

Relevância do conhecimento científico na prática do treinamento físico

Valdir José BARBANTI*
Valmor TRICOLI*
Carlos UGRINOWITSCH*

* Escola de Educação Física e Esporte da USP

Introdução

O ser humano na sua luta pela subsistência e na construção de seu futuro, se confronta com os perplexos problemas do presente. Neste mundo confuso as ciências, o método científico e a atitude científica têm tido uma importância fundamental. É preciso lembrar que a ciência se dedica à descoberta, organização e humanização da verdade. Os padrões rígidos da verdade científica deveriam ser aplicados à solução dos problemas humanos. Tem sido assim em muitas áreas da vida humana. A área do esporte, do exercício, da atividade física, não é exceção neste sentido, embora seja bastante recente a existência de estudos científicos para entender e resolver seus problemas.

Em nível internacional o “verdadeiro” desenvolvimento científico da Educação Física e do Esporte começou após a segunda guerra mundial e em nosso país somente na década de 80 com a implantação dos cursos de pós-graduação estrito senso. Após um início confuso (a confusão ainda persiste!) tentativas foram feitas para dar um novo nome à disciplina acadêmica.

O termo Ciência do Esporte apareceu nos anos 70, no espaço da língua alemã (“Sportwissenschaft”), com a pretensão de interdisciplinaridade. Lamentavelmente isto não ocorreu, as investigações continuaram unilaterais, as chamadas sub-disciplinas ficaram separadas e desligadas umas das outras, sem preocupação com o equilíbrio entre as questões isoladas e a perspectiva global. Hoje, na opinião de BENTO (1994), não parece sensato sustentar o uso desta designação no singular. Há inúmeros países europeus usando o termo “ciências do esporte”, outros mantendo “ciência do esporte” e ainda outros com “ciências dos esportes”. Nos Estados Unidos a terminologia é mais vasta: há a “ciência do esporte”, “ciência do exercício”, “ciência da atividade física”.

Qualquer que seja o nome utilizado, esta disciplina acadêmica cobre um grande número de sub-disciplinas, algumas já estabelecidas há longo tempo, outras ainda por se estabelecer. As sub-disciplinas (Biomecânica do Esporte; Fisiologia do Esporte; Medicina do Esporte; Psicologia do Esporte; Bioquímica do Esporte; Nutrição do esporte; etc.) desenvolveram áreas específicas de conhecimento, o chamado “corpo de conhecimento”, com muitas informações importantes para esta área do conhecimento.

Historicamente o treinamento físico é uma atividade muito antiga, mas seu corpo de conhecimento é relativamente recente. No começo do século XX, os treinadores e alguns estudiosos começaram a reunir e sistematizar suas experiências com o intuito de facilitar o processo e aumentar o rendimento esportivo. Assim, de uma forma quase espontânea, se estruturou as bases do que mais tarde se chamaria Teoria do Treinamento ou Metodologia do Treinamento. Foi na metade do século XX que se conheceu um novo ciclo de desenvolvimento acelerado dos aspectos teóricos e práticos do treinamento, especialmente nos países socialistas. Os principais impulsores nesta tarefa foram os treinadores, médicos e pedagogos do esporte. As sub-disciplinas que mais colaboraram no desenvolvimento dos princípios gerais que regiam a atividade esportiva foram a Medicina Esportiva e a Metodologia do Treinamento. Com o passar dos anos o treinamento foi ficando mais independente, de forma que na ex- União Soviética ele foi considerado como uma sub-disciplina da Ciência dos Esportes, no que foi copiado pelas duas Alemanhas (na época, a Oriental e a Ocidental) e chamada Ciência do Treinamento (Trainingswissenschaft). Importantes publicações foram originadas, sugerindo um melhor entendimento do processo de treinamento (BALLREICH, 1969; GROSSER, 1976; HARRE, 1974; LETZELTER, 1975; LIESEN & HOLLMANN, 1981;

MATWEJEW, 1974; SCHMIDTBLEICHER, 1980; ZACIORSKI, 1972). Várias dessas obras foram traduzidas para o inglês e para o português.

No passado, o conceito de treinamento era exclusivo dos esportes e os estudos concentrados em resolver os problemas do esporte de elite e apresentavam características de trabalhos com aspectos aplicados. Nos anos recentes, o treinamento se disseminou além da elite esportiva para várias outras áreas e se tornou uma parte normal de um estilo de vida ativo de muitas pessoas. Este rápido desenvolvimento do treinamento despertou a atenção dos acadêmicos. O conceito de treinamento, tradicionalmente aplicado aos esportes, foi estendido para a saúde, academias, à terceira idade, à reabilitação, etc. Contudo essa extensão para quase todas as áreas da atividade física levou não a uma mudança do conceito de treinamento mas influenciou os pesquisadores que atuam nas diversas sub-disciplinas. Houve um considerável aumento do conhecimento teórico e prático sobre o processo do treinamento. Por exemplo: durante muito tempo o olhar dos investigadores dirigiram-se fundamentalmente para o que era diretamente observável no movimento, isto é, para seu aspecto externo, caracterizando assim

uma fase técnico-tática do treinamento. Com a procura de melhores resultados, começou-se a olhar de forma mais atenta e sistemática para alguma coisa que está por detrás do movimento. Para a realização de uma técnica, ou sua correção, o atleta necessita ter força, velocidade ou resistência. Nasceu assim a fase do treinamento físico. Surgiu um conjunto de designações cuja fundamentação foi baseada na fisiologia. O treinamento avançou muito baseado, sobretudo, nesta área de conhecimento.

Atualmente, muitos cientistas do esporte usam métodos bastante sofisticados que envolvem alta tecnologia para investigar os movimentos esportivos. Métodos foram desenvolvidos para medir a atividade elétrica dos músculos (eletromiografia) e hoje são usados para estudos de exercícios e movimentos esportivos. Outros métodos foram elaborados para quantificar o gasto energético e fazer análises de gases expirados durante a prática de atividades esportivas.

Pesquisas orientadas para o treinamento das capacidades motoras têm mostrado uma grande variedade de resultados com grande significado para o treinamento. Vamos exemplificar com alguns estudos sobre as capacidades motoras força e resistência.

Pesquisas sobre a força motora

A força motora é entendida como a capacidade que um músculo ou um grupo muscular tem de produzir tensão e se opor a uma resistência externa num determinado tempo ou velocidade.

DELOME e WATKINS (1948) foram os primeiros a determinar a importância do treinamento com cargas progressivas para o aumento da força e ganhos hipertroficantes na musculatura esquelética.

Em 1962 o estudo clássico de BERGER recomendava o uso de séries múltiplas para promoção de ganhos significantes na quantidade de força, fator presente até hoje na organização de programas de treinamento.

MORITANI e DEVRIES (1979) inauguraram um novo momento no treinamento de força ao elucidar as diferentes fases das contribuições neurais e hipertroficantes na modificação da força muscular. Estes pesquisadores foram os primeiros a demonstrar que os ganhos iniciais na força são oriundos de adaptações neurais (aumento no recrutamento e sincronização de unidades motoras, diminuição na co-contracção da musculatura antagonista, aprendizagem do movimento) sendo que o aumento na área de secção

transversa passa a contribuir somente após 6-8 semanas de treinamento.

A partir de 1978 KOMI e BOSCO investigaram exaustivamente por quase duas décadas a utilização do ciclo alongamento-encurtamento no treinamento de força para o desempenho e melhoria da potência muscular dos membros inferiores. Eles elevaram em um novo nível de entendimento a idéia de acúmulo e utilização de energia elástica divulgada por CAVAGNA, DUSMAN e MARGARIA em 1968.

Atualmente o desenvolvimento do conhecimento científico relacionado ao treinamento de força tem se voltado ao estudo das diferentes formas de organização de programas de treinamento (periodização), do esclarecimento dos mecanismos responsáveis pelo aumento da área de secção transversal da musculatura esquelética (hipertrofia), dos efeitos dos diferentes tipos de contracção, e da utilização do treinamento de força na melhoria da qualidade de vida da população de idosos.

O simples fato de executar exercícios de treinamento de força não garante ganhos ótimos de força e hipertrofia. A efetividade de qualquer programa

de treinamento está na aplicação correta de princípios científicos na sua organização. A organização dos programas necessita de um bom controle de variáveis como intensidade, volume, intervalo de recuperação e frequência de treinamento. Desta forma, algum tipo de “periodização” deve ser aplicado. No treinamento de força o termo periodização ganhou uma nova conotação. Tradicionalmente periodização significa a divisão do tempo total de treinamento em períodos específicos com o objetivo de obter o maior rendimento esportivo num determinado momento. Periodização aplicada ao treinamento de força adquiriu o significado de variação sistemática e planejada na distribuição da carga de treinamento. Seu objetivo principal é a otimização do princípio da sobrecarga na tentativa de causar sucessivas adaptações no sistema neuromuscular.

Programas de treinamento de força periodizados resultam em maiores ganhos de força que programas não periodizados independente da utilização de séries simples ou séries múltiplas de exercícios (KRAMER, STONE, O'BRYANT, CONLEY, JOHNSON, NIEMAN, HONEYCUTT & HOKE, 1997; RHEA, BALL, PHILLIPS & BURKETT, 2002; WILLOUGHBY, 1991). Programas periodizados também são mais eficientes que não periodizados para promover maiores alterações na composição corporal (SCHIOTZ, POTTEIGER, HUNTSINGER & DENMARK, 1998) e no desempenho motor (salto vertical, habilidades esportivas) (KRAEMER, RATAMESS, FRY, TRIPLETT-MCBRIDE, KOZIRIS, BAUER, LYNCH & FLECK, 2000). Contudo, a periodização parece ser necessária somente a partir do momento em que o indivíduo adquire um certo nível de condicionamento de força (FLECK, 1999).

Modelos de periodização linear e não linear ou ondulados são os mais investigados. O linear representa o modelo clássico de periodização com uma diminuição progressiva do volume com concomitante aumento da intensidade dentro dos ciclos de treinamento. Já o modelo não linear ou ondulado é caracterizado por alterações frequentes (semanais ou até mesmo diárias) na intensidade e volume de treinamento (RHEA et al., 2002). Acredita-se que os programas de caráter ondulado colocam um maior estresse no sistema neuromuscular devido a rápida e contínua alteração dos estímulos. A investigação científica tem demonstrado que estes programas são mais eficientes para o aumento da força e da massa muscular (RHEA et al., 2002; RHEA, PHILLIPS, BURKETT, STONE, BALL, ALVAR, & THOMAS, 2003). Porém ainda não se sabe quais são os mecanismos responsáveis pelo maior aumento

da força e da massa muscular em treinamentos periodizados quando comparados com modelos não periodizados.

Deve ser lembrado que a maioria dos estudos é de curta duração. Estudos futuros devem procurar prolongar o tempo experimental para detectar se o mesmo padrão de melhoria da força e aumento da massa muscular será encontrado com a evolução do condicionamento físico.

Independente do tipo de programa, um dos efeitos marcantes do treinamento de força é o aumento da área de secção transversa da musculatura esquelética ou hipertrofia muscular (ADAMS, CHENG, HADDAD & BALDWIN, 2004). A hipertrofia tem como função básica a produção de um músculo com maior capacidade de gerar força. Este efeito do treinamento de força já é conhecido há muito tempo, contudo, os mecanismos responsáveis por este fenômeno ainda não estão completamente esclarecidos.

A hipertrofia é desencadeada por estímulos intensos de curta duração contra cargas de alta intensidade. O número de repetições e o intervalo de recuperação parecem exercer também um papel fundamental. Recentemente um estudo conduzido por HADDAD e ADAMS (2002) demonstrou a real necessidade do intervalo de recuperação de 48 horas para a repetição do estímulo de treinamento. Neste período de tempo fatores miogênicos associados a hipertrofia muscular estão no seu ápice e o organismo encontra-se apto para receber uma nova estimulação.

Além disso, FARTHING e CHILIBECK (2003) encontraram que o treinamento de força com contrações excêntricas de alta velocidade é mais eficiente para aumentar a hipertrofia muscular quando comparado com treinamentos com contrações concêntricas de alta a baixa velocidade. A combinação de contrações excêntricas e alta velocidade parece causar uma maior quantidade de dano muscular desencadeando os processos acima mencionados os quais contribuiriam para o maior grau de hipertrofia.

Todas estas informações têm se mostrado úteis para a elaboração de programas de treinamento de força para idosos. Uma das características do envelhecimento é a redução progressiva na quantidade de massa muscular e a conseqüente diminuição no desempenho de força. Estes dois fatores afetam drasticamente a qualidade de vida do idoso uma vez que a participação em atividades do cotidiano fica muito comprometida. Os estudos conduzidos por FRONTERA, MEREDITH, O'REILLY, KNUTTGEN e EVANS (1988), FRONTERA, HUGHES, LUTZ e EVANS (1991) e FIATARONE, MARKS, RYAN, MEREDITH, LIPSITZ e

EVANS (1990) demonstraram que o treinamento de força era seguro e eficiente em indivíduos de idade avançada. Atualmente as investigações têm demonstrado que o corpo humano não perde sua capacidade de adaptação aos estímulos oferecidos pelo treinamento de força. As adaptações neurais e morfológicas são semelhantes as apresentados por

adultos jovens (HAKKINEN, KRAEMER, NEWTON & ALEN, 2001; NEWTON, HAKKINEN, HAKKINEN, MCCORMICK, VOLEK & KRAEMER, 2002), a diferença se encontra na quantidade absoluta de ganho de força. Recomendações e protocolos de treinamento de força para idosos podem ser encontrados na literatura específica (ACSM, 2002; EVANS, 1999).

Pesquisas sobre a resistência motora

Resistência é definida como a capacidade de sustentar uma determinada velocidade, ou produção de potência, pelo maior tempo possível (JONES & CARTER, 2000). A melhoria dessa capacidade motora envolve adaptações nos sistemas pulmonar, cardiovascular e neuromuscular. Vários métodos de treinamento vêm sendo utilizados, há mais de meio século, com o intuito de aprimorar a função desses sistemas e alguns destes notabilizaram-se por profundos impactos produzidos no treinamento esportivo, dadas às melhorias na performance alcançadas com sua utilização, entre eles, os métodos intervalados.

Os métodos intervalados têm como característica a utilização de intensidades iguais ou acima das de competição. A utilização de intensidades elevadas parece estar diretamente relacionada ao contínuo aumento da performance em competição. Isso parece dever-se ao fato de incrementos no volume de treinamento,

em intensidade sub-máxima, não serem capazes de aumentar o VO_{2max} de atletas que já possuem valores iguais ou superiores a $60 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (LAURSEN, SHING, PEAKE, COOMBES & JENKINS, 2002).

Contudo, vários estudos apontam que um elevado VO_{2max} não é o único fator determinante da performance em eventos de resistência. Corredores com valores similares de VO_{2max} apresentam performances distintas (LARSEN, 2003). Isto posto, identificar os fatores que determinam a performance de corredores de elite é de primordial importância para a adequação do volume e intensidade do treinamento e para seleção dos métodos de treino.

O modelo proposto por (BASSETT JUNIOR & HOWLEY, 2000) (FIGURA 1) descreve os fatores que explicam a maior parte da variância da performance em provas de resistência de média e longa duração.

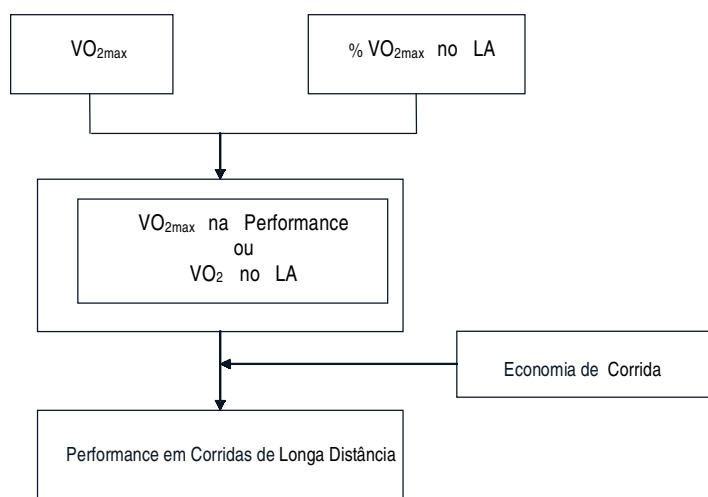


FIGURA 1 - Modelo dos fatores determinantes em provas de resistência (Adaptado de BASSETT JUNIOR & HOWLEY, 2000).

O VO_{2max} reflete a máxima taxa de gasto energético aerobiamente, e está fortemente correlacionado ao débito cardíaco e, conseqüentemente, ao volume sistólico. Os fatores centrais supra-citados parecem limitar o VO_{2max} , já que a

capacidade dos músculos extraírem O_2 não parece ser um fator limitante (JONES & CARTER, 2000). Já o limiar de lactato (LA) refere-se ao ponto em que o lactato sanguíneo acumula-se em valores acima dos de repouso, durante um exercício com incrementos

constantes de intensidade. Ele indica que a taxa de acúmulo de lactato sanguíneo é maior do que a de remoção (JUNG, 2003). E, a economia de corrida expressa a capacidade de produzir trabalho com o menor gasto energético possível (TURNER, OWINGS & SCHWANE, 2003). Ou seja, o consumo de oxigênio para realizar um exercício em uma determinada intensidade absoluta. Indivíduos mais econômicos terão um menor consumo de O_2 para realizá-lo.

Para que um corredor complete uma maratona em torno de 2 h e 15 min, ele terá que manter um VO_{2max} de aproximadamente $60 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ durante toda a corrida. Isso indica a importância do VO_{2max} para provas de resistência já que indivíduos sedentários apresentam valores máximos de $\leq 45 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$. Como a maratona é normalmente feita com 80-85% do VO_{2max} , o indivíduo deve então possuir um VO_{2max} em torno de $75 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (BASSETT JUNIOR & HOWLEY, 2000). Contudo, diferentes atletas podem usar outras combinações de VO_{2max} , percentual de VO_{2max} , e economia de corrida para produzir resultados semelhantes em provas de longa duração como a maratona. Dois corredores podem ter o mesmo VO_2 de corrida ($60 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), mas um corre utilizando 90% do seu VO_{2max} ($\leq 66 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), enquanto o outro corre com apenas 80% do seu VO_{2max} ($\leq 75 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

Alguns estudos vêm sendo feitos na tentativa de verificar a importância de cada um dos componentes do modelo acima (FIGURA 1). Os resultados encontrados não parecem ser conclusivos mas já fornecem alguns indicadores. O VO_{2max} parece explicar 50% da variância na velocidade média durante uma maratona. A adição do percentual de VO_{2max} utilizado durante a corrida aumenta esse percentual para 72% (BILLAT, DEMARLE, PAIVA & KORALSZTEIN, 2002). Outros autores não enfatizam tanto o VO_{2max} como o fator limitante para performances de média e longa duração, mas sim a fração do VO_{2max} utilizada durante a corrida (LARSEN, 2003). Nos últimos 20 anos os quenianos passaram a dominar as provas de média e longa duração no atletismo (distâncias maiores que 800 m) alcançando os 20 melhores tempos em 55,6% das provas. Esse percentual era de apenas 13,3% em 1986. Os quenianos possuem VO_{2max} similares aos dos corredores caucasianos. Contudo, eles são capazes de correr essas provas com uma fração mais elevada do VO_{2max} do que os caucasianos (LARSEN, 2003), indicando ser esse o fator do sucesso. Da mesma forma, WESTON, MBAMBO e MYBURGH (2000) encontraram que os quenianos eram 8% mais econômicos que corredores caucasianos.

A partir do conhecimento dos fatores determinantes da performance, em provas de média e longa duração, a literatura pertinente vem tentando estabelecer quais os métodos de treinamento mais adequados para causar adaptações centrais e periféricas nos sistemas corporais que afetam o rendimento nessas provas. Além disso, há a tentativa de determinar a influência do volume e da intensidade do treinamento no rendimento desses atletas.

Os métodos de treinamento são divididos em dois grandes grupos: "slow tempo training" (ST) e "high intensity interval training" (HIT). O ST é normalmente executado à intensidades sub-máximas, abaixo, no limiar de lactato ou ligeiramente acima, enquanto o HIT é executado entre a velocidade de limiar de lactato e a de VO_{2max} ($v-VO_{2max}$) (LAURSEN & JENKINS, 2002).

O ST é realizado com um volume entre 30 e 120 min com intensidades entre 60 e 85% do VO_{2max} (JUNG, 2003) e comumente utilizado nos estágios de formação dos atletas. Esse tipo de treino é muito utilizado no período básico de fundistas de alto nível (BILLAT et al., 2002). Contudo, esse tipo de treinamento parece não ter uma grande eficiência para melhorar a performance de atletas de resistência já que: a) participantes do esporte de alto nível não obtêm aumentos no VO_{2max} com esse tipo de treinamento (BASSETT JUNIOR & HOWLEY, 2000) e b) o limiar de lactato também parece não ser alterado em indivíduos altamente treinados que utilizam o ST (POTVIN & BENT, 1997). Deve-se lembrar que esses são os principais fatores que determinam a performance em provas de fundo como citado anteriormente. Então, a utilização desse método de treinamento carece de comprovação científica que justifique a sua utilização. O conceito de elevação do volume durante a fase básica do treinamento, apesar de correto dentro do modelo pedagógico de periodização clássico, não parece ser útil no esporte de resistência de alto nível. Esse fato fica mais evidenciado quando são analisados o volume e a frequência de treinamento de corredores de elite. Eles realizam entre 10 e 16 sessões de treinamento semanais, com um volume semanal total em torno de 180 quilômetros, sendo que o treinamento produz ganhos duvidosos na performance.

As pesquisas na área do treino de resistência deveriam testar a magnitude das adaptações físi e morfológicas, e de performance usando o ST ou o HIT durante o período de preparação básica do atleta. A utilização de um treino mais intenso teria como grande benefício a redução do

volume total do treinamento e a utilização de velocidades mais próximas das de competição já que atletas de fundo correm suas provas acima do limiar de lactato.

O HIT é definido como repetidas séries de exercícios de curta ou média duração (10 s à 5 min) realizados em intensidade superior à velocidade de limiar de lactato (LAURSEN & JENKINS, 2002). Esse tipo de treinamento aumenta o VO_{2max} e a fração do VO_{2max} utilizada durante a corrida, mesmo em atletas de alto nível. Ou seja, causando adaptações nos parâmetros determinantes da performance em provas de resistência (BILLAT et al., 2002). O treino é baseado em dois parâmetros que comumente determinam a intensidade e a duração de cada repetição.

A variável que controla a intensidade do exercício é a velocidade de VO_{2max} obtida em testes progressivos (V_{max}). Operacionalmente, ela é definida como a menor velocidade que produz o VO_{2max} . Quanto maior o tempo que o atleta permanecer treinando nessa velocidade maiores serão os ganhos de VO_{2max} (KUBUKELI, NOAKES & DENNIS, 2002). Alguns autores não concordam com essa opinião e acreditam que o trabalho em velocidades entre as velocidades de limiar de lactato e de VO_{2max} é suficiente para produzir ganhos no último por causa do chamado componente lento do VO_{2max} . Esse componente faz com que o VO_2 aumente durante um exercício acima do limiar de lactato com carga constante. Contudo, estudos como o de BILLAT et al. (2002) demonstraram que corredores de alto nível não apresentam o componente lento do VO_2 , invalidando treinos com velocidades abaixo da V_{max} para melhoria do VO_{2max} , pois ele não é atingido durante o exercício.

Alguns autores citam que a V_{max} não pode ser o limite superior de velocidade utilizada durante uma sessão de HIT visto que provas como os 800 e 1500 m são completadas em velocidades superiores à V_{max} . Além disso, mesmo em corridas que são realizadas predominantemente entre a velocidade de limiar de lactato e a V_{max} há variações de velocidade que excedem a V_{max} . Isso indica a necessidade de treinos em velocidades superiores à ela (BILLAT, 2001). Para treinar essas variações de velocidade atletas de alto nível realizam treinos intervalados na velocidade máxima das provas de 3000, 5000, e 10000 m, dependendo da distância da especialidade de cada atleta.

Já a duração dos estímulos tem como base o tempo que o atleta consegue manter a V_{max} durante uma corrida em velocidade constante e no plano. Esse tempo é definido como T_{max} . O tempo em

que cada atleta consegue permanecer na V_{max} é variável. HILL e ROWELL (1997) obtiveram valor médio de T_{max} de 290 ± 61 segundos. Desses 290 segundos apenas 56 ± 48 segundos atingiram o VO_{2max} , ou seja, em apenas $18 \pm 13\%$ do tempo total na V_{max} . Há a recomendação de que a duração dos exercícios em séries de HIT deve ser de 60% do T_{max} para que um grande volume de treino seja realizado com a utilização do VO_{2max} . Contudo, segundo os autores acima 12 de 13 atletas não atingiram o VO_{2max} com 60% do T_{max} , mas estavam a 95% do VO_{2max} , percentual esse suficiente para desenvolver a capacidade de resistência em atletas de alto nível.

A importância da economia de corrida nos resultados de atletas de resistência não foi claramente determinada. Ao contrário do citado acima, quando atletas olímpicos de Portugal e França foram comparados com atletas que não atingiram o índice olímpico dos mesmos países. Os primeiros tinham um VO_2 mais elevado por quilômetro do que os últimos para o mesmo tempo (BILLAT, DEMARLE, SLAWINSKI, PAIVA & KORALSZTEIN, 2001). Esse fato indica que os corredores olímpicos tinham uma menor economia de corrida do que os que não atingiram o índice. Contudo, vários estudos vêm apontando que o treinamento pode aumentar a economia de corrida (BERG, 2003), (KUBUKELI, NOAKES & DENNIS, 2002). Além disso, alguns estudos mais audaciosos têm usado o treino de força e potência como forma de aumentar a economia de corrida. Acredita-se que o aumento da força motora diminui o gasto energético, por utilizar um menor percentual em relação à força máxima para intensidades de corrida constantes (HOFF, GRAN & HELGERUD, 2002). Já o treino de potência (pliométrico) melhora a eficiência mecânica de corrida, aumentando a utilização de mecanismos de potencialização da força muscular (TURNER, OWINGS & SCHWANE, 2003), como o aproveitamento de energia potencial elástica durante a fase de propulsão e a ampliação da resposta excitatória do reflexo de estiramento (KYROLAINEN, KIVELA, KOSKINEN, MCBRIDE, ANDERSEN, TAKALA, SIPILA & KOMI, 2003).

As pesquisas disponíveis com atletas de alto nível são escassas e os parâmetros de treinamento pouco descritos para essas populações. Entender o atleta de alto nível é essencial para entendermos as adaptações crônicas decorrentes dos diversos meios de treinamento nos parâmetros determinantes da performance. Os meios de treinamento mais adequados para aumentar a economia de corrida e a fração do VO_{2max} de atletas de alto nível é mais um desafio para a ciência do século XXI.

Considerações finais

A teoria do treinamento vem sofrendo profundas alterações com o avanço do conhecimento científico. Os resultados das pesquisas aplicadas, apresentadas aqui, fornecem parâmetros mais precisos para a determinação das cargas de treinamento, com o intuito de maximizar as adaptações provenientes do mesmo. Apesar de não serem abordados nesse ensaio, há inúmeras pesquisas que tentam explicar os mecanismos que desencadeiam as adaptações ao treinamento. Essas pesquisas, de caráter eminentemente básico, também fornecem importantes indicativos para o treinamento. Como exemplo, podemos citar o estudo dos mecanismos que produzem a hipertrofia muscular e da ligação desses mecanismos à execução de ações musculares excêntricas. A sub-disciplina da bioquímica do exercício tem tido papel primordial na elucidação desses mecanismos. Isto posto, a teoria do treinamento precisa de conhecimento integrado das várias sub-disciplinas que

pesquisam sobre o treinamento físico, tanto de caráter aplicado quanto básico.

Nos anos 90, valor das investigações relacionadas aos esportes de maneira geral, começou a ser verdadeiramente apreciado. Muitos países competindo nos Jogos Olímpicos já contavam com pesquisadores para dar suporte aos seus atletas. Treinadores e atletas querem saber, por meio de testes, como as sobrecargas do treino nas diferentes fases do treinamento, afetam o nível das capacidades e do rendimento competitivo. Finalmente é desejável uma maior integração entre as evidências teóricas das pesquisas e as experiências da prática do treinamento. Uma estratégia deveria incluir a possibilidade de ajudar os treinadores desenvolver um entendimento científico e encorajar os investigadores a falar linguagens claras, naturais, na tentativa de diminuir a distância entre a investigação científica e a prática do treinamento.

Referências

- ACSM. American College of Sports Medicine position statement: progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.34, p.364-80, 2002.
- ADAMS, G.R.; CHENG, D.C.; HADDAD, F.; BALDWIN, K.M. Skeletal muscle hypertrophy in response to isometric, lengthening, and shortening training bouts of equivalent duration. *Journal of Applied Physiology*, Washington, v.96, p.1613-8, 2004.
- BALLREICH, R. *Weg-und zeit-merkmale von sprintbewegung*. Berlin: Bartels & Wernitz, 1969.
- BASSETT JUNIOR, D.R.; HOWLEY, E.T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.32, n.1, p.70-84, 2000.
- BENTO, J. Sobre o estado da ciência do desporto. *Revista Horizonte*, Lisboa, v.64, 1994.
- BERG, K. Endurance training and performance in runners: research limitations and unanswered questions. *Sports Medicine*, Auckland, v.33, n.1, p.59-73, 2003.
- BERGER, R.A. Effect of varied weight training programs on strength. *Research Quarterly*, Washington, v.33, p.168-81, 1962.
- BILLAT, L.V. Interval training for performance: a scientific and empirical practice - special recommendations for middle- and long-distance running. part I: aerobic interval training. *Sports Medicine*, Auckland, v.31, n.1, p.13-31, 2001.
- BILLAT, V.; DEMARLE, A.; PAIVA, M.; KORALSZTEIN, J.P. Effect of training on the physiological factors of performance in elite marathon runners (males and females). *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.23, n.5, p.336-41, 2002.
- BILLAT, V.L.; DEMARLE, A.; SLAWINSKI, J.; PAIVA, M.; KORALSZTEIN, J.P. Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.33, n.12, p.2089-97, 2001.
- CAVAGNA, G.; DUSMAN, B.; MARGARIA, R. Positive work done by a previously stretched muscle. *Journal of Applied Physiology*, Washington, v.24, p.21-32, 1968.
- DeLORME, T.L.; WATKINS, A.L. Techniques of progressive resistance exercise. *Archives of Physical Medicine*, Chicago, v.29, p.263-73, 1948.
- EVANS, W.J. Exercise training guidelines for the elderly. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Madison, v.31, p.12-7, 1999.
- FARTHING, J.P.; CHILIBECK, P.D. The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v.89, p.578-86, 2003.

- FIATARONE, M.A.; MARKS, E.C.; RYAN, N.D.; MEREDITH, C.N.; LIPSITZ, L.A.; EVANS, W.J. High-intensity strength training in nonagenarians: effects on skeletal muscle. **Journal of American Medical Association**, Chicago, v.263, p.3029-34, 1990.
- FLECK, S.J. Periodized strength training: a critical review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.13, p.82-9, 1999.
- FRONTERA, W.R.; HUGHES, V.A.; LUTZ, K.J.; EVANS, W.J. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v.71, p.644-50, 1991.
- FRONTERA, W.R.; MEREDITH, C.N.; O'REILLY, K.P.; KNUTTGEN, H.G.; EVANS, W.J. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v.64, p.1038-44, 1988.
- GROSSER, M. **Psychomotorische Schnellkoordination**. Empirische untersuchungen uber sprintverhalten. Schondorf: Hofmann, 1976.
- HADDAD, F.; ADAMS, G.R.. Selected contribution: acute cellular and molecular responses to resistance exercise. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v.93, p.394-403, 2002.
- HAKKINEN, K.; KRAEMER, W.J.; NEWTON, R.U.; ALEN, M. Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v.171, p.51-62, 2001.
- HARRE, D. **Trainingslehre**. Berlin: Sportverlag, 1974.
- HILL, D.W.; ROWELL, A.L. Responses to exercise at the velocity associated with vo2max. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.29, n.1, p.113-6, 1997.
- HOFF, J.; GRAN, A.; HELGERUD, J. Maximal strength training improves aerobic endurance performance. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, Copenhagen, v.12, p.288-95, 2002.
- JONES, A.M.; CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sports Medicine**, Auckland, v.29, n.6, p.373-86, 2000.
- JUNG, A.P. The impact of resistance training on distance running performance. **Sports Medicine**, Auckland, v.33, n.7, p.539-52, 2003.
- KOMI, P.V.; BOSCO, C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.10, p.261-5, 1978.
- KRAEMER, W.J.; RATAMESS, N.; FRY, A.C.; TRIPLETT-MCBRIDE, T.; KOZIRIS, L.P.; BAUER, J.A.; LYNCH, J.M.; FLECK, S.J. Influence of resistance training volume and periodization on physiological and performance adaptations in collegiate women tennis players. **American Journal of Sports Medicine**, Columbus, v.28, p.626-33, 2000.
- KRAMER, J.B.; STONE, M.H.; O'BRYANT, H.; CONLEY, M.S.; JOHNSON, R.L.; NIEMAN, D.C.; HONEYCUTT, D.R.; HOKE, T.P. Effects of single vs. multiple sets of weight training: impact of volume, intensity, and variation. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.11, p.143-7, 1997.
- KUBUKELI, Z.N.; NOAKES, T.D.; DENNIS, S.C. Training techniques to improve endurance exercise performances. **Sports Medicine**, Auckland, v.32, n.8, p.489-509, 2002.
- KYROLAINEN, H.; KIVELA, R.; KOSKINEN, S.; MCBRIDE, J.; ANDERSEN, J.L.; TAKALA, T.; SIPILA, S.; KOMI, P.V. Interrelationships between muscle structure, muscle strength, and running economy. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.35, n.1, p.45-9, 2003.
- LARSEN, H.B. Kenyan dominance in distance running. **Comparative Biochemistry and Physiology: Part A Molecular & Integrative Physiology**, New York, v.136, n.1, p.161-70, 2003.
- LAURSEN, P.B.; JENKINS, D.G. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. **Sports Medicine**, Auckland, v.32, n.1, p.53-73, 2002.
- LAURSEN, P.B.; SHING, C.M.; PEAKE, J.M.; COOMBES, J.S.; JENKINS, D.G. Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.34, n.11, p.1801-7, 2002.
- LETZELTER, M. **Sprinteigenschaft, wetkampf und ausdauertraining von 200m-lauferinnen der weltklasse**. Ahrensburg: Czwalina, 1975.
- LETZELTER, M. **Zur theorie der 400 m laufs**. Niedernhausen: Schots, 1979.
- LIESEN, H.; HOLLMANN, W. **Ausdaersport and stoffwechsel**. Schondord: Hofmann, 1981.
- MATWEJEW, L.P. **Periodisierung des sportlichen training**. Berlin: Bartels & Wernitz, 1974.
- MORITANI, T.; DeVRIES, H.A. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. **American Journal of Sports Medicine**, Columbus, v.58, p.115-30, 1979.

- NEWTON, R.U.; HAKKINEN, K.; HAKKINEN, A.; MCCORMICK, M.; VOLEK, J.; KRAEMER, W.J. Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older men. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.34, p.1367-75, 2002.
- POTVIN, J.R.; BENT, L.R. A validation of techniques using surface emg signals from dynamic contractions to quantify muscle fatigue during repetitive tasks. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, New York, v.7, n.2, p.131-9, 1997.
- RHEA, M.R.; BALL, S.D.; PHILLIPS, W.T.; BURKETT, L.N. A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.16, p.250-5, 2002.
- RHEA, M.R.; PHILLIPS, W.T.; BURKETT, L.N.; STONE, W.J.; BALL, S.D.; ALVAR, B.; THOMAS, A.B. A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for local muscular endurance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.17, p.82-7, 2003.
- SCHIOTZ, M.K.; POTTEIGER, J.A.; HUNTSINGER, P.G.; DENMARK, D.C. The short-term effects of periodized and constant-intensity training on body composition, strength and performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.12, p.173-8, 1998.
- SCHMIDTBLEICHER, D. **Maximalkraft und bewegungsschnelligkeit**. Wiesbaden: Limpert, 1980.
- TURNER, A.M.; OWINGS, M.; SCHWANE, J.A. Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.17, n.1, p.60-7, 2003.
- WESTON, A.R.; MBAMBO, Z.; MYBURGH, K.H. Running economy of African and Caucasian distance runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.32, n.6, p.1130-4, 2000.
- WILLOUGHBY, D.S. Training volume equated: a comparison of periodized and progressive resistance weight training programs. **Journal of Human Movement Studies**, London, v.21, p.233-48, 1991.
- ZACIORSKI, V.M. **Die körperlichen eigenschaften des sportlers**. Berlin: Bartels & Wernitz, 1972.

ENDEREÇO
Valdir José Barbanti
Depto. de Esporte
Escola de Educação Física e Esporte /USP
Av. Prof. Mello Moraes, 65
05508-900 - São Paulo - SP - BRASIL