جامعة الانبار
كلية العلوم
قسم علوم الحياة

# الوراثة العامة
# Genetics

## الكروموسوم
## The Chromosome

م. د. رأفت حمدي الحديثي
قسم التقنيات الاحيائية

# الكروموسوم Chromosome

بدأت الدراسات على الكروموسومات أواسط القرن التاسع عشر و توالت منذ ذلك الحين الدراسات المتعددة للكشف عن دورها في مجال الحفاظ على الفعاليات الحيوية من جهة و الحفاظ على النوع من الانقراض من جهة أخرى.

## تعريف الكروموسوم

**هو جزيئة DNA مجمعة مع RNA و بروتين لتشكل تركيب خيطي يحتوي على المعلومات الوراثية (الجينات) مرتبة بشكل خطي و يمكن مشاهدة هذا التركيب الخيطي اثناء الـ mitosis و الـ meiosis.** و هو قادر على التكاثر الذاتي و الاحتفاظ بخصائصه المظهرية و الوظيفية عبر مراحل الانقسامات الخلوية المتعاقبة. و تحتوي خلايا النوع الواحد على عدد ثابت من الكروموسومات كما ان الامشاج تحتوي على نصف العدد الأصلي من الكروموسومات و البيضة المخصبة تحتوي على العدد الكامل منها.

## شكل الكروموسوم

| Centromere location | Designation | Metaphase shape | Anaphase shape |
|---|---|---|---|
| Middle | Metacentric | Sister chromatids, Centromere | Migration |
| Between middle and end | Submetacentric | p arm, q arm | |
| Close to end | Acrocentric | | |
| At end | Telocentric | | |

Figure 1 يوضح مواقع السنترومير و تسمية الكروموسومات حسب موقع السنترومير

تبدو الكروموسومات على هيئة بقع كروماتينية في الطور البيني Interphase. و تبدأ بالتكثف في بداية prophase. و لدراسة مظهرها العام بصورة تفصيلية فينبغي ان يتم ذلك من خلال الطور الاستوائي Metaphase و الانفصالي Anaphase من اطوار الانقسام الخلوي و ذلك لبلوغ الكروموسومات كثافتها الاقصى في هذين الطورين اذ تبدو بصورة اجسام اسطوانية و شبه اسطوانية او خيطية ملتوية، و تكون مضغوطة باتجاه داخل الغلاف النووي. و يحتوي الكروموسوم على تخصر ابتدائي Primary constriction يدعى بالجزء المركزي او السنترومير Centromere. و بالاعتماد على موقع السنترومير فان الكروموسومات تأخذ الاشكال التالية: (لاحظ الشكل رقم 1 أعلاه)

1- **كروموسومات وسطية السنترومير Metacentric chromosomes**: و تعرف بالكروموسومات متساوية الذراعين و ذلك لوقوع السنترومير في وسط الكروموسوم الذي يشبه عندئذ شكل الحرف V.
2- **كروموسومات طرفية السنترومير Submetacentric chromosomes**: و هي كروموسومات غير متساوية الذراعين و فيها يكون أحد الذراعين أطول من الاخر و عند مغادرة مثل هذه الكروموسومات باتجاه القطب في الطور الانفصالي Anaphase من الانقسام الخيطي فانها تأخذ شكل الحرف J.
3- **كروموسومات طرفية السنترومير Acrocentric chromosomes**: يحتل السنترومير فيها موقعا قريبا من أحد طرفي الكروموسوم فيبدو عندها عصوي الشكل.
4- **كروموسومات نهائية السنترومير Telocentric chromosomes**: تكون قضيبية الشكل تقريبا و لا توجد كروموسومات بشرية من هذا النوع و هناك ما يشير الى ان الجزء المركزي لا يمكن ان يكون عند النهاية القاصية تماما من الكروموسوم، أي لا يوجد كروموسوم بذراع واحد او نهائي السنترومير تماما و يوجد مثل هذا النوع من الكروموسومات في خلايا الفئران و وجد أيضا في خلايا مرضى متلازمة داون Down's Syndrome.

## حجم الكروموسوم

لا يمكن رؤية الكروموسومات بالعين المجردة او بالمجهر ما لم تكن الخلية مقتولة و مثبتة و مصبغة. و ان افضل الاطوار لمشاهدة الكروموسومات و دراستها من الناحية المظهرية هم الطوران الـ Metaphase و الـ Anaphase و ذلك لان المادة الكروماتينية تكون على اشدها كثافة بهذين الطورين. و تختلف الكروموسومات في احجامها باختلاف العوامل و الظروف، فقد وجد ان الكروموسوم يرتبط بعلاقة عكسية مع قطره أي يصبح أكثر سمكا كلما ازداد انكماشا. و تتشابه اقطار الكروموسومات جميعها في خلايا النوع الواحد اما الاختلاف فيتجسد بالطول فقط. و يتراوح متوسط طول الكروموسومات في الأنواع المختلفة ما بين نصف مايكرون و 30 مايكرون، اما في الانسان فيتراوح طول الكروموسومات ما بين 4 و 6 مايكرون و ان

طول أكبر كروموسوم في الانسان هو كروموسوم رقم 1 فيبلغ طوله 10 مايكرون، و يصل قطره لنحو 0.6 مايكرون. و إذا قيست اطوال جميع كروموسومات الانسان و هي مجتمعة في خلية واحدة فإنها تبلغ 220 مايكرون، و هذا عندما تقاس اثناء الانقسام الخلوي عندما تكون في اشد حالات الكثافة. اما اطوال الكروموسومات الفعلي في الانسان فيتراوح بين 20 ملمتر لكروموسوم Y (و هو أقصر كروموسوم) و 85 ملمتر لكروموسوم 1 (و هو أطول كروموسوم). حيث يبلغ مجموع اطوال الكروموسومات في خلية واحدة في الانسان 2 متر، و تتسع نواة الخلية لهذا الطول بسبب وجود الهستونات التي يلتف حولها الـ DNA و تعمل على ضغطه و تكثيفه ليتسع داخل النواة.

## عدد الكروموسومات

تحتوي الخلايا الجسمية على العدد الأصلي او الكامل من الكروموسومات و يسمى العدد الثنائي Diploid number او العدد الجسمي Somatic number او العدد الزيجي Zygotic number و يرمز له بالرمز 2n. اما الخلايا الجنسية فإنها تحتوي على نصف العدد المذكور، فيسمى بالعدد النصفي Haploid number او العدد الأحادي او العدد المشيجي او العدد الاختزالي Meiotic number و يرمز له بالرمز n. و يبقى عدد الكروموسومات ثابتا في افراد النوع الواحد غير انه يتباين بشكل عام بتباين أنواع الكائنات الحية، فهو يتراوح ما بين زوج واحد فقط كما في Jack Jumper ants (كروموسومين في الاناث و كروموسوم واحد في الذكور) و 1260 كروموسوم في نبات لسان الثعبان Adder's tongue. اما عدد الكروموسومات في الانسان فيبلغ 23 زوج (2n) او 46 فرادا. و الجدير بالذكر ان لا علاقة لعدد الكروموسومات بموقع الكائن الحي في سلم التطور، حيث يبلغ عدد الكروموسومات في الدجاجة 78 مقابل 46 في الانسان.

## الكروموسوم و الكروماتيد Chromosome and chromatid

قبل ان تتمكن الخلية من الانقسام يجب عليها مضاعفة الـ DNA خاصتها لكي تحصل كل خلية بنوية daughter cell على نسخة كاملة من الـ DNA. الكروموسومين المتطابقين اللذين نتجا من عملية تضاعف الـ DNA يشار اليهما بـ sister chromatids. ترتبط الـ sister chromatid مع بعضهما عن طريق بروتينات موجودة على السنترومير.

تمر الكروموسومات بعملية ضغط compaction إضافية في بداية الـ mitosis. عندما يكتمل انضغاط الكروموسومات تظهر على شكل تركيب يشبه حرف X تحت المجهر. يمكن ان يحتوي الكروموسوم على كروماتيد واحد او اثنان اعتمادا على التضاعف. فقبل التضاعف يكون هناك كروماتيد واحد (كما في الشكل 2) و عند اكتمال التضاعف يكون هناك كروماتيدان، و بعد عملية الانقسام الخلوي يكون هناك كروماتيد واحد.

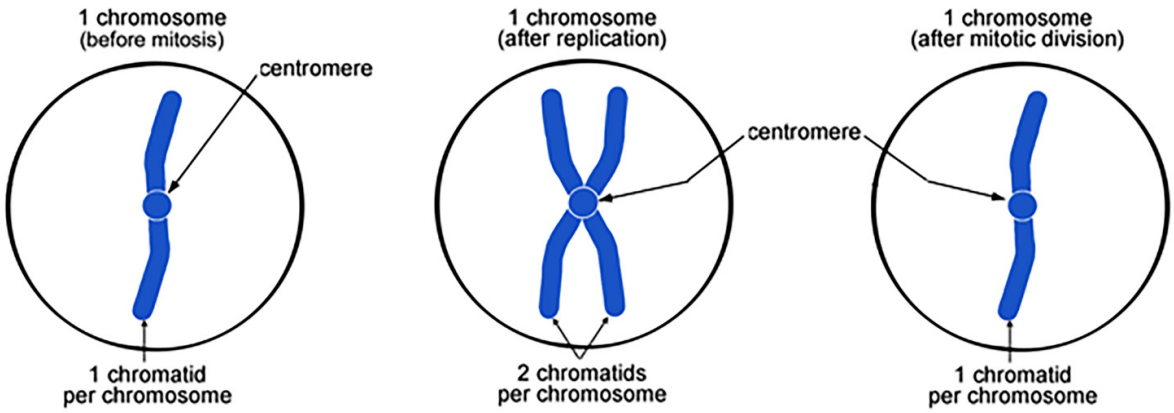


Figure 2 شكل يوضح الكروموسوم و الكروماتيد

الكروماتيدان الناتجان من تضاعف الكروموسوم يكونان متصلان ببعض في منطقة السنترومير. و السنترومير هو نقطة اتصال الـ microtubules بالكروموسوم، حيث تقوم المايكروتيوبيولز بتحريك و قيادة الكروموسومات اثناء الـ mitosis و الـ meiosis. تمتلك معظم الخلايا الحقيقية النواة مجموعتان من الكروموسومات، احدى المجموعتين تأتي من الاب و الأخرى تأتي من الام. فمثلا، كل خلية جسمية في الانسان تمتلك 23 زوج من الكروموسومات [كروموسوم من كل زوج من الكروموسومات يورث من قبل الاب (عن طريق الحيمن sperm) و الكروموسوم الاخر يورث من طريق الام (عن طريق البيضة)].

يظهر الشكل التالي (رقم 3) خلية تحتوي على أربع كروموسومات، الكروموسومات الوردية ورثت من جهة الام اما الزرقاء فمن جهة الاب. لكل كروموسوم ساهم به الاب هناك كروموسوم مشابه له ساهمت به الام. تدعى هذه الكروموسومات المتشابهة او المتناظرة بـ homologous chromosomes, ما يعني ان كل زوج من الكروموسومات يكونان متشابهين و لكن غير متطابقين. كما يمكن ملاحظة الـ homologous chromosomes و sister chromatids في الشكل 4.

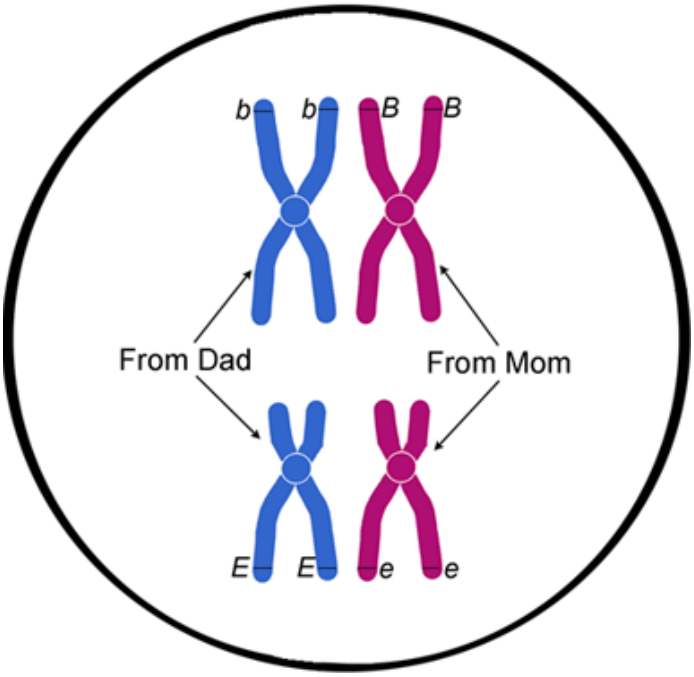


Figure 3 شكل يوضح مصدر الكروموسومات

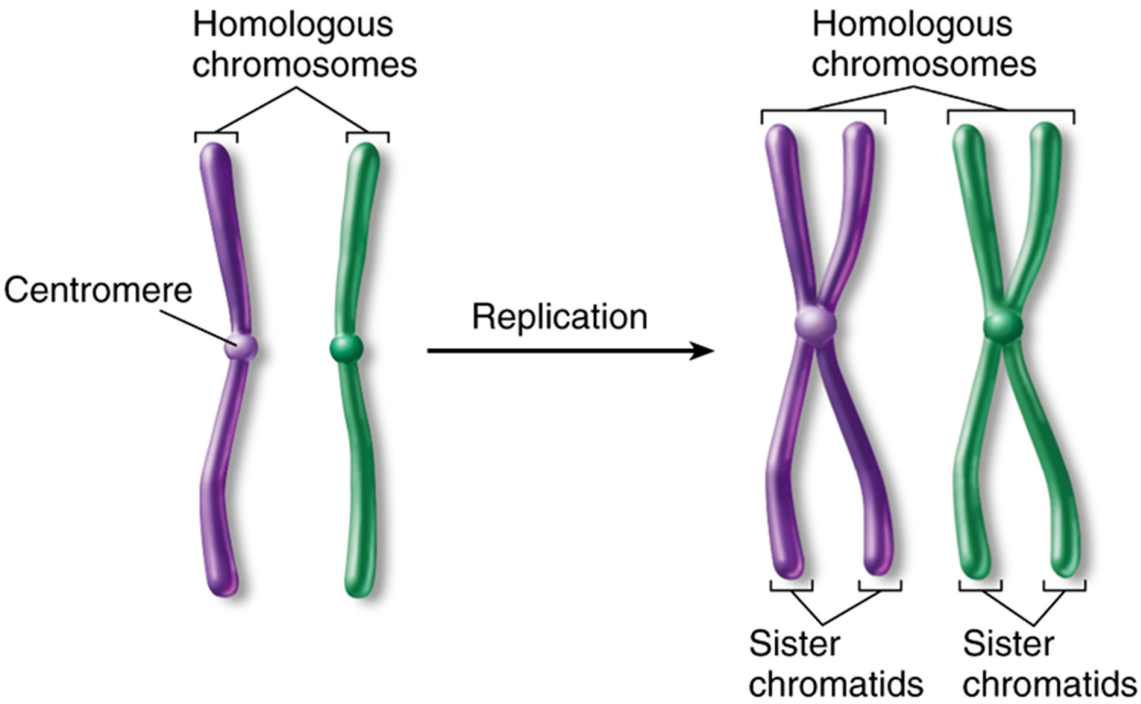


Figure4 Homologous chromosomes and sister chromatids

## Bibliography

Locke, John (Univ. Of Alberta) **"Open Genetics Lectures"** textbook for an Introduction to Molecular Genetics and Heredity (BIOL207) [Book]. - [s.l.] : UAL Dataverse, 2017.

الفيصل عبد الحسين **الوراثة الجزيئية** [Book]. - [s.l.] : الاهلية للنشر والتوزيع والطباعة - لبنان, 2000.

الفيصل عبد الحسين **الوراثة العامة** [Book]. - [s.l.] : الاهلية للنشر والتوزيع والطباعة - لبنان, 1999.

شكارة مكرم ضياء **علم الوراثة** [Book]. - [s.l.] : دار المسيرة للنشر والتوزيع, 2000.