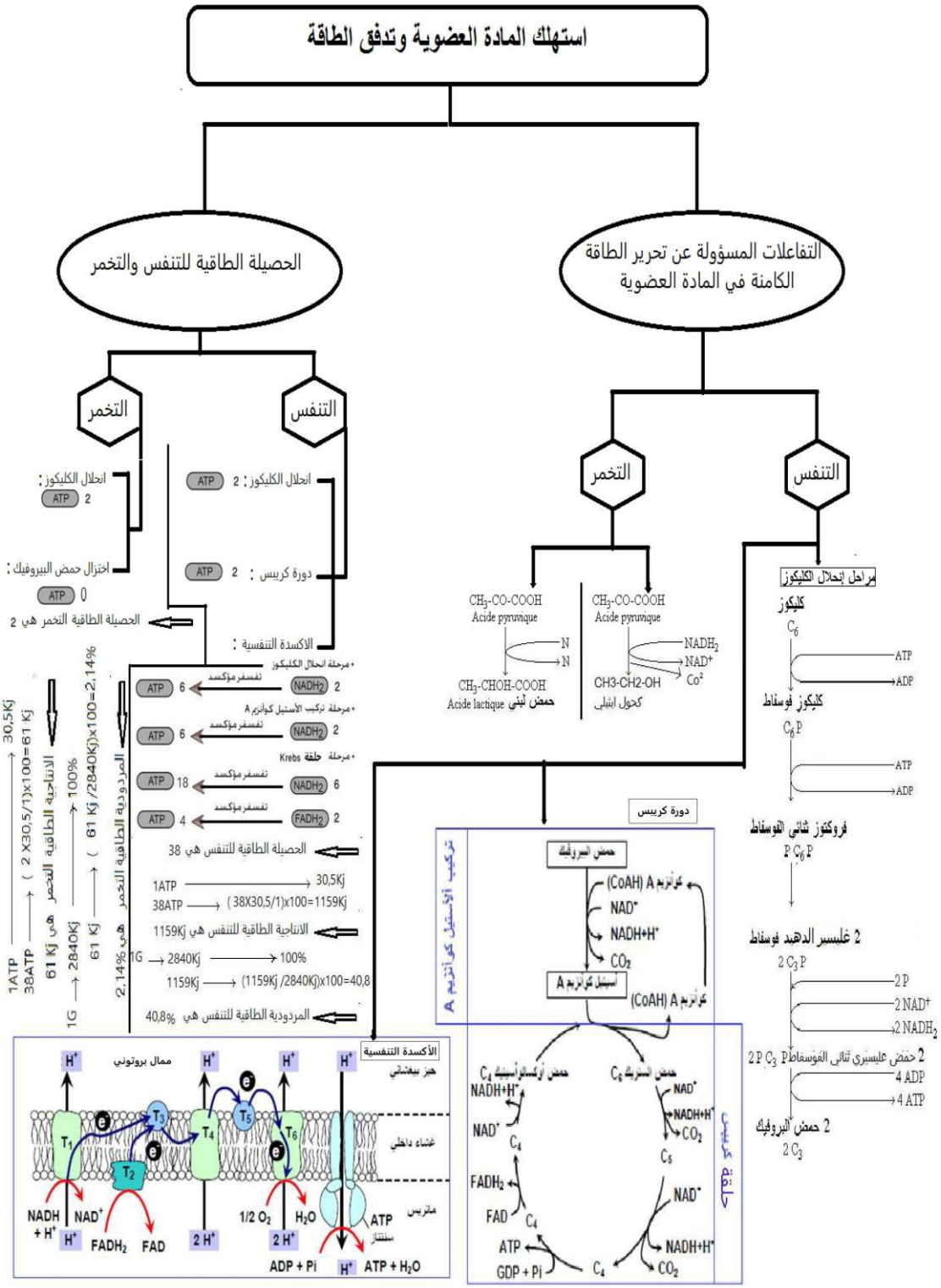
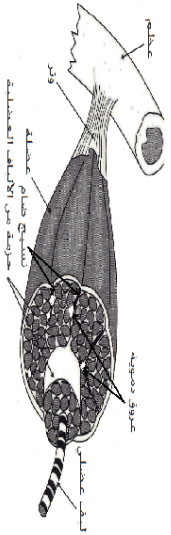

استهلك المادة العضوية وتدفق الطاقة
التفاعلات المسؤولة عن تحرير الطاقة الكامنة في المادة العضوية
الحصيلة الطاقية للتنفس والتخمر
التنفس
التخمر
مراحل إنحلال الكليكوز
كليكوز
كليكوز فوسفاط
فروكتوز ثنائي الفوسفاط
2 غليسير الدهيد فوسفاط
2 حمض البيروفيك
دورة كريبس
حلقة كريبس
تركيب الأسيتيل كوانزيم A
الأكسدة التنفسية
حيز بيغشائي
غشاء داخلي
ماتريس
ممال بروتوني
ATP سنتاز
انحلال الكليكوز : 2 ATP
دورة كريبس : 2 ATP
الاكسدة التنفسية :
الحصيلة الطاقية التخمر هي 2
انحلال الكليكوز : 2 ATP
اختزال حمض البيروفيك : 0 ATP
الحصيلة الطاقية للتنفس هي 38
1ATP ← 30,5Kj
38ATP ← (38X30,5/1)x100=1159Kj
الانتاجية الطاقية للتنفس هي 1159Kj
1G ← 2840Kj ← 100%
1159Kj ← (1159Kj /2840Kj)x100=40,8
المردودية الطاقية للتنفس هي 40,8%
1ATP ← 30,5Kj ← (2 X30,5/1)x100= 61 Kj
38ATP ← 2840Kj ← 61 Kj
الانتاجية الطاقية التخمر هي 61 Kj ← 100%
1G ← 2840Kj ← 61 Kj /2840Kj)x100=2,14%
المردودية الطاقية التخمر هي 2,14%
CH3-CO-COOH Acide pyruvique
CH3-CHOH-COOH Acide lactique حمض لبني
CH3-CH2-OH كحول ايثيلي
NADH2
NAD+
Co2
ATP
ADP
C6
C6P
P C6 P
2 C3 P
2 P
2 NAD+
2 NADH2
4 ADP
4 ATP
2 C3
(CoAH) A كوانزيم
NAD+
NADH+H+
CO2
أسيتيل كوانزيم A
حمض السيتريك
حمض أوكسالوأسيتيك C4
C6
C5
C4
FADH2
FAD
GDP + Pi
NADH + H+
FADH2
FAD
2 H+
1/2 O2
H2O
ADP + Pi
ATP + H2O

العضلة الهيكلية المخططة ودورها في تحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة ميكانيكية

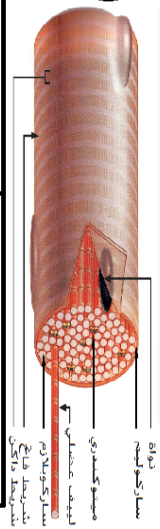
بنية وفوق بنية العضلة

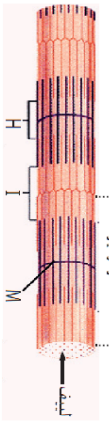
بنية العضلة

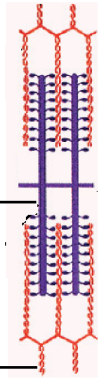


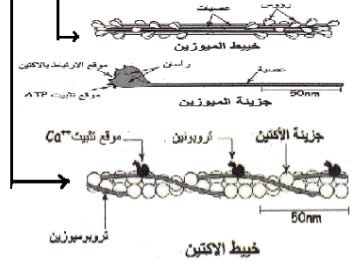
فوق بنية العضلة

- بنية الليف
- بنية الليفة
- بنية الساركومير









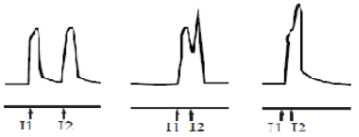
العمل الميكانيكي للعضلة

حالة اهاجة واحدة

اذا تلقت العضلة اهاجة واحدة فعالة تستجيب (الاهتياجية) على شكل رعشة عضلية معزولة تتكون من
فترةكمون (استعداد)
وفترة تقلص (القلوصية)
وفترة ارتخاء (المرونة)

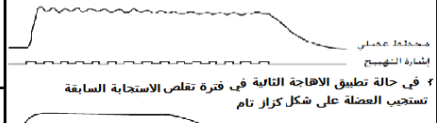
حالة اهاجتين متتاليتين

اذا تلقت العضلة اهاجتين متتاليتين فهي تستجيب حسب نمطه
تطبيق الاهاجة الثانية بحيث: + في حالة تطبيق الاهاجة الثانية بعد انتهاء الرعشة الاولى تستجيب العضلة على شكل رعشتين عضليتين معزولتين
+ في حالة تطبيق الاهاجة الثانية في فترة ارتخاء الرعشة الاولى تستجيب العضلة على شكل رعشتين عضليتين ملتحمتين التحاما غير تام
+ في حالة تطبيق الاهاجة الثانية في فترة تقلص الرعشة الاولى تستجيب العضلة على شكل رعشتين عضليتين ملتحمتين التحاما تام

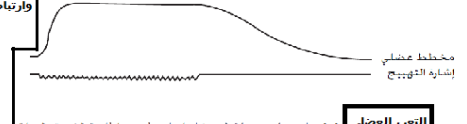


حالة عدة اهاجات متتالية

اذا تلقت العضلة عدة اهاجات متتالية فهي تستجيب حسب نمطه
تطبيق الاهاجة الثانية بحيث: + في حالة تطبيق الاهاجة الثانية في فترة ارتخاء الاستجابة السابقة تستجيب العضلة على شكل كزاز غير تام



+ في حالة تطبيق الاهاجة الثانية في فترة تقلص الاستجابة السابقة تستجيب العضلة على شكل كزاز تام



التعب العضلي

اذا تم إخضاع عضلة لعدة إهاجات شدتها ثابتة لفترة طويلة فإنها تصاب بالعياء والتعب العضلي بحيث:

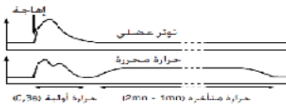
- تصبح محتاجة لفترة كمون اطول للإستعداد للتقلص
- تتقلص بوسع ضعيف
- تصبح محتاجة لفترة اطول لتقوم بالارتخاء

الظواهر المرافقة للعمل العضلي

- ظواهر كيميائية
- ظواهر فزيائية

يرافق العمل العضلي بعض الظواهر الكيميائية تتمثل فيما يلي:

- استهلاك الاوكسيجين
- استهلاك الكليكوز
- طرح CO^2
- طرح HO^2
- انتاج الحمض اللبني



ظواهر وراثية

- تحرر خلال المجهود العضلي
- مدة تحريرها قصيرة
- كميتها كبيرة
- مصدرها هي تفاعلات ظاهرة التخمر

ظواهر تأخرية

- تحرر بعد انتهاء المجهود العضلي
- مدة تحريرها طويلة
- كميتها ضعيفة
- مصدرها هي تفاعلات ظاهرة التنفس

آليات العمل العضلي وطرق تجديد ATP

آليات العمل العضلي

آليات التقلص

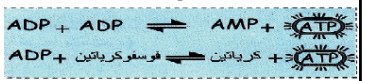
الإهاجة ⇦ تحرير Ca^{2+} من الشبكة الساركوبلازمية ⇦ تثبيت Ca^{2+} على التروبونين
⇩
الكشف عن مواقع تثبيت الميوزين على الآكتين ⇦ ازاحة التروبونين والتروبوميوزين
⇩
تثبيت رؤوس الميوزين على الآكتين بواسطة قناطر مستعرضة ⇦ تشكل مركب الاكتوميوزين
⇩
تقارب حزي Z وتقصير طول الساكومير وحدوث التقلص ⇦ انزلاق خيطات الآكتين فوق رؤوس الميوزين نحو مركز الساركومير ⇦ حلمأة ATP تحرر طاقة يستغلها رؤوس الميوزين للدوران نحو مركز الساركومير

آليات الارتخاء

عودة Ca^{2+} الى الشبكة الساركوبلازمية ⇦ تحطيم القناطر المستعرضةوانفصال الآكتين عن الميوزين ⇦ عودة التروبونين والتروبوميوزين وعودة الآكتين لموقعهم الأصلي
وارتباط ATP برؤوس الميوزين ⇦ تباعد حزي Z عودة طول الساركومير وحدوث الإرتخاء

طرق تجديد ATP

- طرق بطيئة ⇦ التنفس
- طرق متوسطة السرعة ⇦ التخمر
- طرق سريعة ⇦ فسفرة الADP



الخبر الوراثي

تموضعه

تجربة التطعيم

تجربة التطعيم

طبيعته ومكوناته وبنيته

تجارب Avery و مساعدوه

تجارب Griffith

تجارب Griffith

- تجربة الأولى: (تجارب Griffith) تبين أن هناك عنصر ينتقل من المكورات S إلى R فيكسبها خصائص المكورات S سماه Griffith العلة المحولة.
- التجربة الثانية: (تجارب Avery و مساعدوه) تمت عن طريق الإقصاء بالتناوب لعناصر النواة بغرض تحديد العلة المحولة أي الخبر الوراثي اعتمادا على مبدأ:

⊗ الخبر الوراثي يتموضع في النواة ⊗ العلة المحولة + المكورات R = تحول المكورات R الى S

تحول R الى S في غياب جميع عناصر النواة ما عدى ADN إذن

العلة المحولة أي الخبر الوراثي طبيعته كيميائية تتمثل في الحمض النووي الريبوزي ناقص أكسجين ADN

مكوناته

أي الحمض النووي الريبوزي الناقص الأكسجين.

وهذه التركيبة الثلاثية هي أصل تسميتها Acide DésoxyriboNucléique

- 1- سكر خماسي الريبوز ناقص أكسجين 2- حمض فوسفوري H_3PO_4 -3 أربع قواعد آزوتية (نظيفة) A أدينين + T تمين + C سيتوزين + G كوانين

بنيته

عبارة عن لولب مضاعف مكون من سلسلتين من النكليوتيدات تلتقيان حول بعضهما البعض وترتبطان فيما بينهما بواسطة الروابط الهيدروجينية بين القواعد الآزوتية حسب النطاق التالي:

G≡C و A=T

آليات تعبيره

النسخ

تتم عملية النسخ في نواة الـ ADN حيث يتم تركيب جزيئة ARN رسول (الموالي للـ ADN) وذلك عبر المراحل التالية:

- تركيب جزيئة الـ ARN بإضافة النيكليوتيدات الحرة حسب تكامل القواعد الآزوتية بين الـ ADN و الـ ARN بواسطة أنزيم الـ ARN poly و ذلك في اتجاه 5'→3'.
- تمديد جزيئة الـ ARNm و هذه حتى نهاية الجزء الذي يقابل نهاية الجين.
- تحرر الـ ARNm المنسوخ الذي سيخرج من النواة في اتجاه السيتوبلازم.

ملحوظة: يتم نسخ نفس الجزء من طرف عدة poly ARN في نفس الوقت و بالتالي تركيب عدة جزيئات ARNm تمثل نسخا لتسلسل نيكليوتيدات الجزء.

الترجمة

تتجز عملية الترجمة في ثلاث مراحل :

1 - المرحلة Initiation : تكامل هذه المرحلة تتم إزاحة البنزوزم بروتينة رمزية وإحدة مع انفصال الـ ARNt عن الـ Met فيتم توقيع A (التزام) الجزء الأول من الـ ARNm داخل الموقع الأمين AUG الذي يكافئه الحمض الأميني (Met) بعد ذلك يتموضع الجزء الـ ARNt-AA2 في الموقع A مع تكوين رابطة ببتيدية بين الحمضين الأمينيين.

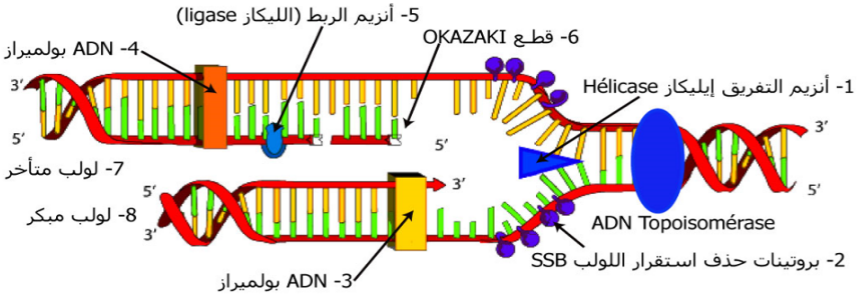
2 - المرحلة Elongation : تكامل هذه المرحلة تتم إزاحة البنزوزم بروتينة رمزية وإحدة مع انفصال الـ ARNt عن الـ Met فيتم توقيع A شاغر ليتموضع في الموقع الـ ARNt-AA3 داخل حسب تكامل الوحدة الرمزية الـ ARNm مع مضاد الوحدة الرمزية الـ ARNt ثم تشكل رابطة ببتيدية ثانية و هكذا دواليك في الاتجاه 5'→3'.

3 - المرحلة Terminaison : وصول الموقع A إلى وحدة رمزية بدون معنى (لا) يؤدي إلى انفصال وحدتي البنزوزم مع تحرير السلسلة البروتينية بعد ذلك يتم فصل الـ Met عن السلسلة بواسطة أنزيم خاص.

أليات نقل الخبر الوراثي من خلية إلى أخرى

مرحلة السكون

* طور السكون I: يمكن تقسيمه إلى 3 فترات:
الفترة G1: و فيها تبقى كمية ال ADN مستقرة في القيمة q و تسمى فترة النمو الأولى.
المرحلة S: تتم خلالها مضاعفة كمية ال ADN من q إلى 2q. و تسمى فترة التركيب Synthèse.
المرحلة G2: تبقى كمية ال ADN مستقرة في 2q. و تسمى فترة النمو الثانية و خلالها تستعد الخلية للانقسام.



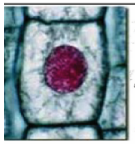
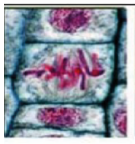
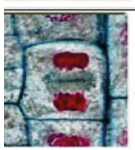
تتم مضاعفة جزيئة الـ ADN بتدخل عدة أنزيمات:
- تفريق اللولبين الأصليين نتيجة قطع الروابط الهيدروجينية بواسطة **أنزيم التفريق Hélicase** و تدخل أنزيمات أخرى تمنع ارتباط اللولبين من جديد (**بروتينات حذف استقرار اللولب SSB** single strand binding protein).
- تشكيل اللولب الجديد بتجميع تدريجي للنيكليوتيدات الحرة لتشكل لولبا مكملا للولب الأصلي مع احترام تكامل القواعد الآزوتية، تسمى عملية التجميع هذه **ببلمرة النيكليوتيدات** التي يقوم بها أنزيم يسمى **ADN بولميراز**، يتميز ال ADN بوليميراز بالقدرة على تركيب لولب ال ADN الجديد في اتجاه **واحد فقط هو '5←'3**،

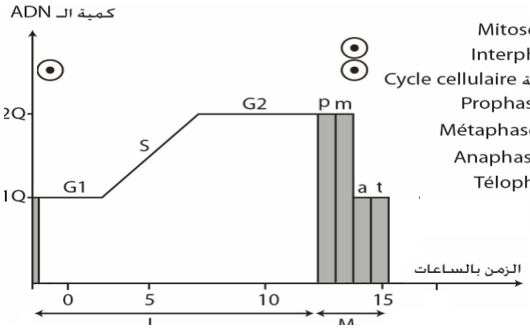
و لأن لولبي ال ADN مضادي التوازي فإن مضاعفة ال ADN تتم بطريقتين مختلفتين حسب قطبية اللولب:

استطالة متصلة : تنطبق على اللولب الجديد المكمل للولب الأصلي الموجه من **'5←'3 (لولب مبكر)**

استطالة متقطعة: تنطبق على اللولب الجديد المكمل للولب الأصلي الموجه من **'5←'3** و الذي يتم تركيبه بشكل متقطع في اتجاه **'5←'3** على شكل قطع من ال ADN غير المتصلة يطلق عليها أجزاء OKAZAKI بواسطة ال ADN بوليميراز حيث يقوم في النهاية أنزيم يدعى **الليكاز (أنزيم الربط) Ligase** لتشكل لولب ال ADN الجديد.

الإنقسام الغير مباشر

	يعتبر الانقسام غير المباشر La Mitose ظاهرة مستمرة في الزمن لكن لتسهيل الدراسة يمكن تحديد مراحلها في أربعة أطوار حسب تغير النواة. و تعتبر نهاية كل طور بداية للطور الموالي. تسبق مراحل الانقسام غير المباشر مرحلة السكون Interphase (المدة الفاصلة بين انقسامين متتاليين) تتعرض خلالها الخلية للنمو و مضاعفة ذخيرتها الوراثية ADN.
	الطور التمهيدي Prophase (ب): يدوم مدة طويلة و يتميز ب: - اختفاء الصبغين و تكثيفها على شكل صبغيات. حيث كل صبغي يتكون من صبيغين chromatides مرتبطين على مستوى الجزيء المركزي Centromère . - تلاشي الغشاء النووي و النوية. - بداية تشكل مغزل الانقسام بين قطبي الخلية (ظهور الألياف القطبية).
	الطور الاستوائي Métaphase (ج): يدوم مدة قصيرة. و يتميز ب: - تموضع الصبغيات على خط استواء الخلية مكونة ما يسمى بالصفيحة الاستوائية plaque équatoriale . - نشوء ألياف خاصة تدعى الألياف الصبغية fibres chromosomiques انطلاقا من الجزيء المركزي. تربط كل صبغي بقطبي مغزل الانقسام (مغزل الانقسام = الألياف القطبية بالإضافة للألياف الصبغية).
	الطور الانفصالي Anaphase (د-هـ): يدوم مدة جد قصيرة . و يتميز ب: - انفصال صبيغيي كل صبغي بانشطار الجزيء المركزي. - ابتعاد كل صبغي ابن في اتجاه أحد قطبي الخلية نتيجة تقصير الألياف الصبغية نسمي هذه العملية بالصعود القطبي للصبغيات.
	الطور النهائيTélophase (و-ز): يدوم مدة طويلة تقارب مدة الطور التمهيدي. و يتميز ب: - تكون مجموعتين من الصبغيات في قطبي الخلية حيث تتكتل على شكل صبغين. - اختفاء مغزل الانقسام و تكون الغشاء النووي. - انقسام السيتوبلازم بظهور جدار سيلولوزي يفصل بين الخليتين البنتين.



M:انقسام غير مباشر Mitose
I: مرحلة السكون Interphase
CC=M+I: الدورة الخلوية Cycle cellulaire
p: المرحلة التمهيدية Prophase
m: المرحلة الاستوائية Métaphase
a: المرحلة الانفصالية Anaphase
t: المرحلة النهائية Télophase

تطور كمية الخبر الوراثي خلال الدورة الخلوية

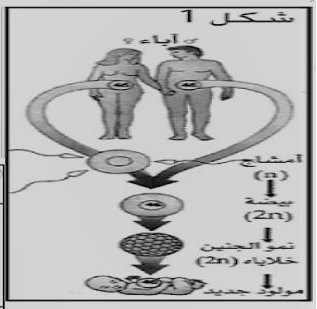
تعبر الدورة الخلوية عن مجموع طور السكون و الانقسام غير المباشر، وتتغير كمية ال ADN خلال الدورة الخلوية كالتالي :
* طور السكون I: يمكن تقسيمه إلى 3 فترات:
الفترة G1: و فيها تبقى كمية ال ADN مستقرة في القيمة q و تسمى فترة النمو الأولى.
المرحلة S: تتم خلالها مضاعفة كمية ال ADN من q إلى 2q. و تسمى فترة التركيب Synthèse.
المرحلة G2: تبقى كمية ال ADN مستقرة في 2q. و تسمى فترة النمو الثانية و خلالها تستعد الخلية للانقسام.
* طور الانقسام غير المباشر M: تبقى فيه كمية ال ADN مستقرة في 2q خلال الطور التمهيدي و الاستوائي و تعود مرة أخرى إلى q أثناء الطور الانفصالي لتبقى مستقرة في هذه القيمة خلال الطور النهائي.

أليات نقل الخبر الوراثي من جيل لأخر عن طريق التولد الجنسي

التوالد الجنسي

التوالد الجنسي يتميز بحدثين هامين:

إنتاج الأمشاج و **الإخصاب** (إلتحام النواتين الذكرية و الأنثوية)

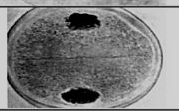


تشكل الأمشاج

يتميز التوالد الجنسي بظاهرة:الانقسام الاختزالي الذي يحدث أثناء تشكل الأمشاج،

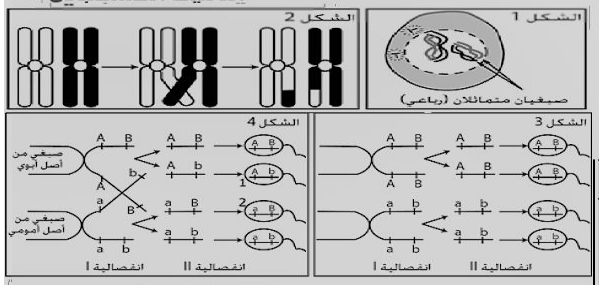
الإنقسام الإختزالي هو إنقسام خاص، تخضع له الخلايا المسؤولة عن إنتاج الأمشاج، و يتميز بأنقسامين متتاليين

- ❖ الانقسام المنصف **Division réductionnelle** : حيث يتم اختزال الصيغة الصبغية من 2n إلى n.
- ❖ الانقسام التعادلي **Division équationnelle** : حيث يتم تكوين خليتين بنتين أحاديتي الصيغة الصبغة انطلاقا من خلية n و يضم المراحل المعروفة للانقسام الخلوي.

وثيقة 3 ملاحظات مجهرية		رسوم تفسيرية	الصيغة الصبغية	ميزات المرحلة	كمية الـ ADN
	انقسام منصف	التمهيدي I	2n=4	تمهيدية I زيادة على الأحداث المعروفة عند الإنقسام الغير المباشر، فإن هذه المرحلة تتميز باقتران الصبغيات المتماثلة مشكلة أزواجا تسمى رباعيات Tétrades.	4q
		الاستوائي I	2n=4	إستوائية I تموضع الرباعيات في المستوى الإستوائي. حيث يتكوّن صبغيا كل رباعي متقابلين من جهتي هذا المستوى.	4q
		الانفصالي I	n=2	إنفصالية I تنفصل الصبغيات المتماثلة ويتجه كل منها إلى أحد قطبي الخلية دون إنشطار الجزيء المركزي.	2q
		النهائي I	n=2	نهائية I تتجمع الصبغيات في قطبي الخلية وتنقسم الخلية الأم إلى خليتين بنتين أحاديتي الصبغة الصبغية.	2q
	انقسام تعادلي	التمهيدي II	n=2	تمهيدية II يتضاعف المريكزان و تتكون ألياف المغزل اللالوني في كل خلية (غياب طور السكون).	2q
		الاستوائي II	n=2	إستوائية II تتموضع الصبغيات على خط إستواء الخلية مكونة الصفيحة الإستوائية.	2q
		الانفصالي II	n=2	إنفصالية II ينشطر الجزيء المركزي لكل صبغي ويتجه كل صبغي إبن نحو أحد قطبي الخلية.	1q
		النهائي II	n=2	نهائية II ينقسم السيتوبلازم لتتكون 4 خلايا أحادية الصبغة الصبغية. تتحول الصبغيات إلى صِبِّغِينٌ و تظهر النوية و الغلاف النووي.	1q

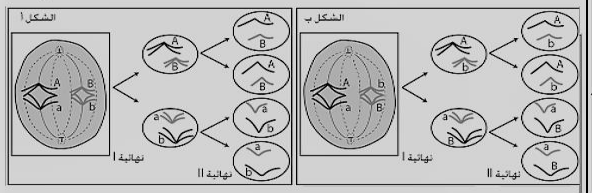
دور التوالد الجنسي في التنوع

دور الإنقسام الإختزالي



التخليط الضمصبغي

التخليط البيصبغي

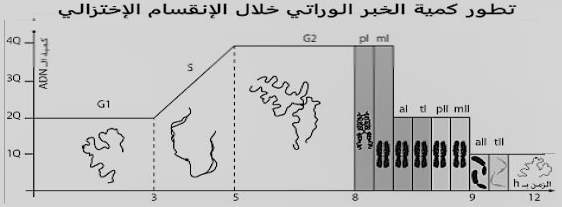


دور الإخصاب

يؤدي الالتقاء العشوائي للأمشاج أثناء الإخصاب إلى تكون بيضة حاملة للحليلات الأبوية و الأمومية مما ينتج عنه عدد هائل من التوافقات الممكنة.فإذا اعتبرنا أن عدد الأمشاج الذكرية هو X_1 و عدد الأمشاج الأنثوية هو X_2 ،و اعتبرنا أن الذخيرة الوراثية الأمشاج الذكرية و الأنثوية مختلفة فإن عدد البيضات الممكن الحصول عليها هو $X_2.X_1$

$2^{23}.2^{23}=2^{46}=7.10^{13}$ لهذا فمن الصعب جدا وجود فردين لهما نفس الخبر الوراثي.

تطور كمية الخبر الوراثي خلال الإنقسام الإختزالي



G1: نمو 1، S: تضاعف، G2: نمو 2، pl : تمهيدية 1، ml: استوائية 1، al: انفصالية 1، tl: نهائية 1.

1- ← قبل دخول المنسلية في الانقسام الاختزالي تتضاعف كمية ال ADN خلال المرحلة S من طور السكون حيث تمر من 2Q إلى 4Q.

← خلال الانقسام الاختزالي:

- بعد افتراق الصبغيات المتماثلة (الانفصالية I من الانقسام المنصف) تلاحظ انخفاض كمية ال ADN من 4Q إلى 2Q.
- خلال الانقسام التعادلي (الانفصالية II) تنشطر الجزيئات المركزية مما ينتج عنه انخفاض كمية ال ADN من 2Q إلى 1Q.

2- نستنتج أنه انطلاقا من خلية 2Q يتم إنتاج أربع خلايا 1Q و بالتالي فالمشيج يحتوي على نصف كمية ال ADN للخلية الأم أي يحمل نصف الخبر الوراثي للخلية الأم.

القوانين الإحصائية لإنتقال الصفات الوراثية عند الكائنات ثنائيات الصيغة الصبغية

الهجونة الإحادية (دراسة انتقال صفة واحدة)

حالة السيادة التامة

P_1(س نقية) x P_2 (س نقية) ← F_1 متجانس تحقيق القانون الأول لماندل	F_1: صفة موجودة عند أحد الأبوين
	F_1: صفة وسيطة بين صفتي الأبوين

حالة السيادة التامة	
حالة تساوي السيادة	

حالة تساوي السيادة

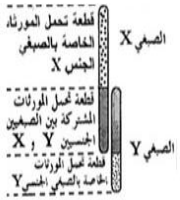
F_1 [هجين) x F_1 (هجين) ⟵ F_2	F_2 : 3/4 ، 1/4	حالة السيادة التامة
	F_2 : 1/4 ، 1/4 ، 2/4	حالة تساوي السيادة
	F_2 : 2/3 ، 1/3	حالة المورثة الممـــيتة

تزاوج اختباري أو تزاوج راجع	50% ، 50%	فرد مختبَر مختلف الاقتران
	100%	فرد مختبَر متشابه الاقتران

حالة المورثة المرتبطة بالجنس

الوراثة المرتبطة بالجنس: المورثات محمولة على الصبغيات الجنسية.

- ✓ في حالة جبل يمثل استثناء للقانون الأول لماندل.
- ✓ في حالة نتيجتين مختلفتين لتزاوجين معاكسين.
- ✓ في حالة تمييز الصفة بين الجنسين عند انتقالها من جيل لآخر.
- ✓ في وجود إشارة في نص التمرين (مثلا الصفة أو المورثة محمولة على X)



الهجونة الثنائية (دراسة انتقال صفتين)

P_1(س نقية) x P_2 (س نقية) ← F_1 متجانس تحقيق القانون الأول لماندل	F_1: صنفين موجودتين عند الأبوين	المورثة 1: حالة السيادة التامة المورثة 2: حالة السيادة التامة
	F_1: صفة موجودة عند الأبوين وصفة وسيطة	المورثة 1: حالة السيادة التامة المورثة 2: حالة تساوي السيادة
	F_1: صفتين وسيطتين	المورثة 1: حالة تساوي السيادة المورثة 2: حالة تساوي السيادة
F_1 (هجين) x F_1 (هجين) ⟵ F_2 حالة مورثتين مستقلتين	1/16، 3/16، 3/16، 9/16	المورثة 1: حالة السيادة التامة المورثة 2: حالة السيادة التامة
	1/16، 2/16، 3/16، 3/16، 6/16	المورثة 1: حالة السيادة التامة المورثة 2: حالة تساوي السيادة
F_1 (هجين) x F_1 (هجين) ⟵ F_2 حالة مورثتين مرتبطتين	3/4، 1/4	المورثة 1: حالة السيادة التامة المورثة 2: حالة السيادة التامة
	أربعة مظاهر خارجية : اثنان أبوية بنسب كبيرة واثنان جديدة التركيب بنسب ضعيفة.	حالة السيادة بالنسبة للمورثتين مع حدوث ظاهرة العبور. استثناء للقانون الثالث لماندل.
تزاوج اختباري أو تزاوج راجع	مورثتين مستقلتين	1/4،1/4،1/4،1/4
	مورثتين مرتبطتين	1/2،1/2، غياب العبور
		أربعة مظاهر خارجية : اثنان أبوية بنسب كبيرة واثنان جديدة التركيب بنسب ضعيفة. حدوث العبور

قوانين ماندل

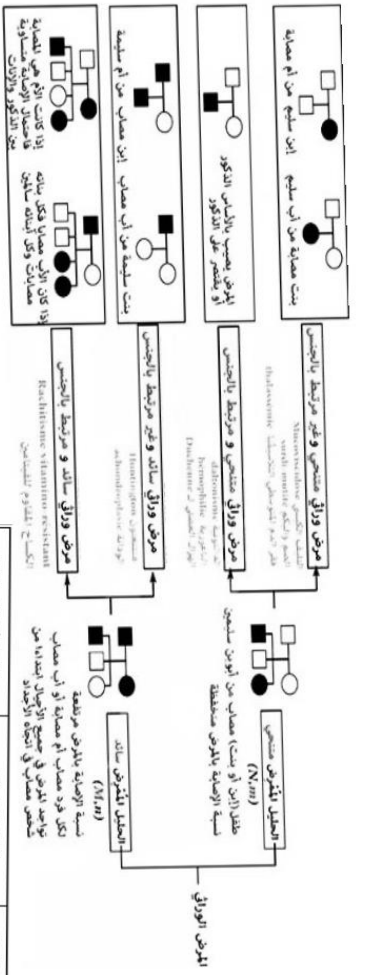
القانون الأول: الأبوان من سلالتين نقيتين يخلفان F_1 جيلا أولا يكون متجانسا. تجانس هجناء F_1.

القانون الثاني: افتراق حليلي كل مورثة أثناء تشكل الأمشاج بحيث يحمل كل مشيج حليلا واحدا من كل مورثة: نقاوة الأمشاج.

القانون الثالث: استقلالية افتراق حليلي كل زوج حليلي عند انتقال زوجين من الحليلات فأكثر من جيل لآخر، أي عند انتقال صفتين فأكثر.

علم الوراثة البشرية

تحليل شجرات النسب

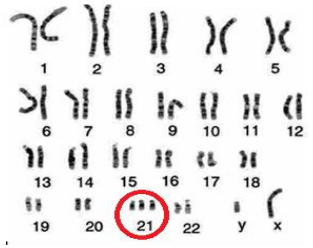


تحليل الخرائط الصبغية

شذوذات صبغية عددية

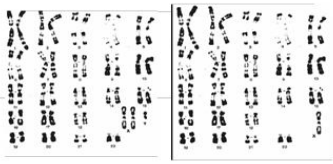
شذوذات عددية لاجنسية

المنغولية Trisomie21 شذوذ جسدي و عقلي. يتميز المنغوليون بـ : قامة قصيرة، أجسام ممتلئة، عيون ضيقة، وجوه سعيدة. تشوهات على مستوى القلب و الأمعاء و الأوعية الدموية... و من المعروف أيضا أنهم متخلفون عقليا. لطيفون. قدرهم أن يشيخوا سريعا. و يموتون قبل أن يبلغوا سن الأربعين. يولدون عادة لأمهات كبيرات السن. لأن احتمال إنجاب طفل منغولي يتزايد مع تقدم سن الأم (1/2300 عند سن العشرين و 1/100 عند سن الأربعين).



شذوذات عددية جنسية

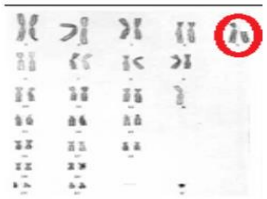
مرض Klinfelter يصيب الذكور و من أعراضه : صغر الخصيتين و غياب الحيوانات المنوية في المني و اتساع الوركين و تأخر عقلي و أحيانا نمو غير عادي للثديين....
مرض Turner يصيب الإناث. و من أعراضه: قصر القامة. عنق قصير يأخذ شكل مثلث نتيجة ثنيات تربط الكتفين بالعنق. اتساع القفص الصدري. ثديين متباعدين. و ذات نمو ضعيف. و عقم ناتج عن ضمور المبيضين مع غياب دورة الحيض.



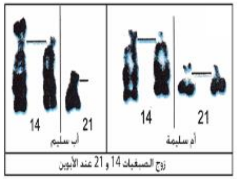
شذوذات صبغية بنيوية

ضياع قطعة من الصبغي

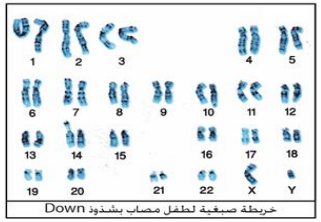
ينتج مرض "صياح القط" Cris du Chat عن شذوذ صبغي. و تتمثل أعراضه في تخلف عقلي حاد و عدة تشوهات جسمية. رأس صغير و وجه نو ملامح مميزة (الصورة). و ينتج عن نشوه الحنجرة إصدار المصاب صوتا يشبه مواء القط.



إنتقل الصبغي أو قطعة منه



زوج الصبغيات 14 و 21 عند الأبوين


خريطة صبغية لطفل مصاب بشذوذ Down

الكشف القبل ولادي

يتضح بالتشخيص القبل ولادي في الحالات التالية:إذا طفل مصاب بتشوه خلقي أو عقلي أو إذا كان أحد الأبوين مصاب بشذوذ صبغي أو في حالة كبار سن الأم 38 سنة

1- التصوير بالصدى Ecographie

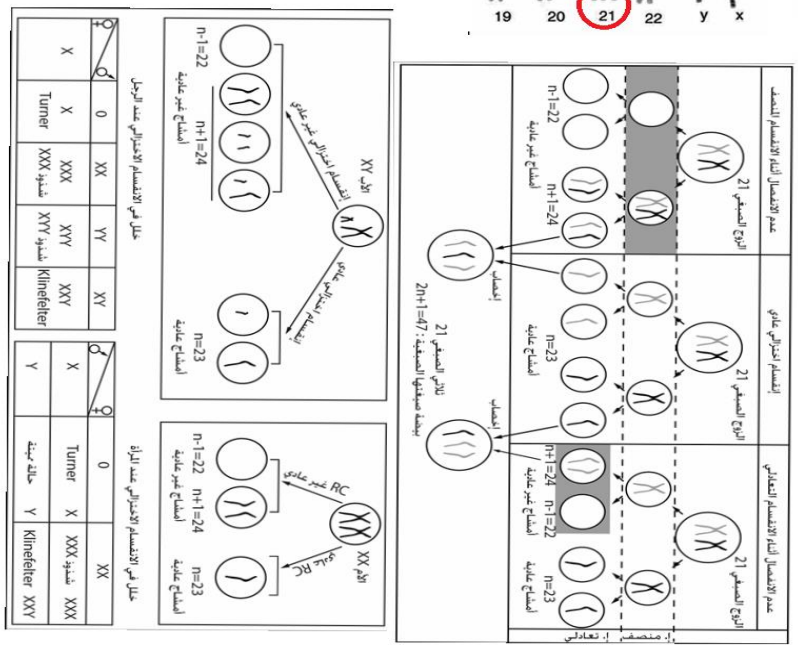
2- أخذ عينات من السائل السلوي Amniocen-

3- اقتلاع زغابات على مستوى الغشاء الخارجي للتروفوبلاست Biopsie du trophoblaste

4- أخذ عينة من الدم الحميلي من الحبل السري

تحليل ADN

- سبب إصابة الطفل بالمرض هو الشذوذ الملاحظ عند الأب(إلتحام نسخة من الصبغي 21 بالصبغي 14) مما أدى في الإنقسام الإختزالي إلى تشكل حيوانات منوية تحمل نسختين من الصبغي 21. وعند الإخصاب نحصل على بيضة تحتوي على ثلاث نسخ من الصبغي 21، إحداها ملتحمة بالصبغي 14.
يعاني الإبن إذن من شذوذ مرتبط بعدد الصبغيات و ببنيتها.
الأب سليم لأن كل صبغي لديه ممثل بزوج واحد فقط، لكن انتقال الصبغي 21 و التحامه بالصبغي 14 ينتج عنه تكون حيوانات منوية شاذة، مما يزيد من احتمال إصابة أبنائه بالمرض.



علم وراثة الساكنة

مفاهيم

مفهوم الساكنة

أ – تعريف الساكنة : الساكنة هي مجموع الأفراد المنتمين لنفس النوع ، و الذين يعيشون في مجال جغرافي معين يمكن فيه كل فرد منهم من التزاوج مع فرد آخر من أفراد المجموعة .
و تتميز الساكنة بكونها كيانا بيئيا توجد في نفس مستوى و بمستوى وراثي يتكون من مجموع الأنماط الوراثية لأفراد الساكنة .
– فعلم وراثة الساكنة يهتم بدراسة التركيبة الوراثية داخل الساكنة مع توالي الأجيال .
– فما القوانين التي يواسطتها يتم قياس التغيرية الوراثية داخل الساكنة ؟

مفهوم المحتوى الجيني للساكنة

ب – المحتوى الجيني للساكنة : يختلف أفراد الساكنة وراثيا في عدة صفات ، و مجموع الأنماط الوراثية للأفراد يشكل المحتوى الجيني أو جنوم الساكنة .

الساكنة الطبيعية

تردد حليل داخل عينة = $\frac{\text{2 x عدد المورثة المتشابهة الإقتران بالنسبة لحليل + عدد المورثة المختلفة الإقتران}}{\text{2 x العدد الإجمالي لأفراد العينة (عدد الحليلات)}}$

حساب تردد الحليلات f(A) و f(a) :

تردد مظهر خارجي [A] = $\frac{\text{عدد الأفراد الحاملين للمظهر [A]}}{\text{مجموع أفراد الساكنة N}}$

تردد نمط وراثي AA = $\frac{\text{عدد الأفراد الحاملين للنمط AA}}{\text{مجموع أفراد الساكنة N}}$

الساكنة النظرية المثالية

حساب تردد الحليلات وتردد الأنماط الوراثية للتحقق من توازن الساكنة حسب قانون هاردي -وينبيرغ أي p+q=1 و $p^2+2pq+q^2=1$

الساكنة النظرية المثالية :(ساكنة في حالة توازن و لا تتطور)
1 ساكنة مكونة من كائنات ثنائية الصيغة الصبغية ذات تولد جنسي و أجيال غير متراكبة (غياب التزاوج بين الأجيال) .
2 ساكنة ذات عدد غير محدود و تزاوجات عشوائية و بالصدفة .
3 ساكنة مغلقة وراثيا (غياب الهجرة) .
4 غياب الانتقاء الطبيعي (لجميع أفراد الساكنة القدرة على التوالد وإعطاء خلف قادر على العيش)
5 غياب الطفرات و الشذوذات الصبغية أثناء الانقسام الاختزالي خلال تكوّن الأمشاج .

قـانـون Hardy-Weinberg :

إن الترددات الحليلية و تردد الأنماط الوراثية تبقى ثابتة من جيل لآخر . $1= p^2 + 2pq + q^2$ (AA Aa aa)

تساوي السيادة

التحقق من توازن الساكنة عن طريق **إختبار التوازن** عبر المراحل التالية:

-حساب تردد الحليلات والأنماط الوراثية باعتبار الساكنة طبيعية

-حساب الأعداد النظرية للمظاهر الخارجية

-إعادة حساب التردادات باعتبار الساكنة متوازنة

-حساب قيمة khi2

1 حساب χ^2 (khi deux) :

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{عدد الأفراد النظري} - \text{عدد الأفراد الملاحظ})^2}{\text{عدد الأفراد النظري}}$$

2 نحدد قيمة تدعى درجات الحرية degrés de liberté ddl

ddl = عدد الحليلات – عدد الأنماط الوراثية

في المثال المدروس لدينا 3 أنماط وراثية و حليلين (M و N)

ddl = 3 – 2 = 1

3 باستعمال جدول χ^2 نحدد قيمة χ^2 العتبة مع احتمال الخطأ α يساوي 0.05 أي 5%

جدول χ^2

عدد ddl	الاحتمالات α							
	0.990	0.975	0.950	0.900	0.100	0.05	0.025	0.010
1	0.032	0.04	0.024	0.016	2.71	3.84	5.02	6.63
2	0.20	0.05	0.10	0.21	4.60	5.99	7.38	9.21
3	0.12	0.22	0.35	0.58	6.25	7.81	9.35	11.24
4	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

ثم نقارن χ^2 المحسوبة مع χ^2 العتبة التي هي 3.84 :

$\chi^2 < 3.84$ المحسوبة 0.222 ، نقول أن الساكنة تخضع لقانون H–W أي في توازن و الفارق بين الملاحظ والنظري مرده للصدفة فقط . أما إذا كانت $\chi^2 > 3.84$ المحسوبة ، نقول أن الساكنة لا تخضع لقانون H–W .

السيادة التامة

الأنماط الوراثية الممكنة عند أفراد الساكنة :

عند الإناث :	X_SX_S	X_SX_w	X_wX_w
عند الذكور :	X_wY	X_SY	

تردد الحليلات عند الذكور و عند الإناث متساو :

f(S) = p
f(w) = q
p + q = 1

(الساكنة في حالة توازن)

تردد الأنماط الوراثية عند الأنـاث

f(SS) = p²	f(Sw) = 2pq	f(ww) = q²

عند الإناث ، تردد الأنماط الوراثية خاضع لقانون H–W

عند الذكور تردد الأنماط الوراثية يساوي تردد الحليلات : f(w) = q ، f(S) = p غير مطبقة معادلة H–W

الإرتباط بالجنس

في الصفحة التالية

عوامل التغير

علم وراثة الساكنة(تتمة)

الإرتباط بالجنس (تتمة)

3 أنواع من الأمشاج عند الذكور و نوعين عند الإناث

♀ \ ♂	X_S p	X_w q	Y
X_S p	X_SX_S p^2	X_SX_w pq	X_SY p
X_w q	X_SX_w pq	X_wX_w q^2	X_wY q

ملحوظة : عند الذكور يمكن تقدير تردد المرض بشكل مباشر لأن تـــردد المظاهر الخارجية يعبّر عن تردد الحليلات . عند الإناث نستعمل شبكة التزاوج .

	ذكـــــر		أنـــثـــى		الـــحـــصـــيـــلـــة
	مصاب	غير مصاب	مصابة	غير مصابة	
في حالة حليل متنحّ	q	p	q^2	p^2+2pq	$q^2 < q$ الإناث أقل إصابة من الذكور
في حالة حليل سائد	p	q	p^2+2pq	q^2	$p^2+2pq > p$ الإناث أكثر إصابة من الذكور

القيمة الانتقائية (Valeur selective) تمثل قدرة فرد معين على نقل حليلاته إلى الجيل الموالي بحيث نجد:

• القيمة الانتقائية المطلقة لنمط وراثي معين و هي عدد الأفراد الذين ينجبهم في المعدل كل فرد حامل لهذا النمط الوراثي, و القادرين على العيش و نقل حليلاتهم إلى الجيل الموالي, و تحتسب باستعمال العلاقة التالية:

$$W = \frac{\text{عدد الأفراد القادرين على العيش و نقل حليلاتهم بالنسبة لنمط وراثي معين}}{\text{العدد الإجمالي للأفراد الحاملين لهذا النمط}}$$

• القيمة الانتقائية النسبية و تساوي القيمة الانتقائية المطلقة للنمط الوراثي المعني مقسومة على القيمة الانتقائية المطلقة للنمط الوراثي الأكثر ارتفاعا حسب العلاقة التالية:

$$\omega = W/W_{max}$$

- الانحراف الجيني هو التقلبات العشوائية التي تؤثر في تردد الحليلات و خاصة في الساكنات الصغيرة، هذه التقلبات هي ناتجة عن تعيّنات عشوائي من بين الأفراد القادرة على التوالد(تعيان عشوائي لأمشاج الساكنة) مما يؤدي إلى حذف حليلات و تثبيت أخرى في المحتوى الجيني للساكنة لكننا لا نستطيع توقع الحليلات التي ستثبت أو التي ستقصى عكس الانتقاء الطبيعي الذي يمكن توقع الحليل الذي سيكون أكثر انتشارا.

- داخل الساكنات الصغيرة الحجم تكون التقلبات العشوائية في تردد الحليل كبيرة جدا مع إقصاءه في بعض الساكنات و تثبيته في أخرى.

- داخل الساكنات الكبيرة الحجم تكون التقلبات العشوائية في تردد الحليل ضعيفة و متذبذبة حول القيمة المتوسطة.

- الشرط الضروري لتحقق الانحراف الجيني هو صغر حجم الساكنة فكلما كان أفراد الساكنة أقل إلا و انتشرت التغيرات الوراثية داخلها بشكل كبير.

- نتكلم عن **المفعول المؤسس** عندما تنبثق مجموعة صغيرة من ساكنة معينة نتيجة تعيان عشوائي و بالصدفة لتؤسس ساكنة جديدة تختلف عن الساكنة الأصل من حيث بنيتها الوراثية.

الإنحراف الجيني

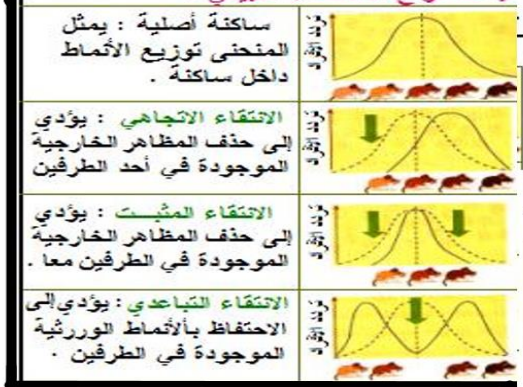
الإنتقاء الطبيعي

الانتقاء الطبيعي آليةٌ تطبق على الساكنة و ليس على الفرد . و يتم عندما يكون أفراد بمظهر وراثي معين لهم احتمـــال أكبـــر على العيش و أو التوالد بالمقارنة مع مظهر وراثي آخر . و كنتيجة لهذا ستنتقل مورثاتهم بشكل تفاضلي للأجيال الموالية الشيء الذي سيؤدي لتغير البنية الوراثية للساكنة ، و تتعدد أسباب الانتقاء الطبيعي منها :

ـ التغير الضعيف للصفة المدروسة . ـ انتاج ضعيف للأمشاج .

ـ انتاج أمشاج أقل فعـالية . ـ انخفاض القدرة على التزاوج ...

ب ـ أنواع الانتقـــاء الطبيعي :



الطفرات

ب- **تعريف الطفرة:** تغير تلقائي يصيب المادة الوراثية على مستوى المتتالية النكليوتيدية لجزيئة ADN فتؤدي تغير البرنمج الوراثي و بالتالي تغير البروتينات ثم تعدد الأشكال الخارجية لأفراد الساكنة, يمكن أن تصيب الطفرات مختلف خلايا الجسم لكنها حينما تصيب الخلايا الجنسية تنتقل الطفرة إلى الخلف، فتتكلم عن طفرة وراثية Mutation génétique.

أنواع الطفرات: هناك نوعين من الطفرات الوراثية **a- الطفرات الموضعية:**

تصيب الطفرة الموضعية مورثة معينة, إذ خلالها استبدال او إضافة أو حذف قاعدة أزوتية, الشيء الذي يؤدي إلى تغير قراءة المتتاليات الأزوتية, مما يؤدي تركيب بروتين ناقص (توقف تركيب البروتين) أو تركيب بروتين مختلف (أكبر من البروتين الموصّل). فينتج عن ذلك ظهور حليلات جديدة, و بذلك تعد مصدر التغير الوراثي داخل الساكنة لكونها مسؤولة عن ظهور أنماط وراثية جديدة. (يمكن أن تكون الطفرة إيجابية أو سلبية).

نوع التغير على مستوى الحليل	النتيجة على مستوى البروتين	صنف الطفرة
استبدال قاعدة أزوتية بأخرى	لاشيء	طفرة صامتة
	استبدال حمض أميني بآخر	المعنى الخاطئ: Faux sens
	توقف القراءة في موقع الإستبدال	بدون معنى Non sens
ضياع قاعدة أزوتية	تغير طور القراءة	ضياع Frame - schift
	- استبدال كافة الأحماض الأمينية بعد موقع الاستبدال - توقف مبكر لتركيب البروتين (توقف القراءة)	
إضافة قاعدة أزوتية	تغير طور القراءة	ضياع Frame - schift

b- الطفرات الصبغية:

هي تغيرات وراثية في بنية أو عدد الصبغيات, و يمكن أن تصيب قطعة من مورثة أو مورثة بكاملها أو عدة مورثات.

=> تغير عدد الصبغيات:

1)- إضافة صبغي Aneuploidie

2)- مضاعفة عدد الصبغيات polyploidie

3)- ضياع صبغي Monoploidie

=> تغير بنية الصبغي:

4)- ضياع قطعة من صبغي (ضياع مورثات)

5)- مضاعفة قطعة من صبغي, الشيء الذي يزيد عدد نسخ مورثة معينة.

6)- انقلاب قطعة من الصبغي, يؤدي إلى تغير في ترتيب المورثات.

7)- تبادل قطع من الصبغي بين صبغيين غير متماثلين.

عوامل التغير

الهجرة

- الهجرة الأحادية الإتجاه: عندما تستقبل ساكنة ما و الفين جدد دونما هجرة عكسية, يؤدي ذلك إلى اختفاء الميزات الوراثية للساكنة المستقبلة لفائدة الميزات الوراثية للأفراد الجدد.

- الهجرة المتعددة الإتجاه (المتبادلة): تمكن من تغيير التركيبة الوراثية لمختلف الساكنات المساهمة, حيث تتجه كلها إلى تردادت حليلية تتغير بمثابة معدلات لتردد الحليلات عند هذه الساكنات.

تمكن m من حساب تردد حليل معين بعد الهجرة بتطبيق المعادلة التالية: $p_1=(1-m)p_0+m.p$

حساب تدفق الهجرة (تردد المهاجرين الذين يتدفقون على الساكنة المستقبلة في كل جيل) : $m=n/(n+N)=5/(5+10)=0,33$

تعريف الطفرة: تغير تلقائي يصيب المادة الوراثية على مستوى المتتالية النكليوتيدية لجزيئة ADN فتؤدي تغير البرنامج الوراثي و بالتالي تغير البروتينات ثم تعدد الأشكال الخارجية لأفراد الساكنة. يمكن أن تصيب الطفرات مختلف خلايا الجسم، لكنها حينما تصيب الخلايا الجنسية تنتقل الطفرة إلى الخلف، فنتكلم عن طفرة وراثية Mutation génétique.

أنواع الطفرات: هناك نوعين من الطفرات الوراثية

a- الطفرات الموضعية:

تصيب الطفرة الموضعية مورثة معينة، يتم خلالها استبدال أو إضافة أو حذف قاعدة آزوتية، فينتج عن ذلك ظهور حليلات جديدة، و بذلك تعد مصدر التغير الوراثي داخل الساكنة لكونها مسؤولة عن ظهور أنماط وراثية جديدة. (يمكن أن تكون الطفرة إيجابية أو سلبية).

نوع التغيير على مستوى الحليل	النتائج على مستوى البروتين	صنف الطفرة
استبدال قاعدة آزوتية بأخرى	لاشيء	طفرة صامتة
	استبدال حمض أميني بآخر	المعنى الخاطئ Faux sens
	توقف القراءة في موقع الإستبدال	بدون معنى Non sens
ضياع قاعدة آزوتية	تغير طور القراءة: - استبدال كافة الأحماض الأمينية بعد موقع الاستبدال - توقف مبكر لتركيب البروتين (توقف القراءة)	ضياع Frame - schift
إضافة قاعدة آزوتية	تغير طور القراءة	ضياع Frame - schift

b- الطفرات الصبغية: هي تغيرات وراثية في بنية أو عدد الصبغيات، و يمكن أن تصيب قطعة من مورثة أو مورثة بكاملها أو عدة موراثات.

⇐ تغير عدد الصبغيات:

1)- إضافة صبغي Aneuploidie

2)- مضاعفة عدد الصبغيات polyploidie

3)- ضياع صبغي Monoploidie

⇐ تغير بنية الصبغي:

4)- ضياع قطعة من صبغي (ضياع مورثات)

5)- مضاعفة قطعة من صبغي، الشيء الذي يزيد عدد نسخ مورثة معينة.

6)- انقلاب قطعة من الصبغي، يؤدي إلى تغير في ترتيب المورثات.

7)- تبادل قطع من الصبغي بين صبغيين غير متماثلين.

علم المناعة

تمييز الجسم بين الذاتي وغير الذاتي

الواسمات الرئيسية للذاتي

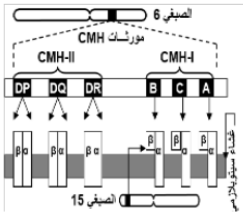
واسمات الذاتي هي عبارة عن بروتينات سطحية توجد **على** غشاء جميع الخلايا المنواة .وتحدد هذهالبروتينات الفصائل النسيجية : لدى نطلق عليها مصطلح المركب الرئيسي للتلاؤم النسيجي ، Complexe CMH majeur d histocompatibilité

تتحكم في تركيب بروتينات **CMH** عند الانسان أربع مورثات محمولة على الصبغي 6 ،ويشار لها بالحروف : A , B , C , D ولهذه المورثات ثلاث خصائص أساسية

- توجد على شكل عدة خلايا :
(72 DP , 49 DQ , 199 DR , 188 B , 63 C , 82 A).
- هذه الخليات متساوية السيادة .
- المورثات مرتبطة.(أنظر الرسم التفسيري أمامه)

يتحكم في تركيب **CMH-I** المورثات **A** و **B** و **C** .
يتحكم في تركيب **CMH-II** المورثات **DP** و **DQ** و **DR** .

هذه المعطيات تفسر أصل التنوع الكبير في جزيئات **CMH** بين الأفراد.



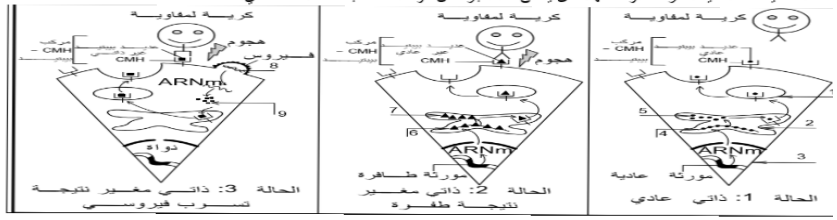
جزيئات CMH في عرض بيبتيدات الذاتي وغير الذاتي.

في جميع الخلايا تجزئ أنزيمات خاصة عينة من البروتينات الموجوده في السيتوبلازم إلى بيبتيدات، يرتبط كل بيبتيد بجزيئة CMH و يهاجر المركب بيبتيد — CMH إلى سطح الخلية ، وهكذا تعرض الخلايا باستمرار محتواها البيبتيدي مما يمكن من حراسة مناعية :

★ إذا كانت البيبتيدات المعروضة منحدره من بروتينات عادية للخلية فانه لا يحدث ارتباط بين الخلية و الخلايا المناعية و بالتالي غياب الاستجابة المناعية.

★ إذا كانت البيبتيدات المعروضة منحدره من بروتينات غير عادية للخلية (بروتين شاذ لخلية سرطانية أو بروتين فيروسي) فانه يحدث ارتباط بين الخلية و الخلايا المناعية و بالتالي تحدث الاستجابة المناعية.

لا تقتصر إذن وظيفة CMH على رفض التطعيم أو فيوله فحسب، بل يعمل على عرض مولدات المضاد على سطح الخلايا. وهكذا فنوعية عديد البيبتيد المعروض بواسطة (CMH) هي التي تثير الاستجابة المناعية ضد الخلية العارضة أو عدمها، لدى يسمى هذا الجزء من مولد المضاد بالمحدد المستضادي،



الواسمات الثانويةللذاتي

الواسمات الثانوية للذاتي، تحمل أغشية الكريات الحمراء جزيئات كليكوبروتينية، تختلف فيما بينها على مستوى الجزء النهائي للسلسلات السكرية. ويمثل هذا الجزء الواسم النوعي للفصيلة الدموية. وتؤدي الكليكوبروتينات التي تحمل الواسمات A أو B إلى التلكد، وتسمى مولدات اللكد

الفصيلة	مولد اللكد	لكدين (مضادات أجسام)
A	A	مضاد B
O	H	مضاد A ومضاد B
B	B	مضاد A
AB	A و B	لاشيء

دفاع الجسم عن الذاتي

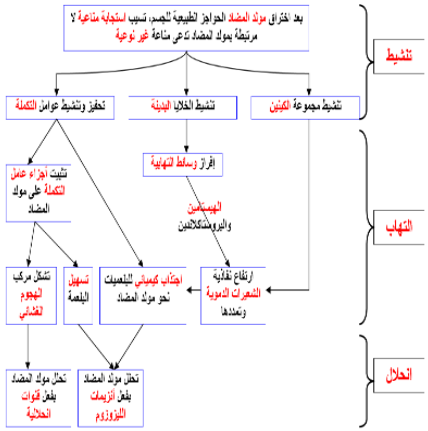
المناعة المكتسبة النوعية

المناعة الطبيعية الغير نوعية

الحواجز الطبيعية

الاستجابة المناعية الغير نوعية .
في بعض الحالات يمكن أن تخترق هذه الحواجز من طرف الجراثيم ليحدث رد فعل يتجلى في المحرضة و ذلك عن طريق التنافس،
— الحواجز الإفرازية : الفلورة البكتيرية المعوية و الجلدية تحول دون تكاثر البكتيريات المضادة، ثـ pH و الإنزيمات المحللة للبروتينات إلى مزيج التناثر البكتيري.
— الحواجز الإيكولوجية : تفرز المعدة حمض كلورهيدريك، هي الاخرى عشر بوذي التغير (البروزومات) تتلف غشاء البكتيريات، تفرز المعدة حمض كلورهيدريك، العرق ذو pH حمضي، يحول دون نمو الفطريات و بعض البكتيريات، تفرز الدموع على أنزيمات خاصة
— الحواجز البيوكيميائية : يحتوي المخاط الأنفي و اللعاب و الدموع على مواد تثبيط الجراثيم كما يمكن أن تتواجد أهداب تتحرك باستمرار و تدفع بالجراثيم نحو الخارج.
تثبيت الجراثيم و تدفع بالجراثيم نحو الخارج.
مقاومة للمتعضيات المجهرية و الأغشية المخاطية التي تحتوي على مخاط سطحي يحول دون
— الحواجز الميكانيكية : تتضمن الجلد الذي يتكون من خلايا متماسكة تتجدد باستمرار و غير

الإستجابة الإلتهابية



تعريف البلعمة:

البلعمة هي قدرة الخلية على ابتلاع عنصر غير ذاتي، وتتم بواسطة خلايا تسمى الخلايا البلعمية كالبلعميات الكبيرة Les macrophages والعدلات Les neutrophiles، ولا تتطلب هذه الآلية أي اتصال قبلي بمولد المضاد، لذا تصنف كوسيلة دفاعية طبيعية غير نوعية.

مراحل البلعمة:

★ مرحلة التثبيت : تحمل العدلات مستقبلات تمكنها من تثبيت بصفة غير نوعية أنماطا مختلفة من مولدات المضاد وأجزاء عامل التكملة.

★ مرحلة الإبتلاع : بعد مرحلة التثبيت، ينشط نظام الأكتين-ميوزين الذي يمكن الخلية البلعمية من مد أرجل كاذبة Les pseudopodes حول العنصر الأجنبي، الذي يصبح محصورا داخل فجوة بلعمية phagosome.

★ مرحلة الهضم : تلتحم الليزوزمات Lysosomes بالفجوة البلعمية وتفرغ فيها محتواها الغني بالأنزيمات فيقع انحلال للعنصر الأجنبي المبتلع.

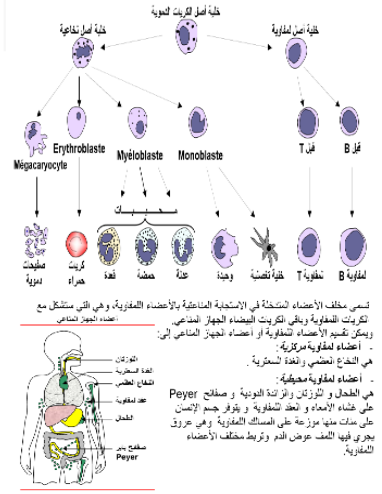
★ مرحلة اخراج الحطام : بعد هضمه و انحلاله، تطرح بقايا مولد المضاد خارج البلعمية.

في أغلب الأحيان تنتهي البلعمة بانحلال العنصر الأجنبي المبتلع ولكن يمكن أن تفشل لأسباب متعددة نذكر من بينها: بكتيريات تفرز مواد تمنع تكون الأرجل الكاذبة، أو تتوفر على أغشية تمنع التثبيت على مستقبلات البلعمية، أو تغادر الفجوة البلعمية، عجز أنزيمي...

فينتج عن هذا: بقاء البكتيرية سليمة مدة من الزمن، أو تكاثر مولد المضاد مما يؤدي إلى تدمير البلعمية وانتشار الخمج. وفي هذه الحالة تتدخل آليات أخرى تعرف بالاستجابة المناعية النوعية.

أصناف الخلايا المناعية:

تصنف الخلايا المناعية حسب بنيتها وتفاعلها مع بعض السموم.



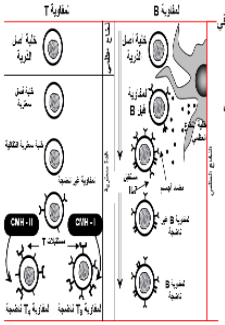
تسمى مخلف الأعضاء المتدخلة في الاستجابة المناعية بالأعضاء اللمفاوية، وهي التي ستتشكل منها الكريات الدموية وبقي الكريات البيضاء الجهاز المناعي.

ويمكن تقسيم الأعضاء لمفاوية او اعضاء الجهاز المناعي إلى:

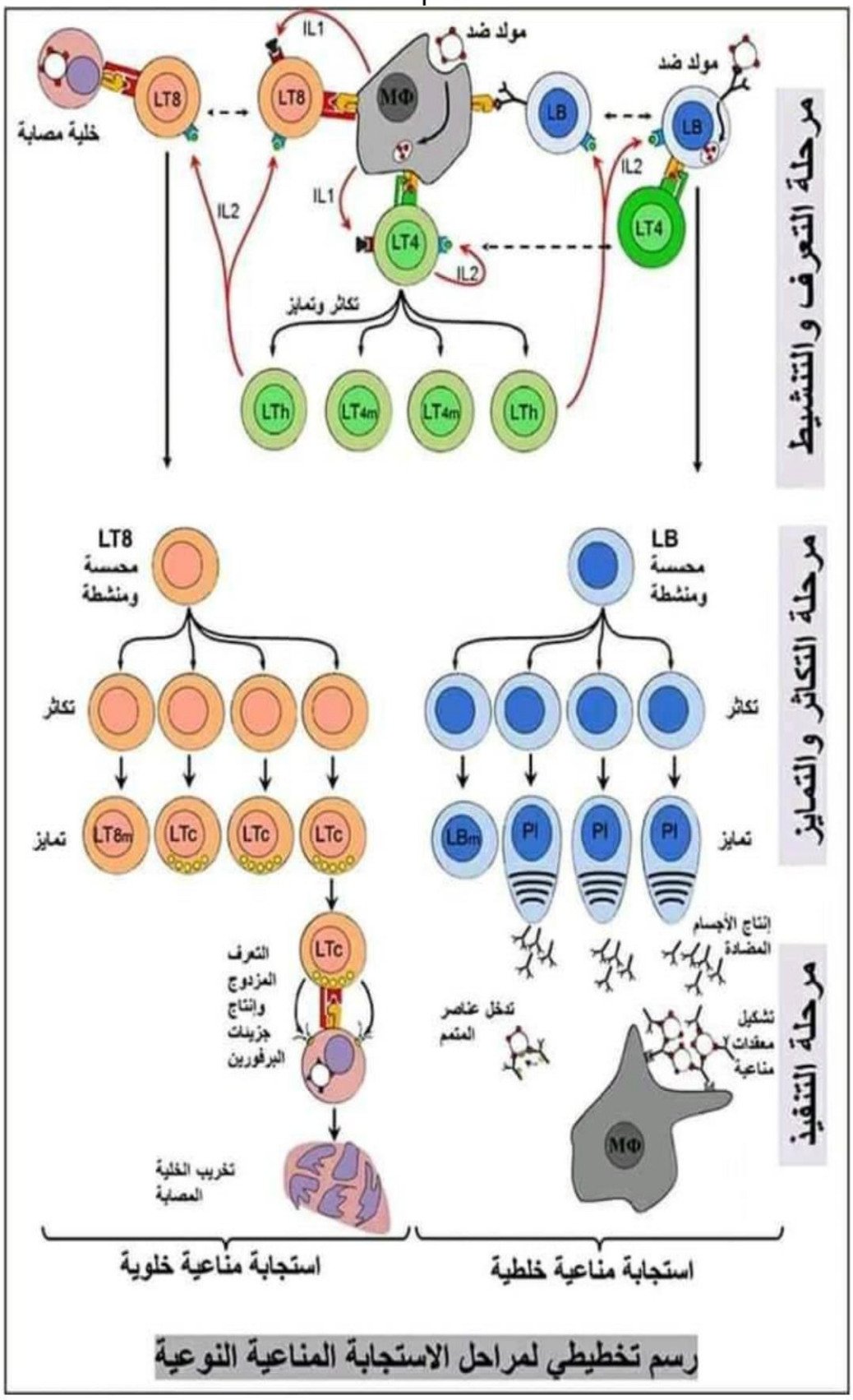
- اعضاء لمفاوية مركزية:
في النخاع العظمي و الغدة السعترية .
- اعضاء لمفاوية محيطية:
في الطحال و اللوزتان والزائدة الدودية و صفائح Peyer على غشاء الأمعاء و العقد اللمفاوية و يتوفر جسم الإنسان على مدات منها موزعة على الممالك اللمفاوية وهي عروق يجري فيها اللمف عوض الدم وتربط مختلف الأعضاء اللمفاوية.

اكتساب الكفاية المناعية: L'immunocompétence

يتجلى نضج الكريات اللمفاوية B و T في تركيبها لمستقبلات نوعية تتموضع على سطحها. وبحدث هذا النضج في النخاع العظمي و لغدة السعترية، ويخضع لمراقبة دقيقة بواسطة لتفادي مع عدة خلايا من محيطها المباشر. وبستقبالها لعدة إشارات جزيئية.



علم المناعة



رسم تخطيطي لمراحل الاستجابة المناعية النوعية