



Rev. Cub. Med. Dep. & Cul. Fís. 2015; Vol. 10, Núm. 2

ISSN: 1728-922X

Artículo de revisión

Desarrollo tecnológico y dopaje: las tendencias contrapuestas

Technological development and doping: Conflicting tendencies

Autores: Víctor M Cabrera Oliva¹, Yamil Gutiérrez Jorge², Jorge Pavel Pino Rivero³, Pablo Castillo⁴ Díaz.

vcabrera@infomed.sld.cu

Resumen

En el presente trabajo de revisión se presentan datos sobre los efectos que ha producido el desarrollo tecnológico sobre el deporte hasta nuestros días y cuáles serían las perspectivas futuras del mismo. Se realiza un análisis sobre los efectos contrapuestos que ha producido el propio desarrollo para crear métodos y nuevas sustancias aplicadas en la práctica nociva del dopaje, lo cual ha representado una barrera de difícil solución para la Agencia Mundial Antidopaje y para todas las instituciones que luchan por erradicar este fenómeno negativo que ensombrece en ocasiones las virtudes del deporte como actividad digna del hombre. Se identifican las sustancias prohibidas de reciente introducción en la práctica del dopaje y el peligro que las mismas representan para la salud de los deportistas, así como la posibilidad de que nuevos grupos de sustancias entren en el arsenal de sustancias prohibidas utilizadas en el dopaje. Se tratan aspectos científicos y técnicos relacionados con el peligro del dopaje genético y las posibilidades de detectar el mismo. Se presentan las nuevas herramientas y procedimientos analíticos para detectar el uso de sustancias prohibidas y la importancia de la aplicación del pasaporte biológico para la detección inteligente del dopaje en y fuera de competencias.

Manuscrito recibido el 23-02-2014; aceptado para su publicación el 5-05-2015

Palabras Claves: tecnología, deporte, drogas, pasaporte biológico

¹DrC, Investigador Titular, Profesor Titular, Instituto de Medicina Deportiva, La Habana, Cuba.

²Especialista de Primer Grado en Medicina Deportiva, Instituto de Medicina Deportiva, La Habana, Cuba.

³Especialista de Primer Grado en Medicina Deportiva, Instituto de Medicina Deportiva, La Habana, Cuba.

⁴Especialista de Primer Grado en Medicina Deportiva, Máster en Control Médico del Entrenamiento Deportivo. Instituto de Medicina Deportiva, La Habana, Cuba.

Summary

In the present review data on the effects that technological development has occurred on sport until today and what are the future prospects of the same would occur. An analysis of the competing effects produced their own development to create new methods and substances applied to the harmful practice of doping is performed, which has been a difficult barrier solution for WADA and for all institutions struggling eradicate this negative phenomenon that sometimes overshadows the virtues of sport as dignified human activity. Prohibited substances newly introduced in the practice of doping and the danger they pose to the health of athletes and the possibility of new groups of substances entering the arsenal of prohibited substances used in doping are identified. Scientific and technical related to the danger of gene doping and the chances of detecting the same issues are addressed. New tools and analytical procedures are presented to detect the use of prohibited substances and the importance of the implementation of the biological passport for intelligent detection of doping in and outside powers.

Keywords: technology, sports, drugs, biological passport

Introducción:

Actualmente vivimos en un mundo en el cual predominan los criterios contrapuestos y donde es difícil llegar a acuerdos generales. Este fenómeno es característico no sólo de los grandes conflictos, ya sea de tipos sociales, políticos, militares, territoriales, etc, sino que también se ven afectados por el mismo fenómeno problemas de bajo perfil o de magnitud limitada.

Existen dos fenómenos para los cuales se puede afirmar, sin lugar a dudas, la plena coincidencia de criterios, y que son los siguientes:

Primero, que la historia de la humanidad, desde la comunidad primitiva y hasta nuestros días y tal como será en el futuro, es la historia del desarrollo tecnológico, y por esta razón la humanidad pasó de las canoas de madera de balsa a los grandes buques portacontenedores, porta aviones, grandes buques tanqueros y submarinos; de los carros de vapor a los ingenios de fórmula 1 y limousines, de los aviones con alas de lienzo a los superjets, grandes aviones comerciales y transbordadores espaciales, de la máquina de escribir y calculadoras voluminosas, la sociedad llegó a las super computadoras (Figura 1), lo cual representa sólo unos pocos ejemplos.

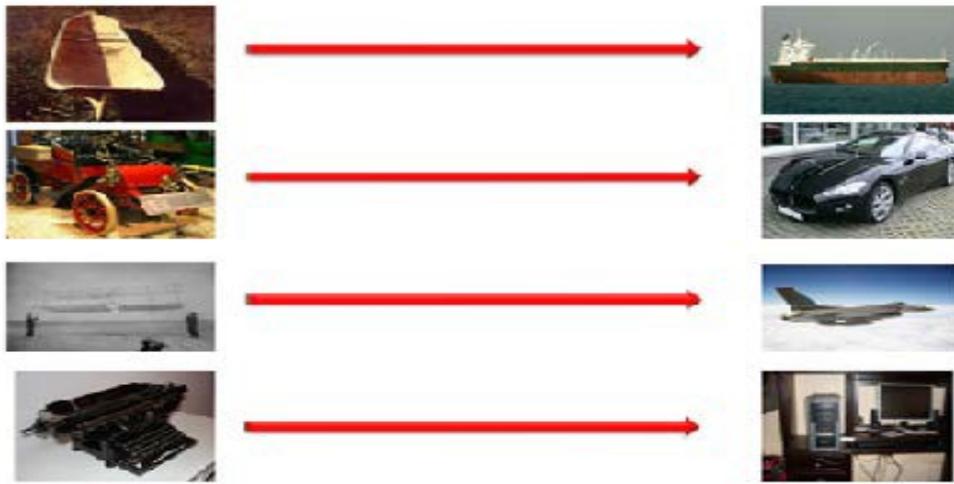


Figura 1. Algunos ejemplos del desarrollo tecnológico experimentado por la humanidad.

Segundo, que si bien es innegable que el desarrollo de la humanidad es el producto de la inteligencia y de la actividad creadora del hombre, el uso indebido o arbitrario de los avances tecnológicos pueden imponer una barrera al desarrollo de la propia humanidad, lo cual también se puede ilustrar con unos pocos ejemplos (Figura 2).

El descubrimiento del fuego marcó el salto cualitativo y cuantitativo en la evolución del hombre como especie superior e inteligente, sin embargo, el manejo arbitrario e irracional del mismo ha sido durante años la causa de la pérdida de enormes proporciones de los bosques a nivel mundial, pérdida de especies de la flora y fauna silvestre, contaminación del medio ambiente, destrucción de la capa de ozono e incremento del calentamiento global.

La energía nuclear deberá sustituir a las fuentes agotables y finitas de combustibles fósiles, además de su enorme utilidad como recurso diagnóstico y terapéutico en algunas enfermedades como es el cáncer, sin embargo, diariamente se publican noticias relacionadas con escape de radiaciones al mar o a las aguas en general y sobre accidentes ocurridos por diferentes razones en plantas y reactores nucleares. También es significativo el peligro constante del uso de armas nucleares en conflictos, lo cual es crítico debido a que en algunas ocasiones estas armas pudieran estar en manos de fuerzas irresponsable por lo cual existe la amenaza de que se inicie un conflicto bélico de altas proporciones asociados, incluso a conflictos tribales, lo cual sería una triste paradoja.

Actualmente podemos afirmar que la biotecnología es un recurso tangible en el cual la humanidad entera ha cifrado sus esperanzas para hacer que la agricultura produzca más alimentos para la población sin recurrir a la ayuda de fertilizantes y otros medios que representan un peligro para la salud.

Los cultivos transgénicos resultarían la solución inmediata para solucionar las crisis de hambruna que penden constantemente sobre una gran parte de la población, principalmente en aquellos países con bajo desarrollo agrícola e industrial, sin embargo, la realidad es que unas pocas compañías se han dedicado a producir semillas transgénicas, por lo cual los productores se ven en la necesidad de pagar altos costos por la adquisición de las mismas y por tanto, el encarecimiento de los productos y esta situación está generando grandes conflictos que impiden la solución del problemas de escasez de alimentos agrícolas para muchas poblaciones.

Desarrollo tecnológico	Beneficios	Efectos producidos
Fuego	Salto significativo en el desarrollo de la humanidad	selvas, medio ambiente, Ozono calentamiento global
Energía atómica	Electricidad, Medicina, medios diagnósticos (La paradoja)	Peligro de guerras, contaminación de las aguas, accidentes.
Plantas transgénicas	Mayor productividad, alimentos, población mundial	Pérdida de la independencia agrícola, transnacionales
Biotecnología	Terapia génica, vacunas, Medicamentos	Selección del sexo, quimeras, dopaje genético

Figura.2. Algunos ejemplos sobre los efectos de la mala utilización de los avances tecnológicos.

La terapia génica es otro recurso que pudiera resultar altamente beneficioso para la producción de vacunas contra enfermedades que diezman la población infantil y adulta, como es el caso del Ebola, Sarampión, Viruela, Tosferina, etc. Así como para el tratamiento de enfermedades relacionadas con la inexistencia, malfuncionamiento o hiperexpresión de genes. Esta tecnología representa una amenaza para el deporte, pues pudiera ser utilizada como una nueva modalidad de dopaje (Dopaje genético), que le pudiera asestar un golpe mortal al deporte como actividad plena y digna del hombre. Al mismo tiempo no se descarta la posibilidad que se utilice el manejo de genes mediante las técnicas de terapia

génica para seleccionar el sexo o para el manejo de la especie humana desde puntos de vista raciales o de discriminación de otro tipo.

¿Cuáles han sido los efectos de la llegada del desarrollo tecnológica al deporte?

Es evidente que el desarrollo tecnológico también ha llegado y seguirá llegando al deporte, lo cual tendrá su máxima expresión en los implementos deportivos, en las pistas de competencia y en los métodos de entrenamiento deportivo. Sin embargo, el avance tecnológico también ha llegado al fenómeno negativo del doping o dopaje, el cual ha perseguido al deporte desde el mismo nacimiento de esta actividad como parte de la conciencia social del hombre.

El 10 de noviembre de 1999 se creó la Agencia Mundial Antidopaje (AMA), que desde entonces ha sido el organismo internacional rector cuyas funciones son entre otras, controlar y sancionar el uso del dopaje en el deporte, publicar las Normas Internacionales para los Laboratorios acreditados en el mundo para detectar el uso de sustancias prohibidas dentro y fuera de competencias, aplicar el Código Mundial Antidopaje, velar por el funcionamiento y calidad de los laboratorios antidoping acreditados y publicar las listas de sustancias y métodos prohibidos en el deporte (Figura 3).



Figura.3. Funciones de la Agencia Mundial Antidopaje en la regulación del uso de sustancias y métodos prohibidos en el deporte.

La lista de sustancias y métodos prohibidos se publica anualmente, y entra en vigor el primero de enero de cada año. En la lista no se incluyen todas las sustancias, sino una parte representativa de las mismas. Se calcula que la lista está compuesta en realidad por 3,600 sustancias y cada año se registran nuevas drogas (1,2,3).

Dentro de las listas vigentes se incluyen además, los métodos utilizados en el dopaje, los cuales brevemente se pueden clasificar de la siguiente manera:

1-Métodos químicos:

En este grupo se incluyen los fármacos, drogas, medicamentos de origen natural y sintéticos.

2-Dopaje Biológico:

En el cual se incluyen las Transfusiones de sangre y el uso de células derivadas de la sangre o sus productos. A este mismo grupo pertenece el Dopaje genético, que consiste en el uso del producto de la modificación del genoma o sustancias que modifican la expresión genética.

3-Transportadores artificiales de Oxígeno como son los siguientes:

Hemoglobinas sintéticas y modificadas, Eritropoyetina y sus variantes.

Cuando se analizan los criterios que utiliza la AMA como fundamento para la lucha contra el dopaje, se deben considerar, además, otras reglas y regulaciones que han sido establecidas el Comité Olímpico Internacional (COI), la UNESCO y las Comisiones Médicas para prohibir el dopaje en el deporte. Algunos de estos criterios ya fueron planteados desde la entrada oficial en vigor de la Carta Olímpica Internacional para el ámbito deportivo y que son los siguientes:

1-Criterios éticos:

"El dopaje viola los principios del olimpismo mundial y el juego limpio".

2- Por razones de salud:

"La práctica del dopaje tiene efectos nocivos sobre la salud de los deportistas".

Durante los últimos años la lucha contra el dopaje se ha tornado muchos más difícil lo cual en ocasiones pone en duda o muestra las insuficiencias de la razón de los criterios clásicamente establecidos, debido fundamentalmente a dos aspectos:

1-La utilización de tecnologías de avanzada que han sido diseñadas con fines de dopaje o que han sido importadas desde otras ciencias (dopaje tecnológico, tecnodoping)

2-La AMA necesita introducir constantemente cambios o modificaciones para ajustar sus criterios de acuerdo a la aparición de nuevas sustancias y métodos de dopaje que se basan en el desarrollo de nuevas tecnologías.

El ejemplo más reciente se relaciona con un nuevo método de dopaje basado en la nanotecnología.

La AMA no solamente reconoce la existencia del dopaje tecnológico, sino que se ha visto obligada a confirmar las siguientes afirmaciones:

“La línea que separa la competencia justa de la ventaja desleal, es cada día más tenue”.

“Ya no se trata del uso de sustancias anabolizantes o de productos que modifiquen la estructura genética o de sustancias que cambien la expresión genética, sino del equipamiento ultratecnológico que utilizan los deportistas”.

”El problema es que no resulta fácil prever el dopaje tecnológico en especial con el auge de los materiales nanotecnológicos”.

Estas afirmaciones permiten sospechar que el problema del dopaje posiblemente cambie la tendencia del uso de sustancias altamente nocivas para la salud, por procedimientos basados en el desarrollo tecnológico, lo cual actualmente no aparece contemplado en el Código Mundial Antidopaje.

¿Cuándo surge el término dopaje tecnológico?

Este término entro oficialmente en vigencia durante el campeonato de natación de los Juegos Olímpicos de Beijing, 2008. Este traje de baño denominado LRZ Racer (Figura 4), fue fabricado por la línea de productos deportivos Speedo, para lo cual utilizaron modelos de diseño aerodinámicos creados por los ingenieros de la NASA.



Figura.4. Modelo de traje LRZ Racer para la natación utilizado durante los Juegos Olímpicos de Beijing, 2008.

¿Cuáles son las características que hacen a este traje especial?

Está formado por paneles LZR que son membranas ultrafinas de Poliuretano cortadas con rayos Láser en puntos estratégicos, y las costuras están unidas con ultrasonido que hace posible que el traje se ajuste al cuerpo como si fuera la piel, con lo cual se logra reducir la fricción en el agua en un 10 %, posee un núcleo estabilizador interno que sostiene al nadador para que su cuerpo pueda mantener una posición correcta en el agua. El traje tiene un costo aproximado de 550 dólares.

Durante el proceso de investigación encaminado a prohibir la utilización futura de este traje de natación se formuló la siguiente pregunta: ¿Es el traje efectivamente útil?

Dentro de los argumentos encontrados por las autoridades se mostraron los siguientes:

1-El 98 % de las medallas distribuidas durante los Juegos Olímpicos de Beijing fueron obtenidas por nadadores que utilizaron el traje.

2-Durante los juegos olímpicos de Beijing se establecieron 62 records mundiales.

3-Durante el propio año se establecieron 168 records mundiales

4-El traje fue utilizado, entre otros, por Michel Phelps, el cual alcanzó 8 medallas olímpicas.

5-Según las declaraciones del propio Phelps, “Cuando se utiliza el traje se siente como un cohete al despegar de la plataforma de lanzamiento”

Debido a los resultados de las investigaciones relacionadas con el traje de baño, el mismo se consideró doping y fue prohibido su uso para los juegos de Vancouver 2010. En este caso se argumentó que el precio del traje no estaba al alcance de todos los nadadores.

La prohibición del traje de natación utilizado durante el Campeonato de Natación de los Juegos Olímpicos de Beijing, hacía suponer que marcaría el fin de la fabricación de tipos vestimentas similares tanto para la natación como para otros deportes, sin embargo, los Juegos Olímpicos de Invierno de Sochi celebrados en 2014, fueron el escenario ideal para la aparición del traje Mach 38, (Figura 5) diseñado para el patinaje de velocidad sobre hielo.



Figura.5. Traje Mach 38 diseñado para el patinaje de velocidad sobre hielo utilizado en los Juegos Olímpicos de Invierno de Sochi 2014.

La compañía productora de implementos deportivos NIKE fabricó el traje Turbospeed (Figura 6), utilizado por Usain Bolt y Allison Felix, el cual fue probado durante más de 1000 horas en un túnel de viento para simular la capacidad aerodinámica de las pelotas de golf. Este traje permite correr al menos 0,023 segundos más rápido.



Figura.6. Traje para el atletismo de pista diseñado para los bolidos Usain Bolt y Allinson Felix, de acuerdo a modelos aerodinámicos de la NASA.

El diseño de implementos deportivos se expandió rápidamente a otros deportes, la misma NIKE comenzó a fabricar zapatillas de 160 gramos que son utilizadas por los atletas de Estados Unidos, Kenya y Rusia. En el ciclismo se introdujo el casco aerodinámico que disminuye de manera significativa la resistencia al viento, mientras que el ciclista Franck Schleck ha utilizado una prótesis en el pecho con un

efecto aerodinámico superior, que en una distancia media de 50 km/h puede aportar de 15 a 20 vatios, lo cual supone un ahorro de 2 segundos.

Para fines de los entrenamientos en algunos deportes se ha introducido el uso de los espejuelos con efecto estroboscópico, que pudieran resultar de gran ventaja en deportes como el Volibol, Beisbol y Futbol, entre otros.

Los deportes paralímpicos tampoco han estado ajenos a los cambios tecnológicos para favorecer sus competencias, incluso, en igualdad con los deportistas convencionales, como fueron las prótesis de fibra de carbón utilizadas por el corredor sudafricano doble amputado de las extremidades inferiores Oscar Pistorius.

Actualmente resulta extremadamente difícil identificar un deporte en el cual la tecnología no haya tenido un gran impacto, ya sea a través de los implementos utilizados por los atletas, por los métodos utilizados en los entrenamientos, en las instalaciones deportivas o en las pistas.

Las evidencias demuestran claramente que el desarrollo tecnológico ha modificado los registros prácticamente en todos los deportes, y que algunas disciplinas deportivas han cambiado sus reglas o han sufrido cambios significativos relacionados con los avances tecnológicos.

Algunos ejemplos bien conocidos, pero que no representan la totalidad, son los siguientes:

1-Desde 1896 las marcas en el ciclismo han mejorado en 221 %

2-Los registros en jabalina han progresado en el 95 %.

3-Los saltos con pértigas desde la era de la madera al bambú hasta la fibra de vidrio han mejorado en el 86 %.

4-Las pruebas de carreras son las que menos incrementos han mostrado. Las marcas en los 100 metros planos son 24 % mejores que en 1896.

Basado en los datos encontrados en la literatura especializada con referencias a la influencia de los cambios tecnológicos en el deporte, se pudieran formular las siguientes preguntas:

1-¿Encontrará la AMA mecanismos que permitan poner fin al dopaje tecnológico?

2-¿Sería lógico frenar el desarrollo del deporte basado en el uso de la nanotecnología?

3-¿Cómo podrá la AMA armonizar los criterios de prohibir el uso de sustancias y métodos con la utilización del dopaje tecnológico?

El desarrollo tecnológico no se ha centrado solamente en la fabricación de nuevos implementos deportivos o en las mejoras en las pistas y métodos de entrenamiento.

La tecnología ha evolucionado el mundo de las drogas que se utilizan con fines de dopaje, y dentro de los grupos que han experimentados mayores cambios se encuentran los siguientes:

- 1-Sustancias anabolizantes (esteroideas y no esteroideas)
- 2-Diuréticos
- 3-Estimulantes
- 4-Narcóticos sintéticos (canabinoides)
- 5-Factores de Crecimiento
- 6-Estimuladores de la expresión genética
- 7-Hormonas (Tecnología ADN recombinante)

Durante el pasado 2014, en Europa fueron detectadas cien nuevas drogas, lo cual representa un record. La lista de estas nuevas drogas estuvo dominada por los catinones de síntesis con un total de 31 y por 30 canabinoides producidos de manera sintética.

Actualmente una de las grandes preocupaciones para el deporte, es la introducción de nuevas drogas que pudieran utilizarse y que de hecho ya algunas se utilizan en la práctica del dopaje en el deporte. A diferencia de las drogas clásicamente utilizadas durante años las cuales estaban dirigidas a estimular una sola función, diuréticos, estimulantes, narcóticos, anabolizantes, etc, las formulaciones modernas son capaces de activar diferentes mecanismos de manera simultánea. Algunas de estas drogas que se utilizan actualmente no cumplen con los requerimientos impuestos por los ensayos clínicos en sus diferentes fases, e incluso, algunas han sido desechadas por su efecto cancerígeno demostrado (4,5,6).

Dentro del grupo de drogas utilizadas y que han sido recientemente utilizadas, se encuentran las siguientes:

1-AICAR (5amino-1-beta-d-ribifuranosil-imidazol-4-carboxamida), que es un aminoácido endógeno, análogo del AMP y sus principales aplicaciones son en el uso clínico para tratar y proteger contra las lesiones isquémicas cardiacas, se utiliza para favorecer el flujo sanguíneo del corazón durante la cirugía y como tratamiento potencial para la diabetes. Esta sustancia se produce normalmente en el organismo (2 gr) y su detección resulta relativamente fácil.

Otras características importantes del AICAR son las siguientes:

- ✓ Mejora la utilización de las grasas como fuente de energía.

- ✓ Mejora la cantidad y funciones de las mitocondrias.
- ✓ Favorece la expresión de las proteínas regeneradoras del tejido muscular.
- ✓ Favorece la captación de glucosa postpandrial y durante el ejercicio.
- ✓ Disminuye la fabricación de tejido adiposo
- ✓ Mejora la vascularización del tejido muscular

Esta sustancia se conoció por sus propiedades dopante por vez primera en el Tour de Francia en 2009, y se le nombró como la píldora del ejercicio, debido a sus propiedades de promover las adaptaciones musculares que solo el ejercicio puede proporcionar, porque da la sensación de un entrenamiento completo y hace que el atleta se sienta «en forma».

2-TB-500 (Timosina-beta-4). Dentro de sus principales características se encuentran las siguientes:

- ✓ Mejora la recuperación
- ✓ De uso frecuente en los hipódromos
- ✓ Se utiliza en el ciclismo
- ✓ Lo fabrica db genetics, santa cruz, california

3-J107

- ✓ Es una sustancia que tiene la propiedad de activar el consumo de más de un sustrato de manera simultánea.
- ✓ Tiene un potencial energético eficiente y elevado.
- ✓ Se utilizó originalmente para el tratamiento de algunos tipos de arritmias.
- ✓ Es capaz de incrementar la capacidad aerobia entre 20 y 40 veces.

4-GW1516 (GW-501,516, GSK-516, Cardarina, Endurobol)

- ✓ Se investigó como tratamiento potencial para la diabetes, obesidad, dislipidemia y prevención de enfermedades cardiovasculares.
- ✓ Combinado con AICAR incrementa de manera significativa la resistencia en animales debido a sus efectos sobre el metabolismo muscular y el tejido graso.
- ✓ Altamente cancerígeno
- ✓ Dopaje genético y modulador hormonal (AMA)
- ✓ Desde 2011 se utiliza en deporte (ciclismo)
- ✓ En 2013 apareció una explosión en su uso.
- ✓

5- Actovegina

es una proteína libre obtenida del extracto de sangre de ternera que aumenta la absorción y utilización del oxígeno, mejora la absorción de la glucosa y el consumo de oxígeno, que son dos factores esenciales para impulsar el metabolismo celular con la finalidad de mejorar el rendimiento físico y la resistencia.

El desarrollo y utilización de nuevas drogas naturales o de síntesis es una

amenaza latente para el deporte y a su vez es el gran reto para los laboratorios acreditados para la detección de sustancias prohibidas en el deporte.

Dentro de los grupos de sustancias que presentan mayores perspectivas de integrar el siempre creciente arsenal de sustancias prohibidas se encuentran las siguientes:

- ✓ Hormonas de origen hipofisario
- ✓ Nuevos esteroides anabólicos similares a THG
- ✓ Estimulantes
- ✓ Narcóticos
- ✓ Drogas para el uso especializado del dopaje en humanos y animales de competencia.

Dentro de la lista más reciente de sustancias prohibidas en el deporte publicada por la AMA en 2015, se encuentran las siguientes:

- 1-Agentes Estimuladores de la Eritropoyesis, EPO-Fc
- 2-Péptidos Miméticos de la EPO, CNTO-530 y Peginesatida
- 3-Agonistas no-eritropoyéticos del receptor de la EPO, ARA-290, Asialo-EPO y EPO carbamilada.
- 4-Estabilizadores del Factor Inducible de Hipoxia (HIF) como son el Cobalto, FG-4592, Argón y el gas noble Xenón.
- 5-Sustancias prohibidas relacionadas con la liberación de la hormona de crecimiento, como son los Análogos de los factores de liberación dentro de los cuales se encuentran: CJC-1295, Sermorrelinea, Grelina y los Péptidos liberadores de la Hormona de Crecimiento como son la Alexamorrelina, GHRP-6, Hexarrelina y Pramorrelinea.

El mayor reto tecnológico para el deporte y el peligro de la llegada del dopaje genético.

En la Figura 7 se muestra de manera esquemática el principio utilizado por la terapia génica para reparar daños que provocan el mal funcionamiento de los genes.

Actualmente todas las tecnologías necesarias para producir cambios en el organismo humano están disponibles, sin embargo, no han logrado imponerse debido al desconocimiento existente relacionados con los posibles efectos secundarios que estas manipulaciones genéticas pudieran producir y para los cuales se desconocerían los métodos efectivos de tratamiento.

Tecnología genética

- Anticuerpos específicos para estimular o inhibir la expresión génica
- Modificación selectiva de una célula, un gen o la modulación de un receptor
- Regulación específica de la expresión génica después de la transferencia genética



Figura.7. Mecanismos utilizados por la terapia génica para reparar o modificar daños producidos en los genes y que producen enfermedades y trastornos metabólicos.

Los estudios genéticos ya han logrado identificar en el organismo humano los genes de fuerza, velocidad y resistencia que pudieran ser modificados para fabricar “atletas a la carta”. Al mismo tiempo se han identificado genes que incrementan la cantidad y efectividad de mitocondrias en los músculos para producir un mayor rendimiento energético a la vez que se han identificado genes modificables asociados al sexo (7).

Dentro del grupo de genes que pudieran ser modificados de manera inmediata se encuentran los siguientes (8,9,10):

- 1-Gen de la Eritropoyetina (ya se utiliza, repoxígeno)
- 2-Factor Insulínico de Crecimiento Tipo I (IGF-1)
- 3-Enzima Convertidora de la Angiotensina (ACE)
- 4-Miostatina
- 5-Folistatina
- 6-Receptor Estimulador de la Proliferación de Peroxisomas (PPARS).
- 7-Factor Inductor de Hipoxia (HIF)
- 8-ACTN2 y ACTN3 (Relacionados con el tipo de fibra muscular)
- 9-VEGF- α y VEGF- β (Factores Angiogénicos de Crecimiento)
- 10-HGH (hormona de crecimiento)
- 11-TGF- β (factor transformador de crecimiento).
- 12-PDGF- $\beta\beta$ (factor de crecimiento plaquetario)
- 13-Interleucina-15 (IL-15): factor de crecimiento que se expresa ampliamente en el músculo esquelético, incrementando de la masa muscular.

En la Figura 8. Se muestra el mecanismo mediante el cual el gen de la Enzima Convertidora de la Angiotensina puede activar diferentes vías metabólicas, lo cual es la principal razón que explica las posibilidades de modificación de este gen con fines de dopaje genético.

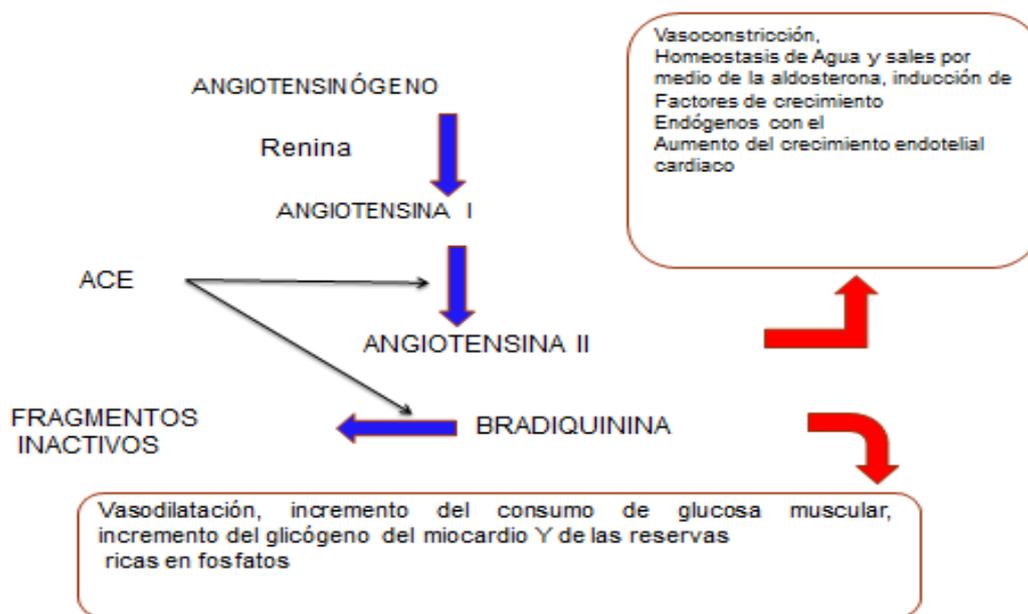


Figura.8. Mecanismo de acción del gen de la Enzima Convertidora de la Angiotensina

¿Será posible en un futuro detectar el uso del dopaje genético?

Si bien es cierto que la llegada del dopaje genético es un problema que preocupa a las autoridades deportivas y gubernamentales, la detección de la posible utilización de esta forma de fraude es de máxima importancia. Esta es la razón principal por la cual actualmente se invierten enormes cantidades de recursos financieros para estandarizar las técnicas de detección del dopaje genético en el deporte (11,12,13).

Algunos de los métodos investigados estarían basados en criterios de expertos y otros en la aplicación de biopsias de diferentes regiones musculares, lo cual se espera sea rechazado por atletas y entrenadores debido al carácter invasivo de la técnica. Esta experiencia sería similar a la encontrada durante la introducción de extracciones de sangre para la determinación de la presencia de Eritropoyetina, pero además sería incierta debido al desconocimiento del sitio específico de inserción y expresión del gen investigado (14,15).

Otros métodos para la determinación del dopaje genético estarían basados en las huellas que dejan los vectores (muestras de sangre), similar a la presencia de anticuerpos específicos. Estos procedimientos se basarían además en la busca de

los marcadores que dejarían los vectores utilizados para insertar el gen impropio. Estos vectores generalmente están constituidos por virus que además constituyen un alto riesgo secundario para aquellos que se sometan a manipulaciones genéticas con la finalidad de modificar su rendimiento deportivo (16, 17).

¿Cómo los laboratorios alistan su tecnología para la detección del uso de sustancias prohibidas?

Generalmente los laboratorios acreditados por la AMA para la detección de sustancias prohibidas, son financiados por el estado, lo cual los pone en desventajas ante las grandes transnacionales farmacéuticas que si pudieran estar interesadas en la producción de drogas para ser utilizadas en calidad de dopantes en el deporte.

Dentro del grupo de otros problemas técnicos y logísticos que deben afrontar los laboratorios acreditados están los relacionados con la necesidad de utilizar métodos analíticos independientes para el tamizaje y confirmación de las sustancias prohibidas, mientras que solo la cromatografía gaseosa con detector de masa es admitida como método de elección para ambas operaciones.

La similitud estructural entre las sustancias producidas de manera natural por el organismo y aquellas introducidas de manera exógena con fines de dopaje, como es el caso de la Hormona de Crecimiento, Eritropoyetina y otras, es otra barrera tecnológica y financiera que deben vencer los laboratorios acreditados.

¿Cuáles son los cambios tecnológicos y estratégicos que se introducen actualmente en la detección de sustancias prohibidas?

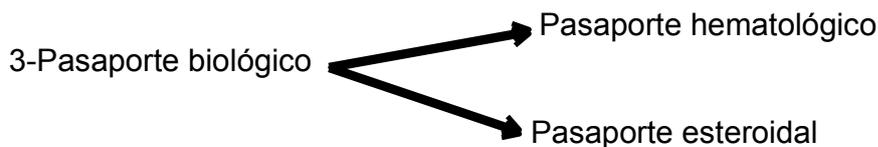
Dentro de los procedimientos analíticos que se han introducido recientemente se encuentra la Espectrometría de Masa de Relaciones Isotópicas (IRMS), la cual representa una herramienta de utilidad en la detección de sustancias exógenas y para esclarecer las dudas que constantemente se suscitan en la determinación de la relación Tetosterona/Epitesterona.

La introducción de métodos de inmunoensayo para cuantificar las variantes moleculares de la Hormona de Crecimiento y la Eritropoyetina (HGH, EPO), debe resultar de utilidad significativa para detectar a los violadores de las norma antidopaje que utilicen estas hormonas. Otros procedimientos incluyen el desarrollo de la electroforesis capilar, citometría de flujo y Cromatografía Líquida de Alta Presión (HPLC) acoplada a detectores masa-masa..

La aplicación del Pasaporte Biológico en la detección del uso de sustancias y métodos prohibidos.

El Pasaporte Biológico fue introducido por vez primera por la Unión Ciclista Internacional (UCI), y consiste en la determinación de analitos químicos y variables hematológicas en muestras biológicas de sangre y/o orina.

El Pasaporte biológico está compuesto por el Pasaporte Hematológico, Pasaporte Esteroidal y Pasaporte Endocrinológico.



¿Cuáles son los parámetros que determinan el pasaporte hematológico?

Dentro de los principales parámetros a determinar se encuentran los siguientes:

- ✓ Hematocrito
- ✓ Hemoglobina
- ✓ Glóbulos rojos
- ✓ % de reticulocitos
- ✓ Cantidad de reticulocitos
- ✓ Ferritina
- ✓ Transferrina

¿Cuáles son los parámetros que determinan el pasaporte esteroidal?

Los analitos que se investigan y las relaciones entre los mismos son los siguientes:

- Testosterona
- Estradiol
- Androstenediona
- Etiocolanolona
- 5-alfa-Androstenediol
- 5-beta-Androstenediol
- Relación Testo/Epi
- Relación T/a
- Relación 5^a/5b

La determinación de factores endocrinológicos resultan de importancia para evaluar la utilización de preparados hormonales y factores de liberación en la práctica del dopaje, aunque estas determinaciones se encuentran actualmente en pleno desarrollo.

¿Cuáles son las ventajas del pasaporte biológico?

- ✓ Se puede crear un registro histórico de cada atleta en o fuera de competencia.
- ✓ Se puede detectar de manera inteligente la utilización de sustancias prohibidas.
- ✓ No se basa en un criterio único

El pasaporte biológico tampoco es infalible, y es sensible de ser alterado por atletas, entrenadores y otros relacionados con el deporte capaces de violar las

normas éticas establecidas por la Agencia Mundial Antidopaje y el Comité Olímpico Internacional, y dar paso a la corrupción y al soborno. Estas son las razones que justifican la necesidad de establecer programas de educación antidopaje de alcance general.

«La lucha contra el dopaje ha adquirido nuevas dimensiones y es necesario enfrentar las consecuencias que se deriven del desarrollo tecnológico, será necesario modificar criterios e instrumentar medidas educativas, pero jamás se podrá permitir que el dopaje haga desaparecer al deporte como actividad plena del hombre».

Referencias bibliográficas

- 1-WADA prohibited list. <http://www.wada-ama.org/en/World-Anti-Doping-Program/Sports-and-Anti-Doping-Organizations/International-Standards/Prohibited-List/>. Accessed 30 June 2013.
- 2- Mazzeo F, Ascione A. Anabolic androgenic steroids and doping in sport. *Medicina Sportiva* 2013, vol. IX, no 1, 2009-2020
- 3- Morente-Sanchez J, Zabala M. Doping in Sport: A Review of Elite Athletes' Attitudes, Beliefs, and Knowledge. *Sports Med* (2013) 43:395–411
DOI 10.1007/s40279-013-0037-x.
- 4-Sanchis-Gomar F, Lippi G. Telmisartan as metabolic modulator: a new perspective in sport doping? *J Strength Condit Res*. 2012;26:608–10.
- 5-Thevis M, Moller I, Thomas A. Characterization of two major urinary metabolites of the PPARdelta-agonist GW1516 and implementation of the drug in routine doping controls. *Anal Bioanal Chem*. 2010;396:2479–91.
- 6-Sobolevsky T, Dikunets M, Sukhanova I. Detection of PPARd agonists GW1516 and GW0742 and their metabolites in human urine. *Drug Test Anal*. 2012;4:754–60.
- 7- Giuseppe F, Stephane B. From Gene Engineering to Gene Modulation and Manipulation: Can We Prevent or Detect Gene Doping in Sports?. *Sports Med* (2013) 43:965–977. DOI 10.1007/s40279-013-0075-4
- 8-Yang N, Mac Arthur DG, Gulbin JP, et al. ACTN3 genotype is associated with human elite athletic performance. *Am J Hum Genet*. 2003;73:627–31.

- 9-Vaughan D, Huber-Abel FA, Graber F. The angiotensin converting enzyme insertion/deletion polymorphism alters the response of muscle energy supply lines to exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2013 (Epub 2013 Feb 9).
- 10-Oliveira RS, Collares TF, Smith KR. The use of genes for performance enhancement: doping or therapy? *Braz J Med Biol Res*. 2011;44:1194–201.
- 11- Stefania Santamaria, Antonio Ascione, Domenico Tafuri, Filomena Mazzeo. Gene doping: biomedical and laws aspects of genetic modification of athletes. *Med Sport* 17 (4): 193-199, 2013. DOI: 10.5604/17342260.1081282.
- 12- Pokrywka A, Kaliszewski P, Majorczyk E, Zembroń-Łacny A, van der Gronde T. Genes in sport and doping. *Biol. Sport* DOI: 10.5604/20831862.1059606 2013;30:155-161
- 13- Toon van der Gronde,¹ Olivier de Hon,² Hidde J Haisma,³ Toine Pieters. Gene doping: an overview and current implications for athletes. *Br J Sports Med* 2013;47:670–678. doi:10.1136/bjsports-2012-091288
- 14-Cummiskey J. Report on the IOC MC gene therapy medicine and sport. Lausanne: IOC; 2002.
- 15-Sheridan C. Terapia Génica encuentra su nicho. *Nat Biotechnol*:2011;29:121-8.
- 16-Scott RA, Irving R, Irwin L. ACTN3 and ACE genotypes in elite Jamaican and US sprinters. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(1):107–112.
- 17-Cabrera OV. Dopaje y Drogas. Ediciones Deportes, La Habana, Cuba, 2013.