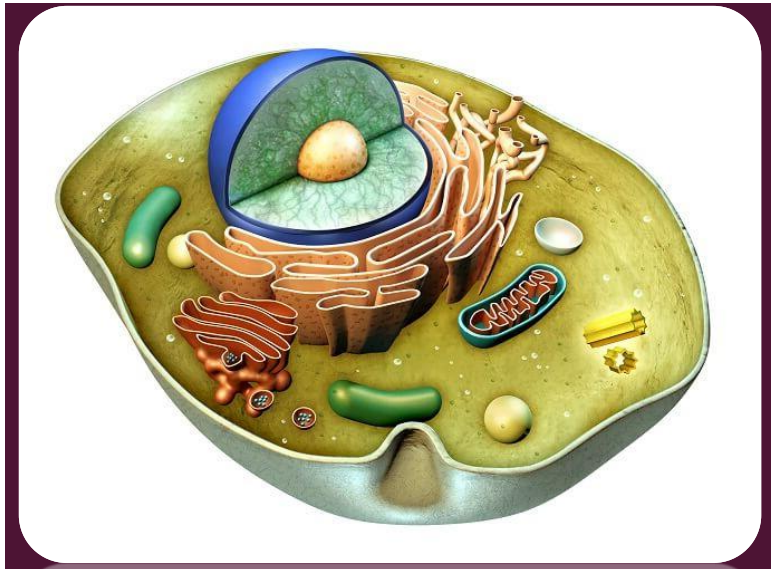
علم بايولوجية الخلية CELL BIOLOGY 2

المحاضـرة الحادية عشر

الانقسامات الخلوية CELL DIVISIONS



د. هبة عباس جاسم

كلية التـربية للعلوم الصرفة

قسم علوم الحياة

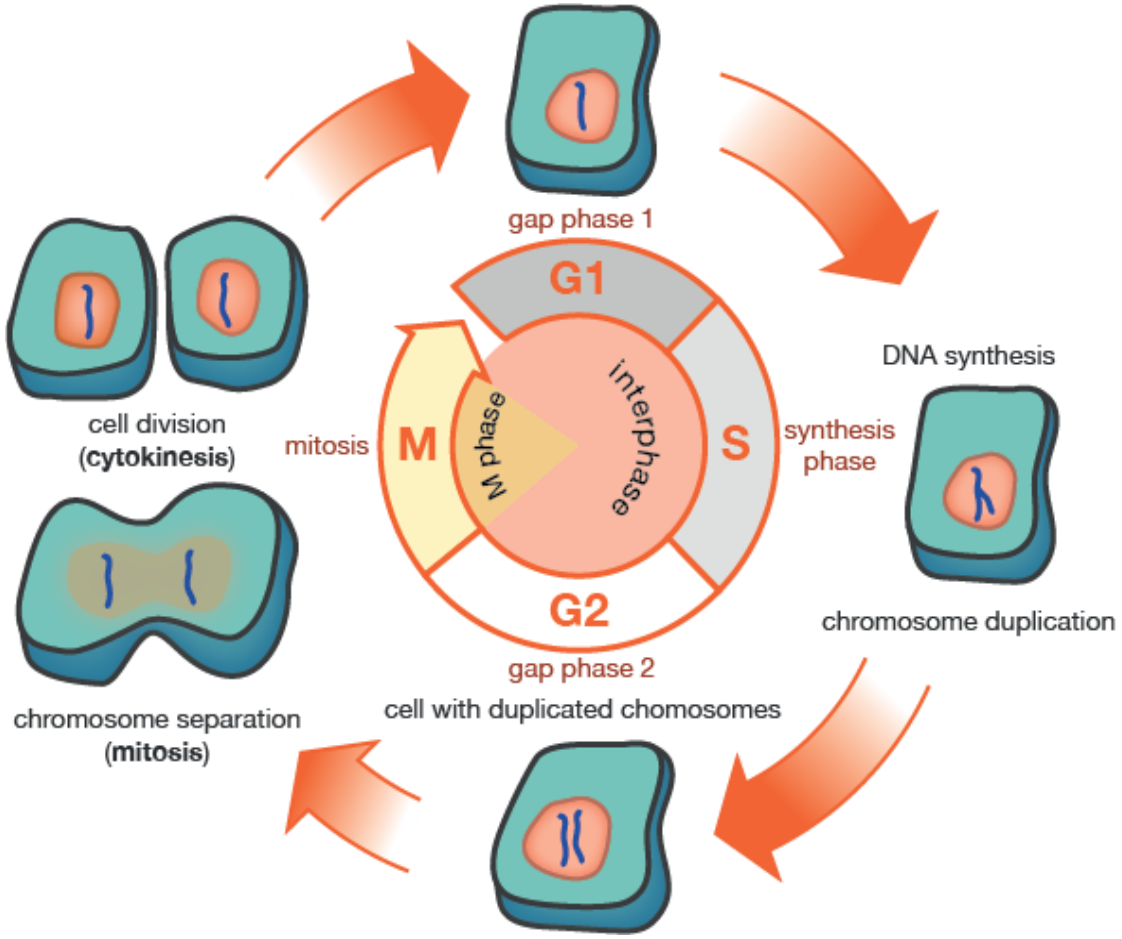
المرحلة الاولى

الانقسامات الخلوية Cell Divisions

تشترك العديد من العوامل والظروف في اندفاع الخلايا نحو الانقسام الخلوي. بعض هذه العوامل والظروف تم تحديدها ولا يزال الغموض يلف الأسباب الأخرى التي لها العلاقة بالانقسام الخلوي .

فالهرم والشيخوخة وزيادة مساحة السايتوبلازم الخلوي ووجود أنواع من البروتينات المحفزة (مثل بروتين P53) وزيادة النفوذية الايونية وارتفاع الجهد الكهربائي الخلوي وجد بان لها دوراً في عملية الانقسام ولكن لا يعرف بالضبط مالذي يدفع الخلية الى الانقسام بالصورة التي حدث. ولا بالالية التي تحكم تسلسل وقوع احداث الانقسام الخلوي .

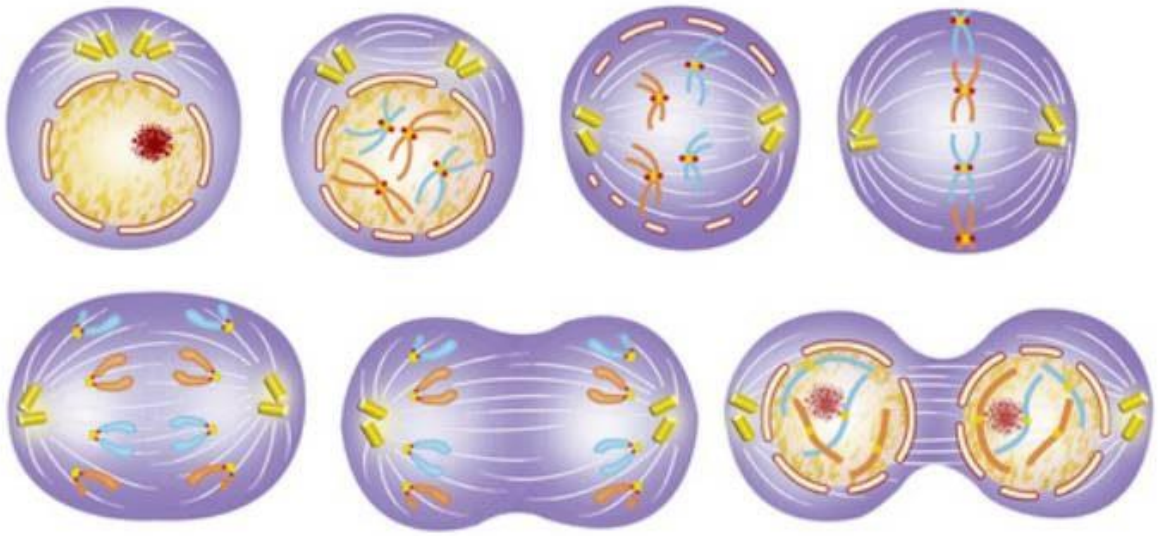
دورة الخلية CELL CYCLE



تمر الخلية بعدة مراحل يبدأ أولها قبل الانقسام وتدعى مرحلة G1 حيث تعمل الخلية خلال هذه المرحلة على تهيئة نفسها للانقسام فتزداد كمية المواد البروتينية ويزداد تركيز الحامض النووي الريبوزي وتستغرق هذه المرحلة من ساعة الى عدة ساعات اعتماداً على نوع الخلية وظروفها الفسلجية .

في المرحلة التالية وهي مرحلة -S تعمل الخلية على تضاعف مادتها الوراثية DNA و تبدأ الكروموسومات في الظهور والوضوح وتستمر هذه المرحلة حوالي 8 ساعات تظهر الكروموسومات في نهاية هذه المرحلة مؤلفة من ازواج من الكروماتيدات . تكمن الخلية بعد هذه المرحلة لفترة قصيرة تتراوح ما بين 2-5 ساعة تدعى هذه المرحلة بمرحلة G2 تدخل بعدها الخلية مرحلة الانقسام المايتوي M¯ ، ويليه انقسام السايتوبلازم وانفصال الخلايا المنقسمة عن بعضها (مرحلة -C).

الاحداث الدقيقة التي تحصل في الانقسام الخلوي:



أولا : الانقسام النووي Karyokinesis :

1- ظهور الكروموسومات .

2- اختفاء الغلاف النووي .

3- ظهور المريكزات الانقسامية .

4- بناء المغزل و الاشعة المغزلية .

5- المعقد التشابكي .

ثانيا : انقسام السايتوبلازم Cytokinesis

أولا: الانقسام النووي KARYOKINESIS

ظهور الكروموسومات APPEARANCE OF CHROMOSOMES

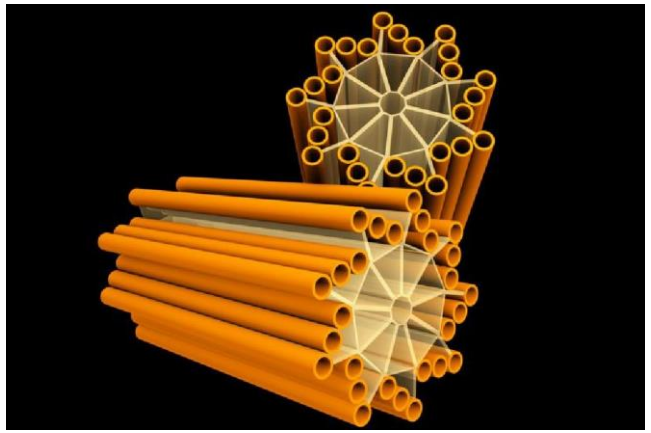
- تظهر الكروموسومات في المرحلة الأولى للانقسام كخيوط رفيعة جداً تتعاقب على بعضها البعض مؤلفة شبكة كروماتينية. وتظهر الكروموسومات في هذه المرحلة مؤلفة من خيوط رفيعة وطويلة جداً تحتوي على مواقع اكثر كثافة بحيث تبدو الكروموسومات و كأنها مسبحة ذات حبات دقيقة تنتشر على طولها.
- بعد تضاعف الحامض النووي DNA تتغلظ الكروموسومات وتقصر وتبدو اكثر وضوحاً ويتألف كل منها من زوج من الكروماتيدات المرتبطة مع بعضها عن طريق السنترومير
- تظهر الكروموسومات في افضل صورها التفصيلية واكثر وضوحاً وهي في الطور الاستوائي حيث تصطف عند استواء الخلية على هيئة ازواج ويمكن بالفحص المجهري العادي رؤية تفاصيلها الدقيقة . وبعد الانتهاء من الانقسام الخلوي تعود الكروموسومات تدريجياً الى حالتها الأولى حيث تبدأ بالضعف والطول و تتشابك مع بعضها مؤلفة شبكة الكروماتين التي تختفي حال انتهاء الانقسام ولا يمكن رؤية الكروموسومات بعد ذلك الا في المرحلة الانقسامية التالية .

DISAPPEARANCE OF THE NUCLEAR ENVELOPE اختفاء الغلاف النووي

- يبدأ الغلاف النووي بالتحلل و الاختفاء مع بداية الطور التمهيدي. لقد بينت الفحوصات المجهرية التي أجريت على الغلاف النووي في هذا الطور بان هناك ترابطاً وتماساً بين الانيبوبات المؤلفة لأشعة المغزل مع السطح الخارجي للغلاف النووي . لا تلبث اشعة المغزل بان تخترق الغلاف النووي من مواقع متعددة مؤدية الى التحام الاغشية المؤلفة للغلاف النووي ويتألف نتيجة لذلك العديد من الاشكال الحويصيلية المختلفة الحجم التي تتبدد في السايتوبلازم . كما يتحلل بعضها بينما تضمحل حويصلات أخرى ولا يعرف اين تذهب أجزاء الغلاف النووي الا انه يعتقد بانها تلتحم ربما مع الشبكة الاندوبلازمية الخشنة المجاورة او مع اغشية جهاز كولجي . وفي نهاية الغلاف النووي تتحرر الكروموسومات من النواة.

- اما بعد الانتهاء من الانقسام فانه يعاد بناء الغلاف النووي مرة أخرى حيث لوحظ احاطة كروموسومات الاطوار المتقدمة بأغشية مزدوجة متشابهه لتركيب الغلاف النووي ولاتلبث هذه ان تلتحم مع بعضها مؤلفة الحدود الخارجة للنواة ثم تنفصل الأجزاء الملتحمة عن الكروموسومات مكونة الغلاف النووي .

ظهور المريكزات الانقسامية APPEARANCE OF MITOTIC CENTRIOLES:

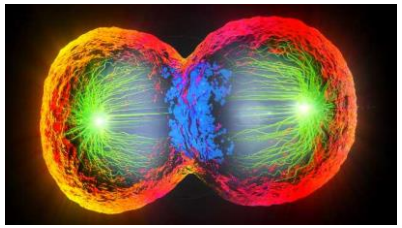


- تتموضع مريكزات الخلية في منطقة كثيفة مميزة تقع بالقرب من النواة ويطلق على مكوناتها بالجسم المركزي Centrosome . يتألف الجسم المركزي من جسمين دقيقين يعرفان بالمريكزان . يتكون كل منهما من جسمين اسطوانيين طويلين وجسمين اسطوانيين قصيرين يدعيان بالمريكزات البنوية Daughter centrioles يتعامدان تقريباً مع المريكزات الطويلة .
- يتألف المريكز كما سبق او ذكرنا من تسعة تجمعات ثلاثية من الانيبوبات الدقيقة التي تترتب بطريقة منحرفة على بعضها . يحتوي المريكز من الداخل على مادة كثيفة تمثل لب المريكز تحتوي على شريط متحلزن من الحامض النووي DNA.
- تتضاعف المريكزات في الطور البيني حيث ينمو المريكزان البنويان الى حجم مساوي لحجم وطول المريكزات الابوية ثم تنفصل المريكزات كنجهة نحو اقطاب الخلية ومولدة بنفس الوقت اعداد مختلفة من الانيبيبات الليفية للاشعة المركزية التي تؤلف مغزل الانقسام.

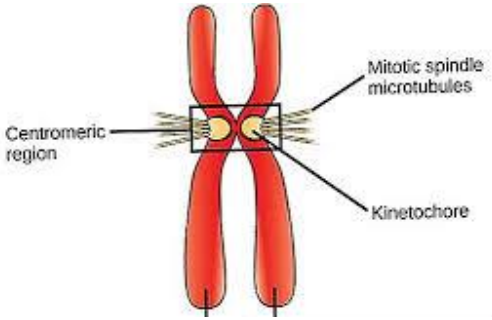
بناء االمغزل والاشعة المغزلية SPINDLE AND SPINDLE RAY CONSTRUCTION:

- تحدد اقطاب المغزل بالاجسام المريكزية المؤلفة من المريكزات ويشمل كل جسم مركزي موقعاً قطبياً حول موقع النواة.تنشأ الاشعة المغزلية من مريكزات الاجسام المركزية حيث تنمو انيبوبات دقيقة متعددة من مواقع مختلفة من المريكزات وتمتد هذه الانيبوبات على هيئة شعاعية ومن كلا القطبين . لا يعرف كيف تنشأ الانيبوبات المؤلفة للأشعة المغزلية .

تمتد الانيبوبات الدقيقة من المريكزات على هيئة مفردة او بشكل حزم وتبدأ ظهورها عن تحرك المريكزات باتجاه الأقطاب (مرحلة G1) . وبعد استقرار المريكزات في اقطاب الخلية تكون الاشعة المغزلية قد اكتملت ويظهر المغزل في هذه المرحلة مؤلفا من اعداد كبيرة من الانيبوبات الدقيقة التي تشكل الاشعة المغزلية . يمتد بعضها بين القطبين دون ان يرتبط مع الكروموسومات بينما يرتبط جزء منها في مواقع السنتروميترات الكروموسومية . كما يمتد بعضها الى موقع يتجاوز منتصف المغزل ولكنه لا يصل الى القطب المقابل . ترتبط الياف المغزل ارتباط مباشر او غير مباشر مع مواقع محددة على الكروموسومات تدعى بالمراكز الحركية Kinetochores تتمركز غالباً في مواقع السنتروميرات .



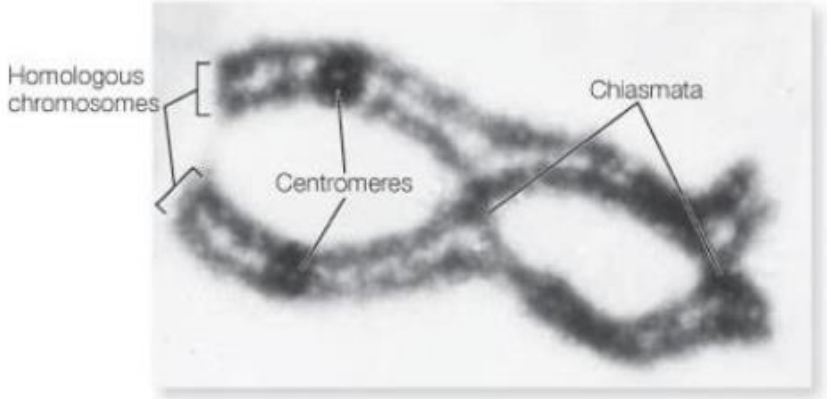
في المرحلة الانفصالية يحصل تقلص في طول الاشعة المغزلية ويؤدي ذلك الى سحب الكروموسومات نحو اقطاب الخلية .

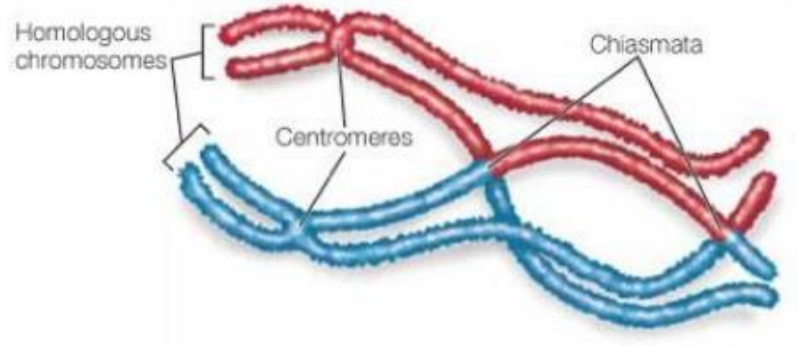


- ان عملية تقلص الياف المغزل غير معروفة تماماً الا انه يعتقد بان ما يحصل للالياف المغزلية مماثل لما يحصل في تقلص الخيوط العضلية حيث تتقلص الياف المغزل نتيجة وجود الجسور المستعرضة ربما تكون مؤلفة من بروتين الداينين الذي يعمل كانزيم اطلاق طاقة ATPase وان لها دوراً في تزويد الياف المغزل بالطاقة اللازمة للتقلص والانزلاق على بعضها . كما يفسر البعض التقلص الحاصل في الياف المغزل التى تحللها الى مونوميترات في مواقع ارتباطها القطبي مما يؤدي الى تقلصها .

SYNAPTONEMAL COMPLEX المعقد التشابكي

- تظهر المعقدات التشابكية في الدور الازدواجي Diplotene من الانقسام الاختزالي الأول Miosis I حيث ترتبط كروماتيدات الكروموسومات القرنة التي يحث بينها العبور Crossing over بمعقدات تشابكية في مواقع تدعى بالكيازما Chiasmata . تتألف المعقدات التشابكية من حبيبات وخيوط بروتينية طويلة ومستعرضة وتمتد الياف من الكروموسومات في هذا الموقع على هيئة كتل جانبية وتظهر مناطق المعقدات داكنة اللون عند الاصطباغ .

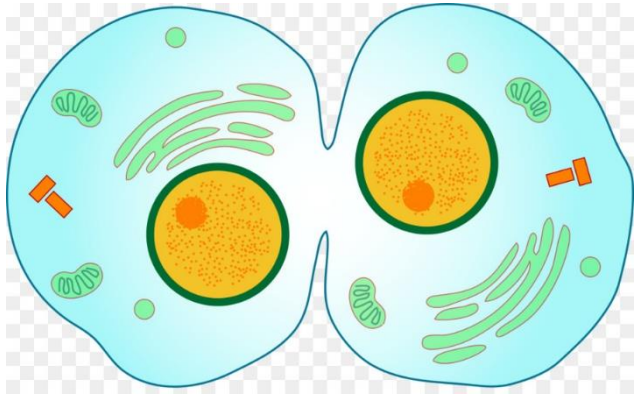




- ويبدو بان هذه المعقدات تبدأ بالظهور في مراحل سابقة ولكنها تصبح متكاملة وفعالة عند تجاوز الكروماتيدات القرينة في الدور الازدواجي .

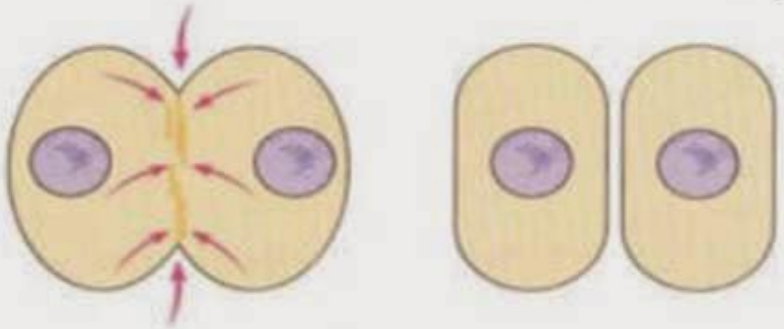
انقسام السايتوبلازم CYTOKINESIS:

- يعتبر الانقسام السايتوبلازمي المرحلة النهائية التي تسبق انفصال الخلايا البنوية الناتجة عن الانقسام الخلوي . ولكنه يبدأ في حقيقة الامر ما بين الطور النهائي والانفصالي .
- يترافق انقسام السايتوبلازم مع استطالة الخلية وظهور اخاديد جانبية تنشأ من طيات الغشاء البلازمي نحو الداخل بصورة قائمة على محور المغزل عند الاستواء .
- تتحدد هذه الاخاديد قبل الطور الاستوائي وليس للمغزل او الصبغيات دور في تكوينها حيث لا يتغير موقع الاخاديد عند تغيير موقع المغزل بالطرد المركزي . كما يستمر تعمق الاخاديد واستمرار انقسام السايتوبلازم حتى عند إزالة المغزل . الا انه يعتقد بان للمريكزات دور ما في ذلك وخصوصاً بان هناك زيادة في عدد الانيبوبات الدقيقة في خط الاستواء يترافق مع ظهور الاخاديد.
- تتعمق اخاديد الانقسام السايتوبلازمي بتقدم الانقسام الخلوي وتظهر إضافة للطيات الغشائية فقاعات غشائية مجاورة للاخاديد ويعتقد بانها تعمل على الالتحام مع الغشاء البلازمي في موقع الاخاديد لزيادة مساحته السطحية بحيث يؤدي ذلك باستمرار الى تعميق الاخاديد الجانبية ويساعد على الاقتراب من بعضها .
- يترافق تعمق الاخاديد الجانبية مع تحول السايوبلازم في المنطقة الاستوائية الى مادة هلامية تساعد على جذب نهايات الاخاديد نحو بعضها حتى ينتهي الانقسام بتكوين جدار فاصل كامل نتيجة التحام نهايات الاخاديد مع بعضها .
- يختلف حجم الخلايا البنوية الناتجة عن الانقسام اعتماداً على كمية السايتوبلازم التي تحصل عليه قبل الانفصال ولا يعرف السبب في اختلاف هذه الكمية .

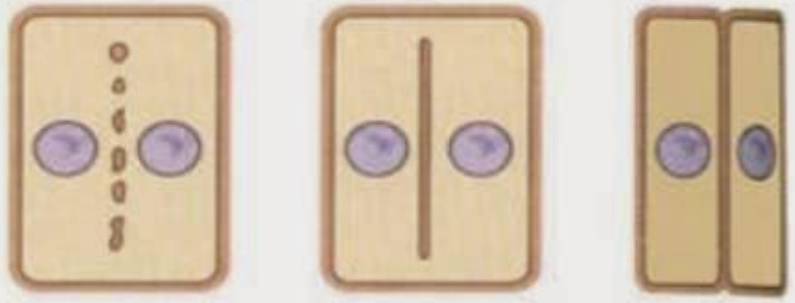


اختلاف الانقسام السايتوبلازمي في الخلايا النباتية عن الخلايا الحيوانية

- يحدث الانقسام السايتوبلازمي في الطور النهائي ويحدث في الخلايا الحيوانية بعملية التفلج Cleavage حيث يظهر تخصر في سطح الخلية يزداد تدريجيا في العمق وتتكون لييفات دقيقة انقباضية من الاكتين تسبب زيادة تعمق التخصر تدريجيا حتى تتكون خليتان اما في الخلايا النباتية فتتجمع مجموعة من الحويصلات تكون الصفيحة الوسطى التي تنمو للخارج حتى تنفصل الخلية الى خليتين .



(شكل ٣١ -١) رسم توضيحى لتكوين الغشاء الخلوى فى الخلية الحيوانية



(شكل ٣١ -ب) رسم توضيحى لتكوين الجدار الخلوى فى الخلية النباتية

المصادر:

- ابراهيم، محمد رضا علي (1999) الخلية والوراثة. مكتبة ابن سينا، القاهرة
- عزيز، جبرائيل برصوم (2000) بايولوجية الخلية، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل
- الفيصل، عبد الحسين (2000) الخلية : التركيب الدقيق والوظائف. الاهلية ، المملكة الاردنية
- Verma, P.S., (2005). Cell biology, genetics Molecular Biology, Evolution and ecology
- Pollard et al (2017) Cell Biology, 3ed, Elsevier

- **ملاحظة: المحاضرة الكاملة في الصف الالكتروني**