

## Sports Science Exchange

# Será que a genética determina o campeão?

**James S. Skinner, Ph.D.**  
Departamento de Cinesiologia  
Universidade de Indiana  
Bloomington, Indiana

---

### Pontos chaves

- ▶ O genótipo é o resultado da combinação total de todos os genes inerentes dentro do corpo humano. Representa o potencial genético individual e desempenha o papel principal na determinação de muitas características anatômicas, bioquímicas, fisiológicas ou do fenótipo (ex: olhos castanhos, o peso corporal de 75 kg ou o consumo máximo de oxigênio de  $50 \text{ ml/kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ).
- ▶ Exceto para gêmeos idênticos, há uma variação no grau de expressão do fenótipo nas características (isto é, força, peso corporal, pressão sanguínea) e no grau de resposta de tais características com relação ao treinamento, a uma dieta baixa em calorias, a medicação ou a outros fatores ambientais.
- ▶ As principais fontes de variação no treinamento parecem ser o estado de determinadas características (fenótipos) antes do treinamento e a capacidade destas características se adaptarem ao treinamento.
- ▶ Atletas de elite são provavelmente aqueles que iniciam com níveis superiores das características necessárias para o sucesso no seu esporte e que apresentam adaptações superiores destas características após o treinamento.
- ▶ Conhecendo o genótipo, não é possível estimar com precisão a resposta do indivíduo ao treinamento ou a qualquer outro estímulo ou se este indivíduo se tornará um atleta campeão.
- ▶ Não é provável que a engenharia genética ou outra tecnologia possa ser utilizada seguramente na “produção” de atletas campeões.

### Introdução

Sabe-se que irmãos e irmãs dos mesmos pais herdarão diferentes características de diferentes ancestrais em ambos os lados da família. Por exemplo, pode haver diferenças na cor dos olhos, altura, nível de colesterol, aptidão física ou a facilidade de perder ou ganhar peso. Somente gêmeos idênticos, que são aqueles que se desenvolveram a partir do mesmo óvulo, possuem a mesma herança genética porque eles são duplicatas da mesma pessoa. Gêmeos não idênticos ou fraternos, desenvolvidos a partir de dois óvulos, são tão diferentes geneticamente quanto qualquer outro irmão.

Comumente atletas e técnicos têm demonstrado interesse: 1) No possível papel da genética na determinação de um campeão 2) Na utilização da herança genética na seleção do indivíduo que apresenta a melhor chance de obtenção de sucesso 3) No auxílio ou limitação dos genes herdados nas habilidades para desempenho em alto rendimento de vários esportes. Este artigo se propõe a abordar sobre estes pontos.

## Revisão da literatura

### Conceitos Básicos

Genes são partes das moléculas de DNA de toda célula do corpo que carregam as informações responsáveis pela produção subsequente de determinadas cadeias de aminoácidos, que são então utilizadas para a síntese de proteínas específicas. O genótipo é a combinação total dos milhares de genes do corpo, que representa o potencial genético do indivíduo. No entanto, nem todos os genes são utilizados ou expressos em todo o seu potencial. As características anatômicas, bioquímicas, fisiológicas e comportamentais de uma pessoa, em qualquer tempo, representam o grau com que os vários genes são expressos; estas características são conhecidas como fenótipos. Alguns exemplos de fenótipos são: cabelos castanhos, olhos verdes, frequência cardíaca basal de 60 batimentos por minuto, consumo máximo de oxigênio ( $VO_2\text{max}$ ) de  $50 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  ou peso corporal de 180 **pounds**.

Os genes influenciam na expressão do fenótipo agora e na sua resposta em relação a uma mudança ambiental. Enquanto, alguns têm a cor dos seus olhos determinada por toda a vida, outros talvez, tenham que controlar sua pressão sanguínea com medicação, aumentar o  $VO_2\text{max}$  com o treinamento e perder peso com a dieta. A velocidade e o grau com que acontecerá cada mudança no fenótipo serão afetados pela herança genética de cada um. Para um determinado fenótipo, existem pessoas que são apresentadas uma resposta superior, média, pobre ou nenhuma resposta frente a uma mudança ambiental. Portanto, existem pessoas que perdem peso ou que melhoram sua aptidão física mais facilmente que outras.

A variação no fenótipo e a resposta do indivíduo às mudanças ambientais permitem aos cientistas estudarem o papel dos genes. Por exemplo, se todos os participantes de um treinamento padronizado melhorassem o  $VO_2\text{max}$  em 14-16% após 12 semanas, então seria claro que os genes desempenhariam um papel menor e somente a mudança ambiental (treinamento) seria importante. Por outro lado, se existe uma grande variação das adaptações ao mesmo programa de treinamento, os genes podem ter importância primária.

A variação dentro de um determinado fenótipo em uma população é influenciada pela variação genética, a variação ambiental e a interação entre estas duas fontes de variação. Uma forma de estudar a variação é

estudar famílias com crianças biológicas e adotadas para verificar a influência dos genes nos vários fenótipos, quando o ambiente é similar. Se existe alguma pequena diferença nestas crianças, antes ou após a intervenção, o fator ambiental seria mais importante. Por outro lado, se as respostas das crianças biológicas são similares a dos pais, mas as respostas das crianças adotadas não são, então os genes têm importância primária. Outra forma de comparar as variações é estudando gêmeos que moram na mesma casa. No caso de gêmeos idênticos, a herança genética é a mesma e o ambiente semelhante, no entanto, gêmeos fraternais possuem herança genética parecida (mas não idêntica) e ambiente similar. Se existe uma diferença mínima entre os gêmeos idênticos, então existe entre os gêmeos fraternais. Isto sugere que os genes desempenham um forte papel. Mas se as diferenças entre os gêmeos idênticos e entre os gêmeos fraternais são semelhantes, então os genes são menos importantes. Da mesma forma quando gêmeos idênticos são separados na infância ou permanecem vivendo em ambientes diferentes podem ser idênticos. Independente do ambiente, pesquisas demonstram que gêmeos idênticos tendem a ser mais parecidos antes e após uma intervenção que gêmeos fraternos ou outros irmãos, mostrando que os genes têm forte influência (Bouchard, Malina & Pérusse, 1997).

Para entender melhor o papel dos genes e do ambiente, considere seus efeitos sobre três fatores: atividade física, aptidão física e saúde. O genótipo pode influenciar o grau com que uma determinada pessoa é fisicamente ativa, fisicamente condicionada e saudável. O ambiente (ambiente físico e social assim como um estilo de vida) pode também afetar a atividade física, aptidão e a saúde. Além disso, há uma interação entre esses fatores porque 1) atividade física pode influenciar o nível de condicionamento, 2) o nível de condicionamento pode influenciar a atividade física, 3) a atividade física pode influenciar a saúde, 4) a saúde pode influenciar a atividade física, 5) o nível de condicionamento pode influenciar a saúde e 6) a saúde pode influenciar o nível de condicionamento. Além disso, um determinado gene pode influenciar essas interações, isto é, como atividade física afeta o nível de condicionamento ou a saúde e o grau ou proporção com que este fenômeno acontece.

### Exemplos de Efeitos Genéticos

Existem muitos fenótipos para os quais os efeitos dos genes foram determinados (Bouchard, Malina & Pérusse, 1997; Bouchard et al., 1992). Os genes desempenham um importante efeito na altura, tamanho do tronco e tamanho dos braços e pernas. Sabe-se, por exemplo, que pais altos tendem a ter crianças altas. É claro, em uma família de pais altos, uma criança pode ser mais baixa porque sua altura foi herdada do lado da avó materna. Por outro lado, os genes desempenham somente um efeito de leve a moderado nas circunferências, cintura e largura das partes do corpo porque o ambiente pode desempenhar um papel maior na determinação destas medidas. Por exemplo, a circunferência da cintura pode ser alterada pela dieta ou exercício.

Os genes exercem grande influência no tamanho e composição da fibra muscular (porcentagem de fibras rápidas e lentas). Os genes também desempenham grande efeito na força, porque a força muscular está intimamente relacionada com a composição da fibra. Por outro lado, as importantes atividades enzimáticas no metabolismo energético e o número de mitocôndrias no interior de uma certa quantidade de fibras musculares tende a ser menos influenciada pelos genes porque podem ser modificadas pelos diferentes tipos e volume de atividade física. Em conclusão, o efeito dos genes nas fibras musculares é mais relativo a estrutura (isto é, proteínas contráteis e tamanho), mas não necessariamente a função. No caso do fenótipo “endurance muscular”, que é afetado por ambos fatores, estruturais e funcionais, o efeito genético é somente moderado.

Semelhantemente, o tamanho dos pulmões (medida estrutural) é afetado fortemente pelos genes, mas tais medidas funcionais como a velocidade de fluxo aéreo não são afetadas. Com relação ao sistema cardiovascular, a influência genética é de extrema importância na determinação do tamanho do coração, assim como no tamanho e estrutura das artérias coronarianas. A pressão sanguínea tende a ser menos afetada pelos genes porque pode ser alterada pelo peso corporal, dieta, estresse e outros fatores. Com relação ao exercício, os genes desempenham importante efeito no  $VO_2\text{max}$ , frequência cardíaca máxima e ventilação pulmonar máxima. Evidências sugerem que a “endurance” cardiovascular (isto é, a quantidade total de trabalho que uma pessoa pode realizar por 90 minutos) é até mais fortemente alterada pelos genes que

o  $VO_2\text{max}$ ; isto ocorre provavelmente porque inúmeras variáveis fisiológicas e bioquímicas estão envolvidas no exercício de “endurance” e os genes podem influenciar cada uma delas (Bouchard et al., 1992). Existem pessoas que geneticamente têm um alto ou baixo nível de aptidão física (predita pelo  $VO_2\text{max}$ ), mas estas pessoas podem ou podem não ser fisicamente ativas. Em outras palavras, o nível de condicionamento e a atividade física não são necessariamente os mesmos.

Há pessoas que treinam regularmente, mas não têm boa aptidão física, enquanto que outras fazem pouca atividade física, mas têm aptidão física moderada. É verdade que pessoas devem ser muito ativas para obterem elevados níveis de aptidão e que pessoas com baixos níveis de aptidão tendem a ser insuficientemente ativas. Entretanto, para a maioria de nós, que estamos no meio destes dois extremos, a aptidão física não pode ser avaliada pelo nível de atividade física individual e vice-versa. Todavia, indivíduos regularmente ativos são capazes de realizar mais exercício que pessoas sedentárias, mesmo que ambos tenham o mesmo  $VO_2\text{max}$  ou o mesmo nível de força, porque o treinamento por si próprio promove mudanças nos vários sistemas corporais.

### Genética e Treinamento

Dependendo do tipo de esporte e atividade, há o envolvimento de vários sistemas corporais. Por exemplo, a distância da corrida envolve os sistemas cardiovascular, respiratório, neuromuscular, metabólico, hormonal e termorregulador. Cada um destes sistemas pode ser afetado pelo número de genes. Há também várias interações entre os genes e entre esses genes e o ambiente. Pela grande complexidade, não é provável que pesquisadores possam “produzir” campeões mediante a alteração de somente um ou dois genes.

Gêmeos idênticos que apresentam níveis de atividade física semelhante tendem a ter níveis de aptidão física similares. Quando gêmeos idênticos foram submetidos ao mesmo programa de treinamento aeróbico e anaeróbico, eles se adaptam ao treinamento semelhantemente (Bouchard et al., 1986). Por outro lado, gêmeos fraternos ou irmãos com nível de atividade física semelhante apresentam variação maior no nível de aptidão e apresentam grande variação na adaptação ao treinamento.

Para avaliar as adaptações do  $VO_2\text{max}$

a diferentes tipos de treinamento, nós realizamos um estudo com 29 estudantes universitários do sexo masculino que realizaram um treinamento de endurance com 12 semanas de duração (Dionne et al., 1991). Os sujeitos treinaram três vezes por semana por 30-45 minutos em ciclo-ergômetro numa intensidade constante de 75%  $VO_2\text{max}$ . Após o treinamento, o aumento do  $VO_2\text{max}$  variou de 40 ml/min até quase 1,000 ml/min. Este estudo finalizou no período de outono após cada estudante ter retornado para sua casa por 4 semanas. Nós pedimos aos nove estudantes que apresentaram o maior aumento do  $VO_2\text{max}$  (~ 9 mL • kg<sup>-1</sup> • min<sup>-1</sup>) que retornassem para outro treinamento de doze semanas. Para o segundo programa, os sujeitos realizaram treinamento intervalado três vezes por semana em intensidade média de 75%  $VO_2\text{max}$  (3 min at 60%  $VO_2\text{max}$  e 3 min at 90%  $VO_2\text{max}$ ) por 30-45 min. Durante as quatro semanas sem atividade física, os valores de  $VO_2\text{max}$  dos quatro respondentes, que concordaram em retornar, diminuíram e se apresentaram similares aos níveis basais quando iniciou o primeiro programa de treinamento. Após o intervalo do programa de treinamento, estes estudantes de novo apresentaram uma resposta superior ao treinamento. Portanto, há fenótipos que respondem diferentemente ao treinamento contínuo ou intervalado.

No estudo “HERITAGE Family” (Bouchard et al., 1995) foi realizada uma vasta investigação sobre quais genes influenciavam as adaptações ao treinamento e que contou com 484 sujeitos brancos provenientes de 99 famílias e 260 negros de 105 famílias de quatro centros. Todos os sujeitos eram saudáveis e sedentários. Após a realização de vários testes relacionados à aptidão física e fatores de risco para doença cardiovascular e diabetes, os sujeitos treinaram e realizaram de novo os mesmos testes. O programa de treinamento padrão consistiu de exercícios realizados em ciclo-ergômetro, três vezes por semana durante 20 semanas. Os sujeitos iniciaram o treinamento por 30 minutos numa frequência cardíaca correspondente a 55%  $VO_2\text{max}$ . Depois de cada duas semanas, tanto a duração quanto à intensidade foram aumentadas, para que os sujeitos treinassem durante as últimas 8 semanas por 50 minutos numa frequência cardíaca correspondente a 75%  $VO_2\text{max}$  (Skinner et al., 2000).

Uma das perguntas feitas foi se as famí-

lias tinham níveis semelhantes de  $VO_2\text{max}$  e outros fenótipos antes do início do treinamento. Com relação ao  $VO_2\text{max}$ , tinham muitas famílias em que todos os membros apresentavam valores baixos, médios e altos. Neste caso, a genética explicou aproximadamente 40% da variação (Bouchard et al., 1998).

Houve uma grande variação em resposta ao treinamento. Embora, a média de aumento do  $VO_2\text{max}$  foi 19% e foi parecida em todos os quatro centros, aproximadamente 5% dos sujeitos tinham pequena ou nenhuma mudança e aproximadamente 5% tiveram um aumento de 40-50%. Esta grande variação ocorreu em todas as idades, em todos os níveis iniciais de  $VO_2\text{max}$  basal e foi semelhante para negros e brancos e para mulheres e homens (Skinner et al., 2001). Em outras palavras, houve pessoas que apresentaram uma resposta superior, média e pobre com relação ao treinamento em todas as idades (17 a 65 anos), em ambas as raças, em ambos os gêneros e em todos os valores de  $VO_2\text{max}$  basal. Não houve relação entre a aptidão física inicial e sua resposta ao treinamento e a correlação entre  $VO_2\text{max}$  antes do treinamento e a mudança no  $VO_2\text{max}$  após o treinamento foi de somente 0.08. Parece que um grupo de genes afeta os valores iniciais  $VO_2\text{max}$  e outro grupo de genes afeta a resposta do  $VO_2\text{max}$  ao treinamento.

Quando nós verificamos se as famílias responderam da mesma forma, encontramos que estas tenderam a apresentar respostas superiores, médias e pobres. Neste caso, 47% da variação na resposta do  $VO_2\text{max}$  ao treinamento foi explicada pela hereditariedade (Bouchard et al., 1999). Nós também avaliamos se havia alguma variável não genética medida, antes do treinamento, que pudesse diferenciar aqueles que apresentavam resposta superior dos que apresentavam resposta inferior. No entanto, não foi encontrada nenhuma variável ou combinação de variáveis que pudesse diferenciar estes dois grupos (Skinner et al., não publicado). Como foram coletadas amostras de DNA de todos os sujeitos, nós estamos pesquisando os marcadores genéticos que podem estar associados com as respostas ao treinamento.

Baseado na informação disponível neste período, não é possível estimar a resposta de um indivíduo ao treinamento. Criadores de cavalos de corrida têm tentado por muitos anos predizer que cavalos terão sucesso. E o que eles dizem e “**nós fizemos o melhor, tratamos eles com o melhor e**

esperamos pelo melhor”. Em outras palavras, de 10 proles de 2 excelentes pais cavalos, poucos serão excelentes, poucos estarão acima da média e poucos abaixo da média. Criadores de cavalo não pode prever quais os cavalos que correrão em cada categoria. É claro que nós não podemos criar humanos para a competição, portanto, a possibilidade de estimar com precisão quem será o campeão, é de certa forma pequena.

Muitos atletas alcançam um ponto em que devem treinar mais e mais intensamente para obter poucos benefícios em relação à performance. Quando os atletas chegam neste ponto, é possível que eles tenham alcançado seu limite genético. Como mencionado anteriormente, não há alguma forma de estimar qual ou onde é o limite.

A determinação de um campeão parece estar associada com 1) o estado atual do número de complexos fenótipos antes do treinamento, 2) treinamento adequado, repouso e nutrição e 3) a capacidade destes fenótipos se adaptarem ao treinamento, repouso e nutrição. Portanto, um sujeito pode iniciar com valores baixos, médios ou altos de  $VO_2$ max e outros fenótipos e apresentar respostas pobres, moderadas ou altas ao treinamento, repouso e nutrição. É provável que atletas de elite sejam aqueles que iniciam com altos níveis de características (fenótipos) necessárias para o sucesso nos seus esportes específicos e também ter adaptações superiores nestas caracterís-

ticas após o treinamento. Somente uma pequena porcentagem da população tem geneticamente altos níveis dos fenótipos necessários para o sucesso, nem todos estes irão treinar e somente uma pequena porcentagem daqueles que treinarem serão respondentes superiores.

### Aplicações práticas

➤ Os genes influenciam os níveis iniciais das características das pessoas (fenótipos), assim como a velocidade e o grau da mudança com que podem se alterar em resposta ao treinamento, nutrição e outro fator ambiental. Atletas que têm sucesso imediato em um novo esporte, provavelmente têm relativamente qualidades elevadas de pelo menos alguns dos fenótipos geneticamente determinados necessários para ser um campeão neste esporte.

➤ Indivíduos que apresentam respostas superiores para a participação nos esportes, provavelmente obtêm sucesso precoce e feedback positivo da competição. Atletas em potencial deveriam tentar vários esportes com o objetivo de saber qual deles gosta mais e em qual deles terá sucesso. Estes fatores provavelmente representam um guia melhor para a seleção, que qualquer análise laboratorial de sua herança genética.

Não é possível prever quem será o

campeão. Contudo, técnicos podem e devem selecionar os candidatos baseados nas características necessárias para o sucesso naquele determinado esporte. Os genes influenciam muitas destas características.

➤ Os genes não afetam outros aspectos de certos esportes (isto é, tática e técnica). Campeões pertencentes à categoria de elite devem ser bons nas táticas e técnicas para possuírem os atributos necessários, determinados geneticamente para o sucesso naquele esporte. Ainda, atletas menos favorecidos geneticamente, mas que têm talento nas táticas e técnicas, podem ser campeões, mas em nível amador.

### Sumário

Como regra geral, as influências genéticas são mais fortes nos componentes estruturais do corpo que nos componentes funcionais, os quais podem sofrer maior influência do treinamento de outros fatores ambientais. Embora a herança genética possa influenciar na determinação do sucesso em uma certa atividade ou esporte, esta herança é provavelmente muito complexa para ser compreendida. A possibilidade de uma alteração “mágica” dos genes pela engenharia genética não é provável de acontecer porque muitos genes estão envolvidos, há várias interações entre os diferentes genes e interações entre os genes e o ambiente.

### Referências:

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  $VO_2$ max 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  $VO_2$ max 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,  $VO_2$ max 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.

## Sports Science Exchange

### Os genes e o esporte: Será que os seus pais são responsáveis pelas suas vitórias e derrotas?

Todos nós sabemos que pais e quem sabe os avós de atletas campeões também foram campeões. Além disso, proprietários de cavalos de corrida gastam milhões de dólares na compra de pais ganhões para **criar** vencedores. Isto nos mostra que campeões nascem e se você não tem o gene de campeão, você nunca poderá ter sucesso verdadeiramente, não importando o quanto você treine. Em outras palavras, se seus pais não são ou foram campeões, você estaria perdendo seu tempo praticando seu esporte preferido. Mas se há a possibilidade de produzir campeões, por que nem todos cavalos de corrida, criados para o desempenho, se tornam campeões? A razão é que existem também, outros fatores além da hereditariedade, que desempenham um papel importante na performance.

#### Os genes são mais ou menos importantes

Não há como fugir disto; os genes determinam nosso potencial para o desenvolvimento de várias características estruturais e funcionais importantes na determinação do desempenho esportivo. Por exemplo, para ser um pivô bem sucedido na Associação Nacional de Basquete, você deve ter o gene para estatura alta. Entretanto, outras características, como dieta, treinamento e outros fatores ambientais desempenham um grande pa-

pel na expressão do potencial genético. Por exemplo, você deve ter o potencial genético para peso corporal baixo, mas se você comer muito e se exercitar pouco poderá superar esta herança genética e ser tornar obeso. Portanto, algumas características, como a altura, são fortemente influenciadas pelos genes, embora outras, como a circunferência abdominal, são menos afetadas pelos genes e são mais in-

fluenciadas pelo ambiente. A tabela 1 ilustra a força ou intensidade com que os genes afetam algumas características estruturais, funcionais e de desempenho do organismo. As características da tabela para as quais os genes exercem efeito de leve a moderado (ex: equilíbrio, tempo de reação, precisão de movimentos) parecem ser mais fortemente influenciadas pelo treinamento, dieta e outros fatores ambientais que outras

*Efeitos dos Genes na Estrutura, Função e Desempenho*

<i>Características</i>	<i>Efeito dos genes</i>
Altura, Comprimento dos braços	Grande
Circunferência cintura	Pequeno a Moderado
Tamanho das fibras musculares	Grande
Composição fibras musculares (Fibras Rápidas e Lentas)	Grande
Mitocôndria / Gramas de músculo	Pequeno
Tamanho do coração	Grande
Tamanho e volume pulmonar	Grande
Atividade das enzimas musculares utilizadas para produção de energia	Pequeno a Moderado
Frequência Cardíaca de Repouso	Grande
Pressão Arterial	Moderado
Fluxo de ar ou volume corrente nos pulmões	Moderado
Força muscular	Grande
Endurance Muscular (e.g., flexão de braço, pull-ups)	Moderado a Grande
Velocidade de Movimento	Moderado
Equilíbrio	Pequeno
Flexibilidade das Juntas	Grande
Tempo de reação	Pequeno a Moderado
Precisão dos movimentos	Pequeno a Moderado
Endurance aeróbica (e.g., distância corrida o pedalando)	Moderado a Alto
Potência Anaeróbica (potência máxima pedalando em 10 segundos)	Moderado

características como força e flexibilidade, para as quais os genes exercem um forte efeito.

Os genes também determinam a velocidade e o grau com que as características de desempenho corporal respondem ao treinamento, dieta e outros fatores ambientais. Para uma determinada característica, como a “endurance” aeróbica ou força muscular, algumas pessoas apresentam uma resposta forte ao treinamento enquanto que outras respondem de forma fraca a moderada em resposta ao mesmo treinamento. E o que significa é que mesmo que seu po-

As táticas e técnicas, como o **drafting (desenho)** e a utilização da postura corporal aerodinâmica no ciclismo, são difíceis de serem alcançadas em muitos esportes, mas não sofrem influência dos genes. Campeões em nível de elite deveriam ser peritos nas técnicas e táticas, além de serem dotados de atributos genéticos necessários determinados para o sucesso em certo esporte. Atletas menos bem dotados geneticamente, mas que possuem talento para as táticas e técnicas, podem se tornar campeões de competição em nível amador.

Para um determinado indivíduo, não é possível prever se ou não ou o grau com que as características como a habilidade de impulsão vertical irá responder ao treinamento. Além disso, muitos atletas alcançam um patamar em que necessitam treinar com mais frequência e mais fortemente para obter cada vez mais menos benefícios no desempenho. Quando atletas alcançam este patamar, é possível que eles tenham alcançado seu limite genético.

Embora sua herança genética possa influenciar no sucesso em uma determinada atividade ou esporte, esta herança é provavelmente muito complexa para ser completamente conhecida ou compreendida. Sabe-se que não é provável que exista a possibilidade de uma alteração genética “mágica” dos genes pela engenharia genética porque há o envolvimento de vários genes, interação entre os diferentes genes e há interações entre os genes e o ambiente.

#### Efeito dos Genes na Resposta do Exercício ao Treinamento

##### Resposta ao treinamento na resposta

##### Efeito dos genes

Resposta ao treinamento na resposta	Efeito dos genes
Força	Pequeno
Potência Máxima em 10 segundos — Cicloergômetro	Pequeno
Potência Máxima em 90 segundos — Cicloergômetro	Grande
“Endurance” Aeróbica	Moderada a Grande

tencial genético para distância de corrida seja menor que de um competidor, você poderá ser capaz de desenvolver este potencial mais rapidamente e integralmente pelo treinamento intenso que poderá superar seu oponente. Não há pesquisas suficientes sobre o poder de influência dos genes na resposta individual ao treinamento, mas a tabela 2 lista algumas das conclusões mais atuais a partir desta pesquisa.

Provavelmente o efeito genético fraco sobre a resposta da força ao treinamento de resistência será maior quando os estudos forem realizados com um grande número de sujeitos. O efeito do treinamento na potência máxima em 10 segundos foi afetado fracamente pelos genes, possivelmente porque as técnicas e o tempo de reação, ambos pouco afetados pelos genes, são mais importantes que a força bruta, mais afetada fortemente pelos genes.

#### Sumário

A possibilidade de você ser um campeão é determinada por 1) muitas das suas características estruturais, funcionais e de desempenho antes do treinamento, 2) treinamento adequado, repouso e nutrição, 3) a velocidade e o grau com que estas características se adaptam ao treinamento 4) seu controle nas táticas e técnicas no seu esporte. É provável que atletas de elite sejam aqueles que iniciam com níveis superiores das características necessárias para o sucesso no seu determinado esporte, respondam ou melhor ao treinamento naquelas características e que controlam as táticas e técnicas necessárias. Entretanto, em nível amador de competição, você pode compensar sua falta de potencial genético com um bom treinamento e nutrição e controlando as táticas e habilidades necessárias para o alcance da excelência no seu esporte.

#### Referências

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  $VO_2$ max 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.



O Gatorade Sports Science Institute (GSSI) é uma instituição sem fins lucrativos, fundada em 1998, com o objetivo principal de compartilhar informações e expandir os conhecimentos relacionados às Ciências do Esporte.

\* Este material foi traduzido e adaptado do original em inglês SSE 82, volume 14 (2001), número 4.

\*Informativo periódico. Jornalista responsável Regina Jorge MTb 26448  
Para mais informações, escreva para:  
Gatorade Sports Science Institute / Brasil  
Caixa Postal 11454 CEP 05422-970  
São Paulo SP  
gssi@gssi.com.br  
Visite o site do GSSI Brasil:  
www.gssi.com.br