

Samuel Alves Braga Maciel de Oliveira

**EFEITOS DO TREINAMENTO AERÓBICO ANTES E  
DEPOIS DO TREINAMENTO DE FORÇA SOBRE A  
FORÇA DOS MEMBROS INFERIORES**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL  
BELO HORIZONTE  
2012

Samuel Alves Braga Maciel de Oliveira

**EFEITOS DO TREINAMENTO AERÓBICO ANTES E  
DEPOIS DO TREINAMENTO DE FORÇA SOBRE A  
FORÇA DOS MEMBROS INFERIORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Educação Física.

Orientador: Dr. Luciano Sales Prado

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, que está comigo em todos os momentos da minha vida e que nunca irá me abandonar. Agradeço também a dois colegas de sala, dois parceiros, dois amigos, que foram um exemplo para mim na minha graduação e que me ajudaram a finalizar meu trabalho de conclusão de curso, Vanessa Anício e Alexandre Hudson. Não posso deixar de agradecer minha família que sempre me apoiou em todas minhas decisões e nunca me abandonou, e aos meus amigos que estão do meu lado em todos os momentos da minha vida. E finalizando, um obrigado ao meu orientador Professor Doutor Luciano Sales Prado.

## **Sumário**

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>7</b>
<b>3. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>8</b>
<b>4. MÉTODOS .....</b>	<b>9</b>
4.1 FIBRAS MUSCULARES .....	9
4.2 TREINAMENTO DE FORÇA .....	10
4.2.1 Noções fisiológicas .....	10
4.3 TREINAMENTO AERÓBICO.....	13
4.3.1 Noções fisiológicas .....	13
4.4 TREINAMENTO CONCORRENTE .....	14
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>22</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Vale destacar a importância do discernimento entre o conceito de atividade física que é uma expressão genérica que pode ser definida como qualquer movimento corporal, produzido pelos músculos esqueléticos, que resulta em gasto energético maior do que os níveis de repouso, e o do exercício físico (um dos seus principais componentes), que é uma atividade física planejada, estruturada e repetitiva que tem como objetivo final ou intermediário aumentar ou manter a saúde/aptidão física (CASPERSEN, POWELL, CHRISTENSON, 1985).

A prática regular de exercícios físicos promove diversas melhoras para a saúde como o aumento da captação máxima de oxigênio, o aumento da massa magra, a redução da pressão arterial sistólica e diastólica em repouso, o aumento dos níveis de colesterol HDL, redução dos níveis de colesterol LDL e aumento da tolerância à glicose. Dentre as modalidades de exercício físico existente estão o treinamento de força e o treinamento de resistência aeróbica (McCARTHY *et al.* 2002).

Várias modalidades esportivas exigem a estruturação de programas de treinamento que combinem a força e a resistência aeróbica para aperfeiçoar seu rendimento em jogos e competições. Essa otimização depende da prescrição correta das cargas de treinamento: volume, da intensidade, da duração e da frequência de treinamento. No entanto, além dessas variáveis da carga de treinamento, o desenvolvimento específico da resistência aeróbica ou da força também depende se elas estão combinadas no mesmo período de treinamento.

É um conflito científico evidente que o desenvolvimento dos componentes do treinamento aeróbico e de força, quando aplicados simultaneamente dificulta o desenvolvimento de alguns parâmetros ou de força ou aeróbico (HENNESSY & WATSON, 1994). A literatura internacional tem adotado com frequência a terminologia treinamento concorrente (TC) para se referir aos programas que combinam treinamento de força e de resistência aeróbica num mesmo período de tempo, assim como as possíveis adaptações antagônicas produzidas pelo treinamento dessas duas capacidades motoras (BELL *et al.* 2000; McCARTHY *et al.* 2002; HAKKINEN *et al.* 2003).

As adaptações que ocorrem no músculo em função do treinamento de força são significativas tanto no desempenho muscular como na estrutura anatômica. O armazenamento muscular de glicogênio aumenta após este treinamento, o que não surpreende se consideramos a importância do glicogênio como combustível para períodos repetidos deste exercício (MUJIKÁ e PADILLA 2001). Os estudos apontam que existe inibição de algumas adaptações, sobretudo na força durante o treinamento concorrente (LEVERITTY *et al.* 2003).

Devido ao problema do sobrepeso, muitos estudos são realizados no sentido de obter o treinamento adequado para obtenção mais eficaz da diminuição do percentual de gordura. Jeudendrup e Atchen 2001 sugeriram que em programas de emagrecimento a intensidade do exercício aeróbico deve estar compreendida na faixa de *Fatmax*, isto é, entre 55-72% do VO<sub>2</sub>máx (consumo máximo de oxigênio), onde haveria a mais alta oxidação lipídica. Contudo, Broeder *et al.* 1992, ao compararem um programa de 12 semanas utilizando exercícios aeróbicos de baixa intensidade e musculação em diferentes grupos, mostraram que o treinamento aeróbico induziu a perda de gordura sem alterações na massa magra, enquanto o treinamento de força gerou aumento na massa magra e redução da gordura corporal. Desta forma, segundo o American College of Sport Medicine - ACSM (2002), o treinamento concorrente como uma forma efetiva de prescrição da atividade física para a população.

Devido à importância do exercício físico e da manipulação das cargas de treinamento, esta revisão tem como objetivo compreender os mecanismos que afetam o treinamento concorrente, especificamente o efeito do treinamento aeróbio antes e depois do treinamento de força sobre o desempenho da força dos membros inferiores e propor diretrizes para programas de treinamento que amenizem esse efeito, devida a carência de artigos na literatura abordando este tema.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo desta revisão de literatura é analisar o efeito do treinamento aeróbico antes e depois do treinamento de força sobre desempenho da força em exercícios para membros inferiores.

### **3. JUSTIFICATIVA**

Tendo em vista o treinamento concorrente, acredita-se que há interferência no desempenho. Contudo, devido às diferenças nos protocolos de treinamentos adotados, ainda não há um consenso na literatura quanto à influência de se realizar um treinamento aeróbico antes ou depois do treinamento de força. Dessa forma torna-se necessário analisar a literatura já publicada a respeito do tema e as possíveis carências de estudo a cerca do treinamento concorrente das capacidades força e resistência.

## 4. MÉTODOS

Foi feita uma revisão de literatura abordando o tema do treinamento concorrente, ou seja, num mesmo período de tempo, treinar as capacidades físicas força e resistência aeróbia. Foi feito um medline com as palavras chave *concurrent training*, *strength training* e *endurance training*.

### 4.1 FIBRAS MUSCULARES

O músculo esquelético possui três tipos de fibras musculares. A quantificação das diferentes características bioquímicas e físicas das diferentes fibras musculares permitiu que se desenvolvessem vários sistemas de classificação dessas fibras. Qualquer músculo contém ambos os tipos de fibras e a proporção em um determinado músculo varia em cada pessoa. Essa relação é determinada geneticamente e pode desempenhar um papel importante no sentido de determinar a capacidade para um desporto qualquer (PETTE & STARON, 1990).

A maior parte da literatura especializada classifica as fibras musculares em três tipos, as fibras de contração lenta tipo I, contração rápida tipo IIa e contração rápida tipo IIb. As fibras de contração rápida (brancas) são capazes de produzir contrações rápidas e vigorosas, porém entram em fadiga mais rapidamente que as fibras de contração lenta. As fibras tipo II são úteis nas atividades de curta duração e alta intensidade, que envolvem principalmente o sistema anaeróbico. São capazes de produzir contrações poderosas enquanto as fibras tipo I produzem um tipo de força de endurance prolongada.

As fibras tipo I possuem muitas mitocôndrias e são envolvidas por mais capilares do que outro tipo de fibra. Possuem também concentrações de mioglobina mais elevadas do que as fibras rápidas. Essas características fazem com que possuam grande capacidade de metabolismo aeróbico e alta resistência à fadiga (LEVERITT *et al.* 1999).

Existem duas subdivisões das fibras de contração rápida. As fibras IIb possuem a maior velocidade de encurtamento dentre as fibras e é sempre recrutada em esforços próximos do máximo e de curta duração. As fibras IIa (intermediárias) são extremamente

adaptáveis, ou seja, podem adquirir características que se tornam predominantemente oxidativas ou glicolíticas, semelhantes as fibras do tipo I ou IIb, respectivamente. No entanto, as interações das atividades no treinamento concorrente poderiam comprometer essa adaptação. As fibras intermediárias solicitadas num trabalho de força e, posteriormente, no exercício aeróbico, não seriam capazes de se adaptar as duas modalidades, pois as adaptações desse tipo de treinamento são metabolicamente e neurologicamente opostas (LEVERITT *et al.* 1999).

Dolezal e Potteiger (1998) observaram hipertrofia tanto nas fibras de contração rápida quanto nas lentas em protocolo de treinamento de força e hipertrofia. Em outro estudo, realizado por Kraemer, Patton, Gordon, Harman, Deschenes e Reynolds (1995), o grupo que treinou força isoladamente aumentou significativamente a hipertrofia nas fibras tipo I e II, comparando o grupo que realizou o treinamento concorrente. Neste mesmo estudo foi observado um decréscimo na área transversa de todos os tipos de fibras musculares no grupo que realizou o treinamento aeróbico isoladamente.

## **4.2 TREINAMENTO DE FORÇA**

### **4.2.1 Noções fisiológicas**

A capacidade motora força no modelo de Schmidtbleicher (1997, citado por Chagas, 2002), apresenta duas formas de manifestação que são a força rápida e a resistência de força. Os componentes da força rápida são: a força máxima, a explosiva e a de partida, esses componentes interferem também na resistência de força. E o componente da resistência de força é a capacidade de resistir à fadiga.

Definições:

- Força rápida: capacidade do sistema neuromuscular de produzir o maior impulso possível no tempo disponível (SCHMIDTBLEICHER, 1984).
- Força de partida: capacidade do sistema neuromuscular de produzir no início da contração a maior força possível (SCHMIDTBLEICHER, 1984).

- Força explosiva: capacidade do sistema neuromuscular de desenvolver uma elevação máxima da força após o início da contração (SCHMIDTBLEICHER, 1984).
- Força máxima: representa o maior valor de força, o qual é alcançado por meio de uma contração voluntária máxima contra uma resistência insuperável (SCHMIDTBLEICHER, 1984).
- Resistência de força: capacidade do sistema neuromuscular de produzir a maior somatória de impulsos possível sob condições predominantemente anaeróbias e condições de fadiga (FRICK, 1993).
- Capacidade de resistir à fadiga: capacidade de manter o impulso durante um determinado tempo (FRICK, 1993).

Em geral, as adaptações resultantes de um programa de treinamento de força incluem aumento da massa corporal magra, aumento da massa óssea, melhora na coordenação intermuscular e intramuscular (DUDLEY & FLECK, 1987) e aumento da área de secção transversa das fibras musculares do tipo I, IIa e IIb (HAKKINEN *et al.* 2003).

Para o treinamento de força, é necessário que se tenha um estímulo neuromuscular que para Verckhoshanski (1996) esse estímulo é decorrente de um esforço voluntário, que por sua vez tem limites determinados. Sendo dessa forma, necessário que se diversifiquem os estímulos mediante aos efeitos mecânicos. Com o aumento das cargas e dos efeitos mecânicos, são enviados sinais sobre o grau de tensão muscular a ser realizado pelo sistema nervoso central, que por sua vez amplia a potência do impulso efetor proporcionalmente ao aumento da força de contração muscular. Dessa forma se apresenta como principal fator para desenvolvimento muscular e de força, através de sua intensificação sistemática de estímulos externos.

Muitos são os trabalhos que evidenciam a importância da força muscular. O treinamento de força tem demonstrado ser efetivo na melhoria de várias capacidades funcionais bem como o aumento da massa muscular (American College of Sports Medicine, 2002; POLLOCK *et al.* 2000; FLETCHER *et al.* 2001). Assim, o ACSM (2002) preconiza que o treinamento de força, desenvolve respostas benéficas tanto para estética, saúde e

reabilitação. Durante o treinamento de força, para que ocorra resposta aos estímulos, os músculos respondem através da ação neural. A adaptação neural torna-se predominante durante as fases iniciais do treinamento de força (MORITANI; DeVRIES, 1979). Nas fases intermediárias e avançadas do treinamento de força, passa a ser prioridade a adaptação muscular, ou seja, fatores hipertróficos (MORITANI; DeVRIES, 1979), reduzindo a ação neural, em relação ao início do treinamento.

Os estímulos preliminares para aumentar a força máxima podem ser exercidos através do treinamento de força, em que o desenvolvimento repetido da força pelos músculos esqueléticos em níveis acima daqueles encontrados nas atividades diárias, recruta mais unidades motoras, conseqüentemente maior tensão muscular (HELLEBRANT; HOUTZ, 1956). O aumento na força é proporcional à quantidade de sobrecarga, tal como medido pela força relativa desenvolvida e pelo número das ações musculares executadas durante o treinamento de força (HELLEBRANT; HOUTZ, 1956). Aumentos da força muscular após o treinamento intenso de força são devidos à ativação neural aumentada do músculo (HAKKINEN *et al.* 1985; RUTHERFORD & JONES, 1986, 1987; SALE, 1988).

Como resposta ao treinamento de força, Maughan *et al.* 1997 (citados por Santos, 2006) relatam a hipertrofia das fibras musculares, aumento da secção transversal do músculo, aumento dos estoques de fosfocreatina e de glicogênio, melhoria no metabolismo glicolítico, maior capacidade de suportar exercícios de alta intensidade, entre outras respostas resultantes do treinamento de força. Complementando estes dados acima citados segundo Kraemer 1988 (citado por Weineck, 1999) em decorrência de um treinamento de força intenso, há um aumento da testosterona após o mesmo, Viru e Viru (citados por Uchida *et al.* 2006) relacionam o aumento dos hormônios anabólicos na fase recuperação, onde o balanço hormonal é favorável para que se ocorra a síntese protéica, cita também que durante o exercício, há o aumento da disponibilidade de substrato energético, devido à prevalência dos hormônios catabólicos.

Um estudo realizado por Sale (citado por Powers, 2005) reafirmou os níveis de adaptação e os ganhos decorrentes do principio do trabalho de força, desta forma um estudo de 8 a 20 semanas de treino observou que o ganho de força inicial se deve às

adaptações neurais, à coordenação e ao recrutamento das fibras musculares. Já em programas mais prolongados, o ganho de força se deve ao tamanho das fibras e em alguns casos ao uso de esteroides anabólicos.

Com os dados apresentados a partir dos estudos revisados, observamos o treinamento de força de forma geral, analisando suas adaptações e metabolismo.

## **4.3 TREINAMENTO AERÓBICO**

### **4.3.1 Noções fisiológicas**

Apesar de o exercício físico regular constituir um importante fator para reduzir os índices de morbimortalidade cardiovascular e por todas as causas, parece haver também benefícios adicionais e independentes da prática regular do exercício físico e da melhora da condição aeróbica, tornando sua prática cada vez mais frequente. Um posicionamento institucional recente da *American Heart Association 2002* recomenda que os indivíduos realizem exercícios físicos na maioria dos dias da semana, se possível todos os dias, com intensidade variando de moderada a vigorosa, de acordo com sua aptidão física, por um período de tempo igual ou superior a 30 minutos.

Muito embora o exercício moderado contribua para uma melhora na saúde, há evidências consistentes e recentes de que exercícios de alta intensidade ou vigorosos produzem efeitos positivos ainda mais importantes sobre o perfil lipídico, com reduções de até duas vezes na taxa de mortalidade em período superior a duas décadas (PAFFENBARGEE; LEE, 1996).

O treinamento de endurance ou aeróbico consiste na realização de exercícios que predominantemente necessitam do oxigênio para a produção de energia, tais como corrida, ciclismo e remo. Estes exercícios são fundamentais para aprimorar as capacidades pulmonar e cardiovascular (WILMORE & COSTILL, 2001).

O exercício físico tem efeito benéfico que parece resultar de interações complexas de efeitos psicológicos e fisiológicos. Além disso, é adequado salientar a diminuição do estresse, a melhora da função cardiorrespiratória, a remoção de fatores como o tabagismo e a reeducação alimentar (BENETTI & NAHAS, 2000).

A melhora da circulação sistêmica ocorre, entre outras razões, pelo fato do exercício contribuir para a redução do hematócrito (ao aumentar a volemia) e ocasionar a elevação da plasticidade do eritrócito, promovendo acréscimo do fluxo sanguíneo e melhor distribuição do oxigênio na interface célula – capilar. Podem, ainda, ocorrer modificações significativas tanto anatômicas como fisiológicas do sistema cardiovascular, com aprimoramento do sistema de transporte, extração e utilização do oxigênio (FROELICHER & MYERS, 1999).

O treinamento aeróbico produz adaptações como o aumento do VO<sub>2</sub>máx que ocorre de forma significativa depois de uma semana de treinamento. Em um treinamento contínuo o VO<sub>2</sub>máx segue aumentando, mas em menor proporção de maneira que após alguns meses praticamente se estabiliza ao redor de 15 a 20% nos valores absolutos de VO<sub>2</sub>máx em consequência das adaptações cardiovasculares centrais e periféricas (LEPRETRE *et al.* 2004; CAPUTO *et al.* 2005).

O treinamento de sobrecarga aeróbico que envolve exercícios entre 50 a 80% do VO<sub>2</sub>máx durante longos períodos e repetido várias vezes na semana produzem adaptações que melhoram significativamente as capacidades funcionais relacionadas com a liberação, captação e utilização de oxigênio (GRAHAN e SALTIN 1989).

Além de aumentar o consumo máximo de oxigênio, o treinamento aeróbico aumenta também a atividade 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 de hemoglobina (HAKKINEN *et al.* 2003).

#### **4.4 TREINAMENTO CONCORRENTE**

As adaptações do treinamento são específicas ao estímulo do treinamento imposto. Assim, uma dúvida que vários estudos tentam resolver é se dois tipos de treinamento diferentes forem compatíveis, eles resultarão em diferentes adaptações quando realizados concorrentemente.

Uma dificuldade de observar se existe algum tipo de efeito de concorrência no desempenho da resistência aeróbica se deve ao fato de haver uma variabilidade no

critério de aptidão física aeróbica utilizada nos diversos estudos. São utilizados como referência o VO<sub>2</sub>máx, o limiar anaeróbico ou o teste de exaustão em % VO<sub>2</sub>máx, podendo não ocorrer melhoras no VO<sub>2</sub>máx após um período de treinamento, enquanto são vistas melhoras significativas no limiar anaeróbico 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<sub>2</sub>máx dos atletas não aumentar com o incremento do treinamento de força rápida houve uma melhora no tempo de corrida do grupo treinamento concorrente quando comparado ao grupo treinamento resistência aeróbica isolado. Millet *et al.* (2002) também mostraram que o treinamento de força de alta intensidade produziu uma influência positiva na economia de corrida e na velocidade do VO<sub>2</sub>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 consequentemente aumentando a velocidade de deslocamento dos sujeitos.

No estudo clássico de Hickson, (1980) três grupos treinaram por 10 semanas. O primeiro grupo realizava apenas treinamento de força (TF), o segundo realizava apenas treinamento de resistência aeróbica (TRA), e o terceiro grupo realizava a combinação de ambos os treinos caracterizando o treinamento concorrente (TC). Comparando ao pré-treino notou-se um aumento da 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. (Dudlev & Fleck, 1987; Hunter *et al.* 1987).

Hickson *et al.*, (1988) também demonstraram que o TC permitiu aos sujeitos suportar por mais tempo uma atividade aeróbia no cicloergômetro sem o aumento do VO<sub>2</sub>máx.

Os pesquisadores sugeriram que um aumento da 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 do tipo II que são as fibras que fadigam mais rapidamente.

Hickson (1980) submeteu sujeitos não atletas a um treinamento intenso e diário, sendo cinco dias de TF e seis 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*.

Nelson *et al.* (1990) descreveram que esses diferentes programas de TF combinados com programas de TRA podem recrutar diferentes tipos de unidade motoras. O TRA de alta intensidade ( $> 90\% \text{ VO}_2\text{máx}$ ) recrutaria mas 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 aeróbica. Apenas Nelson *et al.* (1990) encontraram efeito de concorrência no  $\text{VO}_2\text{máx}$  ao se comparar o grupo 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 o estudo teve a duração de 20 semanas. Os autores, a exemplos dos outros estudos, também não observaram diferença estatisticamente significativa do  $\text{VO}_2\text{máx}$  entre os grupos TC e TRA até a décima primeira semana (47,0 e 50,0 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, 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<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, respectivamente).

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 aeróbica, o grupo C que realizou o TC e 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 12<sup>a</sup> 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 do nível de cortisol, o qual poderia comprometer os ganhos de força, potência e massa muscular.

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). 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*.

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

Num dos poucos trabalhos que avaliaram a interferência aguda de diferentes cargas de caráter aeróbico 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 uma repetição máxima (1RM). Houve diminuição significativa no número de repetições máximas quando comparado com a sessão controle sem a atividade aeróbica. Os números de repetições por série na condição controle e na condição experimental foram respectivamente: 13,83 sd = 5,71 e 8,83 sd = 2,99; 11,17 sd = 4,45 e 8,17 sd = 3,6; 10,17 sd = 5,04 e 8,83 sd = 3,54. Os autores concluíram que a queda aguda na produção de força pode comprometer o desenvolvimento de força durante o TC.

Existem evidências demonstrando que o efeito agudo do exercício aeróbico pode inibir a qualidade do treinamento nos exercícios de força aplicados subsequentemente (ABERNETHY, 1993; CRAIG *et al.* 1991; LEVERITT & ABERNETHY, 1999). Os estudos relataram que o desenvolvimento de força dos membros inferiores foi comprometido quando os indivíduos realizaram 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 aeróbico. Já Abernethy (1993) submeteu dois grupos a cargas de exercício aeróbico, uma contínua e outra intervalada. Os dois grupos demonstraram uma diminuição significativa de 4% no teste de joelhos após o exercício aeróbico.

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 8 e 32 horas após 50 minutos de atividade aeróbica em cicloergômetro com cargas variando de 70% a 110% da potência crítica. Porém, não está claro se esta redução aguda após a sessão aeróbica 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.

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 dividiram-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 repetições a 80% de 1RM até a fadiga (+64% vs +39%). Já a melhora do VO<sub>2</sub>máx 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 não se exclui a possibilidade que a atenuação na produção de força durante o TC tenha como causa o fator metabólico e hormonal.

McDougall e colaboradores (1979) apresentaram uma diminuição no volume e na densidade mitocondrial do músculo tríceps após um programa de treinamento de força de alta intensidade. Já que as mitocôndrias são o local de produção de energia aeróbia, qualquer diminuição no volume e na densidade da mitocôndria poderia, teoricamente, diminuir a capacidade oxidativas do músculo. Assim, com base nos resultados desses estudos, muitos corredores de distância não realizavam o treinamento de força temendo que este pudesse comprometer suas capacidades de resistência. A diminuição da densidade mitocondrial após o treinamento de força parecia apoiar essa convicção. O que os corredores de distância não reconheciam, entretanto, é que o treinamento de força poderia oferecer outros benefícios, como a prevenção de lesões e a eliminação do fenômeno de lesões devido ao estresse repetitivo (*overuse*).

Uma das mais consistentes descobertas que ocorreram nos estudos com o treinamento revela que até mesmo um treinamento de força intenso não prejudica o desempenho de resistência aeróbia. De fato, alguns estudos indicaram que o treinamento de força pode realmente aumentar os marcadores das capacidades de resistência aeróbia (HICKSON *et*

*al.* 1980, 1988; MARCINIK *et al.* 1991). Por exemplo, após 12 semanas de treinamento de força, 3 dias por semana, o consumo de oxigênio de pico não mudava no ciclismo, mas o limiar de lactato e o tempo de exaustão eram elevados 12% e 33%, respectivamente (Marcinik *et al.* 1991). Todos os estudos citados utilizaram como amostra indivíduos destreinados ou moderadamente treinados.

Estudos mais recentes, entretanto, têm mostrado que o treinamento de força pode aumentar o desempenho de resistência aeróbia em atletas treinados. Bastiaans *et al* (2001) substituíram parte do programa de condicionamento tipicamente dedicado ao treinamento de resistência aeróbia por treinamento de força explosiva em ciclistas e citaram que o desempenho de resistência aeróbia não era comprometido. Entretanto, a inclusão do treinamento de força explosiva eliminava uma diminuição na capacidade de tiros de velocidade de 30 segundos, apresentada sem o treinamento de força explosiva. O desempenho de tiros de velocidade é importante para o ciclista durante várias etapas da corrida, como o tiro de velocidade ao final da corrida. Paavolainen *et al* (1999) compararam o volume de treinamento total em dois grupos de corredores de distância de elite. Entretanto, em um grupo 32% do volume total era dedicado ao treinamento de força explosiva e no outro, somente 3% ao treino de força explosiva; ambos os grupos treinaram por 9 semanas. Nenhum deles teve alterações significativas no consumo de oxigênio de pico. Entretanto, o que realizou adicionalmente o treinamento de força explosiva diminuiu significativamente o tempo na corrida de 5 km. Esses estudos indicam que o desempenho aeróbio é melhorado via mecanismos neuromusculares (p. ex., melhora a atividade do ciclo alongamento-encurtamento e reduz o tempo de contato com o solo) independentemente das alterações na capacidade aeróbia.

## 5. CONCLUSÃO

O treinamento concorrente das capacidades físicas força e resistência é um tema ainda a ser estudado mais objetivamente, pois dentre os diversos estudos que tem sido publicados, observa-se o emprego de diversos protocolos metodológicos que foram utilizados nos experimentos. Os protocolos se diferem quanto ao perfil da amostra, distribuição da amostra em grupos, modalidade dos exercícios de treinamento na semana, duração total de treinamento, protocolos de teste, carga de treinamento e sua configuração.

Além disso, o treinamento concorrente possui diversas maneiras de ser prescrito. Por exemplo, o treinamento da capacidade física força pode ser prescrito utilizando-se os exercícios da musculação, saltos, exercícios com elásticos, *sprints* e em aparelho isocinético. O treinamento da capacidade resistência pode ser prescrito: no cicloergômetro, corrida, natação, esteira, entre outros. Além da modalidade do exercício, o treinamento concorrente varia na distribuição e na frequência semanal de treinamento, podendo ocorrer na mesma sessão de treinamento ou em dias alternados.

De acordo com os estudos publicados, o treinamento aeróbico pode afetar a força nos membros inferiores antes do treinamento de força dependendo da intensidade, frequência e duração do treinamento. A mesma coisa se for treinado a capacidade física força antes do treinamento aeróbico, podendo aumentar o desempenho de resistência aeróbica. Por isso os profissionais de Educação Física devem ficar atentos a essa influência de acordo com o objetivo do indivíduo, levando em consideração as cargas de treinamento e as variáveis das cargas de treinamento.

## 6. REFERÊNCIAS

- ABERNETHY, P. J. Concurrent strength and endurance training of the elbow extensors. **J. Strength Cond. Res.**, v.7, p.p.234-240, 1993.
- ACSM's Guidelines For Exercise Testing And Prescription.** 7<sup>th</sup> ed: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
- ANDRADE, N. Uma revisão sobre treinamento concorrente. **Ensaio e Ciência: Ciências biológicas, agrárias e da saúde**;XII(2):p.17--- 33. 2008
- BADILLO, J.J.G. e AYESTARÁN, E.G. **Fundamentos do Treinamento de Força – Aplicação ao Alto Rendimento Esportivo.** 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- BELL, G.; SYROTUIK, D.; SOCHA, T.; MACLEAN, I.; QUINNEY, H. A. Effect of strength training and concurrent strength and endurance training on strength, testosterone, and cortisol. **J. Strength Cond.Res.** 11:p.57–64, 1997.
- BELL, G.J. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. **Eur J Appl Physiol**;81:p.418--- 27. 2000
- BELL, G.J.; SYROTUIK, D.; MARTIN, T. P.; BURNHAM, R.; QUINNEY, H. Effect of strengthtraining and endurance training on skeletal muscle properties and hormoneconcentrations in humans. **Eur. J. Appl. Physiol.**,v.81, p.p. 418-427, 2000.
- BENETTI, M.; NAHAS, M. Alterações na qualidade de vida em coronariopatas acometidos de infarto agudo do miocárdio, submetidos a diferentes tipos de tratamentos. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, 6(3):p.27-33, 2000.
- BRAMBLE, D.M., & LIEBERMAN, D. E. Endurance running and the evolution of Homo. **Nature** , 432 (18), p.345-352. 2004
- BROEDER, C.E, BURRHUS, K.A, SRANEVIK, L.S.; WILMORE, J.H. The effects of either high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate. **Eur J Clin Nutr.**; 55:p. 802-10. 1992
- CARVALHO, T.; NÓBREGA, A. C. L.; LAZZOLI J. K.; MAGNI, J.R.T.; RESENDE, L. Posição oficial da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte: atividade física e saúde. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, 2: p.79-81, 1996.
- CASPERSEN, C.J.; POWELL, K.E.; CHRISTENSON, G.M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Rep**, 100: 126-31. 1985

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.

DANGELO, J.G.; FATTINI, C.A. **Anatomia Humana Sistêmica e Segmentar**. 2ª Ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2004.

DUDLEY, G.A.; FLECK, S.J. Strength and Endurance Training: are they mutually exclusive? **Sports Medicine**, v. 4, n.2, p.79-85, 1987.

FLECK, S.J.; KRAEMER, W.J. Resistance training: basic principles. **Physiological Sports medicine**. V. 16, p. 160-171, 1988.

FONSECA, I. A. **Medida do conforto térmico durante aulas de Educação Física em climas tropicais**. Belo Horizonte: Dissertação de Mestrado em Ciências do Esporte - UFMG. 2007

FROELICHER V, MYERS J. **Exercício e o coração**. 3ª ed., Rio de Janeiro: Revinter; p.361-73. 1999

GRAAFF, K.M.V.D. **Anatomia Humana**. 6. ED. São Paulo: Manole, 2003.

HAKKINEN, K.; ALLEN, M.; KRAEMER, W.J.; GOROSTIAGA, E.; IZQUIERDO, M.; RUSKO, H.; *et al.* Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. **Eur J Appl Physiol**. mar;89(1):p.42-52. 2003

HARRINGTON, D.W. Hepatitis and exercise. **Medicine & Science in Sports exercise**; 7: p.442-430. 2000

HENNESSY, L.C.; WATSON, A.W.S. The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. **J. Strength Cond. Res**. 8:p.12–19, 1994.

HICKMAN, I.J.; HONSSON, J.R.; PRINS, J.B.; ASH, S.; PURDIE, D.M.; CLOUSTON, A.D.; POWELL, E.E. Modest weight loss and physical activity in overweight patients with chronic liver disease results in sustained improvements in alanine aminotransferase, fasting insulin, and quality of life. *Gut*; 53: p.413-419. 2004

HICKSON, R. C. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. **Eur. J. Appl. Physiol**.45:p.255–263, 1980.

JEUKENDRUP, A.E.; ACHTEN, J. Fatmax: a new concept to optimize fat oxidation during exercise? **Eur J Sport Sci**.;1(5):p. 1-5. 2001

KRAEMER, W.J.; VOLEK, J.S.; FLECK, S.J. Chronic musculoskeletal adaptations to resistance exercise. In: LaFontaine T, section editor. *Exercise physiology: ACSM's Resource manual for guidelines for exercise testing and prescription*. Baltimore: Lippincott Williams & Williams. p. 164-173,1998.

LEVERITT, M. Concurrent strength and endurance training: the influence of dependent variable selection. **Journal of Strength and Conditioning Research**;17(3):p. 503--- 8. 2003

LEVERITT, M.; ABERNETHY, P. J.; BARRY, B. K.; LOGAN, P.A. Concurrent strength and endurance training: a review. **Sports Med.**, n.28, p.413-427, 1999.

LEWIN, R. **Evolução humana**. São Paulo: Atheneu. 1999

LOPES, H.F. Síndrome Metabólica e Risco Cardiovascular. **Revista Sociedade Cardiologia do Estado de São Paulo**; 4: p.134. 2004

MAUGHAN, R.; GLESSON, M.; GREENHAFF, P.L. Biochemistry of exercise and training. Oxford: **Oxford University Press**, 1997.

MCCARTHY, J. P., J. C. AGRE, B. K. GRAF, M. A. POZNIAK, and A. C. VAILAS. Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. **Med. Sci. Sports Exerc.** 27:p.429– 436, 1995.

MCCARTHY, J.P.; POZNIAK, M.A.; AGRE, J.C. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.34,n.3, p.511-519, 2002.

MC CULLOGH A. J., TERRAN J. C., BUGIANESI E. Guidelines for nutritional therapy in liver disease. In: Klein ES, editor. ASPEN nutritional support practice manual. **American Society for Parenteral and Enteral Nutrition**; Silver Springs MD: p (12) 1-12. 1998

NELSON, A. G., D. A. ARNALL, S. F. LOY, L. J. SILVESTER, and R. K. CONLEE. Consequences of combining strength and endurance training regimens. **Phys. Ther.** 70:p. 287–294, 1990.

PAAVOLAINEN, L., HAKKINEN, K., HAMALAINEN, I., NUMMELA, A. and RUSKO, H. Explosive strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. **Journal Appl. Physiol**; 86(5): p.1527–1533. 1999

PAINTER, P.L.; KRASNOFF, J.B. End-stage Metabolic Disease: Renal Failure and Liver Failure. In: DURSTINE, J.L.; MOORE, G.E. 2<sup>a</sup> Ed. **ACSM's Exercise Management for persons with Chronic Disease and Disabilities**. Champaign: Human Kinetics, p.126-132. 2003.

PAULO A. Efeito do treinamento concorrente no desenvolvimento da força motora e da resistência aeróbia. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**;4(4): p.145-- - 54. 2005

PEARSON TA, BLAIR SN, DANIELS SR, ECKEL RH, FAIR JM, FORTMANN SP, *et al.* AHA guidelines for primary prevention of cardiovascular disease and stroke: 2002

update. Consensus panel guide to comprehensive risk reduction for adult patients without coronary or other atherosclerotic vascular diseases. **Circulation**;106:p. 388-91. 2002

RIETBERG, M.B.; BROOKS, D.; UITDEHAAG, B.M.; KWAKKEL, G. Exercise therapy for multiple sclerosis. **Cochrane Database Syst Rev**; CD003331. 2004

SALE, D.G., J.D.; MACDOUGALL, I.; JACOBS, S.; GARNER. Interaction between concurrent strength and endurance training. **Journal Appl. Physiol.** 68:p. 260–270, 1990.

SILVA, M.S.; BOCCHI, E.A.; GUIMARAES, G.V.; PADOVANI, C.R.; SILVA, M.H.; PEREIRA, S.F. *et al.* Benefits of exercise training in the treatment of heart failure: study with a control group. **Arq Brasileiro de Cardiologia**; 79:p.351-362. 2002

STEVEN, J.; FLECK; WILLIAM, J.; KRAEMER. **Fundamentos do Treinamento de Força Muscular**. 3ª Edição. p. 140-148.

STEWART, K.J. Exercise training and the cardiovascular consequences of type 2 diabetes and hypertension: plausible mechanisms for improving cardiovascular health. **Jama**; 288:p.1622-1631. 2002

TAKADA, N.; TAKASE, S.; TAKADA, A.; DATE, T. HCV genotypes in different countries. **Lancet**; p.339: 808. 1992.

WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. **Metabolismo e Sistemas Energéticos Básicos**. In: **Fisiologia do Esporte e do Exercício**. 2 ed. São Paulo: Manole, p. 114-154. 2001