قسم الكيمياء الحيوية **نموذج استرشادى لإجابة امتحان نظري لمادة كيمياء فيتامينات وهرمونات**

لطلاب مرحلة الدراسات العليا – الزمن ساعتين

العام الجامعي ٢٠١٩/٢٠٢٠ الفصل الدراسي الثانى

اجابةالسؤال الاول:-

أ- اذكر ما تعرفه عن الهرمونات التالية:- (أجب عن خمسة فقط)

FSH ، ACTH ، TSH ، Prolactin ، Oxytocin

الاجابة

١) الهرمون المحفز للحويصلات Follicle-stimulating hormone (FSH)

- يبلغ الوزن الجزئي للهرمون الادمي ٣٤٠٠٠دالتون ويتكون من٢١٠حامض اميني ويبلغ فترة نصف العمر في الدم ٢٤٠ دقيقة ويعتبر هذا الهرمون بروتين كربوهيدراتي. يُفرز هرمون (FSH) مع الهرمون اللوتيني (LH) من الفص الامامي للغدة النخامية.
- وظيفة الهرمون:
- ١- المسئول عن انظلاق هرمون الاستروجين من المبيض في الإناث
- ٢- في الذكور يلعب هرمون (FSH) دورآ هامآ في المراحل الأولي من تكوين الحيوانات المنوية.(أي انة يعتبر من الهرمونات المنشطة للغدد الجنسية)

- ٣- الهرمون المحفز لقشرة الغدة الكظرية **Adrenocorticotropic (ACTH)**
- ينظم هذا الهرمون نشاط قشرة الغدة الكظرية ويتحكم في إفراز هذا الهرمون مستوى هرمونات قشرة الغدة الكظرية في الدم وهرمون يفرز من تحت المهاد يسمى الهرمون المحرر للهرمون المنظم لقشرة الغدة الكظرية Adrenocorticotropic hormone- releasing factor .

-

الهرمون المحفز للغدة الدرقية **Thyroid-stimulating hormone(TSH)**

يـرتبط هـذا الهرمـون تركيبيـا بالهرمونـات المنبـة للغـد الجنسـية والتـي تشـمل هرمونـات ال.LH،FSH

- يعمـل هـذا الهرمـون علـى تنظمـي إنتـاج هرمـوني الغـدة الدرقيـة thyroid gland الثيروكسـين thyroxione وثلاثـي أيـودوالثيرنين triiodothyronine ويتـأثر إفـراز الهرمون المحفز للغدة الدرقية بمستوى هرمونات الغدة الدرقية في الدم وأيضاً بمادة تفرز مـن منطقـة تحـت المهـاد تسـمى العامـل المحـرر الحـافز للغـدة الدرقيـة -Thyroid stimulating hormone-releasing factor .
- ———

- **هرمون البرولاكتين أو هرمون الحليب أو هرمون اللبن (Prolactin).**
- يُفرز هرمون البرولاكتين من الفص الأمامي للغدة النخامية في كل من الذكر والأنثى، بالنسبة للذكر فلا يعرف حتى الان أي وظيفة فسيولوجية لهذا الهرمون أما في الأنثى في مرحلة النشاط الفسيولوجي فيعمل البرولاكتين على نمو الأعضاء الأنثوية وخاصة الثدي بالمشاركة مع الاستروجين.
- يبلغ الوزن الجزئي لهذا الهرمون في الاغنام ٢٣٠٠دالتون حيث يتكون من ١٩٩حمض اميني ويشبة في تركيبة الي حد كبير تركيب هرمون النمو.
- التأثيرات البيولوجية له:
- ١- احداث تميز وتطور الغدد اللبنية بالإضافة الي تنبية هذة الخلايا لانتاج وتكوين بروتينات اللبن وباقي مكوناته أي انه يعمل علي نمو الأعضاء الانثوية وخاصة الثدي بالمشاركة مع الاستروجين
- ٢-يساعد علي ميل الطيور الي الرقاد وعناية امهات الارانب بالعش ويمكن القول بان لة تاثير خاص علي ظهور سلوك الامومة في اناث الحيوانات اما في الذكور يؤثر علي الخصية لتنبية تكوين هرمون التستوسيترون.
- ٣- يكـون البـرولاكتين أنثـاء الـدورة الشـهرية منخفضـآ فـي النصـف الاول منهـا (Follicular Phases)ويرتفع في النصف (Luteal Phases)
- ٤- اثنـاء الحمـل فيـزداد مسـتوى هرمـون الحليـب أو البـرولاكتين فـي الـدم تـدريجيآ مـع استمرار الحمل ليصل إلى اقصاه بعد الولادة، وتعمل هذه الزيادة على تهيئة الثدي لتكوّن الحليب من اجل ارضـاع المولود، ويتناقص البرولاكتين تدريجيآ بعد الولادة ليصل إلى مستواه الطبيعي في مدى أربعة أسابيع تقريبآ.

٢ ـأشرح بالرسم التخطيطى طريقة عمل الهرمونات الببتيدية والبروتينية

الاجابة

كيفية عمل الهرمون **Mechanism of Hormone Action**

تنتقل الهرمونات عن طريق الدورة الدموية إلي كل خلايا الجسم،ولكن هذه الهرمونات لا تؤثر إلا في خلايا معينة وبالتالي فان أنسجة معينة في الجسم هي التي تتأثر بهرمون معين رغم مرور هذا الهرمون علي كل خلايا الجسم وبالتالي فالسؤال الآن لماذا يتأثر نسيج معين أو خلايا معينة بهرمون رغم مروره في الدورة الدموية علي كل خلايا الجسم.وهذا السؤال مشابه تماما لسؤال أخر وهو تكوين ال Antigen-Antibody complexes فالهرمون يعتبر Antigen وعند إفرازه في الدم يرتبط بال Antibody الخاص به.والإجابة علي السؤالين واحدة وهي التخصص Specificity والتخصص بالنسبة للهرمون مع خلايا النسيج الهدف يعتمد علي مطابقة الهرمون مع المستقبل receptor الخاص به علي خلايا النسيج الهدف. ولكل هرمون ال Receptor الخاص به في أو علي خلايا النسيج الهدف. والReceptors عبارة عن بروتينات موجودة أما علي جدار الخلية (Plasma) cell membrane أو في سيتوبلازم الخلية الهدف.

الهرمونات الببتيدية والمستقبلات الخاصة بها علي جدار الخلايا

Peptide Hormones and Cell Membrane Receptors

أغلب الهرمونات الببتيدية والبروتينية تعمل علي الجدار الخارجي للخلية الهدف Target Cell بالارتباط علي المستقبل الخاص بها علي جدار الخلية Cell membrane receptor.

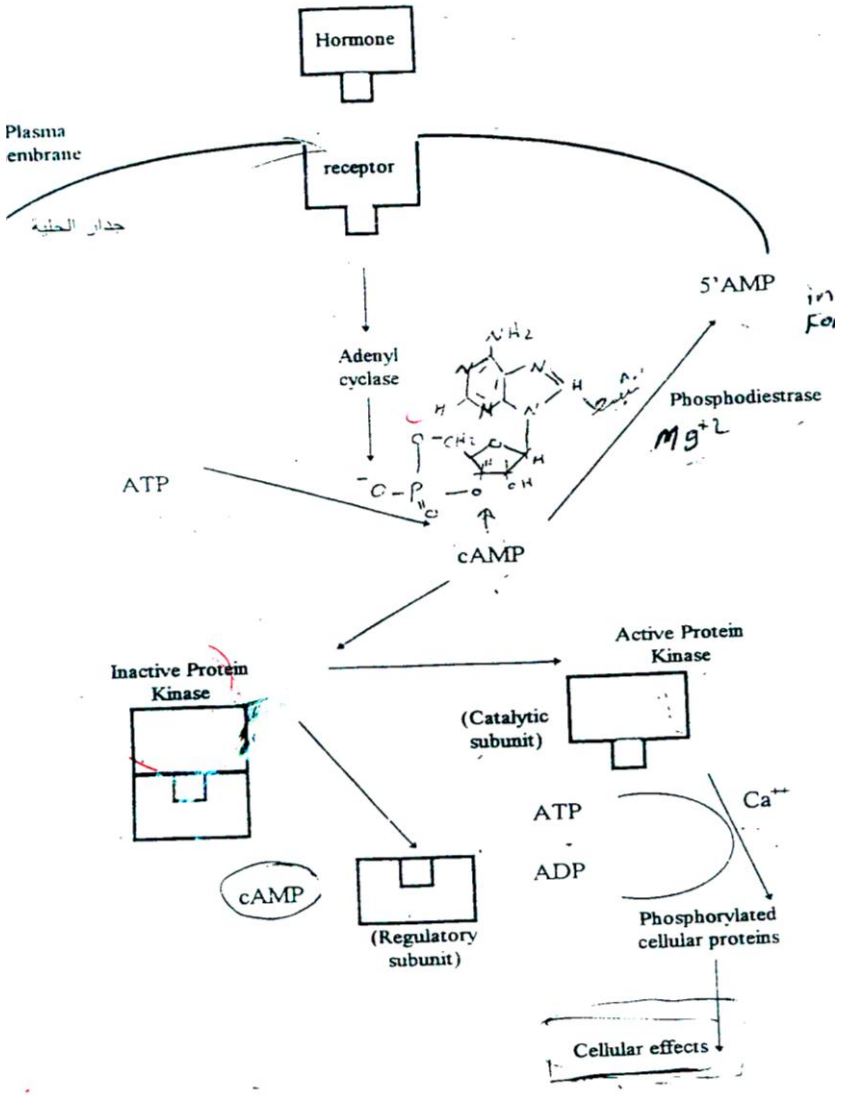
وعند ارتباط الهرمون علي ال Receptor الخاص به علي جدار الخلية ينشط ذلك التفاعل إنزيم Adenyl cyclase حيث يقوم هذا الإنزيم بتحويل ال ATP إلي Cyclic AMP.

والمستقبل Receptor نفسه هو عبارة عن Lipoprotein complex موجود علي جدار الخلية وكل خلية يمكن أن تحتوي علي مئات أو ألاف من هذه المستقبلات والتي تغطي جزء كبير من سطح جدارها. أما عن طريق تنشيط One hormone-receptor complex لوحدة واحدة من إنزيم Adenyl Cyclase أو عن طريق تنشيط عدة وحدات مستقبلة Several receptor units لوحدة من إنزيم Adenyle cyclase فهي غير معروفة أو غير واضحة حتى الآن.

ويقوم انزيم Adenyl Cyclase باستخدام ال (ATP) Adenosine triphosphate كمادة لانتاج (Cyclic AMP) cyclic 3, 5,-adinosine monophosphate كما ينتج ايضا ال Pyrophosphate

حيث تقوم cAMP الناتجة بالوظائف البيولوجية للهرمون وهناك بعض المجموعات الإنزيمية وهي ال Phosphodiestrases والتي تقوم بتثبيت تنظيم cAMP وتحويلها إلي صورة غير نشطة (5,AMP) ونشاط هذه الإنزيمات Phosphodiestrases يحتاج إلي ايونات المغنسيوم أو بمعني أخر فان ايونات المغنسيوم ضرورية لهذه الإنزيمات لإظهار نشاطها،وهناك بعض المركبات مثل ال Theophylline, Caffeine and Methyl xanthines تقوم بتثبيت نشاط ال Phosphodiestrases وبالتالي فهذه المركبات تعمل علي زيادة مستوي cAMP وبالتالي فان هذه المركبات تزيد الآثار البيولوجية لأي هرمون يتوسط نشاطه cAMP.

والشكل السابق (شكل ٥) يوضح أن اتصال الهرمون بالمستقبل الخاص به علي جدار الخلية يسبب تنشيط إنزيم Adenyl cyclase ونشاط هذا الإنزيم يسبب فقد الفوسفات من ال ATP ويحوله إلي Cycli AMP الناتجة يمكن تثبيتها بواسطة (Phosphodiestrase enzymes cAMP) ثم ترتبط cAMP الناتجة بال Regulatory inactive protein kinase وتنطلق ال Active proteinkinase (Catalytic subunit) وفي وجود Ca وال ATP يقوم ال Active protein kinase بعملية فسفرة Phosphorelation وبالتالي يبدأ في إظهار الآثار البيولوجية للهرمون داخل الخلية.



الشكل يوضح طريقة عمل الهرمونات الببتدية والبروتينية

١- وضح التخليق الحيوى للهرمونات التالية:

١- هرمونات الغدة الدرقية ٢ – الكاتيكولامين

تواجد هرمونات الغدة :

تتواجد هرمونات الغدة الدرقية فى صورتين :

(١) صورة حرة Free form ٠,٥% وهى الصورة النشطة للهرمون.

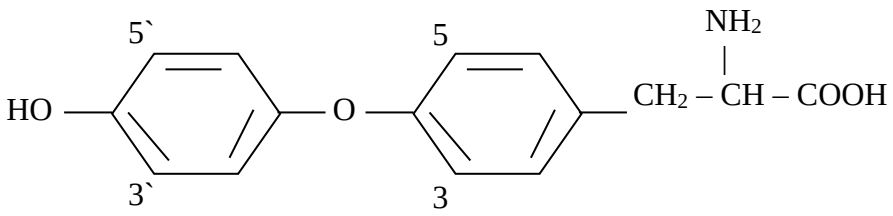
(٢) صورة مرتبطة Bound form ٩٩,٥% وهى مرتبطة مع بروتينات بلازما الدم مثل:

1- Thyroxine – binding globulin (TBG)
2- Thyroxine binding pre albumin (TBPA)

3- Serum albumin

والصورة المرتبطة هى الصورة المخزنة للهرمون.

ويعتبر T_3 أنشط من T_4 بمقدار ٥ : ٨ مرات وهذا يرجع إلى وجود فراغ على ذرة الكربون (`5) أى لا ترتبط باليود وهذا الفراغ يجعل T_3 أكثر نشاطاً من T_4 .



خطوات التخليق الحيوى لهرمونات الدرقية

Bio synthesis of thyroid hormones

يتم ذلك على ثلاث خطوات :

(أ) انتقال اليود Iodide transport

عند تناول الغذاء المحتوى على اليود العضوى (I_2) Iodine يتحول قبل امتصاصه فى الأمعاء إلى يود غير عضوى (I^-) Iodide .

$$I_2 \longrightarrow I^-$$

وبعد امتصاصه فى الأمعاء على صورة Iodide ينتقل عن طريق الدم إلى الغدة الدرقية عن طريق عملية النقل النشط Active transport ويرتبط بعد دخوله داخل الغدة بالفسفوليبيدات الموجودة فى جدران خلايا الغدة التى تأهله للارتباط بمركب Thyroglobuline وتسمى هذه العملية بـ Iodide pump .

(ب) ارتباط اليود بالثروجلوبيولين Iodination of thyroglobulin

مركب الثيروجلوبيولين عبارة عن أربعة سلاسل ببتيدية تحتوى على الحامض الأمينى تيروزين.

قبل ارتباط اليود الغير عضوى Iodide بمركب الثيروجلوبيولين يتحول أولاً إلى يود عضوى Iodine .

$$2\,I^- \xrightarrow{\text{Thyroid peroxidase}} I_2 + 2e^-$$

Iodide Iodine

ثم يرتبط اليود العضوى Iodine بمركب الثيروجلوبيولين على الحامض الأمينى تيروزين ويكون Mono iodo tyrosine (MIT) ثم ترتبط ذرة يود اخرى ويكون Di iodo tyrosine (DIT) .

(جـ) الازدواج أو التزاوج Coupling

وهذه الخطوة تحدث بين المركبين السابقين فى الخطوة السابقة حيث عند اتحاد :

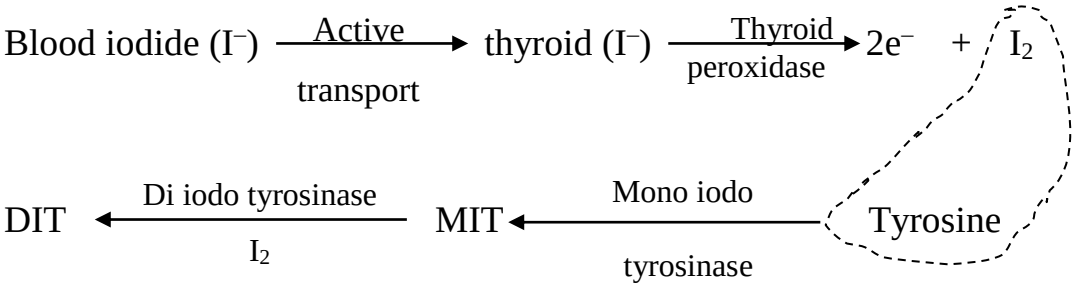
$$MIT + DIT \longrightarrow T_3$$

$$DIT + DIT \longrightarrow T_4$$

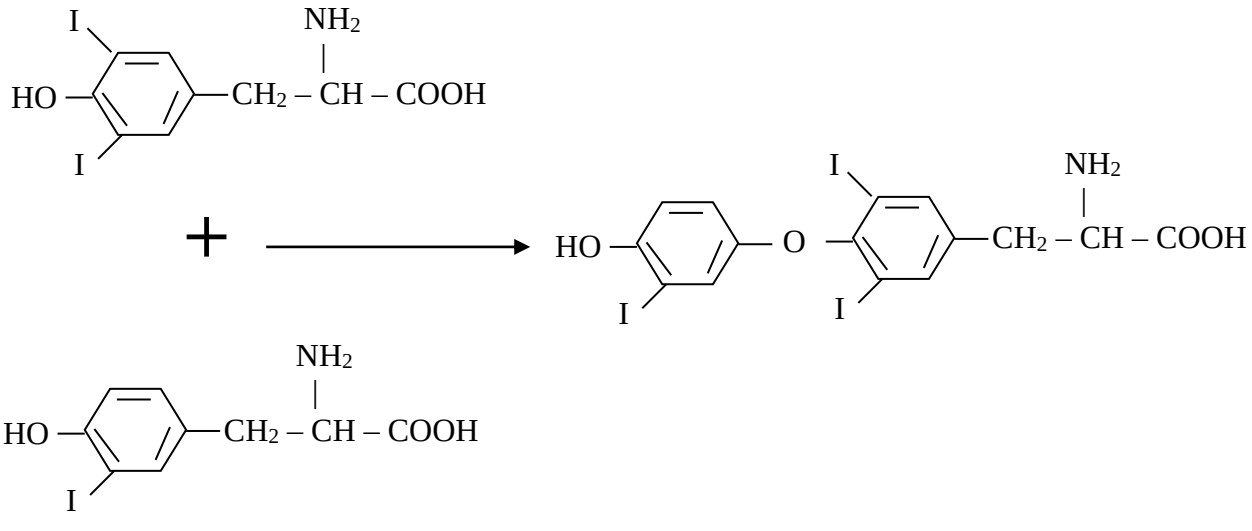
وتحدث هذه الخطوة تحت تأثير إنزيم thyroid peroxidase وبهذا يكون هرمون T_3 ، T_4 مخزن فى الغدة الدرقية مرتبط بمركب الثيروجلوبيولين برابطة ببتيدية.

ثم يحدث تحلل لجزئ Thyroglobulin بعملية Protein hydrolysis بواسطة Protolytic enzyme لتحرر الهرمونات من الغدة.

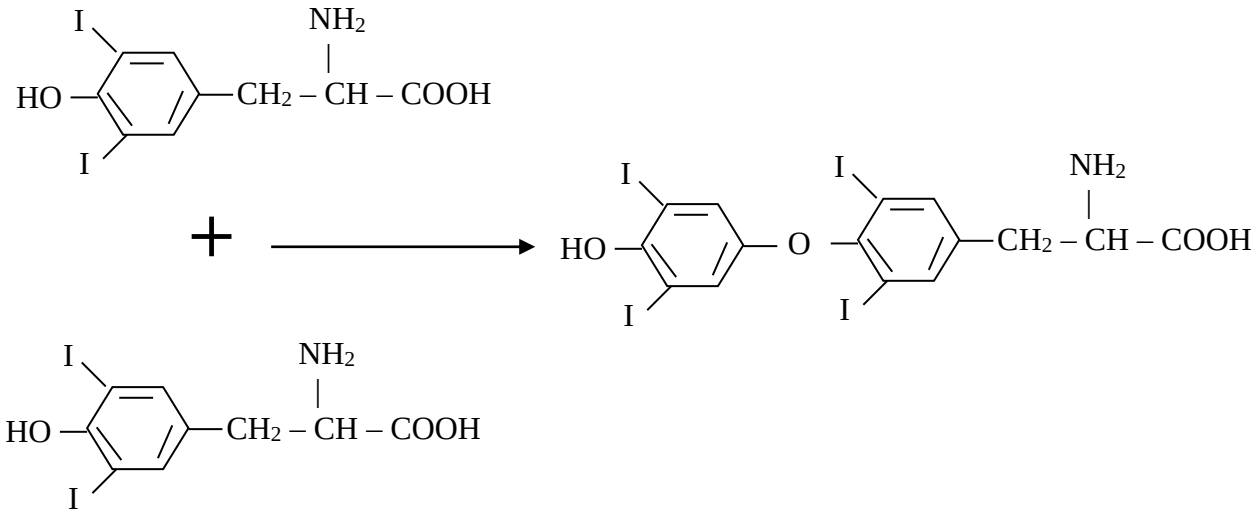
مخطط يوضح خطوات التخليق :



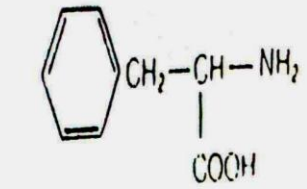
DIT + MIT $\xrightarrow{\text{Tri iodo tyrosinase}}$ **(T_3) 3,5,3` Triiodo thyronine**



DIT + DIT $\xrightarrow{\text{Tetra iodo tyrosinase}}$ **(T_4) 3,5,3`,5` Tetra iodo thyronine**

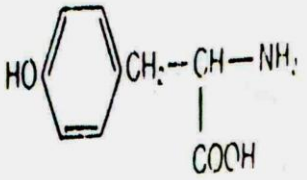


Catechalamines تخليق الـ



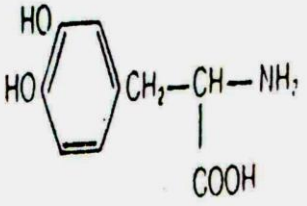
Phenylalanine

① Phenylalanine hydroxylase (liver)



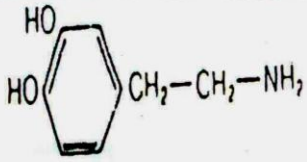
Tyrosine

② Tyrosine hydroxylase



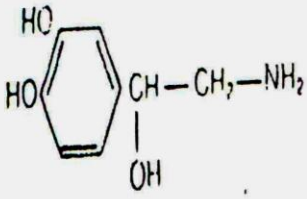
Dopa

③ L-Aromatic amino acid decarboxylase



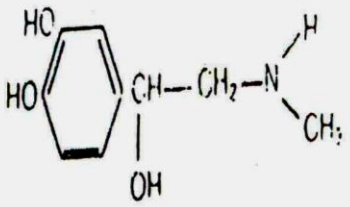
Dopamine

④ Dopamine-β-hydroxylase

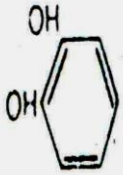


Norepinephrine

⑤ Phenylethanolamine N-methyltransferase



Epinephrine



CATECHOL

1, 2 dihydroxy benzene

السؤال الثانى:-

١- اذكر الفعل البيولوجي للهرمونات التالية ودورها في عملية الهضم:

الاجابة

تأثيرات الهرمونات المعدية المعوية على عمليات الهضم

الهرمون	العامل المنبه لإفرازه	مكان تكوينه	دوره فى عملية الهضم
الجاسترين Gastrin	غدة المعدة	الغشاء المخاطى لمنطقة البواب	– ينبه إفراز الحمض المعدى وإنزيم الببسين إلى حد ما – ينبه تدفق إفرازات الصفراء – يثبط امتصاص الماء والإلكتروليتات فى الأمعاء – يحدث إنقاص العضلة العاصرة فى المعدة والبلعوم – يحدث انقباض العضلة العاصرة الحرقفية الأعورية
السكرتين Secretin	حموضة مكونات الاثنى عشر	الغشاء المخاطى للاثنى عشر	– ينبه الحويصلات البنكرياسية والأنابيب الصفراوية لإفراز الماء وأيونات البيكربونات – يثبط الإفراز المعدى من الجاسترين – يثبط الحركة النودية للمعدة – ينبه إفراز الببسين والأنسولين
كوليسستوكينين – بنكريوزيمين Chole cystokinin – Pancreozymin **(KCC-PZ)**	الكيموس الدهون الأحماض الدهنية	الغشاء المخاطى للاثنى عشر	– ينبه إفراز الإنزيمات من الحويصلات البنكرياسية مثل الأميلاز والتربينوجين والليباز – ينبه انقباض وتفريغ الحوصلة المرارية – يثبط الإفرازات المعدية

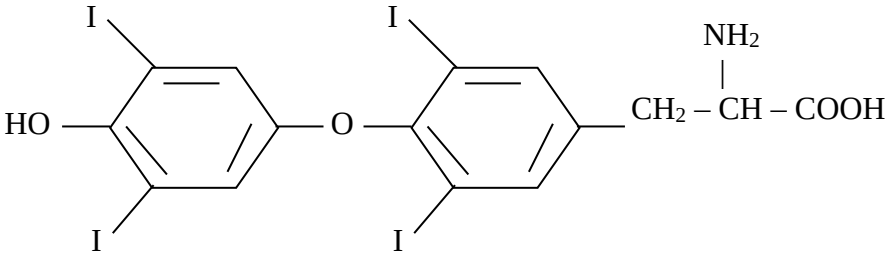
جـ - اذكرالتركيب الكيميائى، اعراض النقص والزيادة للهرمونات التالية :-

هرمونات الغدة الدرقية - هرمون الانسولين - الجلوكاجون

الاجابة

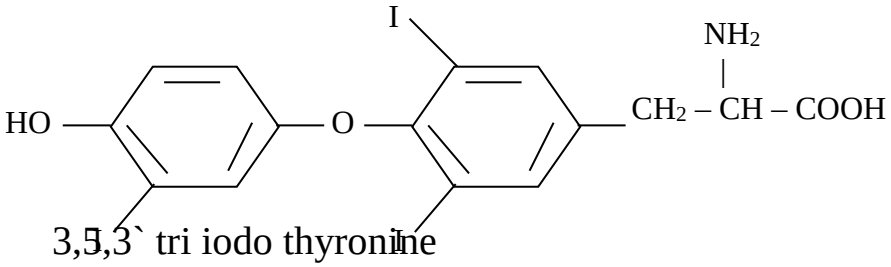
إفرازات الغدة وتركيبها الكيميائى :

(١) رباعى أيودو ثيرونين Tetra iodo thyronine (T_4) ويطلق عليه Thyroxin.



3,5,3`,5` tetra iodo thyronine

(٢) ثلاثى أيودو ثيرونين Tri iodo thyronine (T3) ويطلق عليه تيروزين ثلاثى اليود.



3,5,3` tri iodo thyronine

هرمون ثيروكالسيتونين Thyro calcitonin

نقص إفراز الهرمون **Hypothyroidism**	زيادة إفراز الهرمون **Hyper thyrodism**
(١) مرض الكرتنزم Cretinism (القماءة) ● يصيب الصغار ● أعراضه: ١- انخفاض درجة الحرارة	**(١) مرض جراف (الجويتر الجحوظى)** ● أعراضه : ١- جحوظ العين ٢- زيادة حجم الدرقية

٢- انخفاض مستوى التمثيل القاعدى
٣- سماكة الشفتين وتضخم اللسان
٤- تأخر النضج الجنسى
٥- انخفاض معدل النبض
٦- سماكة وقصور الأيدى والأقدام
٧- حدوث نوع من التخلق العلقى

- علاجـه الحقـن بالثيروكسـين أو بـاليود المشع

(٢) مرض المكسيديما Myxedema

- يصيب الشباب
- أعراضه:

١- بطء الاستجابة للمنبهات العصبية
٢- انخفاض معدل التمثيل القاعدى
٣- انخفاض الرغبة الجنسية.
٤- سقوط الشعر
٥- انتفاخ وتورم وخشونة الجلد
٦- تضخم الدرقية

- علاجــه : الحقـن بالثيروكسـين مـدى الحياة أو باليود المشع.

- علاج إزالة جزء من الدرقية أو التعرض لأشعة إكس

(٢) مرض الورم الغدى التسممى:

وهو ينتج من فرط حساسية الغدة لفعل هرمون TSH

- أعراضه :

١- النشاط الزائد
٢- عدم الراحة
٣- القابلية للإثارة والانفعال
٤- القلق وصعوبة النوم
٥- وجود رعشة
٦- قوة عصبية تزيد عنده الإحساس
٧- ارتفاع ضغط الدم
٨- سرعة ضربات القلب
٩- زيادة درجة حرارة الجسم
١٠- نقص الوزن
١١- زيادة نسبة التمثيل القاعدى
١٢- زيادة نسبة العرق فى درجات الحرارة العادية
١٣- زيادة نشاط المعدة والأمعاء

- علاجه: إزالة جزء من الغدة أو التعرض لأشعة إكس.

هرمـون الأنسـولين

التركيب الكيميائى للأنسولين :

يتركب هرمون الأنسولين من سلسلتين من الأحماض الأمينية:

١) سلسلة A تتكون من ٢١ حمض أمينى.
٢) سلسلة B تتكون من ٣٠ حمض أمينى.

وترتبط السلسلتين بواسطة روابط ثنائية الكبريت فى المواقع التالية :

- الحمض الأمينى ٧ ، ٢٠ بالنسبة للسلسلة A .
- الحمض الأمينى ٧ ، ١٩ بالنسبة للسلسلة B .

كما توجد رابطة ثنائية الكبريت فى السلسلة A فقط بين الحمضين ٦ ، ١١.

وهذه الروابط ضرورية لاستقرار تركيب جزىء هرمون الأنسولين كما أنها ضرورية أيضاً لإظهار نشاطه البيولوجى.

ويتراوح الوزن الجزيئى للأنسولين ما بين ٥٧٠٠-٦١٠٠ ويصبح الأنسولين غير فعال بفعل الانزيمات المحللة للبروتين شأنه فى ذلك شأن أى عديد ببتيد آخر.

وظـائف الأنســولين

من أهم التأثيرات البيولوجية الخاصة بالأنسولين ما يلى :

١- يساعد على احتراق الجلوكوز للحصول على الطاقة اللازمة للجسم.

٢- يساعد على تكوين الجليكوجين من الجلوكوز وتخزينه فى الكبد والعضلات.
٣- يسبب نقص الفوسفات والبوتاسيوم فى السيرم نتيجة لتحويل الجلوكوز إلى جليكوجين.
٤- يمنع تكوين الجلوكوز من الأحماض الأمينية فى الكبد.
٥- يسبب نقص محتوى الدم من النيتروجين لبناء الأنسجة.
٦- يساعد على بناء الدهون فى الأنسجة الدهنية.
٧- يثبط التكوين المفرط للأجسام الكيتونية.

تأثير نقص الأنسولين

يسبب نقص الأنسولين ظهور السكر فى البول وهو ما يطلق عليه بمرض البول السكرى نتيجة لعدم مقدرة الجسم على تحويل الجلوكوز الزائد إلى جليكوجين وتخزينه فى الكبد والعضلات. فيتراكم كميات كبيرة منه فى الدم أعلى من مقدرة الأنيبيبات الكلوية على إعادة امتصاصه من البول مما يؤدى إلى تسربه وظهوره فى البول وتنخفض كميات الجليكوجين فى الكبد والعضلات والأنسجة الدهنية كثيراً إلى حد التلاشى إذا لم يعالج نقص الأنسولين بحقنه بالكميات الفسيولوجية. وعندئذ يبدأ الجسم فى استعمال بروتين العضلات ثم الدهن المخزن فى الأنسجة الدهنية وينتج عن ذلك نواتج تمثيلية سامة مثل السيتون وحمض Aceto Acetic acid وحمض Bhydroxybuteric acid التى تؤثر على الجهاز العصبى المركزى محدثة غيبوبة أو الـ Coma . وتعتبر قلة إمداد الجهاز العصبى بالطاقة نتيجة نقص السكر من العوامل المحدثة للغيبوبة ، ويؤدى تكرار النقص فى مصادر الطاقة مع طول مدة هذا النقص وتعدد الإصابة بالغيبوبة إلى إضعاف الجهاز العصبى بشقيه المركزى والذاتى.

ويجب أن نفرق بين مرض البول السكرى الناتج عن نقص إفراز الأنسولين وبين مرضين آخرين يؤديان إلى ظهور السكر فى البول ولكن يختلفان فى المسبب وباقى الأعراض وهما :

(١) مرض البول السكرى البرى :

أو البول السكرى الكلوى والذى ينتج عن عدم مقدرة الكلى على حجز الجلوكوز من البول ولا يظهر له أعراض مرضية.

(٢) مرض البول السكرى الكاذب :

ويسمى أيضاً مرض سلس البول النخامى ويسبب هذا المرض نقص هرمون الـ ADH من الفص الخلفى للنخامية مما يؤدى إلى تزايد إدرار البول الخالى من السكر بكميات كبيرة قد تصل إلى ٢٠ لتر فى اليوم.

التأثيرات الأيضية للأنسولين :

تظهر التأثيرات الأيضية لهرمون الأنسولين على الكائن الحى باستعمال البنكرياس وبواسطة إعطاء الأنسولين بطريق الحقن للحيوانات الطبيعية.

أ) استئصال البنكرياس :

ينتج عن استئصال البنكرياس ما يأتى :
١- ارتفاع نسبة السكر فى الدم وإفراز السكر فى البول.
٢- إفراغ مخازن الجليكوجين للكبد والعضلات.

٣- انخفاض سرعة أكسدة الجلوكوز أى انخفاض الحاصل التنفسي RQ (الحاصل التنفسى هو حجم ثانى أكسيد الكربون الخارج مقسوماً على حجم الأكسجين المستهلك).
٤- ازدياد تكوين الجلوكوز من مصادر غير كربوهيدراتية.
٥- زيادة تحرك الدهن المختزن وازدياد تكوين الأجسام الكيتونية.
٦- ارتفاع نسبة الكوليسترول والليبيدات الأخرى فى الدم.

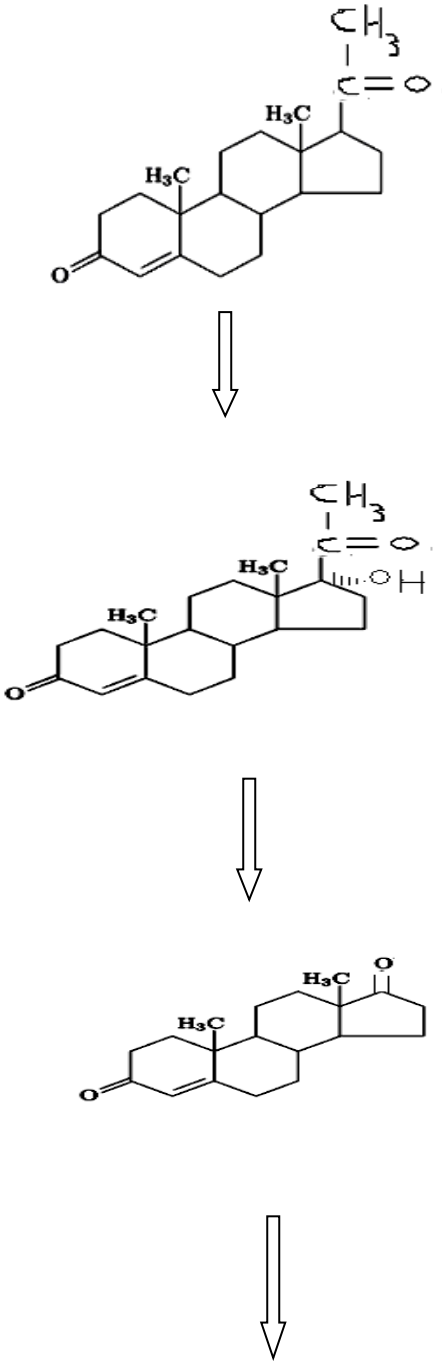
هرمــون الجلوكاجــون

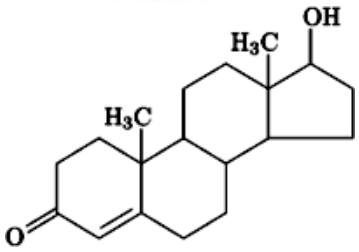
التركيب الكيميائي للجلوكاجون :

- يتكون هرمون الجلوكاجون من ٢٩ حمض أمينى ووزنه الجزيئى ٣٤٥٠ وهو متشابه فى كل الثدييات.
- يفرز الجلوكاجون من خلايا ألفا فى البنكرياس.
- وهو يتكون من سلسلة واحدة ولكن يميل لتكوين حلزون فى التركيزات العالية وهذا الحلزون هو الشكل الذى يخزن عليه الهرمون. كما أن ارتباط الهرمون بالمستقبل الخاص به على جدار الخلية يقتضى وجود هذا التركيب الحلزونى.

جـ - وضح التخليق الحيوى للهرمونات الاستيرويدية التالية (أثنين فقط):

١- Estriol **٢- Testosterone** **٣- Aldosterone**





التخليق الحيوي للتستيستيرون

Progesterone

↓

17-Hydroxy-Progesterone

↓

Androst-4ene-3-17-dione

↓

Testosterone

الإنزيمات هى:

١- 17Alfa- Hydroxylase

٢- 17- Alfa – Hydroxyde hydrogenase

ب-وضح التخليق الحيوى (البناء والهدم) للهرمونات التالية:
١- الثيروكسين ٢ – الكاتيكول أمين

الاجابة

خطوات التخليق الحيوى لهرمونات الدرقية

Bio synthesis of thyroid hormones

يتم ذلك على ثلاث خطوات :

(أ) انتقال اليود Iodide transport

عند تناول الغذاء المحتوى على اليود العضوى (I_2) Iodine يتحول قبل امتصاصه فى الأمعاء إلى يود غير عضوى (I^-) Iodide .

$$I_2 \longrightarrow I^-$$

وبعد امتصاصه فى الأمعاء على صورة Iodide ينتقل عن طريق الدم إلى الغدة الدرقية عن طريق عملية النقل النشط Active transport ويرتبط بعد دخوله داخل الغدة بالفسفوليبيدات الموجودة فى جدران خلايا الغدة التى تأهله للارتباط بمركب Thyroglobuline وتسمى هذه العملية بـ Iodide pump .

(ب) ارتباط اليود بالثروجلوبيولين Iodination of thyroglobulin

مركب الثيروجلوبيولين عبارة عن أربعة سلاسل ببتيدية تحتوى على الحامض الأمينى تيروزين.

قبل ارتباط اليود الغير عضوى Iodide بمركب الثيروجلوبيولين يتحول أولاً إلى يود عضوى Iodine .

$$2\,I^- \xrightarrow{\text{Thyroid peroxidase}} I_2 + 2e^-$$

Iodide Iodine

ثم يرتبط اليود العضوى Iodine بمركب الثيروجلوبيولين على الحامض الأمينى تيروزين ويكون Mono iodo tyrosine (MIT) ثم ترتبط ذرة يود اخرى ويكون Di iodo tyrosine (DIT) .

(جـ) الازدواج أو التزاوج Coupling

وهذه الخطوة تحدث بين المركبين السابقين فى الخطوة السابقة حيث عند اتحاد :

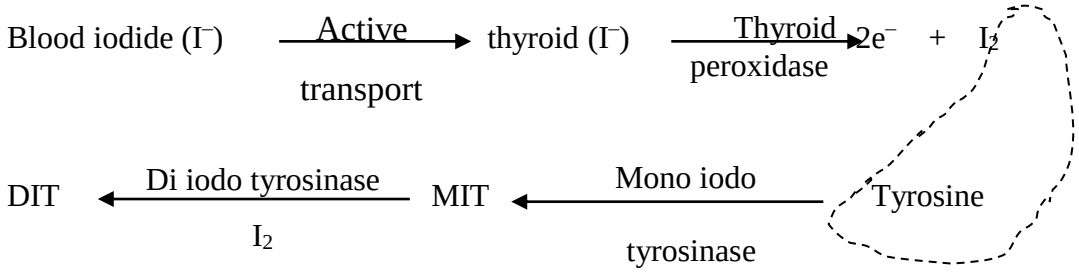
$$MIT + DIT \longrightarrow T_3$$

$$DIT + DIT \longrightarrow T_4$$

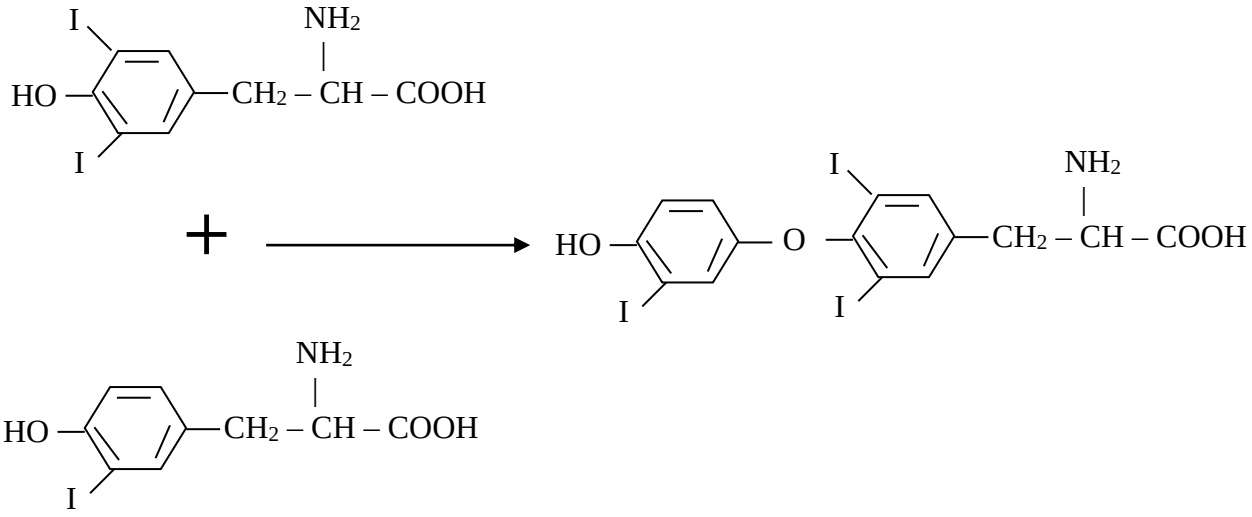
وتحدث هذه الخطوة تحت تأثير إنزيم thyroid peroxidase وبهذا يكون هرمون T_3 ، T_4 مخزن فى الغدة الدرقية مرتبط بمركب الثيروجلوبيولين برابطة ببتيدية.

ثم يحدث تحلل لجزئ Thyroglobulin بعملية Protein hydrolysis بواسطة Protolytic enzyme لتحرر الهرمونات من الغدة.

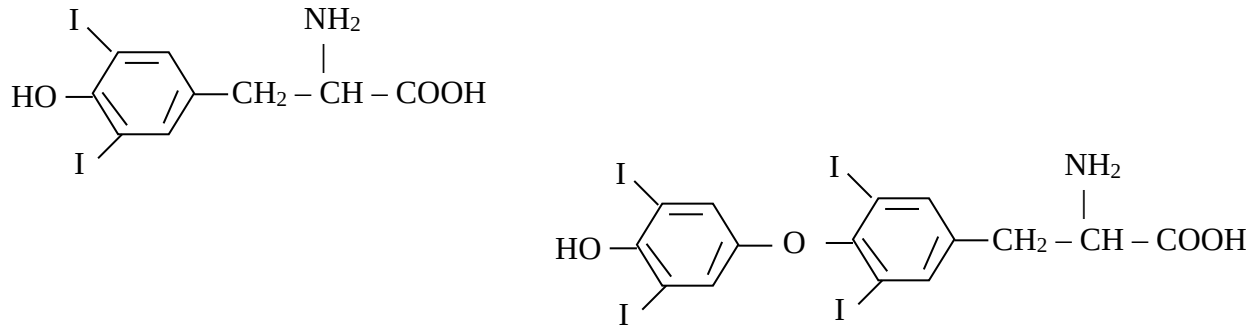
مخطط يوضح خطوات التخليق :



DIT + MIT $\xrightarrow{\text{Tri iodo tyrosinase}}$ **(T_3) 3,5,3` Triiodo thyronine**



DIT + DIT $\xrightarrow{\text{Tetra iodo tyrosinase}}$ **(T_4) 3,5,3`,5` Tetra iodo thyronine**



ثانيا الكاتيكولامينات