انقسام الخلية Cell Division : يعد انقسام الخلايا ضرورياً لنمو جميع الكائنات الحية كما لا يمكن الاستغناء عنه في التكاثر الجنسي Sexual reproduction واللا جنسي asexual كما انه ضروري لانتقال الصفات الوراثية من جيل لأخر .

س/ ماهي العوامل المحفزة على انقسام الخلية ؟

1- النسبة بين حجم النواة وحجم السايتوبلازم : هنالك نسبة ثابتة ببين السايتوبلازم والنواة فاذا اختلت هذه النسبة تسببت في انقسام الخلية لإرجاع النسبة الى ما كانت عليه .
2- تضاعف مادة الDNA .
3- دور النوية اذ يعتقد بأن لها دور في انقسام الخلية .
4- الكروموسومات اذ يعتقد البعض بانها تقوم بإفراز مواد تحفز على انقسام الخلية .

يوجد ثلاث انواع من الانقسام في الخلايا الحيوانية :

1- الانقسام اللاخيطي او المباشر Amitosis or direct cell division .
2- الانقسام الخيطي او غير المباشر Mitosis or indirect cell division .
3- الانقسام الاختزالي Meiosis or reduction division .

الانقسام اللاخيطي او المباشر Amitosis or direct cell division :

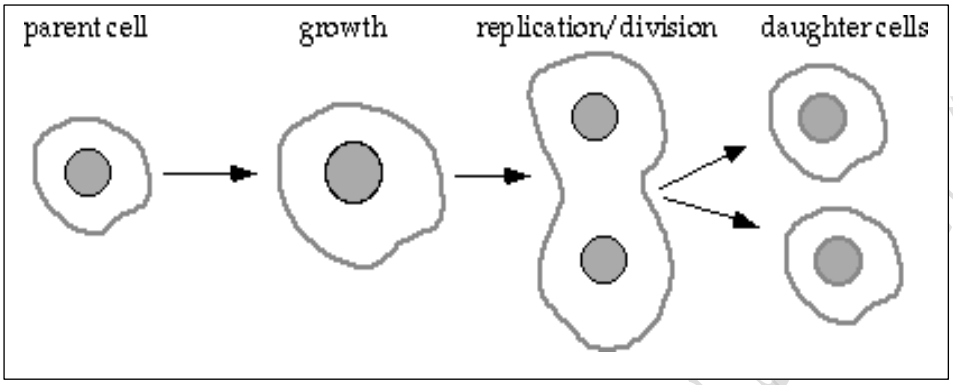
- **هذا النوع من الانقسام قليل الوجود ويحصل في خلايا مدة حياتها محدودة مثل خلايا الدم البيضاء ، خلايا غضروفيه ، وحيدات الخلية كالبراميسيوم والاميبا ، خلايا الاورام السرطانية ، خلايا الفطريات المنقسمة بالتكاثر الخضري وانواع من البكتيريا.**
- **ويبدأ هذا الانقسام باستطالة الخلايا في البكتيريا ثم التخصر في وسطها تدريجياً إلى أن يتم انقسامها إلى خليتين متماثلتين ويطلق على هذه العملية أيضاً اسم الانشطار (Fission) أو الانشطار البسيط (Simple Fission).**
- **وغالباً ما يتكون غشاء مستعرض مزدوج داخل الخلية يمتد من حافتيها تدريجياً متجهاً نحو مركزها قبل أن يحدث التخصر، ثم يبدأ بعد ذلك ترسيب الجدر الفاصل بين طبقتي الغشاء ممتداً من الخارج تجاه المركز، ويتزامن مع هذا الانقسام المادة الوراثية.**
- **يتم هذا الانقسام على مرحلتين :**

أ. مضاعفة المادة الوراثية(الكروموسومات) التي يليها انقسام النواه.

ب. انقسام السيتوبلازم بحيث يضيق في الوسط ثم ينشطر فينتج خليتين او كائنان يحتويان نفس المادة الوراثية.

- **هذا الانقسام سريع جداً ، فالبراميسيوم تنقسم خلال ساعتين وهي تنقسم عادةً مرتين في اليوم.**

- **البكتيريا تستطيع ان تتكاثر كل نصف ساعه اذا توفر الغذاء ،الرطوبة ودرجة الحرارة الملائمة.**
- كما موضح بالرسم الاتي :



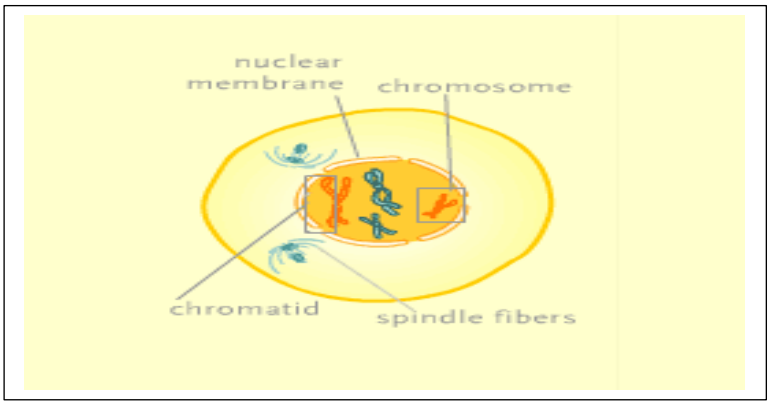
الانقسام الخيطي او غير المباشر Mitosis or indirect cell division :

- **هو الانقسام الشائع في الخلايا الجسمية للكائنات الحية حقيقة النواة (Eukaryotic) يؤدي إلى نمو النبات والحيوان والفطريات والطلائعيات (Protista). ويتم في دورة منتظمة في مراحل محددة هي:**

1. **الطور التمهيدي Prophase**
2. **الطور الاستوائي Metaphase**
3. **الطور الانفصالي Anaphase**
4. **الطور النهائي Telophase**

الطور التمهيدي (Prophase):

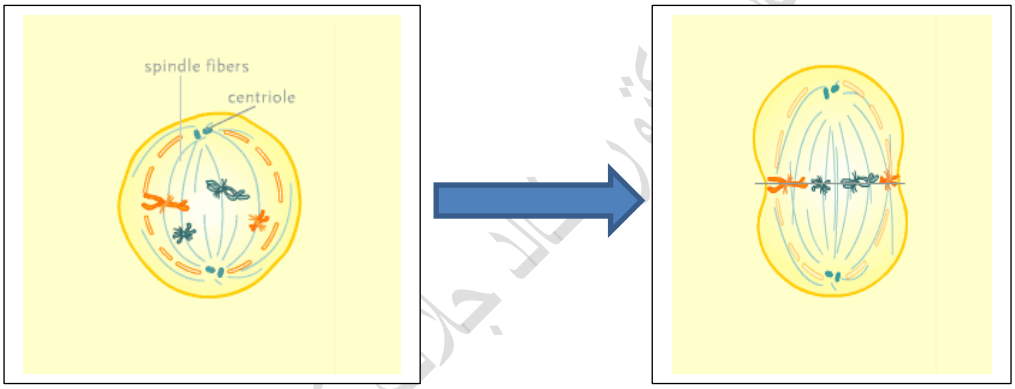
- **يتم تمهيد الخلية للانقسام وتتجمع المادة الوراثية وتأخذ الكروموسومات في الظهور في النواة ويغلظ، وتختفي النويات بالتدريج، ويختفي الغشاء النووي.**
- تتكون خيوط المغزل(Spindle Fibers)التي تكون المغزل (Spindle) الذي يتصل بالكروموسومات عند السنترومير المركزي(Centeromere).
- الكروموسومات مضاعفة (كل كروموسوم مكون من كروموتيدتين متماثلتان) .



الطور التمهيدي

الطور الاستوائي (Metaphase):

- حيث تتجه الكروموسومات إلى خط استواء الخلية (Cell equatorial plane)، ويتصل كل واحد بخيط من خيوط المغزل من عند السنترومير (Centromere).

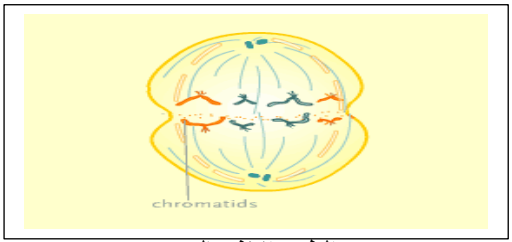


الطور الاستوائي

الطور الانفصالي (Anaphase):

- حيث ينفلق السنترومير إلى نصفين وتنفصل كل كروماتيدة من الكروموسوم عن الاخرى.
- الكروموتيدات المتماثلة تبتعد عن بعضها البعض وكل كروموسوم يتحرك نحو قطب أخر في الخلية (بمساعدة خيوط المغزل).

يبدأ السايتوبلازم في التخصر والاختناق من المنتصف في الخلية الحيوانية، ويبدأ تكوين الصفيحة الوسطية (Midell lanella) وتتكون نواتان جديدتان.

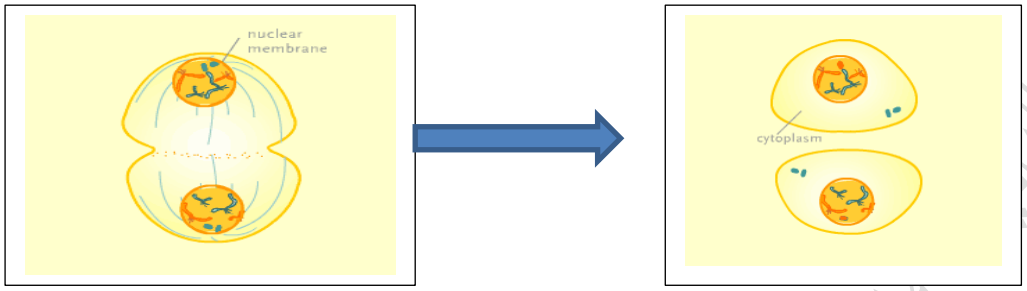


الطور الانفصالي

الطور النهائي Telophase:

الكروموسومات الجديدة تقصر وتزداد سمكاً . وينتج لدينا غشاء نواة جديد حولها ثم يبدأ الانقسام البلازمي اذ انه في مرحلة متأخرة تنقسم السيتوبلازما وينتج خليتين جديدتين .

-



نهاية الانقسام السايتوبلازمي — الطور النهائي

س/ ماهي اهمية الانقسام الخيطي ؟

1- يكون مسؤولاً عن تضاعف عدد الكروموسومات وتوزيعها بالتساوي على الخليتين الجديدتين .
2- يعمل على ابقاء حجم الخلية ضمن الحدود الطبيعية والمعقولة .
3- تتشابه الخلايا المنقسمة مع الخلايا الناتجة بالشكل والوظيفة وبذلك يساعد في عملية التجدد (الاخلاف).
4- يساعد في عملية نمو الاعضاء وتكوينها .
5- تتكاثر العديد من الخلايا تكاثراً لا جنسياً بواسطة الانقسام الخيطي .
6- يساعد في زيادة عدد الخلايا الجنسية التي تعاني في البداية انقساماً خيطياً لزيادة عددها .

الانقسام الاختزالي Meiosis or reduction division :

يحدث هذا الانقسام في الخلايا الجنسية الموجودة في الغدد التناسلية (الخصى testes و المبايض ovaries) وينتج عن هذا الانقسام خلايا حاوية على نصف العدد الاصلي من الكروموسومات .فعند التقاء الخلايا الذكرية (الحيامن) مع الخلايا الانثوية (البويضات) يكتمل العدد الاصلي للكروموسومات. وتتضمن عملية الانقسام الاختزالي انقسامين خلويين متعاقبين.

اولاً: الانقسام الاختزالي الاول Meiosis – I :ويتضمن الاطوار الاتية :

1- **الدور التمهيدي الاول Prophase- I :** ويعد اطول طور في الانقسام الاختزالي وتتضاعف فيه كمية الDNA ويتضمن عدة ادوار ثانوية :

أ- **الدور القلادي او الخيطي Leptotene:**

تبدأ الكروموسومات في الظهور تدريجيا تحت الميكروسكوب الضوئي كأجسام طويلة long ، رفيعة slender ، وتشبه الخيوط كما يتكون مريكزان ويتحرك كل منهما باتجاه احد قطبي الخلية .

ب- **الدور الازدواجي Zygotene** : تستمر الكروموسومات بالقصر والتثخن ويلاحظ ان كروموسومي كل زوج the homologous pairs يقتربان من بعضهما ويتجاوران بحيث ان محوريهما الطوليان يكونان متوازيان ، هذه العملية تعرف باسم الاقتران synapsis وعملية الاقتران هذه عملية دقيقة للغاية بمعنى ان الاقتران يتم بين النقط المتماثلة على طول الكروموسومين وتتم هذه العملية بثلاث طرق (الاقتران قبل النهائي Proterminal Synapsis والاقتران قبل المركزي Procentric Synapsis والاقتران العشوائي Random Synapsis).

ج- **الدور التغلظي Pachytene:** في هذه المرحلة يظهر بوضوح ان كل كروموسوم من الكروموسومين المقترنين مكونا من كروماتيدتين فالكروموسومين المقترنيين يكونان وحدة ثنائية الكروموسوم bivalent ، وكل وحدة ثنائية الكروموسوم تحتوي بالتالي على (4) كروماتيدات . وتتبادل الكروماتيدات غير الشقيقة في الوحدة الثنائية الكروموسوم بعض الاجزاء الكروماتيدية ، وتعرف هذه العملية باسم العبور السيتولوجي Cytological crossing- over ويدل على حدوث عملية العبور هذه وجود شكل (x) والذي يعرف باسم التصالب chiasma .

د- الدور التضاعفي Diplotene : في هذه المرحلة يبتعد الكروموسومان المقترنان عن بعضهما فيما عدا في منطقة التصالبات ، وفي هذه المرحلة كذلك فان الكروموسومات تستمر في القصر وفي الزيادة وفي السمك .

ر- الدور الحركي Diakinesis: وهي آخر مرحلة من مراحل الدور التمهيدي الاول وفيها تصل الكروموسومات الى اقصر طول ممكن ، ويلاحظ ان الوحدات ثنائية الكروموسوم bivalents تنتشر متباعدة عن بعضها داخل النواة وغالبا ما تقترب من غشاء النواة nuclear membrane وتبدأ التصالبات في عملية الانزلاق terminalization والتي هي عبارة عن حركة التصالبات الى الخارج نحو الاطراف السائبة للكروموسومات وذلك نتيجة لاستمرار عملية قصر الكروموسومات .

وفي هذه المرحلة كذلك تبدأ النوية nucleolus في الاختفاء وكذلك يبدأ غشاء النواة في التحلل والاختفاء ، ويبدأ المغزل في الظهور .

2- **الطور الاستوائي Metaphase-I:** تتحرك ازواج الكروموسومات **(الثنائيات والرباعيات)** نحو الصفيحة الاستوائية للمغزل بحيث يقع المركز الحركي لكل ثنائي على احد جانبيه وعلى مسافة متساوية من خط الاستواء ويرتبط كل جزء مركزي بليف مغزلي كروموسومي مرتبط بأحد القطبين.

3- **الطور الانفصالي Anaphase – I :** في هذا الطور ينفصل الكروموسومان المقترنان عن بعضهما تماما ، ويتحرك كل واحد منهما بكروماتيدتيه الى قطب مخالف للقطب الذي يتحرك اليه قرينه وتؤدي عملية الانفصال هذه الى اتمام عملية الانزلاق للتصالبات.

4- **الطور النهائي Telophase- I :** وصول الكروموسومات الى اقطاب المغزل يدل على نهاية طور الانفصال الاول وبداية الطور النهائي الاول ، وتختلف الكائنات الحية بالنسبة لهذا الطور ، ففي بعض الحالات يتكون غشاء النواة حول الكروموسومات وتظهر النوية مرة اخرى بجوار منطقة تنظيم النوية الخاصة بها ثم ينقسم السيتوبلازم وبذلك تتكون خليتان جديدتان تدخلان الطور البيني interphase الذي يستمر لفترة طويلة او فترة قصيرة .

ثانياً: الانقسام الاختزالي الثاني Moiosis-II: ويتضمن مراحل مشابهه لتلك الموجودة في الانقسام الخيطي الاعتيادي وهذه المراحل هي :

1- **الطور التمهيدي الثاني Prophase-II** : وينقسم فيه المريكز مكوناً مريكزان ويهاجر كل منهما نحو احد قطبي الخلية ويبدأ تكون الخيوط المغزلية اذ تكون عمودية على اتجاه الخيوط المغزلية في الانقسام الاول ويبدأ الغلاف النووي والنوية بالاضمحلال ويتألف كل كروموسوم في هذا الطور من كروماتيدن مرتبطين ببعضهما بواسطة الجزء المركزي.
2- **الطور الاستوائي الثاني Metaphase-II:** تتحرك في هذا الطور مجموعة الكروموسومات الاحادية لتأخذ موقعها الجديد في الصفيحة الاستوائية وترتبط خيوط المغزل بالأجزاء المركزية لهذه الكروموسومات التي يتألف كل منها من كروماتيدين وعليه يمكن تمييز الطور الاستوائي الاول عن الثاني بسهولة اذ تكون الكروموسومات الطور الاستوائي مرتبة بشكل حزم من اربعة كروماتيدات **(بسبب وجود كروموسومين متماثلين في كل حزمة)** في حين تترتب الكروماتيدات في حزم من كروماتيدين **(بسبب وجود كروموسومات احادية)** في الطور الاستوائي الثاني.
3- **الطور الانفصالي الثاني Anaphase-II:** في هذا الطور ينقسم الجزء المركزي (السنترومير) في كل كروموسوم ثم يبدأ كل من الكروماتيدين في الكروموسوم الواحد بالابتعاد عن الاخر متجهاً نحو احد القطبين بمساعدة خيوط المغزل التي تسحبه.
4- **الطور النهائي الثاني Telophase II:** بوصول الكروموسومات الى الاقطاب تبدأ في العودة الى صورتها التي توجد عليها في الدور البيني ، بمعنى انها تستطيل وتلتف حول بعضها ويتكون حولها الغشاء النووي ، وتعود النوية الى ظهور ، ثم ينقسم السيتوبلازم فاصلا كل نوية من الانوية الجديدة عن اخواتها وعليه يكون المجموع النهائي اربع خلايا ذات مجموعة كروموسومية احادية (في الانسان 23 كروموسوم) تتحول جميع الخلايا الناتجة في الخصية (الذكور)الى حيامن بينما في المبيض (الاناث) ستتحول خلية واحدة من الخلايا الاربعة الى بويضة فعالة ، اما الخلايا الثلاث الباقية فتتحول الى اجسام قطبية تضمحل فيما بعد .

س/ ما هي اهمية الانقسام الاختزالي ؟

1- اهم وظيفة يؤديها الانقسام الاختزالي عموما هي خفض عدد للكروموسومات الى النصف في الكاميتات الناتجة مما يضمن ثبات عدد الكروموسومات في النوع الواحد في الاجيال التالية ، فنتيجة للانقسام الاختزالي نحصل على (4) نوايا احادية hiploid or monoploid من نواة واحدة ثنائية diploid ، وبذلك يعادل تأثير مضاعفة عدد الكروموسومات الناتجة من عملية اتحاد الكاميتات عند الاخصاب.

2- تؤدي عملية التعابر الى تكوين كروموسومات جديدة مختلفة عن الاولى وعليه تظهر صفات جديده في الافراد الناتجة من اتحاد خلايا جنسية حاوية على مثل هذه الكروموسومات .

المحاضرة الاستاذ المساعد الدكتور خالد جلاب كريدي الصالحي