مدرستي معكم
خطوة بخطوة
للنجاح والتفوق

مدرستي
الكويتية
حمل التطبيق

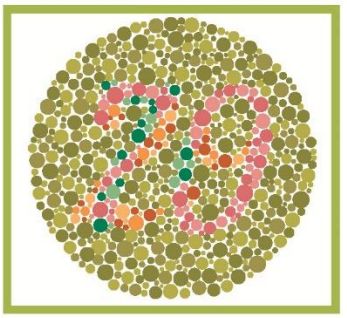
اضغط هنا

الدرس 1-5

الوراثة والجنس
Heredity and Sex

الأهداف العامة

* يُفسِّر دور الوراثة في تحديد الجنس.
* يُميِّز بين الكروموسومات الذاتية والكروموسومات الجنسية.
* يتعرّف بعض الصفات الوراثية المرتبِطة والمحدَّدة والمتأثِّرة بالجنس ويُقارِن بينها.



(شكل 99)

إذا استطعْتَ التمييز بين النقاط الملوَّنة في الشكل (99)، قد تتمكّن من قراءة رقم. الأشخاص الذين لا يرون هذا الرقم قد يكونون مصابين بعمى اللونين الأحمر والأخضر. هذه الصفة الوراثية الشائعة وصفات أخرى غيرها، ستتعرّفها خلال هذا الدرس، ذات نمط وراثي فريد وخاصّ.

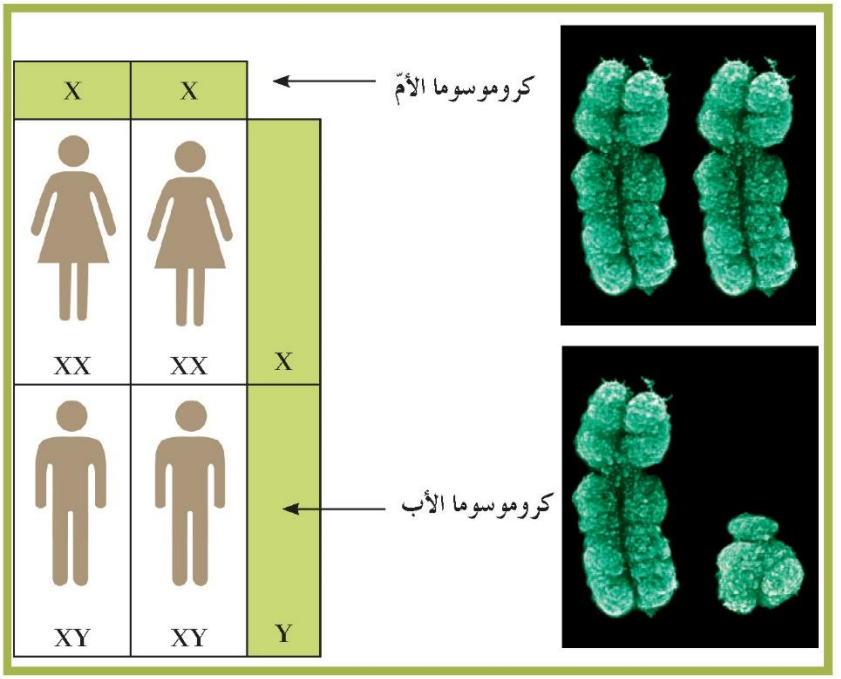
1. كروموسومات الانسان Human Chromosomes

تحتوي الخلايا الجسمية للإنسان على 23 زوجًا من الكروموسومات (46 كروموسومًا)، منها 22 زوجًا (44) تُسمّى الكروموسومات الذاتية أو الجسمية، وزوج واحد يُسمّى الكروموسومان الجنسيان.

الكروموسومات الذاتية (الجسمية) Autosomes تظهر في أزواج ذات الشكل نفسه ولكنّها تختلف عن الأزواج الأخرى في الخلية الجسمية.

والكروموسومان الجنسيان Sex Chromosomes هما اللذان يُحدِّدان ما إذا كان الأفراد ذكورًا أو إناثًا، وهما مختلِفان ويُرمَز إليهما بالحرفين X وY. ويُعتبَر الكروموسوم Y في الثدييات، ومنها الإنسان، المحدِّد الأساسي للجنس. فإذا كان الكروموسوم Y موجودًا كان الفرد ذكرًا (XY)، وإذا كان غائبًا كان الفرد أنثى (XX). ولأنّ خلايا الإناث تحتوي على كروموسومين جنسيين (XX)، فجميع البيض الناتج عن الانقسام الميوزي يحتوي على كروموسوم واحد من النوع X (22 + X).

أمّا في الذكور (XY)، فنصف الحيوانات المنوية الناتجة عن الانقسام الميوزي يحتوي على الكروموسوم الجنسي Y (22 + Y)، ونصفها الآخر يحتوي على الكروموسوم الجنسي X (22 + X). أي مشيجي ذكر الإنسان يُحدِّد نوع الجنس في الأبناء؟ (الشكل 100).



(شكل 100)
يُحدِّد الكروموسومان X و Y الجنس في الإنسان.
ما النسبة المئوية في أن تكون المواليد إناثًا؟

%50

2. الصفات المرتبطة بالجنس Sex-linked Traits

الكروموسومان X و Y غير متماثلين. **تُعرَف الجينات المحمولة على الكروموسومين X و Y بالجينات المرتبطة بالجنس Sex-linked Genes، ويُطلَق على الصفات التي تتحكّم فيها الجينات المرتبِطة بالجنس اسم الصفات المرتبِطة بالجنس Sex-linked Traits.**

1.2 تجارب مورجان Morgan's Experiments

يُعتبَر العالم مورجان أوّل من درس الجينات المرتبِطة بالجنس في العام 1910، حين كان يجري أبحاثه على توارث صفة لون العينين في حشرة ذبابة الفاكهة (الدروسوفيلا). فقد لاحظ وجود ذبابة ذكر ذات عينين بيضاوين بدلًا من العينين الحمراوين العاديتين لدى هذا الذباب.

فقام بتهجين ذبابة أنثى حمراء العينين مع ذكر أبيض العينين، فجاء جميع أفراد الجيل الأوّل حمر العينين، ما يعني سيادة صفة لون العينين الحمراوين على صفة لون العينين البيضاوين. ثمّ هجّن مورجان ذكور الجيل الأوّل مع إناثه متوقّعًا بحصوله على نسبة 3 : 1 للعينين الحمراوين إلى العينين البيضاوين في أفراد الجيل الثاني. وكما توقّع مورجان، تحقّقت هذه النسبة، ولكن كان

لأن أليل لون العين الأحمر سائد وأليل لون العين الأبيض متنحّ

بيض العينين ذكورًا (شكل 101



(شكل 101)
دهش مورجان لدى اكتشافه أنّ جميع أفراد الذباب بيض العينين ذكور. لماذا توقّع مورجان نسبة 3 : 1 للعينين الحمراوين إلى العينين البيضاوين في الجيل الثاني؟

وافترض مورجان لتفسير ظهور الذكور بيض العينين في الجيل الثاني أنّ أليل لون العين الأبيض متنحٍّ (r) وأليل لون العين الأحمر هو سائد (R)، وأنّ جين لون العيون محمول على الكروموسوم الجنسي X، في حين لا يحمل الكروموسوم Y أي جين للون العين، ويُعَدّ هذا كافيًا لتُصبِح الذكور بيض العينين. أمّا في الإناث (XX)، فإنّ أليل اللون الأحمر السائد الموجود على أحد كروموسومي X يحجب تأثير الأليل المتنحّي المحمول على الكرموسوم الجنسي X الآخر. وبذلك تكون عيون الإناث حمراء، ولا تظهر عيون الإناث بيضاء إلّا إذا كان كلا الكروموسومين X حاملين لجين اللون الأبيض (المتنحّي).

واختبر مورجان صحّة فرضه بتهجين ذكور بيض العينين مع إناث هجينة حمراء العينين (من الجيل الأوّل)، فجاء نصف الإناث بيضاء العينين.

وبإثبات صحّة هذا الفرض، يُصبِح مورجان أوّل من أثبت وجود الجينات على الكروموسومات، وبالتالي تمّ التأكّد من صحّة النظرية الكروموسومية في الوراثة.

2.2 الصفات المرتبِطة بالجنس في الإنسان
Sex Linked Traits In Humans

اِكتُشِف الكثير من الجينات المرتبِطة بالجنس خلال السنوات التالية لتجارب مورجان، نذكر منها ما يلي:

(أ) مرض عمى الألوان Color Blindness

مرض عمى الألوان هو صفة مرتبِطة بالجنس في الإنسان، حيث لا يُمكِن التمييز بين الألوان، بخاصّة اللونين الأحمر والأخضر. ويتسبّب في هذا المرض الأليل المتنحّي المرتبِط بالكروموسوم الجنسي X ويُرمَز له بالحرف X^c، أمّا أليل الرؤية الطبيعية للألوان فيُرمَز له بالحرف X^C وهو السائد. وبذلك يكون التركيب الجيني للذكر المصاب بعمى الألوان X^cY، والتركيب الجيني للأنثى المصابة بهذا المرض X^cX^c (متشابهة اللاقحة). أمّا المرأة التي تحمل التركيب الجيني X^CX^c (متباينة اللاقحة) فهي طبيعية وإن كانت حاملة لجين مرض عمى الألوان. ما التركيب الجيني لأمّ الولد المصاب بعمى الألوان؟

(ب) الهيموفيليا (نزف الدم) Hemophilia

الهيموفيليا هو خلل وراثي مرتبِط بالكروموسوم الجنسي X، حيث لا يتجلّط الدم كالمعتاد ويستمرّ نزف الدم حتّى في الجروح البسيطة.

ويتسبّب هذا الجين المتنحّي بعدم تكوّن المادّة الكيميائية المسؤولة عن التجلّط الطبيعي للدم.

ولأنّ الذكور (XY) يستقبلون كروموسوم X من أمّهاتهم، فإنّهم يرثون عمى الألوان والهيموفيليا وغيرهما من الصفات المرتبِطة بالكروموسوم الجنسي X من أمّهاتهم.

أمّا الإناث (XX) اللواتي تظهر عليهن الصفات المرتبِطة بالكروموسوم الجنسي X، فيرثنها من كلى الوالدين حيث يستقبلن كروموسوم X من كلّ والد.

وتبيّن أنّ مرضي عمى الألوان والهيموفيليا لا يظهران بالدرجة أو الشدة نفسها عند جميع الأفراد المصابين، ما يدلّ على تداخل عدد من الجينات المختلِفة، يقع معظمها على مواقع مختلِفة من الكروموسوم الجنسي X.

3. الصفات المحدَّدة بالجنس والصفات المتأثِّرة بالجنس
Sex-Limited Traits and Sex Influenced Traits

1.3 الصفات المحدَّدة بالجنس Sex-limited Traits

الصفات المحدَّدة بالجنس هي الصفات التي لا تظهر إلّا بوجود الهرمونات الجنسية وفي أحد الجنسين أو الآخر فحسب. ومثل معظم الصفات الجسمية، تتحكّم بهذه الصفات جينات تقع على الكروموسومات الذاتية (الجسمية) وليس على الكروموسومات الجنسية. وعلى الرغم من أنّ جينات هذه الصفات موجودة في كلّ من الذكور والإناث، إلّا أنّها لا تظهر إلّا في جنس واحد منهما فقط.

ولكي تظهر الصفة المحدَّدة بالجنس، لا بدّ من وجود الهرمون الجنسي المناسِب في الجسم. ولأنّ الهرمونات الجنسية لا تُنتَج بكمّيات كبيرة إلّا عندما يبلغ الفرد، فإنّ معظم هذه الصفات لا تظهر في الأطفال.

وتُفسِّر الصفات المحدَّدة بالجنس الكثير من الاختلافات بين الجنسين. فعلى سبيل المثال، غالبًا ما تكون ألوان ذكور الطيور كثيرة وأكثر زهوًّا من ألوان الإناث (شكل 102). لكن ما فائدة ذلك؟ ومن أمثلة هذه الصفات في الإنسان ظهور اللحية ونموّها في الذكور وإنتاج الحليب في الإناث.



(شكل 102)
لاحِظ أنّ الصورة اليسرى للذكر، أمّا الصورة اليمنى فللأنثى. ما الصفات المحدَّدة بالجنس التي يُمكِنك اكتشافها في هذين الطائرين؟

الألوان الزاهية لدى الذكور



(شكل 103)
الصفات المتأثِّرة بالجنس، مثل صفة الصلع، تظهر بدرجات متفاوتة في الجنسين. هل أليل صفة الصلع سائد أم متنحٍّ في الشخص في الصورة؟

أليل سائد

2.3 الصفات المتأثِّرة بالجنس Sex-influenced Traits

الصفات المتأثِّرة بالجنس هي الصفات التي توجَد جيناتها على الكروموسومات الذاتية وتتأثّر بالهرمونات الجنسية، وهي تظهر في الجنسين ولكن بدرجات متفاوتة. فمثلًا أليلات صفة الصلع (B) في الإنسان متأثِّرة بالجنس، فأليل الصلع يكون سائدًا في حالة وجود الهرمونات الجنسية الذكرية (شكل 103)، ويكون متنحٍّ في حالة وجود الهرمونات الجنسية الأنثوية. لذلك لا يسقط شعر الأنثى تمامًا ولكن تقلّ كثافته إذا كان لديها جينان لصفة الصلع (BB). يوضِّح الجدول (2) التراكيب الجينية والظاهرية لصفة الصلع بحسب الجنس.

الجنس	التركيب الجيني	التركيب الظاهري
ذكر	BB	أصلع
	Bb	أصلع
	bb	عادي الشعر
أنثى	BB	خفيفة الشعر
	Bb	عادية الشعر
	bb	عادية الشعر

(جدول 2)
التراكيب الجينية والظاهرية لصفة الصلع بحسب الجنس

أسئلة مراجعة الدرس

ج1: الكروموسومات الجنسية تحدد نوع جنس الكائن، أمّا الكروموسومات الجسمية فلا تحدّده

ج2: توجد جينات الصفات المرتبطة بالجنس على الكروموسوم الجنسي، أما جينات الصفات المحددة والمتأثرة بالجنس فتوجد على الكروموسومات الجسمية، وتحتاج إلى وجود الهرمونات الجنسية حتى يتم التعبير الجيني عنها، فتظهر هذه الصفات، أو لتحديد ما إذا كان الجين المسؤول عن تلك الصفة سائدًا أو متنحيًا

3. ألّيل لون العين الأبيض متنحّ (r)

♂ / ♀	X^r	Y
X^r	X^rX^r	X^rY
X^r	X^rX^r	X^rY

إن نصف الجيل الناتج إناثًا بيض العيون، ونصفه الآخر ذكورًا بيض العيون.

4. لا يحدث تعبير للجينات المتنحّية في وجود الجينات السائدة إلّا في حالة عدم وجود كروموسومات متماثلة.

5. التركيب الجيني لذكر طبيعي X^HY

التركيب الجيني لذكر مصاب X^hY

التركيب الجيني لأنثى طبيعية X^HX^H

التركيب الجيني لأنثى حاملة للمرض X^HX^h

التركيب الجيني لأنثى مريضة X^hX^h

ملاحظة: تموت هذه الأنثى قبل أن تولد.

6. **(أ)** الألّيل المسؤول عن هذا الخلل هو متنحي، لأن الزوجين II–5 و II–6 هما طبيعيان ولديهم ولد III–11 مصاب بعمى الألوان. هذا يشير إلى أن الألّيل المسؤول عن الخلل هو متنح والألّيل الطبيعي هو سائد.

تمثيل الألّيلات بالرموز: (N) الألّيل الطبيعي و (n) الألّيل المسؤول عن عمى الألوان.

(ب) II–1 ؛ X^nY لأنّه مصاب بعمى الألوان

- الفرد II–2 ؛ X^NX^n أنثى طبيعية حاملة للمرض لأن لها تركيب ظاهري طبيعي ولكن لديها ابن III–3 مصاب بعمى الألوان.
- الفرد III–1 ؛ X^NY لأنه طبيعي.
- الفرد III–2 ؛ X^NX^n أنثى طبيعية حاملة للمرض لأنها تستقبل X^N من والدتها (II–2) و X^n من والدها المريض.

(جـ) لنعرف احتمال أن يكون لديها طفل مصاب بعمى الألوان نجري التحليل الجيني التالي:

التركيب الجيني للآباء: ♀ X^NX^n × ♂ X^NY

أمشاج الآباء: X^N $\frac{1}{2}$ ، X^n $\frac{1}{2}$ ، Y $\frac{1}{2}$ ، X^N $\frac{1}{2}$

مربع بانت

♀ \ ♂	X^n $\frac{1}{2}$	Y $\frac{1}{2}$
X^N $\frac{1}{2}$	X^NX^n $\frac{1}{4}$	X^NY $\frac{1}{4}$
X^n $\frac{1}{2}$	X^nX^n $\frac{1}{4}$	X^nY $\frac{1}{4}$

تحليل الجدول:

$\frac{1}{4}$ X^nX^n أنثى مريضة تموت قبل الولادة

$\frac{1}{4}$ X^NX^n أنثى طبيعية حاملة للمرض

$\frac{1}{4}$ X^NY ذكر طبيعي

$\frac{1}{4}$ X^nY ذكر مصاب بالمرض

مراجعة الدرس 1-5

1. ما الفرق بين الكروموسومات الجسمية (الذاتية) والكروموسومات الجنسية؟
2. ما الفرق بين الصفات المرتبِطة بالجنس والصفات المحدَّدة بالجنس والصفات المتأثِّرة بالجنس؟
3. **سؤال للتفكير الناقد:** ما النتائج التي تتوقّعها من تهجين ذباب فاكهة إناث عيونها بيضاء اللون مع ذكور عيونها بيضاء؟ اِستخدِم مربّع بانت.
4. **أضِف إلى معلوماتك:** كيف يُمكِنك تنقيح قانون السيادة لمندل ليتوافق مع الصفات المرتبِطة بالجنس؟
5. أُكتب التراكيب الجينية لكلّ من الأفراد التالية:

   ذكر طبيعي غير مصاب بالهيموفيليا.

   ذكر مصاب بالهيموفيليا.

   أنثى طبيعية غير مصابة بالهيموفيليا.

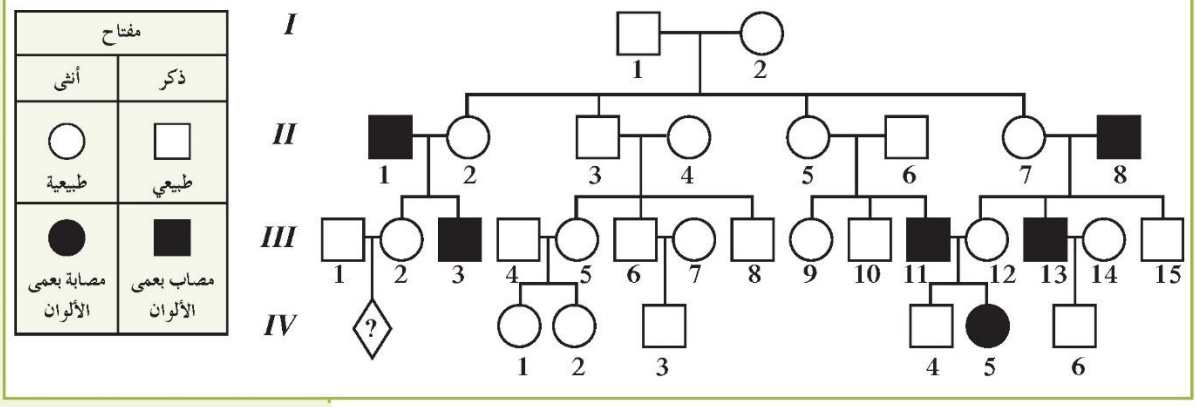
   أنثى طبيعية حاملة للمرض.

   أنثى مصابة بمرض الهيموفيليا.
6. عمى الألوان هو خلل في رؤية الألوان يعود إلى جين متموضع على الكروموسوم الجنسي X. يمثِّل سجل النسب أدناه، عائلة بعض أفرادها مصابون بعمى الألوان.

   (أ) هل الجين المسؤول عن عمى الألوان سائد أم متنحٍّ؟ علِّل إجابتك.

   (ب) حدّد التراكيب الجينية للأفراد III−2، III−1، II−2، II−1. علِّل كلّ إجابة.

   (جـ) تنتظر المرأة III−2 مولودًا ولكنّها قلقة حيال إصابته بعمى الألوان. هل هناك احتمال لإصابة هذا الطفل بعمى الألوان؟ أوضح ذلك مستعينًا بمربع بانت.



مراجعة الدرس 1-5 (تابع)

7. تزوّج رجل وامرأة سليمان وأنجبا ولدًا مصابًا بمرض وراثي يُسمّى الهيموفيليا (نزعة وراثية للنزف الدموي). الجين المسؤول عن هذا المرض متنحٍّ (n) بالنسبة إلى الجين الطبيعي (N) ويحمله الكروموسوم الجنسي X.

(أ) ما هو التركيب الجيني لكلّ من الأبوين؟

(ب) أعط تحليلًا جينيًا مستعينًا بمربع بانت.

(جـ) حدِّد جنس الولد المريض.

(د) لماذا لا يمكن أن تُصاب الإناث بهذا المرض؟

8. يمثِّل سجل النسب أدناه عائلة بعض أفرادها مصابون بمرض الهيموفيليا. يُلاحظ ظهور هذا المرض عند الذكور فقط. ويؤدّي وجود الجين المسؤول عنه بنسختين في التركيب الجيني إلى موت الجنين.

(أ) هل الأليل المسؤول عن هذا المرض سائد أم متنحٍّ؟ علِّل إجابتك.

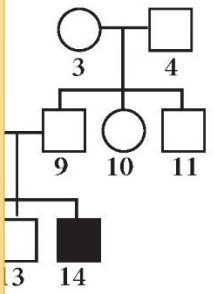
(ب) هل هذا الجين مرتبط بالجنس؟

(جـ) حدّد التراكيب الجينية للأفراد

(د) اجر التحليل الضروري لتحديد

* إذا لم يكن زوجها مصابًا بالم

* إذا كان زوجها مصابًا بالمرض



9. هناك أليلان للجين المسؤول عن

عند النساء. ويعتبر أليل (b) السلي

يتسبَّب أليل واحد من أليل الصلع (

(هرمون ذكري) عند الرجال البالغي

عند النساء، أن ترث أليلين من أليل

إنطلاقًا من المعطى أعلاه:

(أ) ماذا نعني بالقول إنّ خاصية الـ

(ب) صِغ فرضية تفسِّر سبب سياد

(جـ) لدى والدان ليسا أصلعين، ابن

حدّد نسبة احتمال إصابتها بالصلع.

9. **(أ)** يتأثّر تعبير الأليل المسؤول عن الصلع والموجود على كروموسوم ذاتي بمستوى الهرمون الجنسي الذكري (تستوستيرون) عند الذكور البالغين. وبما أن نسبة التستوستيرون تتفاوت بين الجنسين فهي تؤدّي إلى تفاوت في التعبير عن الأليل لدى الجنسين. فعند الذكور تتوافر نسبة عالية من التستوستيرون وبذلك يكون أليل الصلع سائدًا بينما عند الإناث تكون نسبة التستوستيرون متدنية لذلك فأليل الصلع عندهم يكون متنحيًا.

(ب) ربما يؤدّي هرمون التستوستيرون إلى وقف تعبير الجين المسؤول عن إنتاج أنزيم ضروري لنمو الشعر.

(جـ) تستقبل الإبنة أليل (b) من والدها إذ أن تركيبه الجيني (bb) لأنّه طبيعي غير مصاب بالصلع. التركيب الجيني للوالدة هو (Bb) إذ أن لديها ابن أصيب بالصلع وقد ورث أليل (B) منها. فبذلك يمكن أن تستقبل (ترث) الإبنة أما الأليل (b) أو الأليل (B) من والدتها. فيكون تركيبها الجيني إما (bb) أو (Bb) وبما أن أليل (b) هو سائد عند الإناث فمن غير الممكن أن تصاب الإبنة بالصلع بكلا التركيبين الجينين.