

استخراج المعلومات الوراثية

- يتم في النواة ويتم خلالها التصنيع الحيوي لجزيئات ARNm انتفافياً من الـ ADN.

العناصر الأساسية لحدوث عملية الاستخراج:

* المورثة (المعلومات الوراثية الأصلية على جزء ADN) (ADN)

* إنزيم ARN بوليميراز.

* 4 أنواع من التكليونيدات الدالة في تركيب ARN.

* طاقة ATP.

مراحل الاستخراج:

تمر عملية الاستخراج بثلاث مراحل وهي:

مرحلة الانتفاف:

يرتبط إنزيم ARN بوليميراز ببداية المورثة ويقوم بذرة الانتفاف وفتح سلسلة ADN بعد تكسير الرابط الهيدروجيني بين أزواج القواعد الأزوتية، يبدأ الإنزيم بقراءة تتبع القواعد على أحدي سلسلتي ADN (السلسلة المستنسخة) ويرتبط التكليونيدات المرافقية لها لتركيب سلسلة من ARN، حيث تتوضع تكليونيدات ARN مقابل تكليونيدات ADN حسب تكامل القواعد الأزوتية.

مرحلة الاستطالة:

ينتقل إنزيم ARN بوليميراز على طول المورثة لقراءة المعلومات على جزء ADN ويرتبط تكليونيدات ARN وفق ترتيبها في السلسلة المستنسخة للـ ADN م導ياً إلى استطالة جزء ARN.

مرحلة النهاية:

يصل الإنزيم إلى نهاية المورثة وتتوقف استطالة ARNm الذي ينفصل عن ADN وينفصل الإنزيم ويتقطع سلسلتي ADN.

تفاصل حدوث عملية الاستخراج: الوثيقة (4) ص 18.

ملاحظة:

- تنتقل عدة جزيئات من الإنزيم من موقع بداية الاستخراج إلى نهاية وهكذا يتم نسخ عدة جزيئات ARNm في آن واحد.

- اتجاه الاستخراج يكون دوماً من النهاية 5' إلى 3' في ARNm.

- السلسلة المستنسخة تكون عكس اتجاه سلسلة ARNm، بينما السلسلة غير المستنسخة تكون في نفس اتجاه ARNm.

نخج الـ ARNm بعد النهاية الاستخراج:

* تغير المورثات في حقيقيات النواة (ADN) باحتواها على القطع غير الدالة (introns) والقطع الدالة (exons).

* بعد الاستخراج مباشرةً يتشكل ARNm له نفس طول المورثة (عدد التكليونيدات) أي يتكون من قطع دالة وقطع غير دالة وسيـ ARNm أولى (غير ناضج، طلائع).

* يتم على مستوى النواة حذف القطع غير الدالة وربط القطع الدالة للـ ARNm الأولي عن طريق إنزيمات الحذف والربط، ليتشكل ARNm ناضج أقصر طولاً ويكون من قطع دالة فقط، لينتقل إلى البيولى ويترجم إلى بروتين معن.

* تسمى هذه العملية بنخج ARNm.

- تجربة التجرين الجريئين بين سلسلة ADN المستنسخة وسلسلة ARNm ناصحة: الوثيقة (7) ص 19.

ملاحظة:

- ظاهرة نخج ARNm لا توجد عند الخلايا بدائيات النواة، فهي مميزة للخلايا حقيقيات النواة فقط.

- عند بدائيات النواة جميع أجزاء المورثة هي قطع دالة ومنه ينبع مبادرة ARNm ناضج.

تذكرة بالمكتسبات

- دعامة المعلومات الوراثية هي الجزيئية الحاملة للمعلومات الوراثية المتواجدة في النواة وهي الـ ADN.

- تكون المعلومات الوراثية على شكل مورثات في جزيئ ADN، والمورثة عبارة عن تنالى محدد من التكليونيدات.

- التعبير المورثي هو تعبير المورثة عن المعلومات الوراثية في شكل بروتين محدد الذي يعتبر مصدر النمط الظاهري للفرد على مختلف مستوياته (الجزيئي، الخلوي العضوية).

مقر تركيب البروتين

- يتم تركيب البروتين في الخلايا على مستوى البيولى.

- يؤمن انتقال المعلومة الوراثية من النواة إلى البيولى موقع تركيب البروتين، نمط آخر من الأحماض النوويية يدعى الحمض الريبي النووي الرسول (ARNm).

- تجربة تبين العلاقة بين ARN وتركيب البروتين:

التجربة 1: تباينها في الوثيقة (3) ص 13.

- تجربة تؤكد أن ARNm ينقل المعلومة الوراثية من النواة إلى البيولى: الوثيقة (4) ص 14.

✓ التركب الكيميائي للـ ARNm:

تم التعرف عليها حسب نوع الأماهة الكلية والجزئية حيث:

- الأماهة الكلية:

تم في درجة حرارة عالية باستخدام NaOH وينتج عنها:

* 4 أنواع من القواعد الأزوتية هي:

- قواعد بيريميدينية (حلقتين): - (U) البيراسيـ - (C) سيتوزين.

- قواعد ببورينية (حلقة واحدة): - (G) غوانين - (A) أدينين.

* سكر حامض الكربون هو سكر الريبور C5H10O5.

* حمض الفوسفوريك H3PO4.

- تراث الأماهة الكلية للـ ARNm: الوثيقة (5) ص 14.

- الأماهة الجزئية:

تم باستخدام التزيمات نوعية من نوع ARNase وينتج عنها:

* التكليونيدات: تتمثل في ارتباط حمض الفوسفوريك مع سكر ريبور مع قاعدة أزوتية، وحسب نوع القاعدة نجد 4 أنواع:

- أدينوزين. - غوانوزين. - سيليندين. - بورينين.

* متعدد تكليونيد: تتمثل في ارتباط عدد قليل من التكليونيدات.

* تكليوزينات: وهي ارتباط سكر ريبور مع قاعدة أزوتية.

- تراث الأماهة الجزئية للـ ARNm: الوثيقة (6) ص 15.

- تركيبة ARN:

يتكون من سلسلة واحدة من التكليونيدات مرتبطة مع بعضها

بروابط إستر فوسفاتية بين سكر الريبور للتكنليونيد الأولى أي

الجهة 3' مع حمض الفوسفوريك للتكنليونيد الموالية أي الجهة 5'

وبالتالي تبدأ السلسلة دوماً بالجهة 5' وتنتهي بالجهة 3'.

- طريقة ارتباط التكليونيدات في ARN: الوثيقة (7) ص 15.

- المقارنة بين ARN و ADN:

المقارنة	ARN	DNA
البنية	يتكون من سلسلتين متقدمتين هزوتين	يتكون من سلسلة واحدة
السر	ريبور متقوص الأكسجين	ريبور عادي
القواعد الأزوتية	لسيتوزين، الغوانين، الـ سيلين، الـ أدينوزين، الغوانين، الـ بوراسيل، الـ أدينين	
الموقع	النواة فقط (عد حقيقيات النواة)	النواة والبيولى

- مقارنة بين ARN و ADN: الوثيقة (1) ص 16.

الترجمة

* هي تحويل لغة نوية ARNm (تابع نكليوتيدات) إلى لغة بروتينية (تابع أحماض أمينية) على مستوى البيولى، باستخدام قاموس الترجمة الوراثية.

* تنسخ المعلومة الوراثية بسفرة خاصة؛ تدعى التسخة الوراثية، وتتمثل وحدة التسخة الوراثية في ثلاثة من القواعد تدعى الرامزة شفر لحمض أميني معن في البروتين.

* تحول اللغة النوية الممثلة بـ 4 احرف لقواعد ازوائية الى لغة بروتينية ممثلة بـ 20 كلمة لأحماض أمينية حسب العلاقة التالية: $A^B = C^4 = 64 \dots > A$ يمثل عدد القواعد الأزوائية.

- B عدد القواعد في الرامزة.
- C عدد أنواع الرامزات.

* يكون عدد كلمات اللغة النوية (64) أكثر من عدد كلمات اللغة البروتينية (20) وهذا يدل على وجود حلصية التردد أي يمكن لعدة رامزات أن تشير لنفس الحمض الأميني.

* بين جدول التسخة الوراثية وجود 61 رامزة من مجموع 64 تشير لأحماض أمينية أبرزها رامزة الانطلاق AUG وتشفر للميثيونين، كما نجد 3 رامزات بدون معنى لا تشير لأي حمض أميني هي: UGA، UAG، UAA وتسى رامزات التوقف.

- جدول التسخة الوراثية: الرئف (1) ص 20
تم فك رموز التسخة الوراثية بفضل التجربة التي قام بها العالم Nirenberg وهي موضحة في الرئف (2) ص 21.

- استعمل برنامج Anagène هو برنامج تعليمي يهدف منه:

- عرض ومعالجة التتابعات (قواعد أو أحماض أمينية) حيث يسمى البرنامج من تحويل المعلومات من والى ADN، ARN.

- أو تتابع الأحماض الأمينية في السلسلة البيانية.

- يسمى بمقارنة التتابعات لنفس المورثة أو بين مورثات مختلفة لنفس الكائن أو حتى لمورثات من كائنات مختلفة.

- يسمى بتحديد موقع ونوع المطرادات وتغيرها على البروتين.

مراحل الترجمة

مفر تركيب البروتين في البيولى:

- يتم عملية الترجمة على مستوى متعدد الريبوزوم (البوليزوم) الذي يكون في الهيولى أو متصلًا مع الشبكة الهيولية الفعالة.

تعريف متعدد الريبوزوم:

- يمثل ارتباط عدد من الريبوزومات بجزيء واحد من ARNm حيث يقوم كل ريبوزوم بانتاج سلسلة بيانية، وكلما زاد عدد الريبوزومات المرتبطة زادت كمية البروتين المصنعة.

الماء ARN المتدخلة في تركيب البروتين:

- يتدخل في تركيب البروتين ثلاثة انماط من ARN الممثلة في: * ARNm، * ARNr الناقل، * ARNr الرسول.

- حسانص الآراء المختلفة ل ARN: الرئف (3) ص 25

بنية وتكوينات الريبوزوم:

- يتكون الريبوزوم من تحت وتحترين يتشكلان على مستوى النوية: تحت وحدة كبرى تتكون من 31 نوع من البروتينات ونوعين من ARNr (23S.5S)، وتحتري موقعن لارتباط ARNr هما موقع A وموقع P كما تحتوي على نقق لخروج السلسلة البيانية.

- تحت وحدة صغيرة تتكون من 21 نوع من البروتينات و ARNr (16S)، ويوجد بها موقع لارتباط ال ARNm يسمى بالازلاق وتنقل الريبوزوم على جزيء ال ARNm.

- مكونات وبنية الريبوزوم: الرئف (4) ص 26

الترجمة

- يتكون من سلسلة من النكليوتيدات تلف لتأخذ شكل فراغي محدد وتتضمن موقعين رئيسيين هما:

* موقع تثبيت الحمض الأميني: يسمح بارتباط الحمض الأميني.
* موقع الرامزة المضادة: تعرف على الرامزة في ARNm.

- الشكل الغرائبي ل ARN: الرئف (6) ص 27

تنشيط الأحماض الأمينية:

تتمثل في ربط الحمض الأميني بـ ARNr الخاص به بتدخل إنزيم نوعي مع توفر طاقة ATP وتم حسب المراحل التالية:

- يثبت ARNr والحمض الأميني على موقع التثبيت الخاص بهما في الإنزيم النوعي.

- يتشكل المعقد (إنزيم، حمض أميني، ARNr) وفي وجود الد ATP يتم ربط الحمض الأميني والـ ARNr.

- ينفصل ARNr مرتبطة بالحمض الأميني، ويتحرر الإنزيم.

- مراحل تنشيط الحمض الأميني: الرئف (8) ص 28

مراحل حوت الترجمة:

مرحلة الانطلاق:

- يثبت ARNm على تحت الوحدة الصغرى، ثم يتوضع ARNr الخاص بالحمض الأميني المثبتين في الموقع P للريبوزوم ويتم تعرف الد ARNr على رامزة الانطلاق AUG في الد ARNm عن طريق الرامزة المضادة.

- ترتبط تحت الوحدة الكبرى لتشكيل معدن الانطلاق.

- يتوضع ARNr الخاص بالحمض الأميني الثاني في الموقع A للريبوزوم وفق الرامزة الثانية للـ ARNm، يتم تكون الرابطة البيانية بين الحمضين الأول والثاني.

مرحلة الاستنطالة:

- ينتقل الريبوزوم بمقدار رامزة على الد ARNm، مودعا إلى الفاصل الد ARNr الأول عن حمضه الأميني وعن الموقع P، ويتغير موقع ARNr الثاني الحامل للثاني البيبتيد من الموقع A إلى الموقع P ويصبح الموقع A فارع لاستكمال ARNr جديد حامل لحمض أميني ثالث فتشكل رابطة بيانية بين الحمض الثالث وثنائي البيبتيد السابق، وهذا تكرر نفس الخطوات وتستطيل السلسلة البيانية بمقدار حمض أميني في كل خطوة.

مرحلة النهاية:

- يصل الريبوزوم إلى إحدى رامزات التوقف على الد ARNm.

- ينفصل السلسلة البيانية المتشكلة وينفصل الد ARNr الآخر.

- وتتفصل تحت وحدي الريبوزوم عن بعضهما، كما يتم تزعم الحمض الأميني الأول (المثبتين) من السلسلة البيانية.

- يمكن للريبوزوم أن يبعد الدورة وبشكل سلسلة بيانية أخرى.

- مراحل حوت عملية الترجمة: الرئف (9) ص 29

محضر الترجمة بعد تركيبه:

- تركيب البروتين على مستوى الريبوزوم الذي يتواجد حر في الهيولى أو متصلًا بالشبكة الهيولية.

- ينتقل بفضل حويصلات انتقالية إلى جهاز غولجي أين يتضاع ويتم تصفيف وتخزين وتغليف هذه البروتينات في حويصلات.

- تقوم الحويصلات بتغذية البروتين إلى مكان عمله ونشاطه.

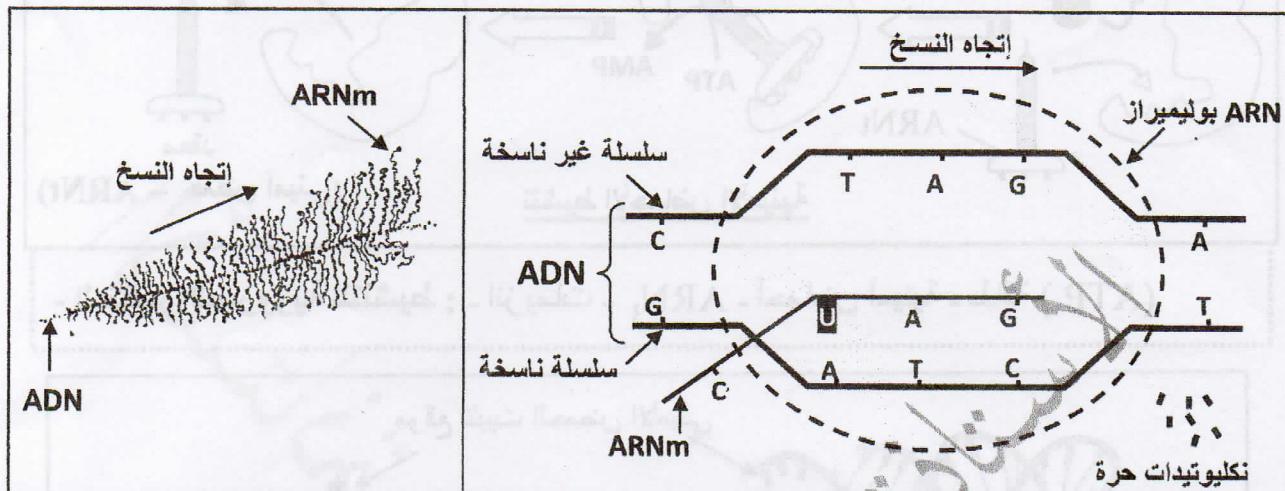
ملاحظة:

- عند بدأيات التواه يمكن للترجمة أن تبدأ قبل نهاية الاستنساخ (غياب غلاف نووي + تشكيل ARNm تاضج مباشرة).

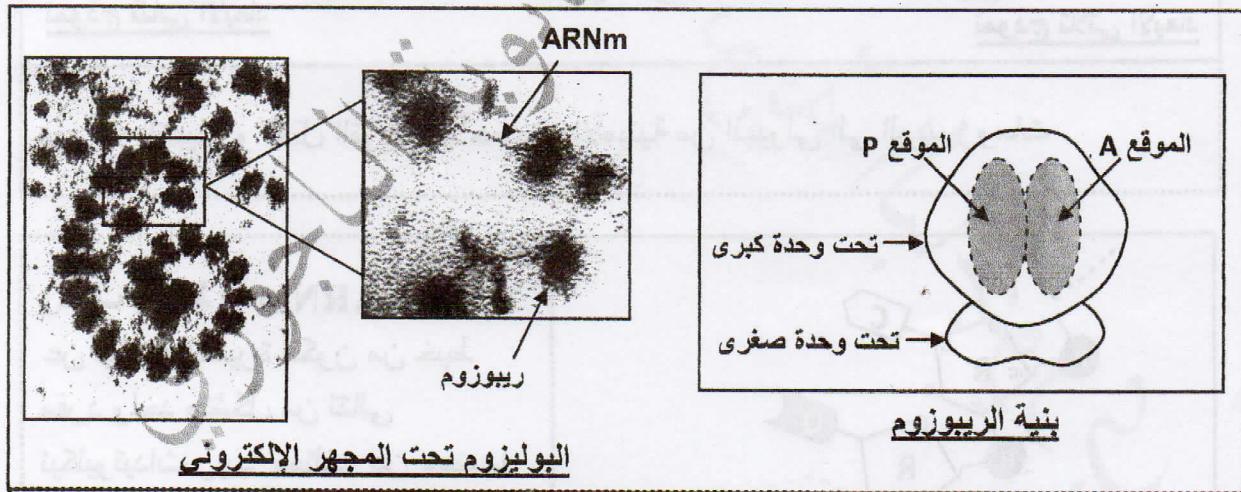
- عند حققيات التواه لا يمكن للاستنساخ والتترجمة الحدوث في مكان واحد (وجود غلاف نووي + عملية نضح ARNm أولى).

- رسم تخطيطي تفصيلي لتركيب البروتين: الرئف (5-4) ص 35.

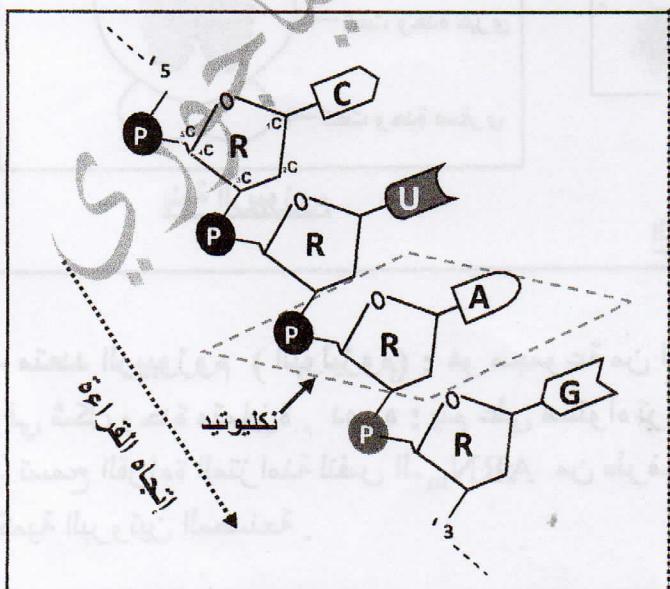
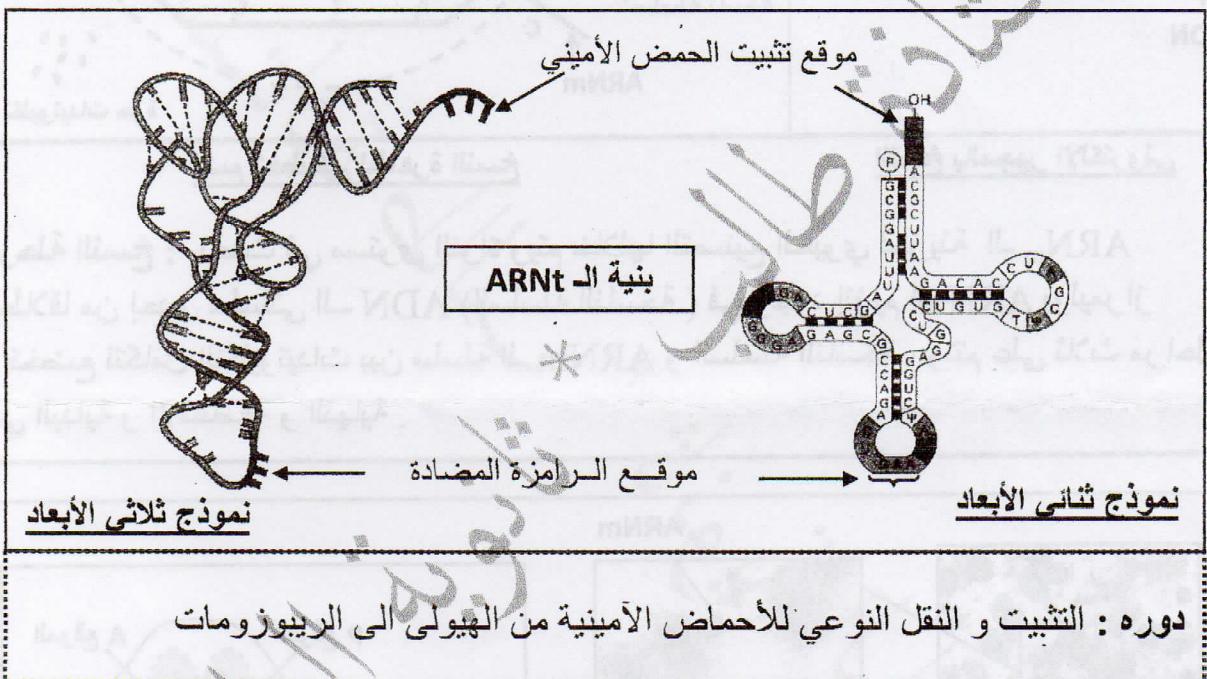
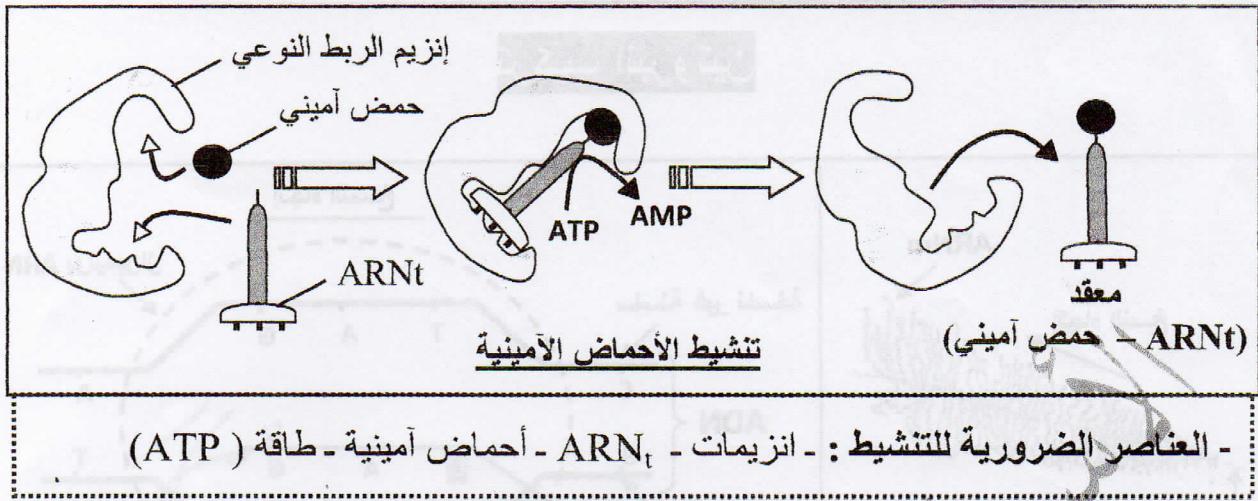
تركيب البروتين



مرحلة النسخ : تحدث في مستوى النواة ويتم خلالها التصنيع الحيوي لجزئية الـ ARNm انطلاقاً من إحدى سلسلتي الـ ADN (سلسلة الناسخة) في وجود إنزيم الـ ARN بولимерاز و تخضع لتكامل النوكليوتيدات بين سلسلة الـ ARNm و سلسلة الناسخة ، و تتم على ثلاثة مراحل هي البداية و الاستطالة و النهاية .

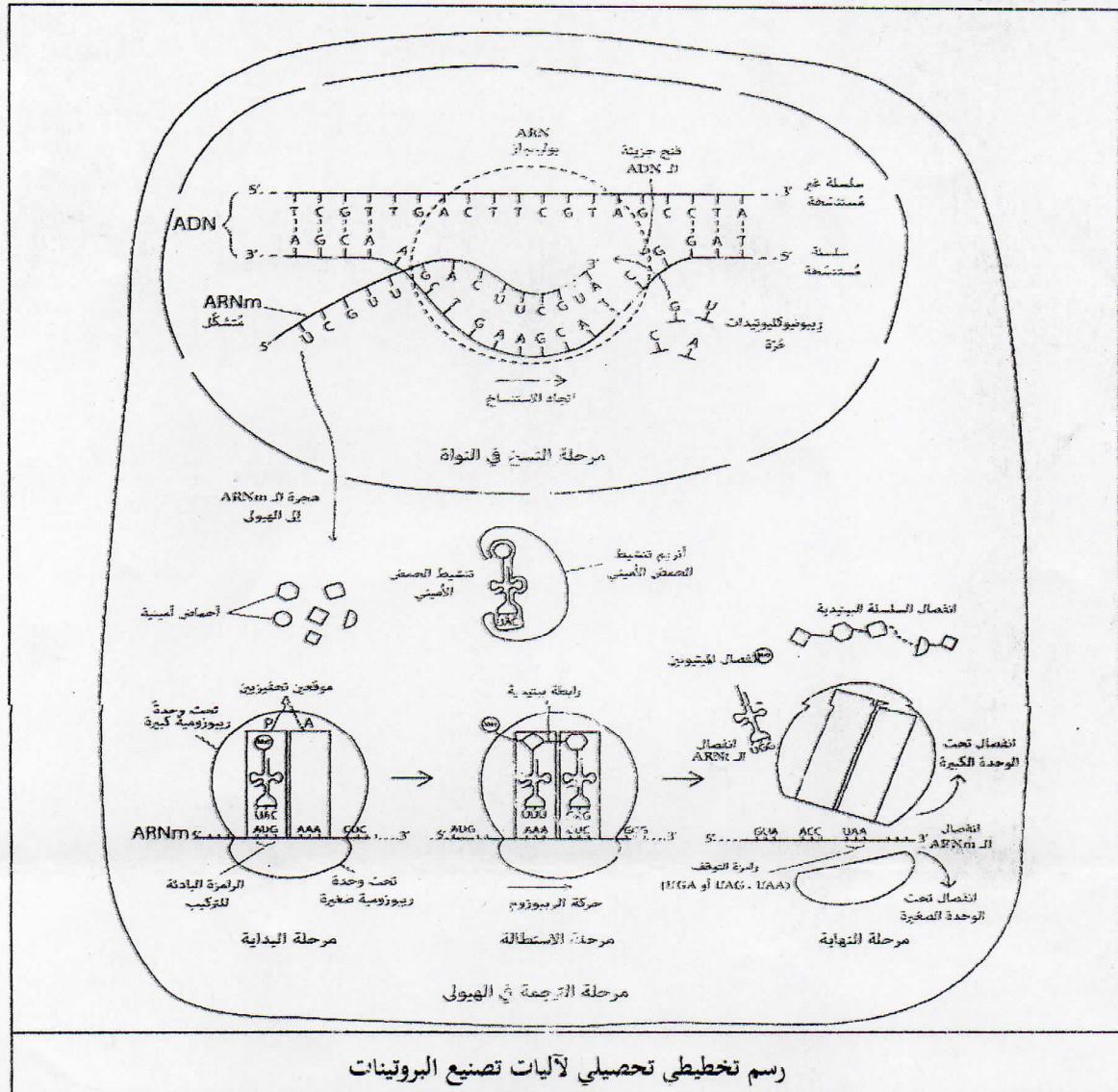


- متعدد الريبوزوم (البوليزوم) : هو مجموعة من الريبوزومات مرتبطة بنفس الـ ARNm في شكل وحدة متمايزة . دوره : يتم على مستوى تركيب البروتين في الهيولى .
- تسمح القراءة المتزامنة لنفس الـ ARNm من طرف عدد كبير من الريبوزومات بزيادة كمية البروتين المصنعة .

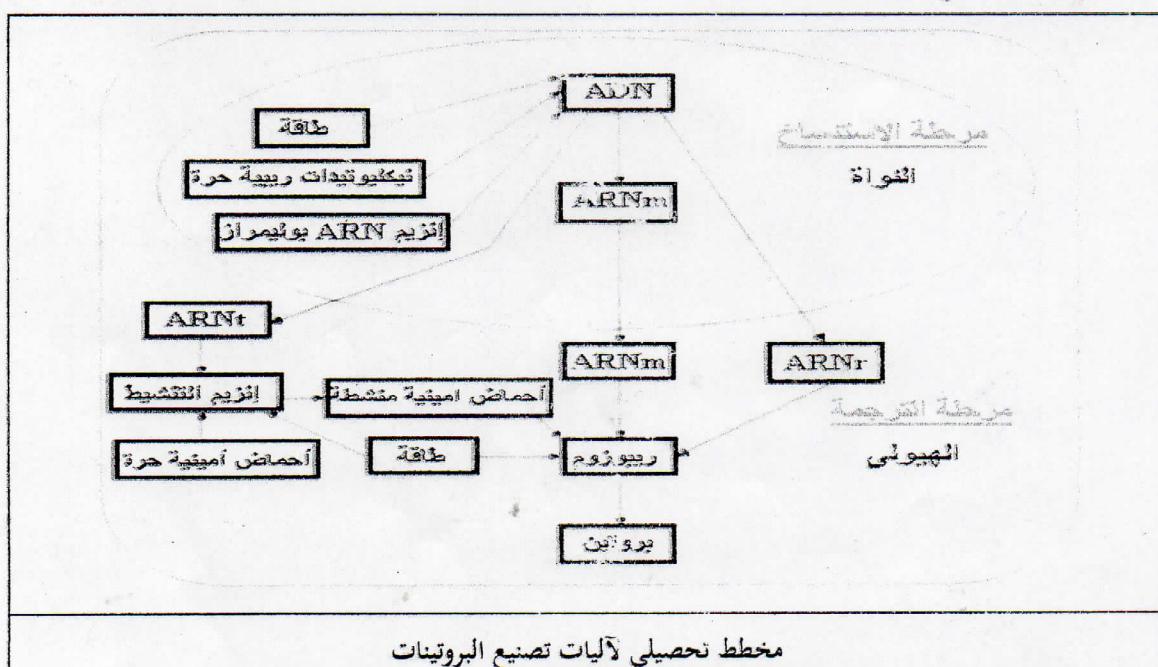


وصف شريط الـ ARNm : عبارة عن جزيئة قصيرة تتكون من خيط مفرد واحد مشكل من تالي نيكليوتيدات ريبية تختلف عن بعضها حسب القواعد الأزوتية الدالة في تركيبها (الأدينين ، الغوانين ، السيتوزين ، اليوراسيل).
دوره : حمل و نقل نسخة عن المعلومة الوراثية من النواة إلى الهيولى .

نقط تخطيطي تمهيلي لآلية تصنیع البروتینات:

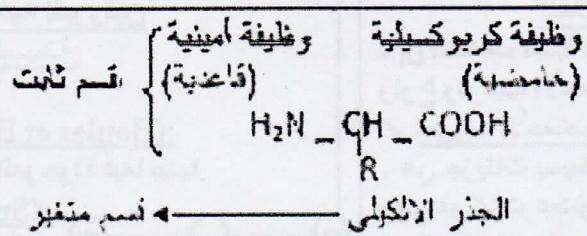


رسم تخطيطي تمهيلي لآلية تصنیع البروتینات:

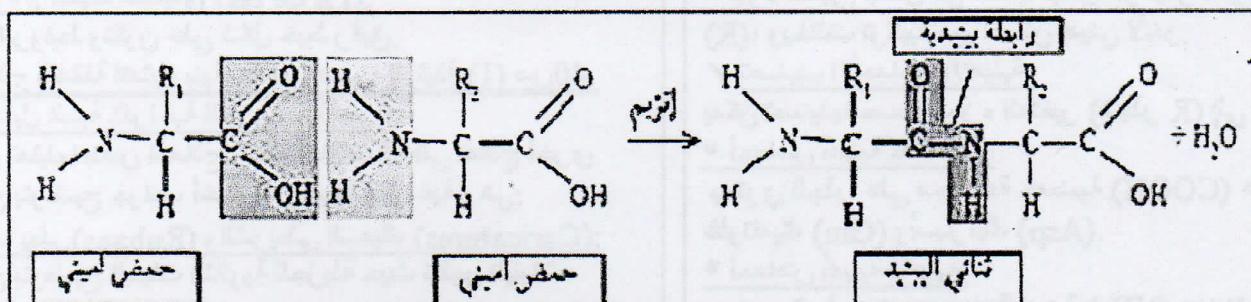


مخطط تمهيلي لآلية تصنیع البروتینات

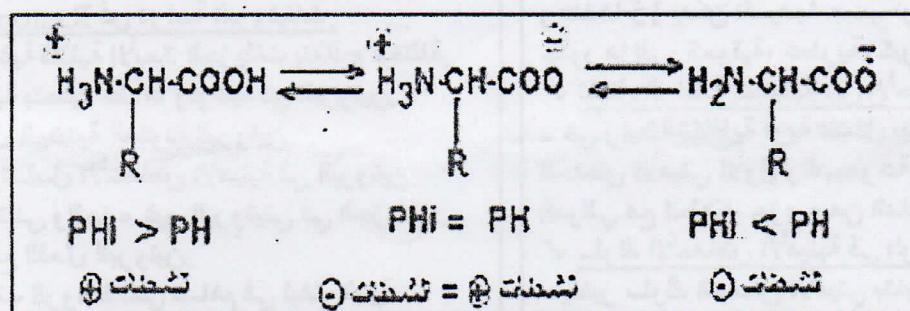
الصيغة العامة للأحماض الأمينية:



كيفية تشكيل الرابطة البروتينية:



القاعدة التي تسمح بتحيز شحنة حمض الأميني:



العلاقة بين البنية الفراغية ثلثية الأبعاد وظيفة البروتين (Anfinsen - تجربة العالم)

- تعد خصوصية البنية الفراغية للبروتينات إلى وجود عدد ونوع وترتيب محدد من الأحماض الأمينية التي تدخل في بنائها، بالإضافة إلى الروابط المختلطة التي تنشأ بين جذور أحماض أمينية من نوع محدد وفي أماكن محددة (روابط كربونية، روابط مئاردية، هيدروجينية، تجاذب الجنور الكارهة للماء) وتسمح هذه الروابط بالمحافظة على ثبات واستقرار البنية الفراغية الطبيعية للبروتين وبالتالي على التخصص الوظيفي للبروتين.

- في حالة تغيير في الأحماض الأمينية أو تشكك أو تغير موضع هذه الروابط يفقد البروتين بنية الفراغية الطبيعية فبحسب غير فعال وبالتالي يفقد وظيفته.

العوامل المؤثرة على النشاط الإنزيمي

✓ تأثير درجة PH:

- آلية تأثير PH على نشاط الإنزيم:

- يملك كل إنزيم درجة PH مثلى (ملائمة) يكون عندها النشاط الإنزيمي أعظمي، وهي تختلف من إنزيم لأخر، ويتناقص نشاط الإنزيم كلما ابتعد عنها (بالزيادة أو النقصان).

■ تؤثر درجة PH غير الملائمة على الحالة الكهربائية

للوظائف الجانبيّة الحرّة للأحماض الأمينية (COOH و NH₂) في السلسلة البيئية وبالخصوص تلك الموجودة على مستوى الموقع الفعال بحيث:

- في الوسط الحامضي: الوظائف الأمينية تكتسب بروتون (H⁺) وتصبح الشحنة الكهربائية الإجمالية موجبة.

- في الوسط القاعدي: الوظائف الكربوكسيليّة تفقد بروتون (H⁺) وتصبح الشحنة الكهربائية الإجمالية سالبة.

■ يؤدي تغيير الحالة الأيونية إلى فقدان الموقع الفعال شكله

الفراغي المميز مما يمنع حدوث التكامل بين المجموعات الكيميائية للإنزيم في الموقع الفعال والمجموعات الكيميائية لمادة التفاعل ومنه انعدام التكامل بينهما يمنع حدوث تفاعل.

- تأثير تغيرات PH على النشاط الإنزيمي: الوثيقة (1) ص 67.

✓ تأثير درجة الحرارة:

- آلية تأثير درجة الحرارة على نشاط الإنزيم:

■ يملك كل إنزيم درجة حرارة مثلى يكون عندها النشاط الإنزيمي أعظمي (عند الإنسان 37°C وهي درجة الوسط الخلوي).

■ ويتغير نشاط الإنزيم بتغيير درجة الحرارة حيث:

ـ درجات الحرارة المنخفضة:

- عند انخفاض درجة الحرارة يتوقف نشاط الإنزيم راجع إلى تناقص حركة الجزيئات، ويتوقف نشاط الإنزيم كلياً بصورة عكسية عند درجة الحرارة المنخفضة جداً بسبب توقف حركة الجزيئات (دون فقدان البنية الفراغية الطبيعية)، وهي حالة تتطابق على جميع التفاعلات سواء كانت إنزيمية أو كيميائية عادية.

ـ درجات الحرارة المرتفعة:

- عند ارتفاع درجة الحرارة يتم تحرير الإنزيم بسبب تغير الروابط التي تحافظ على ثبات البنية مما يؤدي إلى تغير شكل الموقع الفعال ومنه انعدام التكامل البنوي، ويقدّم الإنزيم بنائه الفراغية نهائياً بصورة غير عكسية، وبالتالي فقدان الوظيفة.

- تأثير درجة الحرارة على النشاط الإنزيمي: الوثيقة (1) ص 68.

■ ومنه كتيبة فإن وجود الإنزيم في درجة حرارة أو درجة PH غير ملائمة يؤثر على أنواع مختلفة من الروابط الكيميائية في الإنزيم مما يغير من بنائه الفراغية وبالتالي تغير شكل الموقع الفعال ومنه فقدان نشاط الإنزيم.

✓ نصاً علينا يلخص أهمية التعرف على خصائص الإنزيمات وشروط عملها داخل العضوية:

تغطي أهم قسم من البروتينات وتعمل على سير التفاعلات في الأنظمة الحية، وتسمح دراستها وفهم آلية عملها بفهم أغلب الوظائف الحيوية التي تتم في الخلايا، كما أنها قابلة للتنظيم حسب ظروف الوسط وأحتياجات الكائن الحي وبصورة عامة فإن المحافظة على الحياة في الخلية هو نتيجة عمل منسق ومحكم لعدد كبير من الإنزيمات، ودراستها من الناحية التطبيقية له أهمية بالغة في فهم ومعالجة كثير من الأمراض الناتجة عن خلل في عمل الإنزيمات لأسباب فيزيولوجية أو وراثية، وتستخدم حالياً في عدة ميدانين مثل الصناعات الكيميائية والغذائية والزراعية.

مفهوم الإنزيم وأهميته

- الإنزيمات وسانط حيوية ذات طبيعة بروتينية تعمل على تسريع التفاعلات الكيميائية في شروط محددة، تتميز بتأثيرها النوعي اتجاه مادة التفاعل (ركيزه) وهي لا تستهلك أثناء التفاعل.

النشاط الإنزيمي وعلاقته ببنية الإنزيم

✓ قياس النشاط الإنزيمي بالتجريب المدعم بالحاسوب ExAO:

- مميزات استعمال التجارب المدعمة بالحاسوب ExAO:

- القياس السريع والدقيق للمواد المتفاعلة والتوازن.

- متابعة سير التفاعل على الشاشة بصورة لحظية (آلية) أي بدون انتظار نهاية التجربة للحصول على النتائج.

- مشاهدة تأثير إضافة مركبات أو تغيرات في التفاعل مباشرة.

- حفظ نتائج التجربة في ذاكرة الحاسوب واستعمالها عند الحاجة.

- مكونات التركيب التجاري المدعمة بالحاسوب ExAO:

ـ الوثيقة (9) ص 62.

✓ التخصص المزدوج للإنزيمات:

- يمتلك الإنزيم تخصص وظيفي مزدوج حيث يملك:

* تخصص نوعي اتجاه مادة التفاعل: أي أن الإنزيم يؤثر على مادة تفاعل واحدة.

* تخصص نوعي اتجاه نوع التفاعل: أي أن الإنزيم يحفز حدوث نسخ واحد من التفاعلات، أي يمكن أن يكون الإنزيمين نفس مادة التفاعل لكن الناتج يكون مختلف.

✓ العلاقة بين الإنزيم ومادة التفاعل:

- يرتكز التخصص النوعي المزدوج للإنزيمات على تشكيل معقد إنزيم-مادة التفاعل، ينشأ أثناء حدوثه روابط انتقالية بين جزء من مادة التفاعل ومنطقة خاصة من الإنزيم تدعى الموقع الفعال.

- العلاقة بين الإنزيم ومادة التفاعل: الوثيقة (8) ص 65.

ـ تعريف الموقع الفعال:

ـ هو جزء من الإنزيم يتكون من عدد ونوع وترتيب محدد من الأحماض الأمينية محددة وراثياً والتي تنظم بشكل فراغي محدد يجعلها قادرة على التكامل البنوي مع مادة التفاعل.

- مميزات الموقع الفعال للإنزيم:

- يتكون من أحماض أمينية محددة تكون مقسمة إلى جزأين:

* الجزء الأول (موقع التعرف): يسمح بثبيط مادة التفاعل.

* الجزء الثاني (موقع التحفير): يسمح بتحفيز حدوث التفاعل.

- وجود تكامل بيولوجي بين الموقع الفعال ومادة التفاعل اللذان يرتبطان بفضل روابط انتقالية ضعيفة.

- يحدث التكامل البنوي عند بعض الإنزيمات عند اقتراب مادة التفاعل التي تحفز الإنزيم لتغيير شكله الفراغي فيصبح الموقع الفعال مكملاً لشكل مادة التفاعل ويسمى: التكامل المحفز.

- أنواع التفاعلات التي تقوم بها الإنزيمات:

ـ يسمح تشكيل المعقد (إنزيم-مادة تفاعل) بحدوث التفاعل والحصول على ناتج، ويمكن أن تحفز الإنزيمات أنواع التفاعلات التالية:

* تفاعل تحويل:

ـ يتم تحويل مادة التفاعل (S) إلى ناتج (P).

* تفاعل تفكك (هدم):

ـ يتم تفكك مادة التفاعل (S) إلى ناتجين (P1 و P2).

* تفاعل تركيب (بناء):

ـ يتم ربط مادتي تفاعل (S1 و S2) لتركيب الناتج P.

- أنواع التفاعلات الإنزيمية: الوثيقة (9) ص 66.

من بين البروتينات التي تركبها العضوية

الأنزيمات \blacktriangleleft وهي محفزات تعمل على تسريع التفاعلات
السولوجية في العضوية، دون أن تغير من حصيلة التفاعل

للأنزيمات نشاط أنزيمي يتوقف على التكامل
الثنوي بين مادة التفاعل والموقع الفعال لها

إذ يتوقف الموقع الفعال على البنية
العراقة للأنزيم وتالي الأحماض
الأمينية المكونة له

فنتيج بذلك معقد إنزيم - مادة التفاعل \blacktriangleleft

حصيلته تشكل مركب جديد
يعرف بناجم التفاعل الذي
يصبح مادة تفاعل لأنزيم آخر

تتغير النشاط الأنزيمي بتغير ظروف الوسط تذكر
منها درجة الحرارة \blacktriangleleft ودرجة الحموضة \blacktriangleleft .

للأنزيمات تحصص \blacktriangleleft وظيفي مزدوج

تحصص في
الماء

تحصص في
مادة التفاعل

أي أن الأنزيم لا
يتوجه إلا نهائياً
واحداً من التفاعلات

أي أن الأنزيم لا
يتوجه سوي على
مادة تفاعل واحدة

الإنزيم وسيط حيوي

وسيط: لأنه يسرع التفاعلات الكيميائية، ويؤثر
بتراكيز ضئيفة، ولا يستهلك أثناء التفاعل.

حيوي: لأنه من طبيعة بروتينية.

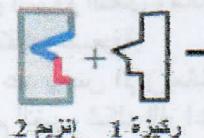
أو درجة حرارة غير ملائمة، طفرة \rightarrow



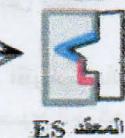
موقع الفعال
موقع التحفيز + موقع التعرف



فقدان
الوظيفة \rightarrow
تغير البنية الفراغية للإنزيم

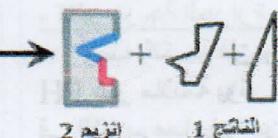


ركيزة 1 إنزيم 1



المعد

ركيزة 1 إنزيم 2



ركيزة 2 إنزيم 1

النتائج 1

النتائج 2



ركيزة 1 إنزيم 1



المعد

ركيزة 2 إنزيم 2



ركيزة 1 إنزيم 1

النتائج 1



النتائج 2

لا يتشكل المعد
إنزيم-مادة التفاعل

نوعي اتجاه
نوع التفاعل

نوعي اتجاه
مادة التفاعل

تحصص
نوعي مزدوج

طرق التعرف على محددات المستضد

I. الحالة الأولى للدفاع عن العضوية.

✓ الأجسام المضادة:

- يسبب دخول جزيئات غريبة في بعض الحالات إلى العضوية (المستضد) إنتاج مكثف لجزيئات تختص بالدفاع عن الذات تدعى الأجسام المضادة ترتبط نوعياً مع المستضدات التي حرضت إنتاجها وتساهم في تدميره.

نتائج تجريبية في الوثيقة (1) ص 85.

تجربة الانشمار المناعي في الوثيقة (2) ص 85.

- تنتشر هذه الأجسام المضادة في الخلط أو سوائل الجسم (الدم، اللبف، السائل بين الخلوي) لذلك تسمى المناعة التي تتدخل فيها الأجسام المضادة بالمناعة ذات الوساطة الخلطية، وتتميز بالاكتساح والنوعية والنقل.

- الأجسام المضادة جزيئات ذات طبيعة بروتينية تنتهي إلى مجموعة الغلوبيلينات المناعية من نوع 8 ويرمز لها عادة بـ IgA.

وصف بنية الجسم المضاد:

- يظهر الجسم المضاد على شكل حرف Z، يتكون من 4 سلاسل بيتدية، سلسالتين خفيتين وسلسلتين تقليتين، تتصل السلاسل التقيلة بالخفيفة عن طريق جسور ثنائية الكبريت، كما تتصل السلاسل التقيلة فيما بينها بواسطة الجسور ثنائية الكبريت. تحوي كل سلسلة على منطقة متغيرة ومنطقة ثابتة، ويمثل الجسم المضاد موقعين لثبت محددات المستضد في نهايات السلاسل الخفيفة والتقيلة للمناطق المتغيرة ويمثل منطقة ثبات على بعض المستقبلات الغشائية للخلايا في نهاية السلاسل التقيلة.

رسم تخطيطي يبين بنية الجسم المضاد ص 113.

✓ المعقد المناعي:

تعريف المعقد المناعي:

- هو ارتباط المستضد بالجسم المضاد نوعياً في موقع التثبيت ويشكلان معقد (المستضد-جسم مضاد).

كيفية تشكيل المعقد المناعي:

- يرتبط الجسم المضاد نوعياً مع المستضد بفضل التكامل البنوي بين مواقع تثبيت للجسم المضاد مع محددات المستضد حيث:

- إذا كان المستضد خلية فتدعى الظاهرة: الإرتصاص.

- إذا كان المستضد جزيئة منحلة فتدعى الظاهرة: الترسيب.

دور المعقد المناعي:

- يؤدي إلى إبطال مفعول المستضد ومنع تكاثره وانتشاره.

التخلص من المعقادات المناعية:

يتم التخلص منها عن طريق ظاهرة البلعمة وفق المراحل التالية:

- مرحلة التثبيت: يثبت المعقد المناعي على المستقبلات الغشائية النوعية للبلعميات بفضل التكامل البنوي بين هذه المستقبلات.

- مرحلة الإاحتاظة: يحاط المعقد المناعي باستطالات هيلولية ناتجة عن انشاء غشاء الخلية البلعمية (أرجل كاذبة).

- تشكيل حويصل الاقتناص: تتعلق الأرجل الكاذبة ليتشكل حويصل اقتناص يحتوي المعقد داخل سيتوبلازم البالعنة.

- مرحلة الهضم: يتحدد حويصل الاقتناص مع الليزوزومات (تحتوي انزيمات متعددة) ليتشكل حويصل هاضم يتم فيه تحليل وهضم المعقد المناعي.

- مرحلة الإطراح: يتم التخلص من الفضلات الناتجة خارج الخلية عن طريق الإخراج الخلوي.

- مراحل البلعمة: الوثيقة (9) و(10) ص 90.

✓ مصدر الأجسام المضادة:

- تنتج الأجسام المضادة من طرف الخلايا البلازمية (LBp) الناتجة عن تمایز الخلايا LB وتتميز LBp بخصائص بنوية تسمح لها بتركيب وافراز البروتينات (اجسام مضادة) وهي: حجم كبير نسبياً.

- شبكة هيلولية محببة كثيرة.
- جهاز كولجي متتطور ونامي.
- كثرة الحويصلات الافرازية.
- كثرة الميتوكوندري.
- غشاء هيلولي مت Morrow.

الخصائص البنوية للخلايا البلازمية: وثيقة (2) ص 92.

الانتقاء النسيجي للمفاويات:

يتم انتقاء المفاويات LB على مرحلتين هما:

- انتقاء على مستوى العضو المركزي (مرحلة النضج): على مستوى نخاع العظم تكتسب LB كفاءتها المناعية بتركيب مستقبلات غشائية نوعية عبارة عن أجسام مضادة (BCR) بطاقة LB حيث:

- الخلايا التي تملك مستقبلات غشائية ترتبط مع محددات الذات يتم اقصاؤها.

- الخلايا التي تملك مستقبلات غشائية لا ترتبط مع محددات الذات تشكل LB ناضجة وهي التي تهاجر نحو الأعضاء المحيطية (الطحال والعقد المفاوية).

انتقاء في العضو المركزي: الوثيقة (7) ص 96.

انتقاء على مستوى العضو المحيطي:

تصل إلى الأعضاء المحيطية مئات الملايين من أنواع المفاويات LB الباضحة التي تختلف عن بعضها في المستقبل الغشائي (BCR) حيث كل نوع يشكل نسيلة (لمة) من LB يمكنه التعرف على مُستضد نوعي خاص به.

في غياب المستضد النوعي:

يتلاشى نسبة كبيرة من الخلايا LB التي تتعبر عليه، وتبقى نسبة قليلة لكي تتعبر على المستضد النوعي في حالة دخوله بحدوث استجابة مناعية.

في وجود المستضد النوعي:

يؤدي المستضد إلى انتقاء لمة من الخلايا LB بفضل التوافق البنوي بين محددات المستضد والمستقبل الغشائي (BCR) للخلايا LB، وهذا يؤدي إلى تنشيط اللمة المنتقاء فتدخل في عدة انقسامات متالية (تكاثر) ليزيد عددها ثم يتشكل صنفان من الخلايا هما:

* بعض الخلايا LB تتمايز إلى خلايا بلازمية ذات ذاكرة LBp مفرزة لأجسام مضادة تتعبر على نفس المستضد النوعي الذي حرض انتاجها (استجابة أولية).

* بعضاً الآخر، يبقى ليشكل خلايا لمفاوية ذات ذاكرة LBM تستجيب بشكل أقوى وأسرع عند دخول نفس مولد الضد مرة أخرى (استجابة ثانوية).

انتقاء في العضو المركزي والمحيطي: الوثيقة (7) ص 96.

انتقاء في العضو المحيطي: الوثيقة (8) ص 96.

طرق التعرف على محددات المستضد

II . الحالة الثانية للدفاع عن العضوية.

✓ الخلايا LTc:

- يتم التخلص من المستضد أثناء الاستجابة التي تتوسطها الخلايا بصنف ظان من الخلايا الملفاوية هي الخلايا الملفاوية الثانية السامة (LTc)، وتسمى مناعة ذات وساطة خلوية.
- الاستجابة المناعية الخلوية: يتم فيها تخريب الخلايا المصابة بواسطة الاتصال المباشر والنوعي بين الخلايا LTc والخلية المصابة (التخلص من الفيروسات والخلايا السرطانية ولها دور في رفض الطعوم، وتم دخول خلايا العضوية).

✓ شروط عمل LTc:

- يجب أن تكون الخلايا مصابة.

- توافق الأ CMH بين الخلايا المصابة والخلايا الملفاوية LTc.

- يجب أن تكون الخلايا مصابة بنفس الفيروس الذي حرض انتاج الخلايا الملفاوية LTc.

- مقارنة نتائج تجربة في الوثيقة (1) ص 98.

✓ آلية عمل LTc:

- تتعزز الخلايا الملفاوية السمية (LTc) على الخلية المصابة

بفضل التعرف المزدوج نتيجة تكامل بنوي بين مستقبلات غشائية (TCR) والمؤشر CD8 لـ LTc مع محدد المستضد المعروض على HLA I على سطح غشاء الخلية المصابة.

- ينشط هذا التعرف الخلية LTc على إفراز جزيئات البرافورين التي تتنظم على غشاء الخلية المصابة مشكلة قنوات غشائية.

- القنوات الغشائية تسمح بدخول الماء والأملاح مسببة صدمة حلوية تؤدي إلى تخريب الخلية المصابة.

- رسم تخطيطي لآلية عمل LTc: الوثيقة (4) ص 99.

✓ مصدر الملفاويات LTc:

- تنشأ الخلايا الملفاوية (LT) في نخاع العظام وتكتسب كفاءتها المناعية بتركيب مستقبلات غشائية نوعية في الغدة التيموسية.

✓ الإنقاء النسيلي للملفاويات LT:

يتم إنقاء الملفاويات LT على مرحلتين هما:

- إنقاء على مستوى العضو المركزي:

- تنشأ طليعة LT في نقي العظام ثم تهاجر إلى الغدة التيموسية حيث يتم تركيب مستقبلات غشائية نوعية لها (TCR) وتنتج أنواع مختلفة من الخلايا الملفاوية T تختلف في المستقبلات الغشائية.

- يتم إنقاء LT المؤهلة مناعيا حسب نتيجة التعرف بين مستقبلات الخلايا LT والمعدن (بيتيدات ذاتية P + HLA)

العروض، على خلايا خاصة في الغدة التيموسية حيث نجد:

- الخلايا التي تعرف على البيتيدات الذاتية أو التي لا تعرف على HLA لا تتضمن ويتم اقصاؤها.

- الخلايا التي تعرف على (HLA I) ولا تعرف على البيتيدات الذاتية (P) تتضمن إلى خلايا LT8 حاملة لمؤشر CD8.

- الخلايا التي تعرف على (HLA II) ولا تعرف على البيتيدات الذاتية (P) تتضمن إلى خلايا LT4 حاملة لمؤشر CD4.

* تهاجر الخلايا LT8 و LT4 الناضجة نحو الأعضاء المحيطة (الطحال والعقد الملفاوية).

- إنقاء نسائل LT مؤهلة مناعيا على مستوى الغدة التيموسية:

- الوثيقة (3) ص 101.

تحفيز الخلايا LB وLT8

آلية تحفيز الخلايا الملفاوية:

- تتم مراقبة تكاثر وتمايز الخلايا LB وLT8 ذات الكفاءة المناعية عن طريق مبلغات كيميائية: هي الأنترلوكينات (IL2) التي تفرزها الخلايا الملفاوية المساعدة (LTh) الناتجة عن تكاثر وتمايز LT4 المتخصصة والتي يكون تنشيطها ذاتيا بـ IL2 بعد تعرفها على محدد المستضد المعروض على HLA II من طرف الخلية العارضة.

- لا تؤثر الأنترلوكينات (IL2) إلا على الملفاويات المنشطة (المحسسة) أي الملفاويات الحاملة للمستقبلات الغشائية الخاصة بـ IL2 والتي تظهر بعد التعرف على المستضد.

- آلية تحفيز الخلايا الملفاوية: الوثيقة (3) ص 104.

اختيار نمط الاستجابة المناعية

- ✓ العلاقة الوظيفية بين البالعات والخلايا الملفاوية: تتطلب الاستجابة المناعية تعاون وظيفي (مناعي) بين البالعات والخلايا الملفاوية المختلفة LT4.LT8.LB.

دور البالعات:

- تلعب البالعات دور خلايا عارضة حسب المراحل التالية:
 - * بلعمة المستضد من طرف البالعة الكبيرة بواسطة الأرجل الكاذبة وتشكيل فجوة بالغة.
 - * هدم جزئي للمستضد بعد التحام الليزوزوم مع الفجوة البالعة.
 - * تشكل المعدن II-HLA-Mحدد المستضد ضمن حويصل.
 - * عرض المعدن على سطح غشاء الخلية البالعة.
 - * يمكن للبالعات أن تعرّض محدد المستضد على LT HLA أيضا.
 - * تقوم باللعلات دور آخر يتمثل في تنشيط الملفاويات التي تعرف على المستضد (المحسسة) عن طريق إفرازها الانترلوكين 1 (IL1) حيث:

- * الخلايا التي تعرف على المعدن HLA I هي LT8 لأنها تحمل المؤشر CD8 بالإضافة إلى TCR للذين يتعرفان بشكل مزدوج على المعدن I-HLA -Mحدد المستضد.
- * الخلايا التي تعرف على المعدن HLA II هي LT4 لأنها تحمل المؤشر CD4 بالإضافة إلى TCR للذين يتعرفان بشكل مزدوج على المعدن II-HLA -Mحدد المستضد.
- * الخلايا LB تعرف على المستضد مباشرة كما يمكنها أن تعرف على محدد المستضد المعروض على HLA II.

- دور الخلايا البالعة: الوثيقة (2) ص 106.

مخطط تحصيلي للتفاعلات المناعية النوعية (الخلطية والخلوية)

الحث :

- الانقاء والتعرف
- التشبيه

فيروس ، بكتيريا.....(دخول المستضد
إلى الوسط الداخلي (العصبية))

البالغات الكبيرة : بلعمة و هضم المستضد

عرض محدّدات المستضد على سطح البالغات

التعرف المباشر
بواسطة
اللمفاويات B

التعرف بواسطه
T4 اللعفويات

التعرف بواسطه
T8 اللعفويات

IL2

IL2

التضخم
التعظير
التعابز

تسيلات منتقاءات من
T4 اللعفويات

تسيلات منتقاءات من
اللمفاويات LB

LT4
المساعد

تسيلات منتقاءات من
T8 اللعفويات

إلى خلايا LB تمايز اللعفويات
بالازمية (بلاسموسيت)

تمايز اللعفويات LT8
إلى LTC السمية

مرحلة التنفيذ :
تسمح بالقضاء
على المستضد

انتاج أجسام مضادة
نوعية للمستضد

تكوين المعققات
المتاعنة

تعديل المستضد و إبطال
مفعوله

تشييط البلعمة

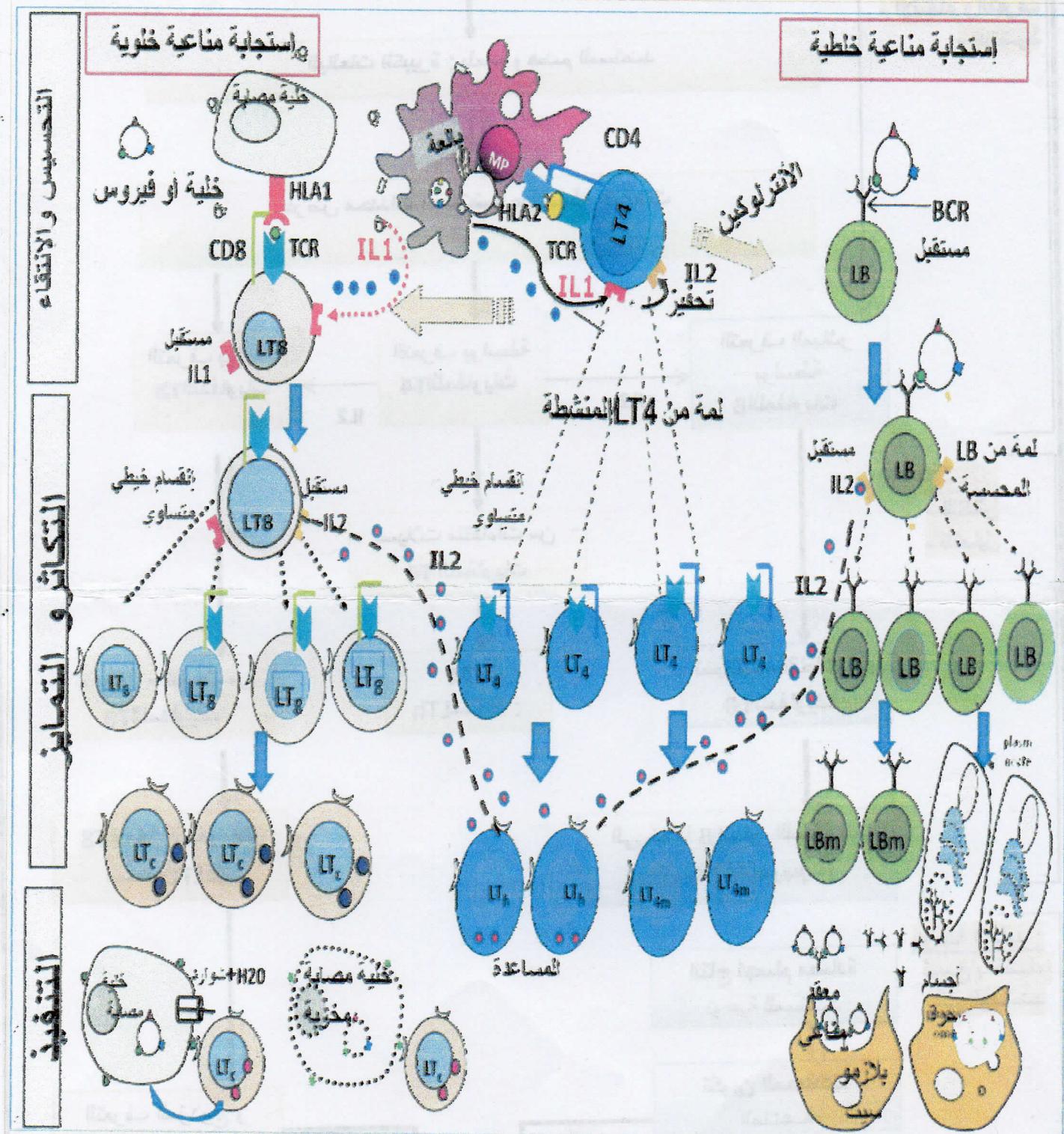
التعرف المزدوج و
احتلال الخلايا المصابة
(المستهدفة)

نوعية ذات وساطة خلطية

لا نوعية

نوعية ذات وساطة خلوية

- رسم خطيبي وظيفي يوضح مرافق المسجد المزدوجة النوعية الخلطية والخلوقة -



تکرر بالمشبك

• يؤدي المتذبذب العصبي إلى تناقل العنصر التسريعية الثانية مستقبلات حميدة، عضوئات حميدة جائزة نحو المركز العصبي، عضوئات حركة ثانية نحو العضلات، عضلات متقدمة تتمدد هذه العنصر فيما بينها بواسطة مشبك

• يمثل المشبك في منطقة اتصال (اتصال) بين خلية قبل مشبكية وخلية بعد مشبكية وتمثل المسافة الفاصلة بينهما الشق المشبك، تكون الخلية قبل مشبكية دوماً حميدة عصبية تحتوي عليهما على عدد كبير من العوibusلات المشبكية أما الخلية بعد مشبكية فممكن أن تكون خلية عصبية، عضلية، غدية

• عوibusلات الحميدة على مستوى المشبك وتمثل في مواد كيميائية تحررها العوibusلات المشبكية في التهابات قبل مشبكية وتوترى إلى نحو الكون العصبي للعصيون بعد مشبك

• تتحول الرسلة العصبية المترفرفة متوازراً كموئل العمل في الخلية قبل مشبكية إلى رسالة متفرقة متراكز العصب العصبي فيائق المشبك ثم متواتراً كموئل العمل في الخلية بعد مشبكية تتعقب ظواهر كهربائية ثم كيميائية ثم كهربائية مرة أخرى!

التل المنشكي (الكون المشكري)

يرتبط تناقل الرسلة العصبية بتطورات الكون العصبي ومن أهم تغيرات المستخدمة لإظهار مصدر هذا الكون وتغيراته هي:

Patch-clamp

تم على غشاء الليف بواسطة ماضبة مجهرية متصلة بجهاز قياس يسمح بدراسة التيارات التي تمر عبر غشاء الليف وسمحت التعرف على عمل القنوات العصبية وتم حب الطرق التالية: عزل جزء من الغشاء دون فصله عن الليف يحتوى قلة غشائية عزل جزء من الغشاء يحتوى قلة وفصله كلما عن غشاء الليف سحب السطل الهيولي بقوة ولمدة قصيرة ليكون على اتصال شر مع المساحة المجهرية

طرق عمل الغشاء بقاعة Patch-clamp ونوعة (١) ص 130

نوعية تطبيق كون مفروض على غشاء الليف العصبي

• فرض كون معن على غشاء الليف العصبي يرسل تياراً يزيد الكثافة معين عبر الكثرة والتزويد المتصل بالليف العصبي، حيث الاكتروند المرجعى يوضع خارج الليف العصبي أما تكرر الكثرة التسجيل يوضع داخل الليف يعكس الكون العصبي لليف

نوعة (٢) ص 131

آلية الفعل المشكري

تقى الرسلة العصبية على مستوى المشبك يفضل مطاعات عصبية مثل الأستيل كولين إثر تسييه فعل للغشاء قبل مشبك، تأثير الأستيل كولين

وذلك تثبت الأستيل كولين على المستقبلات القوية للغشاء به الغشاء بعد مشبكى إلى لفاح القنوات ليتحقق عبرها تيار يطلق من شوارد Na^+ من الخارج إلى الداخل تتجه عنه تيارات رباعية في مستوى الغشاء بعد المشبكى

نوعة (٣) ص 132

نوعة (٤) ص 133

تكون من ٥ تحت وحدات بروتينية حيث ٣ تحت وحدات تلفة عن بعضها وتحت وحدات وحدتين متلاقيتين تحتوي كل منها على تثبيت الأستيل كولين، وتكون متجمعة بشكل ذاتي مكونة مركزها قنات، وتكون القناة مغلقة في غيب الأستيل كولين (لغ الكيميائي).

نوعة (٥) ص 134

عمل المستقبلات العصبية للأستيل كولين

- تعمل هذه المستقبلات على التحكم في التدفق الداخلي لشوارد Na^+ كما يلى:
- * في غيب الأستيل كولين تكون القناة مغلقة في المستقبل العصبي ولا يتم دخول شوارد Na^+
- * في وجود الأستيل كولين يرتبط في موقع التثبيت الخاصة به في المستقبل العصبي موزينا إلى افتتاح القناة ودخول شوارد Na^+
- يتحكم في فتح وغلق هذه القنوات الأستيل كولين (البلغ الكيميائي) لذلك تدعى بالقنوات الكيميائية (مبوبة كيميائياً)
- آلية عمل مستقبلات الأستيل كولين ونوعة (٧) ص 135

كون الراحة

خصائص الألياف العصبية في حالة الراحة

- يكون الليف العصبي في حالة الراحة مستقطب (خاصية الاستقطاب العصبي) ترجع لوجود شحنات موجة على سطح الليف وشحنات سالبة داخل الليف، يتبع عن هذا الاختلاف تسجيل فرق كونون قيمته (-70 mv) يسمى كون الراحة

مصدر ثبات كون الراحة

- يرتبط تسجيل تغيرات الكون العصبي (الحالة الكهربائية) بالحالة الفزيولوجية للليف العصبي (حيوية الليف العصبي).
- ينتج كون الراحة عن التوزع غير المتساوي لشوارد Na^+ وشوارد K^+ على جانبين عشائري لليف العصبي (Na^+ أكبر من K^+ في الخارج والعكس في الداخل)

مصدر ثبات كون الراحة في الليف العصبي ونوعة (٢) ص 137

خصائص البروتينات العصبية المتداخلة أثناء كون الراحة

- * قوات انترب (الغير، الترس)
- طبيعتها الكيميائية بروتينية وتكون مفتوحة باستمرار
- تسمح بنقل الشوارد حسب تدرج التركيز من الوسط أعلى تركيز إلى الوسط منخفض التركيز بظاهرة العبر.
- عمتاز بنقل اختياري (اصطفائي) حيث نجد قنوات خاصة بنقل شوارد Na^+ وقنوات خاصة بنقل K^+
- عدد القنوات العصبية الخالصة بـ K^+ أكبر من عدد القنوات العصبية الخالصة بـ Na^+ .

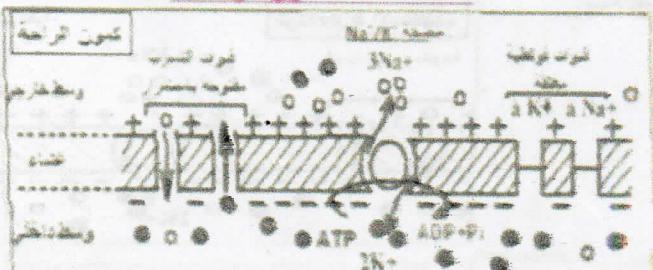
مضخة القنوات الأيونية ونوعة (٣) ص 138

مضخة K^+ / Na^+

- الطبيعة الكيميائية للمضخة هي بروتينية.
- تسمح بنقل الشوارد عكس تدرج التركيز أي من الأقل تركيز إلى الأعلى تركيز بظاهرة تسمى النقل الفعال.
- تقوم بنقل مزدوج للشوارد حيث يتم تثبيت ٣ جزيئات Na^+ ونقلها إلى الخارج وثبتت جزيئين K^+ ونقلها إلى الداخل بمشاركة ATP ويسمح عمل المضخة بالمحافظة على التوزع المتباين للشوارد ومنه ثبات كون الراحة.

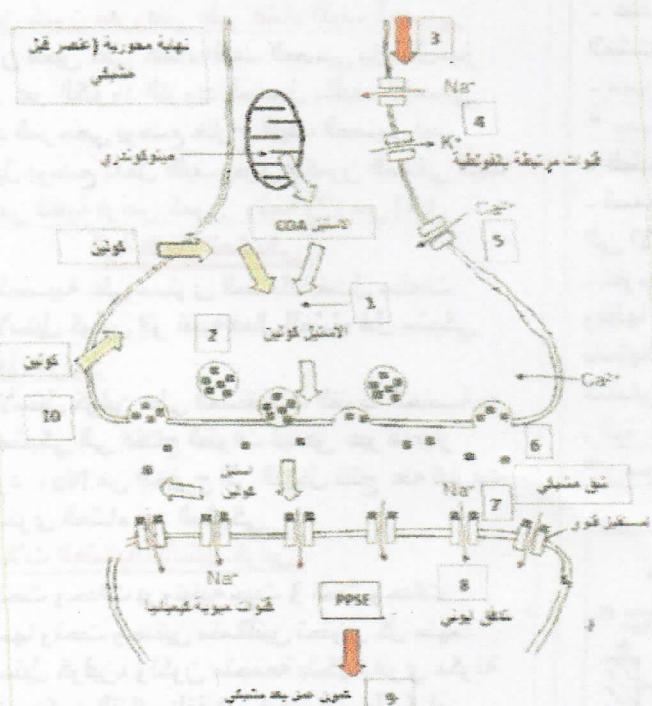
آلية عمل مضخة K^+ / Na^+ ونوعة (٤) ص 139

- * رسم تخطيطي وظيفي يوضح دور مختلف البروتينات العصبية المتداخلة أثناء كون الراحة *



كمون عمل الغشاء قبل مشبك

- * يزدوج توازن كمونات العمل في الخلية قبل مشبكة إلى زيادة كمية شوارد Ca^{2+} في هموال الخلية قبل مشبكة (الزر المشبك).
 - * يزدوج توازن كمونات العمل في الخلية قبل مشبكة على القوتوت الفولطية لشوارد Ca^{2+} في الغشاء قبل مشبكى، حيث كلما زاد توازن كمونات العمل ينفتح عدد أكبر من القنوات الفولطية $\text{L}^{2+}\text{Ca}^{2+}$ ومنه دخول كمية أكبر من Ca^{2+} إلى خلية قبل مشبكة.
 - * ينفتح عن دخول شوارد Ca^{2+} إلى النهاية العصبية قبل مشبكية تحفيز هجرة الحويصلات المشبكية إلى الغشاء قبل المشبكى وتحرير المبلغ الكيميائى العصبي فى الشق المشبكى، حيث كلما زاد تركيز Ca^{2+} تزداد كمية المبلغ العصبي المفرزة.
 - * يتثبت المبلغ الكيميائى على مستقبلات غشائية نوعية مرتبطة بالقوتوت الكيميائية مسبباً انفاحها ودخول شوارد Na^{+} عبرها ليتسع زوال استقطاب بعد مشبكى.
 - * يتغير عدد القوتوت الكيميائية المفتوحة خلال زمن معين في الغشاء بعد مشبكى حسب تركيز المبلغ الكيميائى، حيث كلما زاد تركيز المبلغ الكيميائى زاد عدد القوتوت الكيميائية المفتوحة ويزداد دخول شوارد Na^{+} ، ومنه زيادة سعة زوال الاستقطاب الناتج وإذابع لو فاق العتبة يتولد كمون عمل بعد مشبكى.
 - * يكون تأثير المبلغ الكيميائى مؤقت على الغشاء بعد مشبكى، حيث يتم إبطال مفعوله عن طريق إنزيم نوعي يعمل على تفككه وبعد انتصاف التوازن من طرف النهاية قبل مشبكة.
 - * يزدوج تأثير المبلغ الكيميائى إلى انتقام القوتوت الكيميائية والوعنة إلى كمون الراحة.
- الردة تركيب وتفكيك المبلغ الكيميائى:** وثيقة ص 162 -
- * رسم تخطيطي وظيفى على المستوى الجزيئى يعبر عن آلية تغير الرسالة العصبية على مستوى المشبك *
 - المخطط التفصيلي ص 165 -



- * يتم تسجيل كمون العمل عند حدوث تغيير فعال (شددة تبيه) يبلغ العتبة لمحضون قبل مشبكى ويتمثل في تغيرات للكمون الغشائى تتبع عن تغيرات مؤقتة وسريعة للتغذية على جاتي هذا الغشاء.
- * تزوج علاقة طردية بين شدة التبيه وتوازن كمونات العمل حيث كلما زادت شدة التبيه زاد توازن كمونات العمل.

ان مصدر كمون العمل نوعين من التيارات تيار داخلى سريع لشوارد Na^{+} متبع بتيار خارجي بطيء لشوارد K^{+} ويتبع قوتوت خاصة تسمى القوتوت الفولطية وهى نوعان قوتوت خاصة بشوارد Na^{+} وأخرى خاصة بشوارد K^{+} .

- أنواع التيارات التي تغير الغشاء: وثيقة (2) ص 141

- آلية عمل القوتوت الفولطية: وثيقة (3) ص 142

التفسير الشاردي لكمون العمل

* زوال الاستقطاب مرتبط بالتيار الداخلي الناتج عن تدفق داخلى لشوارد Na^{+} في اتجاه تدرج التركيز بعد افتتاح القوتوت الفولطية Na^{+} وتكون القوتوت الفولطية $\text{L}^{2+}\text{Ca}^{2+}$ مغلقة.

* عودة الاستقطاب مرتبط بالتيار الخارجى الناتج عن تدفق خارجي لشوارد K^{+} في اتجاه تدرج التركيز بعد افتتاح القوتوت الفولطية K^{+} وتنطلق القوتوت الفولطية L^{2+} .

* فرط استقطاب مرتبط بالتيار الخارجى وينتاج عن استمرار خروج شوارد K^{+} بسبب تأثير انتقام القوتوت الفولطية L^{2+} وتنطلق القوتوت الفولطية Na^{+} مغلقة.

* العودة إلى كمون الراحة: تتعلق القوتوت الفولطية $\text{L}^{2+}\text{Na}^{+}$ وتندخل مضخة $\text{Na}^{+}/\text{K}^{+}$ التي تعمل على إعادة التوزيع المتبقي للشوارد على جاتي الغشاء إلى الحالة الطبيعية (حالة الراحة).

التفسير الشاردي لكمون العمل: وثيقة (4) ص 143

انتشار كمون العمل في الليف العصبى

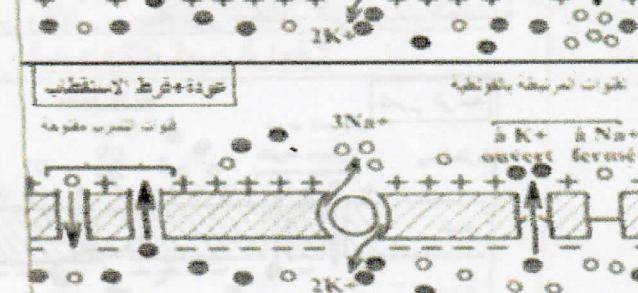
- ينتشر كمون العمل على مستوى الليف العصبى نتيجة توزع القوتوت الفولطية الخاصة بـ Na^{+} و K^{+} وتكون على طول غشاء المحور الأسطواني عدم النخاعين، بينما تزوج على مستوى اختلافات رانفيه فقط في الألياف العصبية ذات النخاعين.

- يكون انتقال السبالة العصبية في الألياف ذات النخاعين سريع لأن انتقالها يكون بواسطة الفرز بين الاختلافات، بينما تكون السرعة في الألياف عديمة النخاعين بطيبة لأنها تنتقل بواسطة ثيرات محلية، كما تزداد السرعة بزيادة قطر الليف العصبى.

- توزع القوتوت الفولطية في الألياف العصبية: وثيقة ص 160

* رسم تخطيطي وظيفى يوضح دور البروتينات الغشائية

المتحركة أثناء كمون العمل



مختلط خصيلي لمور الهروتينات في الاتصال العصبي

