الفصل العشرون

المحركات الخلوية CELLULAR MOVEMENTS

المعروف أن الطاقة لتى تتولد داخل الخلايا يتم إختزانها على هيئة أدينوزين من ثلاثى الفوسفات ATP وغيره من الفوسفات الغنية بالطاقة . وتستخدم هذه الطاقة فى عمليات التحول الكيميائى (وذلك مثل تخليق او تكوين البروتينات) وكذلك فى بعض النشاطات الميكانيكية . ويمكن تضمين العديد من الأنواع فى هذه المجال ، وإن كان أهم نوع منها هو الذى يلاحظ فى حركة الخلية cell motion .

ففى بعض حالات معينة تحدث حركات خلوية داخل البرتوبلازم ، دون حدوث تغير فى أشكال الخلايا ، وتعرف هذه الحركة بالحركة التموجية streamingأو الدوران الخلوى cyclosis . وفى حالات اخرى تحدث الحركة عن طريق تكوين الاقدام الكاذبة التى تساعد على تغير وضع الخلية ، وتعرف هذه بالحركة الاميبية amoeboid movement . وفى حالات اخرى تحدث الحركة عن طريق الاهداب cilia أو الاسواط flagella ، حيث يطلق عليها الحركة الهدبية ciliary motion أو الحركة السوطية flagellar motion - هذا بالاضافة إلى أن الحركة قد تحدث أيضا فى خيوط سيتوبلازمية معينة ، حيث تعرف بالحركة العضلية muscular motion .

والحركات الأميبية والهدبية والسوطية مألوفة فى الكائنات الأولية . وقد تتحرك الخلايا الجنينية أثناء فترة تميز الأجنة وأنسجتها . كذلك فإنه فى الاستزراع الخلوى فان خلايا التئام الجروح والخلايا السرطانية لها القدرة على الحركة الحرة . غير أنه فى حالة الحيوانات البالغة أو اليافعة ، فإن الخلايا الوحيدة القادرة على الحركة المرئية هى الخلايا الجنسية والطلائية المهدبة والخلايا الأميبية المتجولة والخلايا العضلية

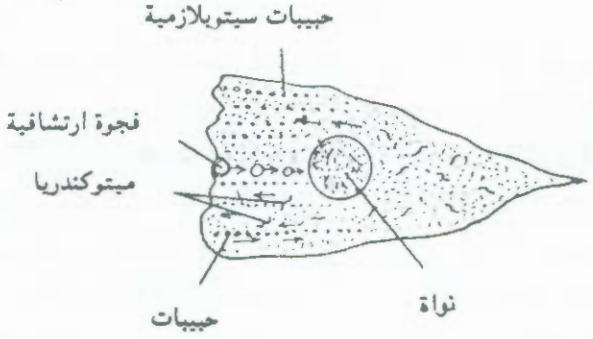
١ - الحركة السيتوبلازمية التموجية أو الدوران الخلوى :

Cytoplasmic streaming or cyclosis

عادة ، يمكن مشاهدة هذا النوع من الحركة فى الخلايا النباتية ، وكذلك فى بعض الأوليات - مثل البراميسيوم - ولكن بصورة أقل وضوحا . وبالمثل يمكن ملاحظة هذه الحركة التموجية فى بعض خلايا الحيوانات المتقدمة (شكل ١٢٠)

كذلك ، فان الانقسام الميتوزى بما يشتمله من زحزحة الاجسام المركزية والكروموسومات وبعض العضيات الخلوية الأخرى تدخل ضمن نطاق الحركات الخلوية .

وعادة تتم دراسة ظاهرة الدوران الخلوى هذه فى الخلايا النباتية خاصة خلايا طحالب بنيتلا Nitella الإسطوانية التى تتميز برقة الطبقة السيتوبلازمية فيها محيطة بالتجويف الخلوى الداخلى ، حيث لوحظ أن هذه الحركة تكون واضحة فى الجزء الأكثر سيولة فى الحيز الداخلى من المادة البروتوبلازمية .



(شكل ١٢.)
الحركة الخلوية فى خلية لبفية ثديية

ويمكن حفز هذه الحركةالخلوية فى الخلايا النباتية باستخدام مواد كيماوية معينة أو الضوء المرئى والحرارة وايونات معينة وكذلك عن طريق تغير الأس الهيدروجينى PH .

ومن ناحية أخرى ، يمكن تنشيط هذه الحركة باستخدام محفزات معينة مثل هرمونات النو النباتية ، وبعد ذلك يمكن إيقافها بإحداث إتلاف ميكانيكى أو الصدمات الكهربائية وبعض عقاقير التخدير ، وكقاعدة عامة ، فإن العوامل التى تعمل على تقليل معدل لزوجة الخلايا ، تعمل فى نفس الوقت على أسراع أو تنشيط معدل هذه الحركة الخلوية والعكس بالعكس .

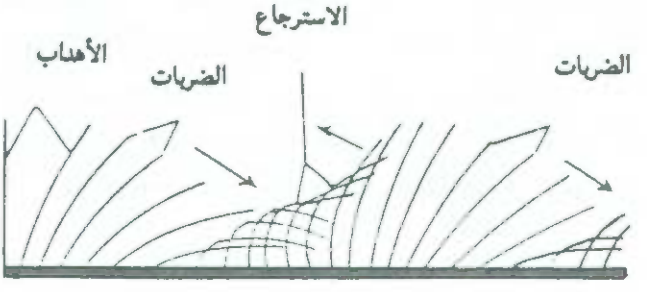
وتعتبر اللزوجة عامل من العوامل الهامة فى عملية الدوران الخوية ، وذلك لأن البرتوبلازم - كمادة غروانية - يمكن أن ينتقل من الحالة السائلة الى الحالة شبه الصلبه عن طريق التغيرات الانعكاسية صلب - سائل (sol-gel) .

٢ - الحركة الاميبية Amoebiod movement

فى حالة الدوران الخلوى (cyclosis) سابقة الذكر - تتم زحزحة التراكيب البروتوبلازمية دون حدوث تغيرات فى أشكال الخلايا ،أما فى حالة الحركة الأمينبية هذه ، فإن الخلايا تنتابها تغيرات بينة ؛ فاشكالها تتغير ، وزوائد أو اقدام كاذبة تمتد منها وفى داخلها تتساب المادة البرتوبلازمية . وقد اطلق على هذه الحركة هذا الاسم (الحركة الاميبية) لأنه يمكن مشاهدتها بسهولة فى الاميبا . كذلك تحدث فى خلايا أخرى مثل خلايا الدم البيضاء التى تملك القدرة على تكوين الأقدام الكاذبة بما يمكنها من الحركة . وفى مزارع الأنسجة ممكن أن تقوم الخلايا بتخليص نفسها من بقية الانسجة الأخرى وتتحرك بنشاط واضح . وهذه الظاهرة تحدث أيضا فى الخلايا الطلائية التى تختفى فيها الوصلات العرضية التى تربط الخلايا ببعضها ، ثم تتحرك بفاعلية مستقلة عن بعضها . وبالاضافة إلى ذلك ، فإن الخلايا الطلائية تقوم بتجريد نفسها عن بقية الانسجة فى حالة التئام الجروح وتتحرك بفاعلية فى عمق الجروح .

(شكل ١٢١)
تركيب الاميبا ونظامها الحركى

وبصورة عامة ، فإن الحركة الاميبية تحدث أكثر فى الخلايا التى تكون مستقرة على ركائز أو أنسجة أخرى صلبة نسبيا . ويلاحظ فى هذه الحالة أن بعض الخلايا يحدث فيها الانسياب السيتوبلازمى زائدة أو قدم كاذب واحد (وحيدة القدم) monopodial ، وغيرها متعدد هذه الاقدام (polypodial) . وتتخذ هذه الاقدام الكاذبة أشكالا مختلفة ، فقد تكون اسوانية أو مصيصية أو جنطية أو متفرعة ، وأحيانا ما تتشابك هذه الخيوط مكونة تركيبا شبكيا كما هو الحال فى الفورامينيفورا Foraminifera .



(شكل ١٢٢)
شكل يبين ميكانيكية ضربات الأهداب

وتعتبر الاميبا النموذج الأمثل لتوضيح مثل تلك الحركات الخلوية ، حيث يتكون من طبقة اكتوبلازم خارجية رائقة وطبقة اندوبلازمية داخليه هى الاكثر حجما . والمعروف أن مادة الاكتوبلازم هى التى تحيط بالاقدام الكاذبة التى تحتوى داخلها مادة الاندوبلازم . على أن معظم الحركات الخلوية المختلف تحدث بوضوح داخل طبقة الاندوبلازم . وقد لوحظ أن هناك عوامل مختلفة تؤثر على سرعة هذه الحركة ؛ حيث يعمل نقص الاكسيجين على إبطاء هذه الحركة ويسبب عدم توفر الكالسيوم على وقف هذه الحركة تماما . وتفسر هذه الحركات الاندوبلازمية حسب طبيعة هذه المادة خاصية ما تحويه من بروتينات . فالمعروف أن هذه المادة تشتمل على شبكة من الجزيئات البروتينية ترتبط ببعضها بروابط عرضية معينة ويعمل أى اتغير فى مدى قوة الترابط هذه أو درجه انثناءات ، وطول الجزيئات يتسبب فى إحداث تغيرات فى عمليات التحول (صلب إلى سائل) فى البروتوبلازم بما ينعكس على معدل نشاطات الحركات الخلوية .

٣ - الحركة الهدبية Ciliary motion

يحدث هذا النمط من الحركة بواسطة جسيمات دقيقة ، وهى عبارة عن خيوط سيتوبلازمية منقبضة تختلف فى اعداها واخحجامها فى الحالات المختلفة ، وكذلك فى مسمياتها تبعا لذلك . فإذا كانت قليلة وطويلة ، اطلق عليها عندئذ الأسواط Flagella. أما إذا كانت كثيرة ووفيرة ،عرفت عندئذ باسم الأهداب cilia توجد هذه العضيات فى الأوليات وفى بعض أنواع خلايا الحيوانات المتقدمة . وقد تتحد بعض هذه التراكيب مع بعضها مكونة قضبانا أو ذؤابات محددة cirri أو مكونة أغشية معينة مثل الغشاء الدورانى undulating membrane .

ونشاهد الأسواط بوضوح فى السوطيات مثل البوجلينا والتريبانوسوما وكذلك فى الخلايا المنوية ، كما تتضح الأهداب فى بعض الخلايا الطلائية .

تركيب الأهداب والأسواط Sturucture of cilia and flagella

يتكون الجهاز الهدبى ciliary apparatus من الأجزاء الآتية :

١- الهدب cilium من زائدة إسطوانية دقيقة تبرز من الحافة الحرة للخلية .

٢ - الجيبة القاعدية basal granuleالتى ينشأ منها الهدب .

٣ - القضيبات الهدبية the ciliary rootlets ، وهى ليفات دقيقة تنشأ من الحبيبة القاعدية فى بعض الخلايا تكون فيما بينهما جسما مخروطيا ينتهى قرب نواة الخلية .

التركيب الدقيق للأهداب والاسواط Ultrastructure of the cilia snd flagella

اظهر الميكروسكوب الالكترونى أن الهدب أو السوط يتكون من أحد عشر خيطا دقيقا مزدوجا ويبلغ قطر الهدب حوالى ٢٠٠٠ أنجستروم ، ويتكون الهدب من غشاء خارجى هو امتداد الغشاء الخلية ويحيط بمادة الهدب التى يوجد بها تسعة خيوط دقيقة بجانب اثنين أخرين فى مركز هذه المادة .

ميكانيكية الحركة الهدبية Mechanism of ciliary motion

ترتكز النظرية الحديثة للحركة الهدبية على معرفة التركيب الدقيق للهدب . و ترى نظرية منها ان مادة الهدب مادة يابسة ، وترى نظرية اخرى أن الخيوط الأحد عشر الدقيقة فى مادة الهدب يمكنها ان تنقبض ثم تنتشر هذه التقبضات على طول الهدب حتى نهايته ، ويعمل الخيطان المركزيان على إسراع هذه الحركة . كما ترى نظرية أخرى أن هذه الحركات تنشأ فى الحبيبات القاعدية ويمتد خلال الهدب باكمله . وقد وصف البعض هذه الحركة على الوجه التالى بصورة عامة:

تنقبض الخيوط ١ ، ٢ ، ٩ ، ٣ ، ٨ دافعة الهدب للحركة للأمام ، وعند العودة للحالة الاصلية ترتخى هذه الخيوط بينما تنقبض الخيوط ٤ ، ٧، ٥ ، ٦ محدثة الحركة العكسية . والمعروف ان الأدينوزين ثلاثى الفوسفات (ATP) يلعب دورا هاما فى هذه الحركة .

٤ - الحركة العضلية Muscular movement

يعتبر هذاالنوع من الحركات الخلوية أكثرها تميزا وتخصصا ، وذلك لأن الخلايا العضلية معدة للقيام بهذه التحركات التى تكون دائما فى اتجاه واحد ، وعلى ذلك فهى فى معظمها تأخذ شكلا مغزليا طوليا . والمعروف أن معظم الحيز السيتوبلازمى فى تلك الخلايا تحتله ليفات لها قدرة متميزة على التقبض (الليفات العضلية) . myofibrils وقد تم وصف نمط هذه الحركات أو الإنقباضات فيما قبل فى الجزء المتعلق بالليفات العضلية .