

Las hormonas en el deporte: Una vieja herramienta con nuevas Perspectivas

Hormones in sports: an ancient tool with new perspectives

DrC. Víctor M Cabrera Oliva ¹
Dra. Alicia Hernández Hernández ²
Dr. Jorge Pavel Pino Rivero ³

¹ Bioquímico, Dr En Ciencias Biológicas vcabrera@infomed.sld.cu

² Médico, Especialista de Segundo Grado en Endocrinología

³ Médico, Deportólogo, Director Instituto Medicina del Deporte

RESUMEN

Durante los últimos años las hormonas han venido ocupando un amplio espacio dentro de las ciencias del deporte, la cultura física y el control biomédico del entrenamiento deportivo. Actualmente las hormonas se han convertido en un arma imprescindible para las ciencias del deporte y dentro de sus principales aplicaciones se encuentran: 1) Control del entrenamiento deportivo, a través de la determinación de la relación Cortisol/Testosterona (anabolismo /catabolismo), 2) Determinación del volumen e intensidad de las cargas de entrenamiento, 3) Control del entrenamiento de altura mediante los patrones de secreción hormonal, 4) Seguimiento del proceso de desentrenamiento deportivo en los atletas retirados, 5) Efectos del deporte y la actividad física sobre el sistema hormonal en las mujeres atletas, 6) Relaciones entre los sistemas hormonales, la nutrición y el rendimiento deportivo en el deporte elite. Otras hormonas descubiertas recientemente (Ghrelina, Leptina, Factores de Crecimiento) han mostrado tener una importancia significativa para la actividad del deporte. En este trabajo se presenta una actualización del tema de hormonas y deportes, las líneas de investigación relacionadas con este aspecto en el Instituto de Medicina del Deporte y una hipótesis sobre la posible utilización de la prolactina en la práctica del dopaje.

Palabras Claves: Deportes-Hormonas-Cortisol-Testosterona-Control Biomédico del Entrenamiento Deportivo-Ghrelina-Leptina.

ABSTRACT

Over the last years, the hormones have come occupying an ample space within the sports sciences, physical culture and biomedical control of sports training. Actually, the hormones have become an essential weapon for sports sciences and within its main applications are: 1) Control of sports training, through the determination of the relation Cortisol/Testosterone (anabolism/catabolism), 2) Determination of volume and training loads intensity, 3) Control of altitude training by mean of patterns of hormonal secretion, 4) Monitoring the sports detraining process in retired athletes, 5) Sports effects and physical activity about hormonal system in sportswomen, 6) Relations between hormonal systems, nutrition and sports performance in elite sports. Another hormones discovered recently (Ghrelina, Leptina, Growth Factors) have shown having a significant importance for the sports activity. This study presents an actualization about the theme of hormones and sports, the research lines related with this aspect, at the Sport Medicine Institute and provide besides a hypothesis about the possible utilization of prolactin in doping practice.

Keywords: Sports- Hormones- Cortisol- Testosterone- Biomedical Control of Sports training-Ghrelin- Leptin

INTRODUCCIÓN

¿Por qué es necesario evaluar la actividad endocrina y realizar el control hormonal metabólico durante el entrenamiento y sobreentrenamiento deportivo?

Se clasifican como hormonas a un grupo de sustancias con estructuras variables. Algunas hormonas fueron identificadas y sus funciones caracterizadas durante décadas pasadas, mientras que otras lo han sido en épocas más recientes. Las hormonas se consideran como una vieja herramienta para el tratamiento y diagnósticos de diferentes patologías, sin embargo, para las ciencias del deporte estas sustancias han abierto nuevas perspectivas de desarrollo actual.

Una de las principales funciones de las hormonas en el control metabólico es participar en la autorregulación celular y asegurar una movilización extensiva de los recursos que almacena el cuerpo humano, pues de otra forma resultaría imposible utilizar con la máxima intensidad todas las capacidades potenciales inherentes al organismo. De acuerdo con estos criterios, el éxito y el rendimiento de los ejercicios dependen del efecto que tienen las hormonas sobre los procesos metabólicos. Por esta razón, la magnitud de la respuesta hormonal en los ejercicios, incluyendo el éxito en las competencias, así como sus correlaciones, permiten conocer cómo ocurre realmente la movilización de varios recursos metabólicos. Sin embargo, el monitoreo del entrenamiento no se limita solamente a este aspecto. La determinación de las concentraciones hormonales puede proveer información sobre la adaptación a ciertos niveles de intensidad y duración de los ejercicios, así como sobre los problemas de adaptación, incluyendo el agotamiento de la adaptabilidad del organismo y el fenómeno del sobre-entrenamiento. La respuesta hormonal puede ser utilizada para medir los efectos de las sesiones de entrenamiento y para controlar los periodos de recuperación. Sin embargo, para lograr obtener la información correcta y para evitar los errores de interpretación, es necesario proceder con suma cautela y tener en consideración que existen algunas limitaciones.

El dominio de los conocimientos adquiridos con el desarrollo de la endocrinología, no han sido ajenos a los logros alcanzado por el deporte de aficionados y de alto rendimiento o a la optimización de la aplicación de la actividad física y el ejercicio con fines terapéuticos o para mejorar el estado de salud y la calidad de vida de la población general. Para lograr entender cómo se relaciona la endocrinología con las ciencias del deporte, es preciso comprender algunos conceptos y definiciones que son fundamentales para ambas disciplinas.

Todas las funciones fisiológicas y bioquímicas que se pueden identificar como características obligadas y específicas para el organismo de los seres humanos y de los vertebrados, se encuentran perfectamente programadas y ordenadas para que ocurra el proceso vital que se conoce como metabolismo. *El metabolismo es el resultado de infinidad de reacciones y eventos que tienen lugar en las células, tejidos y fluidos biológicos en los cuales se produce la síntesis y degradación de moléculas, consumo y formación de energía y la generación o procesamiento de información química, biológica y genética.*

Algunas consideraciones generales sobre las hormonas

Las hormonas son sustancias que corresponden a tres grupos de estructuras químicas: proteínas, esteroides y aminor. Aquellas que pertenecen al grupo de las proteínas o polipéptidos incluyen las hormonas producidas por la hipófisis anterior, paratiroides, placenta y páncreas, y en algunos casos pueden presentarse en la naturaleza formando simples cadenas polipeptídicas o asociaciones de las propias cadenas para constituir dímeros y polímeros . En el grupo de esteroides se encuentran las hormonas de la corteza suprarrenal y las gónadas. Las aminor biogénicas 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.

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 un sistema de aire acondicionado.

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.

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.

La función endocrina está regulada también por el sistema nervioso, como demuestra la respuesta suprarrenal al estrés. La médula suprarrenal y la hipófisis posterior son glándulas con rica inervación y controladas de modo directo por el sistema nervioso. Sin embargo, la corteza suprarrenal, el tiroides y las gónadas, aunque responden a varios estímulos nerviosos, carecen de inervación específica y mantienen su función cuando se trasplantan a otras partes del organismo. La hipófisis anterior tiene inervación 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.

Las hormonas han llegado a las ciencias del deporte mediante dos tendencias diametralmente opuestas, una de ellas altamente positiva relacionada con el control biomédico del entrenamiento deportivo, diferentes programas de entrenamiento y desentrenamiento deportivo y otra tendencia negativa relacionada con el uso de las hormonas en la práctica del dopaje.

El uso de hormonas peptídicas como drogas de abuso en el deporte

Actualidad e implicaciones futuras

En 1967, el Comité Olímpico Internacional (COI) estableció una comisión médica que sería la encargada de tomar medidas contra la expansión del uso indebido de drogas en los deportes de alto rendimiento. El siguiente año la comisión médica prohibió la práctica del dopaje, y a partir de 1980, los laboratorios acreditados por el COI se dedicaron a la búsqueda de sustancia extrañas prohibidas o sus metabolitos en muestras de orina de los atletas.

Efectos adversos de los esteroides anabólicos

El uso de esteroides anabólicos constituye una violación de normas establecidas por la Agencia Mundial Antidopaje, y se basa fundamentalmente en el daño potencial que estas sustancias causan a la salud de los propios atletas o usuarios ocasionales. Se ha tratado de modificar la molécula de los esteroides anabólicos para cambiar algunas de sus propiedades y satisfacer algunos objetivos dentro de los cuales se encuentran los siguientes:

- 1-Reducir los efectos androgénicos
- 2-incrementar sus efectos anabólicos
- 3-aumentar su biodisponibilidad oral y la duración de su acción
- 4-minimizar sus efectos adversos (sin embargo, son conocidos sus efectos negativos sobre diferentes órganos debido al uso continuado).

Algunos agentes anabólicos suministrados en pequeñas dosis tienen efectos secundarios limitados, sin embargo, su administración en dosis más elevadas pueden producir un aumento en la frecuencia cardíaca, temblor e insomnio. También pueden producir un aumento exagerado de la tensión arterial, palpitations y favorecer el desarrollo de enfermedades cardíacas e incluso, la muerte súbita.

Es probable que el uso continuado de esteroides anabólicos en grandes cantidades produzca efectos adversos graves, incluso mortales. Dentro de los problemas de salud que se encuentran con frecuencia están los accidentes cardiovasculares,

cerebrovasculares y tumoraciones hepáticas malignas. Algunos estudios a han logrado demostrar que existe una mayor frecuencia de mortalidad entre los consumidores de esteroides anabólicos que entre la población normal.

El uso de las hormonas peptídicas en el deporte

Los efectos que producen las hormonas peptídicas sobre el metabolismo y los sistemas fisiológicos de los atletas son muy variados, incluyendo los efectos anabolizantes de la hCG debido a que esta hormona regula la síntesis de la Testosterona.

El uso terapéutico de GH está dirigido principalmente a niños que presentan trastornos del crecimiento asociados a una baja síntesis de esta hormona, sin embargo, en personas sanas el uso de GH produce efectos secundarios demostrados y severos, como son la aparición de la acromegalia, enfermedades cardíacas y excesiva producción de grasa cutánea.

La aparición de efectos secundario puede ser mucho más crítica en dependencia del origen de los preparados que se utilicen. En sus inicios el preparado de elección fue la hormona de origen humano, y posteriormente los obtenidos por ingeniería genética, pero en la actualidad, además de estos, se sospecha que los atletas están utilizando GH equina, con lo cual es posible introducir enfermedades alérgicas con riesgos de shocks anafiláctico y muerte.

La utilización de preparados de GH obtenidas a partir de cadáveres, podría provocar la aparición de una enfermedad neurológica mortal conocida como la enfermedad de Creutzfeldt Jacob.

Aunque la insulina se indica a los pacientes diabéticos insulina-dependientes, no es correcto que personas sana la utilicen, debido a la posible aparición de efectos secundarios adversos dentro de los cuales se encuentran la hipoglucemia, que puede producir debilidad general del organismo, náuseas, somnolencia, sensación de falta de aire, incluso coma con lesión cerebral y muerte.

Los deportistas que padecen diabetes mellitus pueden utilizar insulina, siempre que soliciten la autorización a la comisión médica del organismo antidopaje correspondiente y reciban la debida autorización.

El tratamiento con EPO está indicado en personas enferma con anemia grave, como es el caso de enfermos con insuficiencia renal, SIDA o con determinados tipos de cáncer, sin embargo, no es conveniente que una persona sana la utilice debido a que tiene graves efectos secundarios sobre la salud.

La EPO puede producir hipertensión, aumento de la viscosidad de la sangre y formación de coágulos. Al aumentar la densidad de la sangre, aumenta el trabajo cardíaco, lo cual puede aumentar el riesgo de sufrir ataques cardíacos.

Una de las cuestiones que actualmente no han podido encontrar una respuesta definitiva, es conocer si existen efectos secundarios a largo plazo relacionados con el uso de la EPO, debido a que la experiencia con el uso de esta hormona es muy poca. Se sospecha que los efectos secundarios producidos por esta hormona deben ser muy serios.

Efectos adversos de los Corticosteroides

Los glucocorticoides son sustancias que se utilizan ampliamente en la práctica médica, debido a su conocido efecto antiinflamatorio, sin embargo, esto pueden producir efectos secundarios a corto plazo, como son irritación y úlcera del estómago, y a largo plazo pueden ocasionar la aparición de osteoporosis, infecciones, cataratas, así como fragilidad en los músculos, tendones o ligamentos si se utilizan en grandes dosis. Otros efectos asociados al uso de los corticosteroides son la aparición de Cushing iatrogénico y la retención de líquidos por el organismo.

Las endocrinopatías más frecuentes: La diabetes Mellitus, Incidencia en la población que practica deportes.

La Diabetes mellitus (DM) afecta al 7 % de los estadounidenses de acuerdo a los datos publicados en el año 2005 por los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades, sin embargo esta cifra no está muy lejos de la media mundial. La prevalencia de DM aumenta debido, además, al aumento de la epidemia mundial de obesidad. El ejercicio puede retardar la aparición de la DM en los individuos con una tolerancia a la glucosa alterada.

El ejercicio es beneficioso en el tratamiento de la diabetes debido a que mejora el metabolismo de la glucosa y la sensibilidad a la insulina, y puede reducir el uso de hipoglicemiantes orales y de insulina.

La participación en equipos deportivos durante las primeras etapas de la vida se ha asociado con una disminución en los trastornos macrovasculares y la mortalidad por diabetes tipo I.

Para evitar los efectos perjudiciales, los ejercicios en el caso de individuos que están afectados por las complicaciones producidas por la diabetes deberán ser debidamente modificados. Los médicos deberán ajustar en forma cuidadosa los tratamientos y monitorear el tratamiento de los atletas para maximizar su participación segura en las competencias.

Las enfermedades tiroideas

La incidencia de las enfermedades tiroideas en las poblaciones que practica deportes, siguen patrones similares a los mostrados por el resto de las endocrinopatías en comparación con la población general. Sin embargo, ante la aparición de síntomas como son el cansancio, bajo rendimiento y pérdida de peso corporal, entre otros, la práctica mundial recomienda realizar pruebas encaminadas a descartar algún tipo de disfunción en la función tiroidea.

Obesidad, Deportes y actividad física

La obesidad es un trastorno metabólico crónico asociado directamente con el aumento de la morbilidad y la mortalidad debido a las enfermedades cardiovasculares (ECV). Este trastorno metabólico considerado como una endocrinopatía de proporciones mundiales, también puede afectar a las poblaciones que practican deportes, y muchos más en los periodos posteriores a la vida deportiva, cuando las personas abandonan el entrenamiento y adquieren hábitos de vida y nutricionales que resultan nocivos para la salud. Aunque la obesidad

abdominal determinada por medición de la circunferencia de la cintura pudiera ser un indicador más exacto para pronosticar los riesgos que esta implica para la salud en general, los datos que se obtienen relacionados con la tendencia de la obesidad a largo plazo, se basan generalmente en las mediciones del Índice de Masa Corporal (IMC). Cuando el IMC es igual o mayor que 30, la tasa de mortalidad por varias causas y especialmente debido a las enfermedades cardiovasculares aumenta desde el 50 % al 100 %.

La obesidad, particularmente la de tipo abdominal, aparece específicamente acompañada por altas concentraciones de Triacilglicerol (TAG), lo cual está directamente asociado con la dislipidemia en situaciones de ayuno, una elevación postprandial elevada en las concentraciones de TAG, bajas concentraciones de lipoproteínas de alta densidad del colesterol (HDL) y posiblemente una preponderancia de baja concentraciones de lipoproteínas de baja densidad.

La actividad física contribuye a evitar la obesidad y por lo tanto el desarrollo de la dislipidemia. Los niveles bajos de grasa corporal favorecen los altos niveles de HDL colesterol y de TAG, aunque en las personas entrenadas otros factores importantes pueden determinar estas características.

La obesidad como trastorno general, afecta no solo el metabolismo lipídico. Los carbohidratos, proteínas, metabolismos energéticos y nutrientes sufren modificaciones que pueden propiciar la aparición de diferentes tipos de enfermedades como son la disfunción vascular endotelial y algunos tipos de cáncer, diabetes mellitus, colelitiasis, dislipidemias, cardiopatía coronaria, enfermedades respiratorias, psiquiátricas y osteomioarticulares entre otras, las cuales limitan las expectativas de vida.

Aunque la obesidad o el sobrepeso es un factor desencadenante que contribuye a que se expresen los factores de riesgo de padecer múltiples enfermedades en las personas de cualquier raza, sexo o edad, de acuerdo a estudios publicados el grupo más vulnerable es el de las mujeres en edad de la menopausia, para las cuales la principal causa de muerte registrada han sido las enfermedades cardiovasculares relacionadas con la obesidad. En estos mismos estudios se encontró que el 30 % de las mujeres en edad de la menopausia no realizaban ningún tipo de actividad física y que esta inactividad prevalecía con el incremento progresivo de la edad.

Variaciones hormonales asociadas a los cambios en los patrones durante el ciclo menstrual

Dentro de los principales ciclos biológicos que revisten importancia teórico-práctica se encuentra el ciclo menstrual, sobre el cual haremos particular énfasis, debido al rol que el mismo puede jugar dentro del deporte y la actividad física.

Obviamente los ejercicios de entrenamiento tienen efectos beneficiosos sobre la salud, pero las altas cargas de entrenamiento pueden tener un efecto adverso sobre el ciclo menstrual normal. Las mujeres jóvenes que inician la práctica de ejercicios intensos de entrenamiento y que al mismo tiempo tienen un bajo peso corporal y bajo por ciento de grasa corporal experimentan un retraso de la menarquía. Se considera que este efecto biológico ha sido considerado activamente por los entrenadores de gimnastas de la elite con la finalidad de aumentar los componentes técnicos y estéticos durante su ejecución.

La triada de la mujer atleta

Existe un vínculo entre la amenorrea, trastornos alimentarios y la pérdida de la masa ósea en determinadas atletas, lo cual se conoce como la **triada de la mujer atleta**. Se considera que la desmineralización del hueso se debe al hipoestrogenismo prolongado lo cual activa el balance entre la reabsorción ósea y la remodelación ósea. Como consecuencia de este proceso, aparece una reducción en la densidad ósea similar a la que aparece en las mujeres post-menopáusicas, lo cual incrementa los riesgos de fracturas óseas por estrés. No todas las mujeres atletas con cargas de entrenamiento experimentan estos problemas, y el ejercicio físico por lo general les resulta beneficioso, con aumento en la densidad ósea mineral demostrada en muchas mujeres atletas. El impacto que produce la amenorrea sobre la densidad mineral no ha quedado claramente establecido y no existen evidencias de que las mujeres en las cuales se recupere la función menstrual, desarrollen infertilidad crónica. La triada de la mujer atleta es compleja e incluye muchos factores diferentes que varían entre atletas individuales e incluye mecanismos tanto fisiológicos como psicológicos.

Los contraceptivos Orales

Pueden existir efectos adversos asociados con el ciclo menstrual; 3-8 % de las mujeres sanas en edad reproductiva sufren de trastornos disfóricos premenstruales. Dentro de los síntomas se pueden incluir el carácter deprimido, irritabilidad, ansiedad y síntomas físicos tales como la fatiga, inflamación abdominal, alteraciones del apetito y trastornos del dormir; estos trastornos tienden a ocurrir durante la fase lútea y disminuyen durante la fase folicular después del inicio de la menstruación. Los anticonceptivos orales se pueden utilizar para disminuir las molestias que produce el ciclo menstrual sobre otros sistemas fisiológicos.

Los resultados publicados en la literatura mundial demuestran que hasta el presente las relaciones entre el consumo de contraceptivos hormonales son indeterminadas, aunque se han planteado diversas hipótesis. Los efectos de los contraceptivos hormonales sobre el rendimiento físico, por ejemplo, pueden depender de varios factores como son la etapa de preparación física, en nivel de entrenamiento de las atletas, la fase del ciclo menstrual que se investiga y finalmente, la naturaleza y composición química de los contraceptivos hormonales utilizados, los cuales pueden ser monofásicos, difásicos y trifásicos todos con proporciones variables del contenido de progestágenos y estrógenos.

Los efectos del ciclo menstrual sobre las respuestas a los ejercicios

Las hormonas sexuales femeninas estrógeno y progesterona tienen un efecto potencial sobre la capacidad de los ejercicios y el rendimiento entre numerosos mecanismos que incluyen el metabolismo de los sustratos, la función cardiorrespiratoria y la termorregulación. Estas hormonas pueden además tener influencia sobre los factores psicológicos y aumentar la incidencia de lesiones. Consecuentemente, los cambios en los niveles hormonales favorecen o afectan la capacidad y el rendimiento durante el ciclo menstrual mediante numerosos mecanismos dentro de los cuales se incluyen el metabolismo.

La influencia del ciclo menstrual sobre la fuerza muscular: Rendimiento de los ejercicios

Se ha sugerido que existe entre el pico de estrógeno observado durante la fase lútea tardía y un incremento en la fuerza muscular. Una de las posibles explicaciones de la asociación entre la fuerza muscular y las concentraciones de estrógeno se desprende de los estudios sobre la disminución de la fuerza muscular que aparecen con la edad, indicando que la fuerza puede ser restablecida mediante la terapia hormonal sustitutiva. Sin embargo, los resultados relacionados con los efectos del ciclo menstrual sobre el rendimiento de fuerza no han sido consistentes.

Efectos de los contraceptivos orales sobre la composición corporal y el rendimiento físico en las mujeres atletas

El descubrimiento de los anticonceptivos hormonales representó un paso de avance significativo para el control de la natalidad y la planificación familiar. Actualmente las formulaciones existentes en forma de pastillas son numerosas y a estas se han unido otras formulaciones que se suministran en forma inyectable (vacunas), implantes subcutáneos y parches, que permiten variar la protección o inhibición de la ovulación durante periodos que oscilan entre un mes y hasta cinco años.

¿Tienen efecto doping los contraceptivos hormonales?

Hasta el presente no se ha confirmado que algunas de las formulaciones de contraceptivo hormonales utilizadas por las atletas muestren un efecto doping, sin embargo, algunos tipos de contraceptivos han mostrado efectos beneficiosos en el rendimiento aeróbico durante determinadas fases del ciclo menstrual. Contrariamente, algunos contraceptivos han mostrado que pueden inducir un incremento en la masa corporal y grasa corporal, lo cual va en detrimento del rendimiento deportivo en las atletas que de acuerdo a su especialidad deportiva necesitan tener un peso corporal estable, como es el caso de las gimnasta y las corredoras de medias distancia y fondistas.

Las investigaciones sobre los efectos de los contraceptivos hormonales continúan y deben seguirse con atención, pues ante la posibilidad de que algunas formulaciones lleguen a registrarse en las listas de sustancias prohibidas de la Agencia Mundial Antidopaje, las atletas tendrán que utilizar otros contraceptivos para el control de la natalidad, dentro de los cuales los candidatos posibles pudieran ser los contraceptivos de barrera.

Las relaciones entre las concentraciones de hormonas anabólicas y catabólicas.

Durante los últimos años las relaciones de concentración entre las hormonas con funciones anabólicas como es el caso de la testosterona y el Factor de Crecimiento insulínico de tipo I (IGF-I) entre otras, y el Cortisol, que es una hormona anabólica, se utilizan ampliamente para controlar la efectividad de los entrenamientos, evaluar la asimilación de las cargas de entrenamiento y controlar el peligro del sobreentrenamiento.

Esta relación se ha utilizado en una diversidad de disciplinas deportivas, donde se ha demostrado que una herramienta con un elevado nivel de confiabilidad diagnóstica. Aunque no se pueden establecer reglas de oro, la conjugación de las relaciones anabólico-catabólicas y la determinación de lactato, urea, creatina quinasa y otros metabolitos permiten obtener un cuadro diagnóstico que se ajusta con un alto nivel de confiabilidad a las posibilidades y estado fisiológico real del deportista. Es evidente que otras hormonas seguirán incrementando el arsenal diagnóstico para el control del entrenamiento y estado general de los deportistas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Thomas M. Devlin, Bioquímica. Libro de Texto con Aplicaciones Clínicas. Tercera edición. Editorial Reverté, S.A. España 1999.
2. Robert K. Murray, Peter A. Mayes, Daryl K. Granner, et al. Bioquímica de Harper. Decimocuarta edición. Editorial Manual Moderno. México D.F. 1997.
3. Hicks J.J. Bioquímica. Primera edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. México D.F. 2000.
4. Jara Albarrán A. Endocrinología. Primera edición. Editorial Medica Panamericana. Madrid 2001.
5. Harrison, et al. Principios de Medicina Interna. Decimocuarta edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Madrid 1998.
6. Beverley B, Deanfield JE, Després J-P, Bassand J-P, Keith AA, Smith SC et al. International Day for the Evaluation of Abdominal Obesity (IDEA): A Study of Waist Circumference, Cardiovascular Disease, and Diabetes Mellitus in 168000 Primary Care Patients in 63 Countries. *Circulation* 2007;116:1942-1951.
7. Adams KF, Schatzkin A, Harris T B, Kipnis V, Mouw T, Ballard-Barbash R et al. Overweight, Obesity, and Mortality in a Large Prospective Cohort of Persons 50 to 71 Years Old. *The New England Journal of Medicine*; 2006 August 24; 355(8):763-778.
8. Cris AS, Brian DD, Johanna LJ, Kevin K; Lori BA, Gregory PS et al. Effects of the Amount of Exercise on Body Weight, Body Composition, and Measures of Central Obesity. STRRIDE—A Randomized Controlled Study. *Arch Intern Med*. 2004;164:31-39.
10. Rickenlund A, Carlstro KM, Ekblom MB, Brismar TB, B von Schoultz, Hirschberg AL 2004. Effects of Oral Contraceptives on Body Composition and Physical Performance in Female Athletes. ***J Clin Endocrinol Metab* 89: 4364–4370, 2004**
11. **Kuohung W, Borgatta L, Stubblefield P** 2000 Low-dose oral contraceptives and bone mineral density: an evidence-based analysis. *Contraception* 61:77–82
12. **Pasco JA, Kotowicz MA, Henry MJ, Panahu S, Seeman E, Nicholson GC** 2000 Oral contraceptives and bone mineral density: a population-based study. *AmJ Obstet Gynecol* 182:265–269
13. **Berenson AB, Radecki CM, Grady JJ, Rickert VI, Thomas A** 2001 A prospective, controlled study of the effects of hormonal contraception on bone mineral density. *Obstet Gynecol* 98:576–582