

Campeones: ¿Son determinados genéticamente?

Autor:

James S. Skinner, Ph. D.

Departamento de Kinesiología Universidad de Indiana Bloomington,
Indiana, USA

Campeones: ¿Son determinados genéticamente?

Puntos clave

El genotipo es la combinación total de todos los genes heredados dentro del cuerpo. Representa el potencial genético de un individuo y juega un papel principal en la determinación de muchas de sus características anatómicas, bioquímicas, fisiológicas y conductuales, también llamadas fenotipo (por ejemplo, ojos color café, una masa corporal de 75 kg o un consumo máximo de oxígeno de $50 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$).

- A excepción de los gemelos idénticos, la gente varía en cómo son expresados sus genotipos en ciertas características (fuerza, peso corporal, presión sanguínea), y cómo esas características responden al entrenamiento, a una dieta baja en calorías, a la medicación, o a otros factores ambientales.
- Las mayores fuentes de variación en el entrenamiento parecen ser: el estado de ciertos aspectos complejos (fenotipos) antes del entrenamiento y la habilidad de estos aspectos para adaptarse al entrenamiento.
- Los atletas de elite son probablemente aquellos que inician con altos niveles de las habilidades necesarias para el éxito en sus deportes y quienes exhiben

adaptaciones superiores en esas habilidades después del entrenamiento.

- Conociendo el genotipo, no es posible predecir con exactitud cómo un individuo responderá al entrenamiento o a cualquier otro estímulo, o si ese individuo llegará a ser un atleta campeón.
- Es improbable que la ingeniería genética o cualquier otra tecnología pueda ser utilizada para producir de manera fidedigna atletas campeones.

Introducción

Se sabe que hermanos y hermanas con los mismos padres heredan diversos rasgos de diferentes antepasados de ambos lados de la familia. Por ejemplo, puede haber diferencias en el color de los ojos, la estatura, el nivel de colesterol, el nivel de condición física, o la facilidad con la cual uno pierde o gana peso. Sólo los gemelos idénticos, aquellos que se desarrollan a partir del mismo óvulo, tienen el mismo antecedente genético porque son duplicados de la misma persona. Los gemelos no idénticos o mellizos se desarrollan de dos óvulos y son genéticamente tan diferentes como cualquier otros dos hermanos. Los atletas y entrenadores tienen curiosidad acerca del posible papel de la genética en la determinación de quién

será un campeón. A los entrenadores les gustaría saber si el antecedente genético de un atleta pudiera utilizarse para ayudar a seleccionar a aquellos que tienen una mayor oportunidad de éxito. Los atletas se preguntan si los genes que han heredado podrían ayudar o limitar sus habilidades para desempeñarse a altos niveles en diferentes deportes. Este artículo tratará sobre estos asuntos.

Reseña de las investigaciones

Conceptos básicos

Los genes son parte de las moléculas de ADN en cada célula del cuerpo, que llevan información responsable de la producción subsecuente de cadenas específicas de aminoácidos, las cuáles son usadas posteriormente para desarrollar proteínas específicas. El genotipo es la combinación total de los miles de genes que hay dentro del cuerpo, esto es, el potencial genético de una persona. Sin embargo, no todos los genes son utilizados o expresados a su máximo potencial. Las características anatómicas, bioquímicas, fisiológicas y conductuales de una persona en cualquier momento dado, representan la extensión a la cuál los diversos genes son expresados; estas características se conocen como fenotipos. Algunos ejemplos de fenotipos incluyen el cabello color café, ojos verdes, una frecuencia cardíaca en reposo de 60 latidos/minuto, un consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) de $50 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, o un peso corporal de 180 libras.

Los genes afectan la expresión actual del fenotipo y de igual manera cómo responderá a un cambio en el ambiente. Mientras el color de ojos de un individuo está establecido de por vida, uno puede reducir la presión sanguínea con medicamentos, aumentar el $VO_{2\text{máx}}$ con entrenamiento y perder peso al seguir una dieta. La rapidez y la magnitud de qué cambios ocurren en los fenotipos están afectados por el antecedente genético de cada individuo. Para un fenotipo en particular, hay personas que responden muy bien, que responden normal, que responden poco o que no responden a un cambio en el ambiente. Por lo tanto, hay sujetos que pierden peso o que mejoran su condición física más fácilmente que otros.

Lo que permite a los científicos estudiar el papel de los genes es esta variación en los fenotipos y cómo responden a los cambios en el ambiente. Por ejemplo, si todos los participantes mejoraran su $VO_{2\text{máx}}$ en un 14-16% después de 12 semanas de un entrenamiento estandarizado, entonces es claro que los genes juegan un papel menor y sólo es importante el cambio en el ambiente (entrenamiento). Por otra parte, si hay una gran variación en las adaptaciones al mismo programa de entrenamiento, los genes pueden ser importantes.

La variación dentro de un fenotipo dado en una población está influenciada por la variación debida a los genes, la variación debida al ambiente, y la interacción entre estas dos fuentes de variación. Una manera de estudiar la

variación es estudiar familias con hijos biológicos y adoptados para ver la influencia de los genes en varios fenotipos cuando el ambiente es similar. Si hay una pequeña diferencia entre estos niños antes o después de una intervención, entonces el ambiente es más importante. Por otra parte, si las respuestas de los hijos biológicos son similares a aquellas de los padres pero las respuestas de los hijos adoptados no lo son, entonces los genes son más importantes. Otra manera de comparar variaciones es estudiar gemelos viviendo en la misma casa. Con gemelos idénticos, el antecedente genético es el mismo y el ambiente es similar, mientras que los mellizos tienen un antecedente genético similar (pero no idéntico) y un ambiente similar. Si hay menor diferencia entre los gemelos idénticos que entre los mellizos, esto sugiere que los genes juegan un mayor papel. Pero si las diferencias entre gemelos idénticos y mellizos son similares, entonces los genes son menos importantes. También puede observarse a gemelos idénticos separados desde edades tempranas y viviendo en ambientes diferentes. Independientemente del ambiente, la investigación demuestra que los gemelos idénticos tienden a ser más similares antes y después de una intervención que los mellizos u otros hermanos, mostrando que los genes tienen una influencia importante (Bouchard, Malina & Pérusse, 1997).

Para entender mejor los roles de los genes y el ambiente, se consideran sus efectos en tres factores: actividad física, condición física y

salud. El genotipo puede influir en la magnitud a la cual uno es físicamente activo, con buena condición y saludable. El ambiente (tanto físico como social, así como el estilo de vida) también puede afectar la actividad, la condición física y la salud. Asimismo, hay una interacción entre estos factores porque 1) la actividad puede afectar la condición física, 2) la condición física puede afectar la actividad, 3) la actividad puede afectar a la salud, 4) la salud puede afectar a la actividad, 5) la condición física puede afectar a la salud, y 6) la salud puede afectar a la condición física. Además, los genes de un individuo pueden influir en estas interacciones, por ejemplo, cómo la actividad física afecta la condición física o la salud y el grado al cual esto ocurre.

Ejemplos de efectos genéticos

Hay muchos fenotipos por los cuáles los efectos de los genes han sido determinados (Bouchard, Malina & Pérusse, 1997; Bouchard et al., 1992). Los genes tienen un gran efecto en la estatura, longitud del tronco y longitud de los brazos y piernas. Por ejemplo, se sabe que los padres altos tienden a tener hijos altos. Por supuesto, dentro de una familia de padres altos, un hijo puede ser más bajo porque su estatura fue heredada del lado de su abuela materna. En contraste, sólo hay un efecto pequeño a moderado de los genes sobre las circunferencias y anchuras de varias partes del cuerpo porque el ambiente puede jugar un mayor papel en la determinación de estas mediciones. Por ejemplo, la circunferencia de

cintura puede ser modificada por dieta o ejercicio.

Los genes tienen una gran influencia en el tamaño y la composición del músculo (porcentaje de fibras lentas y fibras rápidas). Debido a que la fuerza del músculo está estrechamente relacionada a la composición de fibras, los genes también tienen un gran efecto en la fuerza. Por otra parte, las actividades de enzimas importantes en el metabolismo energético y el número de mitocondrias dentro de una cantidad dada de músculo tienden a estar menos influenciadas por los genes porque pueden ser modificados por diferentes tipos y cantidades de actividad física. Para resumir, el efecto de los genes en los músculos está muy relacionado a la estructura (a saber, proteínas contráctiles y tamaño) pero no necesariamente a la función. En el caso del fenotipo de "resistencia muscular", el cual es afectado tanto por factores estructurales y funcionales, el efecto genético sólo es moderado.

En forma similar, el tamaño de los pulmones (una medida estructural) está ampliamente afectada por los genes, pero no lo están medidas funcionales como las tasas de flujo de aire. En el sistema cardiovascular, hay grandes efectos genéticos en el tamaño del corazón, así como el tamaño y la estructura de las arterias coronarias. La presión sanguínea tiende a estar menos afectada por los genes porque puede modificarse por el peso corporal, la dieta, el estrés y otros factores.

En relación al ejercicio, los genes tienen un gran efecto en el $VO_2\text{máx}$, la frecuencia cardiaca máxima y la ventilación pulmonar máxima. La evidencia sugiere que el rendimiento cardiovascular (por ejemplo, la cantidad total de trabajo que uno puede realizar en 90 min) es afectado por los genes aun más fuertemente que el $VO_2\text{máx}$; esto es probablemente porque muchas variables fisiológicas y bioquímicas están involucradas en el ejercicio de resistencia, y los genes pueden afectar a cada una de ellas (Bouchard et al., 1992).

Hay personas que genéticamente tienen un mayor o menor nivel de condición física (como se indica por el $VO_2\text{máx}$), pero pueden o no ser físicamente activos. En otras palabras, condición física y actividad no son necesariamente lo mismo. Hay personas que entrenan regularmente pero no tienen una buena condición física, mientras otros hacen poca actividad física regular pero tienen una condición física razonablemente buena. Es verdad que las personas deben ser muy activas para tener altos niveles de condición física y que las personas con muy bajos niveles de condición física tienden a ser muy inactivos. Sin embargo, para muchos de nosotros que estamos en la mitad de estos dos extremos, la condición física no puede ser juzgada por el nivel de actividad física de un individuo y viceversa. No obstante, las personas que son regularmente activas son capaces de hacer más ejercicio que las personas inactivas, aunque ambas puedan tener el mismo $VO_2\text{máx}$ o

el mismo nivel de fuerza, porque el entrenamiento por sí mismo produce cambios en varios sistemas del cuerpo.

Genética y entrenamiento

Dependiendo del deporte o la actividad, muchos sistemas en el cuerpo están involucrados. Por ejemplo, la carrera de distancia involucra los sistemas cardiovascular, respiratorio, neuromuscular, metabólico, hormonal y termorregulatorio. Cada uno de estos sistemas puede ser afectado por un número de genes. También, hay muchas interacciones entre los genes y entre ellos y el ambiente. Debido a esta complejidad, es improbable que los científicos puedan hacer campeones al alterar sólo uno o dos genes.

Los gemelos idénticos con los mismos niveles de actividad tienden a tener niveles similares de condición física. Cuando gemelos idénticos llevan a cabo el mismo programa de entrenamiento aeróbico o anaeróbico, ellos exhiben adaptaciones similares al entrenamiento (Bouchard et al., 1986). Por otra parte, los mellizos o hermanos con los mismos niveles de actividad varían más en su condición física y tienen una mayor variación en sus adaptaciones al entrenamiento.

Para examinar las adaptaciones del VO₂máx a diferentes tipos de entrenamiento, llevamos a cabo el estudio de un entrenamiento de resistencia estandarizado de 12 semanas, con 29

estudiantes universitarios varones (Dionne et al., 1991). Los sujetos entrenaron 3 veces por semana durante 30-45 min en un cicloergómetro a una intensidad constante del 75% del VO₂máx. Después del entrenamiento, el aumento en el VO₂máx fue de 40 mL/min a casi 1,000 mL/min. Este estudio se realizó en el semestre de otoño, después del cual los estudiantes fueron a sus hogares por 4 semanas. A los nueve estudiantes que tuvieron las mayores mejorías en VO₂máx ($\sim 9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) les pedimos que regresaran a otro entrenamiento de 12 semanas. Para el segundo programa, los sujetos hicieron entrenamiento de intervalos tres veces por semana a una intensidad promedio de 75% del VO₂máx (3 min al 60% del VO₂máx y 3 min al 90% del VO₂máx) por 30 a 45 min. Durante las 4 semanas de inactividad, los valores del VO₂máx de los cuatro sujetos que respondieron mejor y estuvieron de acuerdo en regresar, habían disminuido y fueron similares a los niveles de cuando ellos empezaron el primer programa de entrenamiento. Después del programa de entrenamiento de intervalos, estos estudiantes mostraron otra vez una respuesta superior al entrenamiento. Por lo tanto, hay fenotipos que responden de manera diferente al entrenamiento continuo o de intervalos.

El estudio de herencia familiar (HERITAGE Family Study, Bouchard et al., 1995) fue una investigación muy grande sobre cómo los genes influyen en las adaptaciones al entrenamiento e involucró a 484 sujetos de raza blanca de 99

familias y 260 sujetos de raza negra de 105 familias, de cuatro centros. Todos los sujetos eran saludables y sedentarios. Después de realizar muchas pruebas asociadas con la condición física y factores de riesgo de enfermedad cardiovascular y diabetes, los sujetos entrenaron y volvieron a evaluarse. El programa de entrenamiento estandarizado consistió en hacer ejercicio en un cicloergómetro tres veces a la semana por 20 semanas. Los sujetos iniciaron el entrenamiento durante 30 min a una frecuencia cardíaca que correspondiera al 55% del VO₂máx. Después de esto, cada dos semanas se incrementó la duración o la intensidad hasta que entrenaron durante las últimas 8 semanas por 50 min a una frecuencia cardíaca que correspondiera al 75% de VO₂máx (Skinner et al., 2000).

Una pregunta que se contestó en este estudio fue si las familias tuvieron niveles similares de VO₂máx y otros fenotipos antes de que iniciara el entrenamiento. Con relación al VO₂máx, hubo familias en las que todos los miembros tuvieron valores bajos, valores promedio o valores altos. En este caso, la herencia explicó cerca del 40% de la variación (Bouchard et al., 1998).

Hubo una gran variación en la respuesta al entrenamiento. Aunque el incremento promedio en el VO₂máx fue 19% y fue similar en los cuatro centros, cerca del 5% de los sujetos tuvieron muy poco o ningún cambio, y cerca del 5% tuvieron un incremento de 40-50%. Esta gran variación ocurrió a todas las edades y a

todos los niveles de VO₂máx inicial y fue similar para negros, blancos, mujeres y hombres (Skinner et al., 2001). En otras palabras, hubo quienes respondían al entrenamiento muy bien, normal y poco, en todas las edades (17 a 65 años), en ambas razas, ambos sexos y a todos los niveles iniciales de VO₂máx. No hubo esencialmente una relación entre la condición física inicial y su respuesta al entrenamiento, ya que la correlación entre el VO₂máx antes del entrenamiento y el cambio en el VO₂máx después del entrenamiento fue sólo de 0.08. Parece que un grupo de genes afecta el nivel inicial de VO₂máx y otro grupo de genes afecta la respuesta del VO₂máx al entrenamiento.

Cuando echamos un vistazo para ver si las familias respondían de una manera similar, encontramos que las familias tendían a tener sujetos que respondían muy bien, normal y poco. En este caso, 47% de la variación en la respuesta del VO₂máx al entrenamiento fue explicado por la herencia (Bouchard et al., 1999). También examinamos si hubo alguna variable no genética medida antes del entrenamiento que diferenciara entre quienes respondían muy bien y poco. Pero no encontramos ninguna variable o combinación de variables que distinguiera entre estos dos grupos (Skinner et al., sin publicar). Debido a que tenemos muestras de ADN para todos los sujetos, ahora estamos investigando marcadores genéticos que puedan estar asociados con respuestas al entrenamiento.

Basándose en la información disponible hasta ahora, no es posible predecir cómo un individuo dado responderá al entrenamiento. Los criadores de caballos de carreras han tratado por muchos años de predecir cuáles caballos serán exitosos. Lo que ellos dicen es que “tomamos el mejor, lo apareamos con el mejor, y deseamos que salga el mejor”. En otras palabras, de 10 descendientes de dos excelentes caballos, unos serán excelentes, unos estarán cerca del promedio y otros estarán por debajo del promedio. Los criadores de caballos no pueden predecir qué caballos estarán en qué categoría. Por supuesto, nosotros no criamos humanos para competencia, por lo tanto, la posibilidad de predecir exactamente qué humanos serán atletas campeones es aún más baja.

Muchos atletas alcanzan un punto en el cual deben entrenar más fuerte y más intenso para obtener menores beneficios en términos de rendimiento. Cuando los atletas alcanzan este punto, es posible que se estén acercando a sus límites genéticos. Como se mencionó anteriormente, no hay manera de predecir dónde está este límite.

Que una persona dada sea un campeón parece estar asociado con 1) el estado actual de un número de fenotipos complejos antes del entrenamiento, 2) entrenamiento adecuado, descanso, y nutrición, y 3) la habilidad de estos fenotipos para adaptarse al entrenamiento, al descanso, y a la nutrición. Por lo tanto, una persona puede iniciar con valores bajos,

promedio o altos de VO₂máx y otros fenotipos y tener respuestas escasas, moderadas o superiores al entrenamiento, el descanso y la nutrición. Es probable que los atletas de elite sean aquellos que inician con altos niveles de las características (fenotipos) necesarias para el éxito en su deporte en particular y también tengan adaptaciones superiores en esas características después del entrenamiento. Sólo un pequeño porcentaje de la población tiene niveles genéticamente altos de los fenotipos necesarios para el éxito, no todos ellos entrenarán, y sólo un pequeño porcentaje de aquellos que entrenen responderán muy bien.

Aplicaciones prácticas

Los genes influyen en el nivel inicial de las características de un individuo (fenotipos), así como en qué tan rápido y cuánto pueden cambiar en respuesta al entrenamiento, la nutrición y otros factores ambientales. Los atletas que tienen éxito inmediato en un deporte nuevo probablemente tengan cualidades relativamente altas o al menos estén determinados genéticamente en alguno de los fenotipos requeridos para ser un campeón en ese deporte.

- Los que responden mejor a la participación en el deporte probablemente tienen éxito inmediato y retroalimentación positiva de la competencia.
- Los atletas potenciales deben ponerse a

prueba en varios deportes para ver cuáles de ellos disfrutarán y en cuáles tendrán éxito. Estos factores son probablemente una mejor guía de selección que cualquier análisis de laboratorio del antecedente genético de un individuo.

- No es posible predecir quién será un campeón. No obstante, los entrenadores pueden y deben seleccionar candidatos basándose en las características requeridas para el éxito en ese deporte. Los genes influyen en muchas de estas características.
- Los genes no afectan otros aspectos de algunos deportes (por ejemplo, táctica y técnica). Los campeones a nivel de elite deben ser expertos en táctica y técnica además de poseer los atributos determinados genéticamente, necesarios para el éxito en sus deportes. Aún, los atletas genéticamente menos privilegiados, que son talentosos en táctica y técnica, pueden ser campeones en niveles inferiores de competencia.

Resumen

Como regla general, la influencia genética es más fuerte en los componentes estructurales del cuerpo que en los componentes funcionales, los cuáles pueden ser más influenciados por el entrenamiento y otros factores ambientales. Aunque el antecedente genético –herencia-

puede influir en el éxito de un individuo en una actividad o deporte en particular, este antecedente es probablemente muy complejo para ser totalmente conocido o entendido. La posibilidad de una alteración mágica de los genes por medio de la ingeniería genética es muy improbable porque muchos genes están involucrados, hay interacciones entre diferentes genes, y hay interacciones entre los genes y el ambiente.

Referencias

- Bouchard, C., R. Lesage, G. Lortie, J.A. Simoneau, P. Hamel, M.R. Boulay, L. Pérusse, G. Theriault, and C. Leblanc (1986). Aerobic performance in brothers, dizygotic and monozygotic twins. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18:639-646.
- Bouchard, C., F.T. Dionne, J.A. Simoneau, and M.R. Boulay (1992). Genetics of aerobic and anaerobic performance. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 20: 27-58.
- Bouchard, C., A.S. Leon, D.C. Rao, J.S. Skinner, J.H. Wilmore, and J. Gagnon (1995). The HERITAGE Family Study: Aims, design, and measurement protocol. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:721-729.
- Bouchard, C., R. Malina, and L. Pérusse (1997). *Genetics of Fitness and Physical Performance*. Champaign: Human Kinetics, pp. 1-400.
- Bouchard, C., E.W. Daw, T. Rice, L. Pérusse, J.

Gagnon, M.A. Province, A.S. Leon, D.C. Rao, J.S. Skinner, and J.H. Wilmore (1998). Familial resemblance for VO₂max in the sedentary state: The HERITAGE Family Study. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30:252-258.

Bouchard C., P. An, T. Rice, J.S. Skinner, J.H. Wilmore, J. Gagnon, L. Pérusse, A.S. Leon, and D.C. Rao (1999). Familial aggregation of VO₂max response to exercise training: Results from the HERITAGE Family Study. *J. Appl. Physiol.* 87:1003-1008.

Dionne, F.T., L. Turcotte, M.C. Thibault, M.R. Boulay, J.S. Skinner, and C. Bouchard (1991). Mitochondrial DNA sequence polymorphism, VO₂max and response to endurance training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23:177-185.

Skinner J. S., K. Wilmore, J. Krasnoff, A. Jaskólski, A. Jaskólska, J. Gagnon, M.A. Province, A.S. Leon, D.C. Rao, J.H. Wilmore,

and C. Bouchard (2000). Adaptation to a standardized training program and changes in fitness in a large, heterogeneous population: The HERITAGE Family Study. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32:157-161.

Skinner J.S., A. Jaskólski, A. Jaskólska, J. Krasnoff, J. Gagnon, A.S. Leon, D.C. Rao, J.H. Wilmore, and C. Bouchard (2001). Age, sex, race, initial fitness, and response to training: The HERITAGE Family Study. *J. Appl. Physiol.* 90:1770-1776.

Traducción

Este informe ha sido traducido y adaptado de: Skinner J.S. Do genes determine champions? *Sports Science Exchange* 83, Volume 14:(4), 2001, por Lourdes Mayol Soto, M.Sc.

SUPLEMENTO

Genes y deporte: ¿Tus padres son los responsables de tus triunfos y derrotas?

Todos conocemos a un atleta campeón cuyos padres y tal vez sus abuelos fueron también campeones. Por otra parte, los dueños de caballos de carreras gastan millones de dólares en derechos de caballerizas para criar campeones. Esto parece decirnos que los

campeones nacen y que si no tiene el “gen campeón”, nunca podrá ser realmente exitoso, sin importar que tan fuerte entrene. En otras palabras, usted debe estar perdiendo su tiempo practicando su deporte favorito si sus padres no fueron campeones. Pero si los campeones

pueden ser criados, ¿por qué no todos los caballos de carreras criados para el rendimiento llegan a ser campeones? La razón es que hay otros factores diferentes a la herencia que también juegan papeles importantes en el rendimiento.

Los genes son más o menos importantes

No hay que darle más vueltas; los genes determinan nuestro potencial para desarrollar muchas de las características estructurales y funcionales importantes en la determinación del rendimiento deportivo. Por ejemplo, para ser un centro exitoso en la Asociación Nacional de Básquetbol de los Estados Unidos (NBA por sus siglas en inglés), se debe heredar el gen de estatura alta. Para otras características, la mentalidad, la dieta, el entrenamiento y otros factores ambientales juegan un gran papel en cómo se expresa su potencial genético. Por ejemplo, puede tener el potencial genético para

tener un peso bajo, pero comiendo mucho y ejercitándose muy poco puede sobreponer ese mensaje genético y ocasionar que llegue a estar obeso. Por lo tanto, algunas características — como la estatura— están fuertemente influenciadas por los genes, mientras otras — como la circunferencia abdominal— están menos afectadas por los genes y es más probable que estén influenciadas por el ambiente. La Tabla 1 ilustra cómo los genes afectan a algunas de las características estructurales, funcionales y de rendimiento del cuerpo. Aquellas en las cuales los genes tienen un efecto bajo a moderado (por ejemplo, equilibrio, tiempo de reacción, exactitud de movimientos) son probablemente las que estén más poderosamente influenciadas por el entrenamiento, la dieta, y otros factores ambientales, que como lo están la fuerza y la flexibilidad, sobre las cuales los genes tienen un efecto muy grande.

TABLA 1. Efectos de los genes en la estructura, función y rendimiento.

Característica	Efecto de los genes
Estatura, longitud de brazos	Grande
Circunferencia de cintura	Pequeño a moderado
Tamaño muscular	Grande
Composición de fibras musculares (contracción rápida y lenta)	Grande

Mitocondria/Gramos de músculo	Pequeño
Tamaño del corazón	Grande
Tamaño y volumen de los pulmones	Grande
Actividad de las enzimas musculares utilizadas para producir energía	Pequeño a moderado
Frecuencia cardiaca en reposo	Grande
Presión sanguínea	Moderado
Flujo de aire en pulmones	Moderado
Fuerza muscular	Grande
Resistencia muscular (por ejemplo, pushups, pull-ups)	Moderado a grande
Velocidad de movimiento	Moderado
Equilibrio	Pequeño
Flexibilidad de articulaciones	Grande
Tiempo de reacción	Pequeño a moderado
Exactitud de movimientos	Pequeño a moderado
Resistencia aeróbica (a saber, carrera de distancia o ciclismo)	Moderado a grande
Potencia anaeróbica (potencia máxima en bicicleta en 10 segundos)	Moderado

Los genes también determinan la velocidad y la magnitud a la cual las cualidades del rendimiento de su cuerpo responden al entrenamiento, la

dieta y otros factores ambientales. Para una característica dada, como la resistencia aeróbica o la fuerza muscular, algunas personas

responden muy bien al entrenamiento y otras responden normal o poco al mismo entrenamiento. Lo que esto significa, por ejemplo, es que aunque su potencial genético para la carrera de distancia puede ser menos impresionante que el de un competidor, usted puede ser capaz de desarrollar ese potencial más rápido y completamente por el entrenamiento

intenso, por lo que puede derrotar siempre a su oponente. En realidad hay insuficiente investigación publicada sobre qué tan fuertemente los genes afectan la respuesta de un individuo al entrenamiento, pero la Tabla 2 enumera algunas de las primeras conclusiones de esta línea de investigación.

TABLA 2. Efecto de los genes en las respuestas al entrenamiento.

Respuesta al entrenamiento	Efectos de los genes en la respuesta
Fuerza	Pequeño
10 segundos de potencia máxima en cicloergómetro	Pequeño
90 segundos de potencia máxima en cicloergómetro	Grande
Resistencia aeróbica	Moderado a grande

Es probable que el pequeño efecto genético sobre la respuesta de la fuerza al entrenamiento sea mayor cuando los estudios se realizan con un gran número de sujetos. El efecto del entrenamiento sobre la potencia durante 10 segundos fue afectado escasamente por los genes, posiblemente porque la técnica y el tiempo de reacción —ambos ligeramente afectados por los genes— son más importantes que la fuerza total que está afectada más

directamente por los genes.

Las tácticas y las técnicas —como son el drafting (cuando un ciclista se coloca detrás de otro para cortar el viento) y utilizar una postura del cuerpo aerodinámica en ciclismo— son críticas para el éxito en muchos deportes pero no son afectadas por los genes. Los campeones a nivel de elite deben ser expertos en tácticas y técnica además de poseer los atributos determinados genéticamente necesarios para

triunfar en sus deportes. Aún así, los atletas genéticamente menos privilegiados, que son talentosos en tácticas y técnica, pueden llegar a ser campeones en niveles de competencia inferior.

Resumen

Que usted pueda ser un campeón está determinado por 1) muchas de sus características estructurales, funcionales y de rendimiento antes del entrenamiento, 2) entrenamiento adecuado, descanso y nutrición, 3) la velocidad y la extensión a la cual estas características se adaptan al entrenamiento, y 4) su maestría de tácticas y técnicas en su deporte. Es probable que los atletas de elite sean aquellos que inician con altos niveles de las características necesarias para el éxito en sus deportes en particular, tengan grandes respuestas al entrenamiento en esas características, y han dominado las tácticas y técnicas necesarias. Sin embargo, a niveles menores de competencia que la elite, usted puede compensar un potencial genético “no privilegiado” con un óptimo entrenamiento y nutrición, así como dominando las tácticas y habilidades requeridas para la excelencia en su deporte.

Para un individuo dado, no es posible predecir si una característica como la habilidad del salto vertical responderá al entrenamiento y hasta donde esto ocurrirá. . Más aún, muchos atletas alcanzan un punto donde tienen que entrenar más frecuente e intensamente para obtener menores

beneficios en su rendimiento. Cuando los atletas alcanzan este punto, es posible que se hayan acercado a sus límites genéticos.

Aunque su antecedente genético puede influir en qué tan exitoso puede llegar a ser en una actividad o deporte en particular, este antecedente es probablemente muy complejo para ser totalmente conocido o entendido. La posibilidad de una alteración mágica de los genes por medio de la ingeniería genética es muy improbable porque muchos genes están involucrados, hay interacciones entre los diferentes genes, y hay interacciones entre los genes y el ambiente.

Referencias

- Bouchard, C., R. Malina, and L. Pérusse (1997). *Genetics of Fitness and Physical Performance*. Champaign: Human Kinetics, pp.1-400.
- Bouchard C., P. An, T. Rice, J.S. Skinner, J.H. Wilmore, J. Gagnon, L. Pérusse, A.S. Leon, and D.C. Rao (1999). Familial aggregation of VO₂max response to exercise training: Results from the HERITAGE Family Study. *J. Appl. Physiol.* 87:1003-1008.
- Skinner J.S., A. Jaskólski, A. Jaskólska, J. Krasnoff, J. Gagnon, A.S. Leon, D.C. Rao, J.H. Wilmore, and C. Bouchard (2001). Age, sex, race, initial fitness, and response to training: The HERITAGE Family Study. *J. Appl. Physiol.* 90:1770-1776.

Traducción

Este informe ha sido traducido y adaptado de:
Skinner J.S. Do genes determine champions?

Sports Science Exchange 83, Volume 14:(4),
2001, por Lourdes Mayol Soto, *M.Sc*

Spagatta