الوراثة المرتبطة بالجنس Sex- Linked Inheritance

ان الجينات الواقعة على كروموسوم(X) في اللبائن والدروسوفلا والنباتات الراقية او على كروموسوم (Z) في الطيور والاسماك او غيرها من اشكال تحديد الجين (Z o او X o) بانها جينات مرتبطة بالجنس Sex– Linked وتتمثل الجينات الواقعة على كروموسوم X في الانسان باليلين في الاناث وفي الذكور تتمثل باليل واحد . لذلك تظهر الاليلات المتنحية بدرجة اكبر في الذكور مقارنة بالإناث . والجينات التي تقع على كروموسوم Y يظهر تاثيرها في الذكور فقط تسمى Holandric gene .

الجينات المحمولة على كروموسوم Y في الانسان

ان هذه الجينات تتحكم بالصفات التي توجد في الرجال فقط بالنسبة للانسان وتظهر هذه الصفات في جميع ابناء الرجل المصاب، ومن خلال الابحاث التي اجريت من قبل العديد من علماء الوراثة لم يلاحظ صفة في الانسان تجزم بانها واقعة على كروموسوم Y وذلك بسبب الخلل الوراثي النسبي للكروموسوم Y من الجينات المرتبطة معه وصعوبة تميزها عن الجينات المحددة بالجنس Sex–Limited ومن الامثلة هو صفة وجود الشعر الكثيف على الاذان لذلك فان وجود جينات متنحية على كروموسوم Y لا يوجد له جزء مماثل من كروموسوم X ومثل هذه الجينات تنتقل في الذكر فقط من الاب الى الابن مباشرةً .

تحديد الجنس :

ان تحديد الجنس في الكائنات الحية المختلفة من المواضيع البايولوجية المهمة التي تناولها الكثير من العلماء وتكمن اهميته في احداث تغايرات وراثية يعتمد عليه التطور الطبيعي لابقاء التراكيب الوراثية الاكثير استقراراً . لقد لاحظ العديد من الباحثين وجود زوج واحد من الكروموسومات يختلف عن الكروموسومات الجسمية autosomes ويسمى بكروموسومات الجنس Sex–chromosomes وعادة تكون متشابهة في الاناث ويرمز لها بالرمز (XX) وتختلف في الذكور ويرمز لها بالرمز (XY) ، تسلك الكروموسومات الجنسية في انعزالها اثناء الانقسام الاختزالي سلوك مشابه للكروموسومات الاخرى ، ففي الذكور عملية انتاج الكاميتات الذكرية يكون نصفها حاوي على كروموسوم X والنصف الاخر يحوي على كروموسوم Y ، اما الاناث التي تنتج البويضات تحتوي على كروموسوم الجنسX اما الجين X يكون متنحي في الفرد الذي يحدد وقت اخصاب البويضة .

العوامل الاساسية المؤثرة في تحديد الجنس

1.العوامل الوراثية: يتوقف تحديد الجنس على التركيب الكروموسومي وكثيراً ما تختلف اجهزة تحديد الجنس فقد يكون الاختلاف في التركيب الوراثي بين الذكر والانثى محصور بزوج واحد من الجينات او مجموعة من الجينات وقد يكون الاختلاف بكروموسوم باكمله او حتى اكثر من كروموسوم واحد

2.العوامل البيئية والعمر:- ان تحديد الجنس قد لا يتحدد وقت الاخصاب في بعض الكائنات الحية لكنه يتحدد بفعل عوامل بيئية معينه وهنالك بعض الحيوانات تعتمد على البيئة كلياً في تحديد الجنس فمثلا الجنس المسمى **ophryotrocha** هذا الجنس في الدودة البحرية يتوقف على عمر الدودة نفسها اضافة الى البيئة المحيطة بها فجميع الافراد الصغيرة السن تكون ذكور وكلما تتقدم في العمر تتحول الى اناث ، وان الاناث الكبيرة السن يمكن ان تتحول الى ذكور عند تجويعها او وضعها في ماء يحتوي على ايونات البوتاسيوم ، اما كيفية تحويل اناث الدودة البحرية الى ذكور ان الاناث تفرز مواد كيمياوية مسببه ضهور اعضاء التذكير في اليرقة المتطفلة . اما نظم تعيين الجنس بشكل عام تقع معظمها تحت تاثير العوامل الوراثية

تعيين الجنس في الانسان:

ان الكروموسومات الجنسية التي تمتلكها الانثى (XX) والتي يمتلكها الذكر(XY) حيث ان تحديد الجنس يتم وقت الاخصاب فعند اتحاد المشيج الذكري (Y) مع المشيج الانثوي (X) يتحدد جنس الفرد ذكراً ، اما اذا اتحد المشيج الذكري (X) مع المشيج الانثوي الذي تركيبه (X) يكون الجنس انثى . ان عملية تحديد الجنس وتمييزه يكون ذات انظمة عديدة تختلف باختلاف الكائنات الحية

انظمة تحديد الجنس:

1. نظام **XY-XX** : هذا النظام موجود في الكائنات الحية الراقية التي تتمثل بالانسان واللبائن وبعض النباتات الراقية حيث تكون كروموسومات الجنس في الذكر XY والانثى XX ، من الملاحظ ان الذكور هي التي تحمل كروموسوم الجنس غير المتماثل الكميتات ، اما الاناث فتكون متماثلة الكميتات وتعطي كميتات من نوع واحد وان النسبة الجنسية الناتجة عن هذا النظام هي 1: 1

P_1 XX x XY

G_1 X ↓ X Y

F_1 XX : XY

50% أناث 50%ذكور

2. نظام **Xo–XX** : هذا النظام يوجد في الحشرات الجراد والصراصر الاناث يكون تركيبها الكروموسومي (XX) تنتج نوع واحد من الكميتات ، بينما الذكور تكون متباينة الكميتات لذا يكون تركيبها (Xo) وعند تكوين الكميتات نصفها يحمل الكروموسوم X والنصف الاخر لا تحمل الكروموسوم Y لذا يستعمل الرمز O للدلالة على عدم وجود الكروموسوم Y .

P_1 XX x Xo

G_1 (X) ↓ (X) (o)

F_1 XX : Xo

أنثى ذكر

3. نظام **ZZ–Zo** : يكون في هذا النظام الذكور هي الجنس المتماثل الكميتات والاناث تكون غير متماثلة الكميتات ويرمز لها بالرمز (Z) و(O) ويوجد هذا النظام في الدواجن

P_1 ZZ x Zo

G_1 (Z) ↓ (Z) (o)

F_1 ZZ : Zo

ذكر انثى

4. نظام **ZZ–ZW** : في هذا النظام تكون الذكور هي الجنس المتماثل الكميتات وتركيبها ZZ اما الاناث فتكون نوعين من الكميتات (Z) و(W) ويوجد هذا النظام في الطيور والاسماك والفراشات .
5. نظام ثنائي الفرد : كما في نحل العسل حيث تكون الاناث ثنائية المجموعة الكروموسومية وتحمل 32 كروموسوم في كل خلية جسمية اما الذكور تحوي خلاياها على 16 كروموسوم فقط (**X** +15) اي ينتج من بيضة غير مخصبة .

الصفات المرتبطة بالجنس في الانسان

مرض عمى الالوان من الامراض الشائعة والمرتبطة بالجنس والشخص المصاب لا يمكنه التمييز بين الالوان ويظهر المرض بنسبة اقل في الاناث من الذكور ويتحكم به جين متنحي مرتبط بالجنس ويمكن توضيح هذا المرض بالتضريب التالي

	انثى سليمة		ذكر مصاب
P_1	X^+X^+	x	XY
G_1	(X^+)	↓	$(X)\ (Y)$
F_1	X^+X	:	X^+Y
	أنثى طبيعية		ذكر سليم

اما الحالة المعاكسة اذا كانت الام مصابة يظهر المرض في الذكور لان الام تعطي كروموسوم **X** لابنائها الذكور ، اما الاب فيعطي كروموسوم **X** لبناته

	انثى مصابه		ذكر سليم
P	XX	x	X^+Y
G	(X)	↓	$(X^+)\ (Y)$
F	X^+X	:	XY
	أنثى طبيعية		ذكر مصاب

وفي حالة تضريب انثى طبيعية مع ذكر مصاب في الحالة الاولى وفي الحالة الثانية يتم التضريب بين انثى طبيعية وذكر سليم ، تكون التضريبات بالشكل التالي

	انثى طبيعية		ذكر مصاب
P_1	X^+X	x	XY
G_1	(X^+ , X)	↓	(X , Y)
F_1	X^+X ،	X^+Y ،	XX ، XY
	أنثى طبيعية ،	ذكر سليم ،	انثى مصابه ، ذكر مصاب

	انثى طبيعية		ذكر سليم
P_1	X^+X	x	X^+Y
G_1	(X^+ , X)	↓	(X^+ , Y)
F_1	X^+X^+ ،	X^+Y ،	X^+X ، XY
	أنثى سليمه ،	ذكر سليم ،	انثى طبيعية ، ذكر مصاب

في الكائنات الحية الثنائية المجموعة الكروموسومية والتي يتحدد فيها الجنس بميكانيكية تشبه الميكانيكية الموجودة في الانسان ، تسلك الصفة المتنحية والمرتبطة بالجنس السلوك التالي

1. انها توجد في الذكور اكثر من الاناث
2. لا تظهر الصفة المتنحية في الاناث مالم تكون موجودة في الاباء
3. تظهر فقط في الابناء في حالة كون الام خليطة العوامل الجنسية

الارتباط بالجنس في الانسان

هذا الارتباط يتمثل بمرض الهيموفيليا وهو عدم تخثر دم الشخص المصاب بالمرض نتيجة لافتقاره الثرومبوبلاستين Thromboplastin وهي صفة متنحية مرتبطة بالجنس ويوجد شكلان منها

1. هيموفيليا (**A**): ويتميز هذا المرض بنقص مادة انتيهيموفيليك Antihimophilic golbuline او مايسمى Factor VIII وتكون حوالي اربعة اخماس حالات الهيموفيليا من هذا النوع
2. هيموفيليا (**B**): وينتج عن نقص مادة (PCT) او مايسمى Factor X .

الصفات المرتبطة بالجنس في الدروسوفلا

تمكن العالم موركان عام 1910 من ملاحظة الصفات المرتبطة بالجنس في الدروسوفلا عندما كان يدرس وراثة لون العين في حشرة ذبابة الفاكهة (الدروسوفلا) قام العالم باجراء تزاوجات بين حشرات ذات عيون حمراء مع اخرى بيضاء العيون واستنتج هذا العالم بان الجين المحدد للجنس يقع على كروموسوم الجنس **X** وان جين العيون الحمراء متغلب على جين العيون البيضاء وعند اجراء التزاوج بين اناث حمراء العيون مع ذكور بيض العيون حصل على الابناء جميعهم حمر العيون لكن عندما قام باجراء التزاوج العكسي بين اناث بيض العيون مع ذكور حمر العيون حصل على اناث جميعها حمر العيون على ذكور جميعها بيض العيون وعندما اجرى تزاوجاً بين اناث حمراء العيون هجينية مع ذكر ابيض العيون لاحظ بان نصف الابناء من كل جنس حمر العيون والنصف الاخر بيض العيون كانت جميع هذه النتائج مطابقة للفرضية التي تقول ان الجين المسؤول عن لون العين يحمل على كروموسوم **X** والصفات التي تورث بهذه الطريقة تسمى صفات مرتبطة بالجنس كما في التضريب التالي

	انثى حمراء العيون		ذكر ابيض العيون
P_1	X^+X^+	x	XY
G_1	(X^+)	↓	(X , Y)
F_1	X^+X	،	X^+Y ،
	أنثى حمراء العيون هجينية		ذكر احمر العيون

جميعها حمراء العيون

	انثى بيضاء العيون		ذكر احمر العيون
P_1	XX	x	X^+Y
G_1	(X)	↓	(X^+ , Y)
F_1	X^+X	،	XY ،
	أنثى حمراء العيون هجينية	:	ذكر ابيض العيون
	%50		%50

يلاحظ بان هذه الصفات تنتقل بشكل متصالب او متبادل عن طريق الوراثة التصالبية من جيل الى اخر ، نلاحظ في الدروسوفلا يتبع توارث الصفات المرتبطة بالجنس مثل لون العيون البيضاء وتسمى الوراثة التصالبية **Criss cross inheritance** السبب يورث الذكر صفته بالجنس الى احفاده من الذكور من خلال بناته ولا يورثها عن طريق ابناءه لذلك يظهر ان الصفة تنتقل بشكل متصالب او متبادل وعملية التوريث تتم من خلال الام تورث كروموسوم الجنس لكل من الابناء والبنات ، ام الاناث تستلم كروموسوم الجنس من الاب فقط .

هذه الصفات يمكن تعيينها عن طريق الجينات التي تقع على كروموسوم X في الدروسوفلا ، وكان جين الطفرة المتنحية للعين البيضاء هو اول جين وجد مرتبطاً بالجنس في حشرة الدروسوفلا فعند اجراء تلقيح اناث ذات عيون بيضاء مع ذكر من طراز بري ذو عيون حمراء نجد ان جميع الافراد الذكور الناتجة تكون ذات عيون بيضاء تشبه الام وان جميع الاناث تكون ذات عيون حمراء تشبه الاب وهذا يعرف بالوراثة المتبادلة وهي احد ميزات الجينات المرتبطة بالجنس كما في التضريبات التالية

	انثى بيضاء العيون		ذكر بري (عيون حمراء)
P_1	**X^+Y**	**x**	**XX**
G_1	**X^+ , Y**		**X**
F_1	**XY**	**:**	**XX^+**
	ذكور بيضاء العيون		اناث حمراء العيون

لذا نجد ان كروموسوم **Y** يحمل اليل واحد فقط في الصفات المرتبطة بالجنس وان حالة الاليل الاحادي في كروموسوم **Y** يجعلها تتناصف المجموعة الجينية .

الصفات المرتبطة بالجنس في البكتريا:

كان الاعتقاد السائد بان البكتريا تتكاثر لا جنسياً ، والتكاثر الجنسي في البكتريا تشمل عملية التصاق حيث تتصل الخليتان بواسطة قناة سايتوبلازمية تعطي من خلالها احدى الخلايا جزء او كل كروموسومها الفردي (حسب زمن الالتصاق) الخلية التي تعطي الخلية الذكرية والتي تستلم الخلية الانثوية وينشأ عنها حالة ثنائية المجموعة الكروموسومية ، لذا نجد ان الذكور تتحدد بواسطة عامل الخصوبة (F) وتتحدد الانثوية بغيابه ، ويوجد العامل (F) في السايتوبلازم خارج الكروموسوم او يدخل في كروموسوم البكتريا في خلايا تعرف بـ(Hfr) فاذا انتقل عامل الخصوبة خلال عملية التزاوج فانه يحول الخلية البكتيرية من الحالة الانثوية الى الحالة الذكرية .

وراثة الصفات المحددة بالجنس

وتتمثل بـ (ريش الدجاجة ، وجود اللحية في الرجال ، نباتات البرسيم) هي الصفات التي تكون فيها الجينات يتحدد تاثيرها على الشكل المظهري للكائن الحي بناء على وجود او غياب الهرمونات الجنسية ويكون تاثيرها على احد الجنسين دون الاخر وهذه الجينات هي المسؤولة عن العلامات الجنسية التي تظهر على احد الجنسين مثال شكل الريش في الطيور حيث توجد اختلافات بين الشكلين فيكون ريش الديكة ريش طويل ومدبب ويوجد في الرقبة والذيل اما في الاناث فيكون الريش اقصر وبدون حافة فالجين H هو المسؤول عن ظهور صفة ريش الدجاجة وهو سائد على اليله المتنحي h المسؤول عن صفة ريش الديكة كما في الجدول(8) التالي

التركيب الوراثي	الذكر	الانثى
HH	ريش الدجاجة	ريش الدجاجة
Hh	ريش الدجاجة	ريش الدجاجة
hh	ريش الديكة	ريش الدجاجة

ويكون فعل هذين الجينين كمايلي

1. الجين H يعطي ريش دجاجة وهو سائد
2. الجين h يعطي ريش الديكة لغياب الهرمون الانثوي ووجود الهرمون الذكري .

التحول الجنسي في الدواجن:

في الطيور التي تتبع نظام (Zo) في تحديد جنسها ، بعض الاناث البالغة والتي وصلت مرحلة وضع البيض قد يحدث لها تحول جنسي ليس فقط في الصفات الانثوية مثل صياح الديك او تكوين ريش الديكة بل يتعدى

ذلك تكوين خصى واحياناً انتاج حيوانات منوية وهذا يحدث عندما يتلف المرض انسجة المبيض ، وعند غياب هرمونات الجنس الانثوية يبدأ النسيج الاثري للخصى في مركز المبيض بالنمو مما يؤدي الى التحول الجنسي .

من الامثلة الاخرى وجود اللحية في الرجال وعدم وجودها في الاناث ، الصوت الخشن للرجال والصوت الناعم للنساء .

وهنالك حالة واضحة في البرسيم حيث نجد ان جميع النباتات المذكرة (الاب) تكون باللون الاصفر بينما النباتات المؤنثة (الام) تكون باللونين الابيض والاصفر واللون الابيض في النباتات المؤنثة سائد على اللون الاصفر الا ان تاثيره لا يظهر في الذكور ويمكن تمثيل هذه الحالة كالتالي

الشكل المظهري	التركيب الوراثي
اصفر ابيض	B^+B^+
اصفر ابيض	B^+b^+
اصف اصفر	Bb

ويكون هذا الجين تاثيره محدود على جنس الاناث بينما لا يكون له تاثير جنس الذكور

الصفات المتأثرة بالجنس:

1- صفة الصلع في الانسان : بالرغم من ان صفة الصلع تعود الى مسببات مرضية الا ان للصلع مسببات وراثية وهذه الصفة توجد في الرجال اكثر من النساء والتي تكون نادرة في النساء ، لقد اوضحت العديد من الدراسات ان شكل الصلع يعود الى زوج من الاليلات Bb الجسمية كما في الجدول (9) التالي

التركيب الوراثي	الذكر	الانثى
BB	اصلع	صلعاء
Bb	اصلع	ذات شعر
Bb	ذو شعر	ذات شعر

يسلك الجين B سلوك الجين السائد في الذكور والسلوك المتنحي في الاناث ، ويظهر تاثيره في الحالة الخليطة بوجود الهرمونات الذكرية وهذا يعود الى عدم التوازن الهرموني .

1- وراثة وجود القرون في الذكور وعدم وجودها في الاناث للاغنام .

الارتباط الجزئي بالجنس

الجينات المرتبطة بالجنس في الانسان او الدروسوفلا والتي تقع على كروموسوم X لا يوجد لها اليلات على كروموسوم Y لكن هنالك اجزاء من كروموسوم Y تماثل اجزاء من كروموسوم X بمعنى ان الاليل الموجود على كروموسوم X يكون له اليل على كروموسوم Y ، من خلال حدوث تماثل جزئي بين قطعة من الكروموسوم Y مع قطعة اخرى من كروموسوم X وتعرف الجينات المحمولة على هذين الكروموسومين بالجينات المرتبطة جزئياً بالجنس، وازدواج هذه الاليلات تنعزل عن بعضها اثناء الانقسام الاختزالي وتنتقل الى الاجيال اللاحقة بطريقة تشابه انتقال الجينات المحمولة على الكروموسومات الجسمية.