

---

---

## CONCEPTOS GENERALES DE ENDOCRINOLOGIA Y ADAPTACIONES DURANTE EL EJERCICIO

Ruth Gallo Flórez\*

El sistema endocrino está formado por un conjunto de células productoras de hormonas, cuyo papel principal dentro del organismo está relacionado con las diferentes funciones metabólicas y control de la intensidad de los procesos químicos en las células; gobiernan funciones tales como el crecimiento, el envejecimiento, el impulso sexual y desempeña un papel decisivo en el mantenimiento del medio interno dentro de unos límites constantes. El Sistema Endocrino comparte con el cerebro y el sistema nervioso la tarea de coordinar, gobernar y controlar la actividad celular en los distintos órganos del cuerpo.

Las hormonas son sustancias químicas producidas por determinadas células que ejercen efecto fisiológico sobre el control de otras células de la economía.

Hay hormonas que ejercen efectos locales específicos tales como la Acetilcolina, que se libera en las terminaciones nerviosas parasimpáticas y del músculo estriado, la Colecistocinina que se libera en el intestino delgado y es llevada por la sangre a la vesícula biliar para producir su contracción y al páncreas para producir la secreción enzimática y existen muchas otras.

Las hormonas generales son secretadas por glándulas endocrinas específicas o de secreción interna y transportadas por la sangre

para producir acciones fisiológicas en puntos distantes del organismo. Algunas hormonas generales afectan casi todas las células del cuerpo, como la hormona del crecimiento y la hormona tiroidea, otras afectan tejidos específicos como las hormonas ováricas que actúan sobre el endometrio. Los tejidos así afectados se denominan tejidos blancos.

La hipófisis es una glándula situada en la base del cráneo (silla del esfenoides), es considerada como la directora de orquesta del sistema endocrino debido a que ejerce un control sobre la mayoría de las glándulas de este sistema. (Fig. 1).

La hipófisis se divide en: anterior o adenohipófisis, intermedia y posterior o neurohipófisis.

Las hormonas de la hipófisis anterior o adenohipófisis son las siguientes:

- Hormona del crecimiento
- Hormona estimulante de la tiroides
- Hormona adrenocorticotrópica
- Hormona estimulante de los folículos
- Hormona luteinizante
- Hormona prolactina

Hipófisis intermedia: Hormona estimulante de los melanocitos.

---

\* Profesora del Instituto Universitario de Educación Física y Deportes de la U. de A.

Hipófisis posterior o neurohipófisis: hormona Antidiurética, Oxitocina.

### CONTROL DE LA SECRECIÓN HIPOFISIARIA POR EL HIPOTÁLAMO

Casi toda la secreción es controlada por

señales transmitidas desde el hipotálamo, quien es el centro de convergencia de información relacionada con el bienestar del cuerpo. La secreción de la hipófisis anterior está controlada por hormonas llamadas factores liberadores e inhibidores hipotalámicos, secretados dentro del propio hipotálamo y

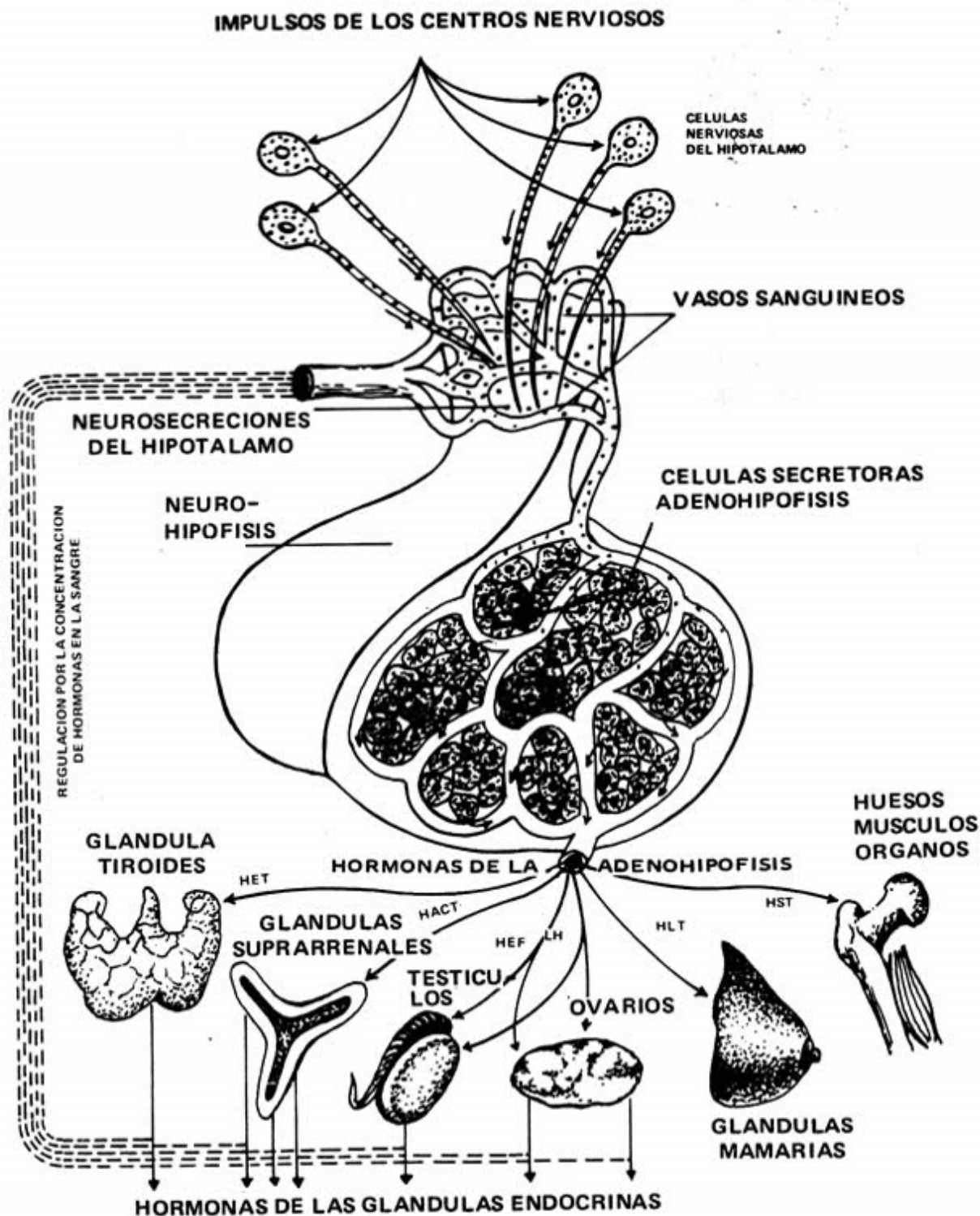


Fig. 1.- HORMONAS DE LA HIPOFISIS.  
(Gráfica tomada de la Enciclopedia Salvat de la Salud 2, Vol. 19).

conducidos a la hipófisis anterior por vía de pequeños vasos sanguíneos llamados vasos portales hipotálamo-hipofisiarios. La secreción de la hipófisis posterior está controlada por fibras nerviosas originadas en el hipotálamo. (Fig. 1).

## FUNCIONES DE LAS HORMONAS DE LA HIPOFISIS ANTERIOR

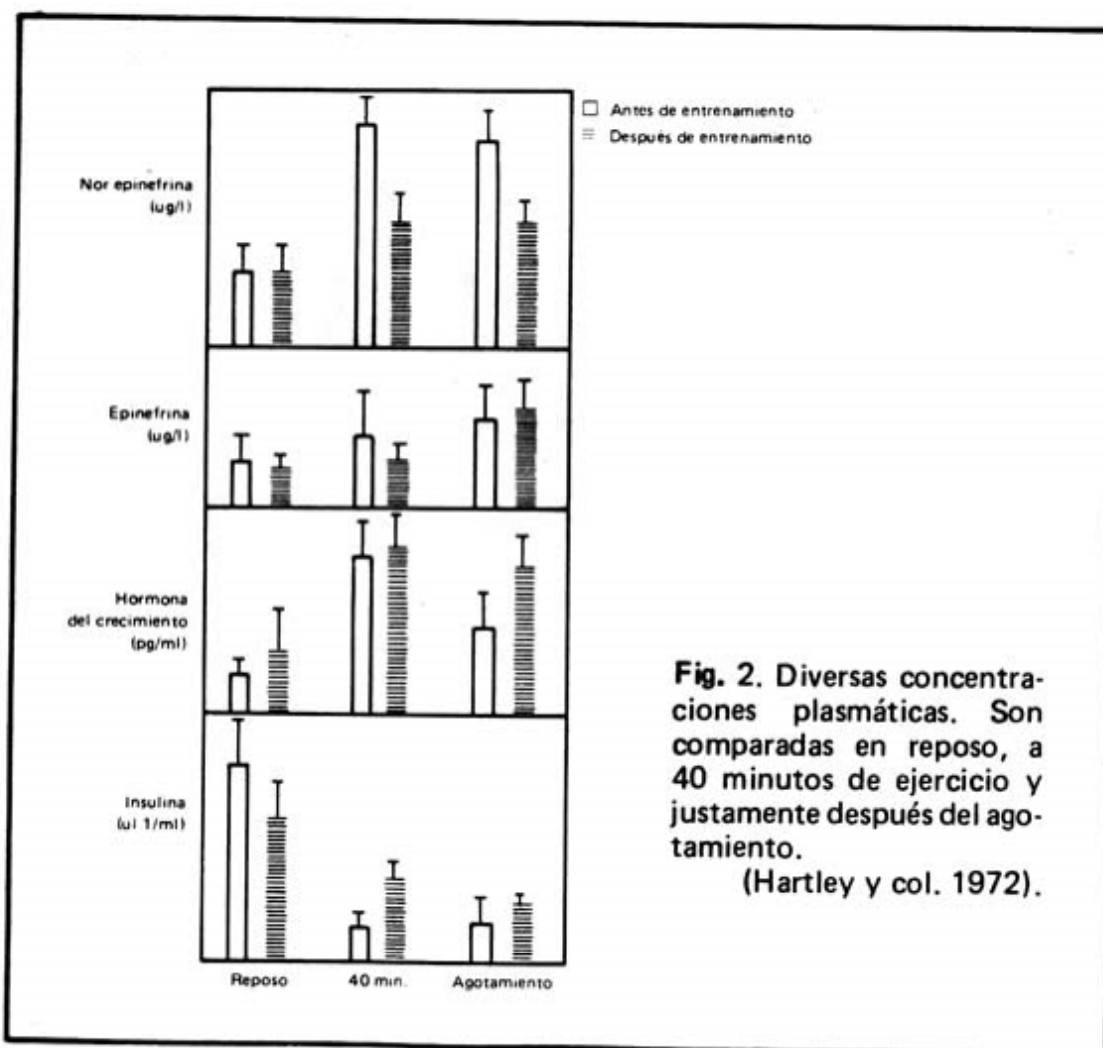
1. **Hormona del Crecimiento.**- Provoca el crecimiento de todos los tejidos del cuerpo capaces de crecer. Produce aumento de peso y tamaño celular estimula la mitosis.

Los efectos metabólicos son los siguientes: aumento de la síntesis de proteínas en todas las células del organismo. Aumenta la glucogenolisis y produce una mayor movilización y utilización de las grasas para obtener energía.

Se ha demostrado experimentalmente que los niveles sanguíneos de la hormona del crecimiento son significativamente elevados después de un ejercicio moderado y disminuye durante trabajo exhaustivo. (Fig. 2). Esta hormona junto con un entrenamiento adecuado y una dieta correcta estimula el desarrollo del tejido muscular.

**Anomalías de la secreción:** Cuando hay disminución de la secreción de la hormona del crecimiento durante la infancia se produce el enanismo y si hay exceso de secreción se produce el gigantismo. Cuando aumenta excesivamente la secreción después de la adolescencia, este trastorno se denomina acromegalia.

2. **Hormona Estimulante de la Tiroides (HET).** Llamada también Tirotropina. Actúa principalmente sobre la glándula Tiroides en la siguiente forma:



**Fig. 2.** Diversas concentraciones plasmáticas. Son comparadas en reposo, a 40 minutos de ejercicio y justamente después del agotamiento. (Hartley y col. 1972).

- a. Aumentando el peso, vascularización, función secretoria y el número de células de la glándula.
  - b. Aumenta la actividad de la bomba de yoduros, con lo que se eleva la captación de yoduro.
  - c. Aumento de la yodación de la tirosina y de su acoplamiento para formar hormonas tiroideas. En general la HET aumenta todas las actividades conocidas de las células glandulares tiroideas.
3. **Hormona Adrenocorticotropina (ACTH).** Su acción es sobre la corteza suprarrenal, aumentando peso, tamaño y vasculariza- y aumentando la síntesis y liberación de las hormonas corticales.
4. **Hormona Folículo Estimulante (HFE).** Su acción es sobre las gonadas o glándulas sexuales:
- a. Promueve el crecimiento de los folículos ováricos y
  - b. La Gametogénesis (producción de óvulos y espermatozoides).
5. **Hormona Luteinizante.** También su acción es sobre las glándulas sexuales, junto con la HFE se les ha denominado GONODOTROICAS, sus acciones:
- a. Promueve la ovulación, y
  - b. Estimulación de la secreción de las hormonas sexuales: Testosterona, Estrógenos y Progesterona.
6. **Prolactina u Hormona Luteotrófica.**
- a. Estimula la proliferación y crecimiento de la glándula mamaria.
  - b. Mantiene el cuerpo lúteo o amarillo.

### **FUNCIONES DE LAS HORMONAS DE LA HIPOFISIS POSTERIOR**

Las Hormonas Antidiurética y Oxitocina son secretadas en los núcleos supraóptico y paraventricular del Hipotálamo y acumuladas en terminaciones nerviosas de la Hipófisis posterior donde son liberadas hacia capilares adyacentes.

1. **Hormona Antidiurética (HAD).** Actúa a nivel de los túbulos renales reabsorbiendo el agua se produce un aumento de la producción de HAD por disminución del volumen plasmático o del sodio sanguíneo y por calor. Se disminuye la producción de HAD por el alcohol y por el frío. El ejercicio es un estímulo efectivo para el aumento de la producción de HAD, cuando la intensidad excede de 50% del VO<sub>2</sub> máximo del individuo ya que hay disminución del volumen plasmático debido a la deshidratación.
2. **Oxitocina.** Su acción es sobre el útero, facilitando la contracción durante el trabajo de parto y produce la evacuación de la leche en las glándulas mamarias. No conocemos información científica en relación con la actividad física.

### **GLANDULA TIROIDES**

Se encuentra situada a ambos lados y por delante de la tráquea. Secreta varias hormonas, siendo la principal la Tiroxina, que influye sobre el metabolismo en todas las células del organismo, aumentando el metabolismo de los nutrientes energéticos. Debido a esto se puede admitir un aumento de las hormonas tiroideas durante esfuerzos prolongados. La actividad excesiva de la glándula tiroides tiene como resultado el aumento de calor basal anormal y una sobrecarga para el corazón y la circulación sanguínea. La falta de hormonas tiroideas durante la infancia cretinismo, el niño se convierte en un enano físico y mental. Cuando el déficit es en el adulto se produce el Mixedema, la persona se vuelve inactiva y obesa, con un bajo nivel de forma física.

### **GLANDULAS SUPRARRENALES**

Están ubicadas en el polo superior de ambos riñones y están compuestas por corteza y médula.

**La médula suprarrenal,** está en relación funcional directa con el sistema nervioso simpático y es considerada como un ganglio

de este sistema, secreta las hormonas Adrenalina y Noradrenalina (Catecolaminas). La liberación de dichas hormonas al torrente sanguíneo está gobernada directamente por el cerebro, a través de fibras nerviosas simpáticas que terminan en la glándula. Su control y regulación no depende de la hipófisis, como sucede con la mayoría de las glándulas endocrinas.

Las catecolaminas hacen posible la movilización rápida de energía para el ejercicio muscular, lo cual puede ser muy importante en situaciones de emergencia. Esto determina un aumento en el gasto cardiaco, una aceleración de la frecuencia respiratoria, una mayor liberación de los depósitos hepáticos de glucógeno, etc. Todas estas respuestas hacen que los músculos puedan disponer del combustible necesario y del  $O_2$  para contraer rápidamente, respondiendo a situaciones especiales, como es el ejercicio, donde se ha observado un aumento significativo de las catecolaminas, quienes favorecen también durante el ejercicio la distribución del flujo sanguíneo, originando vasoconstricción esplénica y de la piel y vasodilatación en la circulación músculo-esquelética. El incremento es mayor en la noradrenalina o epinefrina llegando al doble del valor de reposo durante un ejercicio moderado (75% del  $VO_2$  máx.) de 40 min.; cuando se llega a trabajo exhaustivo, permanece igual o disminuye un poco (Fig. 2). En la adrenalina o epinefrina el incremento es menor y más significativo en trabajo intenso (Fig. 2).

**La corteza suprarrenal**, secreta un grupo de hormonas llamadas corticosteroides o corticoides, quienes desempeñan acciones diferentes en el cuerpo. Hay 2 tipos principales de hormonas: Los mineralocorticoides (aldosterona) y los glucocorticoides (cortisol). Además se producen pequeñas cantidades de andrógenos cuyos efectos son similares a los de la hormona sexual masculina testosterona.

Los mineralocorticoides regulan el contenido mineral del cuerpo, actuando principalmente sobre los electrolitos de los líquidos extracelulares, en particular sodio, potasio y

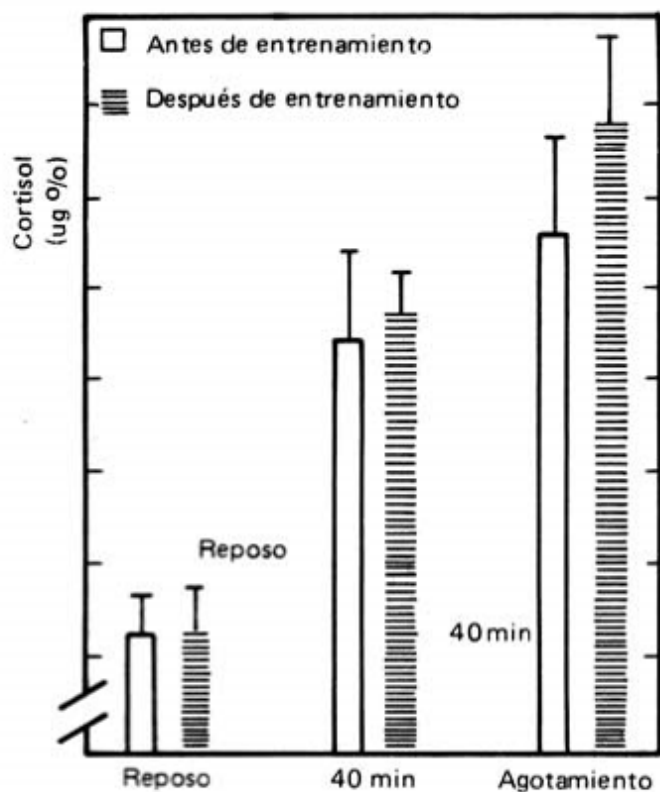
cloruros. Los glucocorticoides influyen en el metabolismo de los carbohidratos, siendo uno de sus principales efectos elevar la concentración de glucosa sanguínea y los andrógenos tienen acción sobre la síntesis de proteínas.

Los corticoides principalmente los glucocorticoides desempeñan también un importante papel cuando el hombre se halla en una situación de stress, por ejemplo, cuando tiene frío o hambre, cuando sufre una tensión mental importante o cuando produce los efectos de una infección o traumatismo. Estas hormonas en general ejercen efectos benéficos en el organismo en situaciones de agresión ambiental.

En el ejercicio se ha observado un aumento de corticoides (Fig. 3), indicando un estímulo de la corteza suprarrenal, que debe tener su origen en un aumento de ACTH, probablemente estimulada por estímulos motores de la corteza. La influencia de dicho efecto en la forma física del individuo aún no ha sido bien aclarada. Según una teoría, la movilización de hormonas de la corteza suprarrenal mediante el ejercicio mejora la síntesis de tejido muscular, sería un mecanismo mediante el cual el entrenamiento mejora la forma física. Dicha teoría concuerda con el concepto de que la actividad de la corteza suprarrenal en respuesta al stress, es una reacción inespecífica de "alarma", que hace que el cuerpo se prepare para reaccionar mejor ante las situaciones de peligro.

Cuando hay una excesiva liberación de hormonas durante un tiempo prolongado, puede contribuir al desarrollo de ciertas enfermedades. Son llamadas "enfermedades por stress" tales como la úlcera del estómago.

La aldosterona juega un papel dentro del balance hidrosalino durante el ejercicio, conjuntamente con la HAD, cuando hay disminución del volumen plasmático y del sodio sanguíneo. Otro mecanismo que aumenta la concentración de aldosterona durante el ejercicio es el aumento de angiotensina II, factor que está estrechamente relacionado con la



**Fig. 3.** Los niveles plasmáticos de cortisol se indican durante el reposo, a 40 min. de trabajo y en agotamiento.

(Hartley y col. 1972)

producción de renina, hormona secretada por las células yustagomerulares del riñón a nivel de la arteriola aferente.

Angiotensinógeno renina angiotensina I enzima angiotensina II. La disminución del flujo sanguíneo renal durante el ejercicio es un estímulo para la secreción de renina, por lo que se puede esperar que las hormonas del sistema renina-angiotensina-aldosterona aumenta considerablemente sus concentraciones con el ejercicio.

## PANCREAS

Además de sus funciones digestivas, el páncreas es una glándula endocrina que secreta 2 hormonas: La insulina y el glucagon. Estas son secretadas en los Islotes de Langerhans, tejido endocrino especial del páncreas y vertidas directamente hacia la sangre.

La insulina tiene como funciones principales:

1. Mantiene la glicemia o azúcar en la sangre, normal.
2. Acelera el consumo de glucosa por el organismo.
3. Aumenta el glucógeno hepático y muscular.
4. Estimula el ingreso de glucosa en la mayor parte de las células corporales.
5. Cuando se dispone de exceso de glucosa, ésta se convierte en grasa.

El glucagon, tiene funciones diametralmente opuestas a las de la insulina, como es el aumento de glicemia. Por este motivo el glucagon suele denominarse "Factor Hiper-glicemiante".

Los dos efectos principales del glucagon sobre el metabolismo de la glucosa son:

1. Desintegración del glucógeno (Glucogé-nólisis).
2. Aumento de la gluconeogénesis (aumento de la conversión de aminoácidos en pre-cursosores de glucosa).

Durante el trabajo muscular, el consumo de Glucosa aumenta mucho. Las dos hormonas pancreáticas intervienen en la regulación del suministro de energía a los músculos que están trabajando. La insulina acelera la entrada de glucosa al interior de la célula, produciéndose un descenso en el nivel de glucosa sanguínea. En cambio el glucagon acelera el desdoblamiento de glucógeno hepático en glucosa, con lo que aumenta la glucosa sanguínea. Durante el ejercicio se ha observado una disminución de los niveles de insulina, se sugiere que este efecto es intervenido por mecanismos adrenérgicos ( $\uparrow$  concentración de catecolaminas en el ejercicio). (Fig. 2).

La cantidad de glucosa en la sangre debe mantenerse dentro de unos límites normales, si este equilibrio se altera se produce una situación anormal. Cuando hay demasiada glucosa en la sangre es un signo de Diabetes, cuando el nivel de glucosa es bajo, el individuo se vuelve débil y puede presentar Hipoglicemia.

## GLANDULAS SEXUALES

En ambos sexos tiene doble función:

1. Función exocrina: Producción de células germinativas (Gametogénesis).
2. Función endocrina: Producción de Hormonas sexuales.

En el hombre las glándulas sexuales son denominadas testículos que producen la hormona sexual masculina: Testosterona.

La secreción de esta hormona empieza en la pubertad y es la responsable del desarrollo de los caracteres sexuales masculinos. Además tiene función anabolizante, que es el aumento de la síntesis protéica, produciendo un aumento en el desarrollo muscular. Tiene acción sobre los huesos aumentando el espesor de ellos y provocando el cierre de las epífisis en los huesos largos.

En la mujer sus glándulas sexuales son los ovarios, producen 2 tipos de hormonas: los estrógenos y la progesterona. Ambas se producen según un ciclo relacionado con el período menstrual, dirigido por hormonas segregadas por la hipófisis anterior.

La producción de estas hormonas empie-

za en la pubertad y la actividad de los ovarios se mantiene prácticamente igual durante toda la fase fértil de la vida de una mujer, terminándose con la menopausia, hacia los 45 ó 50 años de edad.

Los estrógenos son los responsables en la mujer del desarrollo de sus caracteres sexuales femeninos, teniendo igual que la testosterona, acción anabolizante y acción sobre el esqueleto. La progesterona actúa principalmente a nivel del útero, provocando cambios en el endometrio, preparando la matriz para la implantación del óvulo fecundado.

La influencia de las hormonas femeninas sobre la forma física de la mujer se pone de manifiesto por el hecho de que su forma física mantenida durante su vida fértil, decae después de la menopausia. En el hombre no se sabe a ciencia cierta el papel definido que desempeña la testosterona sobre la actividad física a corto plazo, por su acción anabolizante, se ha empleado para potenciar el efecto del entrenamiento muscular, pero su uso entraña riesgos importantes para la salud del individuo, en especial cuando no se tiene un control médico estricto. El uso de Esteroides anabolizantes está considerado como Doping y su uso está penalizado por todas las entidades deportivas del mundo.

## BIBLIOGRAFIA

BALAGUE, A. Adaptaciones Endocrinológicas al ejercicio físico. Archivos de la Sociedad Chilena de Medicina del Deporte. Vol. 20, 1976.

GANONG, W.F. Manual de Fisiología Médica. Séptima edición, editorial el Manual Moderno, s.a. México, 1980.

GUYTON, A.C. Tratado de Fisiología Médica. Quinta ed., Interamericana, México 1977.

LANGE, K. Ejercicio y hormonas. Enciclopedia

Salvat de la Salud. Ejercicio físico y salud. Tomo 2, Vol. 19, Salvat S.A. Ediciones 1980.

MARTINEZ E. y R. GALLO. Ajustes Sistémicos durante el trabajo muscular. In: Rittel, H. F. Sistema Muscular y Deporte. Convenio Colombo Alemán de Educación Física, Deporte y Recreación. Tomo 3. Editorial copiservicio, Medellín, 1980.

WILLIAMS, R. H. Tratado de Endocrinología, Salvat Editores S.A. 3a. Edición, Barcelona, 1976.