الفصل الرابع

الانقسام الخلوى

- الكروموسومات .
- دورة حياة الحيوان .
- دورة الخلية .
- الانقسام الميتوزى .
- الانقسام الميوزى .
- تكوين الجاميتات .
- الإخصاب .
- التفلج والتبطين .

obeikandl.com

الانقسام الخلوى Cell devision

انقسام الخلية ضرورى للنمو وتجهيز الكائنات عديدة الخلايا وضرورى للتكاثر لجميع الكائنات ، وانقسام الخلية لا يشكل النواة فقط بل انقسام النواة والسيتوبلازم .

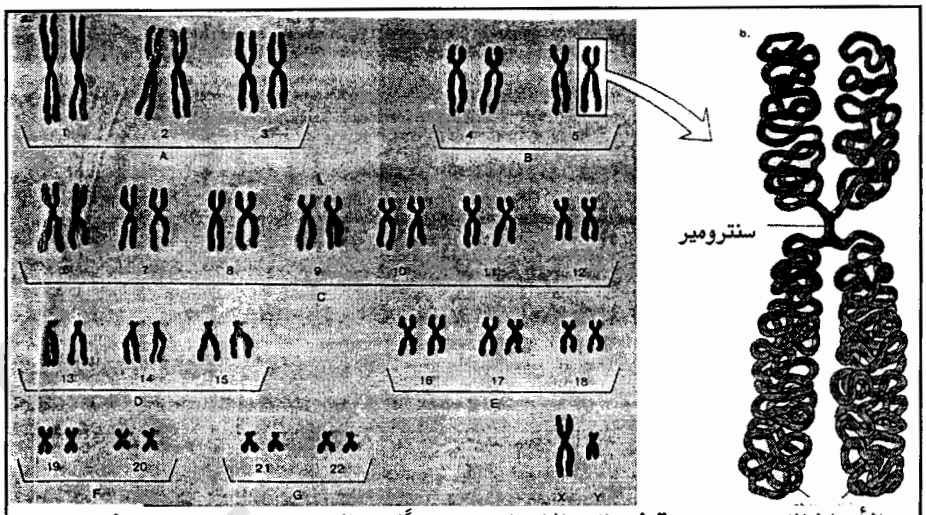
الكروموسومات Chromosomes

بفحص خلايا أى كائن من عديدى الخلايا يوضح أن كل الأنوية لديها نفس العدد من الكروموسومات .

هذا العدد من الكروموسومات له خاصية من خواص الكائن فنبات الذرة بنواة كل خلية ٢٠ كروموسومًا والذبابة المنزلية ١٢ كروموسومًا والإنسان ٤٦ كروموسومًا ، وعدد الكروموسومات لا علاقة له بمدى تعقد الكائن فحيوان الهيدرا وهو كائن مجهرى بسيط فى كل خلية ٣٢ كروموسومًا أكثر من ما هو قائم فى نواة خلية الذبابة المنزلية .

وتتضح الرؤية تمامًا عند فحص وتصوير كروموسومات النواة ويتم ترتيبها فى أزواج حيث يتضح أن كل زوج من الكروموسومات له نفس الحجم والشكل الخارجى والنتيجة التى نتوصل إليها عن أزواج الكروموسومات فى النواة تسمى الأنماط الكروموسومية Karyotype . ويتم الحصول على هذه الأنماط من خلال صباغة الخلايا وفحصها بقوة تكبير عاليه وتصويرها ، ويمكن من خلال مصورات هذه الكروموسومات قصها وترتيبها فى أزواج .

وقد توصل العلماء إلى الأنماط الكروموسومية فى الإنسان A human Karyotype حيث تملك أنوية الخلايا سواء فى الذكور أو الإناث ٢٣ زوجًا من الكروموسومات وزوج منها فى الذكر غير متساوٍ فى الطول والكروموسوم الطويل فى هذا الزوج يسمى X والأقصر يسمى y بينما فى الأنثى يوجد زوجًا من الكروموسوم X .



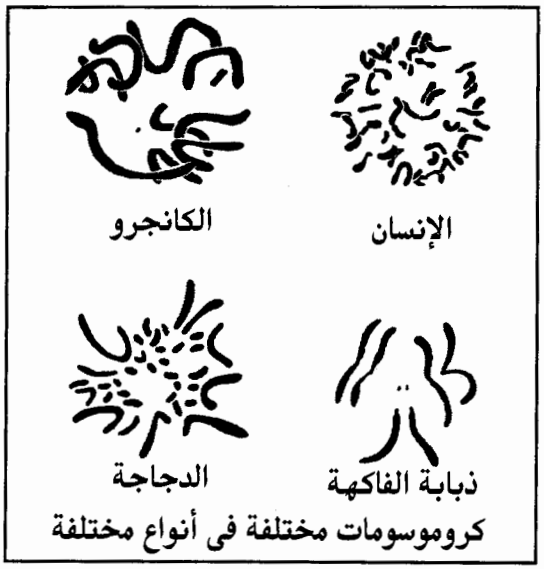
الأنماط الكروموسومية فى ذكر الإنسان ٢٣ زوجًا من الكروموسومات تصنف فى سبع مجموعات A - B - C - D - E - F - G إلى جانب زوج من الكروموسومات الجنسى xy .

ويسمى الكروموسومان X ، Y الكروموسومات الجنسية Sex chromosomes وذلك لأنهما يحملان جينات خاصة بالجنس بينما الكروموسومات الأخرى تسمى الكروموسومات الجسدية أو الذاتية Autosomes وتتضمن جميع الأزواج الأخرى (٢٢ زوجًا) .

وبفحص كل كروموسوم يتضح أنه يتركب من جزئين متشابهين تماما هما الكروماتيدان وهما متشابهان تمامًا ويحملان نفس الجينات وهى الوحدات الوراثية التى تحكم الخلية ـ والكروماتيدان متصلان معًا فى منطقة تسمى السنترومير Centromere .

* عدد الكروموسومات :

يوجد عدد ثابت من الكروموسومات فى خلايا كل نوع من الأنواع (٤٦ كروموسومًا فى نواة كل خلية من خلايا الإنسان) وفى الفأر ٤٠ كروموسومًا والكانجرو ١٢ والذبابة المنزلية ٣٦ وذبابة الفاكهة ٨ كروموسومات ، ٤٤ فى الأرنب ، ٨٠ فى الحمامة .



كروموسومات مختلفة فى أنواع مختلفة

وتأخذ الكروموسومات أشكال مختلفة وأحجام مختلفة ويمكن ملاحظة ذلك بسهولة ـ وتوجد الكروموسومات دائما فى صورة أزواج متماثلة 2N .

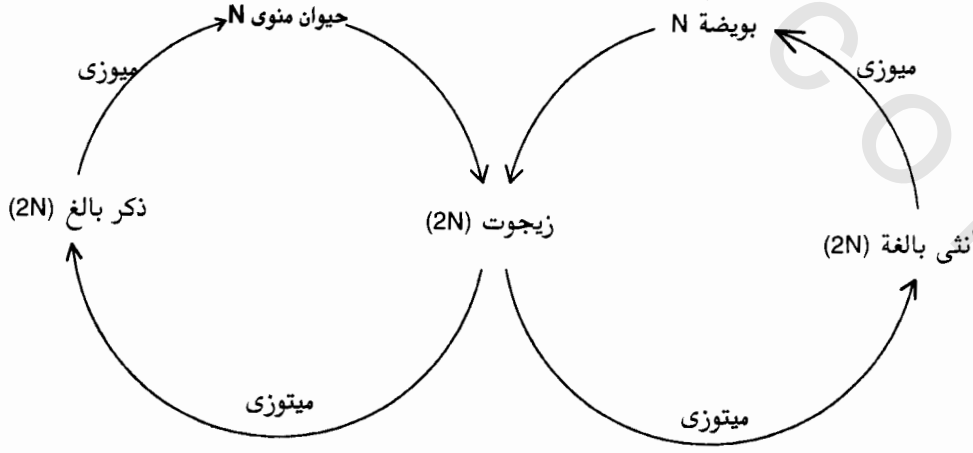
دورة حياة الحيوان Life cycle of animal

الحيوانات المتقدمة عديدة الخلايا بما فيها الإنسان تتميز بأن لها دورة حياة ويتطلب ذلك نمطين من الانقسام الخلوى هما الانقسام الميوزى Meiosis والانقسام الميتوزى Mitosis .

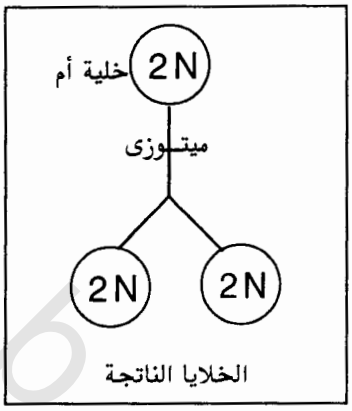
الانقسام الميوزى يحدث خلال إنتاج الحيوان المنوى Sperm والبويضة Egg وهما الخليتان التناسليتان أو الأمشاج (الجاميتات Gametes) ـ فالفرد الجديد الذى يولد يأتى من اتحاد حيوان منوى من الذكر مع بويضة من الأنثى وينتج زيجوت يحتوى 2 N كروموسوم وينمو الزيجوت ويصبح فردًا بالغًا وكل خلية من خلاياه تحتوى 2 N كروموسوم وليتم ذلك فإن كل خلية تنقسم انقسامًا ميتوزيًا .

والانقسام الميوزى يحدث فى أعضاء الجنس (الغدد الجنسية وهى الخصية فى الذكر والمبيض فى الأنثى والخلايا التى تحتوى الكروموسومات فى أزواج diploid تنمو وتكون جاميتات تحتوى نصف الكروموسومات (كروموسوم واحد من كل زوج) haploid . N(haploid) 2n(deploid)

ولأن كل جاميتة تحتوى كروموسومًا من كل زوج فاتحاد الحيوان المنوى مع البويضة هو عملية التقاء أزواج الكروموسومات المتماثلة فى الزيجوت ، وبالتالى يصبح الفرد الناتج يحمل كروموسومًا واحدًا من كل زوج من الكروموسومات من أحد الأبوين .



* الانقسام الميتوزى Mitosis :



تنقسم الخلية إلى خليتين والخلايا الناتجة تحمل نفس نوع وعدد كروموسومات الخلية الأم وبالتالى فإن الخلية الناتجة تشبه الخلية الأم تمامًا .

وتجهز الخلية الأم للانقسام الميتوزى بحدوث تضاعف لكل كروموسوم فيصبح الكروموسوم مكونًا من كروماتيدين بدلا من كروماتيد واحد .

كروموسوم ١ كروماتيد نسخة وراثية فى الخلية الناتجة

كروموسوم ١ كروماتيد نسخة وراثية فى الخلية الناتجة

الكروماتيدان نسختان متماثلتان

كروموسوم ٢ كروماتيد تضاعف الكروموسوم فى الانقسام الميوزى

كروموسوم ١ كروماتيد نسخة من المادة الوراثية فى الخلية الأم

دورة الخلية Cell cycle

بدراسة دورة خلية نموذجية لحيوان ثدى بعد تنميتها فى مزرعة أنسجة مدة ٢٤ ساعة حيث تمر الخلية بالمراحل الآتية :

١ ـ مرحلة G_1 النمو الأول Growth$_1$: تزداد فيها كتلة الخلية وتعرف بمرحلة ما قبل تضاعف المادة الوراثية DNA ومدتها حوالى ١٠ ساعات يتم خلالها تجميع مكونات بناء المادة الوراثية (كل كروموسوم فى هذه المرحلة مكون من كروماتيد واحد) .

٢ ـ مرحلة S البناء Synthesis : وهى مرحلة التضاعف الحيوى لمادة DNA حيث تتضاعف المادة الوراثية ، ويستغرق ذلك ٩ ساعات يصبح فى نهايتها كل كروموسوم مكونا من كروماتيدين (كل منهما نسخة من الكروموسوم الأصلى)

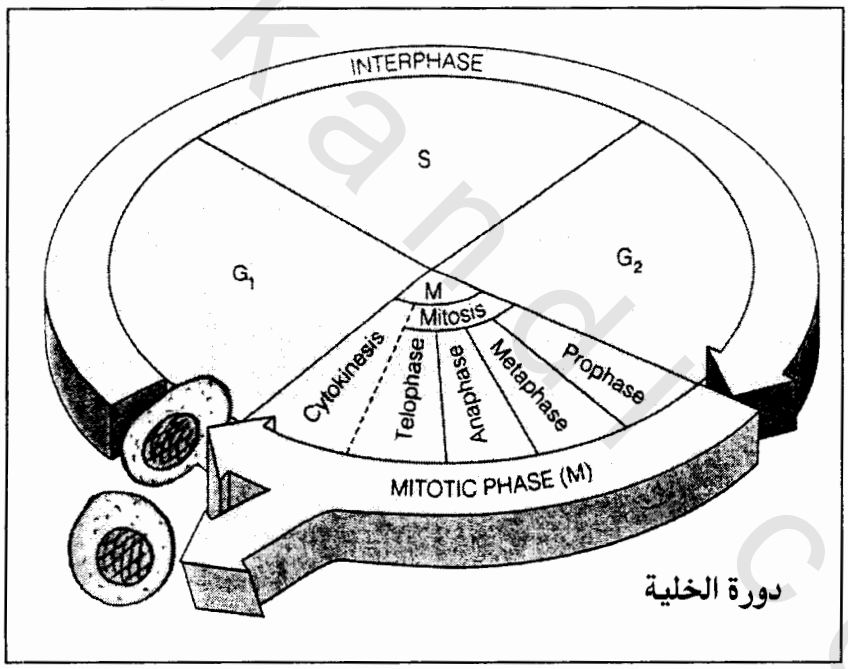
obeikandl.com

٣ ـ مرحلة G_2 النمو الثانى $Growth_2$: وهى مرحلة ما بعد تضاعف مادة الوراثة DNA ويتم خلالها التحضير لبدء أطوار الانقسام الخلوى ومدتها ٤ ساعات .

والمراحل الثلاث $G_1 + S + G_2$ تمثل مجتمعة الطور البينى Interphase .

٤ ـ مرحلة M الانقسام الميتوزى Mitosis : أقصر المراحل وتستغرق ساعة واحدة وتشمل الأربعة أطوار (التمهيدى والاستوائى والانفصالى والنهائى) وفى نهاية هذه المرحلة ينفصل كروماتيدى كل كروموسوم وتتكون الخلايا البنوية وكل خلية بها نسخة كاملة من مادة الوراثة تماثل الخلية الأم .

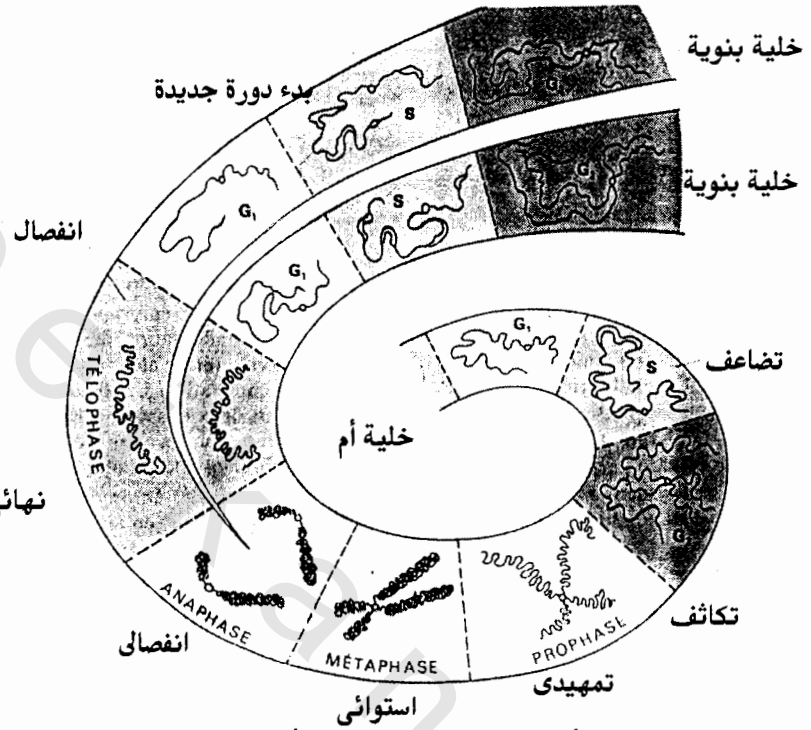
(يختلف الوقت الذى تستغرقه دورة الخلية باختلاف الكائن والنسيج ودرجة الحرارة والعوامل البيئية) .



دورة الخلية

obeikandl.com

* التغيرات التى تطرأ على الكروموسوم خلال دورة الخلية :



الشكل يوضح التغيرات التى تطرأ على الكروموسومات وواضح أن الكروموسوم عبارة عن كروماتيد فى الخلية الأم وفى مرحلة G1 ثم يتضاعف فى S ويبدوا مكونا من ٢ كروماتيد فى G2 ويبدأ الانقسام الميتوزى ، وعندما نصل إلى الطور الانفصالى ينفصل الكروماتيدان ويصبح فى كل خلية بنوية كروموسوم من كروماتيد واحد ثم تبدأ الخلية البنوية دورة جديدة G1 ثم S ثم G2 وهكذا .

* مراحل الانقسام الميتوزى :

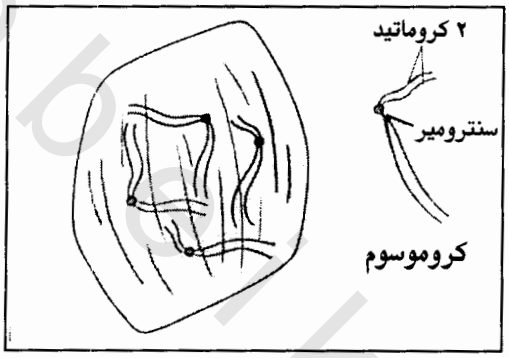
تنقسم مراحل الانقسام إلى أربع مراحل هى :

- التمهيدى Prophase .
- الاستوائى Metaphase .
- الانفصالى Anaphase .
- النهائى Telophase .

وهذه المراحل ليست مراحل منفصلة بل هى عملية انسيابية مستمرة من مرحلة إلى أخرى دون انقطاع أو فاصل - وبين كل انقسام وانقسام تدخل الخلية فى مرحلة بينية Interphase وهذه المرحلة أطول مراحل دورة الخلية ، ويختلف طول هذه المرحلة باختلاف الكائن والنسيج وخلال المرحلة البينية يحدث تضاعف للسنتريولات فتصبح زوجين ويحدث تضاعف للمادة الوراثية والمعروف بتضاعف DNA

(DNA replication) وفيه يصبح الكروموسوم مكونًا من كروماتيدين ، وفى هذه المرحلة تكون الكروموسومات غير مرئية تفصيليًا بينما كل من النوية والغشاء النووى واضحًا وخلال المرحلة البينية يزداد نشاط العضيات الخلوية الأخرى .

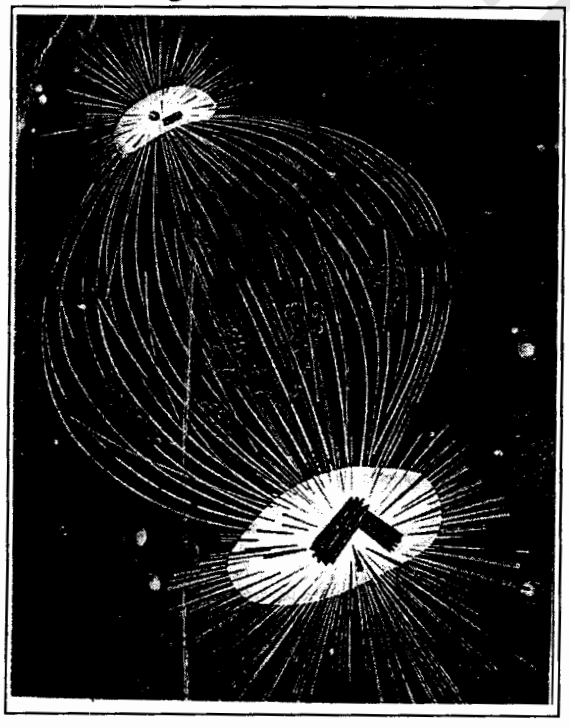
* **الطور التمهيدى Prophase :**



يحدث تكاثف لمادة الكروماتين وفيه تقصر خيوط الشبكة الكروماتينية وتزداد سمكًا وتصبح الكروموسومات واضحة وينفصل زوجا السنتريولات ويتحركان فى اتجاهين متضادين من النواة ليحتلا قطبى الخلية وتظهر خيوط المغزل Spindle fibers بين زوجى السنتريولات وتختفى النوية والغشاء النووى .

والمغزل المتكون عبارة عن قطبين من السنتريولات وخيوط مغزلية تتكون من أنيبيبات Microtubules .

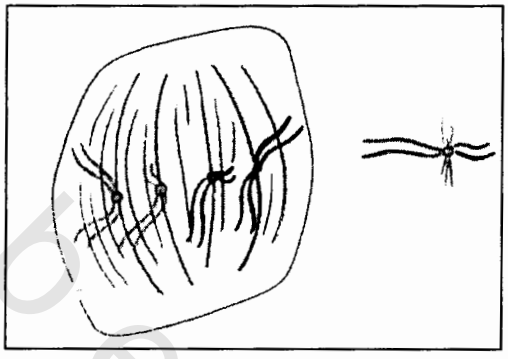
وكل قطب من قطبى المغزل يتكون من سنتريولين والخيوط المغزلية تتجمع عندهما .



المغزل عبارة عن قطبين من السنتريولات بينهما خيوط مغزلية

obeikandl.com

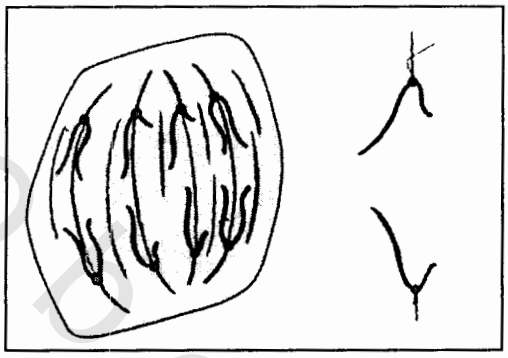
* الطور الاستوائى Metaphase :



اختفى الغشاء النووى ويحتل المغزل الخلية ، وكل كروموسوم متصل بالمغزل ويتحرك نحو استواء المغزل وكل كروموسوم مكون من كروماتيدين وتصطف الكروموسومات صفًا واحدًا فى استواء المغزل وكل خيط من خيوط المغزل يتصل بسنترومير الكروموسوم .

مراحل انقسام ميتوزى

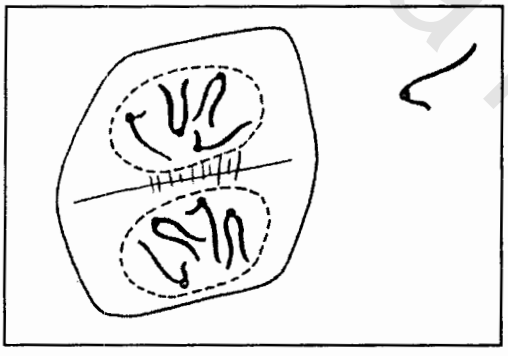
* الطور الانفصالى Anaphase :



ينقسم السنترومير وينفصل كروماتيدا كل كروموسوم وتجذب خيوط المغزل الكروماتيدات نحو الأقطاب وتتجمع الكروموسومات عند كل قطب (بمجرد أن ينفصل الكروماتيد يسمى كروموسوم) .

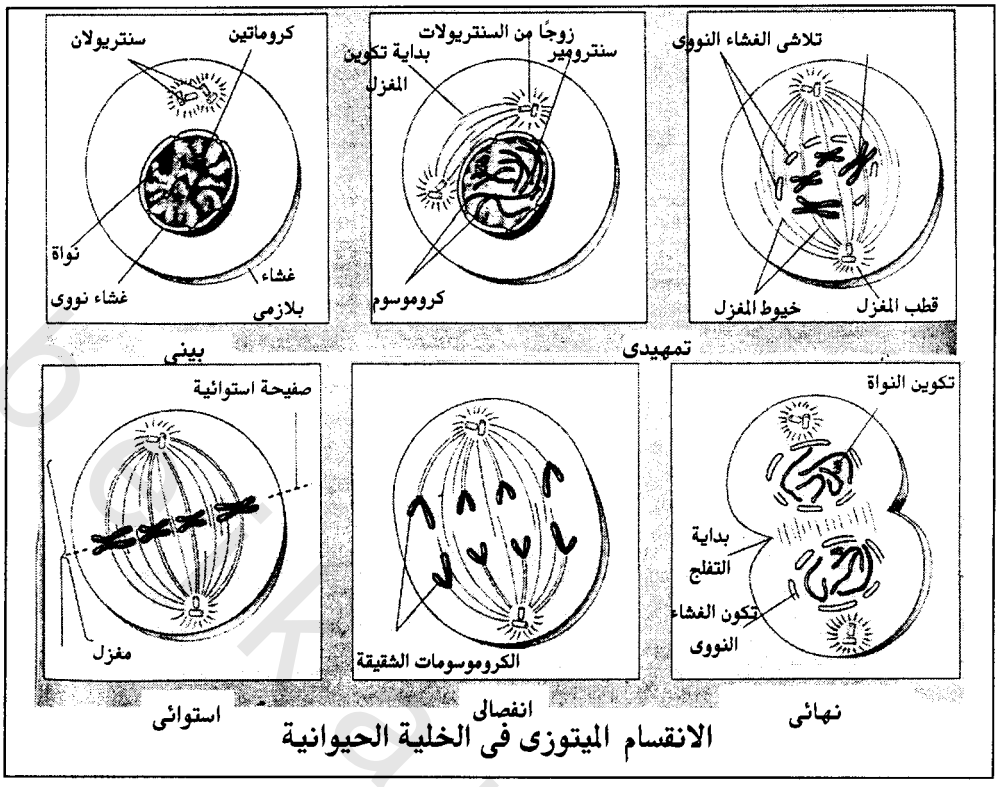
وحركة الكروموسومات أثناء الطور الانفصالى ترجع إلى نوع من الألياف التى تتصل بسنترومير الكروموسوم وهذه الألياف تقصر وتستمر فى القصر مع حركة الكروموسومات تجاه الأقطاب .

* الطور النهائى Telophase :



يختفى المغزل ويتكون الغلاف النووى حول الكروموسومات وتظهر النوية فى كل خلية ويبدأ انقسام السيتوبلازم وتحدث عملية تخصر Furrowing حيث يتكون أخدود بين الخليتين ينتهى بانفصالهما .

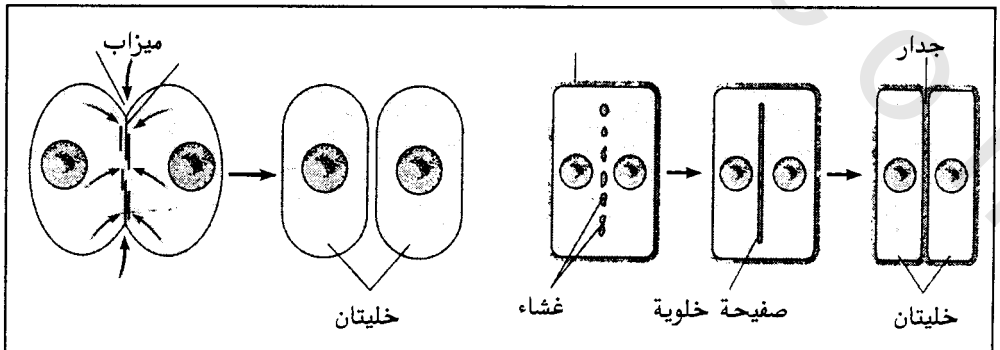
وفى الخلايا النباتية تتجمع حويصلات جولجى فى منتصف الخلية وتفرز هذه الحويصلات صفيحة خلوية Cell plate وتتحول الصفيحة الخلوية إلى جدار سليلوزى يفصل الخليتين .



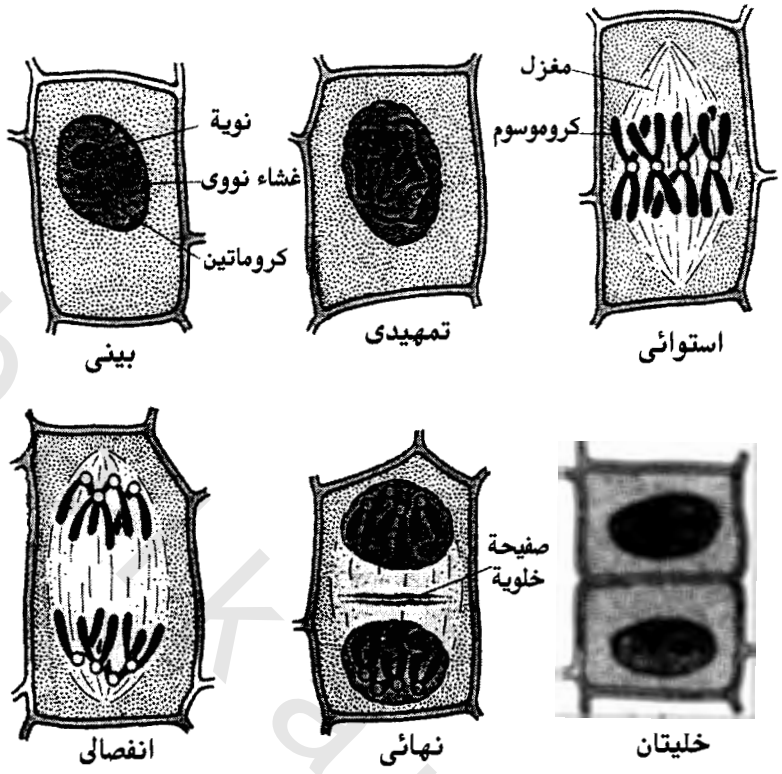
الانقسام الميتوزى فى الخلية الحيوانية

* اختلاف الانقسام السيتوبلازمى فى الخلايا النباتية عن الخلايا الحيوانية :

يحدث الانقسام السيتوبلازمى فى الطور النهائى وإن كانت عناصره تبدأ فى نهاية الطور الانفصالى ويحدث فى الخلايا الحيوانية بعملية التفلج Cleavage حيث يظهر ميزاب فى سطح الخلية يزداد تدريجيا فى العمق وتتكون لييفات دقيقة انقباضية من الأكتين تسبب زيادة تعمق الميزاب تدريجيا حتى تتكون خليتان أما فى الخلايا النباتية فتتجمع مجموعة من الحويصلات تفرز الصفيحة الخلوية التى تنمو للخارج حتى تفصل الخلية إلى خليتين .



انقسام الخلية الحيوانية بالتفلج **تكون الصفيحة الخلوية فى الخلية النباتية**



الانقسام الخلوى الميتوزى فى الخلية النباتية ـ نلاحظ غياب السنتريولات التى تحتل أقطاب المغزل وتكون الصفيحة الخلوية فى المرحلة النهائية ويلى ذلك تكون غشاء خلوى وجدار خلوى لكل خلية بنوية

* أهمية الانقسام الميتوزى :

ـ يؤدى الانقسام الميتوزى إلى أن كل خلية بنوية لها نفس العدد والنوع من الكروموسومات التى توجد فى الخلية الأم وبالتالى تشبه كل خلية بنوية الخلية الأم تمامًا .

ـ الانقسام الميتوزى ضرورى لعملية النمو وظهور الكائنات عديدة الخلايا ونمو الطفل فى رحم الأم ، وضرورى لإصلاح التلف الناتج عن الجروح أو الالتهابات بتعويض الأنسجة التالفة .

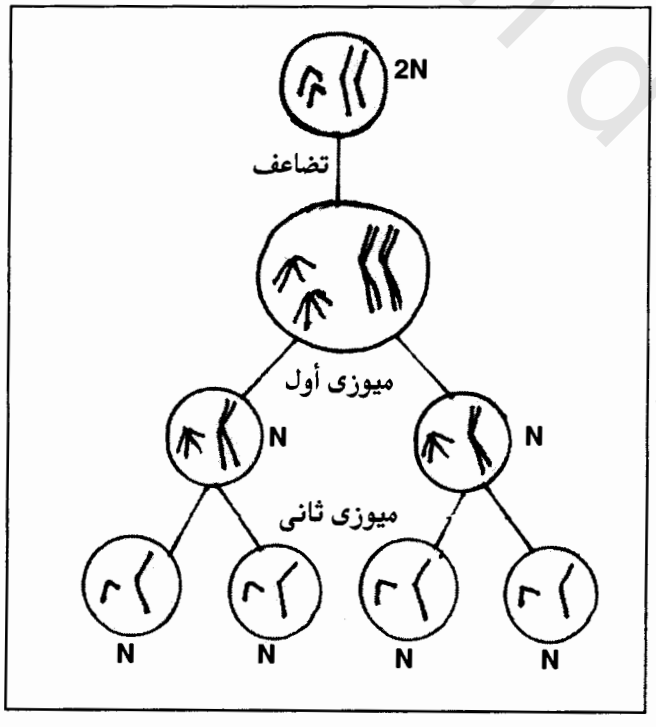
ـ الانقسام الميتوزى ضرورى فى عملية التكاثر اللاجنسى .

الانقسام الميوزى Meiosis

يحدث الانقسام الميوزى فى الكائن الحى خلال عملية إنتاج الخلايا التناسلية (الجاميتات) وهى الحيوانات المنوية أو البويضات ويشمل الانقسام الميوزى انقسامين خلويين متتاليين وينتهى بتكوين أربع خلايا بنوية وكل خلية بنوية تحتوى واحد من كل نوع من الكروموسومات ولهذا فهى تحتوى نصف عدد الكروموسومات الموجود فى الخلية الأم ـ فالخلية الأم تحتوى الكروموسومات فى أزواج 2 N والخلية البنوية المشيجية تحتوى العدد النصفى N .

وفى الانقسام الميوزى الأول تنفصل الكروموسومات المتماثلة ، وفى الانقسام الميوزى الثانى ينفصل كروماتيدا كل كروموسوم وبذلك كل خلية جديدة ناتجة لديها نصف عدد الكروموسومات N أمر ضرورى للمحافظة على ثبات العدد الكروموسومى من جيل إلى جيل .

وفى نواة خلية الإنسان ٤٦ كروموسومًا فى ٢٣ زوجًا من الكروموسومات ، وبحدوث الانقسام الميوزى يصبح فى نواة خلية الحيوان ٢٣ كروموسومًا وبالمثل فى نواة خلية البويضة ٢٣ كروموسومًا وعندما يتحد الحيوان المنوى مع البويضة لتكوين فرد جديد يتم استعادة العدد الكروموسومى وهو ٤٦ كروموسومًا .



رسم تخطيطى يوضح انقسام ميوزى فى خلية تحتوى ٤ كروموسومات أى زوجين من الكروموسومات

* **فى الانقسام الميوزى الأول :**

- يحـــــدث تضـــــاعف للكروموسوم ويصبح مكونًـا مـن كروماتيدين .

- والكروموسـومات المتماثلـة تتجاور وتتشابك وتظهر رباعية (كل زوج متماثل يظهر مكونـا من أربعة كروماتيدات) وخلال ذلـك تتبـادل الكرومـــاتيدات الجينات ويســمى ذلك العبـور Crossing over ومن نتائجه اختلاف الصفات التى يحملـها الأبناء عن الأباء .

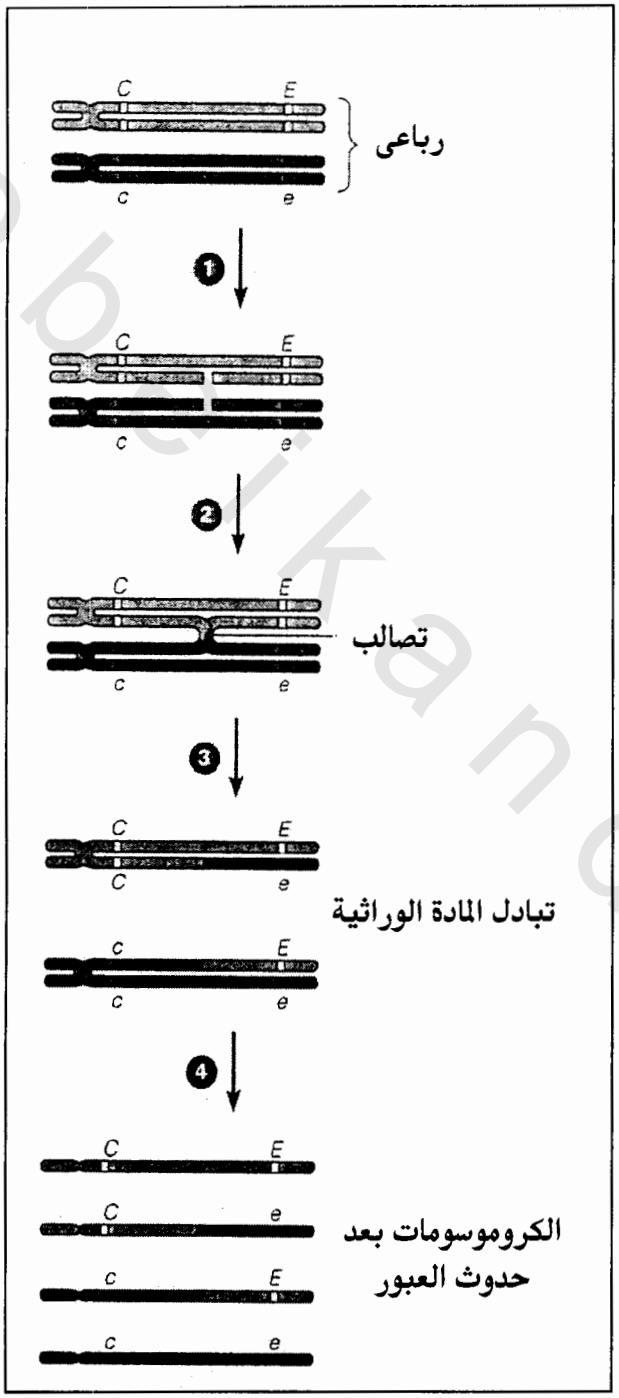
- تنفصـل الكروموســومات المتماثلـة وكـل خليـة تحتــوى كروموسـومًا منـهما مكونًـا مـن كروماتيدين .

* **فى الانقسام الميوزى الثانى :**

- ينفصـل كرومـاتيدا كـل كروموسوم .

- تتكون خليتان بكل منهما عدد نصفى من الكروموسومات N

- يشبـه الميـوزى الثـانى الانقسام الميتوزى (عدا أنـه لا يحـــدث بـــه تضـــاعف للكروموسومات .



obeikandl.com

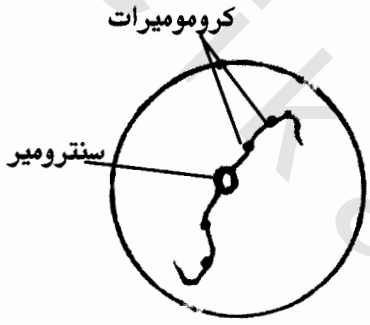
* مراحل الانقسام الميوزى :

* الطور التمهيدى الأول Prophase I :

يمتاز هذا الطور بأنه يستغرق وقتا أطول كثيرًا من غيره من الأطوار وتحدث به أحداث خلوية هامة ولذلك يقسمه العلماء إلى خمس مراحل هى :

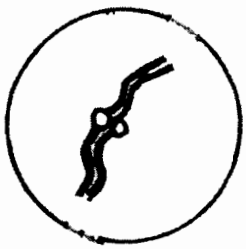
- القلادى Leptotene .
- والتزاوجى Zygotene .
- والضام Pachytene .
- الانفراجى Diplotene .
- التشتتى Diakinesis .

(١) القلادى :



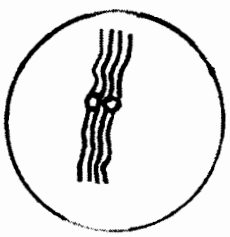
تظهر الكروموسومات كخيوط طويلة دقيقة تحتوى على أجسام داكنة هى الكروموميرات Chromomeres على امتداد طول الكروموسوم وتظهر الكروموسومات باهتة اللون .

(٢) التزاوجى :



تتقارب أزواج الكروموسومات المتماثلة Homologous chromosomes وكل اثنين يلتصقان ويلتفان حول بعضهما وتسمى ظاهرة التشابك Synapsis حيث يتم الالتصاق بينهما فى بعض المواقع وفى نقط متماثلة .

(٣) الضام :

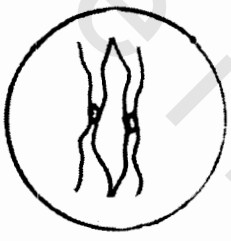


يزداد تكاثف الكروموسومات وتظهر ملتفة وغليظة وكل كروموسومين يكونان جسمًا مزدوجًا (كل كروموسوم مكون من كروماتيدين وعند الالتفاف يتكون ما يسمى الرباعى Tetrad) .

(٤) الانفراجى :

تتنافر الكروموسومات وتتباعد وتظل هناك نقاط تصالب Chiasma بين الكروماتيدات غير الشقيقة وهى نقاط العبور الضعيفة التى إذا حدث بها كسر يتبادل الكروموسومان قطع كروماتيدية بما عليها من مادة وراثية Crossing over .

(٥) التشتتى :



يزداد قصر وسمك الكروموسومات وتختفى النوية ويزول الغشاء النووى وينتهى الطور التمهيدى .

ومما هو جدير بالذكر أن خلال هذا الطور (التمهيدى الأول) يختفى الغشاء النووى والنوية وتتضاعف السنتريولات وتتجه إلى أقطاب الخلية مكونة خيوط المغزل .

*** الاستوائى الأول Metaphase I :**

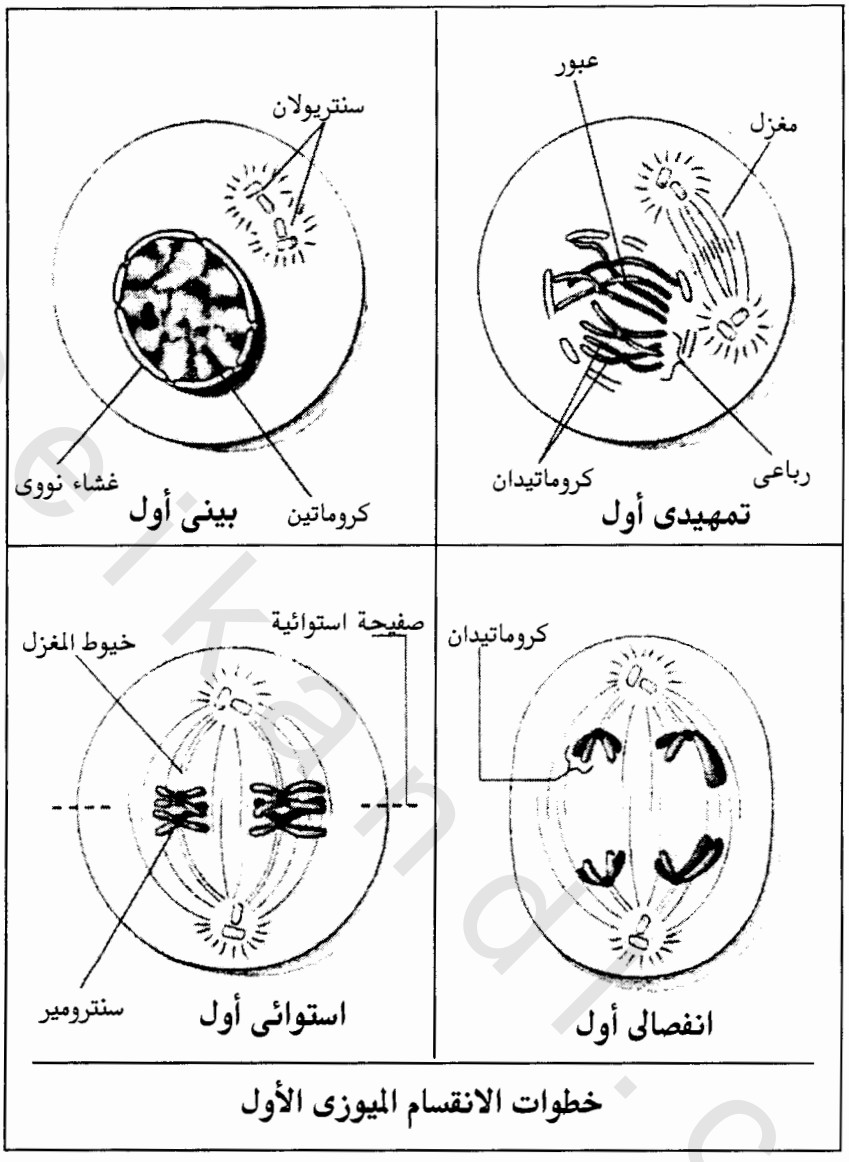
تصطف أزواج الكروموسومات فى منتصف الخلية ويتصل كل كروموسوم بخيط من خيوط المغزل .

*** الانفصالى الأول Anaphase I :**

تنفصل الكروموسومات المتماثلة ويتجه كل كروموسوم نحو قطب من أقطاب الخلية مشدودًا بخيوط المغزل ويصبح عند كل قطب نصف عدد الكروموسومات (كروموسوم من كل زوج متماثل) .

*** النهائى الأول Telophase I :**

يختفى المغزل ويعود ظهور الغشاء النووى والنوية وقد تتكون خليتان وغالبا ما يبدأ الانقسام الميوزى الثانى دون فاصل واضح .



خطوات الانقسام الميوزى الأول

* **التمهيدى الثانى Prophase II :**

يبدأ ظهور المغزل واختفاء الغشاء النووى والنوية وكل كروموسوم مكون من كروماتيدين متصلين بخيوط المغزل .

* **الاستوائى الثانى Metaphase II :**

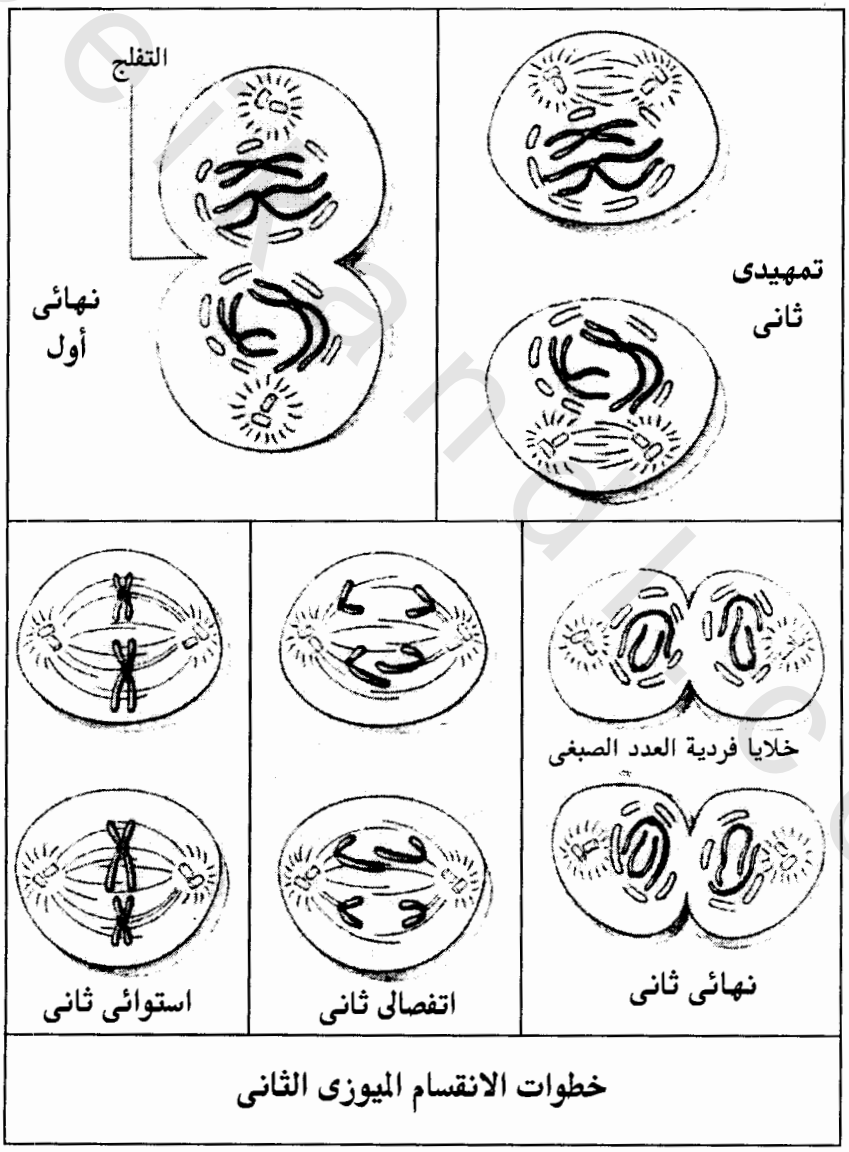
تصطف الكروموسومات صفًا واحدًا فى استواء المغزل وتتصل خيوط المغزل بسنترومير كل صبغى .

* **الانفصالى الثانى Anaphase II :**

تنقسم السنترروميرات وتنفصل الكروماتيدات وتسحبها خيوط المغزل نحـو الأقطـاب (كما يحدث فى الميتوزى) ويستقبل كل قطب نفس العدد .

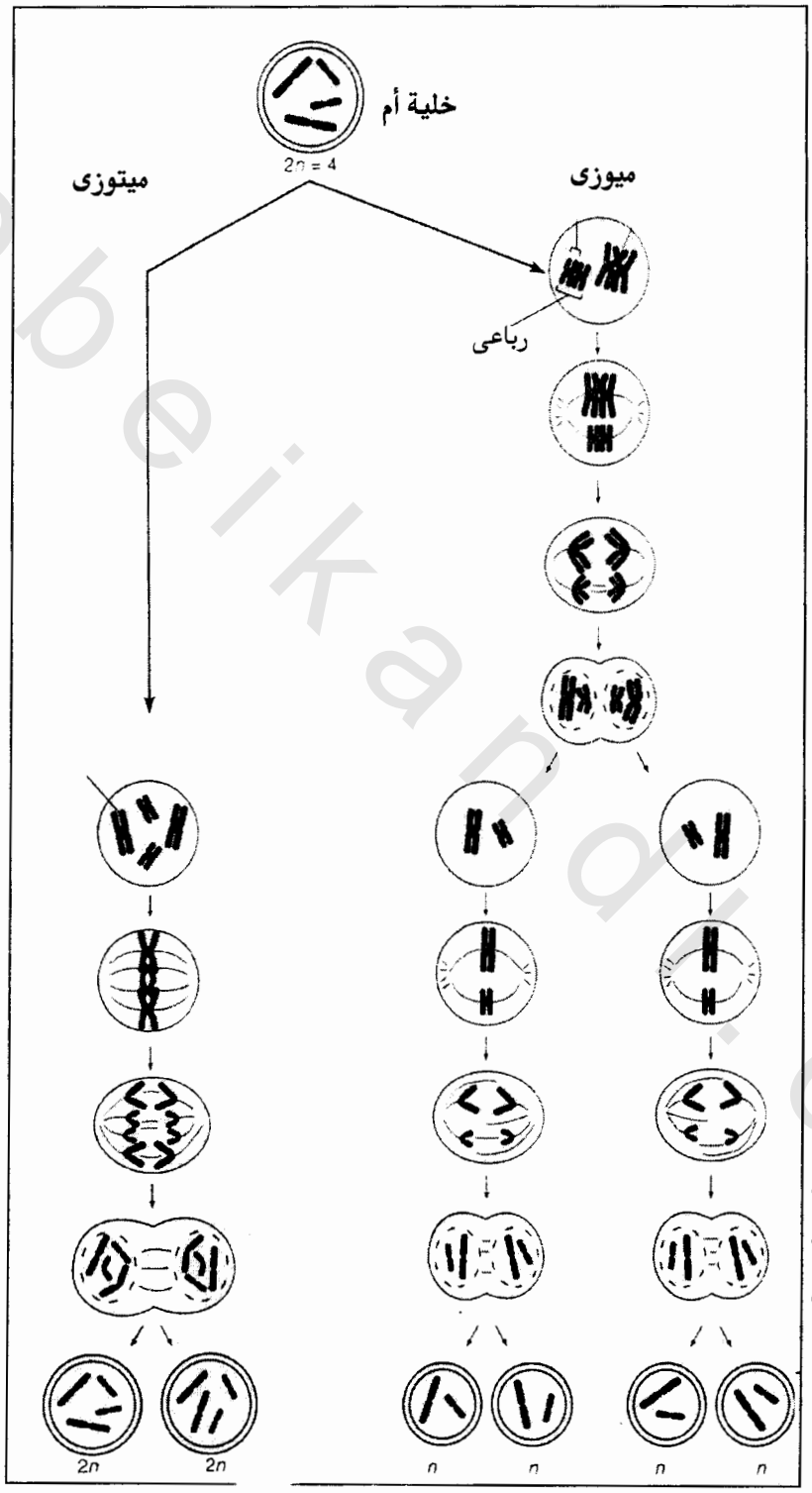
* **النهائى الثانى Telophase II :**

يختفى المغزل ويتكون غشاء نووى ونوية وتتكون من كل خلية خليتـان بكـل منـها نصف العدد الكروموسومى N . وبانتهاء الانقسام الميـوزى يصبـح هنـاك أربـع خلايـا بنوية من الخلية الأم .



خطوات الانقسام الميوزى الثانى

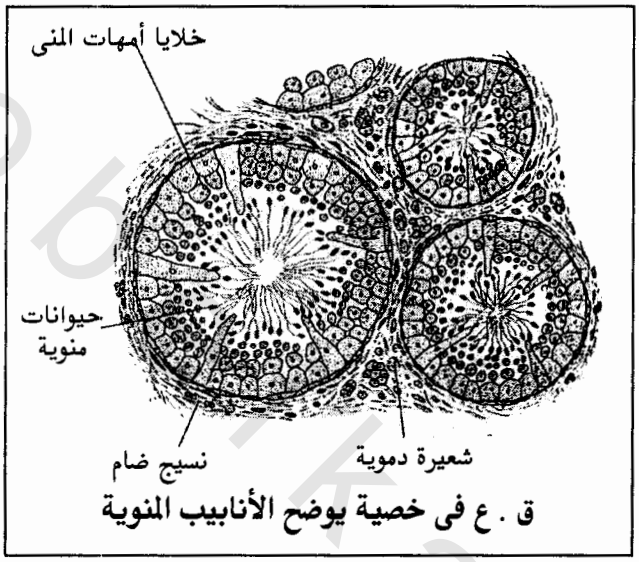
مقارنة بين سلوك الكروموسومات فى كل من الانقسام الميتوزى والانقسام الميوزى



يوضح المخطط سلوك الخلية الأم فى حالة الانقسام الميوزى من حيث تضاعف مادة الوراثة وازدواج الكروموسومات المتماثلة وتكوين الرباعى وحدوث ظاهرة العبور واصطفاف الكروموسومات المتماثلة فى استواء الخلية وانفصال كروموسومى كل زوج ويصبح عند قطب الخلية كروموسوم من كل زوج دون أى انشقاق فى السنترومير ، وهذا السلوك لا يوجد إطلاقا فى الانقسام الميتوزى منه سوى تضاعف مادة الوراثة ، ولذلك نجد أن هناك تشابها بين الانقسام الميتوزى من حيث انشقاق سنترومير كل كروموسوم وسحب خيوط المغزل للكروماتيدات التى تصبح كروموسومات فى أقطاب الخلية

obeikandl.com

تكوين الجاميتات فى الإنسان



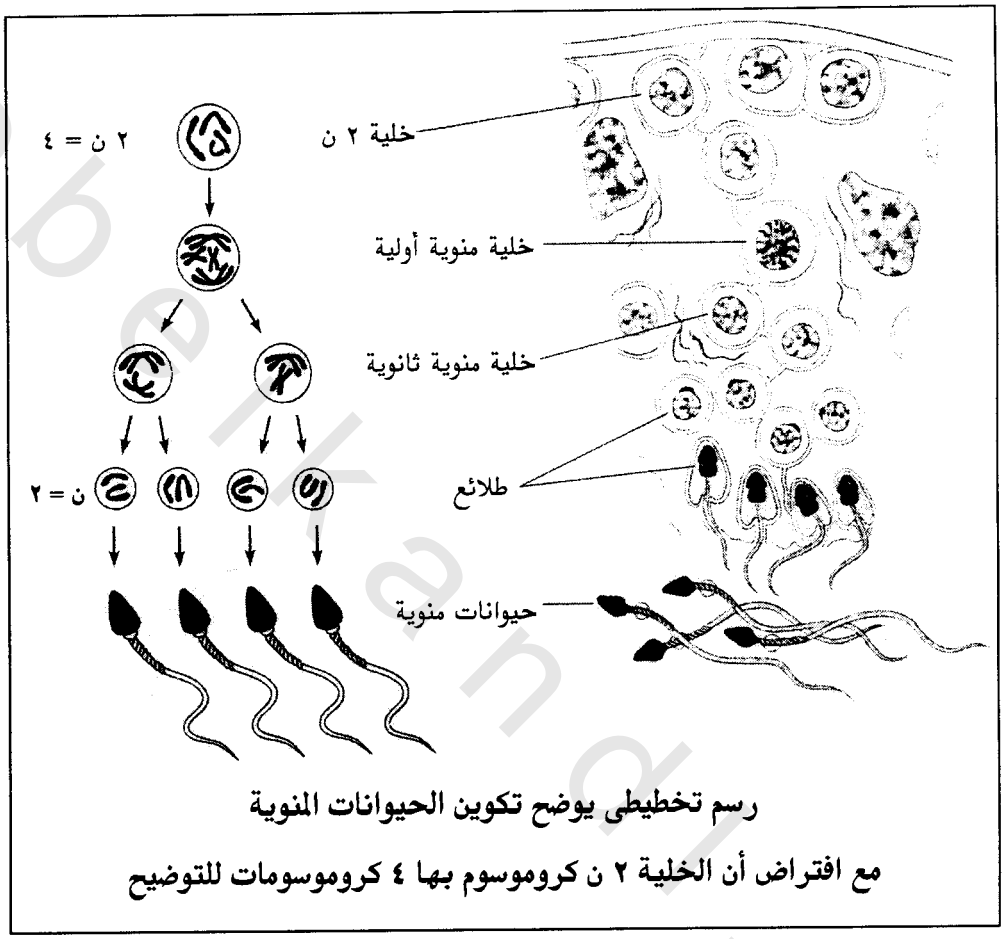
ق . ع فى خصية يوضح الأنابيب المنوية

١ ـ تبطن جدر الأنابيب المنوية فى الخصية بخلايا تناسلية تميزت فى طبقات وتحوى الصفوف الخارجية خلايا منوية أكبر حجما تسمى الخلية المنوية الابتدائية Primary spermatocyte وكل خلية منوية ابتدائية تنقسم بالانقسام الميوزى الأول مكونة خليتين من الخلايا المنوية الثانوية Secondary spermatocyte وتنقسم كل خلية منوية ثانوية انقسام ميوزى ثانى وتنتج خلايا منوية Sperm cells وكل منها تحتوى عددًا كروموسوميًا (نصفى) أى ٢٣ كروموسومًا وتتحول دون انقسام إلى حيوانات منوية حيث تكثف نواة الخلية بشكل رأس ويتكون ذيل سوطى .

٢ ـ فى المبيض يبطن جدار المبيض خلايا تناسلية مبكرة تسمى أمهات المبيض Oogonia تزداد فى العدد وتكبر فى الحجم وتصبح خلايا بيضية ابتدائية Primary oocytes .

ويحدث الانقسام الميوزى الأول ويتميز بانقسام غير متساوٍ للسيتوبلازم حيث تكون إحدى الخليتين البنويتين الخلية البيضية الثانوية Secondary oocyte وتكون كبيرة محتوية أغلب السيتوبلازم بينما الخلية الأخرى صغيرة جدًا وتسمى الجسم القطبى الأول First polar body ويصبح فى الخلية البيضية الثانوية نصف عدد الكروموسومات وفى الانقسام الاختزالى الثانى تنقسم البيضة الثانوية إلى خليتين إحداهما كبيرة هى البيضة Ovum وجسم قطبى صغير ، وإذا انقسم الجسم القطبى

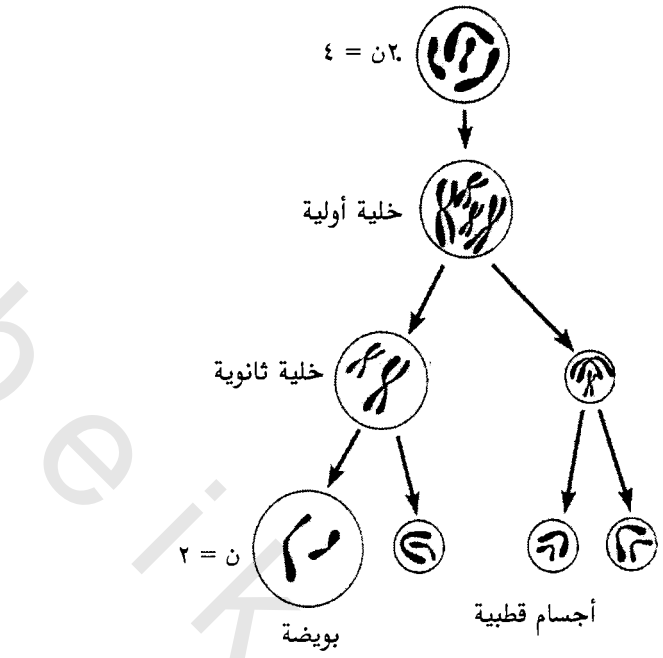
الأول فى الانقسام يصبح هنـاك ثلاثـة أجسـام قطبيـة غـير فعالـة وغالبًـا مـا تتحطـم وبويضة Ovum

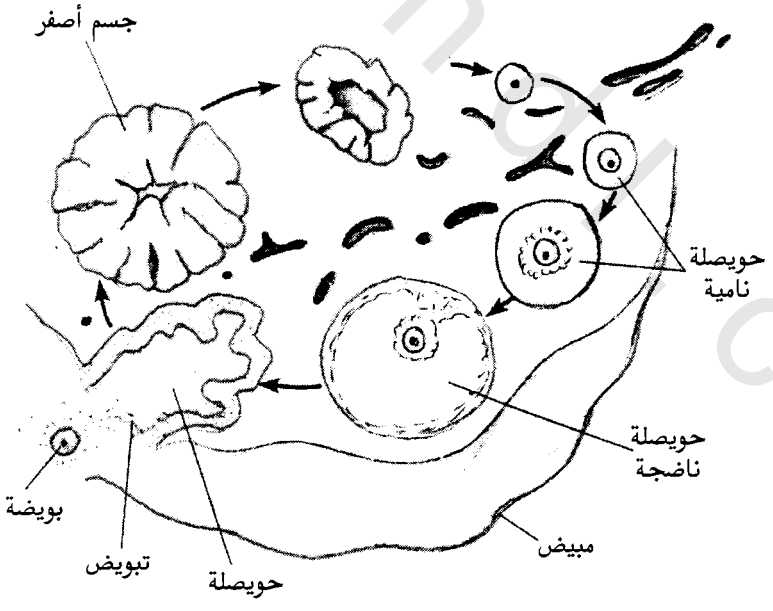


رسم تخطيطى يوضح تكوين الحيوانات المنوية

مع افتراض أن الخلية ٢ ن كروموسوم بها ٤ كروموسومات للتوضيح

obeikandl.com

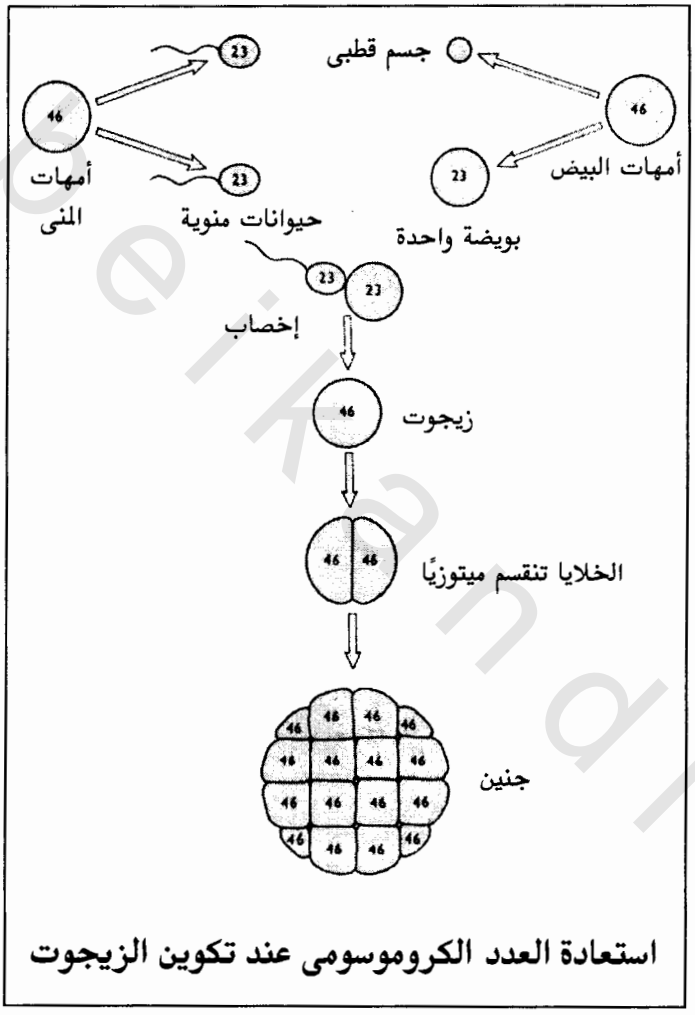




رسم تخطيطى يوضح تكوين البويضات مع افتراض أن الخلية ٢ن كروموسوم بها ٤ كروموسومات للتوضيح

obeikandl.com

* استعادة العدد الكروموسومى للنوع : Reproduced of the dipolid number



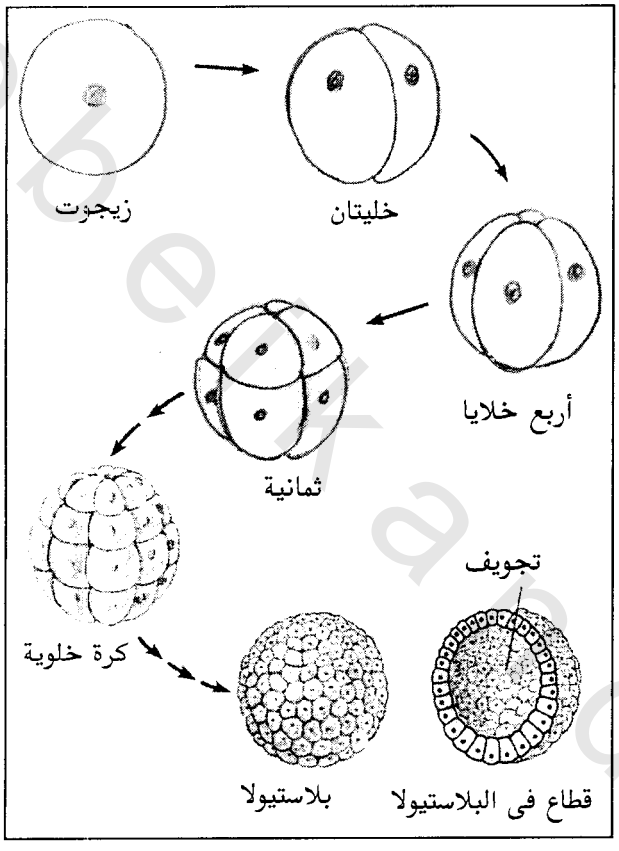
استعادة العدد الكروموسومى عند تكوين الزيجوت

ينتهى الانقسام الميوزى بتكوين الجاميتات المذكرة أو المؤنثة ، وتحتوى كل جاميتة على نصف العدد الكروموسومى (كروموسوم واحد من كل زوج) وفى الإنسان يحتوى الحيوان المنوى ٢٣ كروموسومًا وتحتوى البويضة ٢٣ كروموسومًا .

وعندما يحدث الإخصاب لتكوين الزيجوت يحتوى الزيجوت ٤٦ كروموسومًا وفى نواة الزيجوت تلتقى أزواج الكروموسومات المتماثلة حيث أن كل كروموسوم جاء من الأب يقابله شبيه جاء من الأم وبذلك يتكون فرد جديد نصف مادته الوراثية من الأب والنصف الآخر من الأم وتترك الساحة للقوانين الوراثية لتحدد صفات هذا الفرد ثم ينقسم الزيجوت بالانقسام الميتوزى مكونا عديدًا من الخلايا التى تكون الجنين وفى كل خلية ٤٦ كروموسومًا .

obeikandl.com

التفلج Cleavage



عملية تحول الزيجوت من خلية واحدة إلى عديد من الخلايا تحدث فى المرحلة الأولى من النمو وتسمى بعملية التفلج Cleavage ويليها عملية التبطين Gastrulation .

وعملية التفلج عملية سريعة من الانقسام الخلوى تنتهى بتكوين كرة من الخلايا (جنين عديد الخلايا) وفى دراسة للزيجوت فى حيوان قنفذ البحر وجد أن الانقسام يتكرر كل ٢٠ دقيقة من خلية إلى خليتين إلى ثمانى خلايا حتى عديد الخلايا على هيئة كرة من الخلايا ويستغرق ذلك ثلاث ساعات وطبعًا كل خلية ناتجة فهى أصغر كثيرًا من خلية الزيجوت .

وباستمرار التفلج يتكون سائل يملأ تجويف داخل كرة الخلايا (البلاستيولا) Blastula وتصبح البلاستيولا عبارة عن تجويف كبير به سائل يحاط بطبقة أو أكثر من الخلايا .

ويحدث فى عملية التفلج عمليتان هامتان **الأولى** نقص حجم الخلايا الجنينية **والثانية** زيادة مساحة السطح (نسبة إلى الحجم) الذى يسمح بتعرض الخلايا لعمليات التبادل الغازى وعمليات التبادل الأخرى مع بيئة الجنين ويرجع ذلك إلى أن

obeikandl.com

سيتوبلازم الزيجوت يحتوى مواد كيميائية متنوعة وظيفتها ضبط أماكن النمو فى الجنين بعد التفلج ، وهذه المواد تقع فى مجموعات معينة من الخلايا ووظيفتها تنشيط الجينات التى توجه عملية تكوين أجزاء معينة فى الحيوان .

التبطين Gastrulation

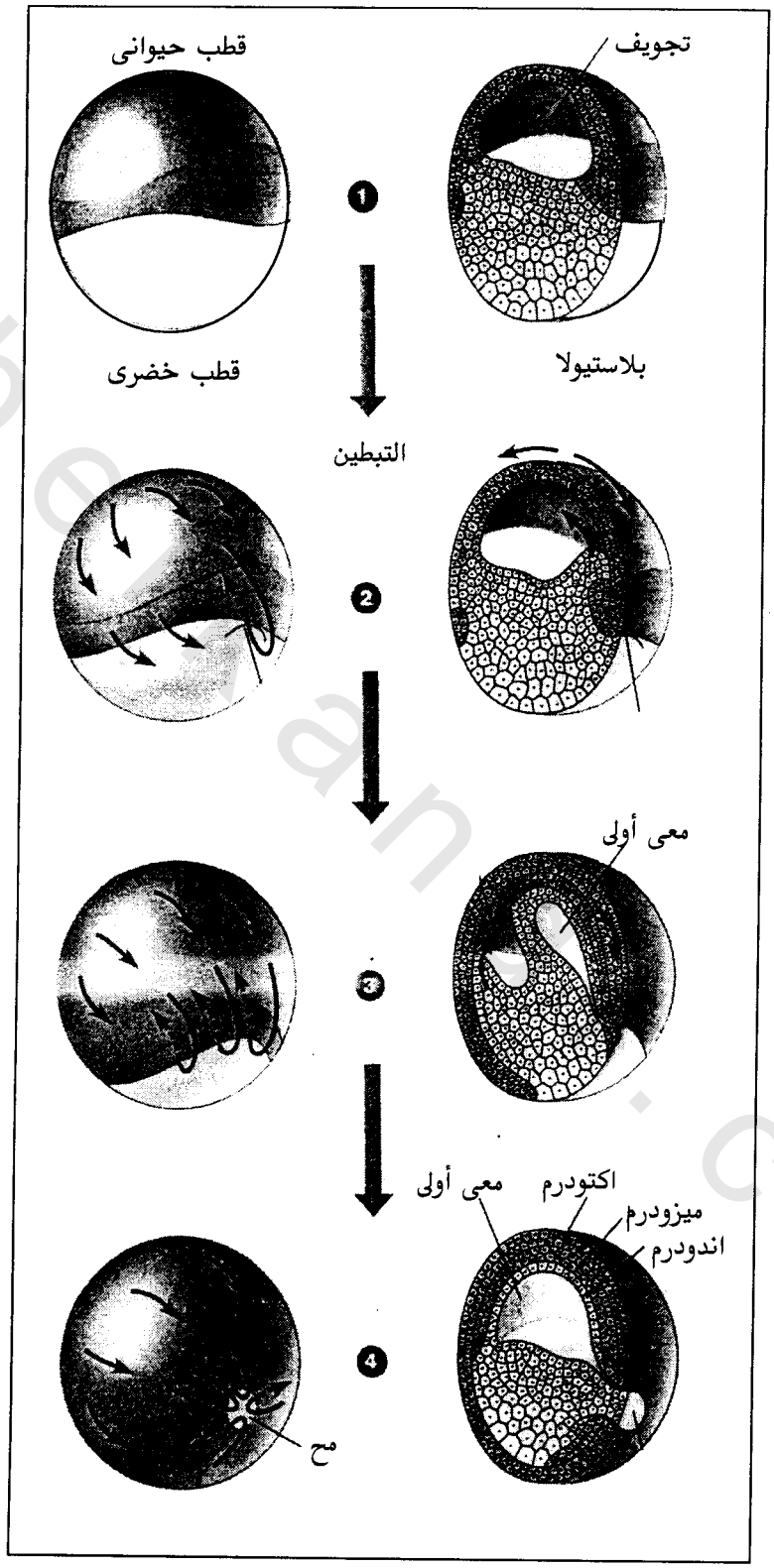
التبطين هو العملية الثانية من عمليات النمو التى تضيف خلايا جديدة للجنين وتضع الخلايا فى طبقات خلوية معينة وفى هذه العملية يتحول الجنين من كرة ضخمة من الخلايا (البلاستيولا) إلى جنين ذى ثلاثة طبقات خلوية تسمى الجاسترولا Gastrula والطبقات الجنينية الثلاث هى :

- الاكتودرم Ectoderm .
- الإندودرم Endoderm .
- الميزودرم Mesoderm .

ومن الأكتودرم يتكون الجلد والجهاز العصبى ومن الإندودرم تتكون القناة الهضمية والميزودرم يملأ المسافة بين الأكتودرم والإندودرم فهو يكون الكليتين والقلب والعضلات وطبقة الجلد الداخلية .

وفى تطور جنين الضفدعة نجد أن الخلايا فى مرحلة البلاستيولا عند القطب الحيوانى أصغر كثيرًا من الخلايا فى القطب المقابل (الخضرى) ويبدأ التبطين بتكون انغماد بسيط Blastopore فى أحد جانبى البلاستيولا وفى هذا الموضع تتحرك الخلايا التى ستكون الإندودرم والميزودرم من السطح نحو الداخل وفى نفس الوقت الذى تنمو وتتحرك فيه هذه الخلايا نحو الداخل تنتشر الخلايا التى ستكون الأكتودرم على السطح .

هجرة الخلايا هى بداية تكوين الطبقات الثلاث التى ستكون الأنسجة والأعضاء . وبتكوين الطبقات الجنينية الثلاث تنتهى عملية التبطين وهى المرحلة الأولى لنمو الجنين وتبدأ بعد ذلك المراحل التالية من نمو الجنين .


قطب حيوانى
تجويف
1
قطب خضرى
بلاستيولا
التبطين
2
معى أولى
3
معى أولى
اكتودرم
ميزودرم
اندودرم
4
مح