Remove Watermark Now

المحاضرة الثانية

الانقسام الخلوي Cellular Division

الدورة الخلوية أو الانقسامية:

هي مجموعة من العمليات والحوادث المتتالية التي تبدأ بخلية واحدة وقد تنتهي بخليتين أو أربع خلايا حسب نوع الانقسام أي الوصول إلى جيل جديد من الخلايا متماثلة البنية والوظيفة انطلاقاً من خلية واحدة، فتحقق بذلك زيادة حجم الكائنات الوحيدة الخلية وكثرة عددها، ونمو المتعضيات الكثيرات (المتعددة) الخلايا، وترمم ما تخرب من هذه المتعضيات، كما يُعد الآلية الوراثية التي من شأنها المحافظة على ثبات الصيغة الصبغية في المتعضية، وتوزيع الصِبْغِيات (Chromosomes نواقل المُوَرثات) ونقلها من الخلية الأم إلى الخلية البنت ومن جيل خلوي إلى آخر..

وتضم الدورة الخلوية أو الدورة الانقسامية طورين:

أي خلية في الكائن الحي تكون على أحد حالين طوال حياتها وهما:

1- حالة الطور البيني "Interphase Stage " 2- حالة طور الإنقسام "Division Stage"

أولاً: حالة طور الراحة أو الطور البيني :

الطور البيني: هو الدور بين عمليتي الإنقسام، ويعتبر المرحلة التي تؤهل الخلية للدخول في عملية الانقسام، ولا تعتبر هذه المرحلة انقسامية ولكنها تتميز بالنشاط البنائي للمكونات المهمة في عملية الانقسام. ويمتاز هذا الطور بمدته الطويلة وذلك لأن الانقسام عملية حادة في حياة الخلية، فالخلية الظهارية للبشرة تستغرق دورة حياتها من (18-22 ساعة) تبقى 17 ساعة منها تقريباً في طور الراحة.

وعلى عكس ما يعرف عن الطور البيني بأنه فترة خاملة أي طور السكون أو طور الراحة، تحدث خلاله نشاطات في النواة والسيتوبلازم كالتالي:

1- الكثير من المركبات الضرورية لانقسام الخلية ونموها يتم في الطور البيني، حيث يتم فيها النسخ Transcription لعديد من الـ RNA، إضافةً لبناء العديد من البروتينات وخاصة الأنزيمات الخاصة بخيوط المغزل.

2- إن بداية انقسام الخلية تحدث في الفترة S إذ تتضاعف كمية الـ DNA في المرحلة (S)، وبالتالي الصبغيات .... (لذلك تعتبر مرحلة Interphase مهمة من الناحية الوراثية).

مميزات مرحلة Interphase :

1- تكون نواة خلية الطور البيني محددة المعالم كبنية محاطة بغشاء حيث يبقى غلاف النواة كاملاً وواضح- وتصل النوية إلى أقصى حجم لها وتكون بارزة وواضحة جداً.

2- تكون الكروموسومات غير واضحة بهذه الفترة حيث لا تظهر كتراكيب مستقلة و لا تقبل الصبغ وإنما تكون على شكل خيوط طويلة مسترخية متمددة متداخلة جداً يطلق عليها اسم المادة الكروماتينية، تكون منتشرة على هيئة تجمعات صغيرة؛ حيث يوجد نوعان من الكروماتين على حسب قابليتها للصبغة القاعدية.

1- heterochromatin يأخذ الصبغ بشدة ويتصل بجدار النواة.

2- Euchromatin يصطبغ بخفة وينتشر داخل النواة.

ويتكون طور الراحة (الطور البيني) من ثلاث فترات :

1- فترة ما قبل تركيب الـ DNA أو الفضوة الأولى Gap (G_1) أو فترة النمو الأولى Growth Period 1: تستغرق من (10 ساعات إلى عدة أيام)، تنمو الخلية ولا تتغير فيها كمية الـ DNA ويتم في هذه المرحلة تشكل وتصنيع المزيد من العضيات (ريبوزومات- ميتوكوندريا- أغشية إندوبلازمية- الجسيمات الحالة- جهاز غولجي- اصطناع الحموض النووية الثلاثة (tRNA - mRNA - rRNA)- وتركب الخلية بروتينات بنيوية ووظيفية؛ بما فيها العديد من الأنزيمات المنشطة والمثبطة لبدء المرحلة التالية.

2- فترة تركيب حمض الـ DNA أو الفترة DNA Synthesis Period أو (S): تبدأ عند منتصف الطور البيني وتستغرق من (6- 10 ساعات)، ويتم فيها تصنيع جزيئات حمض الـ DNA "لمضاعفة عدد الكروموسومات"، عن طريق مضاعفة جزيئات الـ DNA الأصلية "DNA Duplication" وأشرطة الكروماتين الموجودة في العصارة النووية، وتتضاعف كذلك الهستونات المرتبطة مع الـ DNA كالتالي:

أ- إنشطار الجزيء الأصلي "الكروموسوم إلى نصفين "سلسلتين متوازيتين كل منهما مكونة من وحدات صغيرة تسمى "نيوكليوتيدات".

ب- تنفصل كل سلسلة عن الأخرى، فيصبح لدينا كروماتيدين مرتبطين معاً بالجزء المركزي.
ج- تنسخ كل سلسلة نفسها "الكروماتيد"، فيتكون كروموسومين (بكل منهما سلسلة أصلية + سلسلة جديدة هي نسخة طبق الأصل عن جزيء الـ DNA الأبوي).

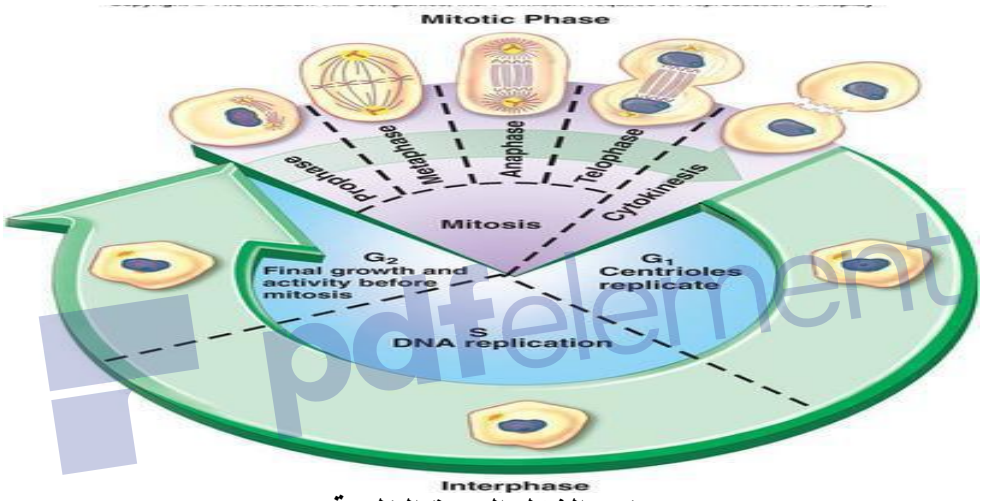
3- فترة ما بعد تركيب الـ DNA أو الفضوة الثانية Gap (G_2) أو فترة النمو الثانية Growth Period 2: وتستغرق من (3- 4 ساعات)، ويتم فيها التمهيد للبدء في عملية الإنقسام "Division Period أو D، حيث أصبح في الخلية ضعف عدد الكروموسومات؛ حيث يستمر النمو وتستمر العمليات الاستقلابية المكثفة جداً مما يؤدي إلى زيادة تراكم الطاقة اللازمة للخلايا خلال فترة الانقسام.

ثانياً: حالة طور الإنقسام :

* يتم على مرحلتين: مرحلة الانقسام النووي المكونة من أربعة أدوار
ومرحلة الانقسام السيتوبلاسمي.

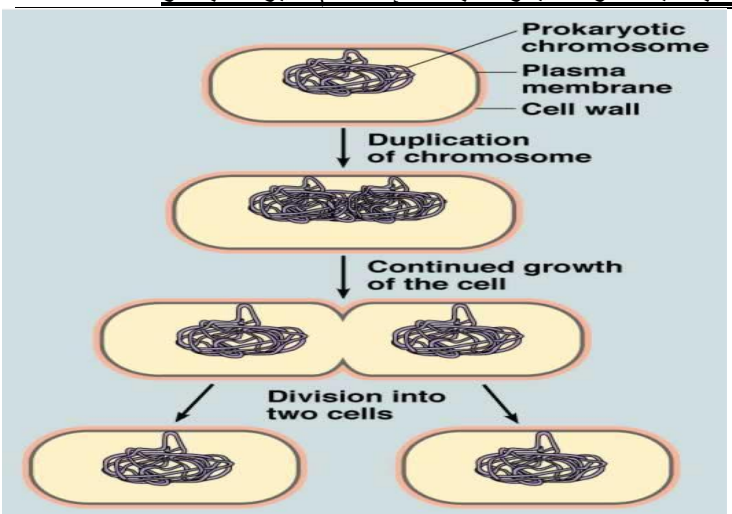
* عملية الإنقسام تتعلق بكروموسومات النواة، التي توجد على شكل خيوط طويلة ممدودة، وعند دخول الخلية مرحلة الإنقسام يصبح كل منها ملتفاً على شكل عصى صغيرة بداخلها مادة "هستوبروتين".

* كل كروموسوم يتكون من عدد كبير من الجينات (الجين يتكون من عدد من وحدات النيكليوتيد)، و لكل جين موقع خاص وثابت، و يتحكم في صفة واحدة من صفات الكائن .



يوضح الشكل الدورة الخلوية

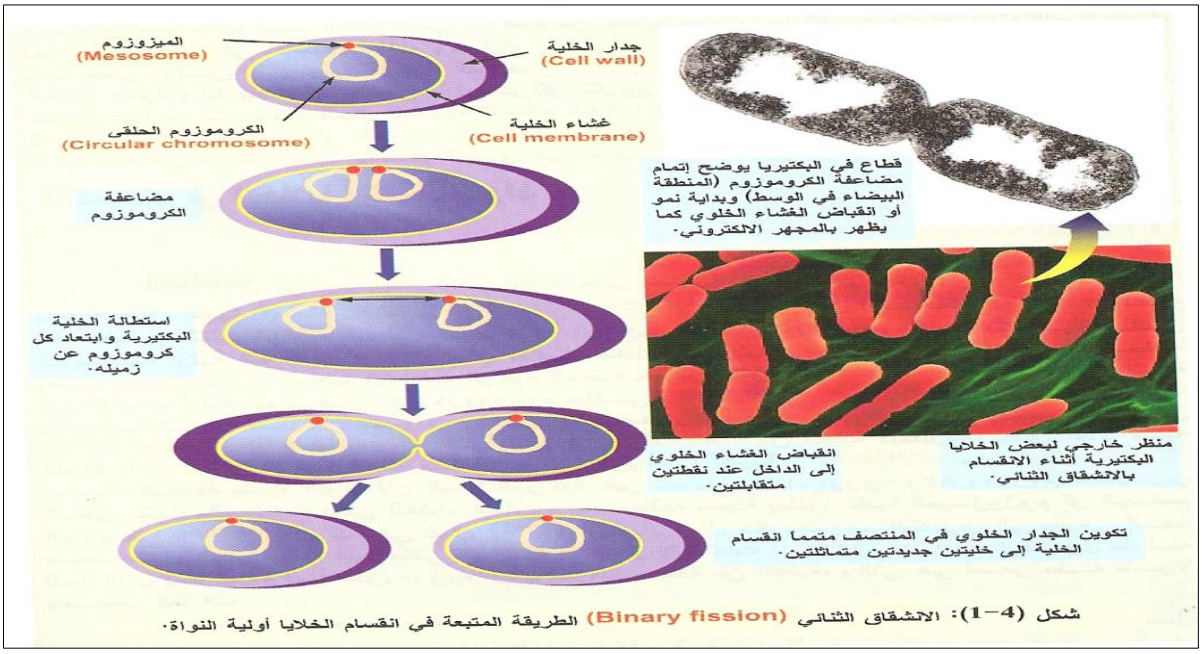
الإنقسام في الكائنات بدائية النواة: يعرف بـ " الإنقسام غير المباشر



صبغي بدائيات النوى هو جزيئة واحدة من الـ DNA التي تتناسخ أولاً، ثم ترتبط كل نسخة بجزء مختلف من الغشاء الخلوي، يذهب الى الخلية الجديدة بعد انفصالها لخليتين (كما بالبكتريا).

- تتخصر النواة حتى تنقسم إلى نواتين
- يتقلص السيتوبلازم و يتخصر من منتصفه حتى يكون قسمين يحيط كل قسم بنواة؛ وبذلك تتكون خليتين جديدتين.

Remove Watermark Now



شكل (4-1): الانشقاق الثنائي (Binary fission) الطريقة المتبعة في انقسام الخلايا أولية النواة.

الإنقسام في الكائنات حقيقية النواة:

تساعد دراسة آلية الانقسام الخلوي وفهمها على معرفة كيفية انتقال المعلومات الوراثية من خلية لأخرى ومن جيل لآخر ويوجد نوعان من الانقسام الخلوي حسب نوع الخلايا: هما

أولاً: الإنقسام في الخلايا الجسدية: ويعرف بـ (الانقسام الخيطي أو غير المباشر أو المتساوي أو الجسمي أو الميتوزي Mitosis).

يحدث الانقسام غير المباشر في الخلايا الجسدية في الكائنات الحية بدائيات وحقيقيات النوى متعددة الخلايا

- ففي النبات يحدث في الخلايا المرستيمية (الإنشائية) الموجودة في القمة النامية لكل من الجذر والساق والكامبيوم والبراعم وأجنة البذور.
- أما في الحيوان فيحدث في الخلايا الإنشائية (المولدة) المنتشرة في معظم أجزاء الجسم .
- يكون التركيب الوراثي ثابتاً في جميع الخلايا الناتجة عن الانقسام الميتوزي، حيث كل خلية 2n تعطي خليتين 2n. لا يغير بعدد الصبغيات. ولكي تحافظ الخلية على ثبات العدد الكروموسومي (لابد من حدوث تضاعف المادة الكروموسومية في كل دورة انقسامية لكي ينتظم العدد الزوجي للكروموسومات في الخلايا الجسدية).

أهمية الانقسام الخيطي أو غير المباشر:

يهدف للزيادة بعدد الخلايا، نمو الاجزاء وزيادتها بالحجم، تجديد وتعويض وإستبدال الأنسجة والخلايا التالفة، الثبات المورثي، التكاثر اللا جنسي.

أطوار الانقسام الخيطي Mitosis : يتم الانقسام الخيطي على مرحلتين:

1- مرحلة الانقسام النووي Karyokinesis وفيها تنقسم النواة إلى نواتين.

2- مرحلة الانقسام السيتوبلاسمي Cytokinesis وفيها تنقسم السيتوبلاسما إلى قسمين، يحتوي كل منها على نصف مكونات السيتوبلاسما، وعلى نواة جديدة.

ويشتمل الانقسام النووي أربعة أطوار ويتطلب انجاز أدوار الانقسام مدة ساعة واحدة تقريباً

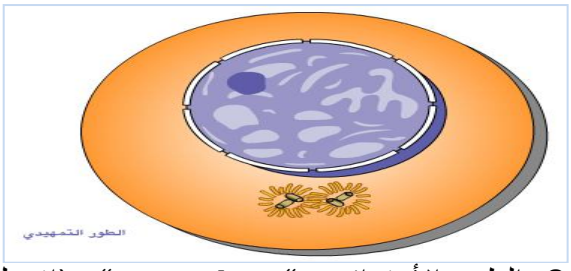
1- الطور التحضيري أو التمهيدي أو البدائي Prophase :

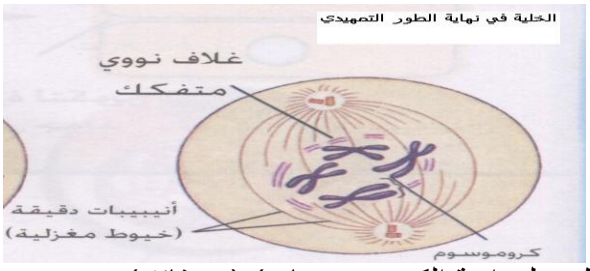
يعد أطول أدوار الانقسام الخلوي حيث يتطلب انجاز هذا الدور (40 دقيقة).

أ- ويتميز هذا الدور بقصر الصبغيات (حتى 4% من طولها الأصلي)، وثخانتها، وذلك نتيجة زيادة تكثفها وحلزنتها وبالتالي تصبح الصبغيات واضحة جداً إذ من السهل رؤية الصبغي المتضاعف والمكون من الكروماتيدين الأخويين المتصلان من منطقة السنترومير.

ب- ويتم أيضاً في هذا الدور تضاعف المريكز Centroile (في الخلايا الحيوانية) أو تضاعف الجسيم المركزي Centrosome (في الخلايا النباتية)، حيث ينقسم الجسيم المركزي إلى قسمين، يتجه كل قسم منهما إلى قطب من قطبي الخلية، ويكون أنيبيبات دقيقة قصيرة على شكل اشعة نجمية، تدعى النجم أو الجسم الكوكبي Aster تلتقي مع نظيرتها مكونة الياف المغزل.

ج- ويعد الاختفاء التدريجي للنوية ميزة أخرى لهذا الدور حيث يتوزع محتواها في جميع أنحاء النواة وتنتقل حموضها إلى أشفاع صبغية معينة. مع قرب نهاية الطور يتكسر غشاء النواة ثم يتحلل، وفي نهاية هذا الدور يتحطم الغشاء النووي كلياً، ويبدأ ظهور مغزل الانقسام.



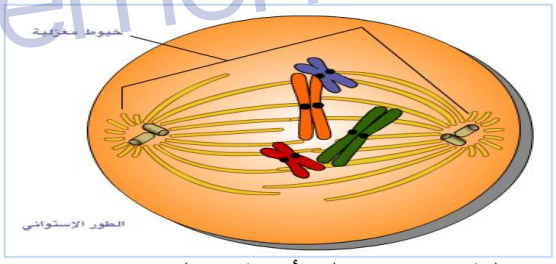


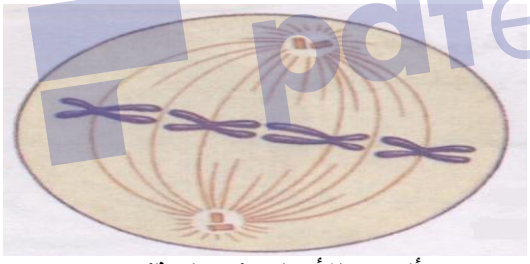
2- الطور الأستوائي "Metaphase": (افضل طور لدراسة الكروموسومات) (5 دقائق).

أ- يختفي الغشاء النووي نهائياً عند معظم الكائنات، ويظهر تجمع من الأنيبيبات الدقيقة - (والتي يدخل في تركيبها بروتين التيوبيولين Tubulin الذي يوجد منه نوعان α و β)- بين قطبي الخلية يدعى هذا التجمع بالمغزل.

ب- بعد اختفاء الغشاء النووي تصبح الصبغيات في السيتوبلاسما وتكون قصيرة و غليظة، ويرتبط كل صبغي بوساطة الجزء المركزي بعدد من هذه الأنيبيبات، ثم تتحرك الكروموسومات لتتوضع وتصطف في مستوىً يقع في وسط الخلية أي في منتصف المسافة بين قطبي المغزل (خط استواء الخلية)، ويدعى هذا المستوى باللوحة أو الصفيحة الاستوائية والتي يعد تشكلها من أكثر ميزات هذا الدور.

ج - ترتبط خيوط المغزل بالكروموسومات بواسطة السنترومير، ويكون توضع الصبغيات على هذه اللوحة بترتيب محدد، حيث تقع أجزاؤها المركزية تماماً في مستوىً واحد على خط استواء المغزل، أما أذرعها فتتوضع عشوائياً.



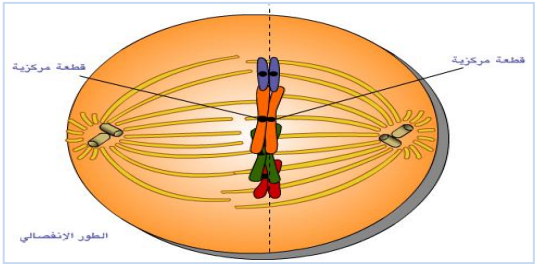


3- الطور الانفصالي أو طور الهجرة Anaphase يعد من أقصر الأدوار (2 دقيقة)

أ- ويتم فيه انشطار الجزيء المركزي Centromere للصبغي المؤلف من كروماتيدين إلى نصفين (في هذه اللحظة يصبح كل كروماتيد اسمه صبغي).

ب- يبتعد كل كروماتيد (الصبغيات المستقلة) متجهاً نحو القطب الأقرب من خلال إنقباض وانكماش الخيوط الكروموسومية للمغزل. ويتم ذلك بحركة الأجزاء المركزية باتجاه قطبي الخلية ساحبتاً وراءها الأذرع الحرة، وتتوضع في النهاية بحيث تكون الأذرع باتجاه اللوحة الاستوائية والأجزاء المركزية باتجاه القطبين.

ج- في نهاية هذا الدور تصبح مجموعة من الكروماتيدات في القطب العلوي والأخرى في القطب السفلي وبالتالي تتكون مجموعتان من الصبغيات عند كل قطب من قطبي المغزل، حيث يصبح في كل قطب من قطبي الخلية العدد الصبغي 2n، ولهذه الصبيغيات أشكال الصبغيات والمعلومات الوراثية نفسها الموجودة في الخلية الأم الأصلية.

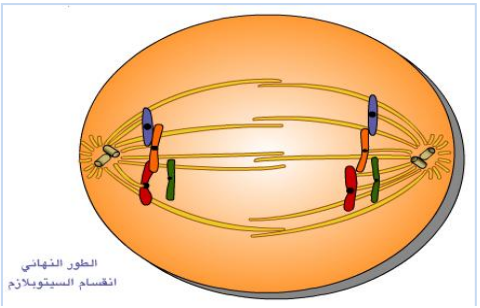


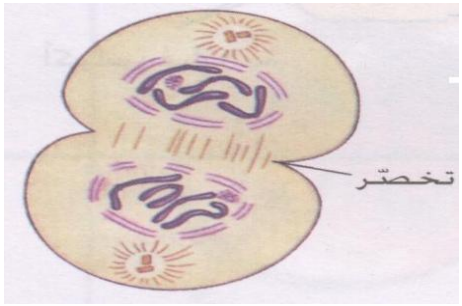
Remove Watermark Now

4- الطور النهائي Telophas (10 دقائق). يلي الطور النهائي مباشرة الانقسام السيتوبلاسمي

أ- عندما تصل الصبغيات إلى القطبين تأخذ في التمدد والاسترخاء وتزداد طولاً وتزول الحلزنة عنها، وتعود إلى المظهر المميز للشبكة الكروماتينية المميزة لنواة الطور البيني أي تفقد شكلها المرئي. ثم تبدأ الخلية بالتخصر من وسطها.

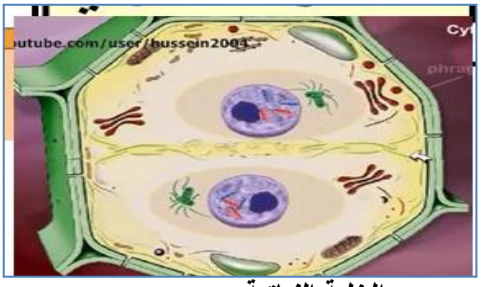
ب- تظهر النوية من جديد، يتخرب مغزل الانقسام، وتتضاعف المريكزات ويتشكل حول كل مجموعة صبغية (حول كل مجموعة من الكروماتيدات) غشاء نووي وفي نهاية هذا الدور تكتمل عملية الانقسام الخلوي.



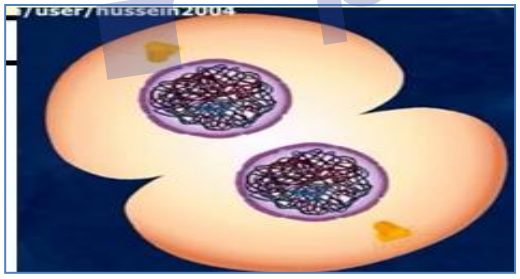


- يعقب الدور النهائي مباشرة **انقسام السيتوبلاسما** بالتساوي بين الخليتين البنتين الناتجتين عن الانقسام؛ وبالتالي: تحتوي الخليتان البنتان العدد الصبغي نفسه وبالتالي على نفس العدد الصبغي الموجود في الخلية الأم الأصلية، **ويختلف انقسام السيتوبلازم في الخلية النباتية عن الخلية الحيوانية:** ففي الخلية النباتية ينقسم السيتوبلازم إلى قسمين حيث يظهر شق أو أخدود الانقسام على سطح الخلية في منطقة اللوحة الاستوائية عند وسط الخلية بفعل تكون الصفيحة الخلوية وترسب ألياف السيليلوز، ثم تمتد الشبكة الإندوبلازمية فوقهما لتكون غشاء الخلية. ويتعمق فيما بعد الشق إلى داخل الخلية حتى انقسام الخلية إلى خليتين بنتين جديدتين تبدأ كلاً منهما بالنمو إلى أن تصلا إلى حجم قريب من حجم الخلية الأم الأصلية ويتحقق ازدياد تعمق شق الانقسام إلى داخل الخلية بفضل الخيوط الدقيقة التي تجذب هذا الشق للداخل عن طريق تأمين القوة التقلصية. أما في الخلية الحيوانية فتتخصر الخلية من وسطها وبالتالي يتقلص السيتوبلازم عند وسط الخلية للداخل، يتبعه تقلص جدار الخلية حتى تنفصل الخليتان الجديدتا ن عن بعضهما، لتنموان بشكل مستقل.

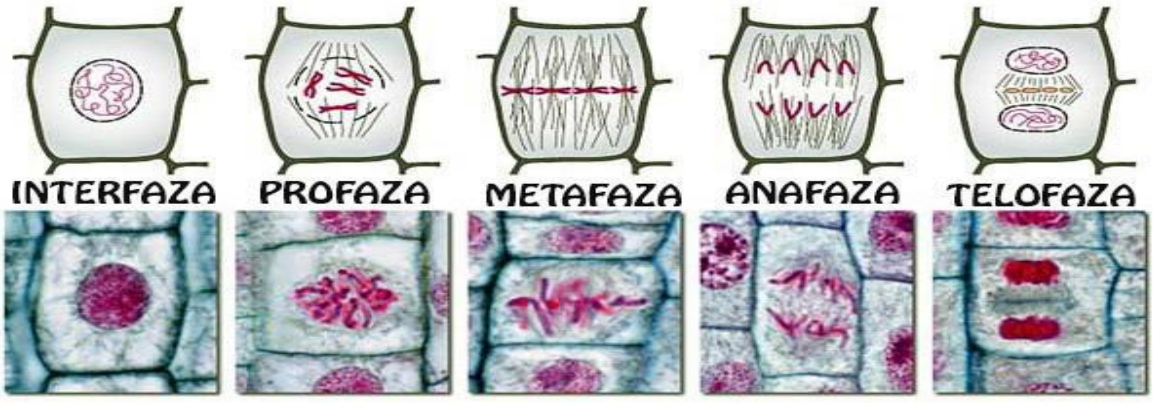
pdfelement



الخلية النباتية



الخلية الحيوانية



مراحل الانقسام الخيطي أو غير المباشر Mitosis

Remove Watermark Now

ثانياً : الإنقسام في الخلايا التناسلية... ويُعرف بـ (الانقسام الاختزالي أو المباشر أو المنصف أو الجنسي أو الميوزي Meiosis).

- يحدث الانقسام الاختزالي أو المنصف في الخلايا التناسلية للكائنات الحية
في الإنسان يحدث هذا الانقسام في الخصية لتكوين الحيوانات المنوية، وفي المبيض لتكوين البويضات.
في النبات يحدث في المتك لتكوين حبوب اللقاح، والمبيض لتكوين البييضات.
- يتكون الانقسام المنصف من انقسامين متعاقبين متتالين للنواة، يسبقهما تضاعف واحد للصبغيات في الفترة S من الطور البيني ويتشكل في نهاية الانقسام المنصف أربع خلايا جنسية (أعراس أو جاميطات) تحتوي كل خلية منها على نصف العدد الصبغي المميز لكل نوع، أي أحادية المجموعة الصبغية Haploid ويرمز لها بـ n. إذاً يتم خلال الميوز تضاعف الصبغيات مرة واحدة، كما في الميتوز لكن بخلاف الميتوز يتم الانقسام النووي مرتين خلال الميوز، لذلك وبالنتيجة يصبح العدد الصبغي في الأعراس أقل بمرتين من العدد الموجود في الخلية الأم الأصلية، بكلمات أخرى يعد الميوز الآلية المسؤولة عن إرجاع العدد الصبغي في المتعضيات ذات التكاثر الجنسي من (2n) إلى (1n)، ويعتبر الميوز نقيض حادثة الإلقاح مما يحول دون استمرار زيادة عدد الصبغيات أثر كل إلقاح. يتم تنصيف عدد الكروموسومات بعملية تسمى الانقسام المنصف، والذي يشمل مرحلتي انقسام هما: انقسام منصفI، انقسام منصفII، مع الملاحظة هنا: أن الطور البيني (الراحة) الذي يسبق الانقسام المنصف يشابه تماماً طور الراحة الذي يسبق الانقسام الخيطي بكافة مراحله. إذ تكون الخلية التي ستصبح خلية جنسية (حيوان منوي أو بيضة) ثنائية العدد الصبغي 2n وكل صبغي يتألف من صبيغيين أو كروماتيدين يرتبطان بالجزء المركزي.

الإنقسام الأول First Division : انقسام منصف I (الميوز I)و له 4 اطوار هي:

1- الطور التمهيدي (البدائي) الأول "Prophase I" : ويقسم إلى خمس مراحل

وفيه تحدث للكروموسومات بعض التغيرات نوضحها بالمراحل التالية:

أ- مرحلة الطور العقدي- المرحلة القلادية- أو مرحلة الخيوط الرفيعة أو الدقيقة Leptotene

تتميز ببداية تحلزن الصبغيات وقصرها وكثافتها وتظهر كتراكيب مستقلة لها ذاتيتها حيث يصبح لها شكل خيطي وتشبه صبغيات هذه المرحلة صبغيات بداية الدور الأول للميتوز وبالتالي فإن البنية الشبكية (شبكة الكروماتين الخيطية) لنواة الطور البيني تتلاشى ليبدأ ظهور شكل الصبغيات. وتبدو صبغيات هذه المرحلة عند بعض المتعضيات كخيط الخرز ومن هنا جاءت تسميتها أحياناً بالمرحلة القلادية لأنها تشبه القلادة.

ب- مرحلة الطور الثنائي- المرحلة الازدواجية- مرحلة الخيوط المتزاوجة Zygotene

تقترن في هذه المرحلة الصبغيات المتضاعفة الآتية من الأب والأم والمتشابهة Homologous من حيث الطول والحجم والشكل وموقع الجزء المركزي وعدد المورثات المتوزعة خطياً على طول هذه الصبغيات، وتعد هذه المماثلة (أي: أن لكل صبغي من الأب مثيله من الأم) أساس التكاثر الجنسي والتنوع الفردي إذ يتم بفضل المماثلة حدوث العبور الصبغي أثناء تكون الأعراس (أي يحدث خلط للمورثات) وبداية لاختلاف الأخوة في الأسرة الواحدة بعضهم عن بعض إذ تتشكل في نهاية الانقسام المنصف أعراس متباينة.
يبدأ اقتران الصبغيات أولاً في عدة نقاط ثم يتحدان على طولهما، كما يحدث أثناء إغلاق سحاب الملابس، هذا الاتحاد بين الصبغيات المتقابلة يتم بالاعتماد على الانجذاب والتلامس والاقتران ولهذا الاقتران أهمية كبيرة لأنه يؤدي إلى تبادل القطع الصبغية المتقابلة وبالتالي حدوث ظاهرة العبور المورثي. ويدعى كل صبغيين متقابلين بالصبغي المزدوج Bivalent والذي يتكون من أربعة صبيغيات أو كروماتيدات. وينفرد الانقسام المنصف بتكوين الصبغيات المزدوجة؛ إذ أنها لا تتشكل في الانقسام الخيطي.

ج- مرحلة الطور الضام - أو مرحلة الخيوط المتكثفة أو الثخينة Pachytene

تتميز هذه المرحلة بازدياد قصر وثخانة الصبغيات المزدوجة مما يؤدي إلى وضوحها أكثر.

د- مرحلة الطور الازدواجي- المرحلة الإنفراجية- أو مرحلة الخيوط المتضاعفة Diplotene

يبدأ في مرحلة الخيوط المتضاعفة تباعد الصبغيات المزدوجة (المتقابلة - البفالنت) عن بعضها البعض في منطقة الأجزاء المركزية، وتظل الصبيغيات أو الكروماتيدات الأربعة مرتبطة مع بعضها بوسيلتين:
1- تبقى الكروماتيدات الأخوية مرتبطة ومتصلة بوساطة الجزيء المركزي المشترك Centromer.
2- ترتبط الكروماتيدات غير الأخوية (كروماتيدات الأب والأم) في نقطة أو عدة نقاط تسمى بمناطق العبور أو التصالبات Chiasmata من تصالب Chiasma وعند كل تصالب يتم تبادل القطع الكروماتيدية غير

Remove Watermark Now

الأخوية وبالتالي المورثات وتسمى عملية التبادل هذه بالعبور المورثي Genetic crossing over، ويعيد العبور توزيع المادة الوراثية نتيجة تبادل بعض القطع المتصالبة مما يغير من التركيب الأساسي للكروموسوم أي تنوع في التركيب الوراثي مما يؤدي إلى اختلاف الخلايا الجنسية الأربعة في نهاية الانقسام المنصف. ويمكن لكل كروماتيد أن يشكل تصالباً مع أي من كروماتيدات الصبغيات المتقابلة فقد يكون التصالب بين كروماتيدين أو ثلاثة أو بين جميع الكروماتيدات الأربعة المتقابلة المكونة للصبغي المزدوج، ويتناسب عدد التصالبات طرداً مع طول الصبغيات.

هـ- مرحلة الطور المفرغ- المرحلة التشتتية- مرحلة الخيوط المتحركة أو المتباعدةDiakinasis

تصل الصبغيات في هذه المرحلة إلى أقصى درجة لها من الارتزام والتغلظ والحلزنة والثخانة والقصر، ويبقى التلامس بين الكروماتيدات غير الأخوية في منطقة التصالبات؛ وفي نهاية هذه المرحلة وبالتالي نهاية الدور التمهيديI تتخرب النويات وتختفي مع الغشاء النووي. ويهاجر شفع من الجسيمات المركزية إلى كل قطب من قطبي الخلية، وتتشكل خيوط المغزل.

2- الطور الإستوائي الأول " Metaphase I " :

يتميز هذا الدور بتوضع الصبغيات المتماثلة والتي تشكل صبغيات مزدوجة Bivalents مقابل بعضها بعض على اللوحة الاستوائية، حيث ترتبط الصبغيات المزدوجة المكونة من أربعة كروماتيدات بوساطة الجزيئات المركزية إلى خيوط المغزل ويكون موقع الجزء المركزي لأحد الصبغيين المتقابلين فوق خط الاستواء وللآخر تحت خط الاستواء بحيث تكون الصبغيات ككل على اللوحة الاستوائية؛ وهذا التوضع يختلف عن توضع صبغيات الدور الاستوائي للانقسام الخيطي حيث تتوضع الصبغيات بشكل مستقل على اللوحة الاستوائية في الانقسام الخيطي. كما ويختلف هنا الميوز عن الميتوز بوجود شفع صبغي أي صبغيين (صبغيات متقابلة أو متماثلة) أي أربعة كروماتيدات في الميوز، أما في الميتوز صبغي واحد مكون من كروماتيدين.

3- الطور الإنفصالي الأول " Anaphase I " طور الهجرة I :

يهاجر صبغي واحد من الصبغيين المقترنين المتقابلين إلى أحد قطبي الخلية والصبغي الآخر إلى القطب المعاكس، إذ تتفرق الجزيئات المركزية لكل شفع من الصبغيات المتقابلة إلى قطبي المغزل و يجر كل جزيء مركزي وراءه شفعاً من الكروماتيدات لكل صبغي، وتبتعد الصبغيات المتماثلة عن بعضها بعضاً تدريجياً بزوال التصالبات (نقاط العبور) للصبغيات، في هذا الدور ونتيجة لعدم انقسام الجزيء المركزي لكل صبغي تتحرك الأشفاع الصبغية وليس الكروماتيدات إلى قطبي المغزل وبالتالي يوجد في كل قطب من قطبي الخلية مجموعة فردية من الكروموسومات تحوي نصف العدد الصبغي الموجود في الخلية الأم (أي 1n)، وهذا هو أساس الانقسام المنصف.

4- الطور النهائي الأول "Telophase I" :

بعد اكتمال وصول الصبغيات إلى قطبي الخلية في الدور السابق يتشكل حول كل مجموعة صبغية 1n غشاء نووي، ثم تظهر النوية، ويختفي مغزل الانقسام، ويتألف كل صبغي من كروماتيدين غير متشابهين وراثياً بسبب عملية العبور المذكورة سابقاً. كما يلاحظ أن الصبغيات خلال هذا الدور تفقد تدريجياً حلزنتها وتتمدد وتسترخي لتصبح طويلة، **ويلي الانقسام النووي انقسام السيتوبلازما**، فتتكون بذلك خليتان بنتان تحتوي كل منهما على صبغي واحد من الصبغيين المقترنين واللذين تبادلا القطع الكروماتيدية وبالتالي المعلومات الوراثية.

- تدخل الخليتان البنتان الناتجتان عن الانقسام المنصفI في الطور البيني الذي يقع بين الانقسام المنصفI والمنصفII ويلاحظ هذا الطور في الخلايا الحيوانية فقط لكن يكون قصيراً أو لا يوجد بتاتاً ويتميز هذا الطور في حال وجوده بغياب الفترة S وبالتالي لا يتم فيه تضاعف الـ DNA. وهذا عكس مثيله الموجود قبل الانقسام الخيطي والمنصفI.

<u>الإنقسام الثاني (Second Division) انقسام منصفII</u> <u>ويشتمل على الأدوار التالية:</u>

تكون الصبغيات في بداية هذا الطور متضاعفة، إذ يتألف كل صبغي من كروماتيدين شقيقين يرتبطان بوساطة جزيء مركزي مشترك لكن تحتوي كل خلية على مجموعة صبغية أحادية (1n) وليس (2n)، كما هو الحال في بداية الانقسامين الخيطي والمنصف الأول.

1- الطور التمهيدي أو البدائي الثاني"Prophase II" يمر بسرعة كبيرة وهذا عكس الدور التمهيديI الذي يستغرق وقتاً طويلاً. تعود الكروموسومات إلى التحلزن فتصبح قصيرة غليظة وسميكة، وكل منها متميز إلى كروماتيدين، وتبدأ خيوط المغزل بالتكون، ويتخرب غشاء النواة، والنوية ثم يختفيان.

Remove Watermark Now

2- الطور الإستوائي الثاني "Metaphase II":

* في كل خلية، يتكون مغزل جديد في وضع عمودي على مغزل الإنقسام السابق.

* تتحرك الصبغيات المتماثلة باتجاه اللوحة الاستوائية، حيث يتوضع صبغي واحد من الصبغيين المتماثلين على اللوحة الاستوائية، وهذا يختلف عن الدور الإستوائيI في الانقسام المنصفI حيث تتوضع الصبغيات المتماثلة مقابل بعضها بعضاً على اللوحة الاستوائية.

3- الطور الإنفصالي الثاني (الهجرة II) "Anaphase II" : ينقسم كل جزيء مركزي لكل صبغي (وذلك للمرة الأولى والأخيرة خلال الانقسام المنصف) وبالتالي ينشطر الصبغي طولياً وبهذه الصورة تصبح الكروماتيدات الأخوية صبغيات مستقلة، فكل منها يشبه مورفولوجياً صبغي من صبغيات الخلية الأم (صبغيات G_1) لكنها تختلف عنها وراثياً بسبب حدوث عملية العبور الآنفة الذكر. وتقوم خيوط المغزل بسحب الصبغيات نحو قطبي الخلية، وذلك بفضل تقلص الأنيبيبات الدقيقة لخيوط المغزل.

4- الطور النهائي الثاني "Telophase II"

* يعود ويتشكل الغشاء النووي حول كل من النواتين أحاديتي الصيغة الصبغية، و تتكون النوية.

* في كل مجموعة، ينفك تحلزن الكروموسومات و تستطيل وتسترخي وتصبح أكثر طولاً وتلتف حول بعضها، وفي النهاية تصبح غير مميزة.

بعد نهاية مراحل الإنقسام النووي الإختزالي ينقسم السيتوبلازم كالتالي:

تختلف آليّة انقسام السّيتوبلازم أثناء الطّور النّهائي من الانقسام الاختزالي في كل من الخلايا النّباتيّة والحيوانيّة، حيث يحدث انقسام السّيتوبلازم في الخلايا الحيوانيّة بمساعدة الألياف المغزليّة التي تُحدّد موقع الحلقة المُتقلّصّة في الخليّة. تتكوّن الحلقة المتقلصّة من خيوط الأكتين (نوع من الخيوط الدّقيقة التي توجد فقط في الخلايا الحيوانيّة)، وبروتين الميوسين، وعند انقسام السّيتوبلازم يُسبّب بروتين الميوسين انقباض خيوط الأكتين؛ الأمر الذي يؤدي إلى تكوّن أخدود عميق في وسط الخليّة يُسمّى أخدود الانقسام، ومع استمرار انقباض خيوط الأكتين ينقسم السّيتوبلازم إلى خليتَين وليدتَين. بينما يحدث انقسام السّيتوبلازم في الخلايا النّباتيّة بطريقة مختلفة، فلا يتكوّن أخدود الانقسام، في المقابل تتكوّن صفيحة خلويّة في منتصف الخليّة النباتيّة، وتبدأ بالتّمدد أفقياً حتى تلتحم بالجدار الخلوي وتُشكّل بذلك فاصلاً بين الخليتَين الوليدتَين، فيما بعد تتحوّل الصّفيحة الخلويّة إلى جدار خلوي، وهنا لا بُدّ من التّنويه إلى أنّ الصّفيحة الخلويّة تنشأ من حويصلات يُنتِجها جهاز جولجي.

كما يلاحظ أن: * كل خلية تدخل في الانقسام الاختزالي تنتهي بتكوين 4 خلايا بنوية.

* كل خلية بنوية تحتوي على مجموعة فردية من الكروموسومات (عددها = 1n أحادية الصيغة الصبغية، أي تحوي نصف عدد كروموسومات الخلية الأم).

* في حالة حدوث تصالب (Chiasma)، فإن الكروموسومات الناتجة من الانقسام الاختزالي سوف تحوي مقاطع من كروموسوم الأب و مقاطع من كروموسومات الأم.

أهمية الانقسام المنصف (الميوز):

1- يختزل الانقسام المنصف العدد الصبغي الثنائي 2n إلى العدد الصبغي الأحادي 1n؛ مما يسمح باندماج الخلايا الجنسية في حادثة الإخصاب، أي يعتبر الانقسام المنصف أساس التكاثر الجنسي (اندماج خليتين جنسيتين أو عروسين)، حيث تجتمع صفات الأبوين في البيضة، والتي تحدد حسب المعلومات الوراثية التي تحتويها جميع صفات الكائن الحي الذي ينشأ منها وبالتالي يؤدي الانقسام المنصف إلى ثبات العدد الصبغي في مختلف أجيال المتعضيات التي تتكاثر جنسياً، فإذا كان عدد الصبغيات في الأعراس مساويا العدد الموجود في الخلايا الجسمية (أي في حال عدم حدوث الميوز) فإن عدد الصبغيات سيتضاعف في كل جيل، وبالتالي تفقد الأنواع ميزة ثبات العدد الصبغي.

2- يساهم الانقسام المنصف في نشوء تراكيب وراثية جديدة بفضل حادثة العبور المورثي التي تتم في الدور التمهيديI، حيث يتم في حادثة العبور مزج الصفات الوراثية للأب والأم في نهاية الانقسام المنصفI، بنتيجة تبادل القطع الصبغية بين الكروماتيدات غير الأخوية، (كروماتيد من الأب وآخر من الأم)، وهذا يؤدي إلى التباين في الخلايا الجنسية الناتجة، وبالتالي تنوع النمط المورثي والظاهري للنسل الناتج، أي زيادة التنوع الوراثي مما يكون له أكبر الأثر في تكيف الكائنات الحية مع البيئات الجديدة.

3- يؤدي الانقسام المنصف إلى تكوين أنماط مختلفة من الأعراس تتناسب طردا مع عدد الأشفاع الصبغية حيث يكون عدد الاحتمالات الممكنة لوجود صبغيات الأب والأم في الخلايا الجديدة مساويا (2^n).

pdfelement

Remove Watermark Now

(n عدد الأشفاع الصبغية في نهاية الانقسام المنصفI وII) فالمتعضية التي تملك ثلاثة أشفاع صبغية متماثلة، يكون عدد الاحتمالات 2^n = 2^3=8 وعند ذبابة الخل 2^4=16 وعند الانسان 2^{23} = 8.388.608 نمط مختلف من الأعراس، وبالتالي ليس مستغرباً أن ينعدم وجود فردين متشابهين تماماً (الاستثناء الوحيد هو حالة التوائم الحقيقية) نتيجة العبور، والتوزيع العشوائي للصبغيات في الانقسام المنصف.

الشذوذات التي قد تحدث خلال الانقسامين الميتوزي والميوزي:

عرفنا أن كل خلية في جسم الكائن (عدا الخلايا التناسلية) تحمل مجموعتين من الكروموسومات (ثنائية المجموعة الكروموسومية 2n) إحداهما أتت من الأب و الثانية أتت من الأم.

وبعد نهاية عملية الانقسام وتكون الخلايا الجنسية، قد تنتج كروموسومات بها مقاطع غير طبيعية (شواذ) يمكن التمييز بينها وبالتالي ملاحظة أي تغيير في صفات الكائن (ظاهرية أو باطنية).

خلال عملية الإنقسام قد يحدث بعض الشذوذ الكروموسومي، وفيما يلي بعض الأمثلة:

أولاً: تغيرات في شكل الكروموسوم

1- تغير في عدد الجينات :

أ- النقص (الانتقاص الكروموسومي) أو الإقتضاب أو الحذف "Deletion or Deficiency"

هو تغير كروموسومي يحدث نتيجة فقدان أو حذف قطعة من الكروموسوم عن بقية الكروموسوم نتيجة كسر في الكروموسوم وهذه القطعة قد تكون بينية الموقع interstitial او طرفية terminal، والقطع المكسورة التي لا تلتحم او تكون فاقده للقطعة المركزيه تفقد في السايتوبلازم مما يؤدي الى نقص بيني او طرفي.

ينتج الاقتضاب البيني نتيجة لحصول كسر والتحام نهايتها مع البعض.

اما الاقتضاب النهائي فيحدث نتيجة حصول كسر مفرد في طرف الكروموسوم. فإذا كان الكسر صغيراً فلا يمكن تحسسه اما اذا كان النقص كبيراً فقد يؤدي الى ظهور شخص غير طبيعي.

النقص البيني في حالة تزاوج الكروموسومات المتماثلة في الانقسام الاختزالي فإنه يؤدي الى تكوين حلقات- عروات النقص أو الحذف deletion loops

أمثلة على النقص أو الإقتضاب أو الحذف:

1- تناذر ولف Wolf syndrome: وينتج عن نقص جزئي في الذراع القصير للكروموسوم رقم4 والطفل الناتج مصاب بتخلف عقلي و ملامح غير طبيعية في شكل الوجه وتشوه في قزحية العين.

2- تناذر مواء القطة Cri du chat syndrome: أثناء عملية التصالب بين كروموسومي الأبوين، قد يفقد أحد الكروموسومين جزءً منه (جين أو أكثر). مثال: في نواة البويضة (التي تبقى في الطور التمهيدي لفترة طويلة) لوحظ نقص في الذراع القصير للكروموسوم رقم 5. يسبب تشوهات في وجه الجنين وحنجرته (صرخة القط)، يصدر من الطفل صراخ مؤلم يشبه مواء القطة بالإضافة إلى الرأس الصغير الحجم و الوجه العريض والأنف المفلطح والعيون المتباعدة المسافة مع تخلف في النمو الجسماني و العقلي.

ب- الإضافة او التكرار أو التضاعف الكروموسومي Duplication or addition

هو تكرار قطعة كروموسومية في الكروموسوم نفسه مما يؤدي إلى زيادة المادة الوراثية الموجودة وبالتالي ينتج عنها تكرار مجموعة من الجينات أكثر من مرة على الكروموسوم نفسه أو إلى وجود قطعة كروموسومية مزاحة من كروموسوم إلى كروموسوم غير مماثل مما يؤدي إلى زيادة الجينات في ذلك الكروموسوم، وقد تشمل الأجزاء المضافة على القطعة المركزية ولهذا تظهر كأنها كروموسوم إضافي، تختلف الكروموسومات المضافة عن مثيلاتها بانبعاجها الى الخارج في الطور التمهيدي من الانقسام الاختزالي. مثال عليه تضاعف الحزم في الذراع الطويل للكروموسوم 14 والذي يسبب الأورام الخبيثة Malignancy tumers .

ج - الكروموسوم الحلقي Ring chromosome:

وينتج من حدوث كسر في كلا ذراعي الكروموسوم وفقدان النهايتين الطرفيتين واتحاد النهايتين المكسورتين مكوناً شكل الحلق ويكثر هذا الكروموسوم في بعض أنواع السرطان.

2- تغير في ترتيب الجينات على الكروموسوم :

أ- الانتقال Translocation: وهو انتقال قطعة كروموسومية من كروموسوم إلى كروموسوم آخر مماثل له ويدعى في هذه الحاله بالانتقال البسيط Simple translocation أو بين كروموسومين مختلفين ويسمى بالانتقال المتبادل Reciprocal translocation ومثال على النوع الأخير هو إزالة الذراع الطويل لكروموسوم 22 وانتقاله إلى نهاية الذراع الطويل للكروموسوم 9 ويؤدي هذا الانتقال إلى حدوث مرض

Remove Watermark Now

سرطان الدم المزمنChronic granulocytic leukemia، ويدعى الكروموسوم 22 الفاقد للذراع الطويل بكروموسوم فيلاديلفيا Philadelphia chromosome ويأتي غالباً عن طريق الأم.

ب- الإنقلاب Inversion: يحدث ضمن الكروموسوم الواحد نتيجة لانعكاس قطعة منه بمقدار 180 درجة بسبب حدوث كسرين في موقعين مختلفين على الكروموسوم نفسه؛ حيث يتم حدوث الكسر في نقطتين على طول الكروموسوم ثم تدور القطعة بين نقطتي الكسر 180° ثم تلتئم النهايات اللزجة مرة أخرى بحيث يكون ترتيب الجينات معكوساً بالنسبة لوضعها الأصلي والتي تؤدي بالنتيجة إلى تغير في موقع بعض الجينات.

ثانياً: تغيرات في عدد الكروموسومات

يحدث تغير في عدد الكروموسومات (زيادة أو نقصان) أما تركيبها فيبقى ثابت ويكون على نوعين

1- التعدد الكروموسومي غير التام (غير الحقيقي) Aneuploidy: ويتضمن زيادة أو نقص كروموسوم واحد أو اكثر لكن التغير لا يشمل المجموعة الكروموسومية الكاملة

ففي الخلايا الجسدية يكون بها دائماً مجموعتين كروموسوميتين (2n) متماثلتين في العدد. ولكن لسبب ما، قد يحدث خلل أثناء عملية تضاعف الكروموسومات (في المرحلة S) بزيادة كروموسوم (2n+1) أو نقص كروموسوم (2n-1) أو (2n-2) في إحدى المجموعتين. وهو على أنواع :

أ- **احادي الكروموسوم المتماثل (2n-1) Monosomy**: يحصل فقدان لأحد الكروموسومات لذا يصبح أحد الكروموسومين المتماثلين موجود دون مثيل له مثال عليه متلازمة تورنر Turner syndrome حالة وراثية تنشأ من إخصاب بويضة شاذة خالية من X (22 + ----) بحيوان منوي (22+ X) فيكون تركيبها الصبغي (X+44=45) وهذا التركيب متمثل بفقد أحد كروموسومات الجنس ويرمز لهذا النمط XO . تنْتجُ هذه المتلازمة عندما يكون لدى كل من خلايا الأنثى كروموسوم X واحد و كروموسوم جنسيّ آخر مفقود (هو الصبغي الأبوي). وتؤثّر المادّة الوراثية المفقودة على النموّ و تُحدث السمات المميزة للحالة، انثى عقيمة ولا تصل للبلوغ لنقص الهرمونات الأنثوية لغياب X ولديها تخلف عقلي- قوام قصير- عنق قصير وأذنان منخفضتان، نسبة كبيرة من هذه الأفراد تموت في الحياة الرحمية. لا يوجد في خلاياها جسيم بار.

ب- فقد الكروموسومين المتماثلين (2n-2) Nullisomy: وهو فقد كروموسومين متماثلين في الخلايا الجسمية وتموت الأجنة في هذه الحالة في طور مبكر من التكوين.

ج- ثلاثي الكروموسومات المتماثلة أو التثليث الصبغي (2n+1) Trisomy:

هو تكرار الكروموسوم ثلاثة مرات أو هو إحتواء الخلية على 3 كروموسومات متماثلة بدلاً من زوج واحد، ويمكن أن يحدث في كل من الخلايا التناسلية أو في الخلايا الجسمية.

أسباب حدوثه: * في الطور الإنفصالي، قد يذهب زوج متماثل من الكروموسومات إلى أحد قطبي الخلية دون أن ينفصل، فيكون في الخلية المتكونة عند هذا القطب كروموسومين من نفس النوع بينما لا يكون في الخلية المتكونة عند القطب الآخر أي كروموسوم من نفس النوع.

* في الطور التمهيدي الأول، قد تفشل عملية الازدواج، و يتحركان باتجاه نفس القطب.

* إذا لقحت الخلية التناسلية (جاميطة مذكرة أو مؤنثة بها n كروموسوم) التي تحتوي على كروموسومين مع جاميطة الأب الأخر (بها عدد n كروموسوم) يتكون جنين به (عدد 2n+1 كروموسوم).

1- حدوث تثليث لكروموسوم جسدي:

مثال1: في الإنسان، حدوث تثليث للكروموسوم رقم 21 (غالباً في البويضة، البعض يرجح السبب هو الأم المتقدمة بالعمر) يعطي جاميطة بها 24 كروموسوم بدلاً من 23:

* إذا لقحت البويضة المحتوية على 24 كروموسوم بحيوان منوي عادي به 23 كروموسوم، يولد طفل بـ "متلازمة داون Down's Syndrome"حالة وراثية تحدث في الذكور والإناث (XX+45) أو (XY+45) حيث يعاني من تخلف عقلي- ضعف في النمو الجسماني، يموت الطفل غالباً بين عمر 1- 16 سنة.

* وإذا لقحت البويضة الأخرى المحتوية على 22 كروموسوم بحيوان منوي طبيعي، فلا يتكون جنين مطلقاً.

مثال2: في الإنسان، حدوث تثليث للكروموسوم رقم 18 للبويضة، و تلقيحها بحيوان منوي عادي، يولد طفل بـ "متلازمة إدوارد Edward's Syndrome" حيث يعاني الطفل من تخلف عقلي- عيوب خلقية في القلب والكليتين- طول مؤخرة الرأس مع صغر الفم و الذقن- إتساع المسافة بين العينين، يموت الطفل عادةً في الشهور الستة الأولى، ونادراً ما يعيش بعد السنة الأولى.

Remove Watermark Now

- مثال3: في الإنسان، متلازمة باتو نتيجة لتكرار الكروموسوم رقم 13 ثلاثة مرات بدل الحالة الثنائية، مما يؤدي إلى حصول زيادة في عدد الكروموسومات إلى 47 بدلاً من 46. ويمكن أن يرجع كروموسوم 13 الإضافي إلى خلية بويضة الأم أو خلية الحيوان المنوي للأب. يجدر التنويه إلى أن متلازمة باتو قد ترجع في بعض الحالات النادرة إلى حدوث انقسام في الخلايا بعد عملية الإخصاب. يتميز أفراد هذه الحالة بتخلف عقلي وتشوهات جسمية للأعضاء الداخلية والخارجية

2- حدوث تثليث لكروموسوم تناسلي (في الخلايا الجنسية): إن إحدى الآليات المسؤولة عن تغيرات العدد الكلي للكروموسومات هي ما يسمى بعملية عدم الانفصال الكروموسومي، التي تعني اخفاق الكروموسومات من أن تنفصل بطريقة طبيعية خلال الانقسام النووي (الانقسام الميتوزي أو الميوزي). وجميع التناذرات (الشواذ) وجدت في أفراد تمتلك مجموعة صبغية جسمية عادية (2A=44) فالثدييات لا تتحمل خللاً فادحاً في الأعداد الصبغية الجسمية. ومن التناذرات:

أ- متلازمة XYY (47 = XYY +44): حيث يعاني الذكور في هذه الحالة من فرط العدوانية كما تكون أطول من المتوسط (متوسط طولها 180سم) والنمو سريع في مرحلة الطفولة، إصابة قياسية بحب الشباب خلال فترة المراهقة، شذوذ في صفاتها الأولية والثانوية، ولديه صعوبة في التعلم، الذكاء أقل من الطبيعي،

ب- مُتَلازِمَة كلاينفيلتر Klienfelter Syndrome (XXY) (47 = XXY +44):

حالة وراثية تحدث في الإنسان، سببها حدوث تثليث لكروموسوم X في خلايا الذكر، المظهر العام ذكر لكنه يعاني من تخلف عقلي (وكلما زاد عدد X كلما زاد التخلف العقلي)- طول القامة- بالإضافة للعقم لغياب الجينات المولده للحيوانات المنوية - تظهر لديه بعض الصفات الأنثوية لوجود X زائد ويصاحبها ضمور في الأعضاء التناسلية الذكرية- انعدام الشعر على الجسم. تنشأ من اخصاب بويضة شاذة (22 + XX) بحيوان منوي (22 + Y) فيكون تركيبها الصبغي (44+XXY) أو ينتج من نطفة (XY) وبويضة (X)، يوجد في خلاياها جسيم بار.

ج- الأفراد المؤنثة متعددة الصبغي X (XXX) (47 = XXX +44):

- إذا أخصبت البويضة التي بها (XX) بحيوان منوي عادي به كروموسوم جنس (X) يأتي الطفل أنثى وفي كل خلية من خلاياها 3 كروموسومات جنس (XXX)، الصفات الأولية والثانوية غير متطورة- عقيمة- متأخرة عقلياً وكلما زاد عدد X انخفضت نسبة الذكاء. تحوي خلاياها على 2 من أجسام بار.

د- رباعي الكروموسوم المتماثل Tetrasomy (2n+2):

وهو اضافة كروموسومين متماثلين اضافيين في الخلايا الجسمية للفرد فيصبح الكروموسوم ممثلا بأربعة كروموسومات متماثلة ومثال عليها: XXXX - XXXY- XXYY.

2- التعدد الكروموسومي التام (الحقيقي) Polyploidy: وهنا يحدث تضاعف للمجموعة الكروموسومية الكاملة في الخلية او الكائن وبالتالي احتواء الخلية على أكثر من مجموعتين كروموسوميتين، و يرجع السبب إلى: أ- في الطور التمهيدي قد لا يختفي غلاف النواة، وتكمل الخلية بقية أطوار الإنقسام فيكون داخل غلاف النواة مجموعتين كروموسوميتين..

ب- بعد الطور الإستوائي قد يحدث عدم انفصال للكروموسومات عن بعضها فتبقى المجموعتين الكروموسوميتين في مكانها، و يتكون حولها غشاء في الطور النهائي.

ج- في الطور النهائي قد لا ينقسم السيتوبلازم فتبقى الخلية بها مجموعتين كروموسوميتين. (إذا لم ينقسم السيتوبلازم في عملية الانقسام التالية تنتج خلايا بها 4 مجموعات كروموسومية). ويكون على انواع :

أ- احادي المجموعة الكروموسومية Haploidy (1n): تكون الخلايا الجسمية في هذه الحالة حاوية على مجموعة كروموسومية واحدة بدلاً من مجموعتين .

ب- **ثنائي المجموعة الكروموسومية Diploidy (2n)**: وهذه الحالة قد تحصل في الخلايا الجنسية فنحصل على مشيج 2n .

ج- ثلاثي المجموعة الكروموسومية Triploidy (3n): وهذه تحوي ثلاث مجاميع كروموسومية 3n وهذه الحالة تكون في الإنسان قاتلة تماماً لكن توجد بعض الخلايا في كبد الإنسان 3n و 4n ، لكن هذه الحالة شائعة في النبات واللافقاريات الواطئة مثل الديدان الإسطوانية والحشرات وقنفذ البحر.

د- رباعي المجموعة الكروموسومية Tetraploidy (4n)، خماسي المجموعة Pentaploidy (5n) ، سداسي المجموعة Hexaploidy (6n).

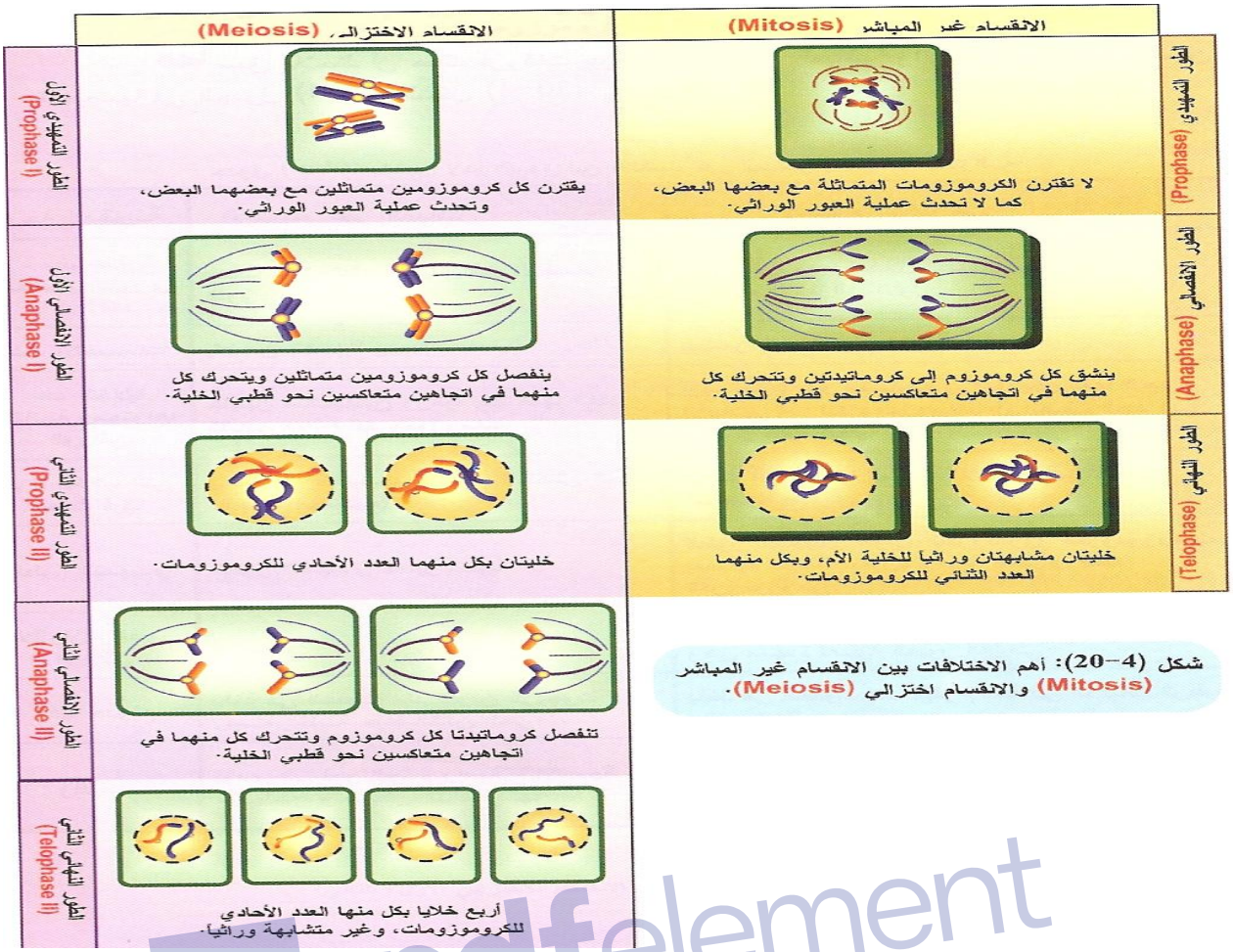
Remove Watermark Now

الفروق بين الانقسامين الخيطي والمنصف

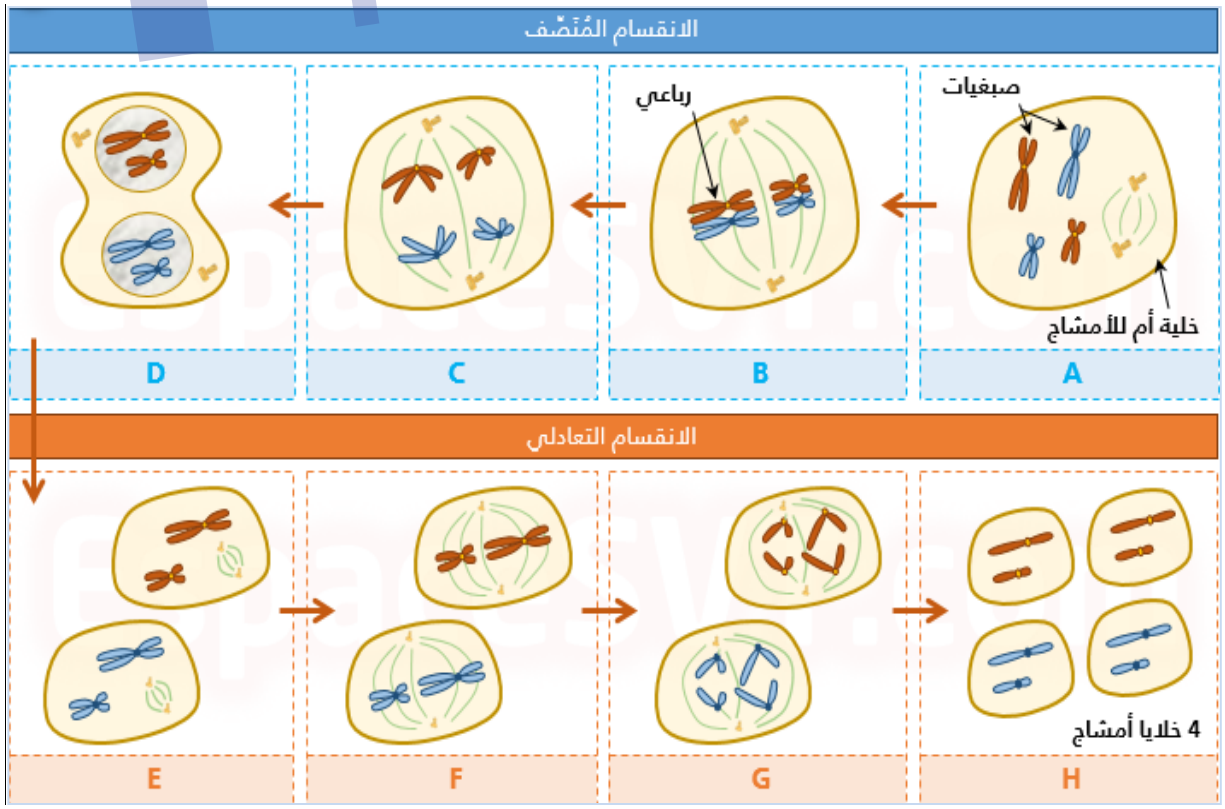
الانقسام الخيطي (المتساوي – الميتوزي) Mitosis	الانقسام المنصف (الاختزالي- الميوزي) Mieosis
يتم في جميع خلايا أعضاء جسم الكائن الحي (عدا الجنسية) ويشكل الخلايا الجسمية أو الجسدية فهو إذاً أساس التكاثر اللاجنسي.	يتم فقط في الأنسجة والخلايا المولدة للأعراس المذكرة والمؤنثة (في الأعضاء التناسلية)، ويشكل الخلايا الجنسية فهو إذاً أساس التكاثر الجنسي. يؤدي لإنتاج الأعراس، والمحافظة على ثبات عدد الصبغيات في النوع الواحد.
يأخذ في الحدوث منذ تكوين الزيجوت ويستمر طيلة حياة الكائن الحي	يأخذ في الحدوث بعد البلوغ فقط في الكائنات الراقية والتي تتكاثر جنسياً.
يتكون من انقسام نووي واحد فقط (أربعة أدوار) يسبقه تضاعف واحد للصبغيات وهذا يؤدي للحصول في نهايته على خليتين جسميتين في كل منهما 2n صبغي، كما هو الحال في الخلية الأم الأصلية.	يتكون من انقسامين نووين متتاليين (في كل منهما أربعة أدوار) يسبقهما تضاعف واحد للصبغيات (في الفترة S من الطور البيني) وهذا يؤدي للحصول في نهايته على أربع خلايا جنسية (أعراس) في كل منها 1n صبغي، أي نصف العدد الصبغي الموجود في الخلية الأم الأصلية.
تتوزع الصبغيات المتضاعفة بالتساوي على الخليتين البنتين، بالتالي تحصل جميع خلايا الجسم على العدد ذاته من الصبغيات	نظراً لحدوث انقسامين فإن العدد الصبغي في الخلايا الجنسية أقل بمرتين من الخلايا الجسمية
الدور التمهيدي أطول الأدوار في الانقسام الخيطي ولا يتكون من مراحل	الدور التمهيدي I طويل جداً ويتكون من 5 مراحل، نظراً لمرور الكروموسومات بمسالك عديدة متميزة وهامة لاختزال العدد الكروموسومي؛ ما الدور التمهيدي II فيمر بسرعة
لا تتشكل الصبغيات المزدوجة Bivalents	تتكون الصبغيات المزدوجة Bivalents في مرحلة الخيوط المتزاوجة من الدور التمهيدي I
لا يحدث الاقتران و العبور الصبغي (الوراثي) Crossing over	يحدث العبور الصبغي في مرحلة الخيوط المتضاعفة من الدور التمهيدي I
تتوضع الصبغيات المتماثلة بصورة مستقلة على اللوحة الاستوائية بحيث تكون أجزاؤها المركزية في مستوىً واحد على خط استواء المغزل، أما أذرعها فتتوضع عشوائياً.	تتوضع الصبغيات المتماثلة المكونة للصبغيات المزدوجة مقابل بعضها في الدور الاستوائي I ويكون موقع الجزء المركزي لأحد الصبغيين فوق خط الاستواء والآخر تحت خط الاستواء. وفي الاستوائي II يتوضع صبغي واحد من الصبغيين المتقابلين على اللوحة الاستوائية.
يتم انشطار الجزيء المركزي في دور الهجرة، وتهاجر الصبغيات المستقلة إلى أحد القطبين.	لا يتم انشطار الجزيء المركزي في دور الهجرةI، إذ يهاجر صبغي واحد من الصبغيين المقترنين إلى أحد قطبي الخلية والآخر إلى القطب المعاكس. وينشطر الجزيء المركزي في دور الهجرةII
يوجد طور بيني واحد قبل الانقسام الخيطي يتم فيه تضاعف الـ DNA وبالتالي الصبغيات.	يوجد طوران بينيان في الخلايا الحيوانية؛ لكن البيني قبل المنصفII يكون قصيراً أو مفقوداً ولا يتم فيه تضاعف الـ DNA وبالتالي الصبغيات. أي يتم (تضاعف الـ DNA وبالتالي الصبغيات) فقط قبل الانقسام المنصف ككل (أي المنصفI).
الصيغة الصبغية للخلايا دائما 2n حيث تكون الصبغيات متضاعفة قبل الدخول في الانقسام الخيطي، وصيغتها 2n وفي نهاية هذا الانقسام تكون غير متضاعفة (أي مفردة) وصيغتها في نهاية الانقسام تكون أيضاً 2n تسمى الخلايا التي تحوي 2n صبغي (أي الخلايا الجسمية) بالخلايا ثنائية الصيغة الصبغية Diploids.	يحصل لدينا عملية اندماج للعروس الذكرية (1n) مع العروس المؤنثة (1n) في عملية تسمى الإخصاب حيث تتشكل البيضة الملقحة (الزيغوت) التي تملك العدد الصبغي (2n). حيث تكون الصبغيات متضاعفة قبل المنصفI والمنصف II وصيغتها قبل الانقسام المنصف ككل 2n وبعد المنصفI (1n متضاعفة) وبعد المنصفII (1n مفردة). تسمى الخلايا التي تحوي 1n صبغي (أي الخلايا الجنسية) بالخلايا أحادية الصيغة الصبغية Haploids.

********** انتهت المحاضرة **********

Remove Watermark Now



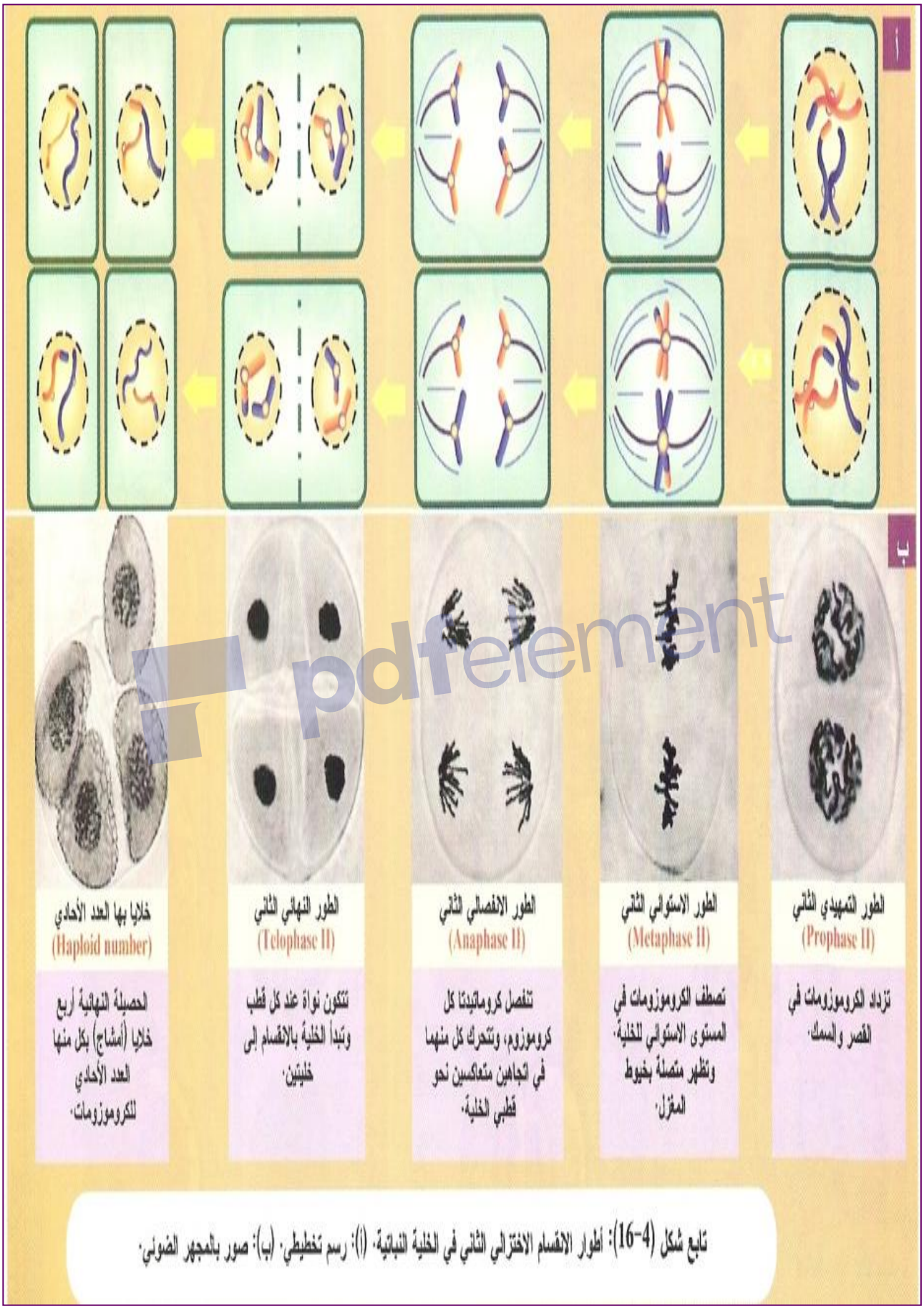
شكل (4-20): أهم الاختلافات بين الانقسام غير المباشر (Mitosis) والانقسام اختزالي (Meiosis).



Remove Watermark Now

شكل (4-16): أطوار الانقسام الاختزالي الأول في الخلية النباتية. (أ): رسم تخطيطي، (ب): صور بالمجهر الضوئي للانقسام كما يحصل في نبات السوسن [Lily (*Lilium regale*)].

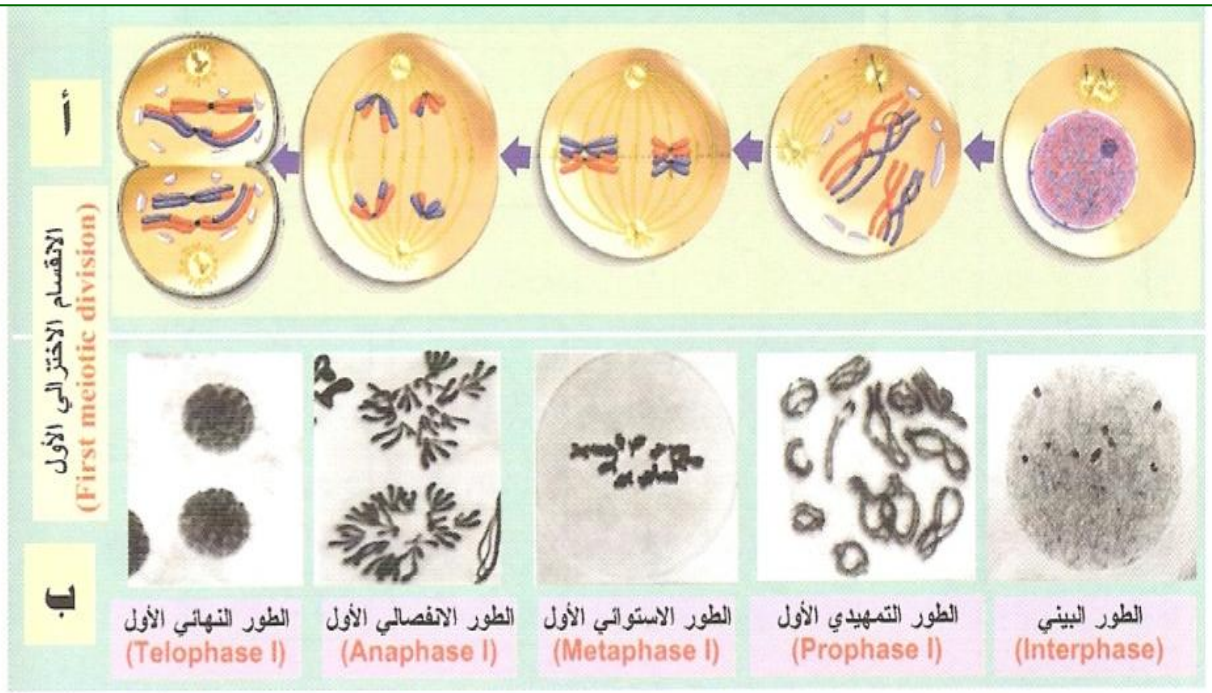
pdfelement



تابع شكل (4-16): أطوار الانقسام الاختزالي الثاني في الخلية النباتية. (أ): رسم تخطيطي. (ب): صور بالمجهر الضوئي.

pdfelement

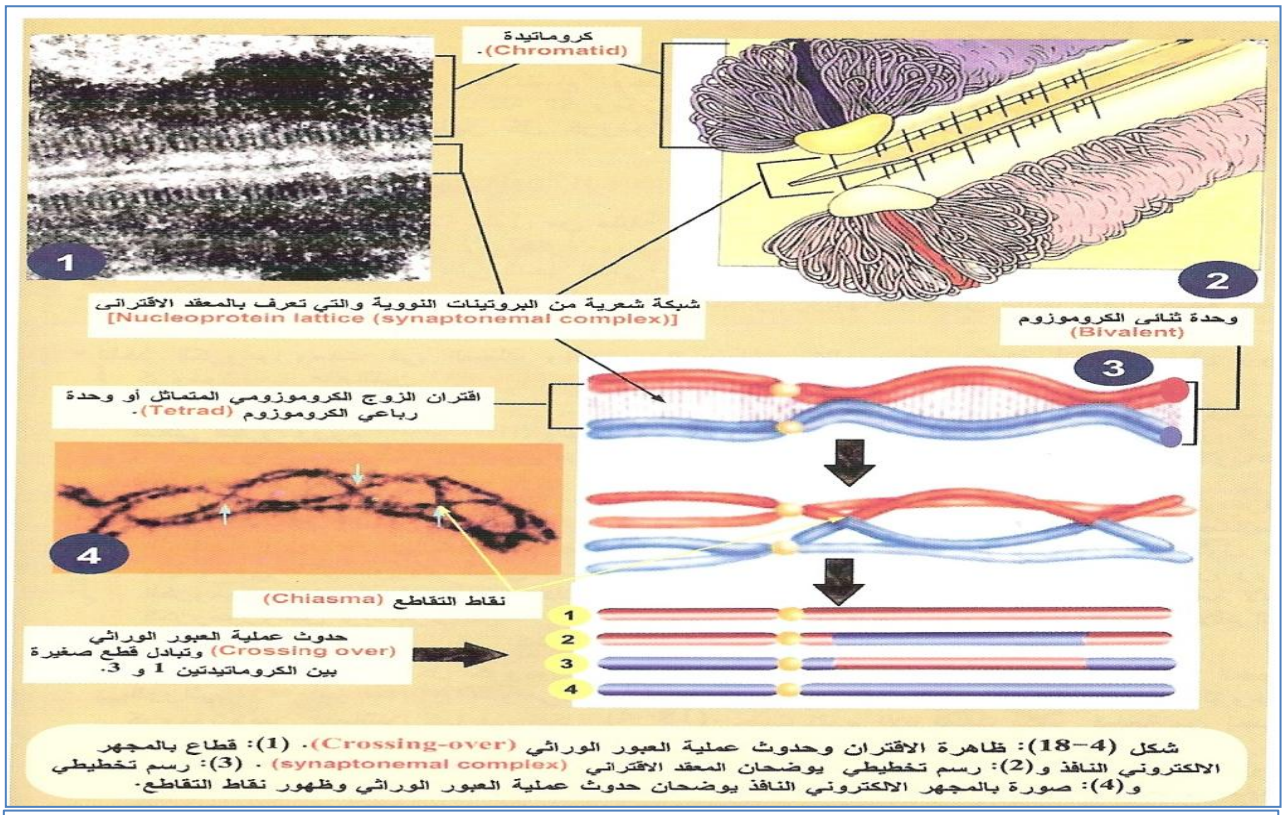
Remove Watermark Now



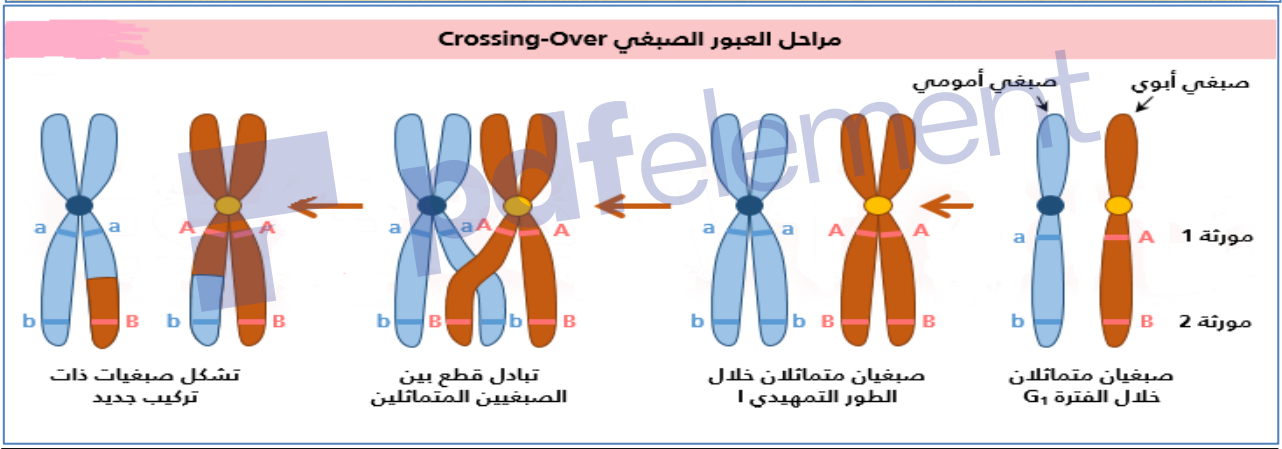
الوصف كسابقه في الخلية النباتية، غير أنه في الخلية الحيوانية ينقسم زوج الأجسام المركزية في الطورين التمهيديين الأول والثاني إلى زوجين ويتحرك كل منهما في اتجاهين متعاكسين، ليتحدد بهما قطبي الخلية. ويتم الانقسام السيتوبلازمي بواسطة التخصر.

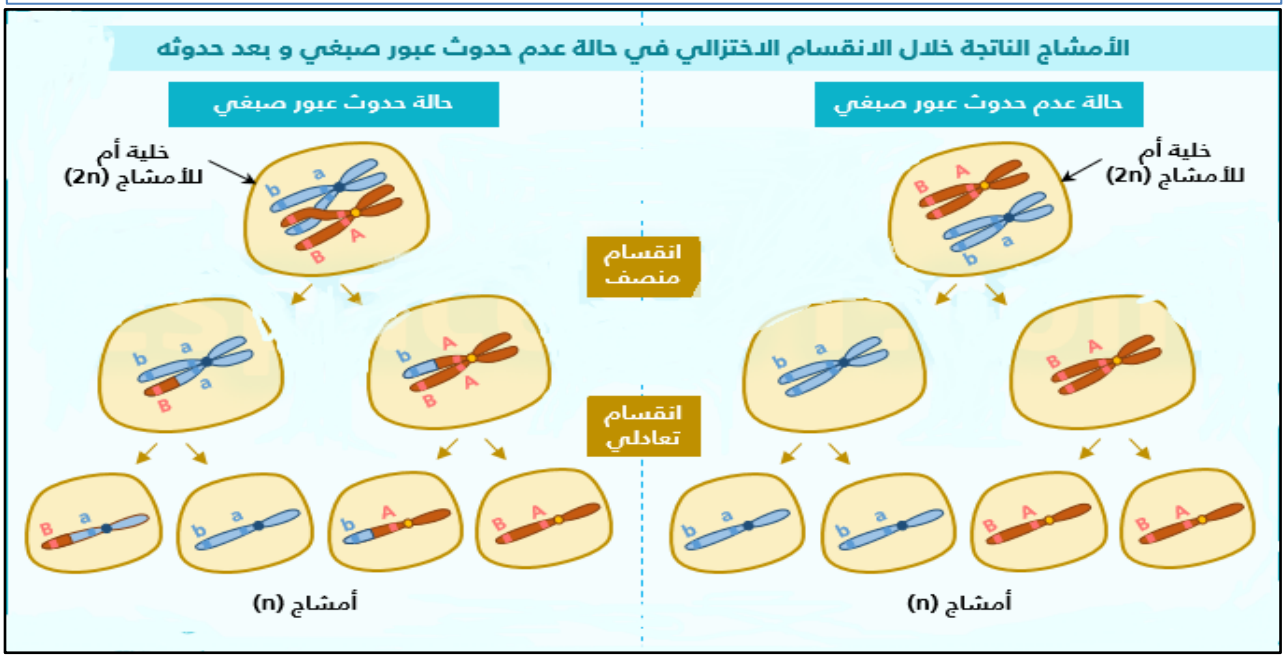
شكل (4-17): خطوات الانقسام الاختزالي الأول والثاني في الخلية الحيوانية. (أ): رسم تخطيطي. (ب): صور بالمجهر الضوئي للانقسام كما يحصل في حيوان .

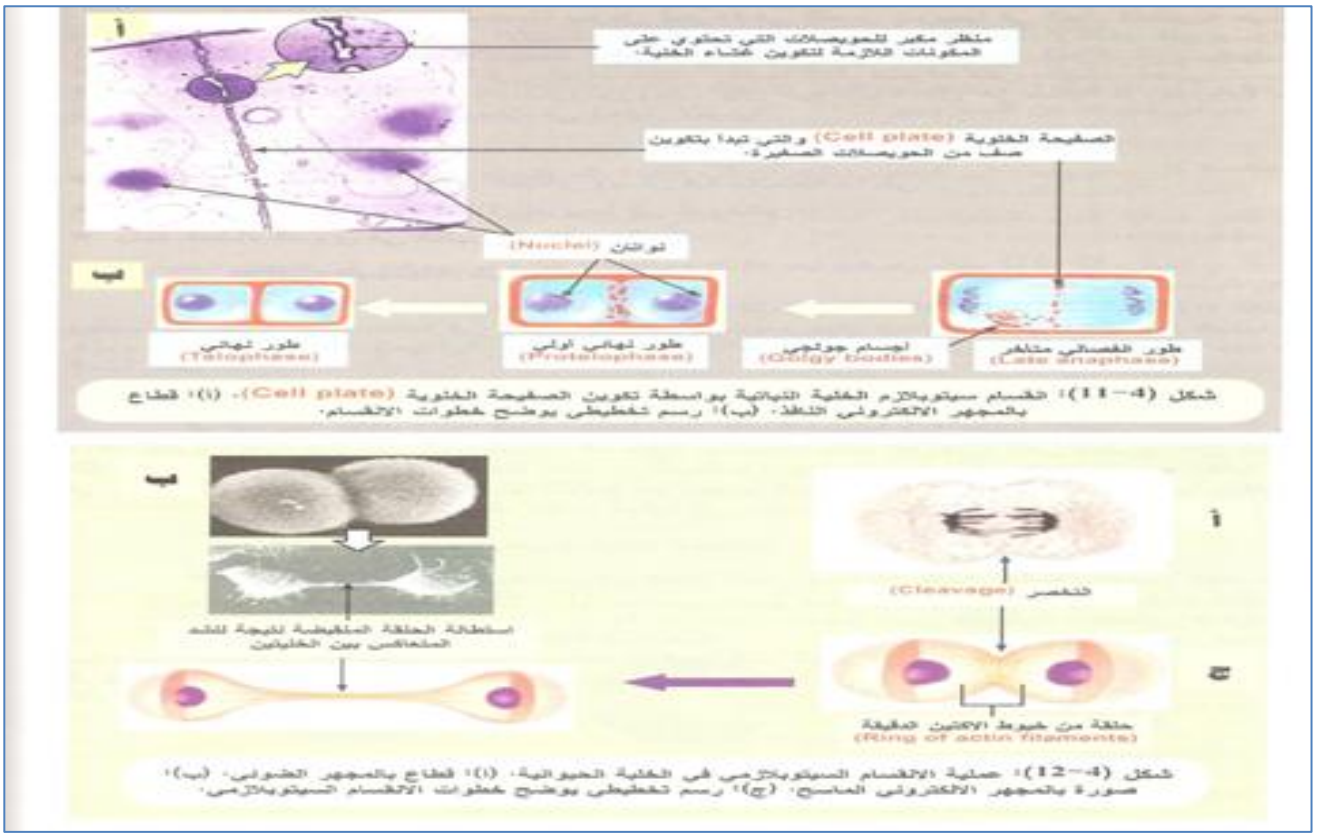
pdfelement

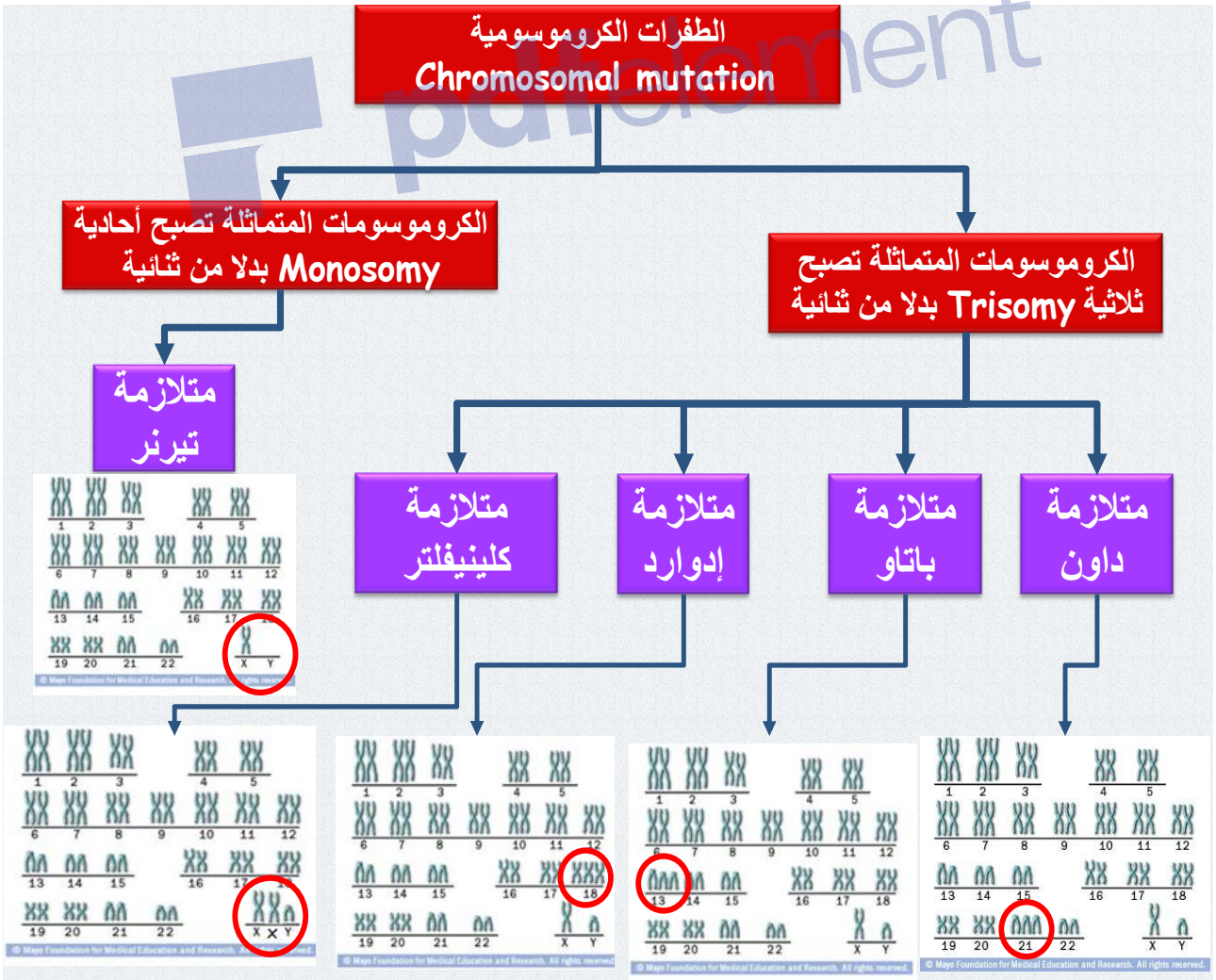


شكل (4-18): ظاهرة الاقتران وحدوث عملية العبور الوراثي (Crossing-over). (1): قطاع بالمجهر الالكتروني النافذ و(2): رسم تخطيطي يوضحان المعقد الاقتراني (synaptonemal complex). (3): رسم تخطيطي و(4): صورة بالمجهر الالكتروني النافذ يوضحان حدوث عملية العبور الوراثي وظهور نقاط التقاطع.






(Cell plate)
(Nuclei)
(Telophase)
(Prophase)
(Golgi bodies)
(Late anaphase)
(Cleavage)
(Ring of actin filaments)


الطفرات الكروموسومية
Chromosomal mutation
الكروموسومات المتماثلة تصبح أحادية بدلا من ثنائية Monosomy
الكروموسومات المتماثلة تصبح ثلاثية Trisomy بدلا من ثنائية
متلازمة تيرنر
متلازمة كلينيفلتر
متلازمة إدوارد
متلازمة باتاو
متلازمة داون