



## Participação genética sobre o desempenho atlético

Rodrigo Luiz Vancini

Claudio Andre Barbosa de Lira

### 1. Introdução

O desempenho esportivo requer a combinação integrada de muitos fatores, alguns treináveis (fisiológicos, psicológicos e biomecânicos), alguns ensinados (táticos) e outros que estão fora do controle dos atletas e dos técnicos (genéticos e idade cronológica). No entanto, sugere-se atualmente que o fator determinante do potencial atlético são os dotes genéticos, o que inclui características antropométricas, cardiovasculares, composição de fibras musculares e a capacidade de adaptação ao treinamento (Smith, 2003). Em geral, há duas categorias de atletas de alto nível, os geneticamente talentosos e os que treinam arduamente (*workhorses*).

A genética, o ambiente e a interação entre ambos têm impacto importante sobre o desempenho físico, já que diferenças no genótipo e no treinamento contribuem para as diferenças observadas em relação ao sucesso esportivo (Hopkins, 2001). Também observamos a existência de indivíduos que se adaptam bem ao estímulo do exercício e ao treinamento (indivíduos responsivos) e aqueles que não se adaptam ao exercício ou a um tipo específico de exercício (não-responsivos) ou ainda aqueles que mesmo treinando melhoram pouco seu condicionamento físico (indivíduos pouco responsivos) (Bouchard et al, 1992; Skinner, 2001). Diferentes níveis de responsividade ao treinamento também estão presentes em indivíduos portadores de cardiopatias e doenças respiratórias (Mark, Lauer, 2003), como também em diferentes idades, raças, sexo e em todos os níveis iniciais de consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_2\text{máx}$ ).

O genótipo representa toda combinação dos genes herdados pelo organismo afetando o fenótipo que é a manifestação das características anatômicas, bioquímicas, fisiológicas e comportamentais de um indivíduo. Exceto para gêmeos

idênticos, monozigóticos, as pessoas variam em como seus genótipos são expressos em várias características como, por exemplo, na força, peso corporal e pressão sanguínea e ainda na maneira destas características responderem ao treinamento, a uma dieta de baixa caloria, a medicação, ou a outros fatores do ambiente (Skinner, 2001).

A herança genética tem alto impacto sobre a altura, a envergadura, o tamanho dos músculos, tipo de fibra muscular, tamanho do coração, tamanho e volume dos pulmões, frequência cardíaca de repouso, força muscular e flexibilidade; de moderado a alto impacto sobre a resistência muscular e a capacidade aeróbia; moderado impacto sobre pressão arterial, fluxo aéreo pulmonar, velocidade e potência anaeróbias; de pequeno a moderado impacto sobre o perímetro da cintura, atividades das enzimas musculares utilizadas na produção de energia, tempo de reação e precisão dos movimentos e ainda baixo impacto sobre o equilíbrio e a densidade mitocondriais (Skinner et al, 2001). O efeito dos genes na estrutura muscular é grande, por exemplo, nas proteínas contráteis e na hipertrofia muscular, mas não é necessariamente grande sobre a função (Skinner, 2001). É importante levar em consideração que quanto mais alto é o impacto da genética sobre uma característica, menos treinável será esta característica.

## **2. O fenômeno dos corredores quenianos**

Um fenômeno interessante de se observar capaz de mostrar claramente a relação entre a genética e o desempenho físico, é a dominância dos corredores quenianos não apenas nas corridas de longa distância, que são dominadas pelos atletas do leste da África, como também nas corridas de curta distância, dominadas pelos atletas do oeste da África (Larsen, 2003).

Durante as duas décadas passadas o cenário internacional das corridas de média e longa distância para homens mudou dramaticamente. Há somente dezenove anos atrás, todas as corridas dos 800 m à maratona eram dominadas por europeus (Matthews, 1987). Assim, dos 20 maiores corredores do mundo dos 800 m à maratona, 48% eram atletas europeus enquanto que 26% eram africanos, dos quais 13% eram corredores quenianos. Hoje, o percentual de corredores europeus reduziu para 11%, enquanto que o de corredores africanos saltou para 85%, dos quais 55% são quenianos (IAAF, 2003). A redução dos corredores europeus na lista dos melhores do mundo não é devido a estes terem diminuído sua velocidade de

corrida. O fato é que os corredores do Leste da África, em particular, estão correndo mais rápido (Matthews, 1987). E mais, os corredores quenianos nos últimos 19 anos têm dominado os campeonatos mundiais de corrida *cross-country* como também, têm se mostrado superiores nos Jogos Olímpicos e nos campeonatos mundiais de atletismo (Larsen, 2003).

É interessante observar que a maioria dos corredores quenianos com desempenho excepcionais provém de um grupo de oito pequenas tribos chamadas *Kalenjin*, que compõem um universo de aproximadamente meio milhão de pessoas. Entre estas tribos, é da subtribo dos *Nandis* que se originam os melhores atletas quenianos. Esta tribo corresponde a apenas 2% da população do Quênia. Sendo assim, a questão é: O que faz dos corredores quenianos os melhores do mundo? Os fatores a serem considerados são a genética privilegiada, o treinamento e o fato de treinarem na altitude (~2000 m acima do nível do mar) (Larsen, 2003).

O desempenho nas corridas de longa distância requer a combinação ótima de uma alta capacidade aeróbia, uma alta utilização da fração do  $\dot{V}O_2$  máx durante a competição e uma boa economia de corrida (Maughan, Leiper, 1983; Larsen, 2003). No caso de atletas de alto nível que possuem pequena variação no  $\dot{V}O_2$  máx, a economia de corrida é o fator mais importante e o melhor preditor do desempenho e do sucesso esportivo, sendo considerado mais importante que o  $\dot{V}O_2$  máx (Conley, Krahenbuhl, 1980).

Quanto ao  $\dot{V}O_2$  máx, a comparação de corredores quenianos com atletas que não possuem descendência africana (Saltin et al, 1995a) revelaram que os corredores quenianos de longa distância de elite possuem um alto  $\dot{V}O_2$  máx (~79,9 ml kg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>), porém não superior ao observado em corredores escandinavos de elite (~79,2 ml kg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>) (Larsen, 2003) e/ou corredores de elite americanos (~80 ml kg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>) (Pollock, 1977). Apesar desta semelhança dos valores de  $\dot{V}O_2$  máx dos corredores africanos com corredores caucasianos, é interessante observar que os primeiros são capazes de correr uma meia maratona em aproximadamente 62 minutos com uma fração de utilização do  $\dot{V}O_2$  máx relativamente baixa (~71,5 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) (Larsen, 2003), ou seja, os corredores africanos apresentam uma economia de corrida melhor. Também é interessante observar que os corredores de elite quenianos não provém de cidades, mas sim de pequenas vilas e áreas rurais.

Quando se comparou jovens garotos da tribo *Nandi* que provinham de cidades com jovens garotos da mesma tribo oriundos de áreas rurais, observou-se que os últimos possuíam valores de  $\dot{V}O_2\text{máx}$  até 10% mais altos em relação aos garotos oriundos da cidade. O  $\dot{V}O_2\text{máx}$  mais alto observado nos garotos das áreas rurais está relacionado à maior quantidade de atividade realizada por estes garotos em relação aos garotos urbanos (Larsen, 2003).

Um outro fator a ser considerado é o nível de treinabilidade dos corredores quenianos, pois estes podem ficar até meses sem treinar de forma intensa e regular e, dentro de poucos meses, são capazes de voltar e de forma surpreendente, com pouco treinamento, tornarem-se os melhores corredores do mundo (Larsen, 2003). Isto poderia ser explicado pela forte influência genética sobre o  $\dot{V}O_2\text{máx}$  (Bouchard et al, 1992), tendo muita relação com a maior treinabilidade destes corredores.

A alta fração de utilização do  $\dot{V}O_2\text{máx}$  também poderia explicar o melhor desempenho dos corredores africanos, já que este parâmetro é considerado um preditor do desempenho aeróbio (Costill et al, 1971). A velocidade de corrida na qual o lactato começa a se acumular no sangue tem sido uma ferramenta útil para o prognóstico do desempenho aeróbio (Sjödín, Jacobc, 1981). Atletas de elite negros, quando comparados a corredores sul-africanos brancos, são capazes de correr numa fração de utilização do  $\dot{V}O_2\text{máx}$  mais elevada numa corrida de 10 km ou mesmo durante uma maratona (Weston et al, 2000). O que pode explicar a superioridade em se exercitar à altas frações de utilização do  $\dot{V}O_2\text{máx}$  é o percentual ou a proporção de fibras do tipo I, já que esta pode ser um potente indicador de treinabilidade da musculatura em corridas de longa distância (Sjödín, Jacobc, 1981). Entretanto, existe uma similaridade entre o percentual de fibras musculares nos corredores de elite quenianos e escandinavos (Saltin et al, 1995b), como também, surpreendentemente, entre os corredores de longa distância negros e sedentários caucasianos (Simoneau, Bouchard, 1989).

A capacidade enzimática muscular mitocondrial está ligada ao metabolismo de substratos durante o exercício. Quanto maior a densidade mitocondrial, maior é o consumo muscular de lipídios durante o exercício (Henriksson, 1977). Em tese, o nível de lactato sanguíneo é mais baixo para uma dada carga de trabalho quanto maior for à atividade das enzimas oxidativas (Ivy et al, 1980). Deste modo, existe

uma ligação direta entre o potencial oxidativo dos músculos envolvidos na corrida e o nível de desempenho. Da mesma forma, uma velocidade de corrida é maior antes da concentração de lactato sanguíneo começar a subir (Sjödín, Jacobs, 1981). De fato, Evertsen et al (1999) mostraram uma correlação positiva entre as enzimas oxidativas citrato sintase, succinato desidrogenase e glicerol-3 fosfato desidrogenase com o desempenho na corrida. Weston et al (1999) também encontraram uma correlação positiva entre a atividade da citrato sintase e o tempo de exaustão na corrida. Entretanto, quando compararam a atividade da enzima citrato sintase de corredores de elite quenianos e escandinavos, não foram encontradas diferenças significativas (Saltin et al, 1995b).

Como comentado acima, a concentração de lactato sanguíneo em resposta ao exercício submáximo, é um bom preditor do desempenho nas corridas de longa distância, refletindo a resposta metabólica local dos músculos em atividade. Os corredores de elite quenianos apresentam concentrações de lactato sanguíneo menores tanto no exercício realizado na altitude como no exercício realizado ao nível do mar, quando comparados a outros corredores. Esta diferença mostrou-se mais pronunciada em intensidades mais elevadas de exercício (Larsen, 2003). Weston et al (1999) demonstraram que os corredores negros do Sul da África acumulam lactato numa taxa mais lenta com o aumento da intensidade do exercício, quando comparados a outros corredores. Com o acúmulo de lactato no sangue, a concentração de amônia também aumenta. É interessante observar que este efeito é verdadeiro para os corredores quenianos apenas em intensidades muito elevadas de exercício (Saltin et al, 1995b). Porém, o estudo sobre a concentração de amônia sanguínea é um campo que precisa ser mais bem explorado, já que pode elucidar os mecanismo de regulação metabólica dos músculos dos corredores quenianos por sua relação com a fadiga, tanto periférica, quanto central (Larsen, 2003).

Quanto à economia de corrida, os corredores quenianos ainda apresentam melhor economia de corrida do que outros corredores, pois consomem menos  $O_2$  para uma mesma velocidade, quando esta é normalizada para as diferenças de massa corporal (Saltin et al, 1995a). O que pode favorecer a economia de corrida é uma proporção maior de fibras do tipo I (Williams, Cavanagh, 1987). Isto indica que o perfil metabólico e de contratilidade dos músculos podem contribuir para uma melhor economia de corrida (Larsen, 2003).

Os estudos clássicos de locomoção humana verificaram que o trabalho realizado pelos membros em movimento consiste numa parte substancial do custo metabólico da corrida, já que a adição de poucos gramas de peso nos pés ou tornozelos provocam um aumento da taxa metabólica (Fenn et al, 1930; Cavagna et al, 1964). Hipoteticamente, a maior economia de corrida dos corredores quenianos pode estar relacionada ao fato de apresentarem membros magros e com baixo peso permitindo-os correr com um gasto energético menor durante a corrida (Larsen, 2003).

Outro fator que pode favorecer o melhor desempenho dos corredores de elite quenianos é o seu somatótipo e composição corporal. Estes apresentam um índice de massa corporal menor e um somatótipo corporal longilíneo, quando comparados a corredores de elite caucasianos, o que pode favorecer o desempenho nas corridas de longa distância (Saltin et al, 1995a). Larsen et al (2003) estudaram adolescentes quenianos não treinados do sexo masculino e verificaram que estes apresentam massa corporal baixa e um índice de massa corporal muito inferiores quando comparados com a maioria dos adolescentes de idade similar de outros continentes.

E ainda, os corredores quenianos podem realizar um volume de treinamento de até 150 km/semana durante os meses que antecedem os campeonatos mundiais de *cross-country*, nos quais são percorridas distâncias de até 15 km (Abmayr, Kosgei, 1991). A resposta para estes corredores treinarem com volumes tão altos para corridas desta distância, uma vez que os cientistas do exercício não preconizam este volume de treinamento tão elevado para a melhora do desempenho nestas provas, mas sim, o treinamento intervalado de alta intensidade que os corredores quenianos também fazem no período preparatório, pode ser porque a recuperação de exercícios intermitentes de alta intensidade seja mais eficiente nos atletas com alta capacidade aeróbia (Tomlin, Wenger, 2001).

### **3. Considerações finais**

Analisando o desempenho nas corridas de longas distâncias pelo prisma do treinamento desportivo, Noakes et al (1990) verificaram que o bom desempenho nas corridas de distância mais curtas estão altamente correlacionados com o bom desempenho nas corridas de distância mais longas. Daí surge uma questão: Se o desempenho prediz o desempenho, qual é o papel da ciência do esporte? Entender melhor todas as reações biológicas do organismo frente ao exercício, desenvolver

métodos de avaliação cada vez mais precisos, que aumentem o entendimento dos cientistas do esporte e dar suporte científico ao treinamento contribuindo para que os atletas melhorem seu rendimento esportivo (Myburgh, 2003).

Neste caso, a individualidade genética é importante de ser considerada porque têm impacto sobre a aptidão física. Existem fortes evidências que a variação genética possa ser responsável pela maior parte das diferenças individuais em resposta ao treinamento regular de vários componentes da aptidão física. Torna-se interessante então, avaliar de forma crítica as variações das seqüências de DNA na população em geral e sua associação com as respostas individuais frente a um mesmo estímulo de treinamento e sua relação com as condições ambientais nas quais uma determinada pessoa foi exposta, para que assim seja possível entender o genótipo e as manifestações do fenótipo em relação à aptidão física e a treinabilidade dos indivíduos (Bouchard et al, 1992).

O treinamento baseado na ciência é um componente essencial não apenas para o desempenho nas atividades onde o componente aeróbio é predominante, como também é importante em outros tipos de atividade, sendo importante levar em consideração o conceito de fisiologia integrada (Myburgh, 2003), pois dependendo da modalidade esportiva ou atividade física, muitos sistemas fisiológicos do organismo podem estar envolvidos. No caso da corrida de longa distância, há o envolvimento dos sistemas cardiovascular, respiratório, neuromuscular, metabólico, hormonal e termorregulatório, cada um destes podendo ser afetado por um grande número de genes. Também, há muitas interações entre os genes e entre estes e o ambiente. Devido esta complexidade, é improvável que os cientistas possam fabricar campeões alterando apenas um ou dois genes. Quando muitos atletas atingem um ponto no qual treinam cada vez mais, obtendo menores benefícios em relação ao desempenho físico, é possível que eles tenham atingido seu limite genético (Skinner, 2001).

Finalizando, um pequeno percentual da população tem elevada bagagem genética das características físicas necessárias para o sucesso atlético, nem todas essas pessoas irão treinar e somente um percentual pequeno daqueles que treinarem serão grandes campeões.

## Referências Bibliográficas

Abmayr W, Kosgei M. Kenya cross country training. *Track Field Quart Rev* 1991;91:45-7.

Bouchard C, Dionne FT, Simoneau JA, Boulay MR. Genetics of aerobic and anaerobic performances. *Exerc Sport Sci Rev* 1992;20:27-58.

Cavagna GA, Saibene FP, Margaria R. Mechanical work in running. *J Appl Physiol* 1964;19:249-56.

Conley DL, Krahenbuhl GS. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1980;12:357-60.

Costill DL, Branam G, Eddy D, Sparks K. Determinants of Marathon running success. *Int Z Angew Physiol* 1971;29:249-54.

Evertsen F, Medbo JJ, Jebens E, Gjovaag TF. Effect of training on the activity of five muscle enzymes studied on elite cross-country skiers. *Acta Physiol Scand* 1999;167:247-57.

Fenn WO. Frictional and kinetic factors in the work of sprint running. *Am J Physiol* 1930;92:583-611.

Henriksson J. Training induced adaptation of skeletal muscle and metabolism during submaximal exercise. *J Physiol* 1977;270:661-75.

Hopkins WG. Genes and training for athletic performance. *Sportscience* 2001;5(1), [sportsci.org/jour/0101/wghgene.htm](http://sportsci.org/jour/0101/wghgene.htm).

Ivy JL, Withers RT, Van Handel PJ, Elger DH, Costill DL. Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *J Appl Physiol* 1980;48:523-7.

Larsen HB. Kenyan dominance in distance running. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 2003;136:161-70.

Mark DB, Lauer MS. Exercise capacity: the prognostic variable that doesn't get enough respect. *Circulation* 2003;108:1534-6.

Matthews P. World and continental records. In: *Athletics'87. International track and field annual*. London and international publishers Ltd, London and Simon and Schuster Ltd, London, pp.249-266.

Maughan RJ, Leiper JB. Aerobic capacity and fractional utilisation of aerobic capacity in elite and non-elite male and female marathon runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1983;52:80-7.

Pollock ML. Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners. Part I:Cardiorespiratory aspects. *Ann N Y Acad Sci* 1977;301:310-22.

Saltin B, Larsen H, Terrados N, Bangsbo J, Bak T, Kim CK, Svedenhag J, Rolf CJ. Aerobic exercise capacity at sea level and at altitude in Kenyan boys, junior and senior runners compared with Scandinavian runners. *Scand J Med Sci Sports* 1995a;5:209-21.

Saltin B, Kim CK, Terrados N, Larsen H, Svedenhag J, Rolf CJ. Morphology, enzyme activities and buffer capacity in leg muscles of Kenyan and Scandinavian runners. *Scand J Med Sci Sports* 1995b;5:222-30.

Simoneau JA, Bouchard C. Human variation in skeletal muscle fiber-type proportion and enzyme activities. *Am J Physiol* 1989;257:567-72.

Sjödin B, Jacobs I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int J Sports Med* 1981;2:23-6.

Skinner JS. Do genes determine champions? *Gatorade Sports Science Institute Sports Science Exchange* 2001;14:1-4.

Smith DJ. A framework for understanding the training process leading to elite performance. *Sports Med* 2003;33:1103-26.

Tomlin DL, Wenger HA. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med* 2001;31:1-11.

Weston AR, Mbambo Z, Myburgh KH. Running economy of African and Caucasian distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1130-4.

Williams KR, Cavanagh PR. Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *J Appl Physiol* 1987;63:1236-45.

© 2005 – Centro de Estudos de Fisiologia do Exercício  
Este artigo somente poderá ser reproduzido para fins educacionais sem fins  
lucrativos