



# Efecto de hormonas tiroideas y hormonas esteroideas

## Resultados de aprendizaje

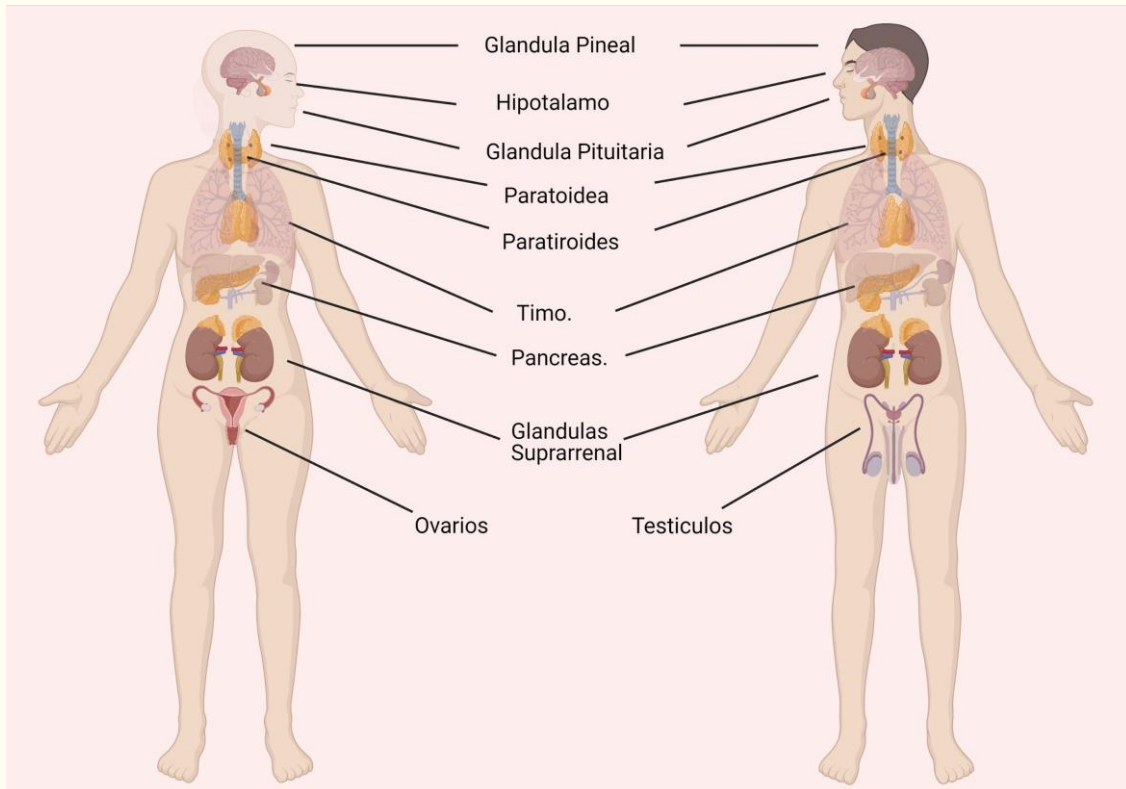
- Integra los mecanismos y los efectos de las hormonas tiroideas y hormonas esteroideas.
- Identifica las diferencias entre los diversos tipos de hormonas.
- Interpreta los efectos de la presencia o ausencia de las hormonas esteroideas.

## Diagnóstico previo

1. ¿Cómo se producen las hormonas?
- 2.- ¿Dónde se localizan los receptores de hormonas?
- 3.- ¿Cuáles son los mecanismos de acción conocidos de las hormonas?
- 4.- ¿Cuáles son los sistemas de retroalimentación hormonal?
- 5.- ¿Cuáles son los efectos sistémicos de las hormonas?
- 6.- ¿Cómo funciona una cámara metabólica?

## Introducción

El término hormonas deriva del griego *hormaein* que significa excitar o provocar. Las hormonas son sustancias secretadas por glándulas especializadas que regulan una función o actividad de un tejido determinado.



Las hormonas se pueden agrupar de acuerdo a su estructura química, ya que en muchos casos hormonas similares en su estructura química ocupan mecanismos similares. Los 3 grupos clásicos de las hormonas son:

- Hormonas derivadas de aminoácidos.
- Hormonas derivadas de polipéptidos (peptídicas).
- Hormonas derivadas del colesterol (esteroideas).

## Hormonas tiroideas

Las hormonas tiroideas regulan la tasa basal a la que ocurre la fosforilación oxidativa de las células, como resultado, establecen las tasas basales de producción de calor corporal y de consumo de oxígeno por el cuerpo, la llamada acción termogénica de las hormonas tiroideas. La cantidad de hormonas tiroideas en sangre debe estar dentro de límites normales para que el metabolismo basal funcione a la velocidad necesaria para el aprovechamiento equilibrado de la energía.

El hecho de que las hormonas tiroideas modifiquen la cantidad de oxígeno consumido por el cuerpo se ha usado en la clínica para valorar el estado de la función tiroidea. La cantidad de oxígeno consumida por el cuerpo bajo condiciones de reposo se denomina índice metabólico basal y supone una función tiroidea normal. En el sistema nervioso central las hormonas tiroideas participan en la diferenciación y maduración de dicho sistema, su ausencia condiciona un retraso en el adecuado desarrollo psicomotriz. Las hormonas tiroideas tienen una participación importante en la regulación del control del crecimiento corporal promoviendo la expresión del gen de la hormona de crecimiento. En tejidos como músculo esquelético, corazón, e hígado las hormonas tiroideas tienen efectos directos sobre la síntesis de proteínas estructurales y enzimáticas. Estas acciones se llevan a cabo



a través de receptores para hormonas tiroideas que están unidos a elementos de respuesta de hormonas tiroideas en el ADN. La unión de las hormonas tiroideas a su receptor forma un complejo llamado receptor de retinoide X, algunos de los resultados de esta unión son la activación de la transcripción, el incremento o la disminución en la producción de ARNm.

La Glándula tiroides está constituida por dos lóbulos, dichos lóbulos están constituidos por folículos, los cuales se encuentran revestidos por una capa de células epiteliales, dentro del folículo se encuentra una sustancia proteica llamada coloide que está compuesta principalmente por tiroglobulina. El folículo tiroideo produce y secreta dos hormonas tiroideas T3 y T4, estas hormonas tienen como esqueleto dos moléculas de tirosina, las cuales están unidas por un enlace éter. La T4 tiene cuatro átomos de yodo y la T3 tiene tres átomos de yodo, por eso se utilizan esas abreviaturas. Las hormonas tiroideas no se secretan de esta forma normalmente, estas hormonas son producto de la escisión de tiroglobulina por medio de enzimas lisosómicas. Una vez secretadas las hormonas tiroideas al torrente sanguíneo se unen a la globulina unidora de tiroxina principalmente, aunque una pequeña cantidad de hormonas tiroideas se une a transtiretina o a la albúmina. Al estar unidas las hormonas tiroideas a estas proteínas están protegidas de la inactivación metabólica y excreción renal, por consiguiente la sobrevivencia de la T4 es de aproximadamente 7 días, mientras que la T3 tiene una vida media de 1 día aproximadamente.

Para la utilización de las hormonas tiroideas es necesario que la T4 se transforme en T3 que es la forma activa de estas hormonas, la proteína encargada de este proceso es la desyodasa tipo 1 que se encuentra principalmente en hígado, riñones y la propia glándula tiroides y tipo 2 localizada en el músculo esquelético, sistema nervioso central, hipófisis y placenta, de esta manera las hormonas tiroideas reaccionan en receptores de hormonas tiroideas en las células objetivo. Existe una desyodasa tipo 3 que se encarga de las reacciones de degradación de las hormonas tiroideas. Cuando la concentración de T4 y T3 libres disminuye en la sangre, la hipófisis es estimulada para secretar TSH dando como resultado una mayor unión de TSH a sus receptores en las células foliculares, esta unión da como resultado la captación de yodo por las células foliculares, la yodación de las moléculas de tirosina en el precursor de tiroglobulina y en el acoplamiento de las tirosinas yodadas para formar yodotironinas. Por otro lado, la TSH al promover la síntesis de proteínas en las células parafoliculares tiroideas mantiene su tamaño y su integridad estructural. Una disminución como la hecha por una hipofisectomía produce la atrofia de la glándula, en contraste una exposición prolongada a TSH produce una hipertrofia de la glándula, generando bocio.

## Hormonas esteroideas

Las hormonas esteroideas son aquellas que provienen del colesterol, dos de los órganos que se encargan principalmente de su producción son la glándula suprarrenal y las gónadas. La glándula suprarrenal está constituida por dos regiones: una corteza proveniente del mesodermo y una médula que proviene del ectodermo neural. A su vez la corteza se encuentra dividida histológicamente en 3 zonas, de la más externa a la más interna podemos mencionar:

1. Zona glomerular, donde se produce principalmente el mineralocorticoide aldosterona.
2. Zona fasciculada, que es la zona más gruesa de la corteza
3. Zona reticular, que en conjunto con la zona fascicular se encargan de la producción de glucocorticoides como el cortisol y corticosterona.

Todas las zonas de la corteza producen dehidroepiandrosterona



La mayoría del colesterol que se utiliza para la síntesis de estas hormonas proviene de las lipoproteínas de baja densidad (LDL). La conversión de colesterol en las hormonas esteroideas finales depende de la participación de diversas enzimas para dar como resultado final la dehidroepiandrosterona, androstenediona, cortisol, corticosterona y aldosterona. Las hormonas esteroideas no se almacenan dentro de las células de la glándula suprarrenal, sino que su producción, por consiguiente su liberación deriva del estímulo de hormona adrenocorticotrópica (ACTH) a las células de la glándula. Una vez que se han liberado las hormonas esteroideas se unen a la globulina de unión de corticoides y a la albúmina. Las hormonas que quedan en su forma libre son las que tienen efecto biológico.

En las gónadas femeninas se produce otra hormona esteroidea de gran importancia, el estradiol. Su producción se estimula por la hormona luteinizante al estimular a la célula de la teca, igual que las otras hormonas esteroideas, la formación de los estrógenos se lleva a cabo en la mitocondria, formando como primer precursor a la pregnenolona. Para la producción de estradiol se requiere de la participación de las células de la teca y de la granulosa. Las células de la teca convierten la pregnenolona en algunos productos finales como la testosterona y androstendiona, las cuales son transformadas por la aromatasa, enzima que se encuentra en la célula de la granulosa y que es estimulada por la hormona folículo estimulante (FSH). El estradiol es de suma importancia en diversos procesos del ciclo menstrual como en la fase proliferativa del endometrio, además de mantener el sistema de conductos del sistema reproductor femenino, la persistencia de los cilios del epitelio, la movilidad de los oviductos para la adecuada movilización de los espermatozoides para llevar a cabo una fecundación. Asimismo, el estímulo que ejerce el estradiol sobre órganos como el útero, son importantes en su mantenimiento y su trofismo, de manera que una ooforectomía influye en el tamaño y el trofismo del útero.

## Material

- Tablas de comparación de datos.

## Actividad 1: Efecto de las hormonas tiroideas en el metabolismo basal

A continuación encontrarás unas tablas correspondientes a la interpretación de datos que se han realizado en PhysioEx 6.0. De acuerdo con la actividad deberás generar una hipótesis, así como el análisis de datos correspondiente de las tablas.

Determine el consumo de oxígeno por hora para el sujeto con la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo de oxígeno por hora (ml } O_2/h) = \frac{\text{ml de } O_2 \text{ consumido } \times 60 \text{ min}}{1 \text{ x hora}}$$

Anote este dato en el apartado ml O<sub>2</sub> utilizados por hora de la tabla anexo 1.

Ahora que ha calculado la cantidad de oxígeno utilizado por hora, determine el metabolismo basal por kilo de peso corporal utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Metabolismo basal (ml } O_2/Kg/h) = \frac{\text{ml } O_2/\text{hora}}{\text{peso}}$$



| Datos del sujeto                      | Sujeto normal               | Sujeto tiroidectomizado     | Sujeto hipofisectomizado    |
|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Peso                                  | 249.5 g                     | 245.7 ml                    | 244.6 ml                    |
| ml O <sub>2</sub> utilizados en 1 min | 7.1 ml                      | 6.3 ml                      | 6.3 ml                      |
| ml O <sub>2</sub> utilizados por hora | _____ml                     | _____ml                     | _____ml                     |
| Metabolismo basal                     | _____mlO <sub>2</sub> /kg/h | _____mlO <sub>2</sub> /kg/h | _____mlO <sub>2</sub> /kg/h |

| Con tiroxina                             |                             |                             |                             |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Datos del sujeto                         | Sujeto normal               | Sujeto tiroidectomizado     | Sujeto hipofisectomizado    |
| Peso                                     | 249.1 g                     | 245.3 ml                    | 244.6 ml                    |
| ml O <sub>2</sub> utilizados en 1 minuto | 7.6 ml                      | 7.1 ml                      | 7.1 ml                      |
| ml O <sub>2</sub> utilizados por hora    | _____ml                     | _____ml                     | _____ml                     |
| Metabolismo basal                        | _____mlO <sub>2</sub> /kg/h | _____mlO <sub>2</sub> /kg/h | _____mlO <sub>2</sub> /kg/h |

| Con TSH                               |                             |                             |                             |
|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Datos del sujeto                      | Sujeto normal               | Sujeto tiroidectomizado     | Sujeto hipofisectomizado    |
| Peso                                  | 249.6 g                     | 245.8 ml                    | 244.9 ml                    |
| ml O <sub>2</sub> utilizados en 1 min | 7.6 ml                      | 6.3 ml                      | 7.1 ml                      |
| ml O <sub>2</sub> utilizados por hora | _____ml                     | _____ml                     | _____ml                     |
| Metabolismo basal                     | _____mlO <sub>2</sub> /kg/h | _____mlO <sub>2</sub> /kg/h | _____mlO <sub>2</sub> /kg/h |

| Con propiltiuracilo                   |                             |                             |                             |
|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Datos del sujeto                      | Sujeto normal               | Sujeto tiroidectomizado     | Sujeto hipofisectomizado    |
| Peso                                  | 250.7 g                     | 245.7 ml                    | 244.8 ml                    |
| ml O <sub>2</sub> utilizados en 1 min | 6.3 ml                      | 6.3 ml                      | 6.3 ml                      |
| ml O <sub>2</sub> utilizados por hora | _____ml                     | _____ml                     | _____ml                     |
| Metabolismo basal                     | _____mlO <sub>2</sub> /kg/h | _____mlO <sub>2</sub> /kg/h | _____mlO <sub>2</sub> /kg/h |



Responde las siguientes preguntas:

- a.- ¿Qué diferencias existieron en los metabolismos basales de los tres sujetos?
- b.- Explica la razón por la cual existieron diferencias en los metabolismos basales de los sujetos. ¿Cuál es el efecto de la tiroidectomía y la hipofisectomía?
- c.- En el sujeto tiroidectomizado ¿Qué hormonas no se encontrarían en su sangre?
- d.- ¿Cuál sería el efecto sistémico de la falta de la hormona de la pregunta 3?
- e.- ¿Cuáles fueron los cambios en el metabolismo basal de los sujetos al administrarles tiroxina?
- f.- ¿Cuál fue el cambio en el metabolismo basal de los sujetos al inyectarles TSH?
- g.- ¿Cuál fue el cambio en el metabolismo basal de los sujetos al inyectarles propiltiouracilo?

## Actividad 2: viñeta clínica

Karla es una mujer de 28 años que se encuentra en estudio por oligomenorrea de 3 años de evolución que progresa a amenorrea. A la exploración física, se encuentra sobrepeso, hirsutismo, acantosis nigricans y acné. Los laboratorios demuestran un aumento importante de LH y niveles normales de FSH, así como incremento de los andrógenos ováricos. Al realizarle un ultrasonido, se encuentran más de 12 folículos con un diámetro de 2-9 mm en cada ovario, así como incremento del volumen de ambos ovarios. Se integra diagnóstico de síndrome de ovario poliquístico (SOP) y se inicia tratamiento. Responde las siguientes preguntas relacionadas con este caso:

1. ¿Qué células son estimuladas por el aumento de LH?
2. ¿Qué hormonas producen las células estimuladas por LH y cómo se relaciona esto con las manifestaciones clínicas?
3. La mayoría de mujeres con SOP presentan resistencia a la insulina (en Karla, ésta se manifiesta como acantosis nigricans). La insulina, que se encuentra incrementada, inhibe la síntesis de la globulina fijadora de hormonas sexuales. Este fenómeno, ¿incrementa o disminuye el efecto androgénico en Karla?
4. En Karla, la estrona está más aumentada de lo normal. Sin embargo, el origen de este estrógeno no es ovárico (el principal estrógeno ovárico en una mujer fértil es el estradiol). ¿Qué tejido piensas que puede estar convirtiendo el exceso androgénico en estrona?
5. Dentro del tratamiento, y debido a que Karla no desea tener hijos en este momento, se indican anticonceptivos orales combinados (AOC, que contienen estrógeno más progestina). Con base en tus conocimientos sobre sistemas de retroalimentación, ¿cómo puedes explicar que los AOC disminuyan el hirsutismo y el acné en las pacientes con SOP? Dibuja un diagrama que describa este proceso.



## Glosario

**Acantosis nigricans.** Afección cutánea caracterizada por áreas oscuras y aterciopeladas en pliegues y dobleces del cuerpo.

**Amenorrea.** Falta de menstruación por al menos 3 meses consecutivos.

**FSH.** Hormona foliculoestimulante.

**Hirsutismo.** Crecimiento excesivo de vello con patrón masculino.

**LH.** Hormona luteinizante.

**Oligomenorrea.** Intervalo mayor a 35 días entre las menstruaciones o menos de 8 períodos menstruales en un año.

## Referencias

- Williams. Tratado de endocrinología. Melmed, Polonsky, Larsen, Kronenberg. 13a Edición. Elsevier. 2017
- Singh, B.K.; Sinha, R.A.; Yen, P.M. Novel Transcriptional Mechanisms for Regulating Metabolism by Thyroid Hormone. Int. J. Mol. Sci. 2018, 19, 3284.
- Rhoades & Bell. Fisiología médica. Fundamentos de Medicina Clínica. 5a Edición. Wolters Kluwer-Lippincott William & Wilkins. 2018.
- Guyton & Hall. Tratado de fisiología médica. 13 a Edición. España: Elsevier, 2016



CC BY  
Esta obra está bajo una  
Licencia Creative Commons  
Atribución 4.0 Internacional