



INFOGRAMAS ENDOCRINOLOGÍA Y EJERCICIO

Henry Humberto León Ariza. MD. PhD.

Fisiología del Fitness

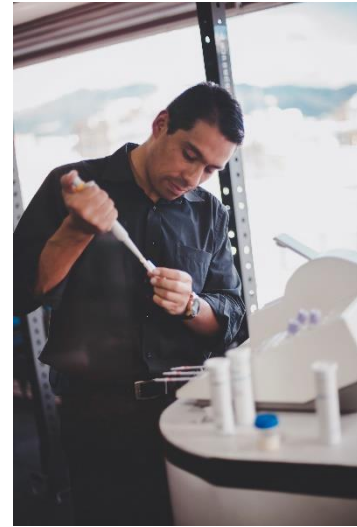
En este PDF se reúnen las infografías desarrolladas durante el primer semestre de 2019, estos corresponden a resúmenes en temas asociados a la endocrinología del fitness.

Está prohibida su reproducción o difusión total o parcial sin autorización escrita del autor.

Este material no tiene costo, está prohibida su venta.

Henry Humberto León Ariza.

- *Licenciado en Educación física de la Universidad Pedagógica Nacional.*
- *Médico Cirujano de la Universidad Nacional de Colombia.*
- *Doctor en Biociencias de la Universidad de La Sabana.*
- *Formación en Fisiología clínica y fisiología del ejercicio.*
- *Docente investigador universitario facultad de medicina – departamento de morfofisiología – Universidad de La Sabana.*
- *Autor de más de 30 publicaciones científicas nacionales e internacionales.*
- *Ponente en múltiples congresos Nacionales e Internacionales.*
- *Vicepresidente de la Asociación Colombiana de Fisiología (Colfisis).*
- *Miembro del Colegio Americano de Medicina del Deporte.*
- *Miembro del Exercise Physiology and Training (España).*
- *Asesor científico de la Escuela de capacitación de Entrenadores Personales (ECEP).*



Instagram: @henryleon_md

Facebook: @henryleonmd

Hola querido lector.

Una de las costumbres más bonitas, adquirida en los últimos años, es la de incorporar todos los días una lectura nueva que me permita mantenerme al tanto de la información científica en áreas de la fisiología, especialmente fisiología del ejercicio, como resultado de esas lecturas y para consolidar el aprendizaje he venido desarrollando una serie de infogramas que ahora comparto con todos ustedes.

Esta es el segundo pequeño libro de infogramas que he preparado para ustedes y al igual que el primero intenta usar un lenguaje lo más simple pero técnico posible.

Este libro no tiene costo alguno, solo te pido que cuando los utilices, me referencias y mantengas la integridad cada infograma.

No olvides seguirme en las redes sociales para recibir de forma sincera y libre de presiones comerciales información actualizada del maravilloso mundo del fitness.

Henry Humberto León Ariza

Contenido

HORMONAS Y EJERCICIO FÍSICO	4
ADRENALINA.....	6
HORMONA DE CRECIMIENTO.....	8
HORMONAS TIROIDEAS	10
INSULINA.....	12
FACTOR DE CRECIMIENTO SIMILAR A LA INSULINA	14
LIPÓLISIS Y BETAOXIDACIÓN.....	16
TESTOSTERONA I	18
TESTOSTERONA II	20
MIOSTATINA	22
ESTRÓGENOS	24
GLUCOCORTICOIDES.....	26
INFLAMACIÓN CRÓNICA E HIPERTROFIA.....	28
GHRELINA.....	30
IRISINA	32
LEPTINA.....	34
FACTOR NEUROTRÓPICO DERIVADO DEL CEREBRO.....	36
EJES HORMONALES ASOCIADOS A LA HIPERTROFIA.....	38
EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA CONTRIBUYE A MEJORAR LA SALUD	40

HORMONAS Y EJERCICIO FÍSICO

Las hormonas constituyen junto con el sistema nervioso autónomo el principal regulador del cuerpo humano, su función es la de mantener el equilibrio (homeóstasis) a todo nivel y aunque su inicio de acción suele ser lento, su actividad se prolonga en el tiempo mucho más que las respuestas nerviosas.

Hasta hace algunos años las hormonas se estudiaban en relación a las glándulas que las producen y no era fácil entender que un órgano que no fuera glandular también podía tener actividad endocrina, algo que se ha venido cambiando de manera reciente, siendo órganos como el tejido adiposo y el músculo esquelético verdaderos órganos endocrinos muy importantes en relación al ejercicio físico y la salud.

Durante el ejercicio y en respuesta a este se producen cambios en la concentración de muchas hormonas en sangre y comprender sus variaciones nos permite entender algunos de los procesos biológicos adaptativos que acompañan el ejercicio como lo son la hipertrofia muscular y la reducción del tejido adiposo.

La tabla a continuación presenta algunas de las hormonas más reconocidas, las que se encuentran en color rojo serán estudiadas un poco más en detalle a lo largo de este texto, además se muestra su clasificación química y los sitios donde se produce y actúan.

Como puede observarse, muchas hormonas tienen múltiples sitios de acción, lo cual habla de la complejidad de su producción y regulación, de la misma forma, como podrá observarse a lo largo del texto algunas hormonas tienen mecanismos de regulación dados por otras hormonas, a lo cual se les denomina ejes.

Lectura complementaria: Harper. *Bioquímica ilustrada, 30e* Victor W. Rodwell, David A. Bender, Kathleen M. Botham, Peter J. Kennelly, P. Anthony Weil. (2014). Ed. McGraw Hill

CLASIFICACIÓN QUÍMICA	HORMONA	PRODUCCIÓN	SITIO DE ACCIÓN
Esteroides	Progesterona	Órganos sexuales (gónadas)	Múltiples
	Estrógenos		
	Testosterona	Glándulas Suprarrenales (corteza)	Riñón
	Cortisol		
Aminas	Aldosterona	Glándulas Suprarrenales (médula)	Múltiples
	Adrenalina		
	Noradrenalina		
	Dopamina	Hipotálamo	
	Triyodotironina (T3)	Tiroides	
Tiroxina			
Glucoproteínas	Hormona estimulante del folículo	Hipófisis anterior	Ovario - Testículo
	Hormona Luteinizante		Tiroides
	Hormona estimulante de la tiroides	Placenta	Múltiples
	Gonadotropina coriónica humana	Hipófisis posterior	Riñón - vasos sanguíneos
Hormona antidiurética o vasopresina	Útero		
Péptidos	Oxitocina	Hipotálamo	Tiroides
	Hormona liberadora de hormona tiroidea		Hipófisis
	Hormona liberadora de gonadotropina	Tiroides	Hueso
	Calcitonina	Hipófisis anterior	Piel
	Hormona estimulante de los melanocitos		Múltiples
	Hormona del crecimiento		Glándula mamaria
Proteínas	Prolactina	Hipófisis anterior	Glándula suprarrenal
	Hormona adrenocorticotropa		Hueso
	Paratohormona		Paratiroides
	Hormona liberadora de hormona del crecimiento	Hipotálamo	Hipófisis
	Insulina	Páncreas	Músculo - Tejido adiposo
	Glucagón		Hígado
	Factor de crecimiento similar a la Insulina	Hígado entre otros	Múltiples
	Ghrelina	Estómago	Hipotálamo
	Irisina	Músculo	Tejido adiposo y cerebro
	Leptina	Tejido adiposo	Cerebro entre otros
	Miostatina	Músculo	Músculo entre otros

ADRENALINA

*Las Catecolaminas son sustancias químicas que actúan como neurotransmisores y como hormonas en el cuerpo, estas son **adrenalina**, **noradrenalina** y **dopamina**, de estas probablemente la adrenalina tiene una función más hormonal durante el ejercicio, de forma que sus concentraciones en sangre se elevan varias en relación a la intensidad del esfuerzo físico.*

La adrenalina tiene múltiples funciones en el cuerpo, la mayoría relacionadas con el estrés y la supervivencia (reflejo de lucha o huida), de manera que cuando hacemos ejercicio nos ayuda junto con el sistema nervioso simpático a aumentar el gasto cardíaco, vasodilatar los músculos, movilizar ácidos grasos y aumentar la fuerza de contracción en la fibra muscular.

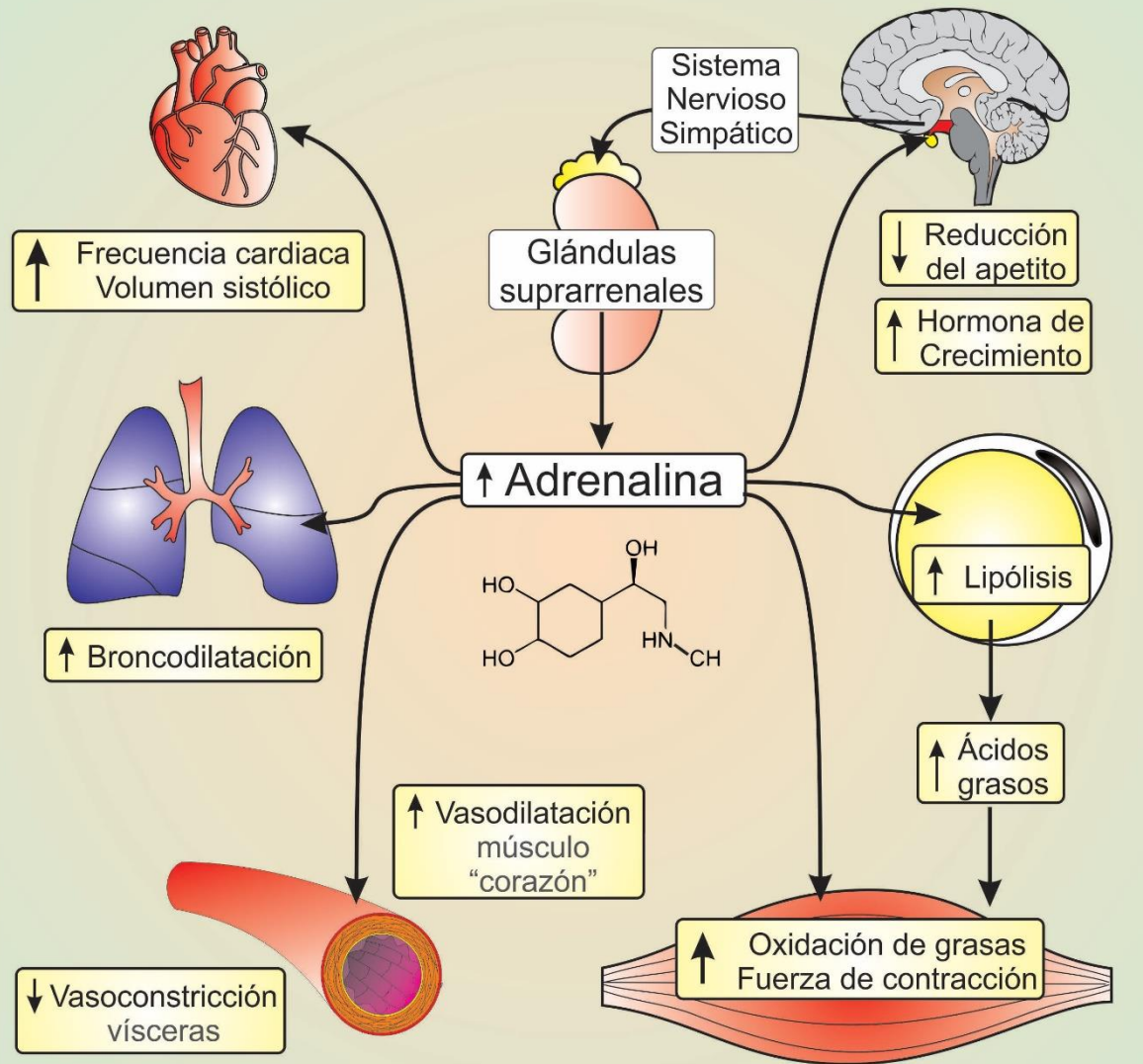
La adrenalina ejerce su acción a través de un conjunto de receptores denominados alfa y Beta, los cuales tienen a su vez varias subclasificaciones y acciones que pueden ser antagónicas en muchas ocasiones.

Gracias a la mejora de las capacidades físicas es normal que desde hace un buen tiempo se usen sustancias similares a la adrenalina (análogos) para potenciar los efectos del entrenamiento, generar más lipólisis o más oxidación de grasas, algo que no necesariamente es saludable por los efectos que tiene o puede tener a nivel cardiovascular especialmente.

Cuando se hace ejercicio la adrenalina se mantiene en sangre por un buen tiempo, incluso horas y por lo tanto procesos como la lipólisis permanecen en el tiempo aun cuando se haya finalizado la sesión de ejercicio.

Lectura complementaria: The Physiological Regulation of Skeletal Muscle Fatty Acid Supply and Oxidation During Moderate-Intensity Exercise. van Hall G. Sports Med. 2015 Nov;45 Suppl 1: S23-32. doi: 10.1007/s40279-015-0394-8.

ADRENALINA (La hormona del ejercicio)



Las catecolaminas como la adrenalina tienen múltiples funciones en el cuerpo y se relacionan con situaciones de estrés como el ejercicio



Henry H. León A. Lic. MD. PhD.

[@henryleon_md](#)

HORMONA DE CRECIMIENTO

La hormona de crecimiento (GH), es una proteína grande, aislada en 1956, aunque en realidad existen varias formas de la hormona no hay mayor diferencia entre estas. Se produce en respuesta a diversos estímulos, entre estos el sueño profundo, el ejercicio físico intenso y aminoácidos como la L -arginina, pero llama la atención como en el ayuno incrementa su concentración plasmática, básicamente para que el cuerpo utilice más grasas que carbohidratos durante los periodos de inanición y así poder proteger el cerebro de la hipoglicemia.

Los receptores principales de GH están en el hígado, el adipocito y músculo. En el adipocito la GH incrementa la lipólisis, mientras que en músculo aumenta la síntesis de proteínas, probablemente no tanto por acción directa, sino por una acción más ligada a otras hormonas como el IGF-1 (véase más adelante).

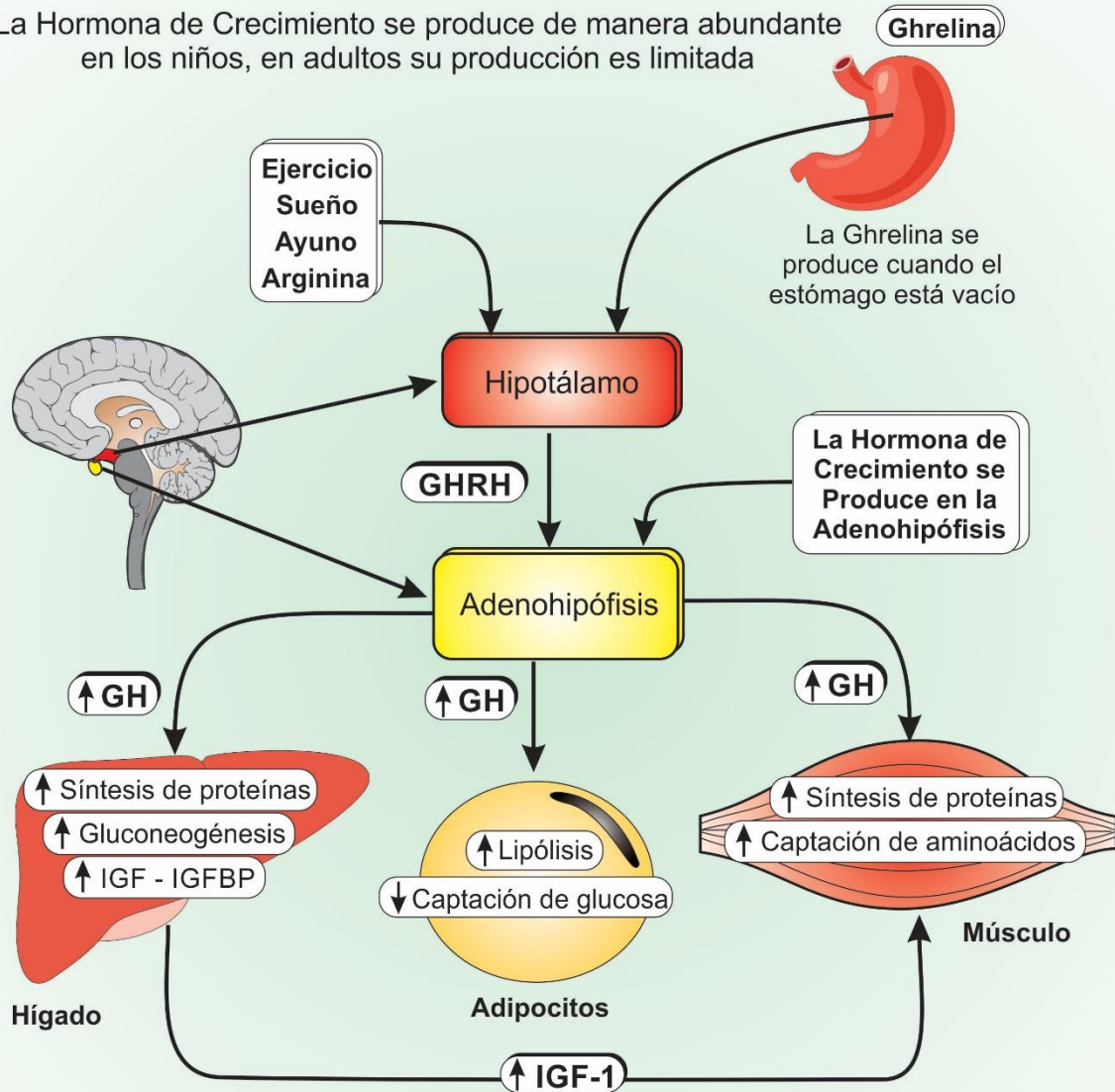
Aunque pareciera que el uso de GH favorece la disminución del tejido adiposo y el aumento de la masa muscular, existen muchas dudas sobre la seguridad en adultos de GH sintética, sus análogos y precursores, por el potencial riesgo que existe en el desarrollo de cánceres, algo que requiere mayor investigación epidemiológica.

La hormona de crecimiento puede en teoría parecer una atractiva opción para la mejora del rendimiento deportivo, pero las dudas que continuamente surgen acerca de su seguridad y efectos secundarios al ser utilizada como ayuda ergogénica obligan a ser muy cautelosos. Vale la pena recordar que es una proteína muy grande que tampoco puede ser consumida por vía oral y que quien promueva su consumo por esta vía esta sin duda mintiendo.

Lectura complementaria: The Use and Abuse of Human Growth Hormone in Sports. Siebert DM, Rao AL. Sports Health. 2018 Sep/Oct;10(5):419-426. doi: 10.1177/1941738118782688.

HORMONA DE CRECIMIENTO

La Hormona de Crecimiento se produce de manera abundante en los niños, en adultos su producción es limitada



Abreviaturas

GHRH: Hormona Liberadora de Hormona de Crecimiento IGFBP: Proteína fijadora de IGF-1
 GH: Hormona de Crecimiento IGF-1: Factor de Crecimiento similar a la Insulina



Henry H. León A. Lic. MD. PhD.

@henryleon_md

HORMONAS TIROIDEAS

Las hormonas tiroideas son fundamentales para regular la velocidad con la que suceden las reacciones químicas en el organismo (a esto se le denomina reacciones metabólicas o simplemente metabolismo), las hormonas tiroideas realizan cumplen con esta función a través de favorecer la síntesis de sustratos o enzimas.

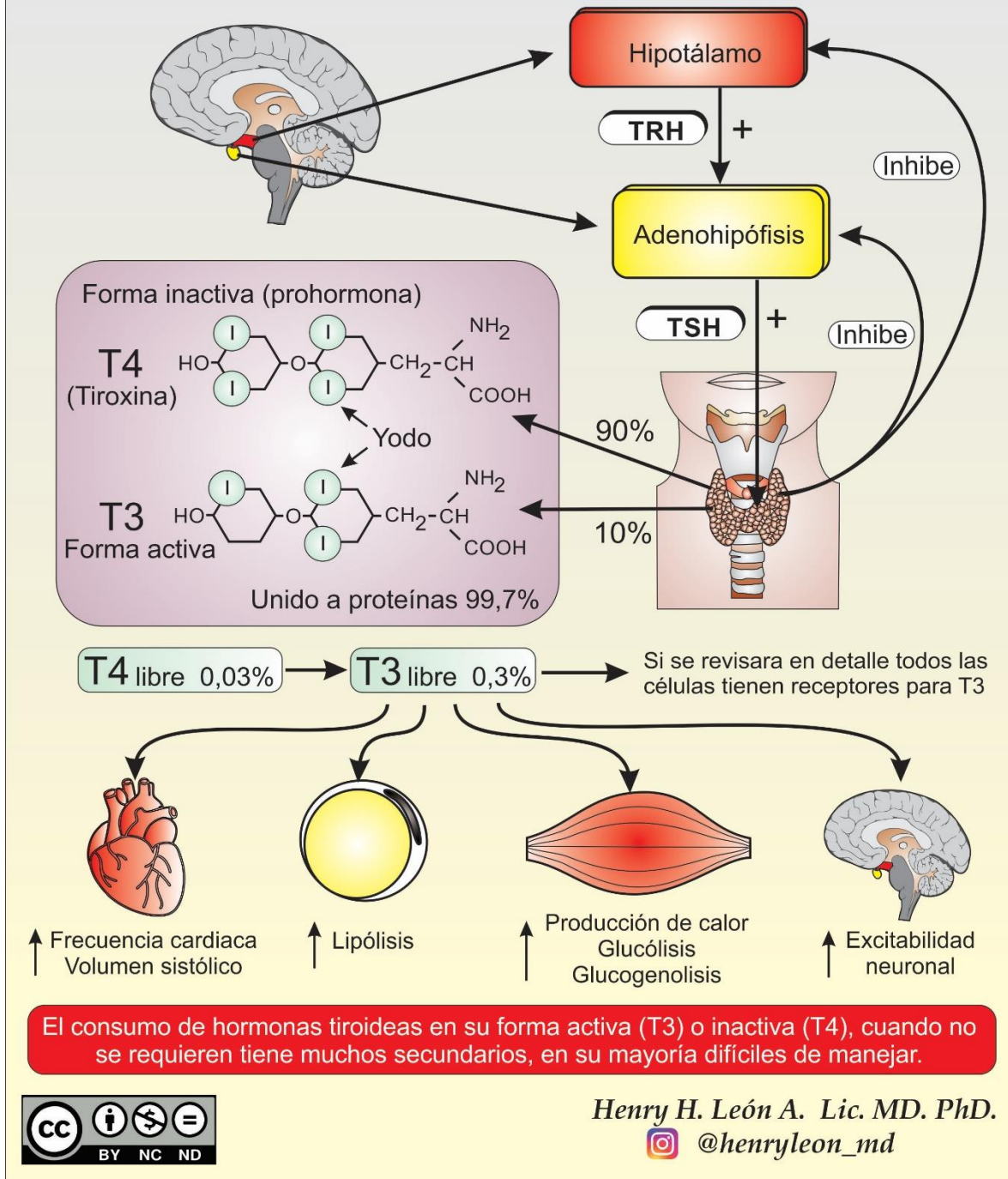
Las hormonas tiroideas se producen en la glándula tiroides, y para su formación se requiere de Yodo, el cual ingerimos de manera regular a través de la dieta o fuentes como la sal yodada. La forma activa de las hormonas tiroideas tiene tres yodos y se conoce como T3 (triyodotironina), su forma inactiva y cuya función es más de depósito es la T4 (tetrayodotironina o tiroxina), esta última en los tejidos se convierte en T3 por acción de enzimas.

Los estímulos para sintetizar hormonas tiroideas provienen de la adenohipófisis (TSH) y estos a su vez del hipotálamo (TRH), en un delicado mecanismo de autorregulación denominado eje hipotalámico – hipofisario – Tiroideo. Cuando se presentan alteraciones de este eje surgen trastornos de la tiroides, dados por una hipo o híper producción de hormonas, esto no contraindica el ejercicio, pero es importante que el médico busque el equilibrio tiroideo para que el ejercicio sea más efectivo.

Lastimosamente y sobre todo en las redes sociales se comercializa y vende hormonas tiroideas que si bien es cierto contribuyen a la pérdida de peso usualmente generan desórdenes hormonales muy difíciles de corregir, por la tanto esta es una práctica que se debe evitar al máximo.

Lectura complementaria: Thyroid disorders in athletes. Duhig TJ, McKeag D. Curr Sports Med Rep. 2009 Jan-Feb;8(1):16-9. doi: 10.1249/JSR.0b013e3181954a12

HORMONAS TIROIDEAS



Henry H. León A. Lic. MD. PhD.
 @henryleon_md

INSULINA

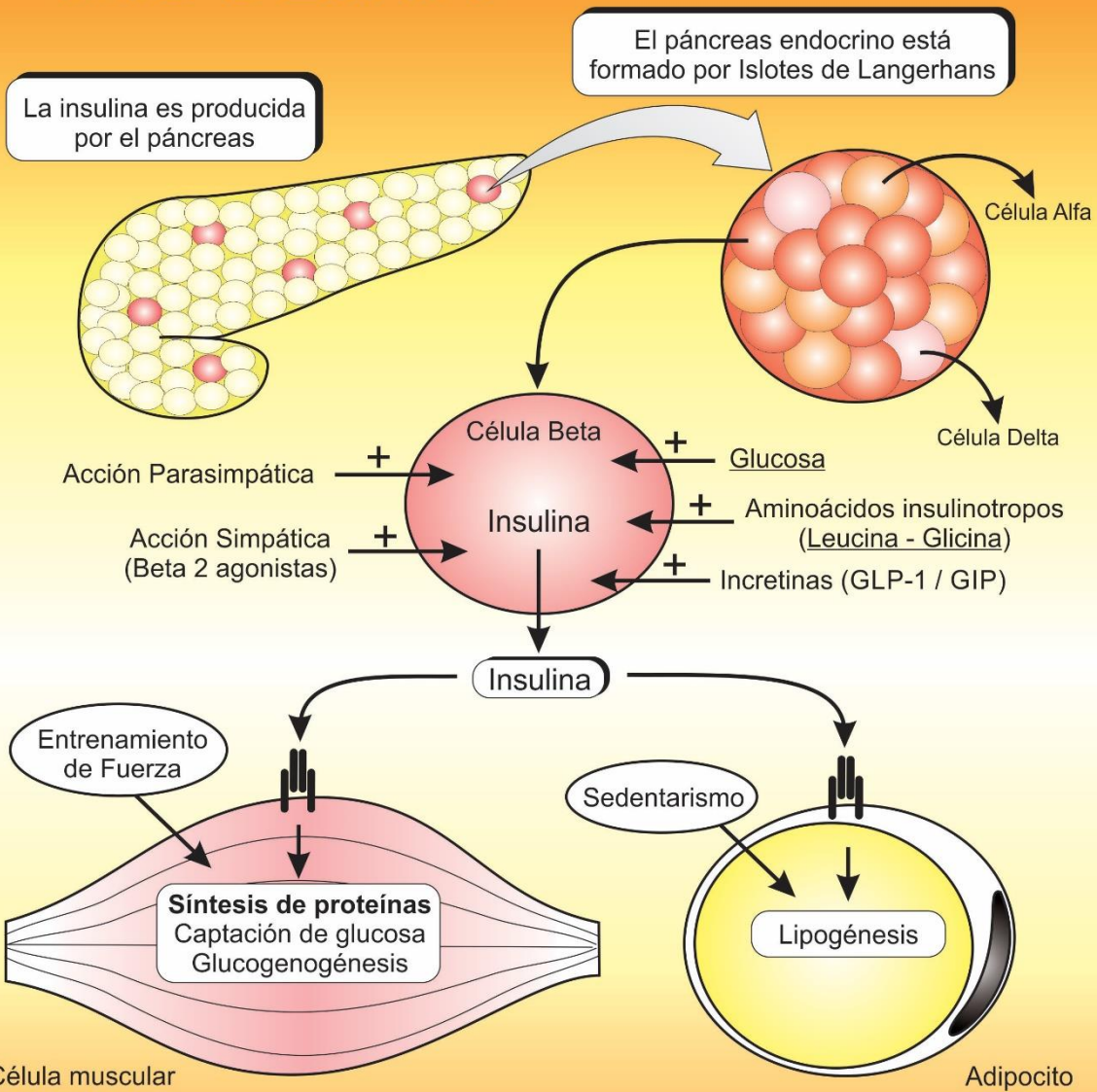
La insulina es una hormona cuya función primordial es la de reducir los niveles de glucosa en sangre (glicemia) al favorecer el paso de esta glucosa hacia el interior de células como el músculo esquelético donde se convierte en glucógeno o el tejido adiposo donde se convierte en triglicéridos. Existen múltiples estímulos para la síntesis y liberación de insulina, dentro de ellos el consumo de azúcares, en este caso el intestino ante la presencia de glucosa produce hormonas que comunican al intestino con el páncreas para la liberación de insulina, estas hormonas se conocen como incretinas y son en la actualidad objeto de constante estudio y análisis.

Ya en los tejidos la insulina no solo mete glucosa dentro de las células, sino que además tiene un poderoso efecto en la síntesis de proteínas, razón por la cual es considerada una hormona con un elevado potencial anabólico. En el músculo esquelético este potencial anabólico puede contribuir a la hipertrofia muscular, pero en el tejido adiposo también es responsable del aumento de la grasa, utilizar la insulina a favor o en contra se relaciona en gran medida con la nutrición, pero también en el post-entrenamiento.

De esta forma, luego del entrenamiento de la fuerza un pico de insulina dado por el consumo de carbohidratos, acompañado de aminoácidos o proteína, puede contribuir a mejorar la síntesis proteica y por lo tanto la masa muscular; de otro lado, si lo que se quiere es reducir el tejido adiposo no se puede permitir aumentos en la insulina, ya que estos limitan la lipólisis y por lo tanto la oxidación de grasas. Por último y teniendo en cuenta que no es infrecuente, es una muy mala idea pensar en utilizar insulina exógena inyectada para mejorar la masa muscular, esta práctica condena a la mayoría de sus adeptos a una diabetes mellitus, por bloqueo de la producción endógena de insulina.

Lectura complementaria: Roles for insulin-supported skeletal muscle growth. Rhoads RP, Baumgard LH, El-Kadi SW, Zhao LD. J Anim Sci. 2016 May;94(5):1791-802. doi: 10.2527/jas.2015-0110

INSULINA



La insulina puede ser mayor aliada o la mayor enemiga de la composición corporal, depende del momento en el que aparece en el torrente sanguíneo y del tipo de ejercicio que se realice.



Henry H. León A. Lic. MD. PhD.

@henryleon_md

FACTOR DE CRECIMIENTO SIMILAR A LA INSULINA

El Factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-1 por sus siglas en inglés), es una proteína producida principalmente por el hígado, pero otros órganos lo sintetizan en menor proporción (incluyendo al parecer el músculo esquelético). Se produce por efecto de la hormona de crecimiento (GH) y potencializa sus efectos sobre todo en estado postprandial.

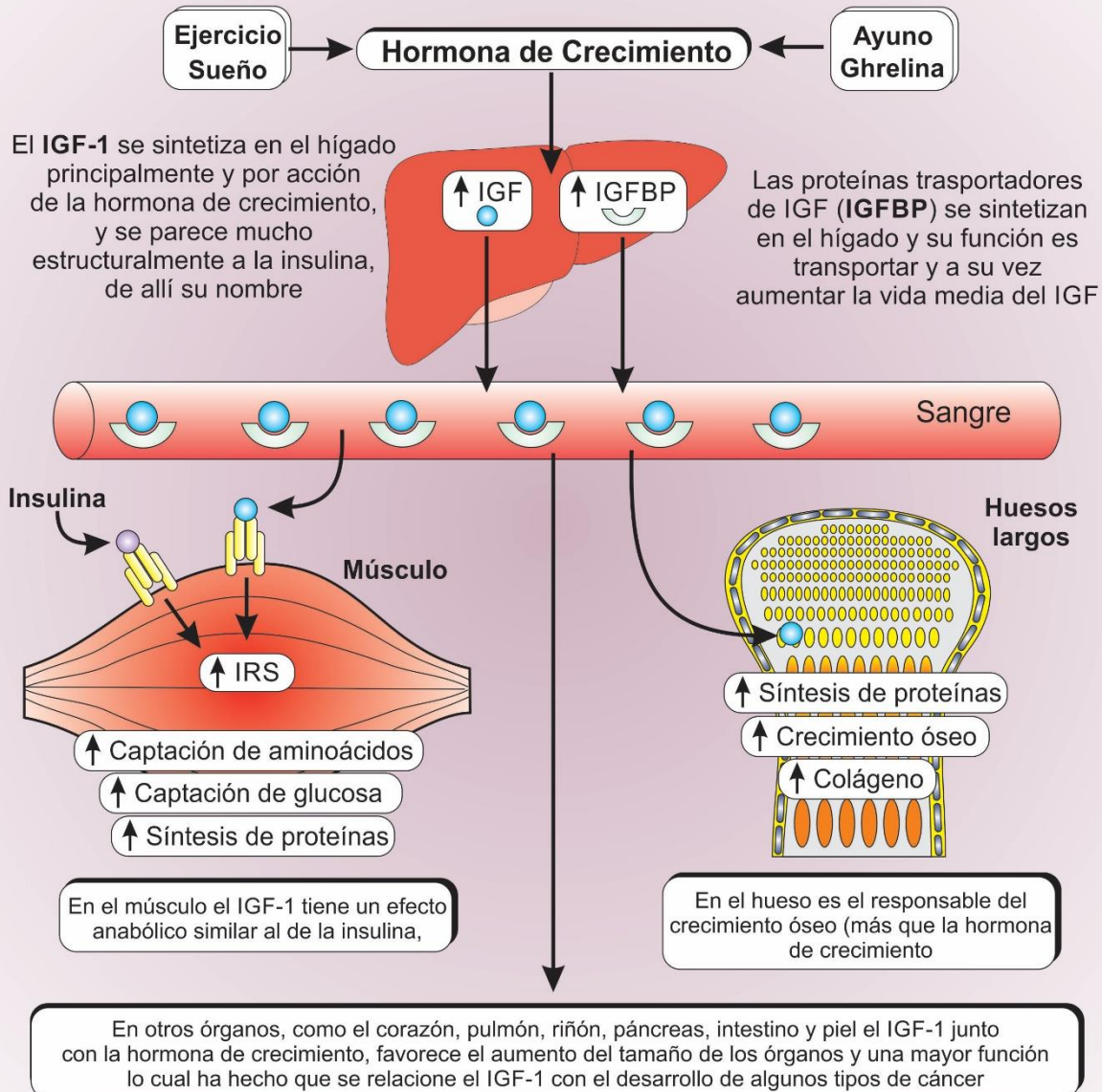
El IGF-1 es un potente agente anabólico que utiliza vías de señalización iguales que los de la insulina, de ahí su nombre. Es responsable del crecimiento de huesos largos junto con la GH durante la pubertad, pero también tiene efectos sobre el crecimiento de muchos otros órganos, razón por la cual, se ha asociado al desarrollo de cánceres.

En la sangre el IGF-1 tiene una vida media muy corta, rápidamente es destruido y por tal motivo requiere de proteínas de fijación IGFBP, producidas también en el hígado evitan su rápida degradación,

No es infrecuente que haya gente que comercializa "IGF-1" pero el real efecto de estos análogos o preparados químicos se desconoce, pudiendo ser muy peligroso su uso, adicionalmente el IGF-1 es una proteína muy grande lo que significaría que no puede ser consumida o utilizada por vía oral.

Lectura complementaria: Optimizing IGF-I for skeletal muscle therapeutics. Philippou A, Barton ER. Growth Horm IGF Res. 2014 Oct;24(5):157-63. doi: 10.1016/j.ghir.2014.06.003

FACTOR DE CRECIMIENTO SIMILAR A LA INSULINA (IGF-1)



Henry H. León A. Lic. MD. PhD.

@henryleon_md

LIPÓLISIS Y BETAOXIDACIÓN

Esta visión general de la lipólisis y la beta-oxidación durante el ejercicio, demuestra que este es un proceso mediado principalmente por hormonas.

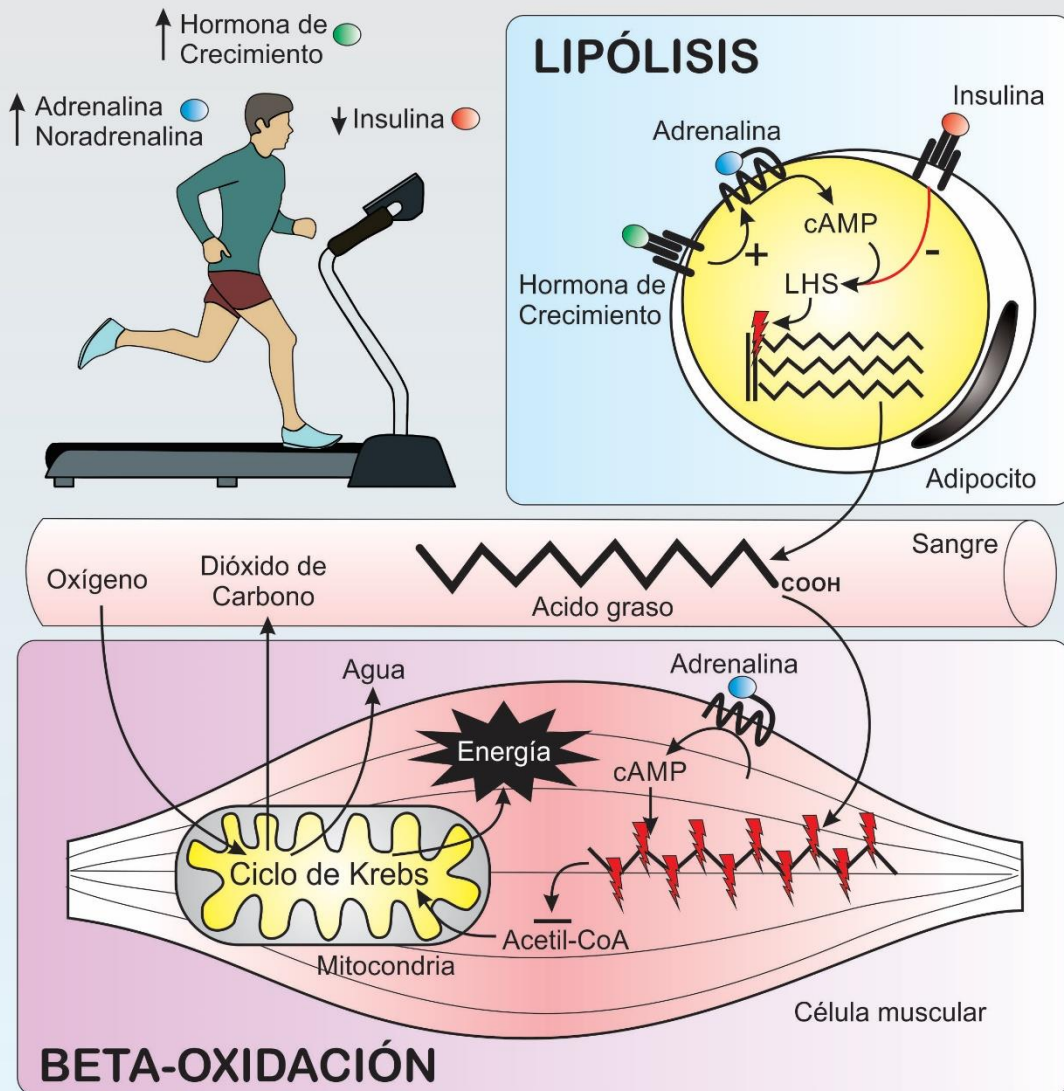
Básicamente hay dos hormonas responsables de la lipólisis y la betaoxidación y una que se opone al proceso

- 1. Catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) producidas por el sistema nervioso autónomo y las glándulas suprarrenales, ellas favorecen la ruptura de triglicéridos dentro del adipocito (lipólisis) gracias a su acción sobre receptores β_3 y en el músculo esquelético favorecen la captación de ácidos grasos para la betaoxidación, receptores β_2 .*
- 2. Hormona de crecimiento, es la responsable de favorecer la lipólisis al estimular la presencia de receptores adrenérgicos en la membrana, vale la pena decir que también las hormonas tiroideas (T3) contribuyen en este proceso.*
- 3. Oponiéndose a la lipólisis está la insulina, la cual tiene un papel lipogénico (formación grasa), en presencia de insulina no es posible romper los triglicéridos dentro del adipocito y por lo tanto no se utilizan como fuente de energía.*

En resumen, un ambiente lipolítico es aquel en el que los niveles naturales de catecolaminas y hormona de crecimiento están altos, y en el que la insulina está muy baja.

***Lectura complementaria:** Fat as a fuel: emerging understanding of the adipose tissue-skeletal muscle axis. Frayn KN. Acta Physiol (Oxf). 2010 Aug;199(4):509-18. doi: 10.1111/j.1748-1716.2010.02128.x.*

LIPÓLISIS Y BETAOXIDACIÓN



En presencia de Adrenalina los triglicéridos se rompen en ácidos grasos que al llegar a la mitocondria muscular son oxidados para producir energia.
 cAMP = AMP cíclico, LHS = Lipasa Hormono Sensible.



Henry H. León A. Lic. MD. PhD.
 @henryleon_md

TESTOSTERONA I

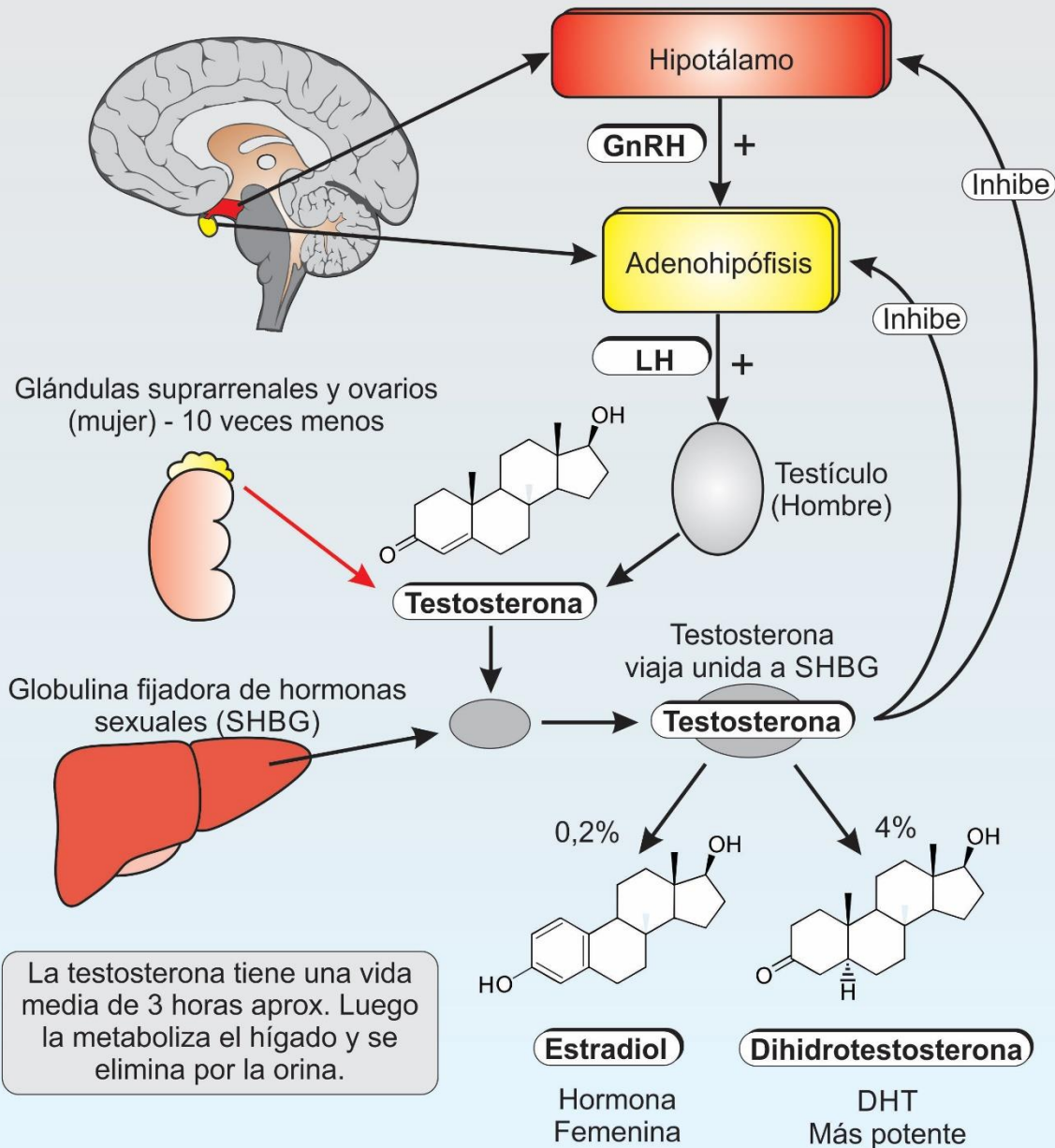
La testosterona es la hormona sexual más importante en el hombre, se produce en mayoritariamente en el testículo por acción de la Hormona Luteinizante (LH) de la hipófisis (en la mujer se produce mucha menos TESTOSTERONA y lo hace en las glándulas suprarrenales).

La Testosterona es una hormona derivada del colesterol y por lo tanto es liposoluble, lo que significa que una vez en sangre la testosterona debe viajar unida a proteínas de las cuales la más importante son globulinas transportadoras (SHBG) y en menor proporción albúmina. La parte no unida a proteínas es la que tiene efecto biológico y se le conoce como testosterona libre, la testosterona tiene una vida media corta de solo 2 a 4 horas y las SHBG aseguran que haya cantidades suficientes de esta todo el tiempo, sumado a su constante producción por parte del testículo.

Un porcentaje bajo de la testosterona se convierte en su versión más potente Dihidrotestosterona y un porcentaje menor en estradiol (hormona femenina). Si llega a haber más testosterona en sangre, el organismo toma algunas medidas para que la cantidad de testosterona libre no sea mayor a lo que debería y en este caso: reduce la producción de esta al inhibir la LH adenohipófisis y la GnRH el hipotálamo (supresión del eje) y el exceso se convierte en estradiol por un proceso llamado aromatización. Como resultado de dicha aromatización es muy probable que se presenten efectos secundarios que tienen como característica el desarrollo de caracteres sexuales femeninos como atrofia testicular o aumento del tejido adiposo en las glándulas mamarias (ginecomastia).

Lectura complementaria: Exercise, Training, and the Hypothalamic-Pituitary-Gonadal Axis in Men and Women. Cano Sokoloff N, Misra M, Ackerman KE. Front Horm Res. 2016;47:27-43. doi: 10.1159/000445154. Epub 2016 Jun 27.

TESTOSTERONA (Primera parte)



La testosterona tiene una vida media de 3 horas aprox. Luego la metaboliza el hígado y se elimina por la orina.



Henry H. León A. Lic. MD. PhD.
 @henryleon_md

TESTOSTERONA II

La testosterona es una hormona con múltiples acciones en el organismo, una característica es, como se dijo anteriormente que es una hormona liposoluble y por lo tanto atraviesa la membrana celular para interactuar con proteínas tanto del citoplasma como del núcleo. Cuando se estudia de forma juiciosa sus efectos biológicos prácticamente ninguna célula nucleada se salva de su acción. De forma muy somera dichas acciones se pueden dividir en androgénicas (masculinizantes), mediadas en gran medida por dihidrotestosterona (DHT) y anabólicas que favorecen el crecimiento de órganos o tejidos.

En la mayoría de los órganos el efecto es anabólico o favorece el crecimiento, esto se ve en las células precursoras de eritrocitos, en el hueso, a nivel hepático en la formación de lipoproteínas de baja densidad (LDL), la próstata, los folículos pilosos del vello facial, la grasa visceral y por supuesto el músculo esquelético, además en el testículo la testosterona es fundamental para la maduración de espermatozoides.

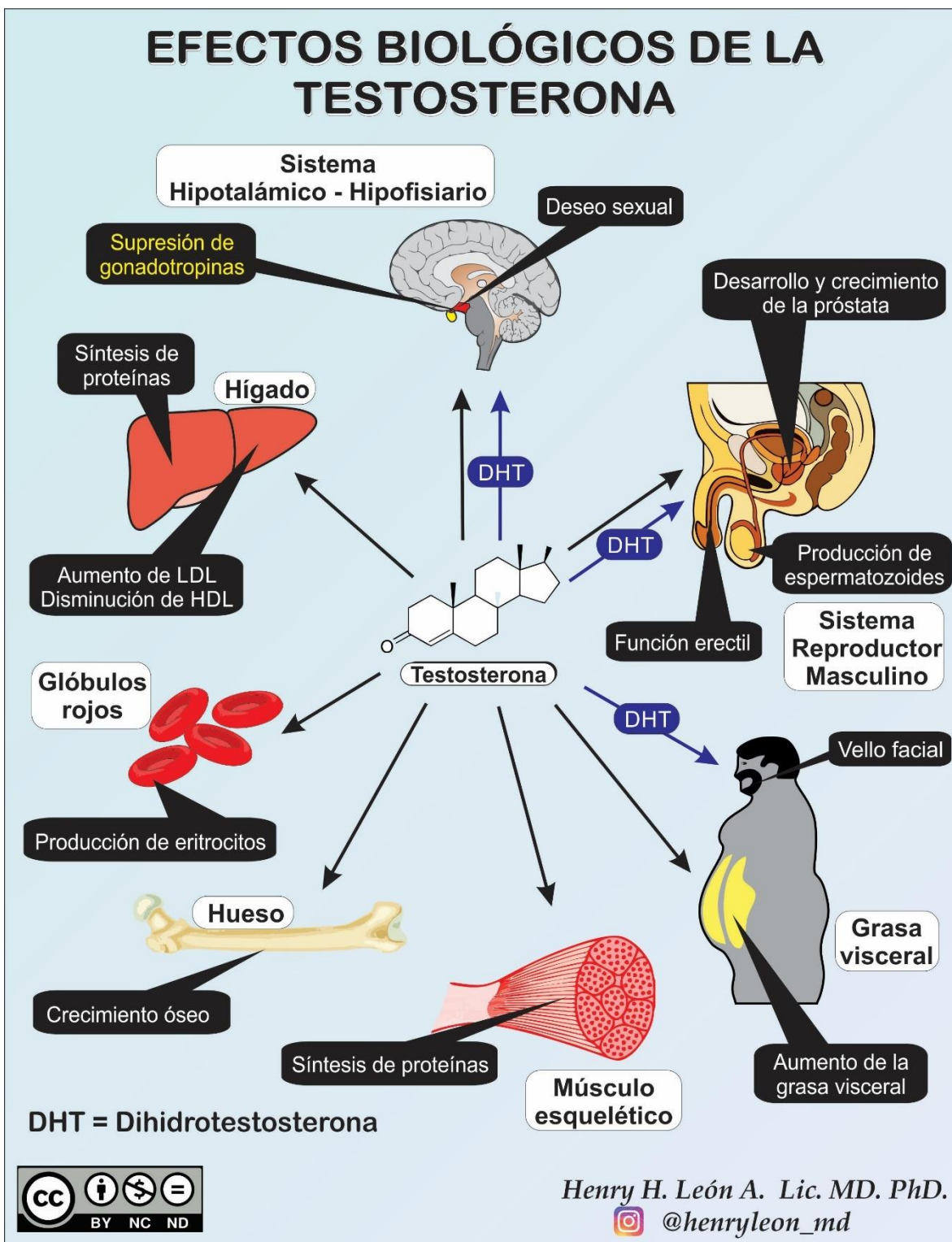
El organismo intenta siempre mantener un balance en la producción de testosterona basado en su concentración plasmática, por ejemplo, si esta aumenta demasiado, el cuerpo deja de producirla y viceversa aumenta demasiado, el cuerpo deja de producirla y viceversa.

Aunque el ejemplo aquí está centrado en hombres vale la pena decir que en mujeres favorece el desarrollo de caracteres secundarios masculinos que podrían llevar a una excesiva producción de vello facial (hirsutismo), o a una hipertrofia del clítoris.

Por último y no menos importante, un desbalance en la testosterona también se asocia de efectos psicológicos y en muchas ocasiones trastornos psiquiátricos.

Lectura complementaria: Endocrinological Roles for Testosterone in Resistance Exercise Responses and Adaptations. Hooper DR, Kraemer WJ, Focht BC, Volek JS, DuPont WH,

Caldwell LK, Maresh CM. Sports Med. 2017 Sep;47(9):1709-1720. doi: 10.1007/s40279-017-0698-y.



MIOSTATINA

En 1997 se descubrió una "hormona" que cambiaría la comprensión de la hipertrofia de manera interesante, se llama la Miostatina y este es un importante INHIBIDOR de la hipertrofia, su descubrimiento fue algo anecdótico al encontrar varias especies de ganado que crecían rápidamente como el Belgan Blue. En humanos algunos superhumanos hipertrofiados tienen mutaciones de la miostatina.

La miostatina se produce en situaciones de estrés, enfermedad y envejecimiento, lo que explica en parte porque es tan complicada la hipertrofia en estas condiciones, el mismo sobreentrenamiento se asocia a una mayor producción de miostatina y por tal razón hay que ser muy cuidadoso con entrenar más de lo que estamos adaptados.

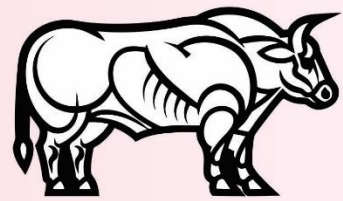
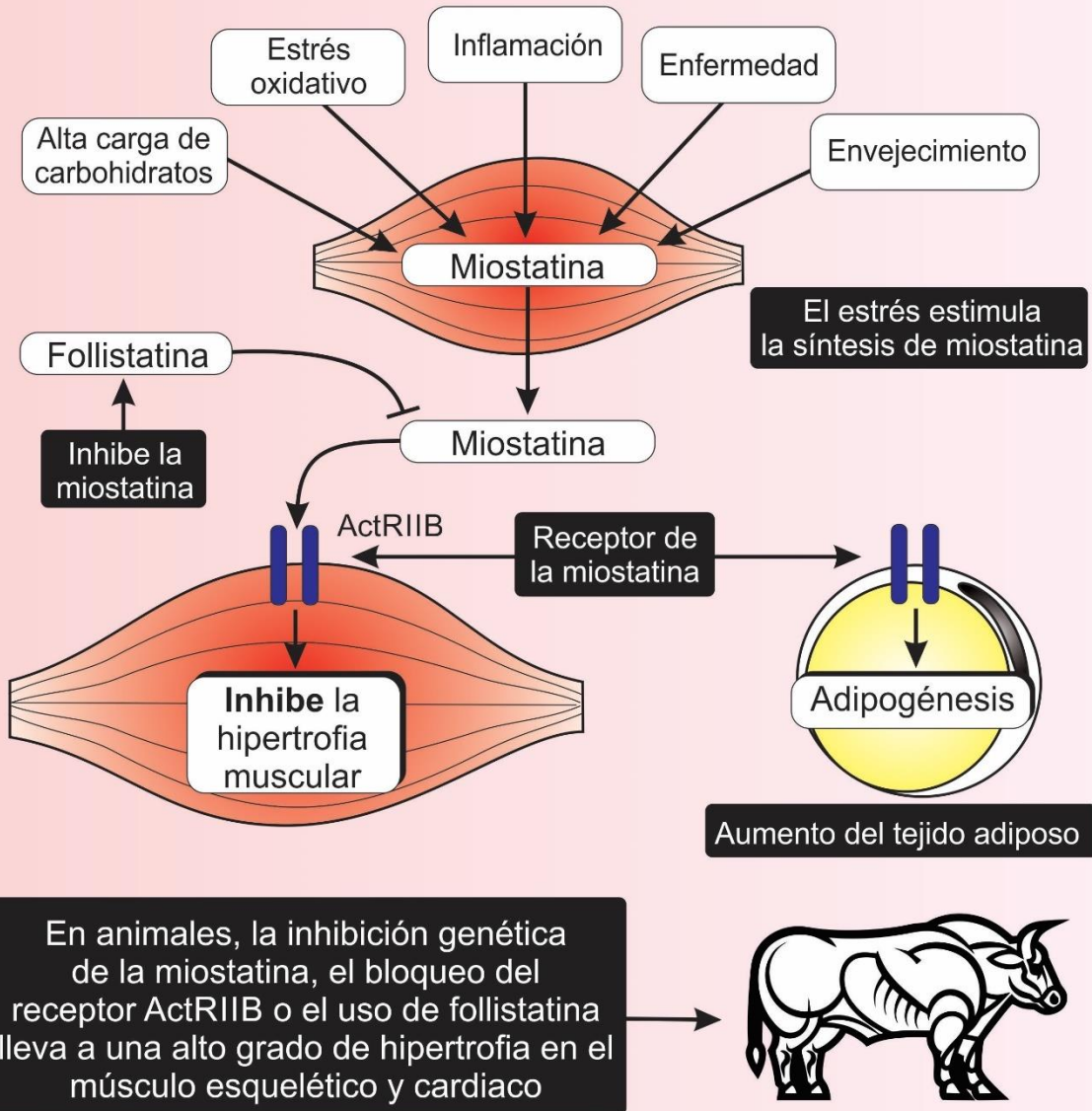
El receptor de miostatina se conoce como ActRIIB y está presente tanto en el músculo como en el tejido adiposo, de forma natural la miostatina se inhibe por otra hormona llamada follistatina, cuya biología no se conoce bien.

Además de existir un componente genético limitante, un hallazgo interesante es que el alto consumo de carbohidratos y ácidos grasos como el palmitato incrementan la miostatina y con ello pueden inhibir la hipertrofia. Significará esto que las dietas hipercalóricas y ricas en carbohidratos que tanto se promocionan para aumentar la masa muscular pueden ser contraproducentes para la hipertrofia misma e inducir el aumento del tejido adiposo por acción misma de la miostatina sobre el adipocito.

Sin duda falta mucho por comprender sobre la biología de hormonas como la miostatina, y a pesar de tantos años de conocerla todavía no es posible de forma efectiva sacar provecho de dicho conocimiento.

Lectura complementaria: Inhibitors of myostatin as methods of enhancing muscle growth and development. Chen PR, Lee K. J Anim Sci. 2016 Aug;94(8):3125-3134.

MIOSTATINA E HIPERTROFIA MUSCULAR



Henry H. León A. Lic. MD. PhD.
@henryleon_md

ESTRÓGENOS

Los estrógenos pueden ser consideradas la contraparte femenina hormonal de la testosterona, guardan una estrecha afinidad bioquímica y biológica con esta y por lo tanto también ejerce su acción a través de receptores intracelulares ubicados en prácticamente todas las células del cuerpo. Los estrógenos son las responsables durante la pubertad del desarrollo de caracteres sexuales secundarios, como el crecimiento de las glándulas mamarias, la textura de la piel, el ensanchamiento de la cadera y la distribución del tejido adiposo.

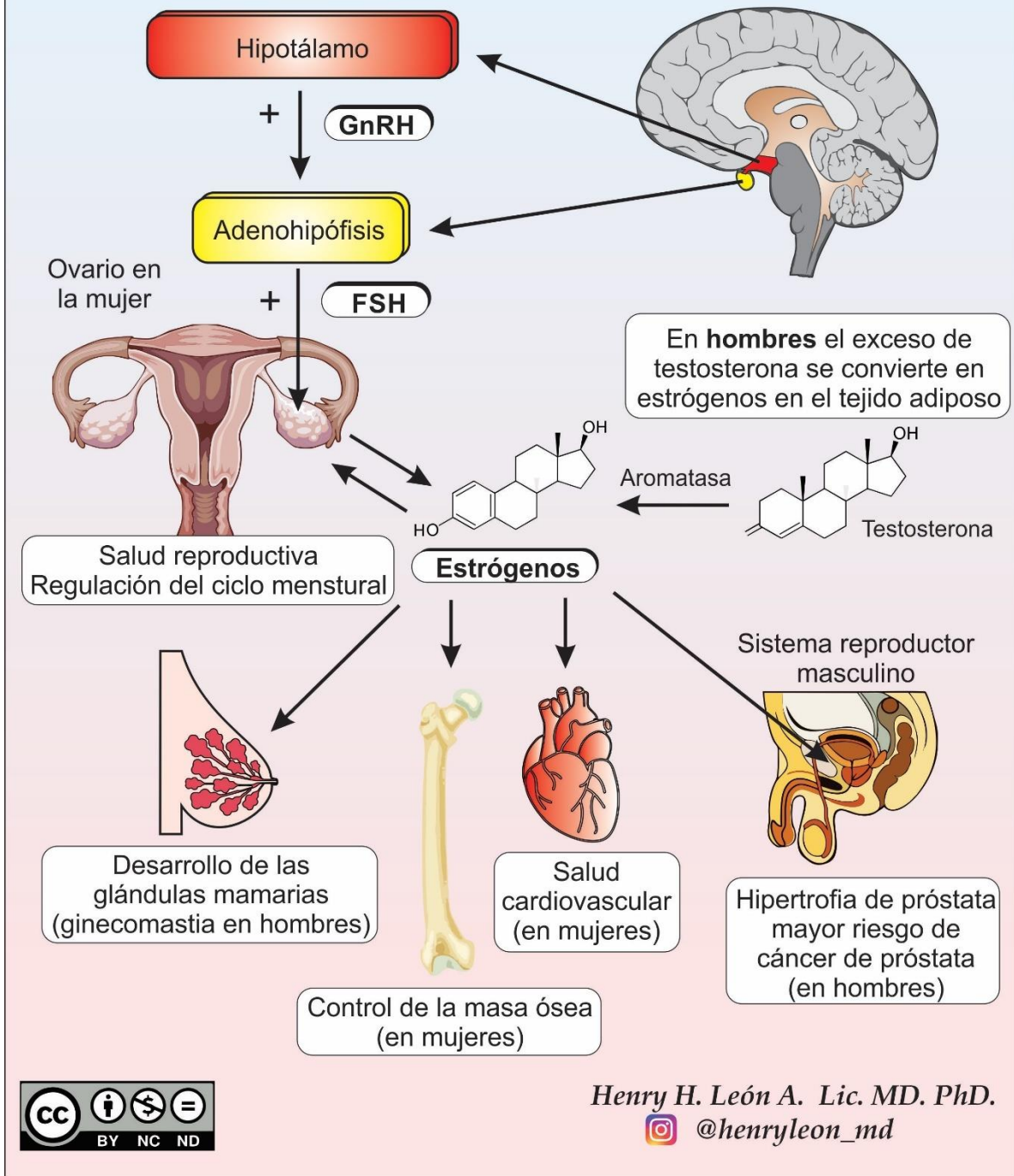
Los estrógenos se producen desde la pubertad hasta la menopausia y sus efectos más importantes están en los huesos donde favorece la captación de calcio, el sistema reproductor donde favorece la reproducción al contribuir a la liberación de óvulos y la preparación del endometrio y el sistema cardiovascular donde previene el desarrollo de infartos especialmente por reducción de colesterol LDL.

Los hombres de manera natural tienen una pequeña cantidad de estrógenos, sin embargo, un exceso de testosterona puede llevar al aumento de estrógenos por (aromatización), conversión en el tejido adiposo. Una elevada cantidad de estrógenos predispone al desarrollo de hipertrofia prostática y ginecomastia.

Los estrógenos podrían contribuir en la mujer en la oxidación de grasas y justificar por qué durante algunas fases de su ciclo reproductor se sugiere el ejercicio de resistencia sobre el entrenamiento de la fuerza, algo que tendrá que estudiarse en detalle en futuras ocasiones.

Lectura complementaria: Modulation of Energy Expenditure by Estrogens and Exercise in Women. Gavin KM, Kohrt WM, Klemm DJ, Melanson EL. Exerc Sport Sci Rev. 2018 Oct;46(4):232-239. doi: 10.1249/JES.000000000000160.

ESTRÓGENOS



GLUCOCORTICOIDES

En el contexto Fitness especialmente, es común escuchar una gran cantidad de frases algo así como "el cortisol es el enemigo del músculo", "no haga esto, o lo otro porque le sube el cortisol" o peor "tome tal o cual suplemento para que no se le suba el cortisol". Sin embargo, la verdad es que esta es una hormona fundamental para la vida, con un potente efecto antiinflamatorio y analgésico.

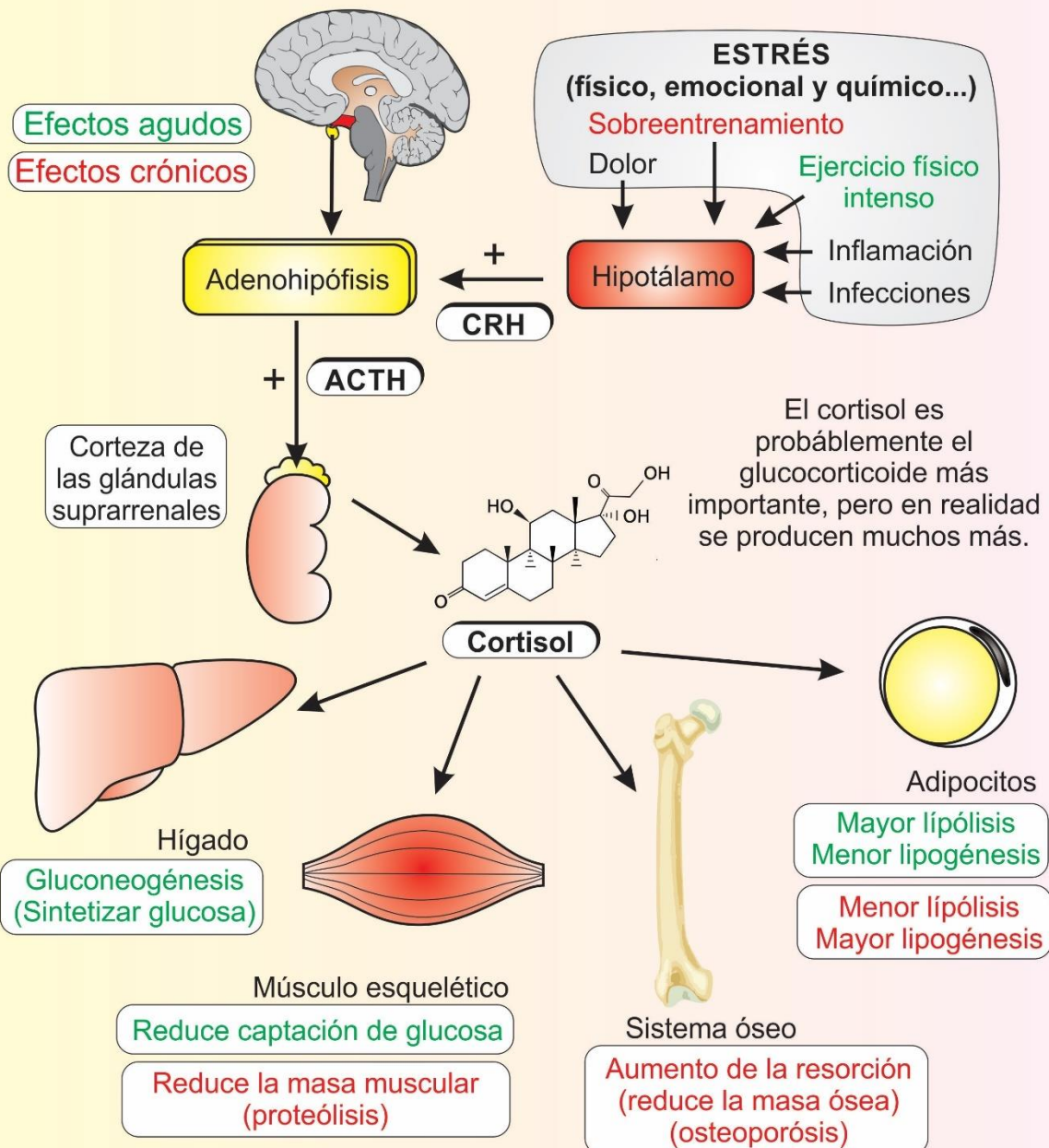
El cortisol pertenece a una gran familia de hormonas denominadas en conjunto glucocorticoides, producidas por las glándulas suprarrenales y de origen esteroideo (derivadas del colesterol), al igual que las hormonas sexuales tienen receptores dentro de las células y en prácticamente todas las células del cuerpo. La producción de glucocorticoides se asocia a situaciones de estrés corporal (no solo estrés emocional) dentro de los cuales se incluye el ejercicio físico intenso, se sabe que la producción aguda de cortisol puede hasta incluso favorecer efectos lipolíticos (pérdida de tejido adiposo). Muchos estudios han demostrado la importancia del cortisol en la adaptación muscular.

Los efectos negativos del cortisol si se observan cuando la concentración de este se encuentra crónicamente elevada como en el caso del sobreentrenamiento, donde ahora si tiene un efecto en la pérdida de masa muscular y el incremento del tejido adiposo, entre otros efectos deletéreos, algo también observable en los casos en los que se requiere usar glucocorticoides como medicamento de forma crónica.

En este sentido la invitación es a dejar de estresarse por el cortisol durante el entrenamiento y preocuparse cuando empiecen a aparecer signos de sobreentrenamiento.

Lectura complementaria: The exercise-glucocorticoid paradox: How exercise is beneficial to cognition, mood, and the brain while increasing glucocorticoid levels. Chen C, Nakagawa S, An Y, Ito K, Kitaichi Y, Kusumi I. Front Neuroendocrinol. 2017 Jan;44:83-102. doi: 10.1016/j.yfrne.2016.12.001.

GLUCOCORTICOIDES - CORTISOL



Henry H. León A. Lic. MD. PhD.

@henryleon_md

INFLAMACIÓN CRÓNICA E HIPERTROFIA

Los procesos infecciosos, al igual que los traumas, el entrenamiento físico demasiado intenso y en general cualquier condición patológica se acompaña de un proceso denominado inflamación.

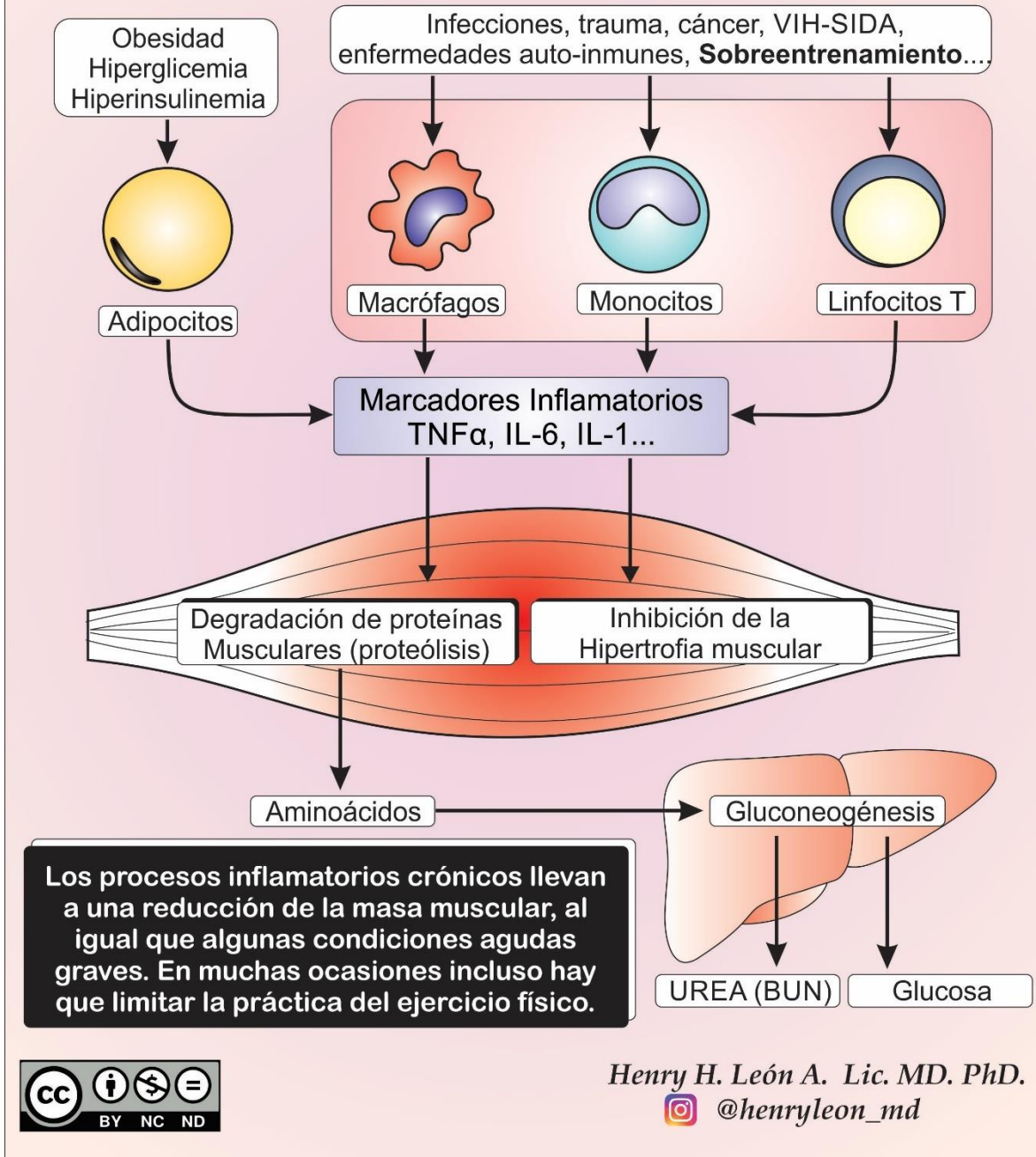
La inflamación es un término muy complejo, usado desde hace muchísimo tiempo para describir la respuesta especialmente del sistema inmune ante algún tipo de agresión. La inflamación se caracteriza porque algunas células producen sustancias químicas que magnifican dicho proceso, la mayoría de estas células hacen parte del sistema inmune como los macrófagos, los monocitos y los linfocitos, pero también el tejido adiposo visceral contribuye a la inflamación, dentro de las sustancias inflamatorias, la mayoría tienen nombres complejos como el factor de necrosis tumoral (TNF) o un amplio grupo de Interleucinas (IL).

En la fase aguda de una enfermedad como un proceso infeccioso estas sustancias se aumentan mucho en sangre llevando entre muchas otras a la pérdida de la masa muscular, en estos casos el ejercicio físico intenso, que también tiene un efecto inflamatorio puede llegar a ser contraproducente.

Algunas patologías como la obesidad o la diabetes se acompañan de un proceso inflamatorio sostenido, pero de menor intensidad (inflamación crónica), en cuyo caso, el ejercicio físico es fundamental para minimizar el efecto deletéreo que dicha enfermedad tiene en el cuerpo.

Lectura complementaria: *The effects of physical activity on chronic subclinical systemic inflammation. Tir AMD, Labor M, Plavec D. Arh Hig Rada Toksikol. 2017 Dec 20;68(4):276-286. doi: 10.1515/aiht-2017-68-2965.*

INFLAMACIÓN CRÓNICA E HIPERTROFIA MUSCULAR



GHRELINA

La ghrelina es una hormona de origen proteico, producida se produce durante el ayuno en el estómago, anteriormente se había hablado de ella por su efecto secretagogo (que favorece la secreción) de la hormona de crecimiento, sin embargo, algunos artículos recientes han demostrado efectos en muchos otros órganos, incluyendo el músculo esquelético donde tiene un efecto anti catabólico.

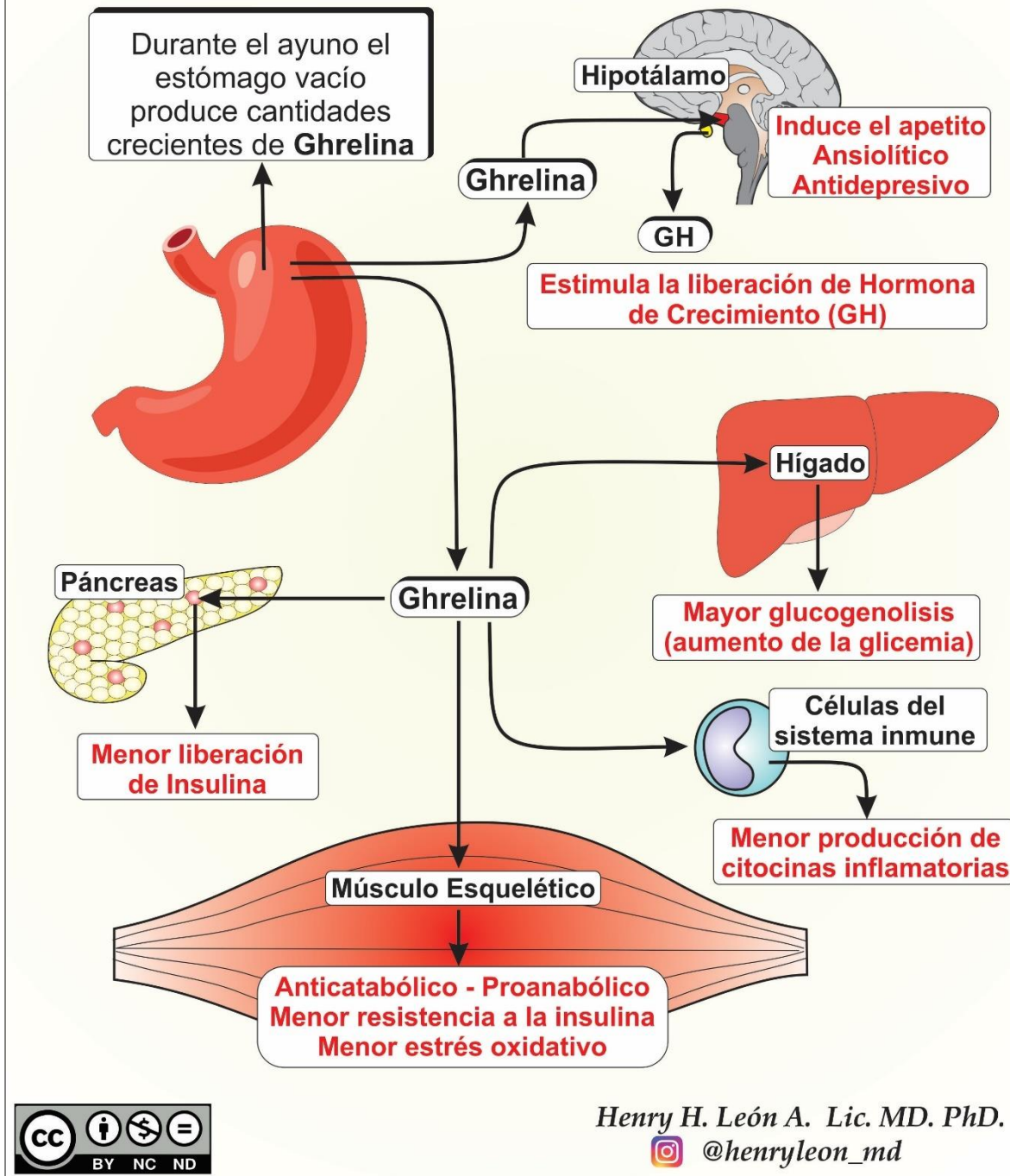
Además, la ghrelina reduce la producción de insulina, lo que reduce en ausencia de ejercicio el aumento de los depósitos de triglicéridos en los adipocitos, también reduce el estrés oxidativo (producción de radicales libres de oxígeno), y reduce la expresión de citocinas inflamatorias (efecto antiinflamatorio).

Durante el ayuno y en razón de la menor distensión estomacal, la ghrelina aumenta y potencialmente podría contribuir a una gran cantidad de efectos benéficos, contrarrestando el efecto de hormonas con un potencial inflamatorio como la leptina. En este sentido el estudio de esta hormona podría contribuir a la comprensión de las respuestas biológicas asociadas al ayuno intermitente.

La industria farmacéutica reconoce el potencial de la Ghrelina y por eso se han experimentado algunos péptidos que se parecen químicamente, algo que tiene pocos estudios en humanos y de los cuales no se conoce muy bien los efectos a largo plazo. Pero que a pesar de ello se comercializan ampliamente, aunque se encuentran prohibidos por las asociaciones deportivas internacionales.

Lectura complementaria: *Ghrelin forms in the modulation of energy balance and metabolism. Gortan Cappellari G, Barazzoni R. Eat Weight Disord. 2018 Oct 24. doi: 10.1007/s40519-018-0599-6*

GHRELINA - LA HORMONA DEL AYUNO



IRISINA

El tejido adiposo blanco (grasa blanca) es un tejido especializado en el almacenamiento de triglicéridos, posee pocas mitocondrias, de otro lado la grasa parda es abundante al nacer, almacena muy pocos triglicéridos y tiene muchas mitocondrias responsables de producir calor y mantener la temperatura de los neonatos. El crecimiento lleva a una disminución considerable de la grasa parda y un aumento de la grasa blanca.

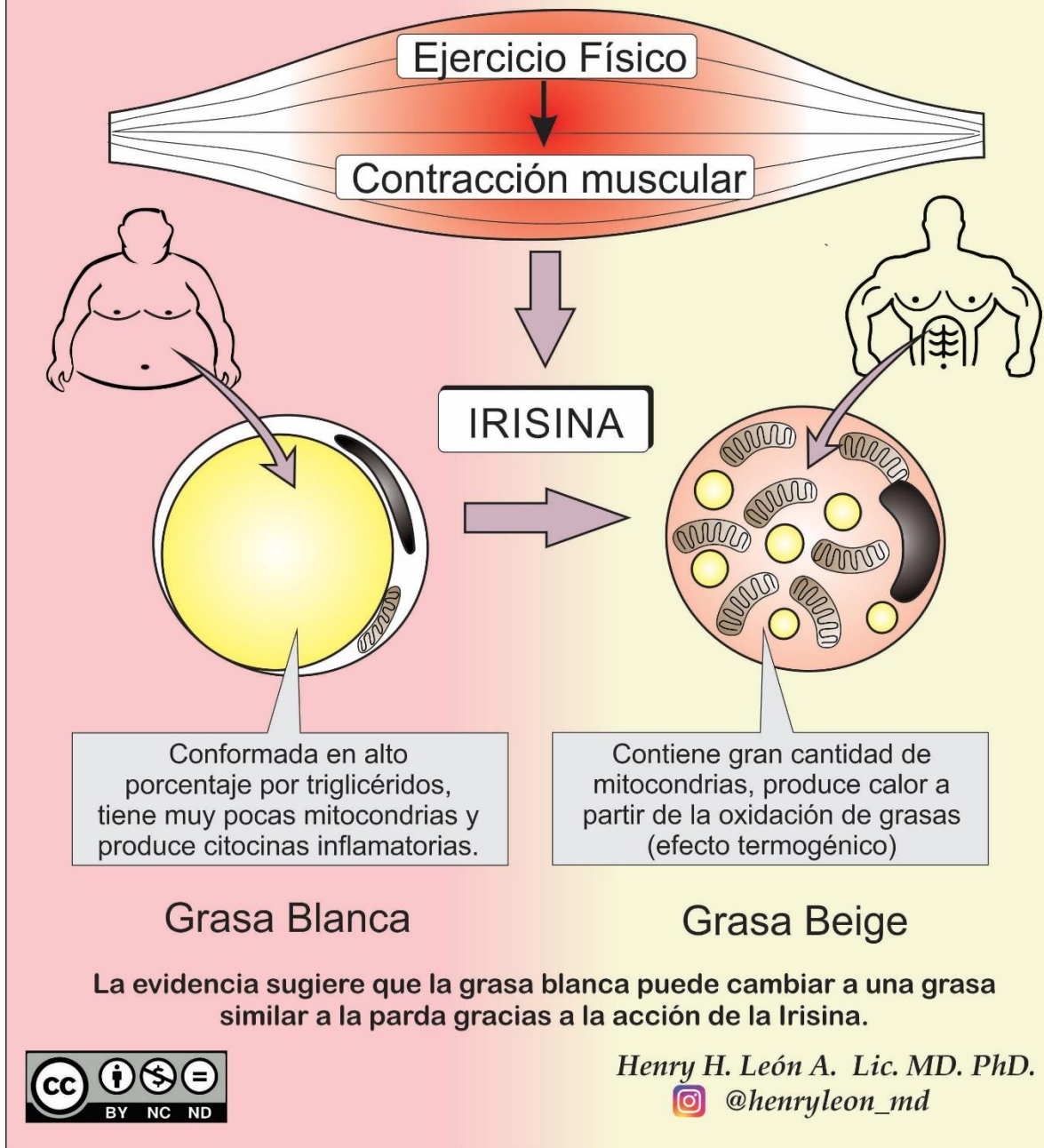
La Irisina, una hormona descubierta hace relativamente poco, recibe su nombre en honor de la diosa Iris (la diosa del pacto). La Irisina es producida principalmente por el músculo esquelético en respuesta al ejercicio físico y al parecer juega un papel importante al hacer que algunos adipocitos de grasa blanca, cambien y se comporten como una grasa potencialmente más saludable denominada grasa beige (esta grasa beige se parece a la grasa parda).

Aunque falta mucho por estudiar, la Irisina podría ser responsable de la biogénesis mitocondrial en el adipocito y de la expresión de proteínas que a cambio de producir ATP llevan a la producción de calor (efecto termogénico).

En la actualidad diversos grupos de investigación se han centrado en el estudio de la Irisina y su efecto benéfico en respuesta al ejercicio físico, es probable que en algunos años haya claridad del tipo de ejercicio físico más adecuado para la expresión de Irisina y potencialmente se desarrollen fármacos para combatir la obesidad y otras enfermedades como la diabetes.

Lectura complementaria: Exercise-Induced Irisin, the Fat Browning Myokine, as a Potential Anticancer Agent. Maalouf GE, El Khoury D. J Obes. 2019 Apr 1;2019:6561726. doi: 10.1155/2019/6561726

IRISINA “LA HORMONA DEL EJERCICIO”



LEPTINA

La leptina descubierta hace más de 20 años es una proteína producida por el tejido adiposo, tanto la grasa visceral como la subcutánea, fue considerada en su momento la hormona que podría marcar el fin de la obesidad, ya que es la responsable de reducir el apetito. Fue tal el "bun" que al gen que la codifica se le llamó Ob (obeso) y el término leptina viene de leptos que es delgado en griego. Más adelante, se encontraron otras funciones, algunas buenas como la mejora de la captación de glucosa por el músculo y otras no tanto como la inflamación y la mayor actividad del sistema nervioso simpático.

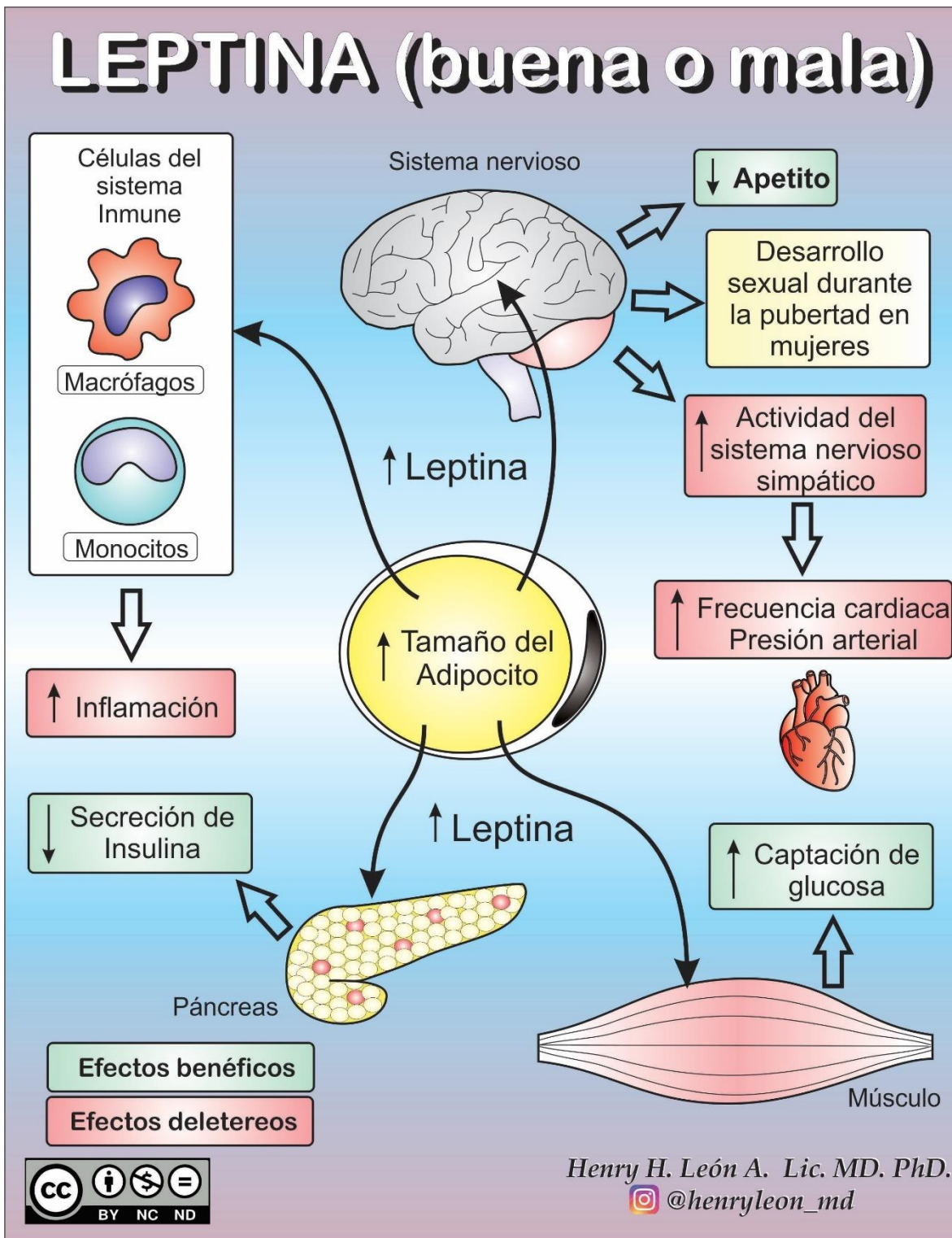
Se han descrito pacientes obesos quienes habitualmente desde la infancia han desarrollado obesidad acompañada de un apetito insaciable y en algunos de estos se han encontrado mutaciones de la leptina o el receptor de la leptina que permiten explicar esta forma de obesidad, sin embargo, no es una forma usual y por ahora solo basta con saber que existe.

La mayoría de los pacientes obesos (sin mutaciones), tienen niveles altos de leptina, pero lastimosamente desarrollan resistencia (parecido a la resistencia a la insulina), esto significa que, aunque persista la obesidad por alguna razón la señal de saciedad enviada desde el tejido adiposo no es entendida por el hipotálamo (responsable de la regulación del apetito) y por lo tanto no se reduce la ingesta de alimentos, pero a pesar de la resistencia a la leptina, los efectos deletéreos se potencializan y se produce una hiperactividad del sistema nervioso simpático, que se acompaña de una mayor actividad de células inflamatorias.

Parece que el ejercicio físico y el entrenamiento de la fuerza ayudan a reducir los efectos deletéreos y reducen la resistencia a la leptina e incluso su concentración, algo que justifica por otra vía adicional el entrenamiento de la fuerza en pacientes obesos.

Lectura complementaria: The Effect of Chronic Exercise Training on Leptin: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Fedewa MV, Hathaway ED,

Ward-Ritacco CL, Williams TD, Dobbs WC. Sports Med. 2018 Jun;48(6):1437-1450. doi: 10.1007/s40279-018-0897-1



FACTOR NEUROTRÓPICO DERIVADO DEL CEREBRO

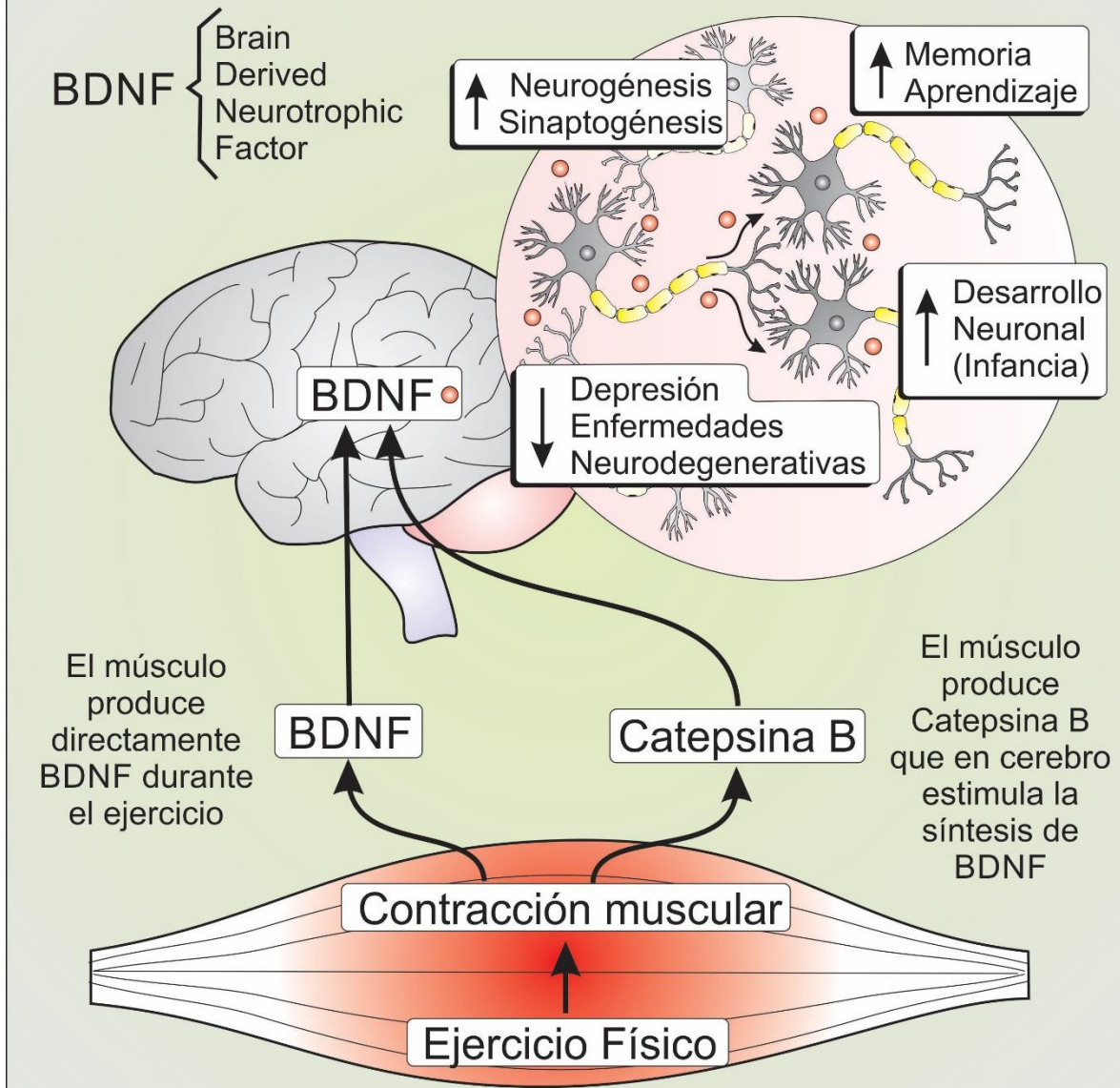
El factor neurotrópico derivado del cerebro (BDNF por sus siglas en inglés) es bien conocido como una sustancia fundamental para el desarrollo neuronal durante la infancia, es una proteína descrita hace 30 años que cuando se altera o se encuentra mutada produce grandes alteraciones en el sistema nervioso al punto de llegar a la incompatibilidad con la vida.

Se creyó durante mucho tiempo que en la adultez se perdía la capacidad de regeneración neuronal y que lo único que hacía el adulto era crear nuevas sinapsis, un fenómeno relacionado con el aprendizaje, pero desde que se descubrió que el músculo esquelético en respuesta al ejercicio físico producía sustancias como el BDNF, la catepsina B y la Irisina, el panorama de la relación músculo cerebro cambió.

Catepsina B e Irisina son dos sustancias que atraviesan la barrera hemato-encefálica, siendo la catepsina B inductora de BDNF a nivel cerebral, y probablemente la responsable de aumentar el número de sinapsis, evitar la degeneración de la mielina e incluso favorecer el desarrollo de nuevas neuronas. Todo lo anterior ha hecho que de manera reciente se replantee la influencia del ejercicio físico en la mejora de la función cerebral, aprendizaje, memoria y en la reducción de enfermedades neurodegenerativas como Alzheimer, Parkinson y otras como la depresión o la esquizofrenia.

Lectura complementaria: *Physical activity and muscle-brain crosstalk. Pedersen BK. Nat Rev Endocrinol. 2019 Mar 5. doi: 10.1038/s41574-019-0174-x.*

FACTOR NEUROTROFICO DERIVADO DEL CEREBRO



BDNF { Brain Derived Neurotrophic Factor

El músculo produce directamente BDNF durante el ejercicio

El músculo produce Catepsina B que en cerebro estimula la síntesis de BDNF



Henry H. León A. Lic. MD. PhD.
@henryleon_md

EJES HORMONALES ASOCIADOS A LA HIPERTROFIA

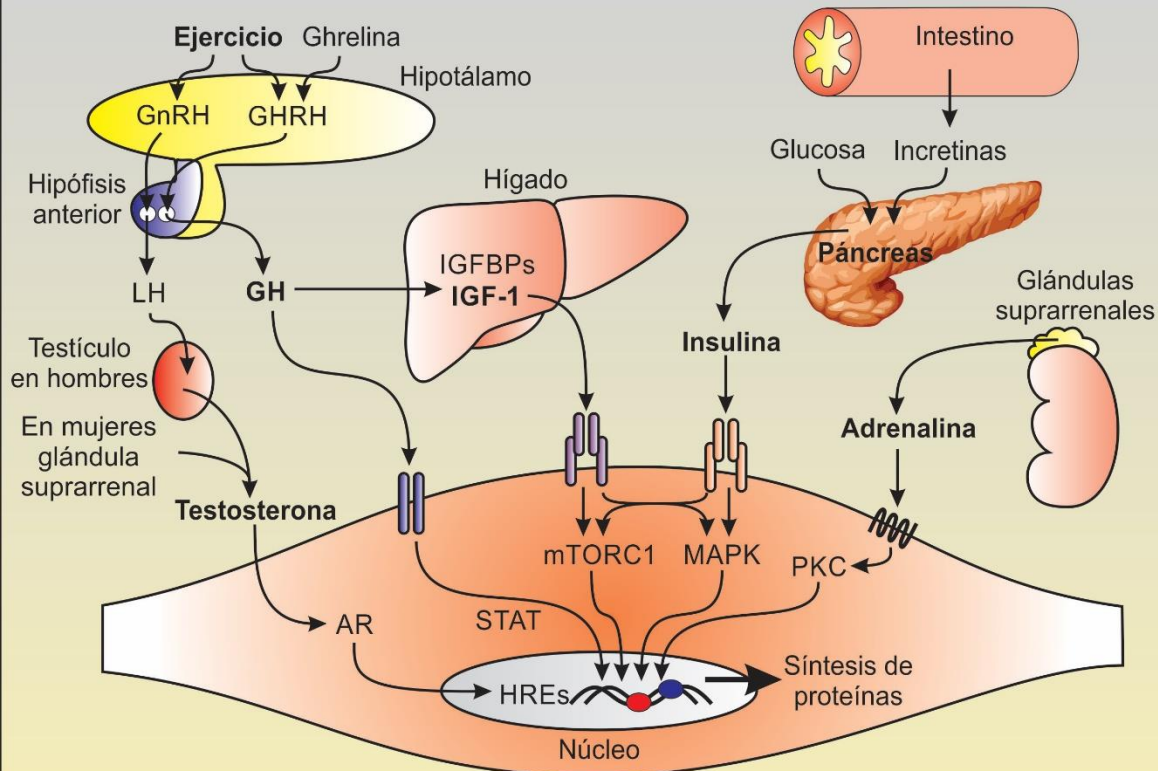
Aunque esta infografía ya fue usada en la versión anterior de nuestro resumen de infogramas, vale la pena retomarla porque puede ser utilizada como un simple resumen de la interacción entre hormonas y ejercicio físico.

Vale la pena destacar que no es una sola hormona la responsable, es un proceso sinérgico entre hormonas producidas por el testículo (testosterona en hombres), hipófisis (hormona de crecimiento), hígado (factor de crecimiento similar a la insulina), páncreas (insulina), médula suprarrenal (adrenalina) y corteza suprarrenal (testosterona en mujeres), entre otras. De hecho, el proceso es tan complejo que un desbalance por aumento o reducción de alguna de las hormonas puede traer alteraciones serias en el organismo.

Desde el punto de vista molecular las hormonas favorecen la hipertrofia por diversas vías que incluyen mTORC1, MAPK o PKC entre otras y de una u otra forma buscan una mayor expresión de proteínas, sin embargo, de nada sirve tener un ambiente hormonal óptimo si no se generan los estímulos adecuados a través del entrenamiento y el descanso, si no se cuenta con los bloques estructurales de todas las proteínas que son los aminoácidos y si no hay un aporte energético adecuado que supla las necesidades.

Lectura complementaria: The role of hormones in muscle hypertrophy. Fink J, Schoenfeld BJ, Nakazato K. Phys Sports med. 2018 Feb;46(1):129-134. doi: 10.1080/00913847.2018.1406778.

EJES HORMONALES ASOCIADOS A LA HIPERTROFIA



GnRH: Hormona liberadora de hormona de gonadotropinas
GHRH: Hormona liberadora de Hormona de Crecimiento
LH: Hormona Luteinizante
GH: Hormona de crecimiento
IGFBPs: Proteínas fijadoras de factor de crecimiento tipo I
IGF-1: Factor de crecimiento tipo I

AR: Receptor de Andrógenos
STAT: Señal traductora y activadora de la transcripción
HREs: Elementos de respuesta Hormonal
mTORC1: Complejo mecanístico blanco de la rapamicina 1
MAPK: Proteínas kinasa activadas por mitógenos
PKC: Proteína Kinasa C



Henry H. León A. Lic. MD. PhD.

@henryleon_md

EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA CONTRIBUYE A MEJORAR LA SALUD

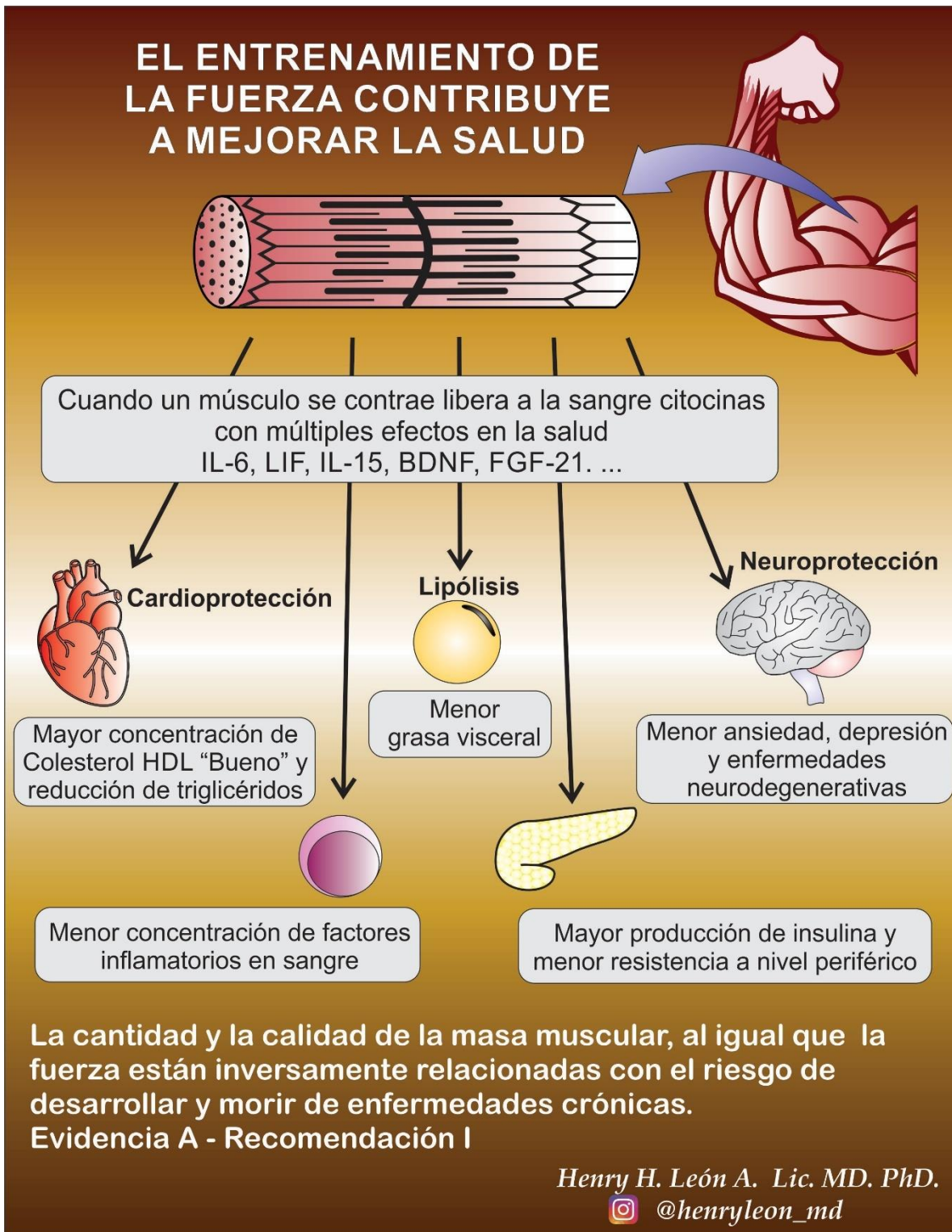
En fitness se defiende la pérdida de tejido adiposo (en su justa proporción), como una forma de evaluar la belleza estética, pero tiene otros beneficios tal vez más importantes que no se pueden pasar por alto. En este sentido, muchas publicaciones recientes se han volcado a la comprensión del músculo esquelético como órgano endocrino y los múltiples beneficios que el entrenamiento de la fuerza trae.

Cuando se habla del músculo como órgano endocrino se hace referencia a la producción de hormonas (sustancias que viajan libremente por el torrente sanguíneo), estas hormonas tienen efectos en diversos órganos como el corazón donde reduce el riesgo cardiovascular, el tejido adiposo donde favorece la reducción del tejido adiposo y el mismo cerebro donde favorece la neurogénesis.

Las hormonas producidas por el músculo esquelético son llamadas miocinas y solo se sintetizan y secretan si el músculo se contrae y en una proporción directamente proporcional al tamaño y calidad del músculo esquelético, esta afirmación defiende categóricamente la razón por la cual el entrenamiento de la fuerza es un determinante importante de la salud.

Lectura complementaria: A systematic review of "myokines and metabolic regulation". León-Ariza, HH, Mendoza-Navarrete MP, Maldonado-Arango MI, Botero-Rosas DA, Apunts. Medicina de l'Esport, 2018 53 (200), 125-162. DOI: 10.1016/j.apunts.2018.09.003

EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA CONTRIBUYE A MEJORAR LA SALUD



Gracias