

### التنسيق الهرموني : Hormonal coordination

إن حياة الكائن الحي أو قدرته على البقاء أو قابليته في المحافظة على استقراره أو توازنه تعتمد على قدرته على الاستجابة **Responsiveness** للتغيرات **Changes** (أو المنبهات **Stimuli**) في بيئته الخارجية وبيئته الداخلية (أي التي تحدث في داخل جسمه) وهو ما يتطلب آليات أو وسائل تكشف هذه التغيرات وأخرى للاستجابة لهذه التغيرات. وهذا بدوره يحتاج إلى التنسيق بين هذه الآليات (أي بين آليات الكشف واليات الاستجابة).

في الحيوانات تكون الاستجابة للتغيرات في البيئة الخارجية من اختصاص الجهاز العصبي **Nervous system** أما الاستجابة للتغير في البيئة الداخلية فهي من شأن جهاز الإفراز الداخلي **Endocrine System** على أن الاستجابات العصبية أسرع من تلك المسيطر عليها بالهرمونات بسبب السرعة العالية التي تمر بها الإيعازات **Impulses** خلال الأعصاب، تستجيب النباتات هي الأخرى للتغيرات البيئية إلا أنها أبطأ من الحيوانات في الاستجابة للتغيرات أو المنبهات. وتختلف النباتات عن الحيوانات، في أنها تفتقد الجهاز العصبي والعضلات ولا تحتاج إلى الحركة بحثاً عن الغذاء والدفاع عن نفسها ضد المفترسين على نحو ما تفعل الحيوانات، لذا فهي أي النباتات لا تظهر استجابات موضعية سريعة عدا بعض الحالات، وعلى الرغم من ذلك فإنها تستجيب لضروب من المتغيرات في بيئتها وإن هذه الاستجابات تعتمد بصورة رئيسة على الهرمونات التي تنظم النمو وتتفاعل مع التغيرات.

يفهم مما تقدم أن الحيوانات تنجز الاستجابات والتنسيق من خلال الجهاز العصبي والهرمونات، إما النباتات فإنها تنجز ذلك بالهرمونات (الهرمونات النباتية **Plant hormones**)

#### - التنسيق الهرموني

الهرمونات **Hormones** مواد عضوية تنتج بكميات ضئيلة في جزء من الكائن الحي وتنقل إلى أجزاء أخرى حيث تحدث التأثير (أو تعطي الاستجابة). وتختلف الهرمونات النباتية **Plant hormones** أو (**Phytohormones**) عن الهرمونات الحيوانية **Animal hormones** في أن الأولى تنتجها خلايا غير مختصة (خلايا المرستيمات القمية في الغالب) أما الثانية فنتجها غدد **Glands**.

يتضمن التنسيق الهرموني (أو الكيمياوي) في الحيوانات والنباتات.

(1) تحرير مواد كيميائية (هرمونات) من خلايا السائل خارج الخلايا **Extra Cellular Fluid (ECF)**.

(2) نقل هذه الكيمياويات بطريقة أو بأخرى.

(3) تغيير فعاليات خلايا أخرى بفعل هذه الكيمياويات.

#### - التنسيق في الحيوانات

- لقد عرفت فعالية الإفراز الداخلي في الغالبية العظمى من مجموعات اللافقريات. في بعض اللافقريات تفرز الهرمونات من مجموعة خلايا في العقدة العصبية **Neural ganglia** في حين تظهر اللافقريات الأخرى عدداً مختصة تنتج وتحرر الهرمونات. وفي اللافقريات هناك فعاليات كثيرة ومختلفة تتأثر بالهرمونات، ومنها النمو والنضج الجنسي **Sexual**

**maturation**، والتكاثر والتلون **Pigmentation** والانسلاخ **Molting** والتشكل **Morphogenesis**. ويرى البعض أن إلتئام الجروح **Wound healing** في الديدان المسطحة **flatworms** يكون ايضا تحت السيطرة الهرمونية.

اما في الحيوانات الفقرية فإن جهاز الافراز الداخلي يعمل متزامنا مع الجهاز العصبي من اجل المحافظة على حالة الاتزان **Steady state** إذ تساعد الهرمونات على تنظيم النمو والتكاثر واستغلال الخلايا للمغذيات، وفي تنظيم معدل الأيض **Metabolic rate**، وموازنة الماء والأملاح **Salt and Water balance** وغير ذلك.

ومن الناحية الكيمياوية قد تقع الهرمونات الحيوانية ضمن مجموعة الستيرويدات **steroids** او ضمن عائلة البروتين (أي بروتينات او ببتييدات **Peptides** او مشتقات الحوامض الأمينية **Derivatives of Amino acids**).

يعرف العلم الذي يختص بفعالية الإفراز الداخلي بعلم الغدد الصم **Endocrinology** وهو من الحقول الجديدة والمثيرة في مجال الطب. ويهتم هذا العلم في حالة الغدد الصم بعداد قليل (عشر غدد) من الغدد الصم المتفرقة والموزعة في داخل الجسم. وتحرر هذه الغدد الهرمونات إلى السائل المحيط بالانسجة، وإلى الشعيرات الدموية **Capillaries**، وتنقل هذه الهرمونات إلى انسجتها المستهدفة **Target tissues** إذ تحدث تأثيرها.

توصف الغدد الصماء بانها لا قنوية **Ductless** أي من دون فتحات **Opening**. وتميزا بين هذه الغدد (أي الغدد الصم) وتلك المعروفة بغدد الإفراز الخارجي **Exocrine glands** (مثل الغدد المعوية **Gastric glands** والغدد العرقية **Sweat glands**) فإن الأخيرة تحرر افرازاتها إلى قنوات **ducts** أي افرازاتها تصل اهدفها النهائية بوساطة قنوات.

#### - كيف تعمل الهرمونات

تفرز معظم الغدد الصم هرموناتها بصورة مستمرة حتى إن كما الإفراز بكميات ضئيلة وهو ما يضمن وفي كل لحظة وجود 30-40 هرمون من الهرمونات المختلفة في الدم. وقد تمر الهرمونات بانسجة عدة قبل وصولها النسيج المستهدف. والسؤال هنا كيف يشخص النسيج المستهدف هرمونه؟ الجواب أن هناك بروتينات مستقبلة خاصة **Specific receptor proteins** ترتبط بالهرمون، وهذه من العمليات عالية التخصص. ويمكن تمثيل الموقع المستقبل **Receptor Site** بالقفل والهرمونات بمفاتيح مختلفة، وعلى وفق ذلك فإن الهرمون المناسب للقفل هو الوحيد الذي يمكنه التأثير في الماكنة الأيضية للخلية.

#### - آليات فعل الهرمون **Mechanisms of hormone action**

ما أن يصل الهرمون النسيج المستهدف فإن السؤال الذي يثير نفسه هو كيف سيؤثر الهرمون في فعالية الخلية؟ والجواب أن الهرمونات من نوع البروتين

**Protein-type hormones** ترتبط بمستقبلات موجودة على الغشاء الخلوي للخلية المستهدفة. ثم تعبر الرسالة الهرمونية إلى الموقع المناسب داخل الخلية بوساطة رسول ثان (بوصف الهرمون رسولا اول). ويعرف الرسول الثاني بالادينوسين احادي الفوسفات الحلقي **(Adenosine monophosphate) Cyclic AMP**

عند ارتباط الهرمون بمستقبل على الخلية المستهدفة فإنه أي الهرمون يرفع او يزيد من مستوى الرسول الثاني في الخلية، ولكن كيف يحدث ذلك؟ يحدث ذلك بتنشيط انزيم يعرف

بالأدينيل سايكليز Adenyl cyclase المرتبط بالغشاء الخلوي لمعظم الخلايا في الجسم، وعند تنشيطه يتحرك إلى الساييتوبلازم ليحفز تحويل الاديونوسين ثلاثي الفوسفات Adenosine triphosphate (ATP) إلى الاديونوسين احادي الفوسفات الحلقي (أي AMP) على النحو الآتي:

ATP Adenyl cyclase Cyclic AMP

بعدها يستحدث الرسول الثاني سلسلة من التفاعلات تنتهي بالتأثير الايضي.

### - الغدة النخامية Pituitary gland

يرتبط الجهاز العصبي وجهاز الافراز الداخلي بوساطة الجسم تحت المهاد Hypothalamus الذي بدوره ينظم فعالية الغدة النخامية. وتقع الغدة النخامية أسفل الجسم تحت المهاد وهي على شكل نمو خارجي من قاعدة الدماغ الامامي Fore brain وتنقسم على فصين امامي Anterior lobe وخلفي Posterior lobe. وللغدة النخامية وظيفتان عامتان، تتمثل الأولى بالسيطرة على النمو والأيض

Metabolism وتتمثل الثانية بالسيطرة على الدورة الجنسية Sexual cycle، وتتم سيطرة الفص الامامي بستة هرمونات ذات الطبيعة البروتينية، وهذه الهرمونات هي:

1- هرمون النمو Growth hormone (GH) (ويعرف ايضا بالبتيوترين Pitutrin وبالسوماتوتروفين Somatotrophin).

2- الهرمون المحفز للغدة الدرقية Thyrotrophic hormone (TSH) (Thyroid-stimulating hormone)

3- الهرمون المحفز لقشرة الغدة الكظرية (ACTH)

. Adrenocortico trophic hormone

4- اثنين من الهرمونات المنبهة للغدة التناسلية Gonadotrophic hormones

5- البرولاكتين Prolactin (Lactogenic hormone).

الهرمونات الغذائية Trophical hormones او الهرمونات الانتحائية Tropical hormones (او التروفينات Trophins) هي هرمونات تؤثر في (او تحفز) عدد صم اخرى. وتبعاً لذلك توصف الغدة النخامية بأنها غدة عمومية Master gland او غدة صماء عمومية Master endocrine gland. وبخصوص الفص الخلفي للغدة النخامية فإنه يفرز هرمونين هم الهرمون المضاد لغزارة البول Antidiuretic (ADH hormone) والاكوسي توسين Oxytocin المحفز لتقلص عضلات الرحم في اثناء الولادة. ويفرز الفص الخلفي لغدة النخامية هرمون يعرف بالفاسوبرسين Vasopressin الذي يضيق الأوعية الدموية مما يؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم. (أي أن وظيفته تنظيم امتصاص الكلية الماء ليحافظ على الضغط الاوزموزي للدم).

وفيما يأتي وظائف هرمونات الفص الامامي للغدة النخامية:

1- هرمون النمو (GH): تؤدي الزيادة في هرمون النمو قبل النضج إلى العملاقة Gigantism، اما وجود هذا الهرمون بكميات ضئيلة جداً فإنه يؤدي إلى التقزم

**Dwarfism**، ويبدو أن لهذا الهرمون تأثيرا في تكثيف الأحماض الأمينية وتحويله إلى بروتينات.

2- الهرمون المحفز للغدة الدرقية (TSH): يسيطر هذا الهرمون على فعالية الغدة الدرقية Thyroid gland في تنظيم الأيض.

3- الهرمون المحفز لقشرة الغدة الكظرية (ACTH)

**Adrenocorticotrophic hormone**: وظيفته تحفيز قشرة الغدة الكظرية Cortex of adrenal gland على إفراز عدد من الهرمونات الستيرويدية.

4- الهرمونات المنبهة للغدد التناسلية **Gonadotrophic hormones**: وتشمل :

أ- الهرمون المنبه للحوصلة **Follicle stimulating (FSH hormone)**. وظيفته تحفيز الخلايا الحوصلية في المبيض على إفراز هرمون الأوستروجين **Oestrogen**.

ب. الهرمون المحفز للجسم الأصفر **Luteinizing hormone (LH)**: يحفز هذا الهرمون الجسم الأصفر **Corpus luteum** على إفراز هرمون البروجسترون **Progesterone** في مبيض الأنثى. ويحفز إنتاج وإفراز التستوستيرون **Testosterone** وإفرازه من خلايا في خصية الذكر.

-هرمون البرولاكتين **(PH) Prolactin hormone** : هو هرمون معني بإنتاج الحليب في الأنثى بعد الولادة.

#### - الغدة الدرقية Thyroid Gland

توجد الغدة الدرقية في منطقة الرقبة، أمام القصبة الهوائية وتحت الحنجرة. وهي تركيب مؤلف من فصين، وتنتج هذه الغدة هرمون الثايروكسين **Thyroxin** (الذي يعرف أيضا بال 4T) والذي هو مركب عضوي معقد يخلق من الحامض الأميني التايروسين **Tyrosine** ويحتوي على أربع ذرات يود في الجزيئة، والغذاء هو مصدر اليود وبغياب الأخير في الغذاء فإنه لا يمكن تخليق الهرمون. ويعد الثايروكسين أساسيا للنمو الطبيعي والتكشف **Development** ومهما أيضا في تحفيز معدل الأيض، فضلا عن ذلك فإنه ضروري في التميز الخلوي **Cellular differentiation**.

#### - الغدتان الكظريتان Adrenal glands

الغدتان الكظريتان من التراكيب الصغيرة وتقع الواحدة منها فوق الكلية مباشرة. وتتألف كل غدة كظرية من منطقتين، خارجية تعرف بالقشرة الكظرية **Adrenal cortex**، وداخلية تعرف بالنخاع الكظري **Adrenal medulla**. وتفرز القشرة الكظرية هرمونات ستيرويدية من بينها الكورتيزون **Cortisone** الذي من وظائفه تعجيل عمليات تحويل البروتينات إلى كلوكوز، وتحفز القشرة الكظرية بهرمونات معينة تفرزها الغدة النخامية.

بالنسبة للنخاع الكظري فإنه يحفز الجهاز العصبي وينتج هرمونين هما الأدرينالين

**Adrenaline** والنورادرينالين **Noradrenalin**. من الناحية الكيمياوية فإن الهرمونيين متشابهان جدا ويعودان إلى مجموعة كيمياوية تعرف بالكاتيكول امين **Catecholamine** (مشتقة من احماض امينية)، ويشكل انتاج الأدرينالين نحو 80% من الانتاج الهرموني للغدة الكظرية.

تتحرر كميات كبيرة من الأدرينالين إلى مجرى الدم عند تعرض الفرد لإجهاد مفاجئ مثل حالات الغضب والخوف والقلق والاثارة والاستفزاز، وبانتشار هذا الهرمون في داخل الجسم فإنه يستحث ضروبا من الاستجابات مثل زيادة ضربات القلب وقوتها، وزيادة ضغط الدم، وزيادة معدل الأيض، وانتصاب شعر الجسم (واضحة في حال القطط والكلاب عند تعرضها للغضب).

اما النورادرينالين فهو الآخر يسبب زيادة في ضغط الدم من خلال تحفيز تقلص الشرايين الصغيرة **Arterioles**، على أية حال فإن استجابات الجسم لكل من هرموني الأدرينالين والنورادرينالين يمكن النظر اليها على انها تهيئة الجسم للفعل الفيزياوي العنيف او السريع.