



جامعة الجزيرة الخاصة
ALJAZEERA PRIVATE UNIVERSITY

بيولوجيا حيوانية

المحاضرة النظرية التاسعة

أ.م. الدكتورة غالية أبو الشامات

م. الدكتورة مها شعبان

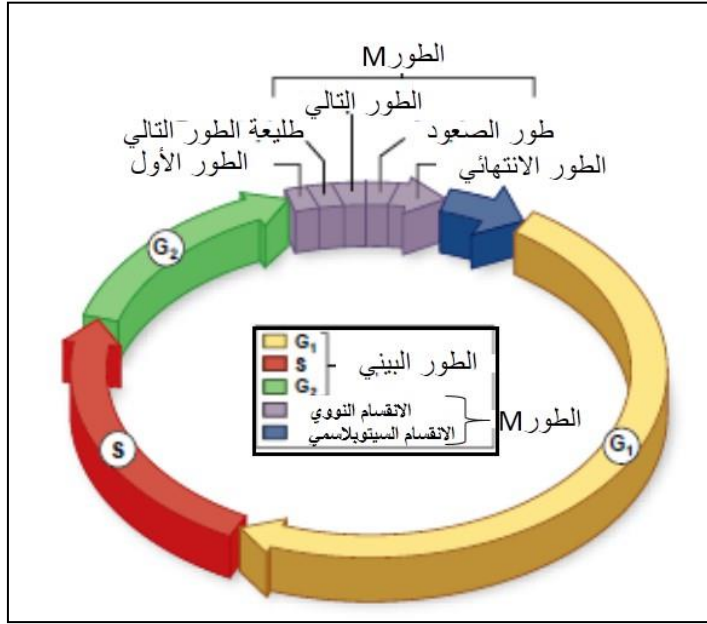
الفصل الأول 2018 - 2019

الدارة الخلوية Cell Cycle

ويمكن تعريفها بأنها: مجموعة الأحداث المنظمة التي يتحقق من خلالها زيادة عدد الخلايا ونمو المتعضية أو الكائن الحي وتطوره.

❖ مراحل الدورة الخلوية

يسمى الطور ما بين انقسامين متتالين بالطور البيني (interphase) والذي يبدأ بالطور G1 (GAP 1)، إذ تكون الصبغيات في أعلى حد من الارتخاء والتطاوُل وتأخذ شكلاً حلزونياً متعرجاً. تكون الخلية في أثناء الطور البيني نشيطة استقلابياً، إذ تبدأ بتركيب جميع ما يلزمها من أنزيمات وبروتينات ومركبات مهمة استعداداً للدخول في مرحلة الانقسام. تكون الخلايا المتوقفة عن الانقسام كالخلايا العصبية مثلاً، متوقفة عند هذا الطور وتدخل فيما يُعرف بالطور G0 ، ويمكن أن تبقى الخلايا في هذا الطور لفترة غير محددة من الوقت، وذلك عندما لا تكون هناك حاجة لخلايا جديدة. إلا أنه في ظل ظروف محددة من الممكن إعادة إدخالها في الطور G1 و عندها تبدأ بالانقسام مرة أخرى. يلي الطور G1 طور التركيب (synthesis phase) S إذ يتم فيه تضاعف الـ DNA وبالتالي يصبح كروماتين كل صبغي من الصبغيات متضاعفاً، الأمر الذي يؤدي إلى تشكيل كروماتيدين اثنين. ينتهي الطور البيني بالطور G2 (GAP 2) القصير حيث تبدأ الصبغيات بالتكثف استعداداً لدخول مرحلة الانقسام أو ما يدعى بالطور M



رسم تخطيطي يبين المراحل المختلفة للدورة الخلوية

جدير بالذكر أن الزمن الذي تستغرقه الخلية لاستكمال دارتها الخلوية يختلف باختلاف الخلية نفسها. فالخلايا الجنينية تكمل دارتها الخلوية في أقل من 20 دقيقة. وتُعدُّ الدارة الخلوية في الخلايا الجنينية لذباب الفاكهة الأقصر زمنًا إذ تبلغ 8 دقائق فقط! أما الخلايا الناضجة أو المكتملة فهي تتطلب وقتًا أطول لتنمو. تستغرق الدارة الخلوية لدى خلايا الثدييات عادة قرابة 24 ساعة غير أن بعض الخلايا كخلايا معينة في الكبد تدوم دارتها الخلوية أكثر من سنة تقريباً!

تضاعف جزيء الـ DNA

يتميز الـ DNA بقابلية التضاعف الذاتي، والذي يؤمن انتقال المعلومات الوراثية من جيل لآخر، وبالتالي يجب أن تكون عملية التضاعف كاملة ودقيقة للمحافظة على الثبات الوراثي داخل الخلية وداخل العضوية وحتى داخل النوع الواحد. كما يمتاز جزيء الـ DNA مضاعف السلسلة بأن تتالي الأسس في إحدى سلسلتي الجزيء يتم تتالي الأسس في السلسلة الأخرى المقابلة لها؛ إذ ترتبط الأسس الأزوتية المتقابلة وفق مبدأ التتامية، وبالتالي يتحكم تتالي أسس إحدى السلسلتين في تتالي السلسلة الأخرى، فالأدينين (A)

لا يرتبط إلا مع التايمين (T) و السيتوزين (C) لا يرتبط إلا مع الغوانين (G). لذلك فإنه لدى الانتهاء من عملية التضاعف تتشكل سلسلة مضاعفة جديدة مماثلة للأصل و عندما تنقسم الخلية تصان المعلومات الوراثية ويحافظ عليها وتنقل من دون تغيير إلى الخلايا البنات المتشكلة.

يتضاعف جزيء الـ DNA بطريقة التضاعف نصف المحافظ؛ أي تقوم كلتا سلسلتي جزيء DNA بالعمل كمرصاف (قالب) لبناء سلسلة مقابلة لها. وبذلك يكون نصف جزيء الـ DNA مكوناً من الجزيء الأبوي الموروث والنصف الآخر مركباً حديثاً. وهذا يعني أن سلسلة واحدة تبقى محافظة في كل حلزون مضاعف جديد إذ يتم تشكل جزيئين جديدين من الـ DNA تحوي كل واحدة منهما على سلسلة مرصافية آتية من الجزيء الأب وسلسلة متممة لها وفقاً لمبدأ التتامية. وبذلك يتحقق نقل المعلومات الوراثية المخزنة في جزيء الـ DNA الأصلي إلى الجزيئين الوليدتين بحيث تملك كل خلية وليدة نفس المعلومات الوراثية للخلية الأم. يجب أن تكون عملية التضاعف كاملة ودقيقة للمحافظة على الثبات الوراثي داخل الخلية وداخل العضوية وحتى داخل النوع الواحد

هناك العديد من الأنزيمات التي تساهم في عملية التضاعف وبعد أنزيم الـ DNA بوليميراز أهمها حيث يقوم بإضافة نكليوتيدات جديدة إلى النهاية '3' الحرّة من السلسلة الجديدة المتشكلة ويقوم أيضاً بما يدعى بتدقيق ومراجعة القراءة proofreading وتصحيحها حيث يقوم بتدقيق النكليوتيدات المضافة حديثاً وفحصها للتأكد من كونها متتامة مع الأساس المرصاف template فإذا كانت غير متطابقة يقوم باستبدالها وهكذا يتبين دور الأنزيم في تحقيق الضمان الأكيد والدقة المتناهية والتصحيح المستمر في تركيب سلسلة الـ DNA مكتملة للسلسلة المرصاف وفقاً للمعلومات المحمولة على السلسلة المرصافية



التضاعف نصف المحافظ لجزء الـ DNA

أهمية عملية تضاعف الـ DNA

يعد الـ DNA مخزناً للمعلومات الوراثية الضرورية لبناء عضوية من نوع أبويها، فهو يحوي المخطط (blueprint) لبناء العضوية ومن خلال عملية التضاعف يتم نسخ وانتقال كامل الجينوم إلى كل خلية جديدة ناتجة فالتضاعف هو الآلية الوراثية التي من خلالها تنتقل المعلومات الوراثية من الآباء إلى الأبناء حيث تتيح تدفق ونقل المعلومات الوراثية من جيل لآخر. يتميز جزء الـ DNA بقابلية التضاعف الذاتي وبقابلية نسخ الـ RNA عنه حيث يؤمن بذلك السيطرة الوراثية على تركيب البروتين وبالتالي كافة الأفعال الحيوية داخل الخلية وللمتعضية ككل.

يتضاعف الـ DNA الفيروسات داخل جسم الخلية المضيفة

ويتضاعف الـ DNA في طليعات النوى داخل المنطقة النووية (النكليويد)

وداخل النواة في الكائنات حقيقيات النوى

الانقسام المتساوي أو الخيطي، mitosis

تبدأ الكائنات متعددة الخلايا ومضاعفة الصيغة الصبغية حياتها ابتداءً من خلية واحدة هي البيضة الملقحة zygote. و إنّ انقسام البيضة الملقحة والخلايا الناتجة عنها انقسامات متساوية يُعدُّ أساس التنامي و نمو الكائن الحي. وفي الكائن البالغ يُعدُّ الانقسام الخلوي ضرورياً لعملية التئام الجروح وتعويض الخلايا والنسج التالفة وكذلك في الخلايا الشبكية reticulocytes لتكوين كريات الدم الحمراء الناضجة.

ويمكن تعريف الانقسام المتساوي بأنه: انقسام يحصل للخلايا الجسمية ويؤدي إلى إنتاج خليتين بنتين متماثلتين ومماثلتين للخلية الأم، حيث يتحقق من خلاله توزيع الصبغيات بشكل متساوٍ بين الخلايا الناتجة بفضل انقسام كل صبغي إلى صُبيغين اثنين وتوزع هذه الصبغيات على الخلايا الناتجة.

وكما ذكرنا سابقاً فإنّ الانقسام الخلوي يتكون من عمليتين متميزتين تحدثان بشكل متواصل هما : الانقسام النووي و الانقسام السيتوبلازمي cytokinesis.

❖ الانقسام النووي : وفيه يمكن تمييز 5 أطوار واضحة هي:

1- الطَّورُ الأوَّلُ Prophase: وفيه يبدأ الكروماتين بالتكثف إذ يصبح بالإمكان ملاحظته على شكل صبغيات قابلة للملاحظة العينية بالمجهر الضوئي، كما تختفي النوية nucleolus ، ويتحرك المريكزان باتجاه قطبي الخلية و يبدأ مغزل الانقسام بالتشكل.

2- طَلِيعَةُ الطَّورِ التَّالِيِ Prometaphase: يبدأ الغشاء النووي بالانحلال، وتتشكل حول الجزء المركزي من كل صبغي بنية تدعى بالحَيِّزُ الحَرَكِيُّ أو التخصر الأولي (kinetochore)، والذي من خلاله يسمح بارتباط كل صبغي إلى أنيبيبات مغزل الانقسام.

3- الطَّورُ التَّالِيِ Metaphase: وفيه تصطف الصبغيات على طول ما يدعى بالصفحة الاستوائية (metaphase plate) وتكون الصبغيات في هذا الطور أكثر تكثفاً ووضوحاً ويمكن مشاهدتها بشكل مرئي وواضح باستخدام المجهر الضوئي. إنّ ترتيب الصبغيات بهذه الطريقة يسمح بحصول الخلايا الناتجة

في المرحلة التالية على العدد نفسه من الصبغيات، حيث يكون كل صبغي من الصبغيات مؤلف من كروماتيدين أخوين منفصلين بشكل طولي و متصلين بالجزء المركزي.

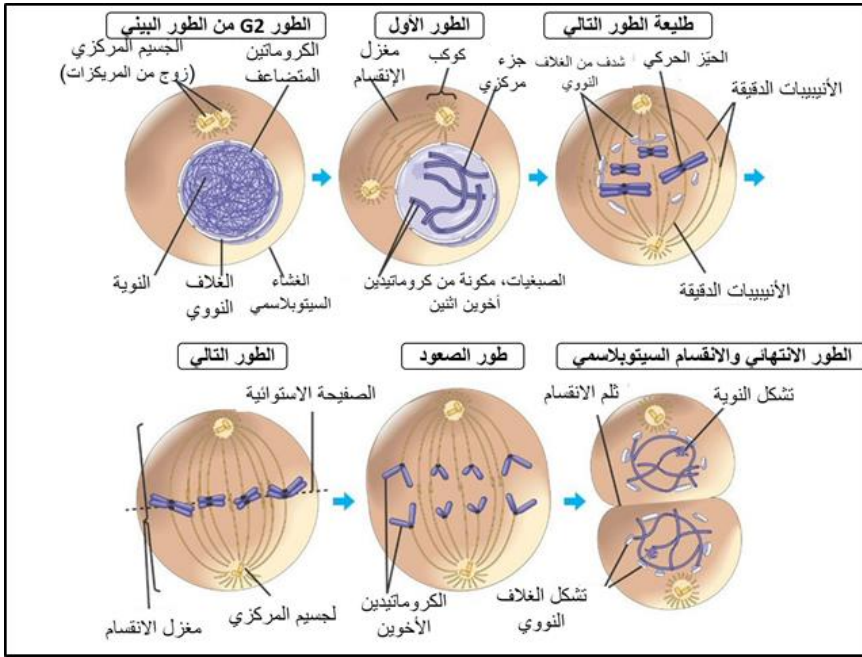
4- طَوْرُ الصُّعُودِ Anaphase : وفيه يفصل الجزء المركزي لكل صبغي من الصبغيات بشكل طولي، مؤدياً إلى انفصال الكروماتيدين الأخوين عن بعضهما بعضاً و تحركهما بالاتجاه المعاكس نحو قطبي الخلية. وتتم هذه الحركة بفضل الحَيِّزِ الحَرَكِيِّ (kinetochore) الذي يساعد على هجرة الصبغيات و حركتها على طول أنيبيبات المغزل.

5- الطَّوْرُ الأَنْتِهَائِيّ Telophase: تكون الكروماتيدات (الصبغيات) قد انفصلت بشكل كامل في هذا الطور وتمركزت حول قطبي الخلية، عندها يبدأ الغشاء النووي بالتشكل حول كل مجموعة من تلك الصبغيات. وتكون الصبغيات في هذا الطور غير مرئية بالمجهر الضوئي، وتختفي خيوط المغزل وتتحل تماماً كما يبدأ انقسام السيتوبلازما اعتباراً من هذا الطور و يؤدي ذلك إلى إنتاج خليتين بنتين كل واحدة منهما تحوي العدد ذاته من الصبغيات (المجموعة مضاعفة الصيغة الصبغية diploid).

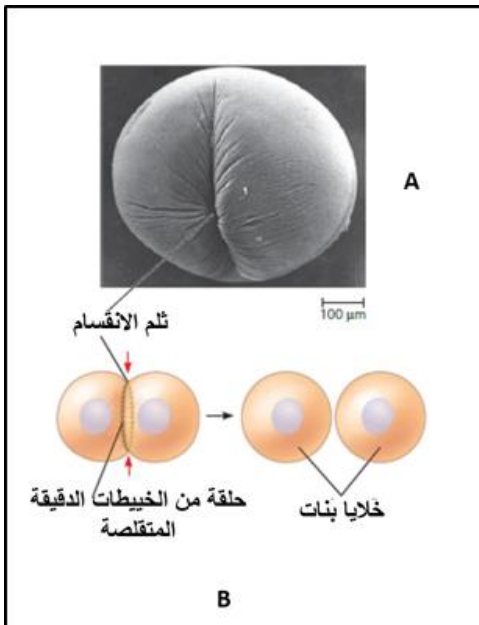
❖ الانقسام السيتوبلازمي :

يحدث الانقسام السيتوبلازمي في الخلايا الحيوانية، من خلال عملية تعرف باسم الانشطار (cleavage). وتكون أول بادرة له ظهور تلم الانقسام أو الانشطار (cleavage furrow)، وهو أخدود سطحي يظهر بالقرب من سطح الخلية. ويبدو على الجانب السيتوبلازمي من الأخدود حلقة قابلة للانقباض مكونة من خيوطات دقيقة من الأكتين المرتبطة مع جزيئات من بروتين الميوزين. إنَّ تَأثُرَ الخيوطات الدقيقة مع جزيئات الميوزين يؤدي إلى تقلص الحلقة. يرافق التقلص انخماص الأخدود تدريجياً نحو الداخل حتى انفصال الخلية إلى خليتين بنتين منفصلتين تماماً تحوي كل واحدة منهما نواتها وعضياتها وعصارتها الخلوية الخاصة.

أما في الخلايا النباتية حيث يوجد الجدار الخلوي، فيختلف الانقسام السيتوبلازمي بشكل ملحوظ. إذ لا يظهر ثلم الانقسام، بالمقابل تتحرك حويصلات ناشئة عن جهاز غولجي على طول الأنابيب الدقيقة نحو منتصف الخلية حيث تتجمع و تلتحم معاً لتشكل الصفيحة الخلوية (cell plate). تتجمع مكونات الجدار الخلوي المحمولة في الحويصلات ضمن الصفيحة الخلوية في أثناء نموها. تكبر الصفيحة الخلوية إلى أن تندمج أغشيتها المحيطة مع الغشاء السيتوبلازمي على طول محيط الخلية. وتكون النتيجة تشكل خليتين بنتين تملك كل واحدة منها غشاءها السيتوبلازمي، وفي الوقت نفسه تكون جدار خلوي جديد بين الخليتين البنتين من مكونات الصفيحة الخلوية.



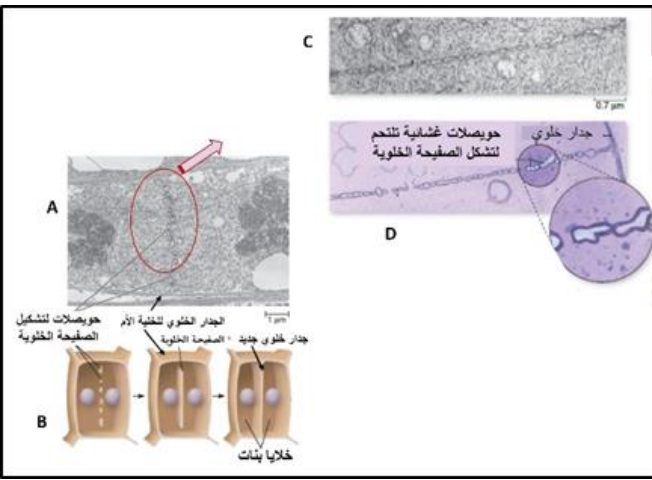
الحيوانية



مراحل الانقسام المتساوي والتبدلات التي تطرأ على الخلية

أثاؤه لمزيد من الشرح يرجع إلى النص

A صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح لانقسام الخلية الحيوانية. B: رسم تخطيطي يوضح آلية انقسام الخلية الحيوانية



الانقسام السيتوبلازمي في الخلايا النباتية. A: صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لتشكل الصفيحة الخلوية. B: رسم

تخطيطي يوضح مراحل تشكل الصفيحة الخلوية. C: صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ مكبرة عن A و D: رسم تخطيطي

تفصيلي يبين التحام الحويصلات الغشائية لتشكل الصفيحة الخلوية.

الفروق بين انقسام الخلية النباتية و الخلية الحيوانية:

هناك ثلاثة فروق رئيسة بين انقسام خلايا النبات و انقسام خلايا الحيوان المتساوي:

1- في المرحلة التمهيديّة: يظهر لدى الخلية الحيوانية كوكبان (Aster) في مستوى القطبين (يتشكلان من

الجسيم المركزي) لتتشكل المغازل، أما عند الخلية النباتية فلا يظهر الكوكبان وإنما تتشكل قنسوة قطبية

عند كل قطب (يتشكلان نتيجة تكاثف السيتوبلازما) وتتشكل المغازل في السيتوبلازما بعد ذلك.

2- في المرحلة النهائية: يظهر في منتصف الخلية الحيوانية اختناق يقسم الخلية الأم إلى خليتين بنتين، أما عند الخلية النباتية فيتم ذلك عن طريق الصفيحة الخلوية التي تصل ثم تندمج مع السيتوبلازما مشكلة جداراً خلويًا جديداً يفصل الخليتين البنتين.

3- يحدث الانقسام المتساوي في جميع النسيج عند الخلايا الحيوانية أما لدى النبات فيلاحظ فقط في خلايا الميرستيم.

نظام مراقبة و التحكم بالدارة الخلوية

عملية الانقسام الخلوي عملية دقيقة جداً ومنضبطة بشدة، إذ هناك نقاط مراقبة (checkpoints) يضمن بأن تحدث عملية الانقسام بدقة متناهية جداً، ويتم التأكد من جاهزية الخلية للدخول في الانقسام و ضبط تضاعف الجينوم وانتقاله إلى الخلايا البنات، ويتم التأكد من حصول عملية التضاعف وإصلاح الخلل (إن وجد) قبل الانتقال إلى المرحلة التالية، وبذلك يضمن حصول الخلايا البنات على نفس العدد الصبغي وتكون الخلايا البنات الناتجة متماثلة وراثياً مع الخلية الأم الأصل. وفي حال حدث أي خلل في نظام المراقبة هذا فإن ذلك قد يؤدي إلى نشوء السرطان.

ويتم التحكم بالدارة الخلوية من خلال وجود بعض البروتينات في سيتوبلازما الخلية تشارك في

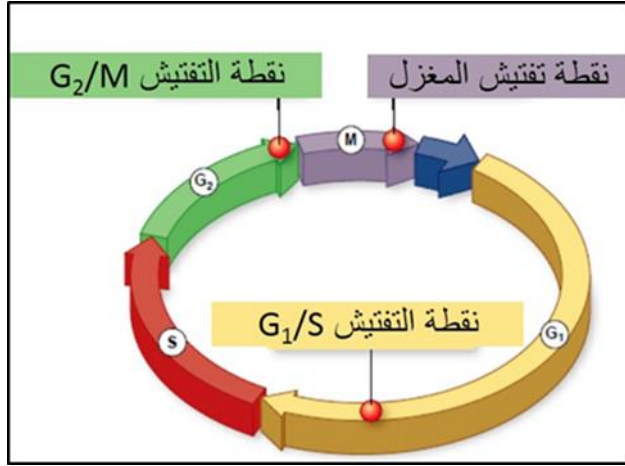
آليات معقدة تعطي اشارات سماح او توقف عن الانقسام

ينكون نظام المراقبة من ثلاث نقاط تدعى نقاط التفتيش عندها يمكن للخلية أن توقف أو تؤخر دارتها

الخلوية، تستخدم الخلية هذه النقاط لتقييم حالتها الداخلية، هذه النقاط هي: نقطة التفتيش G1/S و نقطة

التفتيش G2/M وأخيراً نقطة تفتيش تشكل مغزل الانقسام التي تؤكد على ارتباط جميع الصبغيات إلى خيوط

المغزل وأنها جاهزة للدخول في طور الصعود.



رسم تخطيطي لأماكن وجود نقاط المراقبة والتفتيش على سيرورة عملية الانقسام والداراة الخلوية بشكل عام

أهم نقطة من نقاط التحكم G1 إذ تتحكم بقرار مصير الخلية إما الاستمرار في الدارة الخلوية (تكاثر ونمو) أو التمايز (الخروج من الدارة الخلوية) تؤدي وظائفها المنوطة بها أو أن تدخل في الموت الخلوي المبرمج (الاستموات apoptosis). أهم بروتين في تلك النقطة هو p53 الذي ترمز له مورثة تابعة لزمرة المورثات

الكابحة للورم tumor suppressor

النقطة G2 تتحقق من جهوزية الخلية للدخول في الانقسام و تضاعف الـ DNA و قد تدفع الخلية باتجاه

الاستموات في حال خلل في اثناء تضاعف الـ DNA او عدم قابلية الخلية للدخول في الانقسام أهم

بروتينات هذه النقطة بروتينات التوبولين اللازمة لتشكيل مغزل الانقسام و بروتينات التكتف condensins

الضرورية لتكتف الصبغيات

تتحقق عند النقطة M التوضع الصحيح للصبغيات على المغزل إذ يمكن أن يؤدي الخلل إلى شذوذات

صبغية تدفع الخلية إلى الاستموات. أهم بروتينات هذه النقطة بروتينات الكينازات و السيكلينات

يؤدي فقدان السيطرة على الدارة الخلوية إلى حدوث السرطان إذ تنقسم الخلايا بصورة مستمرة

تتكاثر الخلايا السرطانية لتشكل كتلة ورمية tumor وهي كتلة من الخلايا غير سوية توجد ضمن النسيج

الطبيعي السوي , ونميز نمطين للورم :

ورم حميد Benign لا تشكل خطورة بالغة على الفرد إلا إذا كبر حجمها و أصبحت تضغط على النسيج والاعضاء الأخرى المختلفة وبالتالي يتطلب الأمر استئصالها جراحياً. تبقى تلك الخلايا في مكانها محصورة ضمن غلاف ليفي

ورم خبيث Malignant عندما تغزو الخلايا الورمية نسيجاً أخرى وتنتشر يصبح الورم خبيثاً. تدعى الخلايا السرطانية التي تنتقل من مكانها الاصيلي الى نسيج أخرى بالنقائل حيث تقوم بتعطيل وظائف النسيج التي انتقلت اليها

الخصائص و الفروق بين الاورام الحميدة و الخبيثة

| | Malignant Tumor | Benign Tumor |
|----------------|--------------------------------------|----------------------|
| معدل الانقسام | سريع | بطيء |
| طبيعة النمو | يغزو نسيج أخرى | يتوسع ضمن ذات النسيج |
| الانتشار | يشكل نقائل تمر عبر مجرى الدم و اللمف | لا ينتشر |
| التمايز الخلوي | غالباً غير متميزة | غالباً طبيعي |

تسمى السرطانات وفقاً لنوع الخلايا التي شرعت بالانقسام والخروج عن السيطرة ،
فمثلاً:

الكارسينوما carcinoma سرطان الخلايا الظهارية ، الساركوما sarcoma سرطان النسيج

الضامة أو العضلية ،ابيضاض الدم leukemia سرطان خلايا الدم

الانقسام المنصف، الانتِصافي، meiosis

إنّ المعلومات الوراثية الموجودة والمخزنة في الـ DNA ضرورية لتكوين كلّ خصائص الكائن الحيّ. ولبقاء النوع واستمراره، وللحفاظ على المعلومات الوراثية مصانة يجب أن يحدث الإلقاح بحيث يتم نقل المعلومات الوراثية المحمولة على الصبغيات عن طريق الأعراس المتشكلة نتيجة للانقسام المنصف meiosis من الآباء إلى الأبناء.

و يمكن تعريف عملية الانقسام المنصف بأنها عملية انقسام تحدث في المراحل الأخيرة من تشكل الأعراس والتي تنتج عنها أربع خلايا أحادية الصيغة الصبغية haploid اعتباراً من خلية أصل مضاعفة الصيغة الصبغية diploid. وعند الالتحاق يتم اندماج العروس الأنثوية (أحادية الصيغة الصبغية) مع العروس الذكرية (أحادية الصيغة الصبغية) وتتشكل بذلك البيضة الملقحة التي توصف بأنها مضاعفة الصيغة الصبغية.

يتألف الانقسام المنصف من انقسامين خلويين اثنين يعرفان بالانقسام المنصف الأول meiosis I والانقسام المنصف الثاني meiosis II ، ويتألف كل واحد منهما من الأطوار الأربعة الملاحظة في الانقسام المتساوي والتي هي: الطور الأول Prophase وطلبة الطور الثاني Prometaphase ، الطور الثاني Metaphase ، طور الصعود Anaphase والطور النهائي Telophase. سنقوم بإيجاز كل مرحلة وذكر أبرز الملاحظات فيها.

الانقسام المنصف الأول (أو الانقسام الاختزالي) meiosis I

- **الطور الأول Prophase:** وفيه يكون كل صبغي من الصبغيات مؤلف من كروماتيدين أخوين مرتبطين معاً بالجزء المركزي. تبدأ الصبغيات المتماثلة أو الصنوة (Homologous chromosomes) بالتزاوج بعضها مع بعض، مشكلة المشابك synapses ويتزاوج الصبغي X مع الصبغي Y عن طريق المنطقة الجسمية الذاتية الكاذبة pseudoautosomal region فقط. تدعى الصبغيات المتزاوجة بالثنائيات الصبغية bivalents (حيث تتألف كل ثنائية من صبغيين وأربعة كروماتيدات ويكون كل صبغي قادم من أب)، تلاحظ حادثة العبور الصبغي crossing over في هذا الطور.

- **الطور الثاني Metaphase:** تصطف الصبغيات على طول الصفيحة الاستوائية.

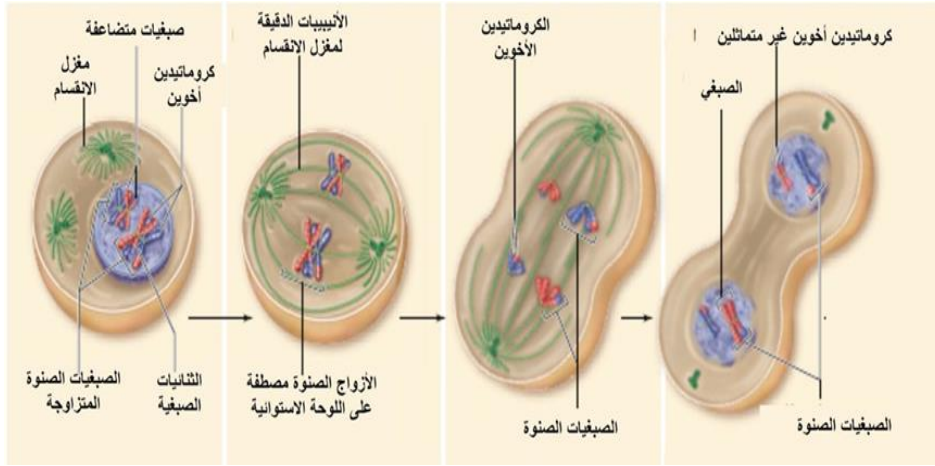
- **طور الصعود Anaphase:** تنفصل الصبغيات الصنوة عن بعضها بعضاً (كل صبغي مؤلف من كروماتيدين اثنين) وتتحرك باتجاه معاكس إلى أحد قطبي الخلية.

- **الطور النهائي Telophase:** تصبح كل مجموعة من الصبغيات أحادية الصيغة الصبغية و منفصلة تماماً عن المجموعة الأخرى، و تتشكل بذلك خليتان بنتان أحاديتا الصيغة الصبغية اعتباراً من الخلية الأم مضاعفة الصيغة الصبغية.

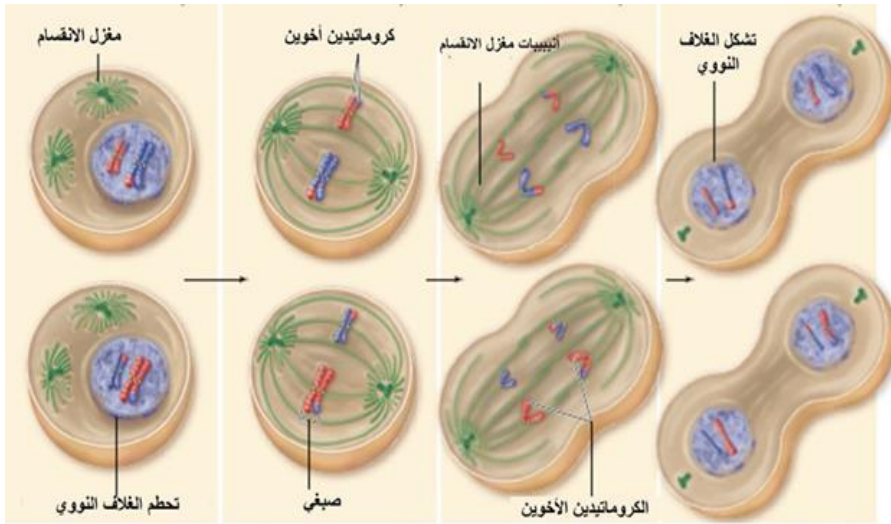
قد يتشكل الغشاء النووي حول كل مجموعة صبغية أو أنّ الخلايا تتابع مباشرة الانقسام وتدخل في الانقسام المنصف الثاني.

الانقسام المنصف الثاني meiosis II

يشابه هذا الانقسام إلى حد كبير الانقسام المتساوي، باستثناء عدم وجود الطور S، حيث يصطف كل صبغي (والمؤلف من كروماتيدين أخوين، الكروماتيدين الأخوين في كل صبغي هنا غير متماثلين بفضل ظاهرة العبور) على طول الصفيحة الاستوائية، ينفصل بعدها الكروماتيدين الأخوين عن بعضهما بعضاً و يتحركان بالاتجاه المعاكس نحو قطبي الخلية. وبهذا تتشكل في نهاية الانقسام المنصف أربع أعراس أحادية الصيغة الصبغية، ولدى الإلقاح تتحد مع العروس المقابلة لتشكل البيضة الملقحة .



الشكل (رسم تخطيطي للانقسام المنصف الأول



رسم تخطيطي يوضح الانقسام المنصف الثاني

أهمية الانقسام المنصف:

1- يحقق الانقسام المنصف اختزال الصيغة الصبغية المضاعفة إلى الصيغة الأحادية وبالتالي فإن الفرد الناتج تكون نصف ذخيرته الوراثية قادمة من الأم والنصف الثاني قادمة من الأب.

2- يحقق الانقسام المنصف قابلية استثنائية للتنوع الوراثي إذ يتحقق ذلك من خلال كون الثنائيات الصبغية bivalents تتفصل في أثناء الطور الأول من الانقسام المنصف الأول بشكل مستقل عن بعضها بعضاً وبالتالي فإن كل عروس تحصل على تشكيلة مختلفة من الصبغيات الأبوية، وبذلك فإن احتمال حصول عروسين مختلفتين على نفس الصبغيات من الفرد ذاته يساوي 1 إلى 2^{23} وهو ما يقارب احتمال 1 إلى 8 مليون وهذا يجعل احتمال مجيء تركيب وراثي مماثل لتركيب سابق (أو مجيء طفل مماثل لأخيه) أمراً بعيد التحقيق إن لم يكن مستحيلاً.

3- تزيد ظاهرة العبور الصبغي التي تحدث في أثناء الطور الأول من الانقسام المنصف الأول أيضاً من التنوع الوراثي.

إنّ هذا المدى من التغير الكبير للمورثات يجعل لكل فرد شخصية معينة وفريدة لا تتكرر إطلاقاً. ولهذا لا نجد إنساناً يماثل إنساناً آخر (ما خلا التوائم الحقيقية)، ولا بصمة إبهام تماثل بصمة إبهام شخص آخر .

يختلف الانقسام المنصف عن الانقسام المتساوي بثلاث نواحٍ أساسية هي:

1- يؤدي الانقسام المتساوي إلى إنتاج خليتين بنيتين متماثلتين ومماثلتين للخلية الأم، إذ يحوي كلاهما العدد الصبغي المضاعف، بينما يتم في أثناء الانقسام المنصف اختزال الصيغة الصبغية إلى الصيغة الأحادية وبالتالي كل عروس تحصل على نصف المجموع الصبغي.

2- يحصل الانقسام المتساوي في الخلايا الجسمية وفي أثناء المراحل الأولى من انقسام وتشكل الأعراس (مرحلة التكاثر الخلوي قبل الانقسام) بينما يحدث الانقسام المنصف فقط في الأعراس.

3- يتم الانقسام المتساوي كعملية واحدة بينما يتضمن الانقسام المنصف انقسامين اثنين