إجابة مُقترحة لامتحان شهادة البكالوريا - دورة جوان 2021

اختبار مادة: علوم الطبيعة والحياة - الشعبة: علوم تجريبية - المدة: 04 سا و30 د

الموضوع الأوّل

التمرين الأول: (05 نقاط)

1- التعرّف على البيانات

المرحلة (أ): الاستنساخ، المرحلة (ب): الترجمة.

الروابط: 1- شاردية، 2- هيدروجينية، 3- جِسر ثُنائي الكبريت، 4- تجاذب الجذور الكارهة للماء.

مُستوى البنية الفراغية للبروتين (س): ثالثي.

التعليل: تُبيّن المُعطيات أنه بروتين وظيفيّ، يتركب من سلسلة واحدة متعددة الببتيد ويدل على ذلك وجود وظيفة أمينية طرفية واحدة ووظيفة كربوكسيلية طرفية واحدة كذلك (الشكل ب)، مُلتَف بشكل كُروي (الشكل ب)، يُشكّله ويُحافِظ على استقراره أربعة أنواع من الروابط الكيميائية المذكورة سابقا (الشكل ج).

2- النّص العِلمي

تُركِّب الخلايا حقيقية النّواة بروتينات مُتخصّصة بآلياتٍ دقيقة ومُنظّمة للقِيام بمختلف نشاطاتها الحيوية. فما هي آليات تركيب البروتين وكيف يَكتسب تخصُّصه الوظيفيّ؟

يتمّ تركيب البروتين وِفق مرحلتين أساسيتين هما الاستنساخ والترجمة:

أ- الاستنساخ: انطلاقا مِن احدى سِلسلتي الـ ADN وتُسمّى السِّلسلة النَّاسِخة أو المُستنسَخة، وفي وجود الطّاقة، يقوم الإنزيم ARN بُوليميراز بتركيب جَزيئ ARNm يَحملُ نُسخة مِن المعلومة الوراثية باستعمال الرِّيبونكليوتيدات الحُرّة في العُصارة النّووية. تخضع العملية للتكامل بين القواعد الآزوتية بحيث كل C في الـ ADN تقابلها G في الـ ARNm، كل G تقابلها C، كل T تقابلها A وكل A تقابلها U.

ب- الترجمة: ينتقل الـ ARNm إلى الهيولى أين تتم تَرجمته إلى سلسلة ببتيدية بواسطة عُضيّات مُتخصّصة تُسمّى الرّيبوزومات. يقرأ الريبوزوم رامزات الـ ARNm ويربط الأحماض الأمينية المُوافقة لها. يتدخّل في عملية الترجمة جُزيئات أخرى أهمُّها إنزيمات تنشيط الأحماض الأمينية (أمينو أسيل ARNt سنتيتاز)، الـ ARNt الذي ينقل الأحماض الأمينية إلى الريبوزوم ويتعرف على الرّامزة بواسطة الرّامزة المُضادّة، بالإضافة إلى الطاقة.

بعد تشكّل السّلسلة البِببتيدية، وهي بنية أولية تتميز بعدد ونوع وترتيب مُحدّد وِراثيا من الأحماضِ الأمينيةِ، تَمُرُّ بمستويات بنيوية أُخرى مُتدرِّجة التّعقيد، فتلتف السلسلة الببتيدية ذات البنية الأولية تلقائيا لتأخذ مُستوىً بنيوياً ثانوياً ثم ثالثيّا يتميز بتقارب الأحماض الأمينية فضائيّا، وتستقر هذه البنية لِظُهور روابط كيميائية جديدة بين جذور الأحماض الأمينية نوعها هيدروجينية، شاردية، تجاذب الجذور الكارهة للماء وجسور ثنائية الكبريت مُكسِبةً البروتين مستوى فراغيا وظيفيا. ويمكن أن تتجمع سِلسلتين ببتيديتين أو أكثر ذات مستوى بنائيٍّ ثالثي بواسطة روابط غالبا انتقالية مشكلة مستوى بِنائيا رّابعيا للبروتين.

تركيب البروتين أو التعبير المُورّثي ظاهرة تتكامل فيها آليتين هما الاستنساخ والترجمة ينتج عنها بِناء بروتين بنيته وتخصصه الوظيفي يحدده عدد ونوع وترتيب الأحماض الأمينية وذلك من خلال الروابط الكيميائية التي تنشأ بين جذورها الحرة.

التمرين الثاني: (07 نقاط)

الجزء الأول

1- تبيين أن مُعطيات الشكل (أ) من الوثيقة (1) تسمح بتحديد المستوى البنيوي لجزيئة الريبونكلياز (A)

يُمثّل الشكل (أ) من الوثيقة (1) بعضَ الخصائص المُميّزة للريبونكلياز (A) ويُقدّم المعلومات التالية عنه:

- يَتركّب مِن سلسلة ببتيدية واحدة مُكوّنة من 124 حمضا أمينيّا.

- شكله كُروي نتيجة التفاف السلسلة الببتيدية.

- يحتوي على عدد من البنيات الثانوية α وβ.

- يُساهم في استقراره أربعة جسور ثنائية الكبريت.

- يَضم موقعا فعّالا مُكوّنا من ثلاثة أحماض أمينية.

نعلم أن البروتين في المستوى البنائي الثالثي يتشكل من سلسلة ببتيدية واحدة، مُنطوية لتضم عددا من البنيات الثانوية، مُلتفة لِتَكتسب شكلا كرويا وظيفيا، وتُشكّله روابط كيميائية أخرى كالجسور ثنائية الكبريت بالإضافة للروابط الببتيدية.

إذن، المستوى البنيوي لجزيئة الريبونكلياز (A) ثالثي.

2- إثبات أنّ ارتباط الإنزيم بالركيزة يتم بفضل تكامل بنيوي يُترجَم على المستوى الجُزيئي

يمثل الشكل (ب) من الوثيقة (1) ارتباط الـ ARN (الرّكيزة) بالموقع الفعّال للريبونكلياز (A) في الشروط الفيزيولوجية.

نلاحظ توضُّع جزء من الـ ARN ويتمثل في تتابع ثلاث نكليوتيدات ريبية على مستوى الموقع الفعال للريبونيوكلياز (A) بشكل متكامل. يتركب الموقع الفعال من ثلاثة أحماض أمينية، إثنين منهما يشكلان موقع تثبيت الركيزة وهما الـ His12 والـ Lys41، والثالث His119 يُشكّل مَوقعَ التَّحفيز، تحفيز تفكيك الرابطة أستر ثنائية الفوسفات بحيث:

- تتشكل رابطة انتقالية بين السلسلة الجانبية للـ His12 والوظيفة OH المرتبطة بالكربون C'2 لريبوز النكليوتيدة الثانية.

- تتشكل رابطة انتقالية ثانية (شاردية) بين الوظيفة الأمينية ($-NH_3^+$) لـ Lys41 والـ O^- المرتبطة بالفوسفور.

- السلسلة الجانبية للـ His119 تكتسب بروتونا (H^+) من الماء المتواجد في الموقع الفعال وتشكل رابطة انتقالية ثالثة مع الركيزة وبالضبط على مستوى الأكسجين ضمن الرابطة فوسفو ثنائية الأستر.

إذن، ارتباط الإنزيم بالركيزة يتم بفضل تكاملٍ بنيويٍّ يُترجَم على المُستوى الجُزيئيّ.

- تفسير النتائج لتجريبية

تفسير النتيجة 1: التكامل البُنيوي بين الريبونكلياز (A) والـ ARN يفسر بتوضُّع الركيزة بالموقع المناسب لتتشكل روابط انتقالية بينها وبين الأحماض الأمينية المُشكلة للموقع الفعال، كما تم تفصيله في الإجابة السابقة وهي إثبات أن ارتباط الإنزيم بالركيزة يتم بفضل تكامل بنيوي يُترجَم على المستوى الجزيئي.

وعدم حُدوث تكامل بنيوي مع الـ ADN لأن الريبوز منقوص الأكسجين على مستوى الكربون C'2 ويحمل H فقط بدل OH، وبالتالي لا تتشكل رابطة انتقالية مع الـ His12 للموقع الفعال ولا يحدث تكامل بنيوي. كما أن الـ ADN يتركب من سلسلتين من متعدد النكليوتيد وشكل الموقع الفعال يمكنه من التكامل مع سلسلة واحدة.

تفسير النتيجة 2: عند إحداث طفرة باستبدال His119 بالأسبارجين حدث الارتباط مع الركيزة لأن الطفرة لم تحدث على مستوى موقع التثبيت المكون من الحمضين الأمينيين His12 وLy41.

تفسير نتائج الوثيقة 3

تمثل الوثيقة 3 منحنى يوضح النشاط الانزيمي للريبونكلياز بدلالة تركيز الانزيم :

نفسر تناقص النشاط الانزيمي رغم زيادة تركيز الإنزيم بعد إضافة مادتي اليوريا والميركابتو إيثانول بتكسير هذا الأخير للجسور ثنائية الكبريت (ارتباطه بجذور السيستين) للريبونكلياز التي تعتبر أهم الروابط التي تحافظ على استقرار بنية هذا الإنزيم بالإضافة إلى أن اليوريا تكسر الروابط الهيدروجينية وتمنع الانطواء الطبيعي.

نفسر زيادة النشاط الإنزيمي بنسب كبيرة رغم تناقص تركيز الإنزيم بأن التخلص التدريجي لمادتي المركبتو واليوريا يؤدي إلى عودة تشكل جسور ثنائية الكبريت للريبونكلياز في مواضعها وبالتالي العودة التدريجية للبنية الفراغية الوظيفية.

الجزء الثاني

1- التحليل

يُمثل المنحنى تغيّر السرعة الابتدائية Vi للتفاعل (وحدة اعتبارية) بوساطة الريبونكلياز بدلالة الـ pH حيث نلاحظ أن الإنزيم يَنشُط طبيعيا في وسط قاعدي ذو pH مَحصور بين 7.3 و8.5، ويكون نشاطه أعظميا في وسط ذي pH يُقدَّر بـ 7.8. ويفقد الإنزيم نشاطه في أوساط تتميز بـ pH خارج هذا المجال مثل العُصارة المعدية التي تتميز بحموضة عالية pH = 2.

نستنتج أن نشاط الإنزيم ريبونكلياز (A) يتأثر بتغير درجة الـ pH.

تبيين سبب النشاط الطبيعي للإنزيم في عصارة معوية وعدم نشاطه في عصارة معدية

- في العصارة المعوية، الوسط قاعدي وملائم لنشاط الإنزيم كما بينت النتائج السابقة، فتكون البنية الفراغية للموقع الفعال فيه طبيعية والوظائف الجانبية الحرة للأحماض الأمينية المشكلة له في الموقع المناسب لتشكيل الروابط الانتقالية مع الركيزة لتثبيتها والتأثير على مادة التفاعل فيتم التفاعل بشكل طبيعي.

- في العصارة المعدية، الوسط حامضي، تتأين الوظائف الجانبية الحرة للأحماض الأمينية وتصبح الشحنة الإجمالية موجبة، كما تتأثر، يتغير شكل الموقع الفعال لتأثر الروابط بدرجة الحموضة ويصبح غير متكامل بنيويا مع الركيزة ولا يحدث التفاعل.

3- شروط عمل الإنزيم

- وسط فيزيولوجي يتوفر على درجة حموضة ودرجة حرارة مُلائمتين.

- بنية فراغية وظيفية خاصة الموقع الفعال، أي لم تتأثر بسبب وراثي (طفرة) أو بوجود مواد كيميائية كاليوريا و β - ميركابتو إيثانول.

التمرين الثالث: (08 نقاط)

الجزء الأول

1- التحليل

يُمثل منحنى الشكل (أ) تغير عدد الخلايا LT4 في mm^3 من الدم بدلالة الزمن بالأشهر بحيث:

في المرحلة بدون أعراض، يرتفع عدد الخلايا بشكلٍ سريع من 600 إلى 800 خلية في mm^3 بعد 12 شهرا، ثم ينخفض بعد ذلك تدريجيا إلى أن يصل إلى 200 خلية في mm^3 فتبدأ مرحلة تطور الأمراض الانتهازية ويستمر تناقص الخلايا LT4 إلى أن ينعدم. نستنتج من هذا أن الفيروس VIH يستهدف الخلايا LT4 وأن تناقص عددها يسبب عجزا مناعيا.

يمثل الشكل (ب) رسما تخطيطيا لدور الخلايا LT4 في الاستجابات المناعية.

نُلاحظ أن البالعة قامت باقتناص المستضد وإدخاله في حويصلة وهضمه جزئيا، ثم عرض محدداته رفقة الـ HLAI والـ HLAII، لتتعرف عليها الخلايا LT8 وLT4 تعرفا مزدوجا على الترتيب، فتفرز الخلايا LT4 مبلغات كيميائية تؤثر عليها وعلى الخلايا اللمفاوية LB وLT8 المُحسَّسة. إذن، الخلايا LT4 تؤثر على الخلايا اللمفاوية LB وLT8 المُنتقاة.

2- اقتراح فرضية

دور الخلية LT4 هو إفراز مبلغات كيميائية هي الأنترلوكينات لتحفز الخلايا اللمفاوية المنتقاة على التكاثر والتمايز.

الجزء لثاني

1- الهدف من التجارب

- التجربة 1: إظهار قُدرة الخلايا غير المُحسسة (غير المُنتقاة) على إفراز المبلغات الكيميائية.

- التجربة 2: إظهار قُدرة الخلايا المُحسّسة على إفراز المبلغات الكيميائية.

- التجربة 3: إظهار دور الـ LT4 في إفراز المبلغات الكيميائية.

2- تأكيد صحة الفرضية

تُمثل الوثيقة (2) خطوات ونتائج تجريبية لمتابعة تطور نوع من الأنترلوكينات المتدخل في الاستجابة المناعية.

في التجربة 1: عند استخلاص الخلايا اللمفاوية قبل الإصابة من فأر عادي وزرعها في وسط، ثم استخلاص السائل الطافي وإضافته إلى مزرعة خلايا لمفاوية، وبعد إضافة التيميدين المشع، نسجل كمية قليلة من الإشعاع في هده الخلايا (134 cpm)، وهذا يدل على أن الخلايا اللمفاوية غير المُحسّسة بالمستضد لا تفرز الأنترلوكين (لا يوجد في السائل الطافي) وبالتالي تتكاثر بشكل بطيء جدا لغياب التحفيز.

في التجربة 2: عند القيام بنفس المراحل التجريبية السابقة ولكن بعد 7 أيام من إصابة فأر عادي، نسجل كمية كبيرة من الإشعاع في الخلايا اللمفاوية (11568 cpm) وهذا يدل على أن الخلايا اللمفاوية المُحسّسة تفرز الأنترلوكين (نُقِل في السائل الطافي) الذي يحفز الخلايا اللمفاوية على التكاثر.

في التجربة 3: عند القيام بنفس المراحل التجريبية السابقة ولكن بعد 7 أيام من إصابة فأر لا يملك LT4، تحصلنا على نتيجة مماثلة تقريبا لنتيجة التجربة 1، وهذا يدل على أن الخلايا LT4 هي المسؤولة عن إفراز الأنترلوكين وبالتالي مسؤولة عن تحفيز الخلايا اللمفاوية على التكاثر.

يمثل الشكل (أ) من الوثيقة (3) تغيّر عدد LT8 ($x\ 10^6$) بدلالة الزمن (الأيام) في طحال فئران طافرة عاجزة عن إنتاج Il2 وفئران طبيعية وبعد الإصابة بفيروس التهاب السَّحايا المَشيمِي.

قبل الإصابة، نلاحظ أن عدد LT8 قليل ومتماثل في طحال الفئران الطبيعية والطافرة. وبعد الإصابة، عدد LT8 يبقى ثابتا في طحال الفئران الطافرة ولكنه يرتفع في طحال الخلايا الطبيعية. وهذا يدل على أن الأنترلوكين 2 مسؤول عن تحفيز تكاثر اللمفاويات LT8.

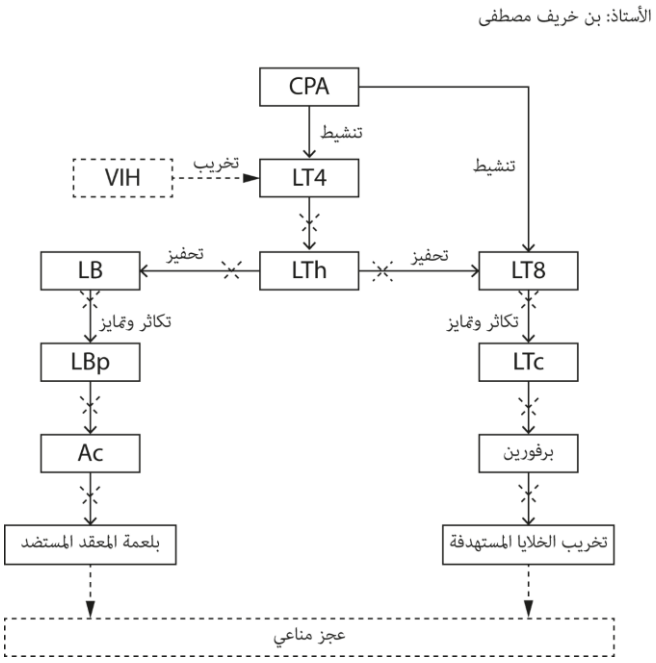
يمثل الشكل (ب) من الوثيقة (3) تغير عدد الخلايا المتمايزة بدلالة تركيز الأنترلوكين 2 لخلايا مناعية مُحسَّسة مسبقا بالمستضد.

نلاحظ أن عدد الخلايا البلازمية والخلايا LTc يتزايد بزيادة تركيز الأنترلوكين 2 بشكل مستمر، وهذا يدل على أن الأنترلوكين 2 مسؤول عن تحفيز تمايز LB إلى خلية بلازمية وتمايز LT8 إلى LTc.

إذن، تفرز اللمفاوية LT4 الأنترلوكين 2 الذي يحفز اللمفاويات LB وLT8 المُحسّسة على التكاثر ثم التمايز إلى خلية بلازمية وLTc على الترتيب. وهذا يؤكد صحة الفرضية المقترحة التي تنص على أن "دور الخلية LT4 هو إفراز مبلغات كيميائية هي الأنترلوكينات لتحفز الخلايا اللمفاوية المنتقاة على التكاثر والتمايز.".

وبما أن الفيروس VIH يستهدف الخلايا LT4 كما توصلنا في الجزء الأول، فإنه يقضي على الخلية المِحورية في الاستجابة المناعية والمسؤولة عن تحفيز الاستجابتين الخلطية والخلوية، مما يجعل الجهاز المناعي غير وظيفي، عاجزا عن التصدي لأضعف المستضدات وعُرضة للأمراض الانتهازية.

الجزء الثالث



مخطط تفسيري للتغيرات التي تطرأ على الاستجابة المناعية النوعية إثر إصابة العضوية بفيروس VIH

الموضوع الثاني

التمرين الأول: (05 نقاط)

1- التعرف على البيانات والمراحل

1- لمفاوية LB، 2- مستقبل غشائي BCR، 3- مولد ضد، 4- خلية بلازمية (LBp)، 5- جسم مضاد، 6- معقد مناعي، 7- مستقبل غشائي نوعي، 8- خلية بالعة.

المراحل: A- التعرف والتنشيط (الانتقاء)، B- التكاثر والتمايز، C- تشكل معقدات مناعية، D- التخلص من المستضد (البلعمة).

2- النص العلمي

مقدمة: ...

المؤهلات التي تسمح للخلايا المُبيَّنة في الوثيقة بأداء وظيفتها هي احتوائها أو تركيبها وإفرازها لبروتينات نوعية تقوم بوظائف مختلفة في الدفاع عن الذات بحيث:

اللمفاوية LB: هذه اللمفاويات كثيرة ومتنوعة بحيث تحمل مستقبلات غشائية BCR مختلفة، هذه الأخيرة عبارة عن أجسام مضادة غشائية ذات طبيعة بروتينية دورها التعرف على المستضد. بعد دخول المستضد للعضوية، تتعرف عليه اللمفاويات LB التي تحمل BCR يتكامل بنيويا مع محدداته، فتُنشط وتُركّب مستقبلات الأنترلوكين ذات الطبيعة البروتينية كذلك.

الخلية البلازمية: خلية كبيرة الحجم، تتميز بهيولى كثيفة وعضيات نامية وعديدة، تَنتُج من تمايز اللمفاوية LB المُنتقاة والمُحفَّزة بواسطة الأنترلوكين 2 المُفرَز من طرف الخلايا LTh. تُفرز الـ LBp أجساما مُضادة سابحة ذات طبيعة بروتينية هي الأخرى ونوعية بمولد الضد الذي حرّض على إنتاجها، وهذا ما يُمكّن الخلية LBp من تنفيذ الاستجابة المناعية النوعية ذات الوساطة الخلطية.

البالعة: تحمل البالعة بروتينات غشائية نوعية تتمثل في مستقبلات خاصة بالجزء الثابت من الأجسام المضادة السابحة. ترتبط الأجسام المضادة نوعيا بمولدات الضد وتشكل معها معقدات مناعية تُعدِّل من نشاطها حيث تجمعها، تمنع تكاثرها وانتشارها وتثبط سميتها حتى تتدخل البالعات وتتخلص منها نهائيا. يتثبت المعقد المناعي على المستقبلات الغشائية النوعية البروتينية للبالعات بواسطة موقع التثبيت في الجزء الثابت للجسم المضاد لوجود تكامل بنيوي. ثم تحيط الخلية البلعمية المُعقَّد المناعي بأرجل كاذبة لتدخله في حويصل اقتناص ثم تخربه بالإنزيمات الحالة التي تَصُبُّها الليزوزومات في حويصلات الاقتناص، وفي الأخير تطرح البقايا بظاهرة الإطراح الخلوي.

خاتمة: ...

التمرين الثاني: (07 نقاط)

الجزء الأول

1- التحليل

يركب الكائن tetrahymena بروتينا (A) يتكون من 134 حمض أميني بشكل طبيعي. ولكن عند عزل الـ ARNm الخاص بالبروتين (A) وإضافته إلى مستخلص خلوي من خلايا كائن آخر وهي الخلايا الإنشائية لكريات الدم الحمراء للأرنب، به كل العناصر الضرورية للترجمة ومنزوع الـ ARNm وأحماض أمينية مشعة، فإنه يتم الحصول على متعددات ببتيدية قصيرة عوضا عن بروتين (A) كاملا.

نستنتج أنه يوجد رامزة أو أكثر تشفر لحمض أميني عند tetrahymena وهي رامزات توقف عند الأرنب.

2- شرح سبب الاختلاف الملاحظ في نتائج المرحلتين الأولى والثانية

يمثل الشكل (أ) من الوثيقة (1) جزء من ARNm البروتين (A) مكونا من 12 رامزة. في الشروط الطبيعية، أي في خلايا الـ tetrahymena تُترجم كل هذه الرامزات إلى أحماض أمينية فينتج البروتين (A). ولكن في وسط غير طبيعي للـ ARNm وهو مُستخلص يحتوي على العناصر الضرورية للترجمة الخاصة بخلايا أخرى وهي خلايا الأرنب، توجد رامزتين تشفران للحمض الأميني Gln عند الكائن tetrahymena ولكنهما تعبران عن رامزة توقف عند الأرنب، وهذا ما يفسر سبب ظهور قطع ببتيدية قصيرة. فعند ترجمة الجزء من الـ ARNm الخاص بالبروتين (A) المُعطى نحصل على ثلاثة قطع ببتيدية كما يلي:

Ile – Met – Tyr – Lys / Val – Ala / Thr – Gln – Leu

الجزء الثاني

1- تفسير اختلاف ناتج التعبير المورثي

عند الأرنب، خلال تنشيط الأحماض الأمينية، يرتبط كل ARNt بالحمض الأميني الخاص به بوساطة إنزيمات التنشيط النوعية، ثم ينقلها إلى مقر الترجمة حيث يقوم بالتعرف على الرامزة التي توافق الحمض الأميني الذي يحمله بواسطة الرامزة المضادة، وهكذا تتم ترجمة المعلومة الوراثية إلى بروتين.

ولكن حالة tetrahymena خاصة، فالشكل (أ) من الوثيقة (ب) يبين أنها تمتلك جزيئات مشابهة للـ ARNt العادية تسمى بـ – Iso accepteur d'ARNt، حيث أن هذا الجزيئات لها قُدرة الارتباط بالحمض الأميني الغلوتامين (Gln) ومن جهة أخرى تمتلك رامزات مُضادة تمكنها من التعرف على بعض رامزات التوقف في الـ ARNm.

2- اقتراح حل

لاقتراح الحل نتعرف على سبب الخلل أولا، فمن خلال الشكل (أ) من الوثيقة (2) نلاحظ أن الطفرة تَمُسُّ الرامزة السادسة حيث تم استبدال القاعدة الثانية A في الأليل الطبيعي بالقاعدة T في الأليل الطافر فأصبحت الرامزة ATT، وعند استنساخ جزء الأليل الطافر تُنسخ هذه الرامزة لـ UAA وهي رامزة توقف، وعند ترجمة الـ ARNm الطافر تتوقف الترجمة عندها ونحصل على قطعة ببتيدية قصيرة عوضا عن بروتين الكازيين فينتج حليب الأم خاليا منه.

والحل مشار له في الشكل (أ) من الوثيقة (2)، وهو حقن الغدد الثديية للأم التي يخلو حليبها من الكازيين نتيجة الطفرة المذكورة بجزيئات ARNt مُصنعة مخبريا لها القدرة على حمل الحمض الأميني الموافق للرامزة UUA، وفي نفس الوقت تمتلك رامزة مضادة تمكنها من التعرف على رامزة التوقف UAA، فتتم ترجمة الـ ARNm بشكل طبيعي وينتج حليب غني بالكازيين الضروري لنمو الرضيع.

التمرين الثالث: (08 نقاط)

الجزء الأول

1- الجزيئات الغشائية المُتدخلة على مستوى القَرن الخلفي في نقل الرسالة العصبية للإحساس بالألم

الجزيئات الغشائية المُتدخلة على مستوى القرن الخلفي في نقل الرسالة العصبية للإحساس بالألم	المقر	الدور
قنوات فولطية لشوارد Ca^{2+} (مُبوّبة كهربائيا)	التفرع النهائي للعصبون الحسي (C)	عند وصول الرسالة العصبية (كمونات العمل) الناتجة عن التنبيه أو الإصابة، تُفتح وتسمح بدخول شوارد Ca^{2+} التي تحفز تحرير المبلغ العصبي "المادة P" في الشق المشبكي.
مستقبلات قنوية للمادة P (مُبوّبة كيميائيا)	الغشاء بعد مشبكي للمشبك المُنبّه في الجسم الخلوي للعصبون الوارد إلى الدماغ	بعد تحرير المادة P من طرف العصبون الحسي (C) تتوضع على هذه المستقبلات فتنفتح وتسمح بتدفق شوارد Na^{+}، تتولد نتيجة لذلك سيالة عصبية تنتشر في العصبون الوارد إلى الدماغ ليترجمها السطح الحسي في القشرة المخية إلى إحساس بالألم.
مستقبلات قنوية للأنكيفالين (مُبوّبة كيميائيا)	الغشاء بعد مشبكي للمشبك المثبط في الجسم الخلوي للعصبون الوارد إلى الدماغ	بعد تحرير المبلغ العصبي الأنكيفالين من طرف العصبون الجامع يتوضع على هذه المستقبلات وتنفتح قنوات خاصة بشوارد Cl^{-} ينتج عنها كمونات بعد مشبكية مثبطة PPSI، وبالتالي تثبط أو تبطيء إفراز المادة فتلغي أو تخفف الإحساس بالألم

يمثل الشكل (ب) تغير عدد كمونات العمل بدلالة الزمن في العصبون الوارد إلى الدماغ بعد تنبيه العصبون الحسي (C) في غياب وفو وجود سم العنكبوت حيث نلاحظ أنه في العصبون الشاهد، عدد كمونات العمل في العصبون الوارد إلى الدماغ كبير. بينما بعد 5 دقائق من حقن سم العنكبوت عدد كمونات العمل في نفس العصبون قليل جدا يكاد ينعدم.

نستنتج أن تأثير سم العنكبوت مماثل لتأثير الأنكيفالين وهو إزالة الإحساس بالألم.

2- اقتراح ثلاث فرضيات لتفسير تأثير السّم

- الفرضية 1: يمنع السّم انفتاح القنوات الفولطية لشوارد Ca^{2+} المتواجدة في التفرع النهائي للعصبون الحسي (C) ويُثبّط إفراز المادة P فلا يتولد إحساس بالألم.

- الفرضية 2: يتوضع السّم على الغشاء قبل مشبكي للمشبك المنبه في الجسم الخلوي للعصبون الحسي (C) ويمنع اندماج حويصلات المادة P وتحريرها في الشق المشبكي فلا يتولد إحساس بالألم.

- الفرضية 3: يرتبط السم بمستقبلات المادة P في الغشاء بعد مشبكي ويمنع توضع المادة P على مستقبلاتها فيلغي الإحساس بالألم.

الجزء الثاني

1- تفسير النتائج الموضحة في الوثيقتين (2) و(3)

تفسير نتائج الوثيقة (2)

الشكل (أ): يمثل نتائج التجربة (1) التي أُجريت على جزء من غشاء العصبون الحسي (C) يحتوي على قناتي Na^+ و K^+ مرتبطتين بالفولطية. نسجل أولا تيارا داخليا سريعا قدره -0.5 (mA / cm^2) يُفسَّر بانفتاح القنوات الفولطية لشوارد الصوديوم ودخول كمية منها إلى الهيولى، ثم نسجل بعده مباشرة تيارا خارجيا بطيئا يقدر بحوالي +2 (mA / cm^2) يُفسّر بانفتاح القنوات الفولطية لشوارد البوتاسيوم وخروج كمية منها.

تُسجَّل نفس النتائج المذكورة في الحالة العادية وعند إضافة السم بتركيز (1µmol) ويُفسّر ذلك بأن سم العنكبوت لا يؤثر على القنوات الفولطية لشاردتي الصوديوم والبوتاسيوم.

الشكل (ب): يمثل نتائج التجربة (2) أُجريت على قطعة من غشاء هيولى النهاية العصبية لعصبون حسي (C) يتكون من قناة (Ca^{+2}) من النمط (N) مرتبطة بالفولطية وموجودة في جميع أنحاء الجهاز العصبي. في الحالتين العادية وفي وجود السّم المدروس، نسجل نفس النتائج والمتمثلة في تسجيل تيار داخلي سريع جدا يقدر بحوالي 250 nA ناتج عن انفتاح قنوات Ca^{+2} الفولطية ودخول كمية منها، ثم عودة إلى الحالة الطبيعية تدريجيا. وبالتالي السم المدروس لا يؤثر على القناة (Ca^{+2}) من النمط (N) المرتبطة بالفولطية.

الشكل (ج): يمثل نتائج التجربة (3) أُجريت على قطعة من غشاء النهاية العصبية لعصبون حسي (C) يتكون من قناة (Ca^{+2}) من النمط (T) مرتبطة بالفولطية. في الحالة العادية لهذه التجربة نسجل نفس نتائج الحالة العادية للتجربة الثانية. أما في وجود السم فإننا لا نسجل تيارا داخليا ويفسر ذلك بعدم انفتاح القنوات الفولطية لشوارد Ca^{2+} وعدم دخولها إلى النهاية المحورية لأنه تم تثبيطها بواسطة السّم.

تفسير نتائج الوثيقة (3)

تمثل نتيجة التجربة (4) التي تم فيها حقن مواد مختلفة على مستوى الشّق المشبكي للمشبك المنبّه الذي يعمل بواسطة المادة P.

المرحلة 1: عند حقن المادة P وسم العنكبوت، يُثبّط سُمّ العنكبوت انفتاح القنوات الفولطية لـ Ca^{2+} ويمنع تحرير المادة P. ولكن المادة P المَحقونة تتثبّت على مستقبلاتها القنوية في الغِشاء بعد مشبكي فتتناقص المادة P الحرة، وتُفتح قنوات Na^+ فنسجل PPSE في الغشاء بعد مشبكي ينتشر على شكل كمون عمل في العصبون الوراد إلى الدماغ مُسبّبا الإحساس بالألم.

المرحلة 2: عند حقن الأنكيفالين وسمّ العنكبوت، تتثبت الأنكيفالين على الغشاء بعد مشبكي فتتناقص جزيئاتها الحرة ونسجل PPSI. كما أن سمَّ العنكبوت يُثبط انفتاح القنوات الفولطية لـ Ca^{2+} ويمنع تحرير المادة P فلا يتولد إحساس بالألم.

المرحلة 3: عند حق كل من المادة P والأنكيفالين فإنها تتثبت على مستقبلاتها القنوية في الغشاء بعد مشبكي فتتناقص المادتين الحرتين، المادة P تُحدث PPSE والأنكيفالين تُحدث PPSI ومُحصلة مجموعهما الجبري (تجميع) PPSE أقل من العتبة لم ينتشر في العصبون الوارد إلى الدماغ على شكل كمون عمل فلم ينتج إحساس بالألم، فالمادة P تُسبّب الإحساس بالألم ولكن الأنكيفالين تزيله.

المرحلة 4: عند حقن السّم ثم إحداث تنبيه كهربائي فعال في العصبون الحسي (C)، تنتشر السيالة العصبية الناتجة عن التنبيه الفعال في العصبون الحسي وتصل إلى النهاية المِحورية في القرن الخلفي للنخاع الشوكي، ولكن السّمّ يُثبط انفتاح قنوات Ca^{2+} المتواجدة فيه ويُفتح عدد قليل جدا منها يُحفز تحرير عدد قليل من حويصلات المادة P، فنسجل تواجد كمية قليلة من المادة P في الشّق المشبكي ونُسجل PPSI ضعيفا جدا لا ينتشر على شكل كمون عمل ولا ينتج عنه إحساس بالألم.

2- الاستخلاص: سم العنكبوت بديل للمورفين

سم العنكبوت يثبط القنوات الفولطية لـ Ca^{2+} ويمنع تحرير المادة P المسؤولة عن الإحساس بالألم، لذا يمكن استعماله كدواء (مُخدِّر) لإزالة الإحساس بالألم عند إجراء العمليات الجراحية أو في حالة الإصابة مثلا. أما المورفين فإنه يؤثر على مستوى المشابك حيث يرتبط بمستقبلات الأنكيفالين ويثبط إفراز المادة P كذلك مانعا الشعور بالإحساس بالألم، ولكن له آثار جانبية خطيرة كالإدمان، ولهذا فسمُّ العنكبوت أكثر فاعلية وأقل ضررا على الجسم من المورفين.

الجزء الثالث

مخطط يلخص نتائج تأثير سم العنكبوت على آلية نقل الرسالة العصبية في الإحساس بالألم على مستوى المشبك العصبي.