجت ان الميتوكوندريا فى الخلايا الحية تمثل جهاز جولجى . ولقد أسدلت ستائر النسيان على فرض مونتى لفترة تزيد على الثلاثين عاما ثم أخذت فى الظهور بعد ذلك على صور مختلفة . وفى عام ١٩٤٨ أعلن توماس أن جهاز جولجى المعروف كلاسيكيا فى الخلايا العصبية للثدييات يتكون من كل من القطرات الدهنية والميتوكوندريا الخيطية تحت تأثير التخلل بواسطة الازميوم . وقد تبنى كل من بيكر (١٩٤٩) وكوبرا (Chopra, 1960) رأى توماس فى ان الميتوكوندريا هى جهاز جولجى . غير أنه طبقا لأراء موسى ومعاونيه (١٩٤٨-١٩٨١) لا توجد أية علاقة بين الميتوكوندريا وجهاز جولجى فعلى الرغم من أن الميتوكوندريا توجد على هيئة حبيبات صغيرة وقضبان قصيرة منتشرة فى أنحاء السيترولازم فى الخلايا النامية ، إلا أن جهاز جولجى يظهر كتركيب شبكى قنوى يحتل المنطقة المحورية للخلية العصبية الجنينية . ويتقدم النمو بأخذ هذا التركيب الشبكى فى الالتفاف حول النواة ثم ينتشر فى السيترولازم تاركا حيزا قرب حافة الخلية خاليامن جهاز جولجى ، ولكن توجد به ميتوكوندريا .

كذلك تمكن موسى عام ١٩٥٢ من توضيح جهاز جولجى والميتوكوندريا جنبا إلى جنب فى الخلية الواحدة .

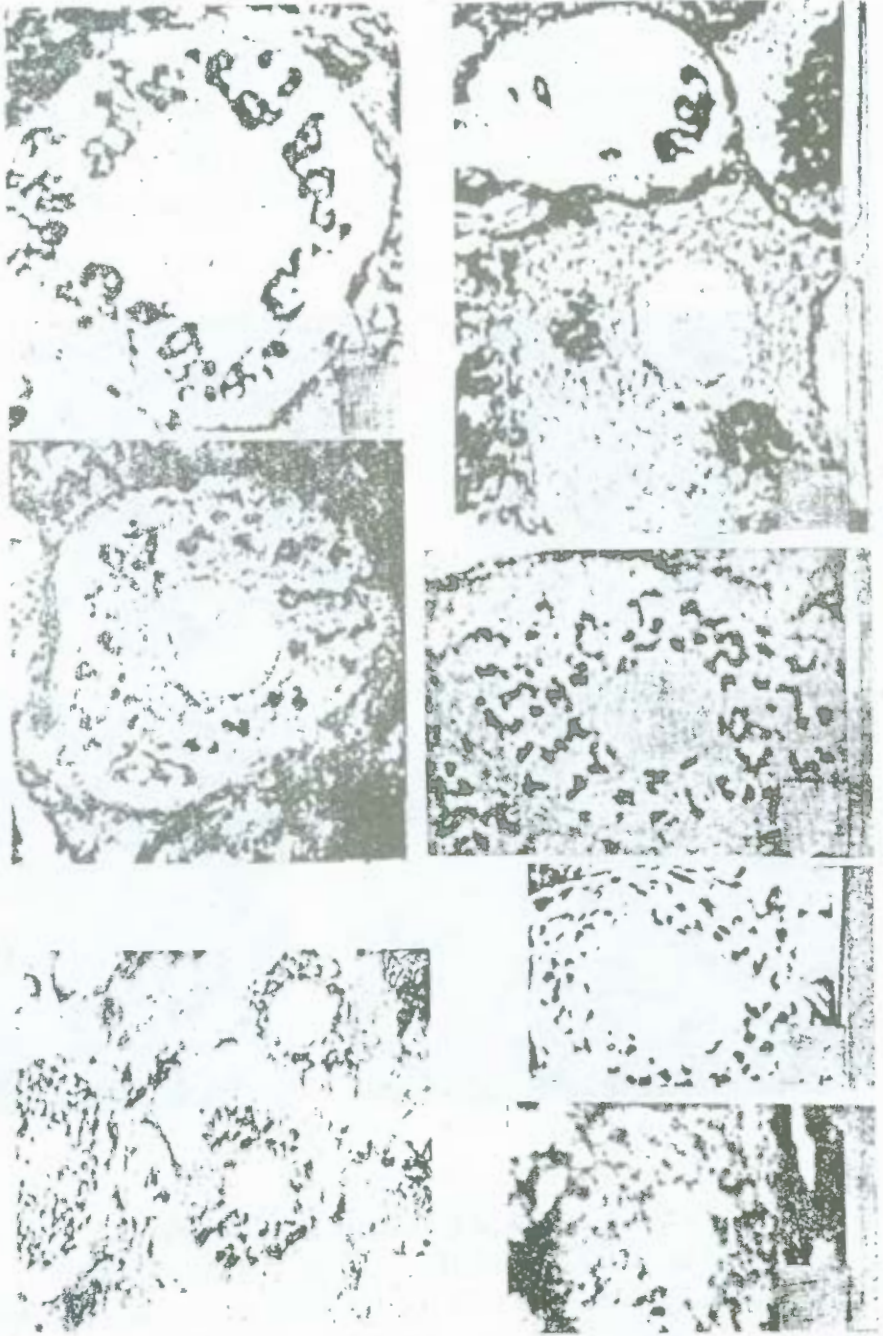
وبصورة عامة ، فإنه قد تم اثبات أن جهاز جولجى والميتوكوندريا تركيبان متباينان فى الخلايا وذلك بواسطة الميكروسكوب الالىكترونى (Beams et al ., 1952 etc..) وجهاز القوة الطاردة المركزية العالية (Brown, 1936 Moussa, 1950, 1952) وكذلك عن طريق قطع العصب الوركى (موسى ، ١٩٥٦) . وقد وجد موسى أنه عند قطع العصب الوركى فإن جهاز

جولجى فى الخلايا العصبية التى قطعت محاورها يهاجر من حول النواة الى حافة الخلية تاركاً منطقة سيتوبلازمية محيطة بالنواة خالية منه ولكنها ما تزال تحتوى على الميتوكوندريا (شكل ٥٣) . بالإضافة إلى ما تقدم فإن التركيب الكيماوى لجهاز جولجى يختلف اختلافاً بينا عن التركيب الكيماوى للميتوكوندريا .



(شكل ٥٣)

- (A) شبكة جولجى محيطة بالنواة فى خلية عصبية عادية ،
 بها (N) نواة (GA) شبكة جولجى (B) نفس الحالة السابقه ، بها (N) نواة -
 (GA) شبكة جولجى ، (GC) قناة اجسام جولجى (C) تحرك شبكة جولجى بعيداً عن حافة النواة
 (D) تحرك أكثر وتحلل شبكة جولجى . (M) ميتوكوندريا



(شكل ٥٤) حالات مرضية مختلفة لجهاز جولي

٣ - جهاز جولجى واجسام نسل (انظر الفصل العاشر)
Golgi apparatus and Nissl bodies

٤ - جهاز جولجى وقنوات هولجرين :
Golgi apparatus and Holmgren canals

فى المراحل المبكرة لدراسة جهاز جولجى حدث خلط ادعاه Holmgren بأن هذا الجهاز مماثل لنسق من القنوات الصافية (تفتح على حافة الخلية) والذى أعلن أنه شاهده فى العديد من الخلايا وسماه "توفوسيونجسيوم" trophosphonium" وقد أضاف Cajal إلى هذا اللبس عندما تحدث عن شبكة جولجى فإنها قنوات جولجى - هولجرين .

تشير النتائج التى أمكن الحصول عليها باستخدام القوة الطاردة المركزية العالية تثبت أن قنوات هولجرين تختلف عن جهاز جولجى (شكل ٥٢) . والواقع أن الرأى السائد الآن بين علماء الخلية أنه لا توجد أية علاقة بين هذين الجهازين .

ادلة اخرى على حقيقة وجود جهاز جولجى :

(١) سلوك أجسام جولجى أثناء انقسام الخلية ووجودها فى سيتوبلازم البويضات المخصبة ، ثم توزيعها على الخلايا الناجمة يؤكد أنه جسم دائم التواجد .

(٢) يتوقف نمط التغيير فى جهاز جولجى على المؤثر الحادث ، أى أن كل مؤثر يودى الى تغييرات مميزة له .

(٣) يوضح سلوك جهاز جولجى فى الخلايا الغدية أنه تركيب خلوى أى جهاز حى لا يمكن إنكار وجوده . فمتابعة ما يحدث فيه من تغييرات مصاحبة للأحوال الفسيولوجية لا تدع مجالاً للشك فى حقيقة وجود هذا التركيب .