

TREINAMENTO FÍSICO DE *ENDURANCE* E DE FORÇA MÁXIMA: ADAPTAÇÕES CARDIOVASCULARES E RELAÇÕES COM A *PERFORMANCE* ESPORTIVA*

ANDERSON CAETANO PAULO

Bacharel em Esporte da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo (EEFEUSP)

CLÁUDIA LÚCIA DE MORAES FORJAZ

Professora do Departamento de Biodinâmica do Movimento Humano da EEFEUSP.
E-mail: cforjaz@usp.br

RESUMO

Para atingir o máximo rendimento no esporte, atletas submetem-se ao treinamento físico crônico que resulta em diversas alterações fisiológicas, as quais são determinadas pelos tipos de capacidades físicas solicitadas no treinamento. Dentre as capacidades físicas existentes, há duas que influem de forma significativa nas alterações fisiológicas do organismo, a endurance (E) e a força máxima (FM). Este artigo visa descrever as alterações fisiológicas no sistema cardiovascular (SC) em atletas de modalidades esportivas com predominância de "E" ou de "FM", discutindo o efeito dessas alterações na performance esportiva.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema Cardiovascular; Treinamento de Força; Treinamento de Endurance

* Monografia apresentada para conclusão do curso de Bacharel em Esporte da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo (EEFEUSP). Ganhadora do Prêmio Prof. Dr. Jamil André de 1999.

INTRODUÇÃO

No campo esportivo, tem-se como objetivo final do treinamento físico a obtenção do melhor aumento possível das capacidades físicas e motoras do organismo, a fim de se executar atividades musculares específicas que visem a otimização da performance. Para isso, utilizam-se exercícios físicos crônicos que resultam em alterações fisiológicas complexas em todo o organismo.

Em muitas modalidades esportivas, o desempenho do sistema cardiovascular é o determinante da performance, como por exemplo, nas provas de fundo do atletismo (Tubino, 1979). Além disso, o ótimo desenvolvimento desse sistema possibilita ao atleta suportar uma maior carga de treinamento, pois permite, por exemplo, uma recuperação mais rápida após os exercícios intensos (Matsushigue, 1996; Charton & Crawford, 1997). Sendo assim, o sistema cardiovascular é um dos mais importantes componentes do organismo, possibilitando um aumento do volume e da intensidade dos exercícios nas diversas fases de treinamento em busca da supercompensação, e conseqüentemente, da alta performance (McArdle 1997, Mathews & Fox, 1979).

É sabido que as exigências distintas do treinamento crônico levam a adaptações orgânicas específicas (Barbanti, 1997). Dessa forma, o tipo, a intensidade, a duração e a frequência do treinamento físico são fatores determinantes das adaptações cardiovasculares obtidas. Diante disso, é possível supor que o treinamento físico predominantemente de *endurance* ou predominantemente de força máxima resulte em adaptações cardiovasculares específicas, as quais devem-se correlacionar à performance dos atletas em suas respectivas modalidades.

Em vista do exposto, este artigo procurará discutir questões pertinentes às adaptações cardiovasculares específicas obtidas pelo treinamento com predominância de *endurance* e de força máxima, avaliando seus efeitos sobre a performance. Dessa forma, a elaboração desse texto será norteadas pelas seguintes questões: a) Quais as diferenças nas estruturas cardíacas encontradas nos atletas submetidos ao treinamento de *endurance* e de força máxima? b) Quais as diferenças funcionais no âmbito cardiovascular existente entre esses dois tipos de treinamento? c) Como as respostas cardiovasculares diferenciadas do treinamento de força máxima e de *endurance* podem afetar a performance do atleta?

CAPACIDADES MOTORAS

Existem diversas capacidades motoras que são necessárias para a *performance* esportiva. Entretanto, a força e a *endurance* têm apresentado uma grande influência nas adaptações cardiovasculares.

Endurance e resistência anaeróbia

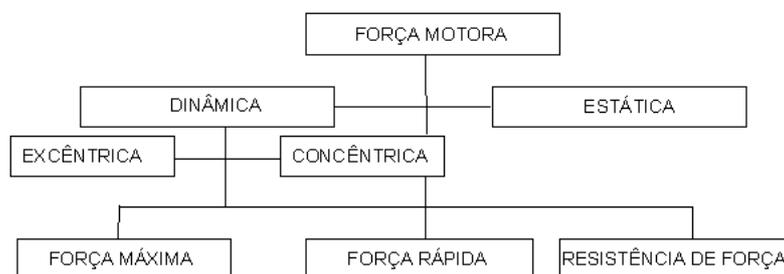
A *endurance* é a capacidade física que permite a um atleta sustentar por um longo período de tempo uma atividade física relativamente generalizada em condições aeróbias, isto é, dentro dos limites do equilíbrio fisiológico denominado “*steady-state*” (Tubino, 1979). O grau de *endurance* de um atleta resulta da capacidade do mesmo em absorver o oxigênio nos pulmões, transportá-lo para os músculos que estão em constantes contrações e, utilizá-lo pelas vias metabólicas oxidativas da musculatura (Tubino, 1979). Sendo o sistema cardiovascular o responsável pelo transporte de oxigênio para a musculatura, ele parece ocupar um papel-chave no desenvolvimento da “*endurance*”. O aumento da capacidade de *endurance* em um atleta é conseguido através de métodos de treinamento de longa duração, havendo a necessidade de se executar inúmeros movimentos contínuos ou intervalados para se conseguir tais adaptações (Barbanti, 1997).

A resistência anaeróbia é a capacidade física que permite ao atleta sustentar uma atividade motora em condições anaeróbias, isto é, em débito de oxigênio. A energia para a realização desse esforço é produzida pela glicogenólise, glicólise e pelo desdobramento do ATP-CP (Tubino, 1979).

Força motora

Para todo movimento muscular realizado necessitamos de um grau de força. Sendo assim, torna-se salutar entender os tipos de força que o sistema muscular pode gerar durante as sessões de treinamento (Figura 1). Em geral, a força pode ser classificada em dinâmica ou estática. A força dinâmica resulta em alterações no comprimento do músculo e caracteriza-se por produzir trabalho. Já a força estática resulta em pouca ou nenhuma alteração no comprimento do músculo não gerando trabalho e, ao contrário da força dinâmica, gera uma alta tensão muscular (Charton & Crawford, 1997).

FIGURA 1 – CLASSIFICAÇÃO DA FORÇA MOTORA (ADAPTADO DE BARBANTI, 1997)



Apesar das diferenças de conceitos encontrados entre a força dinâmica e a força estática, na prática, a preparação esportiva do atleta não é realizada com programas de exercícios puramente dinâmicos nem estáticos. Charton & Crawford (1997) descrevem a corrida e a natação como exemplos próximos do ideal de exercícios puramente dinâmicos. Porém, ao ver um corredor subindo uma ladeira, pode-se especular que o padrão da corrida não é tão puramente dinâmico como na corrida em piso plano, pois o aclave aumentará mecanicamente o componente estático na musculatura do quadríceps do atleta.

Seguindo essa linha de raciocínio, há várias modalidades esportivas que apresentam fortes componentes da força estática, como o levantamento de peso, a luta romana e o judô, mas que não utilizam exercícios estáticos ideais como os executados com os dinamômetros (Friedman et al., 1992). Outros exemplos de modalidades esportivas que se aproximam da força estática ideal, porém com baixas cargas, são as modalidades de precisão como o tiro ao alvo e o arco e flecha.

Ainda em relação à força dinâmica, ela é dividida em concêntrica e excêntrica. A força dinâmica concêntrica é observada quando a geração de forças internas no músculo é maior que a força externa de modo que a resistência é vencida, o que provoca um encurtamento da musculatura agonista. Já a força dinâmica excêntrica é observada quando a geração de forças internas no músculo é menor que a resistência externa, havendo um alongamento na musculatura agonista, que cede à resistência externa (Barbanti, 1997).

Por fim, a força dinâmica pode ser subdividida em 3 tipos (Barbanti, 1997):

- a) *Força máxima*: caracteriza-se por exigir a contração simultânea de todas as unidades motoras. Seu desenvolvimento tem alta relação com a hipertrofia dos músculos.
- b) *Força rápida*: é caracterizada por fazer com que haja um rápido recrutamento das fibras nervosas, a fim de que os músculos se contraíam rapidamente.
- c) *Força de resistência*: caracteriza-se pela capacidade dos músculos se contraírem repetidamente por um período de tempo bastante prolongado.

RESPOSTA CARDIOVASCULAR DURANTE O EXERCÍCIO DINÂMICO E ESTÁTICO

Como visto na sessão anterior, os exercícios com predominância dinâmica ou estática apresentam características distintas e, portanto, produzem respostas cardiovasculares diferentes.

Exercício dinâmico

Para manter a atividade muscular dinâmica por longo período de tempo, necessitamos de força de resistência nos músculos ativos. Isso só é possível com um aumento do consumo de oxigênio (VO_2) dessa musculatura. Esse aumento depende do aumento do fluxo de sangue para a musculatura e do aumento da captação de oxigênio por ela. O aumento do fluxo sanguíneo ocorre devido ao aumento do débito cardíaco e à redistribuição do fluxo em direção à musculatura. O aumento da capacidade de extrair o oxigênio ($difa-VO_2$) depende da capilarização da musculatura e da capacidade oxidativa do músculo (Charton & Crawford, 1997).

O aumento do débito cardíaco durante o exercício dinâmico é principalmente determinado por elevações da frequência cardíaca. O volume sistólico (VS) contribui para o aumento do débito cardíaco apenas na fase inicial ou em exercícios leves. De fato, no exercício dinâmico máximo, ocorre um aumento de até quatro vezes do débito cardíaco, que decorre de um aumento de três vezes da frequência cardíaca e de duas vezes do volume sistólico. Além disso, nesse tipo de exercício a diferença artério-venosa de oxigênio aumenta até três vezes em relação ao estado de repouso (Charton & Crawford, 1997).

A pressão arterial também se altera durante o exercício dinâmico, a pressão arterial sistólica aumenta e a pressão arterial diastólica tende a uma ligeira redução, de modo que, a pressão arterial média altera-se pouco, tendendo a uma elevação (Paulo et al., 1998).

Durante o exercício dinâmico, há uma correlação positiva entre o VO_2 e a potência de trabalho, até que se atinja o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), ou seja, até que se atinja uma intensidade de exercício em que o aumento da potência não acarreta na elevação do consumo de oxigênio. O VO_{2max} , portanto, representa o volume máximo de O_2 que o organismo consegue, ou seja, a capacidade aeróbia máxima desse organismo (Mathews & Fox, 1979).

Exercício estático

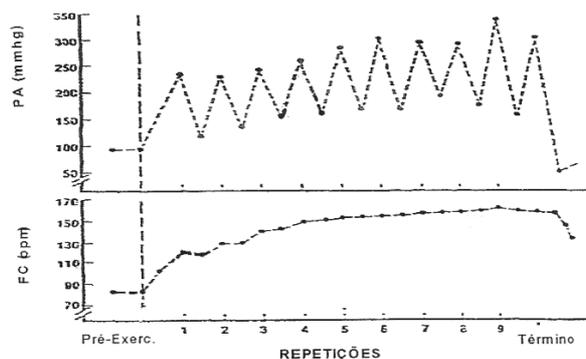
A resposta fisiológica durante a execução de exercícios com grande componente estático diferencia-se sobremaneira da observada no exercício dinâmico. Nesse exercício, a pressão intramuscular aumenta acentuadamente durante o esforço contrátil, visto que o comprimento do músculo se altera muito lentamente ou não se altera. Esse aumento resulta na diminuição acentuada ou até mesmo na interrupção do fluxo sanguíneo muscular, devido ao bloqueio mecânico imposto pela massa muscular contraída (MaCdougall et al., 1985). Friedman et al. (1992) demonstraram que o fluxo sanguíneo da perna é interrompido numa cadeia

extensora a partir de uma contração estática acima de 20% de 1 RM. Conseqüentemente, nesse tipo de exercício, a energia provida para a contração muscular vem, predominantemente, das vias anaeróbias (ATP-CP e Glicólise Láctica). Sendo assim, o VO_2 eleva-se pouco e o débito cardíaco também sofre apenas pequenos aumentos, que se devem à elevação da frequência cardíaca e não do volume sistólico. Essa resposta é governada por reflexos pressores comandados, principalmente, pelo do sistema nervoso simpático (MaCdougall et. al., 1985; Charton & Crawford, 1997).

Os exercícios localizados intensos fazem com que as pressões arteriais sistólica e diastólica subam a valores extremos, persistindo elevadas durante a contração concêntrica. Durante a contração excêntrica, elas declinam rapidamente voltando a níveis pré-exercício, (MaCdougall et. al., 1985). Porém, mesmo com esse declínio permanecem mais altas que no repouso e se elevam mais a cada nova repetição (Figura 2). O motivo do aumento da pressão arterial durante as contrações concêntricas não se deve apenas ao bloqueio sangüíneo, na musculatura, que aumenta a resistência vascular periférica, mas também pode estar relacionado à realização da "manobra de valsava" que normalmente acompanha as contrações musculares intensas (Fleck & Dean, 1987). Porém, o rápido declínio da pressão arterial durante a fase excêntrica de cada repetição do exercício pode ser explicado pelo fato dos músculos serem capazes de suportar uma maior carga quando trabalhados excentricamente, de modo que a mesma potência de trabalho corresponde a uma intensidade menor durante a fase excêntrica do movimento e, portanto, provoca menor elevação pressórica. De fato, nesse tipo de exercício, a resposta pressórica depende da intensidade do exercício, ou seja, da porcentagem do esforço voluntário máximo que o músculo realiza. Além dos aspectos já apontados, o aumento progressivo da pressão arterial ao longo das repetições também deve estar relacionado à fadiga muscular que se instala à medida que o músculo vai repetindo o esforço. Essa fadiga faz com que a potência de exercício se torne mais intensa a cada nova repetição (MaCdougall et al., 1985). Diferentemente da pressão arterial, durante toda a série de exercícios localizados a frequência cardíaca permanece alta tanto nas contrações concêntricas quanto nas excêntricas.

Após a interrupção da última repetição do levantamento de peso, a isquemia muscular prolongada mantida durante as contrações provoca uma reação dos mecanismos locais, que aumentam a vasodilatação do leito muscular, reduzindo a pressão arterial abruptamente a valores inferiores aos de repouso. Assim, quando a contração cessa, a demanda local de O_2 e o fluxo sangüíneo aumentam expressivamente, provocando um aumento transitório do débito cardíaco, do VO_2 e da diferença artério-venosa de oxigênio (Charton & Crawford, 1997; Friedman et al., 1992).

FIGURA 2 – COMPORTAMENTO DA PRESSÃO ARTERIAL E DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DURANTE 9 REPETIÇÕES NO "DOUBLE LEG PRESS" A 90% DE 1 REPETIÇÃO MÁXIMA (ADAPTADO DE MACDOUGALL ET AL., 1985)



ADAPTAÇÕES CARDIOVASCULARES AO TREINAMENTO FÍSICO CRÔNICO

O treinamento físico crônico provoca alterações estruturais e funcionais sobre o sistema cardiovascular que dependem do tipo de exercício realizado.

Alterações Estruturais Centrais

Há muito tempo se sabe que o coração é maior em atletas do que em indivíduos sedentários ou destreinados (Mathews & Fox, 1979). É bastante conhecido que o coração adapta-se a uma carga hemodinâmica aumentada, seja esta resultante de estímulos provindos de treinamento físico ou de patologias. Porém, o aumento do volume cardíaco ocorre de forma distinta em dependência do estímulo que o provoca. Uma sobrecarga de volume leva ao aumento do diâmetro interno do ventrículo esquerdo e ao aumento proporcional da espessura parietal, o que é chamado hipertrofia ventricular esquerda excêntrica. Dessa forma, esse tipo de hipertrofia é, principalmente, observada em atletas de *endurance*. Por outro lado, uma sobrecarga de pressão no coração está associada ao espessamento da parede ventricular esquerda e à manutenção da cavidade ventricular, o que é denominada hipertrofia ventricular esquerda concêntrica. Especula-se que o atleta de força possa desenvolver esse tipo de hipertrofia, devido aos altos regimes pressóricos observados durante a execução de exercícios com grande sobrecarga e, portanto, grande componente estático (Fargard, 1997).

Dessa forma, na hipertrofia cardíaca de atletas de *endurance*, o aumento da cavidade e da parede ventricular levam ao aumento do volume sistólico, tor-

nando-o maior que nos indivíduos sedentários de mesmo peso corporal (Fargard, 1997). Por outro lado, a hipertrofia cardíaca de atletas de força devido ao aumento principal da parede ventricular em relação à cavidade externa, aumenta pouco o volume sistólico (Menapace et al., 1982). Portanto, existem diferenças na estrutura cardíaca do atleta de força máxima e do atleta de *endurance* mesmo que eles sejam pareados pela idade, sexo, raça e tamanho corporal.

É interessante observar que mesmo entre as diferentes modalidades esportivas de *endurance*, encontram-se diferenças estruturais no sistema cardiovascular. Os ciclistas apresentam hipertrofia ventricular esquerda mais pronunciada que os nadadores e corredores, nessa ordem (Fargard, 1997). Da mesma forma, diferenças estruturais no sistema cardiovascular têm sido observadas nos diferentes atletas de força, os fisiculturistas (atletas que treinam para aumentar e definir a massa muscular), os quais demonstraram menor hipertrofia ventricular que os levantadores de peso olímpico (Longhust & Stebbins, 1997).

Uma interpretação plausível para os dados apresentados é que o desenvolvimento da hipertrofia cardíaca não pode ser encarado como um conceito absoluto ou dicotômico, posto que os regimes de treinamento não são exclusivamente dinâmicos ou estáticos, de modo que a sobrecarga imposta ao coração não é puramente volumétrica ou pressórica. Sendo assim, cada modalidade esportiva leva a uma adaptação estrutural específica.

Alterações periféricas

Segundo Mathews & Fox (1979), várias alterações periféricas são observadas com o treinamento de *endurance*: aumento do conteúdo de mioglobina; aumento da oxidação de carboidratos (Glicogênio) e de ácidos graxos livres; aumento do número de capilares; aumento do número de glóbulos vermelhos e da taxa de oxigênio transportado pelo sangue.

Por outro lado, as principais adaptações das estruturas periféricas observadas no treinamento de força máxima, segundo Mathews & Fox (1979) são: aumento do sistema ATP-CP; aumento da utilização anaeróbia de carboidrato (glicogênio); aumento das reservas alcalinas.

ADAPTAÇÕES FUNCIONAIS DO SISTEMA CARDIOVASCULAR EM ATLETAS

Os treinamentos de *endurance* e força máxima modificam a estrutura cardíaca, o que produz alterações nas funções cardiovasculares tanto em repouso como durante o exercício.

Repouso

Tanto os atletas de *endurance* quanto os de força máxima apresentam um aumento do volume sistólico de repouso, que é compensado por uma redução da frequência cardíaca, conhecida como bradicardia de repouso. Entretanto, no atleta de *endurance*, o aumento do volume sistólico e a redução da frequência cardíaca são bem mais acentuados. Além disso, existem pequenas diferenças na bradicardia de repouso quando um mesmo atleta é confrontado nas diferentes fases da periodização do seu treinamento. Observa-se uma frequência cardíaca de repouso menor na fase competitiva, quando a forma física do desportista encontra-se numa fase ótima, do que na fase de transição (Mathews & Fox, 1979). Dessa forma, a bradicardia de repouso parece depender do tempo que o indivíduo está treinando, sendo sua magnitude maior quanto maior for o nível de aptidão física do atleta.

Em relação à pressão arterial de repouso, embora haja uma série de especulações de que atletas de força máxima apresentem hipertensão, uma revisão realizada por Longhusr & Stebbins (1997) concluiu que a pressão arterial de levantadores de peso e fisiculturistas é semelhante à de indivíduos não atletas. Em contrapartida, o treinamento de *endurance* tem-se mostrado capaz de reduzir a PA de indivíduos hipertensos (Fagard, 1985).

Esforço

Quando se compara um mesmo atleta antes e depois do treinamento de *endurance*, realizando a mesma carga absoluta submáxima, observa-se uma diminuição na produção de ácido láctico, o que reflete a menor intensidade desse exercício e, conseqüentemente, o maior tempo para esse atleta entrar em fadiga (Mathews & Fox, 1979).

Outra adaptação observada após o treinamento de *endurance* é a diminuição do débito cardíaco na mesma carga absoluta de trabalho. Isto ocorre, provavelmente, devido ao aumento da diferença artério-venosa de oxigênio que se deve ao aumento da capilarização e das alterações metabólicas na musculatura. Do ponto de vista central, o volume sistólico submáximo e, conseqüentemente, a frequência cardíaca diminui. Dessa forma, o coração está mais eficiente, tendo que bater menos vezes para transportar a mesma quantidade de oxigênio (Mathews & Fox, 1979). Entretanto, alguns autores não têm observado modificações do débito cardíaco submáximo após o treinamento.

Em relação ao treinamento de força, há poucos estudos que descrevem seu efeito crônico sobre o comportamento do sistema cardiovascular. Fleck & Dean (1987) observaram esse tipo de comportamento num grupo de fisiculturistas

experientes comparando-o com um grupo de iniciantes e um grupo de sedentários, fazendo-os realizar esforços a 90, 80, 70 e 50% de 1 RM até a fadiga. As respostas máximas da frequência cardíaca, pressões arteriais sistólica e diastólica foram menores nos fisiculturistas experientes que nos outros grupos para a mesma carga relativa. Isso sugere que o treinamento de força diminui a resposta pressórica durante a execução de exercícios com peso de mesma intensidade. Assim, pode-se supor que as adaptações do sistema cardiovascular ao treinamento de força máxima podem ter um caráter preventivo, reduzindo os valores pressóricos extremos observados nos exercícios com altas cargas (Fleck & Kraemer, 1999).

RELAÇÕES ENTRE AS ADAPTAÇÕES CARDIOVASCULARES E A PERFORMANCE DO ATLETA

No esporte, o treinamento físico é composto de várias fases que são planejadas a fim de que o atleta ou a equipe atinja a ótima performance no período competitivo. Dentro desse tema, surgem algumas perguntas importantes em relação à influência dessas adaptações específicas sobre a performance de modalidades de *endurance*, força máxima ou mistas: a) será que o treinamento está realmente adaptando o organismo dos atletas às necessidades reais da competição?; b) será que devido às especificidades das adaptações o treinamento de *endurance* não poderia atrapalhar a potencialização da força máxima e vice-versa? c) será que o treinamento de uma modalidade que também predomine a *endurance* pode melhorar a *endurance* de uma modalidade similar?

Quando o $VO_2\text{max}$ é medido na natação e na corrida, antes e após um período de treinamento específico de natação, constata-se um grande aumento do $VO_2\text{max}$ apenas para a natação (McArdle et al., 1997). Dessa forma, observa-se que mesmo que a natação e a corrida desenvolvam de forma semelhante a estrutura cardíaca central, o consumo periférico de O_2 parece ser diferente, de modo que não há grandes transferências para otimizar a performance de uma modalidade esportiva específica treinando outra diferente, mesmo que nas duas predomine a *endurance*. Portanto, mesmo entre as modalidades esportivas com exigências predominantemente aeróbias (ciclismo, triátlon, natação, maratona, entre outros), a especificidade é extremamente importante, de modo que a sobrecarga deve engajar os músculos e a posição específica do corpo que serão utilizados na competição.

Em um outro estudo, Hickson (1980) avaliou três grupos por 10 semanas. O primeiro grupo realizava apenas um treino de força máxima (F), o segundo realizava apenas um treino de *endurance* (E) e o terceiro grupo realizava os dois

tipos de treinamento (F/E). Ao final do treinamento, observou-se que o grupo "F" teve um aumento significativo da força e nenhum aumento da *endurance* e o grupo "E" teve um aumento significativo da *endurance* e nenhum aumento da força. Por outro lado, o grupo "F/E" apresentou respostas de força e de *endurance* bastante singulares: comparado ao grupo "F" notou-se um aumento de força em ambos os grupos, porém o grupo "F/E" estagnou seu aumento de força na oitava semana (31%) e até demonstrou decréscimo no decorrer do treinamento (25%), enquanto o grupo "F" apresentou um aumento de 44% (figura 3); quando se comparou o grupo "F/E" com o grupo "E", viu-se que houve aumento semelhante do $VO_2\text{max}$ nos dois grupos, sendo 18% e 23%, respectivamente (figura 4). Dessa forma, o treinamento conjunto das capacidades *endurance* e força máxima embora produza melhora nessas duas capacidades físicas, não produz melhoras máximas como as obtidas nos treinamentos isolados.

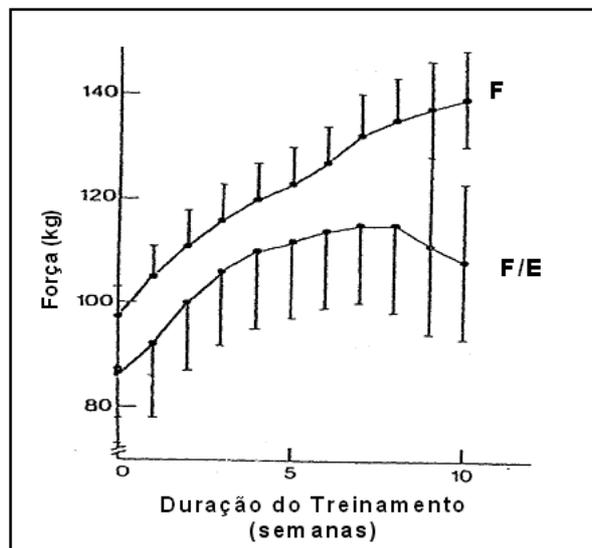
Entretanto, esse dado não é o único na literatura. Bishop et al. (1999) verificaram o efeito do treinamento de força máxima na performance de *endurance* de ciclistas e concluíram que não houve diferença significativa entre o grupo que treinou apenas *endurance* e o grupo que treinou *endurance* mais força máxima.

Além das controvérsias sobre o efeito do treinamento de *endurance* na força e vice-versa, o efeito sobre a performance é ainda mais confuso. Paavolainen et al. (1999) constataram, em corredores de 5 km, que apesar da *endurance* (medida pelo $VO_2\text{max}$) dos atletas não aumentar com o incremento do treinamento de força, o tempo de corrida desses atletas foi melhor que dos atletas que treinaram apenas *endurance*. Os autores atribuíram essa melhora no tempo de corrida às melhoras nas características neuromusculares induzidas pelo treino de força, o que pode ter provocado uma economia no gasto energético devido aos ganhos coordenativos.

Em outro estudo, Hamilton et al. (1991) compararam atletas de força com atletas de *endurance*, verificando sua performance frente à atividade intermitente máxima. Os dois grupos de atletas realizaram 10 corridas de 6s com 30s de intervalo entre elas. Os atletas de força apresentavam melhores resultados em "Sprint" (maior velocidade absoluta), no entanto, não sustentavam esses resultados nas 10 corridas. Por outro lado, os atletas de *endurance* mantinham sua velocidade máxima durante todas as corridas e sua recuperação era relativamente melhor. Para analisar esses resultados, podemos considerar as colocações de Matsushigue (1996), que defende que na atividade intermitente devem ser analisados os mecanismos metabólicos frente aos estados de transição do repouso para o exercício (denominado "resposta *on*") e do exercício para o repouso (denominado "resposta *off*"). Assim, no estudo de Hamilton et al. (1991), a resposta "*on*" ocorria nas corridas de

6s onde as vias ATP/CP e a glicólise não oxidativa eram as mais utilizadas e, portanto, a resposta nos atletas de força era melhor. Já na resposta "off", ou seja, nas pausas de 30s, onde ocorre a reposição dos substratos depletados (CP e glicogênio muscular) e a remoção de metabólitos remanescentes (lactado no músculo e no sangue) pelo aumento do consumo de oxigênio, os atletas de *endurance* apresentaram melhor performance, devido a sua alta capacidade oxidativa. Assim o grupo de *endurance* apresentou melhor resposta "off" e, por isso, conseguiu manter sua velocidade por mais tempo que os atletas de força.

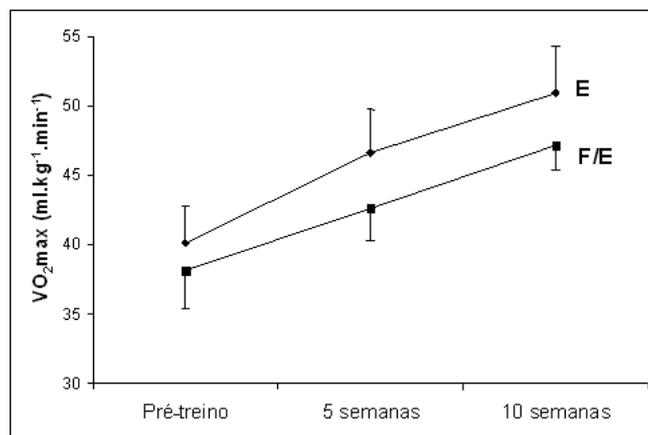
FIGURA 3 – MEDIDAS DE FORÇA NOS GRUPOS TREINADOS EM FORÇA (F) E FORÇA MAIS ENDURANCE (F/E) (ADAPTADO DE HICKSON, 1980)



Grupo F durante 10 semanas treinou apenas força, tendo um aumento de 44% no final do treinamento. Já o grupo F/E além do treinamento de força, também treinou *endurance*, e teve um aumento de força até a 8ª semana (31%) e depois chegou a apresentar queda dessa capacidade (25%).

Dessa forma, em modalidades esportivas onde períodos de trabalho intenso são intercalados com pausas para a recuperação é possível supor que as adaptações obtidas com o treinamento de força melhorem a performance durante o esforço e, por outro lado, as adaptações obtidas com o treinamento de *endurance* melhorem a recuperação. Assim, a soma dos dois treinamentos com uma dosagem ideal para a *endurance* e para a força máxima pode efetuar melhoras cada vez maiores na performance esportiva.

FIGURA 4 – MEDIDAS DE VO_2 MAX NOS GRUPOS TREINADOS EM ENDURANCE (E) E FORÇA MAIS ENDURANCE (F/E). (ADAPTADO DE HICKSON, 1980)



O grupo E treinou apenas *endurance* tendo um aumento de 23% no VO_2 max, já o grupo F/E treinou, além do *endurance*, a força e mesmo assim teve um aumento de 18% no VO_2 max.

CONCLUSÃO

Pelo exposto, pode-se afirmar que o sistema cardiovascular adapta-se estrutural e funcionalmente ao treinamento físico, tanto em nível central quanto periférico, tanto durante o repouso quanto durante o esforço, sendo essas adaptações distintas de acordo com o tipo de treinamento realizado (força máxima ou *endurance*). Entretanto, mesmo dentro de um grupo de modalidades esportivas, em que predomine a *endurance* ou a força máxima, as adaptações cardiovasculares mostram-se diferenciadas. Essas colocações demonstram claramente a especificidade do treinamento físico.

Apesar de estarem bem definidas as especificidades das adaptações fisiológicas ao treinamento físico, o efeito dessas adaptações sobre a performance ainda precisa ser melhor investigado. Pelo exposto, as adaptações fisiológicas fazem com que o treinamento específico de *endurance* ou de força máxima traga melhoras fisiológicas isoladas mais efetivas que quando sobrepostos. De fato, essa sobreposição pode até acarretar a redução da força máxima alcançada. Entretanto, apesar dos menores efeitos fisiológicos, os programas de treinamento misto também podem aumentar a performance. De fato, o treinamento misto reduz o tempo de corrida de corredores de *endurance*, mesmo sem aumentar o consumo máximo de oxigênio. Além disso, em algumas modalidades mistas, em que a exi-

gência da força máxima e da *endurance* são igualmente necessárias, a sobreposição dos treinamentos mostra-se muito importante para a performance dos atletas, desde que essa sobreposição seja bem “dosada”. No entanto, são escassos os estudos nesse sentido.

Endurance and strenght training: cardiovascular adaptatons and relashionship with sport performance

ABSTRACT: To get maximal performance, athletes usually train for long periods of time, which produces many physiological adaptations. However, this modifications depend on the type of exercise training, in other words, they are influenced by which motor capacity was predominantly trained. Two of these capacities promote special influence on physiological adaptatons: endurance and maximal strength. This article was designed to compare physiological cardiovascular adaptatons observed in athletes from sport modalities with aerobic and strength predominance. We will also discuss the effect of these adaptatons on exercise performance.

KEY-WORDS: Cardiovascular system; endurance training; strength training

Entrenamiento físico de resistencia y de fuerza máxima: adaptaciones cardiovasculares y relaciones con el desempeño deportivo

RESUMEN: Para alcanzar el máximo rendimiento en el deporte, los atletas se someten al entrenamiento físico crónico que da como resultado, diversas alteraciones fisiológicas, las que son determinadas por los tipos de capacidades solicitadas en el entrenamiento. Entre las capacidades físicas existentes, hay dos que influyen en forma significativa en las alteraciones fisiológicas del organismo, la resistencia (E) y la fuerza máxima (FM). Este artículo tiene como objetivo describir las alteraciones fisiológicas en el sistema cardiovascular (SC) en atletas de modalidades deportivas con predominio de esas alteraciones en la resistencia deportiva.

PALABRAS CLAVES: Sistema cardiovascular; entrenamiento de fuerza; entrenamiento de resistencia

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBANTI, V. J. *Teoria e prática do treinamento esportivo*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

BIHOSP, D. et al. The effects of strength training on *endurance* performance and muscle characteristics. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, v. 31, n. 6, p. 886-891, 1999.

CHARLTON, G.A.; CRAWFORD, M. H. Conseqüências fisiológicas do treinamento. *O Coração de Atleta e a Doença Cardiovascular*, n. 4, p. 343-353, 1997.

FAGARD, R. H. Impacto do diferentes esportes e treinamentos sobre a estrutura e função cardíaca. *O Coração de Atleta e a Doença Cardiovascular*, n. 4, p. 397-411, 1997.

_____. Habitual physical activity, training, and blood pressure in normo and hypertension. *Int. J. Sports Med.*, v. 6, p. 57-67, 1985.

FLECK, S. J.; DEAN, L. S. Resistance-training experience and the pressor response during resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, v. 63, n. 1, p. 116-120, 1987.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. *Fundamentos do treinamento de força muscular*. 2. ed. Porto Alegre, Artmed, 1999.

FRIEDMAN, D. B.; PEEL, C.; MITCHELL, J. H. Cardiovascular responses to voluntary and nonvoluntary static exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, v. 73, n. 5, p. 1982-1985, 1992.

HAMILTON, A. L. et. al. Physiological responses to maximal intermittent exercise: differences between endurance-trained runners and game players. *J. Sports Sci.*, v. 9, p. 371-382, 1991.

HICKSON, R.C. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European Journal of Applied Physiology*, v. 45, p. 255-263, 1980.

LONGHURST, J. C.; STEBBINS, C. L. O atleta de força. *O Coração de Atleta e a Doença Cardiovascular*, n. 4, p. 413-429, 1997.

MaCDOUGALL, J. D. et. al. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, v. 58, n. 3, p. 785-790, 1985.

MATHEWS, J.; FOX, E. L. *Bases Fisiológicas da Educação Física e dos desportos*. 2. ed. São Paulo: Interamericana, 1979, cap. 9, p. 162-183.

MATSUSHIGUE, K. A. *Relação das capacidades aeróbia e anaeróbia alática com a manutenção do desempenho no "ataque do voleibol"*. São Paulo, 1996. 139 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo.

McARDLE et al. *Fisiologia do treinamento físico*. 3. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 1997, cap. 12, p. 276-281.

MENAPACE, F. J. et. al. Left ventricular size in competitive weight lifters: an echocardiographic study. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, v. 14, n. 1, p. 72-75, 1982.

PAVOLALAINEN, L. et al. 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. et al. Efeito da intensidade do exercício sobre a magnitude e duração da hipotensão pós-exercício. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 5., 1998, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Escola de Educação Física e Esporte: Universidade de São Paulo (USP), 1998. p. 68.

TUBINO, M. J. G. *Metodologia científica do treinamento desportivo*, São Paulo: Ibrasa, 1979.