

UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA DEPORTES Y RECREACIÓN.

Sistema

Endocrino

Ayudante Fisiología II.

Sistema endocrino y ejercicio

Â

La adaptación a largo plazo y las respuestas agudas provocadas por el ejercicio físico están reguladas por la actividad de 2 sistemas muy importantes de comunicación del organismo: SISTEMA NERVIOSO y el SISTEMA ENDOCRINO. El primer sistema es el más rápido, pero aunque el segundo sea más lento tiene los efectos más duraderos.

Â

El sistema endocrino está conformado por una serie de glándulas que tienen como principal característica enviar sus secreciones directamente al torrente sanguíneo. Las secreciones que producen estas glándulas reciben el nombre de HORMONAS.

Â

Características de las hormonas:

Â

Existen dos tipos básicos de hormonas: las esteroidales y las polipeptídicas.

Â

- Esteroides: Se sintetizan a partir del colesterol en la corteza adrenal y en las glándulas.
- Polipeptídicas: son largos polipéptidos o pequeñas proteínas compuestas por aminoácidos.

Â

Mecanismos de acción hormonal.

Â

Las hormonas polipeptídicas interactúan con receptores de superficie que se encuentran en la cara externa de las membranas celulares, mientras que las esteroidales tienen la propiedad de poder atravesar las membranas celulares e interactuar a nivel del núcleo. Por tanto, las hormonas pueden ejercer su efecto de diversas formas:

Â

- Afectando a la permeabilidad de la membrana celular a metabolitos e iones.
- Activando sistemas enzimáticos.
- Activando el engranaje genético para la síntesis de proteínas u otras sustancias.

•

Muchas hormonas ejercen su acción a través de una misma sustancia intermediaria, el AMP cíclico (cAMP). Dependiendo del tipo de hormona y de la célula diana, el cAMP formado puede activar determinados sistemas enzimáticos.

•

cAMP: Adenosin monofosfato cíclico

•

•

Órganos endocrinos:

•

- **Hipotálamo:** genera hormonas liberadoras de naturaleza peptídica.
- **Adenohipófisis o Hipófisis anterior:** secreta hormonas tróficas de naturaleza polipeptídica.
- **Neurohipófisis o Hipófisis Posterior:** secreta principalmente las hormonas ADH (antidiurética) y Oxitocina. Son de naturaleza peptídica cíclica.
- **Tiroides:** secreta la hormona Tiroxina formada por aminoácidos, y la Tirocalcitonina de naturaleza polipeptídica.
- **Paratiroides:** secreta principalmente la hormona Parathormona de naturaleza polipeptídica.

• **Corteza suprarrenal:** secreta los Glucocorticoides y Mineralocorticoides, que son hormonas de naturaleza esteroidal.

- **Médula suprarrenal:** secreta las catecolaminas, de naturaleza proteica (aminoácidos)
- **Páncreas:** secreta Insulina y Glucagón, hormonas antagónicas y de naturaleza polipeptídicas.
- **Ovarios:** glándulas encargadas de la producción de hormonas sexuales femeninas, tales como Estrógenos y Progesterona. Son hormonas esteroidales.
- **Testículos:** glándulas que secretan las hormonas sexuales masculinas, como la testosterona, también de naturaleza esteroidal.

•

Las hormonas pueden clasificarse según:

•

- Mecanismo de control hormonal:

•

- - Reguladas por el SN o a través de metabolitos:

•

- **Neurohipófisis:** es también conocido como lóbulo posterior de la hipófisis, destinado al reservorio de hormonas sintetizadas en el hipotálamo, que libera en función de las necesidades del organismo. Secreta principalmente **Antidiurética (ADH)** que estimula la reabsorción de agua, e interviene en la regulación de la presión arterial y la **Oxitocina** que tiene como función la liberación de la leche en la etapa de lactancia y la contracción uterina. Recibe un control tipo B
- **Paratiroides:** son pequeñas formaciones redondeadas adheridas a la cara posterior de los lóbulos de la tiroides (2 a cada lado) de unos 6 mm de diámetro y unos 10 - 12 Cg. de peso. Secreta la hormona **Parathormona (PTH)** que interviene en la regulación del metabolismo fosforocálcico. Hormona hipercalcemiente muy importante en los procesos de conducción nerviosa y contracción muscular. Recibe un control tipo A.
- **Tiroides:** es un órgano impar, situado en la cara anteroinferior del cuello, rodeando parcialmente el conducto laringo-traqueal. Está formada por una parte media denominada Istmo y dos lóbulos laterales. En conjunto representan la forma de una H. El istmo presenta una prolongación hacia arriba que recibe el nombre de Pirámide de Lalouette. Pesa alrededor de unos 30 grs. Recibe control tipo A. Este tipo de control se realiza solo en el metabolismo de secreción de Tirocalcitonina, la cual tiene una función antagónica a la Parathormona, ya que al aumentar los niveles de calcio plasmático lo almacena en los huesos.
- **Médula Suprarrenal:** La médula suprarrenal produce **Adrenalina**, llamada también epinefrina, y **Noradrenalina**, que afecta a un gran número de funciones del organismo. Estas sustancias estimulan la actividad del corazón, aumentan la tensión arterial, y actúan sobre la contracción y dilatación de los vasos sanguíneos y la musculatura. La adrenalina eleva los niveles de glucosa en sangre (glucemia). Todas estas acciones ayudan al organismo a enfrentarse a situaciones de urgencia de forma más eficaz. Recibe un control tipo B.
- **Páncreas:** Glándula con funciones tanto exo como endocrinas. Hay grupos de células endocrinas, denominados islotes de Langerhans, distribuidos por todo el tejido que secretan **Insulina** y **Glucagón**. La insulina actúa sobre el metabolismo de los hidratos de carbono, proteínas y grasas, aumentando la tasa de utilización de la glucosa y favoreciendo la formación de proteínas y el almacenamiento de grasas. El Glucagón aumenta de forma transitoria los niveles de azúcar en la sangre mediante la liberación de glucosa procedente del hígado. Control tipo A

•

- - Reguladas por el Hipotálamo y Adenohipófisis de Control Tipo C:

•

- **Hipófisis anterior o Adenohipófisis:** regula la mayor parte de las funciones del organismo bajo el estímulo del hipotálamo. Segrega un gran número de hormonas entre ellas: **Somatotrofina (pina) GH u hormona del crecimiento**, **Adrenocorticotropina**, la que controla el funcionamiento de las glándulas suprarrenales; **Tirotropina**, que controla el funcionamiento de la tiroides; **Gonadotropinas** que intervienen en la maduración de las gónadas, ya sean la Hormona **Folículo estimulante FSH** encargada de la maduración del folículo de Graaf y los espermatozoides, y Hormona **Luteinizante LH** encargada de la maduración del óvulo, y la **Prolactina** que estimula la secreción de leche por la glándula mamaria.
- **Tiroides:** en la producción de Tiroxina que determina un aumento de las funciones vitales y del metabolismo en general.
- **Corteza Suprarrenal:** esta bajo el control de la hormona Corticotropina. Elabora las hormonas

Mineralocorticoides, que incluyen la **Aldosterona** y otras sustancias hormonales esenciales para el mantenimiento de la vida y la adaptación al estrés; **Glucocorticoides**, que incluyen la **Corticosterona** y el **Cortisol**, y los Mineralocorticoides,. Las secreciones suprarrenales regulan el equilibrio de agua y sal del organismo, influyen sobre la tensión arterial, actúan sobre el tejido linfático, influyen sobre los mecanismos del sistema inmunológico y regulan el metabolismo de los glúcidos y de las proteínas. Además, las glándulas suprarrenales también producen pequeñas cantidades de hormonas masculinas y femeninas.

- **Ovarios**: o glándulas genitales de la mujer, situadas en la pelvis, por detrás del útero. Tienen forma de almendras, variando sus dimensiones y color con la edad y la fase del ciclo ovárico. Se conectan al útero por medio de las Trompas de Falopio. Tienen una importante función endocrina en la secreción de hormonas estrogénicas y progesterona, que actúan sobre el aparato genital, y especialmente sobre el útero, preparándolo para la Fecundación, Nidación y Nutrición del embrión.
- **Testículos**: Órgano par que tiene forma ovoidal, siendo sus dimensiones unos 4 cm de largo, 2 cm de ancho y 3 cm de grosor. Se sitúan en la región perineal por debajo del pene, en el interior de las bolsas escrotales. Su función endocrina es secretar **Testosterona**.

^

^

^

^

^

^

^

^

^

^

^

^

^

^

^

^

^

^

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Estructura química de algunas hormonas.

Â

+

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

=

Â

Â

Â

Â

Tipos de control de Retroalimentaci3n negativa que regulan la secreci3n hormonal.

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

^

^

^

^

^

^

^

^

^

^

^

^

^

^

^ Clasificaci3n seg3n su Funci3n Hormonal

^

- -^ ^ ^ ^ ^ ^ ^ Control del metabolismo energ3tico:

^

+ Insulina + Glucag3n + Adrenalina + Cortisol + GH Hormona del Crecimiento

^

- -^ ^ ^ ^ ^ ^ ^ Control del metabolismo H3drico:

^

+ Aldosterona + Antidiur3tica + Diur3tica

^

- -^ ^ ^ ^ ^ ^ ^ Control del metabolismo energ3tico

^

+ Parathormona + Calcitonina

Â

- -Â Â Â Â Â Â Â Â Control del metabolismo energÃ©tico

Â

+ Hormonas Sexuales: Testosterona, Progesterona, EstrÃ³genos, Progesterona, Oxitocina, Prolactina

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Hormonas involucradas en la respuesta al ejercicio físico

Â

- Respuesta y adaptación de las diferentes hormonas al ejercicio

Â

Hipotalámicas e Hipofisiarias.

Â

- -Â Â Â Â Â Â Â Â Liberadoras y reguladoras hipotalámicas:

Â

- GH (Somatotrofina); TSH (Tirotrófina) y ACTH (Corticotrofina): son hormonas hipofisiarias que al ser secretadas regulan la función hipotálamica. Sus concentraciones varían durante el ejercicio.
- Somatostatina: según estudios, se ha encontrado un efecto estimulador de esta hormona sobre los testículos, facilitando la liberación de testosterona. Esto nos explica que su inhibición durante el ejercicio podría tener consecuencias sobre la regulación paracrina de la esteroidogénesis

Â

- -Â Â Â Â Â Â Â Â Hormonas Hipotálamo - Neurohipofisiarias:

Â

- ADH (antidiurética): aumenta hasta un 800% como consecuencia de la realización de ejercicio físico. la magnitud de este aumento está directamente relacionado con la intensidad del ejercicio realizado. Las primeras manifestaciones del aumento de la ADH se presentan al aproximarse al 40% del VO₂ máx. La secreción de ADH se correlaciona con el aumento de la osmolaridad del plasma que ocurre como consecuencia de la disminución del volumen plasmático que tiene lugar durante el ejercicio.

Â

- Osmolaridad: Concentración osmolar expresada como “osmoles por litro de solución”. Determina la Presión Osmótica en los líquidos corporales.

^

- Presión Osmótica: Grado de presión necesario para detener completamente la osmosis. Se mide en osmoles.

^

Al producirse sudoración severa y ésta provoca un aumento en la osmolaridad, se provoca una reacción sobre el núcleo supraquiasmático del hipotálamo transmitiendo éste potenciales de acción a la Neurohipofisis aumentando la liberación de ADH.

^

Al provocarse la deshidratación induce un descenso de la tensión arterial, así los barorreceptores arteriales transmiten la información al hipotálamo y se produce un aumento de la ADH.

^

Adaptación al ejercicio: no se han registrado variaciones entre las concentraciones de ADH en reposo en sujetos entrenados y no entrenados. Sólo se ha demostrado que la ADH tiene una menor respuesta a una determinada intensidad de trabajo tras un periodo de entrenamiento.

^

La respuesta secretoria de la ADH es más sensible a los cambios de osmolaridad en los sujetos entrenados.

^

^

^ - ^ ^ ^ ^ ^ ^ ^ Hormonas Adenohipofisarias:

^

- GH o Somatotrofina: estudios han revelado que transcurridos 20 minutos de ejercicio al 40 - 50% de VO_2 máximo. se produce un importante aumento en los niveles sanguíneos de GH, de hasta 20 - 40 veces de los niveles basales. Luego de esto la GH se degrada en el hígado aprox. en 30 minutos.

^

Estímulos que podrán causar el aumento de GH durante el ejercicio: estrés, aumento de la temperatura corporal y el aumento de las concentraciones sanguíneas de glucosa, aminoácidos, lactato y de hidrogeniones.

^

En ejercicios de larga duración la GH cumple roles muy importante de regulación metabólica:

^

- $\hat{A}$

 $\hat{A}$

- $\hat{A}$

 $\hat{A}$

- $\hat{A}$

 $\hat{A}$

- $\hat{A}$

 $\hat{A}$

-Hipoxia: Déficit de oxígeno ya sea por: Oxigenación inadecuada de los pulmones, enfermedades pulmonares, etc.

•

- Gonadotropinas LH y FSH: se ha demostrado que no presentan modificaciones de concentraciones durante el ejercicio en hombres y mujeres. Sin embargo se ha demostrado que existen variaciones en las frecuencias de pulsos de estas hormonas.

•

Adaptación al ejercicio: En mujeres: en deportistas se produce una reducción de la frecuencia de pulsos de LH. Esto ocurre tanto en mujeres corredoras eumenorreicas como en amenorreicas. También se describe una disminución e incluso desaparición del pico de LH correspondiente a la ovulación. La FSH también disminuye en mujeres que entrenan habitualmente lo que provoca ciclos anovulatorios.

En hombres: entrenados, aparece una reducción del número y de la duración de los pulsos de secreción de gonadotropinas, con una menor respuesta de los niveles a las respuestas de las gonadotropinas hipofisiarias.

•

- - Otras Glándulas Endocrinas

•

Tiroides:

•

- T3 y T4: Se detecta aumento de las concentraciones de T3 y T4 totales y de T4 libre durante ejercicio. No hay explicación fisiológica.

•

Adaptación al entrenamiento: el metabolismo basal no se ve afectado. Sin embargo, algunos estudios han encontrado valores basales de T4 libre en atletas, vinculando esto con un hipotiroidismo.

•

•

•

Corteza adrenal:

•

- Cortisol: si la intensidad del ejercicio supera el 60% del VO2 máx. y es ejercicio prolongado las concentraciones de Cortisol aumentan. Cuando se realizan esfuerzos de muy larga duración, se reducen los niveles de Cortisol en plasma, coincidentes con el “agotamiento” de la glándula adrenal.

Â

Adaptación al entrenamiento: se comprobó que en situaciones de competición (estrés) las concentraciones aumentan significativamente con respecto de la basal y también en referencias a situaciones simuladas de competición. Además, estos aumentos de concentraciones estaban asociadas a un mejor rendimiento, por lo que la “tasa de incremento” de Cortisol podrán ser consideradas como índice de entrenamiento.

Â

Módula adrenal:

- Catecolaminas: su respuesta durante el ejercicio se manifiesta con un aumento, tanto en los niveles plasmáticos de adrenalina (A) y noradrenalina (NA). Claro que para esto es necesario la realización de un ejercicio con una intensidad superior al 50 - 70% de VO₂ máx. (umbral anaeróbico). Si la intensidad es menor no se espera una secreción aumentada de catecolaminas, a no ser que se acompañe el ejercicio con alguna situación de estrés emocional intenso. Incluso se puede presenciar su incremento antes de iniciar el ejercicio (síndrome de anticipación)

Â

Durante un ejercicio incremental la elevación de NA es anterior a A y más intensa. A se produce mayormente a intensidades muy elevadas de ejercicios.

Â

Esto sugiere que para implicar una participación masiva de la módulo adrenal se necesita la realización repetida de ejercicios intensos. Por esto se supone que en algunas actividades extenuantes la disminución de A se debe a un agotamiento de la módulo.

Â

Adaptación al entrenamiento: se ha observado un aumento del contenido de A en la glándula en estado de reposo, como reflejo de mayor resistencia a la fatiga de la glándula durante el ejercicio. La respuesta de la A y la NA se atenúa en sujetos entrenados para una misma carga de trabajo.

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

PÃ¡ncreas:

Â

- Insulina: en ejercicios de intensidad y duraciÃ³n elevadas los niveles de glucosa e insulina descienden progresivamente. Esto refleja, por una parte, un descenso de la secreciÃ³n pancreÃ¡tica de insulina y por otra parte un aumento del consumo de la hormona por el mÃºsculo esquelÃ©tico. No obstante, la captaciÃ³n de glucosa por el mÃºsculo ejercitante estÃ¡ aumentada, al aumentar el flujo sanguÃ­neo muscular durante actividad fÃ­sica hasta 20 - 30 veces. Durante el ejercicio el hÃ­gado tiene una reducciÃ³n del flujo sanguÃ­neo, provocando dÃ©ficit de insulina a nivel hepÃ¡tico, pero los mÃºsculos siguen recibiendo glucosa desde el torrente sanguÃ­neo, ya que el bajo aporte de insulina a los hepatocitos permite que estos movilicen los depÃ³sitos de glucÃ³geno manteniendo el suministro de hidratos de carbono al torrente sanguÃ­neo, es decir, la glucemia.

Â

AdaptaciÃ³n al entrenamiento: en sujetos entrenados la disminuciÃ³n de insulina durante el ejercicio es menor que en sujetos no entrenados. Esto se explica con la adaptaciÃ³n al entrenamiento de resistencia que sufren las catecolaminas, las que se presentan en niveles mÃ¡s bajos en sujetos entrenados durante el ejercicio.

Â

En reposo, en sujetos entrenados, aumenta la sensibilidad a la insulina al aumentar la uniÃ³n de los tejidos Diana.

Â

- Tejidos Diana: tejido blanco que posee receptores especÃ­ficos para fijar hormonas respectivas e iniciar sus acciones. Este tejido se encuentra en la mayorÃ­a de las glÃ¡ndulas endocrinas.

Â

En ejercicio en los mismos sujetos, la sensibilidad a la insulina disminuye lo que se traduce en una menor dependencia de la glucosa y la mayor capacidad de utilizar Ã¡c. Grasos para la obtenciÃ³n de energÃ­a.

Â

- GlucagÃ³n: el GlucagÃ³n aumenta la disponibilidad de glucosa circulante por estimular la glucogenÃ³lisis y gluconeogÃ©nesis en el hÃ­gado. Durante el ejercicio el GlucagÃ³n aumenta, y permanece elevado hasta 30 minutos despuÃ©s de haber terminado el ejercicio.

Â

AdaptaciÃ³n al entrenamiento: al igual que ocurre con la Insulina, la disminuciÃ³n de catecolaminas durante el ejercicio, hace que se vea atenuado el aumento de GlucagÃ³n en sujetos entrenados en relaciÃ³n con los no entrenados. Pero esto aÃºn no se ha podido demostrar claramente.

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Hormonas sexuales:

Â

- Masculinas: en ejercicios de intensidad moderada aumentan los niveles sÃ©ricos de testosterona, por el contrario, si es ejercicio de elevada intensidad y tiempo de duraciÃ³n los niveles de testosterona plasmÃ¡ticos podrÃ¡n descender por debajo de las cifras de reposo.

Â

AdaptaciÃ³n al entrenamiento: parece existir cierto umbral de intensidad y duraciÃ³n del ejercicio, a partir del cual podrÃ¡ modificarse la funciÃ³n reproductora del varÃ³n, aunque aÃ³n no se encuentran diferencias importantes en la funciÃ³n gonadal ni en la espermogÃ©nesis de atletas de elite.

Â

- Femeninas: se encontrÃ³ un descenso de las concentraciones plasmÃ¡ticas de Estradiol en atletas amenorreicas. En estas mujeres tambiÃ©n se ha observado un descenso de las concentraciones de progesterona en la fase lÃ©tea del ciclo ovÃ¡rico, fenÃ³meno que tambiÃ©n se ha observado en mujeres eumenorreicas.

Â

Amenorrea: ausencia de periodos menstruales. Se denomina amenorrea primaria si ocurre en el momento de la pubertad, y amenorrea secundaria en las mujeres que han tenido periodos normales con anterioridad.

Â Otras hormonas:

Â

- Parathormona PTH: en ejercicios de larga duraciÃ³n se observa un incremento de las concentraciones plasmÃ¡ticas de PTH, acompaÃ±ado de un descenso del calcio plasmÃ¡tico ionizado. Al parecer el aumento de la PTH estÃ¡ en relaciÃ³n con la duraciÃ³n y no la intensidad del ejercicio, ya que en ejercicios de alta intensidad y corta duraciÃ³n no se han observado modificaciones de las concentraciones de PTH, aunque si se han incrementado las concentraciones de Ca ionizado.

Â

Anexo:

Sistema endocrino

Metabolismo Hormonal

Â

Las hormonas conocidas pertenecen a tres grupos químicos: proteínas, esteroides y aminas. Aquellas que pertenecen al grupo de las proteínas o polipéptidos incluyen las hormonas producidas por la hipófisis anterior, paratiroides, placenta y páncreas. En el grupo de esteroides se encuentran las hormonas de la corteza suprarrenal y las gónadas. Las aminas son producidas por la médula suprarrenal y el tiroides. La síntesis de hormonas tiene lugar en el interior de las células y, en la mayoría de los casos, el producto se almacena en su interior hasta que es liberado en la sangre. Sin embargo, el tiroides y los ovarios contienen zonas especiales para el almacenamiento de hormonas.

Â

La liberación de las hormonas depende de los niveles en sangre de otras hormonas y de ciertos productos metabólicos bajo influencia hormonal, así como de la estimulación nerviosa. La producción de las hormonas de la hipófisis anterior se inhibe cuando las producidas por la glándula diana particular, la corteza suprarrenal, el tiroides o las gónadas circulan en la sangre. Por ejemplo, cuando hay una cierta cantidad de hormona tiroidea en el torrente sanguíneo la hipófisis interrumpe la producción de hormona estimulante del tiroides hasta que el nivel de hormona tiroidea descienda. Por lo tanto, los niveles de hormonas circulantes se mantienen en un equilibrio constante. Este mecanismo, que se conoce como homeostasis o realimentación negativa, es similar al sistema de activación de un termostato por la temperatura de una habitación para encender o apagar una caldera.

Â

La administración prolongada procedente del exterior de hormonas adrenocorticales, tiroideas o sexuales interrumpe casi por completo la producción de las correspondientes hormonas estimulantes de la hipófisis, y provoca la atrofia temporal de las glándulas diana. Por el contrario, si la producción de las glándulas diana es muy inferior al nivel normal, la producción continua de hormona estimulante por la hipófisis produce una hipertrofia de la glándula, como en el bocio por déficit de yodo.

Â

La liberación de hormonas está regulada también por la cantidad de sustancias circulantes en sangre, cuya presencia o utilización queda bajo control hormonal. Los altos niveles de glucosa en la sangre estimulan la producción y liberación de insulina, mientras que los niveles reducidos estimulan a las glándulas suprarrenales para producir adrenalina y Glucagón; así se mantiene el equilibrio en el metabolismo de los hidratos de carbono. De igual manera, un déficit de calcio en la sangre estimula la secreción de hormona paratiroidea, mientras que los niveles elevados estimulan la liberación de Calcitonina por el tiroides.

Â

La función endocrina está regulada también por el sistema nervioso, como demuestra la respuesta suprarrenal al estrés. Los distintos órganos endocrinos están sometidos a diversas formas de control

nervioso. La glándula suprarrenal y la hipófisis posterior son glándulas con rica innervación y controladas de modo directo por el sistema nervioso. Sin embargo, la corteza suprarrenal, el tiroides y las glándulas, aunque responden a varios estímulos nerviosos, carecen de innervación específica y mantienen su función cuando se trasplantan a otras partes del organismo. La hipófisis anterior tiene innervación escasa, pero no puede funcionar si se trasplanta.

•

Se desconoce la forma en que las hormonas ejercen muchos de sus efectos metabólicos y morfológicos. Sin embargo, se piensa que los efectos sobre la función de las células se deben a su acción sobre las membranas celulares o enzimas, mediante la regulación de la expresión de los genes o mediante el control de la liberación de iones u otras moléculas pequeñas. Aunque en apariencia no se consumen o se modifican en el proceso metabólico, las hormonas pueden ser destruidas en gran parte por degradación química. Los productos hormonales finales se excretan con rapidez y se encuentran en la orina en grandes cantidades, y también en las heces y el sudor.

Ciclos endocrinos

•

El sistema endocrino ejerce un efecto regulador sobre los ciclos de la reproducción, incluyendo el desarrollo de las glándulas, el periodo de madurez funcional y su posterior envejecimiento, así como el ciclo menstrual y el periodo de gestación. El patrón cíclico del estrógeno, que es el periodo durante el cual es posible el apareamiento fértil en los animales, está regulado también por hormonas.

•

La pubertad, la época de maduración sexual, está determinada por un aumento de la secreción de hormonas hipofisarias estimuladoras de las glándulas o gonadotropinas, que producen la maduración de los testículos u ovarios y aumentan la secreción de hormonas sexuales. A su vez, las hormonas sexuales actúan sobre los órganos sexuales auxiliares y el desarrollo sexual general.

•

En la mujer, la pubertad está asociada con el inicio de la menstruación y de la ovulación. La ovulación, que es la liberación de un óvulo de un folículo ovárico, se produce aproximadamente cada 28 días, entre el día 10 y el 14 del ciclo menstrual en la mujer. La primera parte del ciclo está marcada por el periodo menstrual, que abarca un promedio de tres a cinco días, y por la maduración del folículo ovárico bajo la influencia de la hormona foliculoestimulante procedente de la hipófisis. Después de la ovulación y bajo la influencia de otra hormona, la llamada Luteinizante, el folículo vacío forma un cuerpo endocrino denominado cuerpo lúteo, que secreta progesterona, estrógenos, y es probable que durante el embarazo, relaxina. La progesterona y los estrógenos preparan la mucosa uterina para el embarazo. Si éste no se produce, el cuerpo lúteo involuciona, y la mucosa uterina, privada del estímulo hormonal, se desintegra y descama produciendo la hemorragia menstrual. El patrón rítmico de la menstruación está explicado por la relación recíproca inhibición-estimulación entre los estrógenos y las hormonas hipofisarias estimulantes de las glándulas.

•

Si se produce el embarazo, la secreción placentaria de gonadotropinas, progesterona y estrógenos mantiene el cuerpo lúteo y la mucosa uterina, y prepara las mamas para la producción de leche o lactancia. La

secreción de estrógenos y progesterona es elevada durante el embarazo y alcanza su nivel máximo justo antes del nacimiento. La lactancia se produce poco después del parto, presumiblemente como resultado de los cambios en el equilibrio hormonal tras la separación de la placenta.

Â

Con el envejecimiento progresivo de los ovarios, y el descenso de su producción de estrógenos, tiene lugar la menopausia. En este periodo la secreción de gonadotropinas aumenta como resultado de la ausencia de inhibición estrogénica. En el hombre el periodo correspondiente está marcado por una reducción gradual de la secreción de andrógenos.

Trastornos de la función endocrina

Â

Las alteraciones en la producción endocrina se pueden clasificar como de hiperfunción (exceso de actividad) o hipofunción (actividad insuficiente). La hiperfunción de una glándula puede estar causada por un tumor productor de hormonas que es benigno o, con menos frecuencia, maligno. La hipofunción puede deberse a defectos congénitos, cáncer, lesiones inflamatorias, degeneración, trastornos de la hipófisis que afectan a los órganos diana, traumatismos, o, en el caso de enfermedad tiroidea, déficit de yodo. La hipofunción puede ser también resultado de la extirpación quirúrgica de una glándula o de la destrucción por radioterapia.

La hiperfunción de la hipófisis anterior con sobreproducción de hormona del crecimiento provoca en ocasiones gigantismo o acromegalia, o si se produce un exceso de producción de hormona estimulante de la corteza suprarrenal, puede resultar un grupo de síntomas conocidos como síndrome de Cushing que incluye hipertensión, debilidad, policitemia, estrías cutáneas purpúreas, y un tipo especial de obesidad. La deficiencia de la hipófisis anterior conduce a enanismo (si aparece al principio de la vida), ausencia de desarrollo sexual, debilidad, y en algunas ocasiones desnutrición grave. Una disminución de la actividad de la corteza suprarrenal origina la enfermedad de Addison, mientras que la actividad excesiva puede provocar el síndrome de Cushing u originar virilismo, aparición de caracteres sexuales secundarios masculinos en mujeres y niños. Las alteraciones de la función de las glándulas afectan sobre todo al desarrollo de los caracteres sexuales primarios y secundarios. Las deficiencias tiroideas producen cretinismo y enanismo en el lactante, y mixedema, caracterizado por rasgos toscos y disminución de las reacciones físicas y mentales, en el adulto. La hiperfunción tiroidea (enfermedad de Graves, bocio tóxico) se caracteriza por abultamiento de los ojos, temblor y sudoración, aumento de la frecuencia del pulso, palpitaciones cardíacas e irritabilidad nerviosa. La diabetes insípida se debe al déficit de hormona antidiurética, y la diabetes mellitus, a un defecto en la producción de la hormona pancreática insulina, o puede ser consecuencia de una respuesta inadecuada del organismo.

Eleva la Glucemia	
Adeno - hipofisis	
Tiroides	
Favorece la secreci3n de Insulina	
P3ncreas	
Corteza suprarrenal	
Ovario	
Gl3ndula mamaria	

Crecimiento
Corticotropina
Folículo - estimulante
Prolactina
ACH

Funciones metabólicas de las hormonas de la Adenohipófisis

I2
HO
CH2
CHNH2
COOH
Yodinasa
Tiroxina
CH3
O
O
CH
OH
CH2 OH
C=O
18
Aldosterona
CH3
O
HO
CH3
21CH2 OH
C=O
3
11
OH
Cortisol

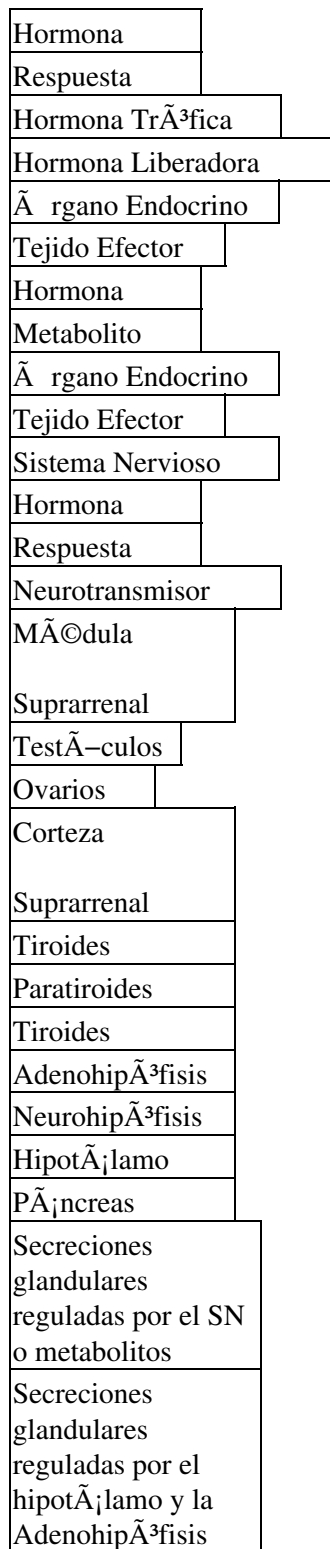
=

Tipo A

Tipo C

Tipo B

Órgano Endocrino
Tejido Efector
Hipotálamo
Adenohipófisis



Esquema de distribución de las glándulas endocrinas del cuerpo humano y su clasificación según mecanismo de regulación