وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة تكريت

كلية التربية للعلوم الصرفة

المرحلة الاولى (صباحي , مسائي)

((محاضرات علم الخلية النظري)

م.د. شذى حازم شاكر

٢٠٢٣ م

١٤٤٥ هـ

الفصل الخامس

الاجسام الحالة والاجسام الدقيقة
Lysosomes and Microbodies

الاجسام الحالة :

تمثل الاجسام الحالة احدى العضيات السايتوبلازمية المهمة حيث وجدت في العديد من الخلايا الحيوانية كالخلايا الحشوية للكبد ، وفي قسم من الخلايا النباتية أستخدم دي دوف هذا المصطلح عام ١٩٥٥ De Duve لتسمية مجموعة من الدقائق الخلوية الثانوية subcellular particles الغنية بالانزيمات. بينت جميع الدراسات اللاحقة وبالاخص تلك التي تهتم بمحتواها الكيميائي الحيوي بأنها تمثل مواضع معينة لانزيمات التحلل المائي في الخلية وأن هذه الانزيمات محاطة بغشاء محكم وتعمل في وسط حامضي من الـ pH وتتميز تحت المجهر الالكتروني باستعمال مختلف التفاعلات الكيميائية الخلوية مثال استخدام انزيم الفوسفاتيس الحامضي acid phosphatase حيث تظهر الاجسام الحالة متعددة الاشكال .

الشكل العام :
General morphology

يكون التشخيص الخلوي للاجسام الحالة أكثر صعوبة من التشخيص الكيميائي ويعزى ذلك الى نشأتها المتغايرة الملحوظة. إن الخصائص الشكلية العامة لهذه المجموعة من التراكيب المتغايرة النشأة تشمل وجود غشاء محدد ووجود نواتج تفاعل من أنزيمات الفوسفاتيس الحامضي. يتراوح حجم اللايسوسوم بين ٠,٢ - ٠,٥ مايكروميتر وقد يصل في كبد اللباتن الى مايقرب من خمس مايكرونات . ومن الطبيعي أن التغاير الشكلي لنشأ هذه الاجسام يشير الى نشاطات خلوية كثيرة التنوع تخص الهضم دا ل الخلية وخارجها .

التصنيف : Classification

يمكن تصنيف الاجسام الحالة الى اربعة انواع اعتماداً على البنية الداخلية لهذا العضي وهي :

١- الاجسام الحالة الاولية	Primary lysosome
٢- الاجسام الحالة الثانوية	Secondary lysosome
٣- الاجسام المتبقية	Residual bodies
٤- الاجسام الحالة الذاتية	Autolysosome

١- الاجسام الحالة الاولية :
(أو الحبيبات المخزونة Storage granule)

وهي عبارة عن اجسام كثيفة واصغر اشكال الاجسام الحالة إذ يصل قطرها الى مايقرب من ٤ر٠ مايكروميتر ومحاطة بغشاء مفرد. أما المحتوى الانزيمي لهذه الاجسام فإنه يصنع بواسطة الرايبوسومات الموجودة في الشبكة الاندوبلازمية ثم تظهر في منطقة اجسام كولجي. ويمكن أحياط عملية تكوين الاجسام الحالة الاولية بواسطة البيورومسين puromycin.

٢- الاجسام الحالة الثانوية :
(أو الفجوات الهاضمة Digestive vacuole)

وتنتج من التحام الاجسام الحالة الاولية مع الفجوات الحاوية على مواد ملتهمة تسمى الجسم الملتهم phagosome الذي يلتحم بدوره مع الاجسام الحالة المغايرة heterolysosome ويهضم بواسطة انزيمات التحلل المائي.

٣- الاجسام المتبقية :

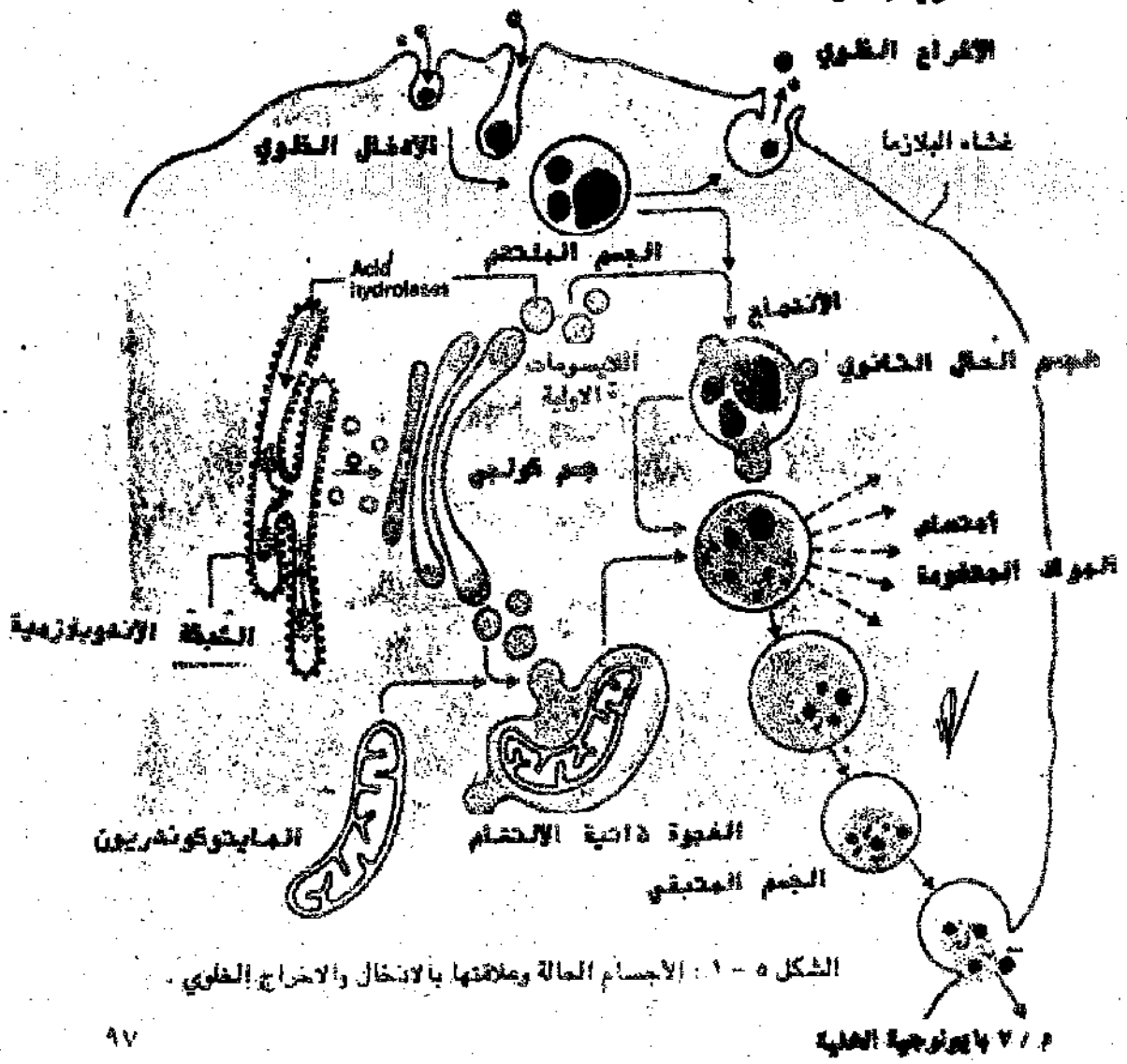
ان هذه الاجسام هي المراحل النهائية للاجسام الحالة المغايرة والاجسام الحالة الذاتية معاً. فبعد عملية هضم المحتوى ذات المنشأ الخارجي والداخلي تترك في الاجسام الحالة الثانوية متبقيات غير قابلة للهضم. ولما كانت الاجسام الحالة الثانوية

تستطيع القيام بعدد من الاعمال الهضمية المتعاقبة مس ... نفسها ينتج عن الاجسام الحالة الثانوية تجمع المتبقيات ..

٤- الاجسام الحالة الذاتية :

لتمييز الاجسام الحالة الثانوية للالتهام الذاتي والاجسام الحالة الذاتية عموماً بوضوح عن الاجسام الحالة المغايرة ، وذلك بسبب وجود هضميات الخلية في مختلف مراحل الاضمحلال.

تكتسب بعض الاجسام الملتهمة الذاتية أنزيماتها المحللة في أثناء تكوينها وذلك من الشبكة الاندوبلازمية الخشنة أو معقد كولجي. أما الاجسام الملتهمة الذاتية الاخرى فتكون بدون انزيمات محللة وعليه يجب ان يحصل التحام بينها وبين الاجسام الحالة الاولية (شكل ٥ - ١).



الشكل ٥ - ١ : الاجسام الحالة وعلاقتها بالادخال والاخراج الخلوي .

الوظيفة : Function

هناك عدة وظائف تقوم بها الاجسام الحالة وهي :

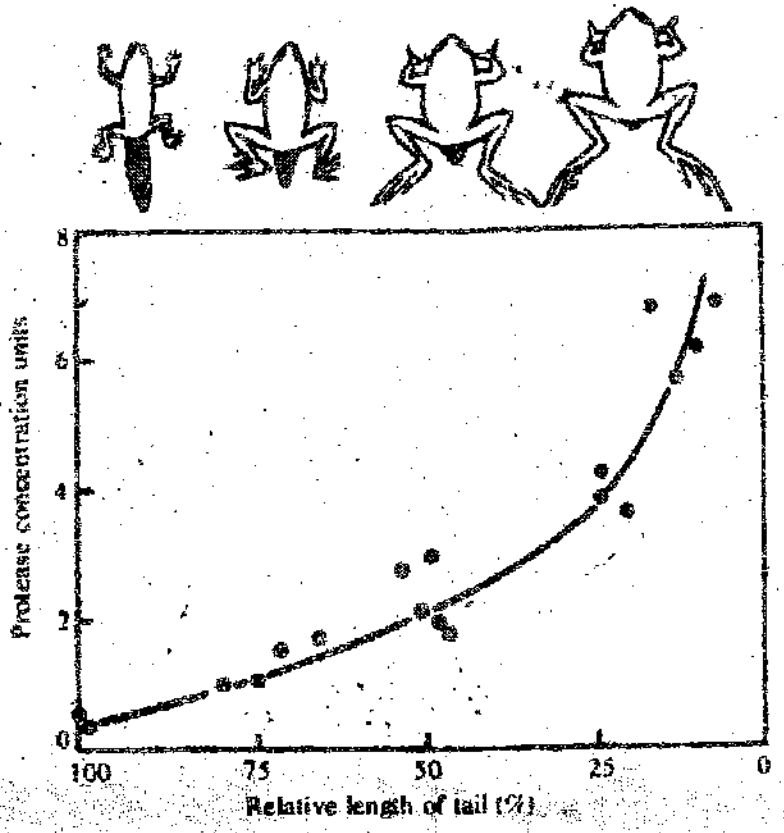
١- تهضم انزيمات الاجسام الحالة البروتينات وتحولها الى ثنائي الببتيد والكاربوهيدرات الى سكريات احادية monosaccharides. بينما لاتهضم بعض السكريات الثنائية (السكروز) والسكريات المتعددة (الانسولين ، الدكسترين) وتبقى في داخل الاجسام الحالة. فخلال عملية الالتهام الذاتي autophagy تكون الاجسام الحالة ضرورية لعملية تجديد وقلب مكونات الخلية حيث يزال عدد من مكونات الخلية بصورة متواصلة من الخلية بواسطة جهاز الاجسام الحالة حيث تكون العضيات السايتوبلازمية محاطة بغشاء الشبكة الاندوبلازمية الملساء ثم تفرز انزيمات الاجسام الحالة في الفجوات ذاتية الهضم وأخيراً تهضم هذه العضيات.

٢- في خلايا النمو تكون الاجسام الحالة فعّالة في أعادة تنظيم الانسجة remodeling فعلى سبيل المثال خلال دورة الاستحالة metamorphosis البرمائيات تحصل هنالك اعادة تنظيم الانسجة وذلك باتلاف العديد من الخلايا ويتم ذلك بواسطة انزيم الاجسام الحالة. فمثلاً، أضمحلال degeneration ذيل الضفدعة tadpole tail ينتج بواسطة انزيم الكاثابسين cathapsins (الانزيم الهاضم للبروتين) الموجود في الاجسام الحالة ومن الممكن ملاحظة أنه مع اختفاء الذيل فإن تركيز الكاثابسين يزداد بالتدرج مع بقاء الكمية الكلية للأنزيم ثابتة كما هو موضح في الشكل ٥ - ٢ .

٣- تعد الاجسام الحالة ذات اهمية خاصة في الطب فمثلاً لها فعل في إلتهاب المفاصل الروماتيزي rheumatoid arthritis، وفي التسمم السليكي silicosis وداء النقرس gout.

٤- تكون الاجسام الحالة لكريات الدم البيضاء والمونوسايت monocyte أساسية في الحماية والوقاية ضد البكتريا والرواشح.

٥- كما وجدة الاجسام الحالة في خلايا النبات حيث تشترك في تحلل وإزالة البروتين والنشأ في البادرات seedling خلال عملية الانبات germination.



الشكل ٥ – ٢ : رسم بياني يوضح الزيادة في فعالية الانزيم الهاضم للبروتين خلال دورة استحالة الدعرمة .

٦– كما أن بعض الانسجة تعاني إرتداداً بعد فترة نشاط بواسطة فعالية الاجسام الحالة ومثال ذلك انسجة الرحم حيث يكون وزنها بعد الولادة مباشرة ٢ كغم ولكن يعود بعد ٩ أيام الى حجمه الطبيعي ويزن ٥٠ غم. وقد لوحظ خلال هذه الفترة أن عدداً كبيراً من الخلايا ذاتية الهضم تقوم بهضم جميع المخلفات والمواد خارج الخلية وجزء من البطانة الداخلية للرحم.

مصدر الاجسام الحالة : Origin of Lysosomes

هنالك عدة احتمالات وضعت حول مصدر الاجسام الحالة اهمها :

١– أن تكوين الاجسام الحالة يتم من معقد كولجي. وقد اقترح بعض العلماء ان الانزيمات الموجودة في الاجسام الحالة يكون مصدر انتاجها نوعاً من الرايبوسومات المصاحبة للشبكة الاندوبلازمية وتنقل بعد ذلك الى جهاز كولجي الذي يكون بدوره الاجسام الحالة .

٢- كذلك يمكن افتراض ان الشبكة الاندوبلازمية الترسبية من معقد كولجي قد تشارك في نشوء الاجسام الحالة خاصة في المراحل الاولية

٣- وهناك دراسات اخرى معتمدة على تحليلات الكيمياء الحيوية ودراسة المجهر الالكتروني قد اظهرت ان تكوين الاجسام الحالة قد يتم في موضعين معتمداً على نوع الشبكة الاندوبلازمية.

الاجسام الدقيقة : Microbodies

وهي جسيمات صغيرة محاطة بغشاء ، توجد في السايتوبلازم ويتراوح قطرها بين ٠ر٠٥ - ١ر٥ مايكروميتر وتحتوي على مادة حبيبية ليس لها شكل معين او على مكونات بلورية في بعض الاحيان. كما تصنف الاجسام الدقيقة تبعاً لمحتواها الانزيمي الى صنفين :

١- اجسام بيروكسية Peroxysomes

٢- اجسام گلايوكسية Glyoxysomes

١- اجسام بيروكسية :

امكن ملاحظة جماميع الاجسام الثانوية من خلال استخدام تقنيات التجزئة الدقيقة للخلايا حيث تم عزلها من خلايا الكبد ومصادر اخرى فضلاً عن اللايسوسومات. وقد اتضح من دراسة الكيمياء الحيوية لهذه الاجسام انها غنية بانزيمات عديدة منها البيروكسيديس peroxidase والكتاليس catalase و د. أوكسيدايس الحامض الاميني D-aminoacid oxidase وأوكسيدايس اليوريا urate oxidase.

أما في النباتات فقد وجد تراكيب مشابهة في المظهر لبيروكسيسومات الخلايا الحيوانية لكنها تختلف في المحتوى الانزيمي حيث تتضمن انزيمات دورة الگلايوكسيلات glyoxylate تسمى الاجسام الگلايوكسية glyoxysomes.

الاجسام البيروكسية الحاوية على النويات :

Peroxisomes contain nucleoids

أوضحت دراسات المجهر الالكتروني ان هذه الاجسام مشابهة للاجسام الصغيرة الموجودة في خلايا الكبد والكلية وتفتقر هذه الاجسام الى الحبيبات ومحددة بغشاء مفرد وتحوي على المواد الحبيبية الدقيقة التي قد تتكثف في الوسط مكونة لباً متجانساً غير شفاف أو النيوكليويد nucleoid. ومن الدراسة الكمية على خلايا كبد الجرذي وجد ان معدل عدد الاجسام البيروكسية لكل خلية يتراوح مابين ٧٠ - ١٠٠ ، بينما يكون عدد اللايسوسومات لكل خلية كبدية بين ١٥ - ٢٠.

وفي عدد من الانسجة تظهر الاجسام البيروكسية اجساماً شبه بلورية مكونة من وحدات انبوبية ويرتبط عدد العضيات الحاوية على هذه الاجسام في بعض الاوقات بالمحتوى الانزيمي لانزيم أوكسيدايس اليوريا urate oxidase.

الاجسام البيروكسية الدقيقة : Microperoxisome

بالمقارنة بالاجسام البيروكسية الحاوية على النيوكليويد التي وجدت في خلايا الكبد والكلية هناك اجسام اصغر تفتقر الى النيوكليويد تسمى الاجسام البيروكسية الدقيقة، وقد وجدت في جميع الخلايا ولها علاقة بالشبكة الاندوبلازمية ، وهي يمكن ان تعد مواضع الشبكة الاندوبلازمية التي يتواجد فيها انزيم الكتاليس وانزيمات اخرى.

الوظيفة : Function

تكون وظائف الاجسام البيروكسية في الخلايا الحيوانية متعددة حيث يعتقد أن انزيم كتاليس البيروكسيسوم peroxisomal catalase يشترك في تحطيم بيروكسيد الهيدروجين السام جداً، أما مصدر البيروكسيد فهو من تفاعلات بيروكسيسومية اخرى.

أما أوكسيديس حامض اليوريا uricacid oxidase مع انزيمين آخرين الموجودة في البرمائيات فتكون مسؤولة عن عملية ايض البيورينات purines.

إن تراكم كميات من الاجسام البيروكسية في الخلايا الفعّالة والنشطة في أيض الليبيدات أدى الى الاعتقاد أن لهذه العضيات دوراً في عملية أيض الليبيدات.

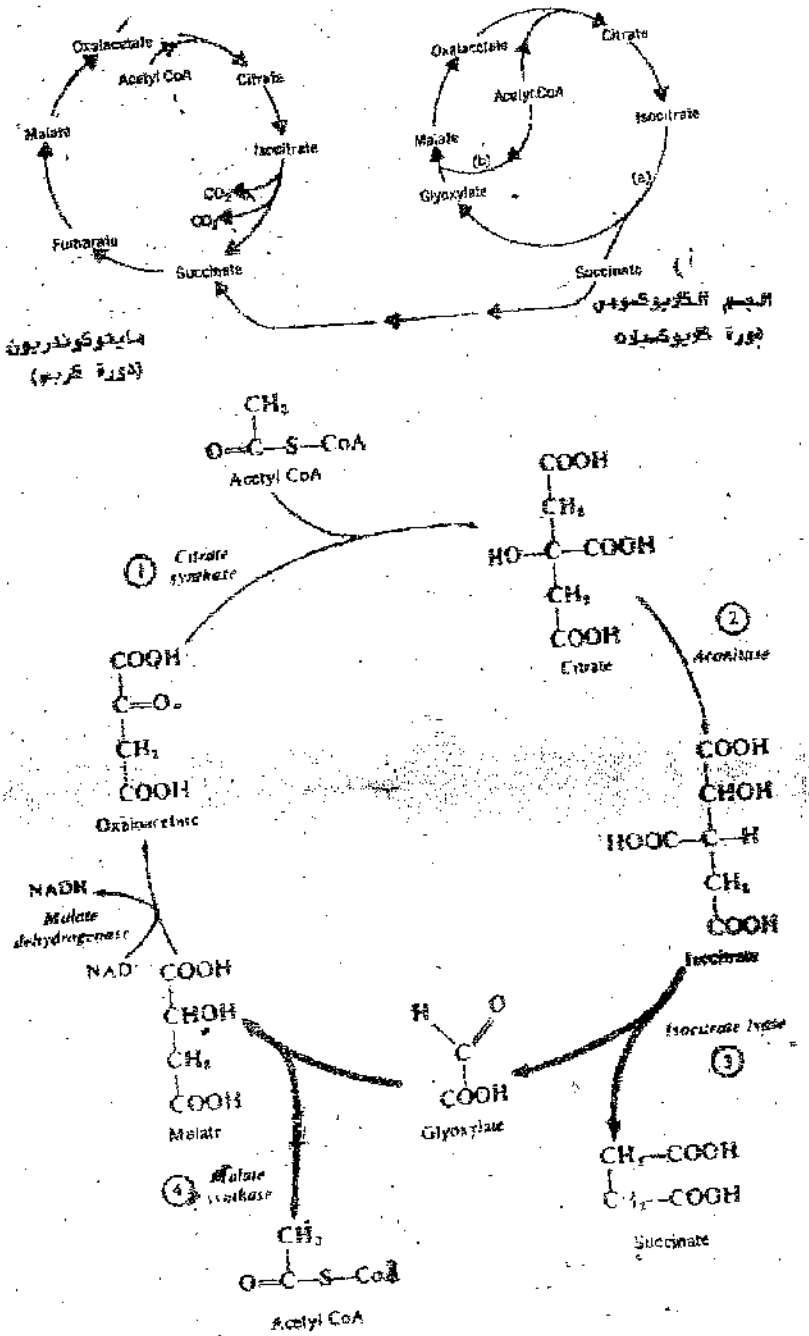
تكوين الاجسام البيروكسية : Formation of peroxisomes

يعتقد أن الاجسام البيروكسية تنشأ كنمو خارجي من الشبكة الاندوبلازمية وأن أنزيماتها تطلق الى حويضات الشبكة الاندوبلازمية بواسطة الرايبوسومات المتصلة. وحتى لو أن هذه الفكرة قد دعمت بدراسة المجهر الالكتروني لكن الدراسات الحديثة التي استخدمت فيها خلايا الكبد تقترح أن في هذا النوع من الخلايا ، العديد من أنزيمات الاجسام البيروكسية يبنى بواسطة الرايبوسومات غير المرتبطة (أي الرايبوسومات التي لاتتصل بالشبكة الاندوبلازمية) وثم تطلق الى التجويف ومن هناك تؤخذ الانزيمات ببطء بواسطة أجسام بيروكسية أولية pre-existing peroxisomes.

أجسام كلايوكسية : Glyoxysomes

أكتشف بريدنباخ وبيفيريس عام ١٩٦٧ H. Beevers & R. W. Breidenbach أن الاجسام المجهرية للخلايا الخازنة للدهن في البذور الدهنية النابتة تحوي على انزيمات دورة الكلايوكسيلات فضلاً عن انزيمات اجسام البيروكسيمية ، ولقد استخدم مصطلح الاجسام الكلايوكسية لها. وهي لاتحتوي على انزيمات دورة الكلايوكسيلات فقط بل تحتوي كذلك على العديد من الانزيمات المهمة لدورة كربس. فلذلك تعمل هذه الانزيمات في وقت واحد في المايتوكندريا والاجسام الكلايوكسية.

ويمكن توضيح العلاقة بين دورة الكربس ودورة الكلايوكسيلات كما في الشكل ٥ – ٣. حيث تتضمن كلا الدورتين التفاعلات نفسها لتكوين الايسوسترات isocitrate من الاستيل كوأ acetyl CoA والاوكسالوأسيتات oxaloacetate ولكن بعد هذه المرحلة يظهر الاختلاف. ففي دورة كربس يفقد الايسوسترات ذرتي كاربون بالتتابع لتكوين الساكسنات succinate وجزيئتين من ثاني أوكسيد الكاربون CO_2 بينما يتحول الايسوسترات في دورة الكلايوكسيلات الى سكسنات succinate وكليوكزيلات



الشكل ٥ - ٣ : (أ) العلاقة بين جسم كلايوكسي ومايتوكوندريون
(ب) دورة الكلايوكسيلات .

glyoxylate بدلاً من فقدان ذرتي كاربون بشكل CO_2 ويتحد المركب ثنائي الكاربون (الكلايوكزيلات) مع acetyl CoA لتكوين مركب رباعي الكاربون يسمى المالات malate، وتتحول الاربع ذرات كاربون الموجودة في جزيئتي acetyl CoA في النهاية الى مركب حاو لاربع ذرات كاربون الذي يتحول أخيراً الى السكسنات succinate ثم ينتقل الى المايتوكندريا ليتحول الى oxaloacetate يستخدم الـ oxalacetate بعد ذلك في عملية glucpneogenesis (وهي عملية صنع الكاربوهيدرات من دلائل الكاربوهيدرات الاحادية كما في حالة الدهونات والبروتينات).

يعتقد أن الاوكزالوأسيتات oxaloacetate المتكونة في المايتوكوندريا من الساكسنات succinate الموجودة في الكلايوكسيسوم تخدم على شكل دلائل مباشرة للـ pyruvate phosphoenol (P E P) . ثم يحدث تحويل الـ PEP الى كاربوهيدرات بصورة معكوسة لخطوات عملية تحلل السكر glycolysis. لذلك فان الانسجة الحاوية على الكلايوكسيسوم لها القابلية على تحويل مركبات بسيطة كالاسيتيت الحاوية على ذرتي كاربون الى كاربوهيدرات. وفي بعض الانسجة كما في الخلايا الخازنة للدهون في البذور يمكن الحصول على الاستيت خلال عملية انحلال الاحماض الدهنية لذلك فإن الاجسام الكلايوكسية تشترك في عملية تحويل الدهن الى كاربوهيدرات.

منشأ وتوزيع الاجسام الكلايوكسية :
Distribution and Origin of Glyoxisomes

تكون دورة الكلايكوكسيلات مهمة خاصة للخلايا التي تقتصر نموها على الاستيت أو الاحماض الدهنية (مثال عدد من الاحياء المجهرية) ، عندما تعمل الدورة مصدراً للحوامض الثنائية الكاربوكسيل ذات أربع ذرات كاربون. بعض الاحياء المجهرية من ضمنها اليوغلينا ، النيوروسبورا تحوي على دقائق تشبه الاجسام الكلايوكسية glyoxysome- like particles ، ولكن مصطلح اجسام كلايوكسية مقتصرة عادة على خلايا السويداء أو الفلقة الخازنة للدهون اثناء الانبات ، بينما لاتوجد اجسام كلايوكسية في اي مكان آخر في النباتات.

هناك بعض الاعتقادات ان للأجسام الكلايوك رايبوزيا لأوكسجينيا A. DN ، وهذا يظهر احتمالية ان هذه العضيات تمتلك بعض درجات الاستقلالية وعلى اية حال هذا الانطباع غير مقبول عموماً.

تظهر افرازات الاجسام الكلايوكسية انها تصنع بواسطة الرايبوسومات الحرة في التجويف Cystol ثم تؤخذ بعد ذلك في اغلب الاحيان من اجسام كلايوكسية متكونة سابقاً. اما مصدر الاجسام الكلايوكسية الجديدة يبقى غير معروف. فقد تنتج الاجسام الكلايوكسية على شكل نموات خارجية من الشبكة الاندوبلازمية او بواسطة الانشطار او التبرعم لعضيات موجودة اصلاً في الخلية .