



EFEITO DO TREINAMENTO CONCORRENTE NO DESENVOLVIMENTO DA FORÇA MOTORA E DA RESISTÊNCIA AERÓBIA

Anderson Caetano Paulo

Centro Universitário Nove de Julho e

Centro Universitário Santanense de Ensino Superior

Eduardo Oliveira de Souza

Universidade de São Paulo

Gilberto Laurentino

Universidade Paulista e

Faculdades Integradas Guarulhos

Carlos Ugrinowitsch

Universidade de São Paulo

Valmor Tricoli

Universidade de São Paulo

Resumo: Parece haver uma interferência negativa no desempenho quando se combina a resistência aeróbia e a força num mesmo período de treinamento. Essa combinação é denominada de treinamento concorrente (TC) e há três hipóteses que tentam explicar esse fenômeno: a hipótese crônica; o overtraining; e a hipótese aguda. Diante disso, essa revisão tem como objetivo rever as implicações práticas do TC para possível atenuação do efeito dessa interferência.

Palavras-chave: treinamento; força; resistência aeróbia

THE EFFECT OF CONCURRENT TRAINING IN PERFORMANCE OF STRENGTH AND ENDURANCE

Abstract: It seems there is a negative interference in the performance when endurance and strength training are combined on the same training period. This combination is called Concurrent Training (CT). There are three hypotheses that try to explain this phenomenon: the chronic hypothesis; the overtraining hypothesis, and the acute hypothesis. This paper has the objective to review the practical implications of the CT and the possible attenuation of the interference effect.

Keywords: strength training; endurance training; concurrent training

INTRODUÇÃO

Várias modalidades esportivas exigem a estruturação de programas de treinamento que combinem a força e a resistência aeróbia para a otimizar seu rendimento em jogos e competições. Essa otimização depende do tipo, da intensidade, da duração e da frequência de treinamento. No entanto, além dessas variáveis de carga de treinamento, o desenvolvimento específico da resistência aeróbia ou da força também depende se elas estão combinadas no mesmo período de treinamento.

A literatura internacional tem adotado com frequência a terminologia treinamento concorrente (TC) para se referir aos programas que combinam treinamento de força (TF) e de resistência aeróbia (TRA) num mesmo período de tempo, assim como as possíveis adaptações antagônicas produzidas pelo treinamento dessas duas capacidades motoras (Bell et al., 2000; Hakkinen et al., 2003; McCarthy et al., 2002).

Leveritt et al. (1999) apresentaram em sua revisão três possíveis mecanismos relacionados ao efeito da concorrência, que foram: a) a hipótese crônica, na qual se propõe a idéia que algumas adaptações morfo-funcionais ocasionadas pelo treinamento exclusivo da resistência aeróbia são distintas quando comparadas ao treinamento de força per se; b) o overtraining, isto é, o organismo não assimilaria um grande volume de treinamento para as duas capacidades motoras; c) hipótese aguda, na qual após uma sessão de treinamento de resistência aeróbia haveria uma fadiga residual que comprometeria o treino de força na sessão subsequente.

Isto posto, essa revisão tem como objetivo compreender os mecanismos que afetam o TC e propor diretrizes para a elaboração de programas de treinamento que amenizem o fenômeno da concorrência, já que a literatura nacional carece de artigos que abordem essa temática (Paulo & Forjaz, 2001).

HIPÓTESE DO EFEITO CRÔNICO

Baseado no princípio da especificidade, o TF provoca adaptações morfo-funcionais específicas e diferenciadas quando comparadas às adaptações que advêm do TRA (Hass et al., 2001). Em geral, as adaptações resultantes de um programa de TF incluem aumento da massa corporal magra, aumento da massa óssea, melhora na coordenação inter- e intra-muscular (Dudley & Fleck, 1987) e aumento da área de secção transversal das fibras musculares do tipo I, IIa e IIb (Hakkinen et al., 2003).

Já o TRA aumenta o consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx), a atividades das enzimas oxidativas, os estoques de glicogênio intramuscular, a densidade e capacidade mitocondrial dos músculos, melhora a capacidade de difusão pulmonar, o débito cardíaco, a densidade capilar e o controle da saturação da hemoglobina (Hakkinen et al., 2003).

Docherty e Sporer (2000) levantaram a hipótese de que, dependendo da intensidade do TRA, as adaptações podem ser mais centrais ou periféricas. Isto é, em intensidades mais baixas de treinamento (60-80% do VO_2 max), as adaptações fisiológicas parecem ocorrer mais no componente central (adaptação cardiovascular). Já as adaptações periféricas predominariam quando o organismo entrasse em um estado de hipóxia muscular durante o exercício aeróbio de alta intensidade (> 90% do VO_2 max).

Na mesma revisão, Docherty e Sporer (2000) também sugerem que a especificidade do TF resultaria em adaptações centrais ou periféricas. Isto é, TF de alta intensidade (1-5RM) resultaria melhorias no componente central (adaptação neural). Já o TF envolvendo programas com intensidades menores (8-12RM) também estariam relacionados às adaptações periféricas.

Kraemer et al. (1995) sugerem que para estimular a hipertrofia muscular, a carga tem de ser abaixo de 90% de um 1RM. Os mesmos autores sugerem que programas de treinamento que utilizem altas cargas e baixo volume (1-6 RM) promoveriam uma maior adaptação neural. Por outro lado, sugerem que a hipertrofia muscular é produzida com cargas mais baixas e maior volume (8-12 RM), ocorrendo assim um aumento da síntese de proteína na fibra muscular.

Nelson et al. (1990) descreveram que esses diferentes programas de TF combinados com programas de TRA podem recrutar diferentes tipos de unidades motoras. O TRA de alta intensidade (> 90% VO_2 max) recrutaria mais as unidades motoras compostas de fibras do tipo II. Já os protocolos de TF acima de 70% de 1RM também recrutariam as fibras do tipo II. Sendo assim, a combinação desses dois protocolos pode produzir um estresse maior no mesmo tipo de fibra, não lhe dando um tempo adequado para adaptar-se ao aumento de força e da resistência aeróbia.

Associando esses fatores, Docherty e Sporer (2000) propuseram um modelo de treinamento onde o fenômeno de concorrência seria potencializado. Isto é, protocolos de TF utilizando ao redor de 8 a 12RM combinados com TRA de intensidade de 95-100% VO_2 max causariam adaptações periféricas que estariam relacionadas com o efeito da concorrência.

Todavia o modelo apresentado não se mostra totalmente efetivo, pois estudos que combinaram programas de TC fora dessa zona de interferência também demonstraram efeito de concorrência. Hickson (1980) estruturou exercícios que envolviam séries de 5RM e demonstrou uma atenuação no desenvolvimento da força; já Bell et al. (1997) programaram exercícios de 2-10 RM combinados com exercícios aeróbios intervalados de alta intensidade e não demonstraram nenhum efeito de concorrência.

De fato nos estudos de TC há uma grande variação dos programas treinamento que demonstram resultados controversos (Leveritt et al., 1999). Esses dados nos levam a concluir que não é somente uma zona de treinamento que explicaria o efeito da interferência no TC.

Há muito tempo se evidencia que o TF pode causar decréscimo na densidade capilar (Schantz, 1983) e na densidade mitocondrial (Macdougall et al., 1979). Esses são fatores que poderiam prejudicar o desempenho da resistência aeróbia. Por outro lado, Sale et al. (1990a) demonstraram que o TRA causaria uma atenuação da hipertrofia muscular, sendo esse um fator que poderia prejudicar o aumento da força.

Recentemente, Putman et al. (2004) demonstraram que o TC resultou numa maior transição de fibras rápidas para lentas e que também houve uma atenuação da hipertrofia das fibras musculares do tipo I quando comparado ao TF isolado. Além disso, Green et al. (1999) demonstraram haver uma conversão mais evidenciada no *continuum* das fibras musculares para o tipo IIa e uma redução mais acentuada nas fibras tipo IIb quando comparado às adaptações do TRA isolado.

Na hipótese crônica do TC, acredita-se que as adaptações ocasionadas pelo treinamento dessas duas capacidades motoras de forma isolada é que causariam o efeito de diminuição na força ou no rendimento aeróbio uma vez que algumas dessas adaptações podem ser consideradas como antagonicas para o rendimento dessas capacidades.

HIPÓTESE DO OVERTRAINING

No estudo clássico de Hickson (1980) três grupos treinaram por 10 semanas. O primeiro grupo realizava apenas TF, o segundo realizava apenas TRA, e o terceiro grupo realizava a combinação de ambos os treinos caracterizando o TC. Comparado ao pré-treino notou-se um aumento de força nos grupos TF e TC, no entanto o grupo TC atingiu um platô no aumento de força (31%) na oitava semana e apresentou um decréscimo (25%) no final do estudo, enquanto o grupo TF apresentava um aumento de 44% em relação ao pré-treino.

Alguns autores levantam a hipótese de que essa amenização e queda de força encontradas em alguns protocolos de TC podem ocorrer devido a um efeito de *overtraining* ou excesso de treinamento. (Dudley & Fleck, 1987; Hunter et al., 1987). Hickson (1980) submeteu sujeitos não atletas a um treinamento intenso e diário, sendo cinco dias de TF e seis dias de TRA, por semana. Dudley e Fleck (1987) criticaram esse protocolo, uma vez que a queda da força observada pelo autor poderia ser causada por *overtraining*, pois uma sessão de TRA poderia diminuir o estoque de glicogênio e alterar as propriedades mecânicas do músculo, prejudicando o rendimento durante o treino de força. Além disso, a somatória das cargas resultaria num volume de treinamento elevado gerando um estado de fadiga. Nesse sentido a falta de recuperação adequada pode gerar o efeito da concorrência.

Bell et al. (1997) submeteram um grupo de remadores a um programa de TC com uma frequência de três vezes por semana e não houve diferença na força quando comparado ao grupo de TF. Possivelmente, essa frequência de treinamento foi suficiente para o sujeito não entrar em estado de *overtraining*.

Kraemer et al. (1995) sugerem que apenas um alto volume de TC seria capaz de criar ambiente catabólico levando o sujeito ao estado de *overtraining*. Nesse sentido outros estudos também demonstraram que programas de TC com frequência de três vezes por semana pode não ser suficiente para criar esse ambiente catabólico a fim de interferir no desempenho da força (McCarthy et al., 1995; McCarthy et al., 2002; Sale et al., 1990a).

Por outro lado, Dudley e Djamil (1985) demonstraram efeito de concorrência com um treinamento de apenas três vezes por semana em sujeitos não atletas. Desta forma, parece então que o estado de treinamento também está associado ao aparecimento do efeito da concorrência.

Corroborando com essa hipótese, Hunter et al. (1987) demonstraram que um grupo de corredores de longa distância destreinados em força não sofreu efeito da concorrência como aconteceu no grupo de sedentários que fizeram o mesmo protocolo de três vezes por semana de TC.

Existem vários marcadores de *overtraining* que têm sido utilizados para identificar se a carga de treinamento está ou não adequada a um determinado grupo de sujeitos. Entretanto, as respostas endócrinas da testosterona e do cortisol têm sido as mais usadas como marcadores de anabolismo e catabolismo nos programas de TC (Bell et al., 1997; Kraemer, et al., 1995; McCarthy et al., 2002). Quando se trata do TRA observa-se que o nível de testosterona não tem uma resposta homogênea. Há estudos que demonstraram aumento, outros apresentaram diminuição ou manutenção da concentração desse hormônio quando comparados a valores pré- treinamento (Blazevich & Giorgi, 2001; Hackney et al. 1995; Tabata et al. 1990). Já o TF tem demonstrado alteração na razão testosterona/cortisol, a favor do anabolismo, ou seja, um maior aumento na concentração de testosterona quando comparada a concentração de cortisol (Kraemer et al., 1995).

Kraemer et al. (1995) submeteram 40 militares a um protocolo de TC, considerado por eles de alto volume e intensidade. Os sujeitos foram divididos em quatro grupos: o grupo S que treinou somente força, o grupo E que treinou apenas a resistência aeróbia; o grupo C que realizou o TC; o grupo UC, que também realizou o TC, porém com treinamento de força constituído apenas de exercícios para membros superiores. Ao final de 12 semanas os autores observaram que o nível de repouso de testosterona permaneceu inalterado nos grupos UC, E e S, ocorrendo um aumento significativo no grupo C na 12ª semana de treinamento. Por outro lado, houve um aumento nos níveis de cortisol nos grupos C, UC e E deixando a razão testosterona/cortisol em um estado catabólico. Apenas o grupo S demonstrou reduções significantes no nível de cortisol, criando um estado anabólico. Os autores concluíram que um grande volume de TC, durante 12 semanas, pode resultar em um indesejável aumento no nível de cortisol, o qual poderia comprometer os ganhos de força, potência e massa musculares.

A questão do gênero também deve ser levada em consideração quando protocolos de TC são usados, pois o nível de cortisol se apresenta mais elevado nas mulheres quando comparado com os homens submetidos ao mesmo protocolo de treinamento (Bell et al., 1997; Bell et al., 2000).

Alguns autores têm sugerido que mulheres podem ser hipercortisólicas (Roelfsema et al., 1993; Tsai et al., 1991), e este fenômeno poderia ser potencializado com o protocolo de TC (Bell et al., 2000). Além disso, a ausência de alteração no nível de testosterona, associado ao nível elevado de cortisol em mulheres, levaria a uma diminuição da razão testosterona/cortisol criando estado favorável para o aparecimento do *overtraining*.

Sendo assim, torna-se necessário considerar o nível de treinamento, gênero, e períodos de recuperação suficientes na montagem de protocolos de TC para que os sujeitos não entrem no estado de *overtraining*.

HIPÓTESE DO EFEITO AGUDO

Alguns autores acreditam que o comprometimento no desenvolvimento da força durante o TC tenha como origem a fadiga aguda causada pelo componente aeróbio do treinamento (Craig et al., 1991; Abernethy, 1993). O efeito agudo do exercício aeróbio prejudicaria o grau de tensão desenvolvido durante a sessão de TF. Conseqüentemente, o estímulo para o desenvolvimento de força seria menor, quando comparado com a sessão de força não precedida por atividade de caráter aeróbio.

Num dos poucos trabalhos que avaliaram a interferência aguda de diferentes cargas de caráter aeróbio na produção de força máxima, Leveritt e Abernethy (1999) verificaram a influência na produção de força de membros inferiores no exercício agachamento após uma atividade intermitente realizada no cicloergômetro em intervalos de cinco minutos. O teste de força consistia de três séries de repetições até a fadiga, com uma carga equivalente a 80% de IRM. Houve diminuição significativa no número de repetições máximas quando comparado com a sessão controle sem a atividade aeróbia. O número de repetições, por série, na condição controle e na condição experimental foram respectivamente: $13,83 \pm 5,71$ e $8,83 \pm 2,99$; $11,17 \pm 4,45$ e $8,17 \pm 3,6$; $10,17 \pm 5,04$ e $8,83 \pm 3,54$. Os autores concluíram que a queda aguda na produção de força após o exercício aeróbio pode comprometer o desenvolvimento de força durante o TC.

Craig et al. (1991) também relataram que o desenvolvimento de força dos membros inferiores foi comprometido quando os indivíduos realizavam sessões de corrida antes das sessões de treino de força, no entanto isso não ocorreu nos membros superiores. Os autores sugeriram que o desenvolvimento de força dos membros inferiores foi comprometido, devido à fadiga induzida pelo exercício aeróbio. Já Abernethy (1993) submeteu dois grupos a cargas de exercício aeróbio, uma contínua e outra intervalada. Os dois grupos demonstraram uma diminuição significativa de 4% no teste de IRM no exercício de extensão dos joelhos após o exercício aeróbio.

Corroborando com os estudos anteriores, Sporer e Wenger (2003) também verificaram uma redução no número máximo de repetições a 75% de IRM até oito horas depois de dois tipos de atividade aeróbia (intervalado com alta intensidade e contínuo com intensidade moderada). Os autores também demonstraram que houve uma recuperação completa após 24 horas de descanso da atividade aeróbia para o teste de repetições máximas.

A queda na produção de força tem sido atribuída a muitos fatores, desde a falta de tempo para musculatura se recuperar (Craig et al., 1991; Sporer & Wenger, 2003) até a diminuição na sua ativação (Bentley et al., 2000). Bentley et al. (2000) reportaram não só uma queda na produção de força imediatamente e seis horas após o exercício aeróbio realizado em cicloergômetro, mas também um aumento no déficit de ativação muscular em ciclistas.

Por outro lado, também há estudos controversos em relação à interferência aguda. Leveritt et al. (2000) não acharam queda significativa na produção de força em universitários, com exercício de força sendo realizado oito e 32 horas após 50 min de atividade aeróbia em cicloergômetro com cargas variando de 70 a 110% da potência crítica.

Diante dessa hipótese aguda, a ordem da sessão do TF e do TRA dentro do treinamento concorrente poderia afetar o desenvolvimento de uma capacidade ou de outra. Com essa preocupação, Collins e Snow (1993) procuraram verificar se a ordem das sessões interferiria no desenvolvimento da força ou da resistência aeróbia. Os autores estruturaram um protocolo de treinamento de três vezes por semana, no qual um grupo fazia primeiro o TF seguido do TRA e o outro grupo fazia o inverso. Os resultados revelaram que ambos os grupos não apresentaram diferenças estatísticas no desempenho da força e da resistência aeróbia, independente da ordem das sessões.

No entanto, existem evidências demonstrando que o efeito agudo do exercício aeróbio pode inibir a qualidade do treinamento nos exercícios de força aplicados subsequente (Abernethy, 1993; Craig et al., 1991; Leveritt & Abernethy, 1999). Porém, não está claro se esta redução aguda após a sessão aeróbia é um fator determinante no desenvolvimento de força atípico durante o TC. Mais estudos investigando a ordem das sessões e o tempo de recuperação adequado, se faz necessário para melhor compreensão dessa hipótese.

FORMAS DE ATENUAR O EFEITO DA CONCORRÊNCIA

Sale et al. (1990b) compararam as respostas adaptativas ao TC tendo sessões de TF e TRA no mesmo dia e em dias alternados. Para equalizar o volume e a intensidade do protocolo dividiu-se dois grupos: o primeiro Grupo A-2d treinava duas vezes por semana sendo que as sessões de TF e TRA eram treinadas num único dia; o segundo Grupo B-4d treinava quatro vezes por semana sendo que as sessões de TF e TRA eram em dias alternados. O Grupo B-4d em relação ao Grupo A-2d aumentou significativamente a força máxima (+25% vs +13%) e o número de repetição a 80% de 1RM até a fadiga (+64% vs +39%). Já a melhora do VO_{2max} foi similar nos dois grupos (+5% vs +2%).

Nesse estudo, Sale et al. (1990b) alertam que o TC no mesmo dia pode causar prejuízo no desenvolvimento da força, conforme defende a hipótese aguda. Esse estudo demonstra que a “qualidade” da sessão do TF pode ser prejudicada quando se treina o componente aeróbio no mesmo dia. Os autores acreditam que o estímulo aeróbio poderia estar causando diferentes adaptações no sistema nervoso, pois a área de secção transversal (AST) do músculo não foi diferente nos dois protocolos. Isto é, uma vez que eles não acharam diferenças na AST entre os dois grupos, eles especularam a causa do efeito de concorrência encontrada como um fator neural. No entanto, não se exclui a possibilidade que a atenuação na produção força durante o TC tenha como causas o fator metabólico e o hormonal.

Fortalecendo a possível mudança no padrão de ativação parece que o efeito da concorrência é maior no desenvolvimento da potência. Dudley e Djamil (1985) e Kraemer et al. (1995) demonstraram que os efeitos do TC são maiores quando a força é desenvolvida em alta velocidade. Dudley e Djamil (1985), utilizando altas velocidades de contração concêntrica no dinamômetro isocinético, demonstraram que o grupo TC melhorou menos que o grupo TF isolado.

Há muito tempo tem se evidenciado que a TRA pode afetar negativamente a força rápida. Na década de 70, por exemplo, ONO et al. (1976) apud Nelson et al. (1990) demonstraram que o TRA isolado diminuiu a altura do salto vertical máximo em corredores. Neste sentido, parece ser interessante não realizar o TC em períodos que se queira melhorar a força rápida.

A INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO CONCORRENTE NA RESISTÊNCIA AERÓBIA E RESISTÊNCIA DE FORÇA

Apenas Nelson et al. (1990) encontraram efeito de concorrência no VO_{2max} ao se comparar o grupo de TC com o grupo de TRA. No entanto, esse estudo não pode ser ignorado porque a maior parte dos estudos de TC submeteu seus sujeitos a um curto período de treinamento (10 a 12 semanas) e estudo teve a duração de 20 semanas. Nelson et al. (1990), a exemplos dos outros estudos, também não observaram diferença estatisticamente significativa do VO_{2max} entre os grupos TC e TRA até a décima primeira semana (47,0 e 50,0 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, respectivamente). Porém, a partir desse período até a vigésima semana a melhora dessa variável foi bem mais acentuada no grupo TRA aparecendo o efeito da concorrência no grupo TC comparado ao TRA (48,8 e 54,7 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, respectivamente).

Leveritt et al. (1999) especularam que a causa do aparecimento da concorrência no estudo do Nelson et al. (1990) foi porque o treinamento de força antecedeu a sessão de treinamento aeróbio. No entanto, Collins e Snow (1993) não demonstraram diferença no desenvolvimento aeróbio no grupo em que a sessão de força antecedia a sessão aeróbia após sete semanas de TC. Além disso, se o estudo de Nelson et al. (1990) tivesse terminado na semana onze, os seus achados seriam similares a todos os outros. Portanto, parece que esse fator temporal também deve ser considerado no TC para analisar o efeito da concorrência no rendimento da resistência aeróbia.

Uma dificuldade de observar se existe algum efeito de concorrência no desempenho da resistência aeróbia se deve ao fato de haver uma variabilidade no critério de aptidão física aeróbia utilizada nos diversos estudos. São utilizados, como referência, o VO_2 máx, o limiar anaeróbio (Lan) ou o teste de exaustão em % VO_2 máx, podendo não ocorrer melhoras no VO_2 máx após um período de treinamento, enquanto são vistas melhoras significantes no Lan e no teste de exaustão (Marcinick et al., 1991).

Para comprovar isso, o estudo de Paavolainen et al. (1999) constatou em corredores de 5 km, que apesar da medida do VO_2 max dos atletas não aumentar com um incremento do treinamento de força rápida houve uma melhora no tempo de corrida do grupo TC quando comparado ao grupo TRA isolado. Millet et al. (2002) também mostraram que o TF de alta intensidade produziu uma influência positiva na economia de corrida e na velocidade do VO_2 máx em triatletas bem treinados após 10 semanas de treinamento. Esses resultados sugerem que o sistema nervoso tem um importante papel na regulação da tensão viscoelástica do músculo (*stiffness*), e a utilização dessa adaptação no ciclo alongamento-encurtamento durante a corrida aumentaria a sua velocidade. Dalleau et al. (1998) observaram que o custo energético na corrida está significativamente relacionado à tensão viscoelástica do músculo (*stiffness*) na fase de propulsão da perna, ocasionando um menor tempo de contato com o solo e conseqüentemente aumentando a velocidade de deslocamento dos sujeitos.

Hickson et al. (1988) também demonstraram que o TC permitiu aos sujeitos suportar por mais tempo uma atividade aeróbia no cicloergômetro sem o aumento concomitante do VO_2 máx. Os pesquisadores sugeriram que um aumento na força dos membros inferiores pode melhorar o tempo para atingir a exaustão pela diminuição da proporção da força máxima requerida para cada pedalada. Isto, teoricamente, aumentaria a participação das fibras do tipo I e retardaria o recrutamento maior das fibras glicolíticas do tipo II que são as fibras que fadigam mais rapidamente.

Apesar das mudanças metabólicas causadas pelo TC necessitarem de mais investigação, especula-se que esse fenômeno também está relacionado a uma maior resistência à produção de lactato e ao aumento da atividade das enzimas citrato quinase e mioquinase, as quais contribuem para acelerar as reações do metabolismo aeróbio (Holloszy & Coyle, 1984). Estes resultados podem indicar que os fatores limitantes do desempenho da resistência aeróbia podem ser mais fortemente relacionados com fatores periféricos e neurais do que com fatores centrais como o consumo máximo de oxigênio.

Já Sale et al. (1990a) elaboraram um programa de treinamento no qual o grupo A treinava apenas força numa perna e TC na outra perna e o grupo B treinava apenas resistência aeróbia numa perna e TC na outra perna. O grupo A aumentou mais a resistência de força a 80% de IRM até a fadiga na perna TC quanto comparada à perna que treinou apenas força (152% e 81%, respectivamente). O grupo B também aumentou mais a resistência de força a 80% de IRM até a fadiga na perna TC quanto comparada a perna que treinou apenas resistência aeróbia (157% e 60%, respectivamente). Esses dados vêm demonstrar a importância do TC para a manutenção de rendimento em exercícios nos quais a resistência de força está presente. E parece que para nesse tipo de atividade não há efeito de concorrência quando comparado ao TRA isolado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nos estudos apresentados pode-se concluir que o rendimento esportivo durante jogos e competições pode ser altamente afetado com a aplicação de protocolos de TC, ou seja, a correta manipulação da força e da resistência aeróbia é essencial para obtenção da máxima performance sem ter queda no rendimento em nenhuma dessas capacidades durante uma periodização do treinamento.

Diante disso, pode-se fazer algumas considerações de aplicação prática na elaboração de protocolos de TC com diferentes objetivos:

- 1-nenhum dos estudos apresentados demonstrou haver efeito de concorrência na resistência aeróbia até a décima semana de treinamento. Os programas de TC se mostraram mais efetivos para melhorar a resistência de força, o tempo de exaustão numa atividade aeróbia e a velocidade da corrida de longa distância quando comparados ao treinamento exclusivo de força ou de resistência aeróbia. Portanto, se o objetivo do treinamento é a melhora desses fatores, o TC é essencial.
- 2-por outro lado, se o objetivo for a melhora da força máxima, ou da potência muscular deve-se tomar alguns cuidados na estruturação do treinamento como: a) treinar força e resistência aeróbia em dias alternados; b) se a sessão de treinamento das duas capacidades motoras for no mesmo dia (não é indicado), treinar a sessão de força primeiro e deixar para treinar força dos membros superiores no dia da sessão aeróbia; c) procurar não treinar o TC na zona de interferência proposta por Docherty & Sporer (2000); d) se o TC for com um grupo feminino os intervalos de descanso devem ser maiores uma vez que elas podem ser hipercortisólicas.

Por último, independentemente do objetivo do treinamento é necessário identificar o estado de treinamento do sujeito, pois as pesquisas também demonstraram que sujeitos destreinados parecem ser mais suscetíveis ao efeito da concorrência.

REFERÊNCIAS

- ABERNETHY, P.J. Influence of acute endurance activity on isokinetic strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*. v.7, n.3, p.141-146, 1993.
- BELL, G.J.; PETERSEN, S.R.; WESSEL, J.; BAGNALL, K.; QUINNEY, H.A. Adaptations to endurance and low velocity resistance training performed in a sequence. *Canadian Journal Sports Science*, v.16, n.3, p.186-192, 1991.
- BELL, G.J.; SYROTUIK, D.; MARTIN, T.P.; BURNHAM, R.; QUINNEY, H.A. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *European Journal Applied Physiology*, v.81, n.5, p.418-427, 2000.
- BELL, G.J.; SYROTUIK, D.; SOCHA, T.; MACLEAN, I.; QUINNEY, H.A. Effect of strength training and concurrent strength and endurance training on strength, testosterone, and cortisol. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v.11, n.1, p.57-64, 1997.
- BENTLEY, D.J.; SMITH, P.A.; DAVIE, A.J.; ZHOU, S. Muscle activation of the knee extensors following high intensity endurance exercise in cyclist. *European Journal Applied Physiology*, v.81, n.4 p.297-302, 2000.
- BLAZEVIČH, A.J.; GIORGI, A. Effect of testosterone administration and weight training on muscle architecture. *Medicine and Science in Sports and Exercises* v.33, n.10, p.1688-1693, 2001.
- COLLINS, M.A.; SNOW, T.K. Are adaptations to combined endurance and strength training affected by sequence of training? *Journal of Sports Sciences*, v. 11, n.6, p.485-491, 1993.
- CRAIG, B.W.; LUCAS, J.; POHLMAN, R. The effects of running, weightlifting and a combination of both on growth hormone release. *Journal of Applied Sport Science Research*, v.5, n.4, p.198-203, 1991.

- DALLEAU, G.A.; BELLI, A.; BOURDIN, M.; LACOUR, J.R. The spring-mass model and the energy cost of treadmill running. *European Journal of Applied Physiology*, v. 77, n.3, p. 257-263, 1998.
- DOCHERTY, D.; SPORER, B. A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. *Sports Medicine*, v. 30, n. 6, p. 385-394, 2000.
- DUDLEY, G. A.; DJAMIL, R. Incompatibility of and strength-training nodes of exercise. *Journal of Applied Physiology*, v.59, n. 5, p.1446-1451, 1985.
- DUDLEY, G.A.; FLECK, S.J. Strength and Endurance Training: are they mutually exclusive? *Sports Medicine*, v. 4, n.2, p.79-85, 1987.
- GREEN, H.; GOREHAM, C.; OUYANG, J.; BALL-BURNETT, M.; RANNEY, D. Regulation of fiber size, oxidative potential, and capillarization in human muscle by resistance exercise. *American Journal Physiology*, v.276, n.2, p. 591- 596, 1999.
- HACKNEY, A.C.; PREMO, M.C.; McMURRAY, R.G. Influence of aerobic versus anaerobic exercise on the relationship between reproductive hormones in men. *Journal of Sports Science*, v.13, n.4, p.305-311, 1995.
- HAKKINEN, K; ALEN, M.; KRAEMER, W.J.; GOROSTIAGA, E.; IZQUIERDO, M.; RUSKO, H.; MIKKOLA, J.; HAKKINEN, A.; VALKEINEN, H.; KAARAKAINEN, E.; ROMU, S.; EROLA, V.; ATHIAINEN, J.; PAAVOLAINEN, L. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European Journal Applied Physiology*, v. 89, n.1, p. 42-52, 2003.
- HASS, C.J.; GARZARELLA, L.; HOYOS, D.; POLLOCK, M.L. Concurrent improvements and cardiorespiratory and muscle fitness in response to total body recumbent stepping in humans. *European Journal Applied Physiology*, v. 85, n.1-2, p. 157-163, 2001.
- HICKSON, R.C. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European Journal of Applied Physiology*, v.45, n.2-3, p. 255-263, 1980.
- HICKSON, R.C.; DVORAK, B.A.; GOROSTIAGA, E.M.; KUROWSKI, T.T.; FOSTER, C. Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, v.65, n.5, p. 2285-2290, 1988.
- HOLLOSZY, J.O.; COYLE, E.F. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of Applied Physiology*, v.56, n.4, p. 831-838, 1984.
- HUNTER, G.R.; DEMMENT, R.; MILLER, D. Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. 27, n.3, p. 269-275, 1987.
- KRAEMER, W.J.; PATTON, J.F.; GORDON, S.E.; HARMAN, E.A.; DESCHENES, M.R.; REYNOLDS, K.; NEWTON, R.U.; TRIPLETT, N.T.; DZIADOS, J.E. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, v.78, n.3, p. 976-989, 1995.
- LEVERITT, M.; ABERNETHY, P.J. Acute effects of high-intensity endurance exercise on subsequent resistance activity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v.13, n.1, p. 47-51, 1999.
- LEVERITT, M. A.; ABERNETHY, P.J.; BARRY, B.K.; LOGAN, P.A. Concurrent Strength and Endurance Training. *Sports Medicine*, v. 28, n.6, p. 413-427, 1999.
- LEVERITT, M.; ABERNETHY, P.J.; BARRY, B.K.; LOGAN, P.A. Concurrent Strength and Endurance Training: the influence of dependent variable selection. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v.17, n.3. p. 503-508, 2003.
- LEVERITT, M.; MacLAUGHLIN, H.; ABERNETHY, P.J. Changes in leg strength 8 and 32h after endurance exercise. *Journal of Sports Science*, v.18, n.11, p.865-871, 2000.
- MacDOUGALL, J.D.; SALE, D.G.; MOROZ, J.R.; ELDER, G.C.; SUTTON, J.R.; HOWALD H. Mitochondrial volume density in human skeletal muscle following heavy resistance training. *Medicine and Science in Sports*, v.11, n.2, p. 164-166, 1979.

MARCINIK E.J.; POTTS J.; SCHLABACH G.; WILL S.; DAWSON P.; HURLEY, B.F. Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.23, n.6, p. 739-43, 1991.

McCARTHY, J.P.; AGRE, J.C.; GRAF, F.K.; POZNIAK, M.A.; VAILAS, A.C. Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercises*, v. 27, n.3, p. 429-436, 1995.

McCARTHY, J.P.; POZNIAK, M.A.; AGRE, J.C. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 34, n.3, p. 511-519, 2002.

MILLET, P.G.; JAOUEN, B.; BORRANI, F.; CANDAU R. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO₂ kinetics. *Medicine Science and Sports Exercise*, v. 34, n. 8, 1351-1359, 2002.

NELSON, A.G.; ARNALL, D.A.; LOY, S.F.; SILVESTER, L.S.; CONLEE, R.K. Consequences of combining strength and endurance training regimens. *Physical Therapy*, v. 70, n. 5, p. 287-294, 1990.

PAAVOLAINEN, L.; HAKKINEN, K.; HAMALAINEN, I.; NUMMELA, A.; RUSKO, H. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*, v.86, n.5, p. 1527-1533, 1999.

PAULO, A.C.; FORJAZ, C.L.M. Treinamento físico de endurance e de força máxima: adaptações cardiovasculares e relações com a performance esportiva. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, v.22, n.2, p. 99-114, 2001.

PUTMAN, C.T.; XU, X.; GILLIES, E.; MacLEAN, I.M.; BELL, G.J. Effects of strength, endurance and combined training on myosin heavy chain content and fibre-type distribution in humans. *European Journal Applied Physiology*, v.92, n.4, p. 376-384, 2004.

ROELFSEMA F.G.; VAN DEN BERG, G.; FROLICH, M.; VELDHIJ, J.D.; VAN EIJK, A.; BUURMAN, M.M.; ETMAN, B.H. Sex-dependent alterations in cortisol responses to endogenous adrenocorticotropin. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, v.77, n.1, p.234-240, 1993.

SALE, D.G.; MacDOUGALL, J.D.; JACOBS, I.; GARNER, S. Interaction between concurrent strength and endurance training. *Journal of Applied Physiology*, v.68, n.1, p. 260-270, 1990a.

SALE, D.G.; JACOBS, I.; MacDOUGALL, J.D.; GARNER, S. Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.22, n. 3, p. 348-356, 1990b.

SCHANTZ, P.G. Capillary supply in heavy-resistance trained nonpostural human skeletal muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*, v.117, n.1, p.153-155, 1983.

SPORER, B.C.; WENGER, H.A. Effects of aerobic exercise on strength performance following various periods of recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v.17, n.4, p. 188-192, 638-644, 2003.

TABATA, I.; ATOMI, Y.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. Effect of physical training on the responses of serum adrenocorticotrophic hormone during prolonged exhausting exercise. *European Journal Applied Physiology*, v.61, n.4, p.188-192, 1990.

THOMAS, J.R.; SALAZAR, W.; LANDERS, D.M. What is missing in p less than .05? Effect size. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v. 62, n.3, p. 344-348, 1991.

TSAI, L.; JOHANSSON, C.; POUSETTE, A.; TEGELMAN, R.; CARLSTROM, K.; HEMMINGSSON P. Cortisol and androgen concentrations in female and male elite endurance athletes in relation to physical activity. *European Journal Applied Physiology*, v.63, n.3-4, p.308-311, 1991.

Contatos

Centro Universitário Nove de Julho
Centro Universitário Santanense de Ensino Superior
Rua Marangone, 124, São Paulo São Paulo SP CEP.: 03737 040
E-mail: acpaulo@usp.br

Tramitação
Recebido em junho/2005
Aceito em: agosto/2005