



INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO DE FORÇA NA ECONOMIA DE CORRIDA EM CORREDORES DE *ENDURANCE*.

Ricardo Henrique Filipin Alves Pereira¹, Luiz Carlos Carnevali Junior², Daniela Caetano¹, Robson Éder¹, Waldecir Paula Lima^{1,3,4}

RESUMO

Atualmente, no esporte de alto rendimento, a busca por melhores resultados e pela superação dos recordes faz com que a preparação dos atletas tenha uma grande importância. Melhorar a economia de corrida no atleta de *endurance* significa otimizar sua *performance* e minimizar o desgaste em suas provas, o que, certamente, é essencial no esporte de alto rendimento. Várias metodologias de treinamento são utilizadas para um incremento na medida de economia de corrida, dentre elas a adição do treinamento de força ao treinamento específico dos atletas. O objetivo do trabalho consiste em analisar a literatura referente às diversas metodologias de treinamento de força, suas aplicações e relações com o treinamento de corredores de *endurance*, enfatizando possíveis adaptações na medida de economia de corrida. Embora verificada uma influência positiva da intervenção do treinamento de força na economia de corrida em atletas de *endurance*, a literatura científica acerca dessa relação ainda é restrita, sendo necessários estudos mais conclusivos para elucidar com clareza as adaptações desse método de treinamento na preparação dos atletas de *endurance*.

Palavras-Chave: Economia de corrida; Treinamento de força; *Endurance*

INFLUENCE OF RESISTANCE TRAINING ON RUNNING ECONOMY IN *ENDURENCE* RUNNERS.

ABSTRACT

Actually, in high performance sports, the athlete's training plays a big role in the search of new records. A better running economy means a better performance and a lower energy cost on endurance athletes. Many methodologies are used in search of better running economy, one of them is the resistance training combined with the specific training. This paper analyzes the literature of those many strength training methodologies, their application and relation with the training of the endurance athletes, analyzing its benefits on running economy. As the scientific literature is restrict, more studies are necessary to comprove the benefits of these training method.

Keywords: Running economy; Resistance training; Endurance

¹ Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil.

² Grupo de Biologia Molecular da Célula (GBMC), Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil.

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IF-SP), São Paulo, Brasil.

⁴ Grupo de Estudos: Aspectos Nutricionais e Metabólicos do Treinamento Físico, Faculdades Integradas de Santo André (FEFISA), Santo André, Brasil. E-mail: waldecir@usp.br



1 INTRODUÇÃO

As manifestações dos diversos tipos de corrida podem ser observadas em várias modalidades esportivas. A evolução na corrida, bem como em seus métodos de treinamento, é constante com o passar dos anos, visando sempre uma melhora na *performance* do corredor (LEYK *et al*, 2009; YAMAMOTO *et al*, 2008).

Muitos pesquisadores e profissionais do treinamento desportivo procuram estudar meios de otimizar a forma com que os praticantes da corrida desenvolvem essa modalidade, visando a economia de movimento em função de um menor custo energético e fazendo com que a *performance* seja incrementada da maneira mais adequada.

Diversos métodos de treinamento são combinados entre si, objetivando o incremento da economia de corrida nas provas de *endurance*, para que o corredor tenha um melhor desempenho e consiga terminar sua prova com um desgaste final menor.

O treinamento de força é uma das estratégias utilizadas para a busca da otimização da economia de corrida e possível melhora da *performance* (JOHNSTON *et al*, 1997).

O objetivo do trabalho consiste em analisar a literatura referente às diversas metodologias de treinamento de força, suas aplicações e relações com o treinamento de corredores de *endurance*, enfatizando as possíveis adaptações fisiológicas que esses métodos de treinamento promoveriam na economia de corrida.

Dessa maneira, o estudo desenvolveu-se baseado em uma pesquisa bibliográfica, com a revisão de publicações científicas que relacionam os possíveis efeitos que os diversos treinamentos de força exerceriam sobre a economia de corrida em atletas corredores de longa distância.

2 CORRIDA

Nos dias atuais, a corrida tem sido objeto de diversas pesquisas com relação a sua evolução. Para que o assunto 'corrida' seja melhor elucidado, é necessário que sejam abordadas as formas e as distâncias das corridas atuais, presentes no atletismo mundial.

O atletismo possui provas de curtas, médias e longas distâncias, que compreendem de 100m até 42.195m (maratona), tanto para homens quanto para mulheres, além de corridas com obstáculos e barreiras.

As divisões das provas de atletismo são demonstradas abaixo (Tabela 1), bem como suas distâncias, de acordo com a Federação Internacional de Atletismo – IAAF (2008).

	Curtas Distâncias	Médias Distâncias	Longas Distâncias (<i>Endurance</i>)	Revezamentos
Masculino	100m, 200m e 400m rasos 110m e 400m com barreiras	800m, 1.000m e 1.500m	2.000m, 3.000m, 3.000m com obstáculos, 5.000m, 10.000m, 20.000m, 1 hora, 25.000m, 30.000m, 42.000m (maratona)	4x100m, 4x200m, 4x400m, 4x800m e 4x1.500m



Feminino	100m, 200m e 400m rasos 100m e 400m com barreiras	800m, 1.000m e 1.500m	2.000m, 3.000m, 3.000m com obstáculos, 5.000m, 10.000m, 20.000m, 1 hora, 25.000m, 30.000m, 42.000m (maratona)	4x100m, 4x200m, 4x400m, 4x800m e 4x1.500m
----------	--	--------------------------	--	---

Tabela 1 – Relação de provas reconhecidas pela Federação Internacional de Atletismo (IAAF), 2008.

2.1. Corridas de Velocidade

As corridas de velocidade são decididas em pequenos detalhes, que vão desde a largada, passando por seu desenvolvimento e terminando com sua chegada, reportando, assim, que o corredor de curtas distâncias precisa ser extremamente preciso quanto a sua técnica de corrida.

Uma das provas mais vistas do atletismo mundial e de todos os esportes, junto à maratona, é a corrida de 100m rasos, por definir o menor tempo do atletismo mundial.

Os primeiros registros de um corredor de 100m pela IAAF, segundo Hegedüs (2001), são do ano de 1867, com o britânico William MacLaren, correndo em 11.0 segundos uma distância de 100 jardas, o que, em conversão para metros, seriam 100,58m.

Entre os maiores corredores da história das corridas de velocidade, destacam-se Eddie Tolan, Jesse Owens, Linfor Christie, Maurice Greene, Ato Boldon, Carl Lewis, Donovan Bailey e Asafa Powel, além do atual recordista mundial Usain Bolt (com o feito realizado em 2008).

2.2. Corridas de Endurance

Hegedüs (1988) apresenta relatos que remetem ao século XVII com os corredores ingleses e também com o aparecimento de um dos primeiros ídolos das corridas de fundo de toda a história, comparado a Paavo Nurmi e Emil Zatopek, o capitão Robert “Barclay” Allardice, que, para sua época, tinha tempos excelentes e provou a todos que pessoas da nobreza também poderiam ter *performances* esportivas representativas.

O desempenho do capitão Allardice foi relatado no primeiro livro sobre treinamento e atletismo, escrito por Walter Tom, em 1833, o qual narrava as provas do capitão. O livro continha também um ensaio sobre o treinamento dos corredores ingleses, que nessa época já utilizavam vários recursos para o treinamento de seus corredores. Os ingleses foram os primeiros a perceberem que o aumento da capacidade cardiorrespiratória era importante para o incremento da resistência em provas de longa distância, além de adotarem recursos como massagem, corrida em apneia e uma dieta especial destacando a ingestão de cerveja e de licores por parte do atleta.

O treinamento dos corredores ingleses, segundo Hegedüs (1988), consistia em acordar cinco horas da manhã e, em jejum, realizar um trote rápido por cerca de 800m. No café da manhã, os atletas ingeriam pão preto, cerveja e carne. Na sequência, continuavam o treino correndo de 8 a 13km. Ao meio-dia, dormiam e depois realizavam uma marcha de 6km. Às 16 horas faziam a maior ingestão de alimentos, que consistia em mais carne e cerveja. Depois, terminavam o treino correndo lentamente por mais 8km. Os corredores eram orientados a realizar esse tipo de treinamento em ciclos de quatro semanas, intercalando uma semana de descanso onde eram realizados banhos turcos nos atletas, que os ingleses chamavam de “curas de transpiração”.



O treinamento proposto, somando as distâncias, resultaria em uma distância de 22 a 30km diários durante o período de quatro semanas, como descrito na literatura (Hegedüs, 1988). Foi considerado como uma das primeiras periodizações de treinamento com corridas de diferentes formas durante o dia, alternando corridas e trotes e produzindo, assim, diferentes estímulos aos corredores.

Newsholme, Leech e Duester (2006) registram que várias gerações de corredores britânicos seguiram diferentes formas de treinamento, com alguns aspectos sendo conduzidos ao extremo, como o período de descanso em relação à preparação para competições internacionais. A recuperação ativa dos corredores era orientada para um menor gasto energético, solicitando que os atletas trotassem levemente sem um grande dispêndio de energia durante a marcha.

Os treinadores norte-americanos, segundo Hegedüs (1988), utilizaram o método inglês de treinamento e começaram a introduzir também corridas de curtas distâncias que tinham relação com as corridas de pista. O treinamento consistia em fracionar a distância total da prova principal e realizar diversos tiros de velocidade, entre $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{4}$ dessa distância, diversas vezes na forma de tiros, com períodos médios de recuperação.

Essa manifestação de inovação do treinamento fracionado, com diversos tiros de velocidades reduzidas que, juntas, serão iguais à distância da prova principal, representa hoje o que seria o treinamento de ritmo das provas dos atletas de *endurance*.

Essa forma de treinamento, aliada ao treinamento já realizado pelos ingleses, foi uma inovação nos métodos existentes na época, revolucionando também os métodos existentes no continente europeu, no qual a Finlândia foi o primeiro país a perceber e adotar algumas características do treinamento proposto pelos treinadores norte-americanos.

A Finlândia foi responsável por uma grande evolução dos métodos de corrida de *endurance* na época e obteve uma popularização incrível desse tipo de modalidade, levando seus corredores a assombrarem o mundo por tantos recordes quebrados e tantos feitos realizados.

O principal nome da história do esporte da Finlândia foi Paavo Nurmi, ganhador de nove medalhas olímpicas e detentor de vários recordes mundiais em provas de *endurance*, apelidado de “Homem Relógio” por correr com um relógio na mão controlando seu ritmo de prova. Ele possuía um incrível poder de recuperação de uma prova para outra, chegando a ganhar e a estabelecer dois recordes mundiais em uma mesma Olimpíada nas provas de 1.500m e 5.000m com apenas 70 minutos de intervalo (HEGEDÜS, 2001).

Segundo Billat (2001a), a relação entre velocidade e tempo foi largamente utilizada por Nurmi em suas provas e treinamentos, com tiros de velocidade dentro de suas corridas de longa duração. Newsholme, Leech e Duester (2006) relataram que Nurmi aumentou progressivamente a intensidade de seu treino ao longo dos anos como preparação para os Jogos Olímpicos, incluindo sessões extras de tiros de velocidade com distâncias reduzidas.

Ainda segundo Hegedüs (2001), o método finlandês de treinamento mostrou uma supremacia tão clara de seus corredores em provas de longa duração que os treinadores de todo o mundo passaram a estudar as modificações realizadas nos métodos de treinamento para que seus corredores pudessem ter alguma melhora em sua *performance*. As modificações mais importantes feitas pelos técnicos finlandeses em seus métodos de treinamento foram a inclusão de tiros de



intensidade alta e recuperações mais espaçadas entre os tiros e o incremento das exigências de trabalho, tanto em forma de intensidade como em volume.

Após essa supremacia finlandesa nas corridas de fundo, surgiu na Suécia o método denominado *Fartlek*, idealizado por Göose Holmér, que dava tanta importância ao treinamento quanto ao descanso, além de incrementar massagens corporais para seus atletas.

Segundo Hegedüs (2001), o método *Fartlek* consistia em treinamentos em campos e gramados, além dos treinamentos em pistas de competição, combinando várias distâncias no mesmo treinamento entre 50m e 3.000m. A intensidade das corridas era direcionada de acordo com a distância a ser percorrida e o descanso era relacionado com a característica da corrida realizada, no qual a recuperação entre os esforços realizados poderia ser sob forma de trote ou marcha, contrariando o tipo de treinamento realizado até o momento em outros países.

Ainda na Suécia, surgiu outro treinador de corredores chamado Gösta Olander, desenvolvedor de um método que consistia em uma maior intensidade nos treinamentos dos atletas utilizando terrenos diferentes como neve, montanhas e subidas, e a recuperação era feita em um gramado para recompor toda a musculatura envolvida no treinamento anterior.

Após a Segunda Guerra Mundial, os métodos de treinamento foram sofrendo alterações e tendo uma evolução maior do que os utilizados no período anterior à guerra.

O maior expoente desse período e um dos grandes nomes do atletismo ao lado do finlandês Paavo Nurmi foi o tcheco Emil Zatopek, considerado um dos maiores atletas das corridas de *endurance* de toda a história e o único homem na história do atletismo mundial a ganhar ouro nos 5.000m, nos 10.000m e na maratona em uma mesma Olimpíada. Emil Zatopek foi um dos criadores do método de treinamento que apresentou grande repercussão na Europa: "Treinamento Intervalado".

Na época, o treinamento intervalado era caracterizado, segundo Hegedüs (2001) e Billat (2001a), por um volume muito alto de repetições dos tiros de velocidade alternados com trotes após seu término de até 70 vezes.

Ainda conforme Billat (2001a), Zatopek começava com um curto intervalo de tempo e com velocidades altas para desenvolver a melhora de sua *performance* (em torno de 85% do valor de seu VO_{2max}).

Na década de 60, ocorreu uma evolução científica do treinamento desportivo, principalmente nas corridas de longas distâncias, promovendo uma abordagem diferente da anterior, baseada muito no empirismo e na tentativa e nos erros dos treinadores.

Segundo Billat (2001a), Astrand desenvolveu o treinamento intervalado longo, baseado em velocidades entre 90 e 95% VO_{2max} . Esse treinamento era colocado por Astrand como uma das maneiras mais adequadas para a melhoria do VO_{2max} e dos parâmetros cardiorrespiratórios.

A popularização desses parâmetros de treinamento levantados por Astrand fez com que o treinamento intervalado tivesse muitos adeptos, estando em constante evolução e variações ao longo dos anos por parte de outros pesquisadores e treinadores, sendo um dos métodos mais utilizados nos dias de hoje na preparação de atletas, tanto de esportes com predominância metabólica aeróbia quanto os de predominância metabólica anaeróbia.

Nas décadas de 70 e 80, segundo Billat (2001a), os parâmetros utilizados para a prescrição dos treinamentos eram o VO_{2max} , no qual eram utilizadas velocidades



desse VO_{2max} para os treinamentos e a medição da remoção do lactato sanguíneo no corredor durante os treinamentos.

Nesse período, ainda segundo Billat (2001a), os treinadores usavam velocidades específicas para o desenvolvimento do treinamento intervalado dos 800m e dos 5.000m, objetivando a otimização dos esforços de seus atletas, sem levarem em conta os marcadores fisiológicos.

Essa intenção de estimular seus corredores a realizarem esforços em uma intensidade elevada, mescladas com intensidades baixas, possuía como finalidade a busca por uma melhora da *performance* e por um menor desgaste por parte dos atletas, demonstrando uma preocupação com a economia de corrida desses corredores.

3 MÉTODOS DE TREINAMENTO DE CORRIDAS DE *ENDURANCE*

Existem diversos métodos de treinamento para corredores de *endurance*. Contudo, deve-se levar em conta que cada atleta possui sua individualidade biológica, sendo necessária sua análise global com as características da prova para aplicação do melhor método de treinamento para otimização de sua *performance*.

Objetivamente, o trabalho de intensidade elevada refere-se a um esforço acima do limiar anaeróbio do indivíduo, enquanto que o trabalho de intensidade mais baixa prevê esforços abaixo do ponto de limiar anaeróbio.

Segundo McArdle, Katch e Katch (2003), o conceito de limiar anaeróbio representa o momento no qual a formação de lactato e sua remoção sofrem um desequilíbrio, acarretando, assim, um aumento subsequente na concentração desse lactato no sangue. O acúmulo de lactato no sangue é expresso em milimoles por litro de sangue total (mM/l), ou como mg/dl de sangue total, denominado volume percentual, no qual 1mM/l corresponde a 9vol%. Alguns autores referem que o valor acumulado de lactato acima de 4mM/l indica o exato momento do desequilíbrio, entendendo, porém, uma possível variabilidade entre os atletas.

Dessa forma, conclui-se que a intensidade do treinamento pode ser baseada no limiar anaeróbio de cada indivíduo

3.1. *Treinamento Intervalado*

O treinamento intervalado pode ser considerado um dos métodos mais utilizados para melhoria do desempenho em provas de *endurance*, sendo utilizado tanto por atletas de elite quanto por praticantes de corrida. Pode ser dividido em dois tipos: o intervalado curto e o intervalado longo, diferenciando-se pelo tempo de execução, pausa, intensidade e recuperação entre as séries.

Segundo Weineck (1999), o método intervalado curto é o que demonstra maior aumento do consumo máximo de oxigênio, sendo consequentemente responsável por um aumento do desempenho do atleta. O treinamento intervalado longo deve ser colocado no início da preparação dos atletas, de um processo prolongado para uma melhora da resistência. Os dois métodos podem ser combinados objetivando a melhoria das capacidades anaeróbia e aeróbia.

Para Fleck e Kraemer (2002), ambos os métodos de treinamento são necessários na preparação dos atletas que buscam melhor desempenho nas corridas de *endurance*.

O treinamento intervalado, segundo Billat (2001a), pode ser utilizado especialmente em corredores de meia e longa distâncias (a partir dos 10.000m, até



corredores de maratona), entendendo ser uma boa estratégia de adaptação, uma vez que, geralmente, a última volta da prova é percorrida abaixo de um minuto, com velocidade acima que 24km/h.

O treinamento intervalado aeróbio é definido por Billat (2001a) como um treinamento de intervalos, no qual o metabolismo aeróbio se sobressai sobre o metabolismo anaeróbio de uma maneira muito mais elevada para a produção de energia. Pode ser estimado pela razão entre o déficit de oxigênio acumulado e o oxigênio consumido durante o trabalho. A mensuração de uma velocidade associada ao VO_{2max} (vVO_{2max}) deve ser obtida baseada no resultado de testes utilizados como referência importante na prescrição do treinamento intervalado para o atleta.

3.1.1. Treinamento Intervalado Curto

Billat (2001b) caracteriza um método de treinamento intervalado curto, no qual as intensidades são elevadas, com intensidades entre 100 a 102% do VO_{2max} , quando colocadas em séries mais contínuas com tempo limite entre quatro e seis minutos, e até 112% VO_{2max} , quando colocadas de maneira intermitente (por exemplo, séries de 15 segundos de trabalho e 15 segundos de descanso). O autor ainda cita que, após 60 minutos do treinamento intervalado curto, ocorre uma significativa e similar depleção de glicogênio entre as fibras dos tipos I e II (A+B) em comparação com o exercício contínuo intenso até exaustão, que tem a depleção mais efetiva nas fibras do tipo II (A+B) do que nas fibras do tipo I.

Segundo Barbanti (1997), durante essa forma de estímulo, são aperfeiçoadas a resistência de velocidade, a resistência de força e a produção de força rápida pelo músculo. Quanto maior for a intensidade do trabalho, mais alto será o gasto energético. Assim, torna-se necessária a maior participação do metabolismo anaeróbio na geração de energia dentro da musculatura do corredor.

Ainda segundo Barbanti (1997), com a aplicação do método intervalado curto o cansaço aparece gradativamente, fazendo com que a capacidade de trabalho seja reduzida conforme a carga de trabalho aumenta.

Esse tipo de treinamento também pode ser caracterizado por estímulos muito curtos com a relação de $\frac{1}{2}$, no qual a carga de trabalho seria o dobro da carga de descanso, sendo o tipo de trabalho mais utilizado nessa metodologia de treino.

Segundo Billat (2001b), um atleta bem treinado suporta muito bem esse tipo de treinamento por 30 minutos, com um tempo de corrida efetivo em determinada vVO_{2max} de no máximo 20 minutos (descanso de $\frac{1}{2}$). O déficit de oxigênio pode ser compensado pela utilização de outros estoques de energia como a alta energia proveniente dos fosfatos e da cadeia de oxigênio da mioglobina.

Baseado nessa informação, considera-se que o treinamento intervalado curto ocorre em períodos muito breves de trabalho, com intensidade muito alta, intercalados com descansos que tragam uma pausa vantajosa para o atleta, não deixando que ele se recupere totalmente durante o intervalo e elevando substancialmente a intensidade dos estímulos aplicados.

Como respostas adaptativas destacam-se, a partir da elaboração de treinamentos com base nessa metodologia (Billat, 2001b), alterações cardiovasculares e metabólicas.

A melhoria do VO_{2max} não deve ser o único aspecto considerado para que seja utilizado esse tipo de treinamento. Billat (2001b) cita que o maior desempenho depende da alta velocidade de trabalho e da distância percorrida pelo corredor.



3.1.2. Treinamento Intervalado Longo

O treinamento intervalado longo caracteriza-se por apresentar uma intensidade reduzida (média), muitas repetições e conseqüentemente muitas pausas, permitindo a aplicação de uma grande e longa carga de trabalho durante uma sessão de treinamento (BARBANTI, 1997).

Billat (2001a) cita que o treinamento intervalado longo é um programa que compreende séries entre 60 e 100% vVO_{2max} . A distância percorrida nesse tipo de treinamento pode chegar ao dobro da percorrida em um treinamento contínuo.

Barbanti (1997) cita que o treinamento intervalado longo apresenta, entre outras adaptações, um aumento na densidade capilar, otimizando o VO_{2max} e o metabolismo muscular e resultando em um retardo da fadiga durante a fase de treinamento.

Dessa maneira, o treinamento intervalado longo desenvolve-se por períodos mais extensos de trabalho e com descansos também mais longos, para uma melhor recuperação do atleta e duração do trabalho até o final, desenvolvendo sua resistência geral.

Contudo, esse treinamento é difícil de ser manipulado se o técnico considerar o fator acidose. Para um controle mais adequado do treinamento, os técnicos utilizam sempre a vVO_{2max} e a velocidade do limiar anaeróbio (Lan), variáveis obtidas a partir da aplicação de testes específicos (BILLAT, 2001a).

3.2. Método Fartlek

O método Fartlek, que também significa “jogo de velocidade”, ficou popularizado por corredores europeus nas décadas de 30 e 40 e tem como principal característica diversas velocidades e distâncias no mesmo treinamento, diversificando também os terrenos (grama, terra, pista) utilizados para o treinamento.

Foss (2000) cita que os intervalos do método Fartlek não são sincronizados com precisão, fazendo com que todo o treino seja realizado continuamente.

O método deixa o atleta à vontade para que ele escolha as velocidades a serem desenvolvidas durante o treinamento para a distância determinada, sem uma regularização sistemática do treinamento (BOMPA, 2002).

Atualmente, esse tipo de método vem sendo utilizado como estratégia para aplicação de estímulos fora da temporada, possibilitando uma variedade enorme de trabalhos em uma mesma seção, uma vez que o próprio atleta determina suas intensidades, quebrando, assim, a monotonia do treino.

4 FORÇA

4.1. Definição de Força

Knuttgen & Kramer (1987) definem força como a quantidade máxima de tensão que um músculo ou um grupo muscular pode gerar em um padrão específico de movimento e em uma determinada velocidade, ou seja, é a capacidade que o músculo tem de contrair-se em um determinado movimento específico. Para Zatsiorsky (1999), a força muscular é a habilidade de gerar a força máxima externa. Já Verkhoshanski (2001) define força como a capacidade de superar a resistência externa à custa de esforços musculares. Essas definições relatam a tensão muscular exercida nos movimentos.



A força pode ser dividida em força dinâmica e estática, ou seja, com presença ou com ausência de movimento, somente equilibrando a força aplicada e a resistência externa.

O corpo humano possui diferentes tipos de manifestação da força. Além da força máxima, considera-se a força absoluta, a força de resistência (ou resistência de força), a força isométrica, a força concêntrica, a força excêntrica e a potência. Embora existam outros tipos de manifestações de força, estes não serão abordados nesse estudo.

4.2. Tipos de Manifestação da Força

4.2.1. Força Concêntrica

Segundo Fleck e Kraemer (2002), um músculo geralmente se encurta quando ocorre uma contração, denominando-se uma ação muscular concêntrica.

Sendo assim, observa-se que a manifestação desse tipo de força ocorre quando o músculo contrai, deslocando a resistência externa para um sentido positivo do movimento.

4.2.2. Força Excêntrica

Segundo Badillo & Ayestarán (2001), a Força Excêntrica Máxima manifesta-se quando se opõe à capacidade máxima de contração muscular diante de uma resistência deslocada em sentido oposto ao do movimento concêntrico desejado pelo sujeito.

Consiste na fase de movimento em que a resistência que está sendo deslocada segue no sentido contrário ao da contração muscular realizada, ou seja, quando a musculatura contraída na realização do movimento se alonga.

Uma maior ênfase nessa manifestação de força pode ser utilizada como uma variação do treinamento, uma vez que a fase excêntrica do movimento promove um maior número de microlesões na fibra muscular com conseqüente estímulo para síntese protéica, resultando, assim, em um maior grau de hipertrofia muscular após o período de recuperação, bem como a ativação de um número maior de fibras musculares pelo maior recrutamento de unidades motoras (WEINECK, 1999).

4.2.3. Força Absoluta

Segundo Badillo & Ayestarán (2001), Força Absoluta é a capacidade potencial de força dependente da constituição do músculo, da secção transversal e do tipo de fibra. Essa força não se manifesta de forma voluntária, isto é, nem em treinamento nem em competição, só em situações psicológicas extremas com a ajuda de fármacos ou por eletroestimulação.

Em outras palavras, a Força Absoluta só se manifestará no caso de uma contração tetânica ou em situações que o corpo humano possa estar em perigo ou hipnose, obrigando, assim, uma ativação total das fibras musculares utilizadas naquele movimento realizado.

Esse tipo de manifestação de força é impossível de ser observada por contrações voluntárias, sendo necessários agentes externos para sua produção.

4.2.4. Força Dinâmica Máxima ou Força Máxima

Entende-se por Força Dinâmica Máxima ou Força Máxima a expressão máxima de força quando a resistência vencida só pode ser deslocada uma única vez, transcorrendo a uma velocidade muito baixa em uma fase de movimento (BADILLO & AYESTARÁN, 2001).



Para Weineck (1999), essa forma de manifestação de força representa a maior força disponível que o sistema neuromuscular pode mobilizar através de uma contração máxima voluntária.

Esse tipo de força tem sua aplicação nos testes de carga máxima realizados com 100% da carga individual do indivíduo ou em treinamentos para desenvolvimento da força pura, utilizando estratégias de cargas elevadas para uma melhora da Força Máxima do atleta.

4.2.5. Força Isométrica

A Força Isométrica é produzida quando o indivíduo realiza uma contração muscular voluntária máxima contra uma resistência invencível, também chamada de Força Máxima Estática (Badillo & Ayestarán, 2001). Esse tipo de força é caracterizada por uma ação muscular sem a presença de movimento, no qual a carga utilizada para sua produção geralmente supera os 100% de carga suportada pelo indivíduo em uma contração dinâmica.

Segundo Fleck e Kraemer (2002), quando um músculo desenvolve força com ausência de movimento por parte da articulação solicitada, ele manifesta uma contração muscular isométrica.

O treinamento de contração isométrica pode ser utilizado observando o aumento da Força Máxima em conjunto com outras estratégias.

4.2.6. Força Rápida ou Potência

O termo Potência é muito utilizado para representar a Força Rápida produzida por uma ação muscular. O treinamento de Potência consiste em aplicar determinada quantidade de força muscular contra uma resistência no menor tempo possível.

Segundo Platonov (2004), é a capacidade do sistema neuromuscular em mobilizar o potencial funcional com a finalidade de alcançar altos níveis de produção de força no menor tempo possível, com rápido deslocamento da resistência.

Fleck e Kraemer (2002) a definem como a velocidade com que se desempenha o trabalho muscular.

Observa-se frequentemente a aplicação desse tipo de força em esportes cujo movimento da modalidade precisa ser executado de forma rápida e precisa (exemplo: o arremesso do polo aquático, a cortada do voleibol, o salto do basquete, o lançamento do dardo, a saída da corrida de velocidade, entre outros).

4.2.7. Resistência de Força

Segundo definição de Platonov (2004), a Resistência de Força caracteriza-se por manter elevados níveis de força durante o maior tempo possível, realizando um grande número de repetições de um determinado movimento ou ainda uma prolongada aplicação da força em questão contra uma resistência externa, sem o surgimento da fadiga.

Esse tipo de força pode ser observado no treinamento de resistência muscular localizada, com um número elevado de repetições ou treinamento por tempo, no qual o atleta precisa realizar um volume maior de repetições em seu treino.

4.3. Volume, Intensidade e Treinamento de Força

Para adequada compreensão da aplicação de alguns dos métodos existentes, objetivando melhora das diversas manifestações de força, é necessário elucidar os conceitos de intensidade e volume, variáveis importantes no entendimento desse estudo.



O volume de um treinamento de força é uma variável conflitante, uma vez que muitos profissionais do esporte o caracterizam como o total de peso levantado pelo atleta ou praticante de atividade física.

Volume, segundo Bompa (2002), é um prévio requisito quantitativo para o desempenho atlético e significa a quantidade total da atividade realizada no treinamento.

Badillo & Ayestarán (2001) citam que o volume de um treinamento de força deve ser expresso pelo número de repetições realizadas ao final do treino, sendo necessário estabelecer o volume “ótimo” para cada período de treinamento.

Ainda segundo Badillo & Ayestarán (2001), a intensidade do treinamento pode ser considerada a variável mais importante do treinamento de força, uma vez que a melhoria do desempenho está atrelada ao seu aumento.

Para Bompa (2002), a intensidade é a variável qualitativa do treinamento de força, pois leva em conta o trabalho que um atleta tem em uma dada unidade de tempo.

4.4. Métodos de Treinamento de Força

Os métodos de treinamento para o desenvolvimento da força são variados e são utilizados de acordo com a especificidade do desporto praticado pelo indivíduo, direcionando o treinamento da forma mais correta em busca de melhores resultados.

Como a manifestação da força absoluta só pode ser observada por meio de fatores psicológicos extremos e por meio da eletroestimulação, não será abordado nenhum método de treinamento para melhora dessa força.

4.4.1. Força Máxima

O treinamento de Força Máxima de um atleta, segundo Bompa (2002), tem como principal característica de treinamento o envolvimento da maior parte das fibras musculares dos grupos musculares relacionados ao movimento, empregando estímulos máximos ou supramáximos.

Badillo & Ayestarán (2001) afirmam que o treinamento de Força Máxima caracteriza-se pela intensidade elevada entre 90 a 100% da resistência máxima (RM) apresentada em avaliação específica e um baixo número de repetições (volume), promovendo um alto desgaste do atleta.

Muitos esportes necessitam de um incremento na Força Máxima para uma melhora dos gestos técnicos e das respostas referentes aos estímulos de treinamento. O treinamento de Força Máxima bem estruturado pode auxiliar no desenvolvimento de outras manifestações de força, como a potência, refletindo diretamente na *performance* esportiva.

4.4.2. Força Isométrica

O treinamento de Força Isométrica apresenta como principal característica a ausência de movimento (estático).

Segundo Badillo & Ayestarán (2001), com contração isométrica máxima obtém-se uma força suplementar de 10 a 15% em relação ao treinamento executado com o tipo de contração isotônica (fase concêntrica), dependendo dos indivíduos e da fase de treinamento em que se encontra a periodização.

Para Bompa (2002), o método de treinamento utilizando-se da Força Isométrica não tem uma funcionalidade marcante para o desporto nem para a resistência muscular, apesar de poder auxiliar um pequeno desenvolvimento da Força Máxima.



O treinamento de Força Isométrica não é tão eficiente quanto o treinamento de força dinâmica por ter uma ausência do movimento, tendo uma melhora de força somente na posição treinada. Isto faz com que o treinamento de força dinâmica seja mais indicado para o desporto, com melhor transferência para os gestos esportivos da modalidade.

4.4.3. Potência

O treinamento de Potência é muito utilizado para uma melhora nos gestos técnicos e na tentativa de uma transferência para os movimentos da modalidade esportiva.

A Potência caracteriza-se pela maior quantidade de força, desenvolvida no menor espaço de tempo possível.

Segundo Bompa (2002), o treinamento de Potência deve ter seus movimentos ligados com a magnitude da força empregada. A força de aceleração do movimento é o principal estímulo para o treinamento.

Para Badillo & Ayestarán (2001), a velocidade de execução diante de uma determinada carga determina a Potência desenvolvida.

Diversos esportes como basquetebol, polo aquático, handebol, voleibol, provas de natação em velocidade, provas de atletismo em velocidade, lançamentos, saltos, entre outros necessitam de um alto índice de manifestação da Potência por parte do atleta durante a execução da modalidade.

Um atleta mais potente pode fazer a diferença em sua modalidade esportiva por meio da execução dos movimentos em questão.

4.4.4. Resistência Muscular Localizada

O treinamento de Resistência Muscular Localizada, mais conhecido popularmente como RML ou ainda treinamento de resistência, tem como sua principal característica o alto número de repetições ou ainda séries limitadas por tempo de execução.

Segundo Bompa (2002), o treinamento de RML não possui um grau de solicitação muito alto com relação à força máxima, ficando entre 10 e 30 repetições o número de movimentos treinados em cada etapa.

Para Badillo & Ayestarán (2001), os atletas de esportes de resistência ou muitas repetições poderiam se beneficiar com o treinamento de força para prevenir lesões e melhorar seu rendimento esportivo, utilizando treinamentos de força junto aos treinamentos de resistência.

Ainda segundo Bompa (2002), os atletas mais beneficiados com esse tipo de treinamento seriam os de artes marciais, natação acima de 400m, canoagem acima de 1.000m, entre outras modalidades de longa duração, com intensidade variando entre 20 e 65% da carga máxima do indivíduo. Porém, o autor também evidencia que todos os esportes mencionados beneficiados pelo treinamento de RML necessitam de diversos estímulos de desenvolvimento de força para auxílio na modalidade em questão.

Conclui-se que o treinamento de Resistência Muscular Localizada deve estar associado ao treinamento de outras manifestações de força, inserido em uma periodização para a melhoria da *performance* dos atletas.



4.4.5. Hipertrofia Muscular

Dentre os diversos métodos de treinamento de força, podemos ressaltar o treinamento para a Hipertrofia Muscular, como forma de auxiliar o atleta na melhora de suas características.

O treinamento de Hipertrofia Muscular tem como objetivo o acréscimo de massa muscular do indivíduo, aumentando sua secção transversa e, assim, o potencial de força, influenciando diretamente na melhora e manifestação de força por parte do atleta.

Segundo Badillo & Ayestarán (2001), a capacidade que um músculo tem de produzir força depende inteiramente de sua secção transversa, do recrutamento de unidades motoras, do número de fibras musculares presentes e do número de pontes cruzadas disponíveis.

Segundo McArdle, Katch e Katch (2003) e Foss (2000), o crescimento muscular observado pelo treinamento com sobrecarga resulta principalmente quando aumenta o volume das fibras musculares individuais, demonstrando, assim, que o aumento de miofibrilas dentro da fibra está diretamente ligado à hipertrofia.

Dessa forma, ficam elucidados os principais métodos de treinamento de força aplicados no Treinamento Desportivo. Para definir qual o melhor método e quais combinações podem ser feitas durante os diversos períodos de treinamento de um atleta, deve-se levar em conta a individualidade biológica de cada um, a especificidade do gesto esportivo, a transferência do treinamento de força para o desporto em questão e a efetividade da aplicação de um ou mais métodos combinados.

5 ECONOMIA DE CORRIDA

A busca por uma melhor *performance* em provas de longa duração tem recebido uma atenção ainda maior nos últimos anos.

Daniels (1985) define 'economia de corrida' como o custo de oxigênio (VO_2) para uma dada intensidade absoluta de exercício. Um corredor pode ser considerado mais econômico quando tem otimizada sua capacidade de dispêndio energético ao longo da prova, em relação à distância percorrida.

Ainda segundo Daniels (1985), o termo eficiência não pode ser utilizado para referenciar a demanda energética da corrida e sua relação com a distância percorrida, pois a velocidade desenvolvida por um atleta durante a prova representa apenas uma parte do trabalho que o indivíduo realiza enquanto se desloca de um ponto para outro.

A eficiência em corridas de longa duração refere-se à relação entre o trabalho realizado e a energia despendida em sua realização total, tendo como meta principal do corredor minimizar e otimizar os fatores que lhe podem ser contraprodutivos durante a prova.

Existem diversos fatores que podem interferir na economia de corrida. Dentre eles, destacam-se idade, nível de treinamento, comprimento e frequência das passadas, vento e resistência do ar e altitude.

Diversas variáveis do treinamento precisam ser aprimoradas para que o corredor possa obter uma melhor *performance* em sua prova. Melhorar a remoção do lactato e incrementar o VO_{2max} na promoção da economia de corrida visam um menor gasto calórico durante a execução de seus movimentos e extensão total da prova.



Segundo Saunders (2004), além do VO_{2max} mais alto, outros fatores interferem na *performance* de um corredor, como a capacidade de sustentar uma determinada velocidade sem acúmulo de lactato ou resistindo por mais tempo ao seu acúmulo e uma melhor condição de utilização de gordura como substrato energético primário promovendo o efeito poupador de glicogênio, o que remete a uma excelente economia de corrida por parte do corredor.

Considera-se, também, a análise biomecânica do movimento realizado pelo corredor um importante fator de interferência na economia de corrida e de desempenho na prova escolhida.

Billat e cols. (1999) citam que a velocidade de realização da prova relacionada ao VO_{2max} (v VO_{2max}) e a velocidade de remoção do lactato sanguíneo são bons indicadores da condição do corredor em percorrer determinada distância para prever a *performance*.

Os testes que mensuram as variáveis relacionadas à economia de corrida são realizados em ergômetros, com ambientes laboratoriais controlados, o que dificulta muito a obtenção dos dados que representem diretamente o ambiente externo e as condições de competição (MORGAN, 1989).

Os testes de laboratório, por exemplo, sempre são realizados em uma superfície plana e com o controle da resistência do ar, normalmente oferecendo menor resistência para o corredor. Segundo Pugh (1970), o efeito da resistência do ar em um corredor promove até 8% do gasto calórico em uma corrida de 5.000m.

Apesar de a técnica de corrida em esteira ser diferente da corrida em campo, no qual os músculos isquiotibiais são altamente requisitados para produzir as forças de propulsão, existe uma correlação alta entre a medida de economia de corrida obtida em ambas as técnicas. Para testes de laboratório, segundo Saunders (2004), é necessária uma velocidade de aproximadamente 85% do VO_{2max} para se mensurar a economia de corrida em atletas.

Na mensuração da economia de corrida, os principais fatores a serem controlados são a ausência de vento, o calçado utilizado no teste, o estado nutricional do corredor, a atividade física realizada ou não antes do teste e a hora do dia da avaliação, a despeito de que não haja nenhuma variação de dados colhidos do mesmo corredor, reproduzindo, assim, as medidas reais do teste.

5.1. Fatores Biomecânicos da Economia de Corrida

Os fatores biomecânicos exercem grande influência na economia de corrida.

A corrida envolve a conversão das forças translocadas a partir dos padrões de movimento, que utilizam a maioria das grandes articulações do corpo.

A energia elástica armazenada durante a corrida na fase excêntrica é um importante fator relacionado com sua economia. Durante a fase excêntrica da passada, a energia aplicada no solo reflete e é armazenada nos músculos, ligamentos e tendões ao mesmo tempo. Durante a recuperação na fase concêntrica da passada, essa força é utilizada na forma de impulso para uma nova passada, otimizando, assim, a economia de corrida com menos energia dispendida na marcha (DANIELS & DANIELS, 1992).

Tartaruga e cols. (2004) realizaram um estudo em corredores de alto rendimento (13 homens e 9 mulheres), objetivando verificar a existência ou não de uma correlação entre a cinemática de corrida e a medida de economia de corrida. O teste de economia de corrida foi realizado em duas velocidades para os dois grupos, sendo 14km/h e 16km/h para homens e 12km/h e 14km/h para mulheres. Foi realizada a análise de três ciclos de passada através da construção de imagens de



vídeo para cada estágio do teste de economia de corrida. No grupo masculino não foram encontradas relações significantes entre economia de corrida e as variáveis cinemáticas em nenhum dos dois estágios, enquanto que no grupo feminino foram encontradas diferenças significativas entre comprimento de passada, tempo de passada e frequência de passada para o estágio 1 de velocidade ($P < 0,05$) e posição angular de tronco ($P < 0,05$), flexão máxima de quadril ($P < 0,05$) e amplitude do deslocamento vertical do punho ($P < 0,05$) para o estágio 2. Esses resultados são de grande relevância para os treinadores, pois poderiam conseguir um maior incremento na *performance*, melhorando as variáveis em questão e utilizando-se da estratégia dos treinamentos. Esses resultados também refletem a dificuldade de associação entre as variáveis cinemáticas de corrida e a economia de corrida em corredores de alto rendimento, sendo necessários estudos mais conclusivos sobre o tema.

Outro estudo realizado por Kyrolainen, Belli e Komi (2001) analisou os fatores que supostamente afetam a economia de corrida em 17 corredores de diferentes velocidades, sendo 9 homens e 8 mulheres. Foram analisados a força de reação do solo e dados cinemáticos do movimento dos corredores medidos simultaneamente com a ativação eletromiográfica de alguns músculos dos membros inferiores. Os parâmetros biomecânicos, tomados como base para o estudo, consistiram no deslocamento e velocidade angular de tornozelo, joelho e quadril. Os resultados obtidos no incremento da ativação eletromiográfica dos músculos, associados ao aumento de produção de potência da força de reação do solo, pode parcialmente explicar o aumento de custo energético por causa do aumento da velocidade de corrida. Não foram encontrados resultados significativos dos parâmetros analisados em correlação com a economia de corrida nos indivíduos, confirmando ainda que os parâmetros biomecânicos analisados nesse estudo não são adequados para prever economia de corrida, assim como mostra a literatura.

Kruel e cols. (2005) analisaram 10 atletas (5 homens e 5 mulheres), corredores de meio-fundo e fundo com mais de cinco anos de experiência em competições profissionais, na tentativa de relacionar os parâmetros antropométricos com o comprimento de passada e a economia de corrida. As variáveis analisadas nessa relação foram massa corporal, percentual de gordura, estatura, comprimento do membro inferior esquerdo e comprimento relativo do membro inferior esquerdo. Foram utilizadas duas velocidades para cada grupo de corredores, sendo 12km/h e 14km/h para mulheres e 14km/h e 16km/h para homens. Segundo Kruel e cols. (2005), as velocidades foram escolhidas de acordo com a literatura pois: (1) a primeira velocidade para os dois grupos situa-se entre o primeiro e o segundo limiar ventilatório, (2) a corrida em esteira rolante acima de 73% do VO_{2max} não apresenta diferenças significativas em relação à corrida em terra e (3) a segunda velocidade para os dois grupos representa uma velocidade próxima ao segundo limiar onde ocorrem mudanças significativas na técnica de corrida. Nenhuma diferença significativa foi observada nas intensidades submáximas de corrida para os grupos analisados, com referência ao gasto energético. Para o grupo feminino, os resultados do estudo demonstram que a variável estatura apresentou um alto poder de determinação da economia de corrida nas duas intensidades submáximas de corrida. Os valores referentes à variável massa corporal foram correlacionados com a economia de corrida e com o comprimento de passada na primeira intensidade submáxima de corrida e somente com a economia de corrida na segunda intensidade submáxima dela. Esses resultados demonstram uma adaptação fisiológica por parte do grupo feminino às intensidades impostas. O grupo masculino



não apresentou boa correlação entre as variáveis na primeira intensidade submáxima de corrida. Para a segunda intensidade submáxima, verificou-se boa correlação entre $VO_{2submáx}$ e comprimento de passada com a variável massa corporal. No geral, o estudo demonstra a dificuldade de relacionar os padrões antropométricos com determinadas velocidades submáximas de corrida.

Cavanagh e Williams (1982) analisaram o efeito da variação do comprimento de passada em relação à captação de oxigênio, durante um teste em esteira de longa duração com 10 corredores experientes. Uma fraca correlação foi encontrada entre o comprimento do membro inferior e o comprimento da passada dos corredores, indicando que não é possível prever um ótimo comprimento de passada para uma população de corredores com base somente no comprimento dos membros inferiores. Foram encontrados valores significativos de aumento do VO_2 durante os testes de corrida por parte dos corredores, indicando, assim, que em uma competição, o comprimento de passada poderia alterar a demanda energética.

Sendo assim, conclui-se que são necessários mais estudos sobre os fatores biomecânicos com a finalidade de encontrar parâmetros que possam elucidar uma possível correlação positiva com a economia de corrida em corridas de longa duração.

5.2. Fatores Fisiológicos da Economia de Corrida

Diversos fatores fisiológicos como temperatura central, ventilação pulmonar, limiar anaeróbio e frequência cardíaca podem estar associados às mudanças na economia de corrida durante competições, treinamentos ou testes para sua avaliação.

Segundo Daniels (1985), a porcentagem do VO_{2max} relacionada a uma determinada velocidade de corrida e sua possível evolução mostra um importante meio de comparação individual ou entre corredores, sob várias condições, fornecendo, assim, uma medida de economia de corrida, embora o autor esclareça que somente a relação do VO_{2max} com uma velocidade de corrida (como um meio de mensurar a economia de corrida) é insuficiente.

Para Daniels e Daniels (1992), em um grupo heterogêneo de corredores, a medida de VO_{2max} apresenta boa correlação com a *performance* nas corridas de longa distância, enquanto que, para um grupo homogêneo, o VO_{2max} apresenta uma fraca correlação com a *performance*. Considerando que a medida de economia de corrida é altamente correlacionada com a *performance* dos atletas, é importante verificar a homogeneidade e a heterogeneidade dos grupos analisados.

Daniels e Daniels (1992) analisaram a medida de economia de corrida em homens e mulheres competidores de alto rendimento em corridas de longa distância. Na comparação entre os grupos, os homens foram melhores no que diz respeito à economia de corrida para valores iguais de velocidade. Entretanto, para valores de uma mesma intensidade relativa de esforço, os resultados dos dois grupos praticamente se igualam, não havendo diferenças significativas entre eles com relação à economia de corrida. Para valores entre homens e mulheres de mesma economia de corrida, os homens possuem um VO_{2max} e uma vVO_{2max} maior. O estudo também relata que os corredores de 800/1.500m são mais econômicos que corredores de maratona para velocidades maiores, mas não tão econômicos para velocidades menores.

Thomas, Fernhall e Granat (1999) analisaram a economia de corrida além das variáveis frequência cardíaca, ventilação pulmonar, temperatura central e lactato sanguíneo antes, durante e após um teste de 5km em 40 corredores (21 homens e



19 mulheres). Todas as variáveis apresentaram alterações significativas dos cinco minutos iniciais para o fim do teste ($P < 0,01$). Após os cinco minutos iniciais, os homens tiveram um aumento significativo da ventilação e do VO_2 quando comparado com as mulheres ($P < 0,01$). O aumento da ventilação teve uma correlação significativa com o decréscimo da medida de economia de corrida, indicando que o aumento do custo da ventilação pode afetar a economia de corrida durante uma prova de 5km. Entretanto, apesar da alta correlação, é pouco provável que a maior parte nas mudanças na economia de corrida seja proveniente somente do aumento do custo da ventilação, sendo necessários outros estudos para verificação desse fenômeno.

Billat e cols. (1999) observaram os efeitos na *performance* aeróbica e os marcadores de *overtraining* aplicando dois protocolos de treinamento intervalado de alta intensidade em atletas de alto rendimento. Um dos protocolos era a aplicação do treinamento intervalado em uma sessão por semana e o outro protocolo consistia na aplicação de três sessões de treinamento intervalado por semana. Foram encontradas melhoras significativas na economia de corrida no protocolo de uma sessão por semana, mas o estudo não ampliou investigação nesse dado, uma vez que o *design* do projeto não tinha a finalidade de avaliar esse parâmetro.

Ortiz e cols. (2003) também utilizaram dois protocolos de treinamento intervalado de alta intensidade para o treinamento de dois grupos de corredores de longa distância. Um protocolo determinava uma intensidade de treinamento a 85% do VO_{2max} e, o outro, uma intensidade de treinamento a 100% VO_{2max} . O tempo de aplicação foi de quatro semanas e a amostra foi composta por 17 atletas. Foram encontradas correlações significativas somente no grupo que trabalhou com intensidade em 100% do VO_{2max} na economia de corrida. Isso demonstra que, apesar de o período de aplicação do protocolo ser curto, a intensidade do treino pode estar ligada diretamente à economia de corrida e à vVO_{2max} .

Especula-se, então, que, com uma maior intensidade de trabalho, o tempo de adaptação do atleta e sua economia de corrida sejam otimizados. O treinamento promove adaptação na morfologia e funcionabilidade das mitocôndrias, permitindo que, em suas provas, os corredores de longa distância utilizem menos oxigênio para uma velocidade submáxima.

Helgerud e cols. (2007) analisaram 40 corredores de longas distâncias com diferentes tipos de protocolos divididos em quatro grupos de treinamento e encontraram uma melhora significativa na economia de corrida em todos os grupos. Porém, como o estudo não objetivava a análise dessa melhora, os autores não elucidaram de maneira satisfatória os motivos relacionados a tal melhora.

Os procedimentos para verificação dos fatores fisiológicos relacionados à economia de corrida são mais simples, diferente em relação à verificação dos fatores biomecânicos. Por isso, abre-se um leque de opções para o desenvolvimento de projetos de pesquisa nessa área, evidenciando que a ciência deve concentrar esforços para melhor esclarecer a relação entre economia de corrida e os fatores fisiológicos que interferem em sua medição.

5.3. Economia de Corrida e Treinamento de Força

É condição básica para os corredores de *endurance* desenvolverem uma melhor *performance*, a manutenção de uma elevada velocidade durante a realização de treinamentos e provas.

Uma das alternativas utilizadas para a otimização da economia de corrida em corredores de *endurance* é o treinamento de força.



As adaptações ao treinamento de força podem promover uma melhoria na capacidade de contração muscular, na otimização da utilização de energia elástica armazenada no músculo, na força muscular, na flexibilidade e, conseqüentemente, na mecânica de corrida.

Dessa forma, o incremento do treinamento de força na periodização para corredores de *endurance* tem sido uma das estratégias utilizadas para melhorar a economia de corrida.

A melhora da força muscular no atleta de *endurance* pode promover, também, adaptações importantes no que se refere ao metabolismo anaeróbio e ao surgimento de fadiga muscular, além da diminuição do tempo de contato com o solo, otimizando a produção de força rápida para esse contato.

As diferenças entre a economia de corrida de atletas de *endurance* e uma melhor adaptação ao treinamento de força por parte do corredor podem estar relacionadas com a distribuição das fibras musculares e outros fatores intrínsecos moduladores da contração muscular.

Kyrolainen e cols. (2003) investigaram em 10 homens, corredores de meia-distância de alto rendimento, a relação entre a estrutura e a força muscular com a economia de corrida, utilizando-se das medidas de força isométrica máxima, biópsia muscular e de consumo de oxigênio, além da análise do lactato sanguíneo. Utilizando a técnica de biópsia muscular, foram verificados quatro tipos de fibra (I, IIA, IIAB e IIB) e suas respectivas cadeias pesadas de miosina (MHC), além de uma análise da titina, da Lactato Desidrogenase (LDH), da Fosfofrutoquinase (PFK), da Citrato sintase (CS) e da 3-Hidroxiacil-CoA-Desidrogenase (HAD). Com relação à estrutura muscular, não foram encontradas correlações significativas entre a economia de corrida, a distribuição de fibras musculares e a cadeia pesada de miosina (MHC) em velocidades mais baixas. Entretanto, para uma velocidade mais alta de corrida ($7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), os valores de economia de corrida se correlacionam significativamente com a distribuição das fibras de tipo IIA ($p < 0,05$). Os resultados encontrados mostram que as fibras musculares possuem um papel importante para explicar a diferença da economia de corrida em um grupo homogêneo de corredores de meia-distância. Esses resultados podem ser explicados pelas diferenças entre a distribuição das fibras musculares, a composição da cadeia pesada de miosina (MHC) e isoforma da titina presente no sarcômero. Considera-se que a quantidade de proteína contrátil no músculo, sua capacidade de produzir força, os elementos que otimizam a produção de força elástica e seu metabolismo anaeróbio são importantes fatores relacionados com a economia de corrida.

Storen e cols. (2008) analisaram 17 corredores (9 homens e 8 mulheres), divididos em dois grupos, sendo um grupo controle constituído por 9 corredores (5 homens e 4 mulheres) e um grupo de treinamento coleta contendo 8 corredores (4 homens e 4 mulheres). A proposta do estudo foi verificar se o treinamento de força máxima influenciaria na economia de corrida em corredores de *endurance*. Os dois grupos foram monitorados durante oito semanas. O grupo controle executou normalmente seu treinamento de corrida, mantendo sua periodização original, enquanto que o grupo de intervenção adicionou ao protocolo original o treinamento de força máxima, objetivando verificar uma possível influência na economia de corrida. O protocolo de treino de força máxima consistia em quatro séries de quatro movimentos, com três minutos de descanso entre cada série, três dias por semana, durante as oito semanas do estudo, contabilizando 24 sessões de treinamento. Verificou-se um incremento de 5% na economia de corrida para uma intensidade de 70% do $\text{VO}_{2\text{max}}$, acompanhada por um incremento de 21,3% no tempo de exaustão



para a máxima velocidade aeróbia de corrida. Os resultados demonstram uma alta correlação entre o treinamento de força máxima, a economia de corrida e o tempo de exaustão da velocidade aeróbia máxima, demonstrando, assim, que o treinamento de força máxima para corredores de *endurance* é eficiente para a melhoria da economia de corrida e sua intervenção pode ser de grande importância para o aumento de *performance*.

O treinamento de força máxima pode ser muito eficiente também por não produzir uma mudança no aumento do peso corporal e melhorar as adaptações neurais referentes a esse estímulo. O aumento nos níveis de força do corredor também pode promover uma melhor eficiência mecânica durante a prova.

Outros meios de treinamento de força, com intensidades submáximas, aplicados em corredores de provas longas, também possuem um incremento significativo na economia de força, assim como relatam Johnston e cols. (1997) em um estudo desenvolvido sobre o treinamento de força aplicado em 12 mulheres corredoras de longa distância.

Johnston e cols. (1997) relatam um incremento na economia de corrida após 10 semanas de treinamento de força em mulheres. O protocolo de treinamento foi aplicado três vezes por semana, contendo diversos exercícios divididos em dois dias diferentes. Foi relatado um incremento de 4% na economia de corrida com o treinamento de força submáximo, utilizado no grupo de corredoras testadas. O aumento da economia de corrida pode estar relacionado com as mudanças na força dos membros inferiores que promovem modificações nos padrões de recrutamento das unidades motoras, atestando, assim, que, para protocolos de intensidade submáxima, também ocorrem modificações na economia de corrida em corredores de longa distância.

Kelly, Burnett e Newton (2008) verificaram o efeito do treinamento de força, com duração de 10 semanas, em um grupo de mulheres praticantes de corrida de 3km. Não foram encontradas correlações significativas entre a economia de corrida das corredoras e o protocolo do treinamento de força aplicado. Contudo, o grupo que implementou o treinamento de força apresentou diferença significativa de *performance* na prova de 3km quando comparado ao grupo que treinou somente o protocolo de corrida. Presume-se que o fato de o grupo que implementou o treinamento de força ter aumentado a *performance* sem o acompanhamento de uma melhora na economia de corrida é oriundo de uma melhoria nas adaptações neuromusculares e na eficiência mecânica.

A correlação entre os fatores neuromusculares e eficiência mecânica ligados à melhoria de *performance* em corridas de longa distância precisa ser melhor estudada em *designs* de projetos futuros.

Além de protocolos com intensidade submáxima referentes ao treinamento de força combinado com o treinamento de *endurance*, alguns autores se dedicam a estudar o benefício do treinamento de potência (ou força rápida) na economia de corrida.

A potência é uma forma de manifestação de força relacionada com a velocidade de movimento, ou seja, para desenvolvimento de uma maior potência, o gesto motor necessita ser executado de forma mais rápida (força x velocidade).

Muitas modalidades desportivas necessitam de um maior índice de potência na execução de seus gestos técnicos. Sendo assim, a potência é observada como uma importante forma de manifestação de força nos protocolos de treinamento, inclusive na periodização de atletas de *endurance*.



Paavolainen e cols. (1999) sugerem que o treinamento de potência, utilizando exercícios com alta velocidade de contração muscular, tem uma influência positiva na economia de corrida de atletas de *endurance*, sobretudo pela melhora das características do ciclo alongamento-encurtamento. Os autores também citam que a força explosiva (potência) contribui na economia de corrida quando relacionada com velocidades submáximas e com a velocidade de prova do corredor.

Nota-se, então, que o treinamento de força explosiva pode melhorar a *performance* em corredores de *endurance* pois promoveria um aumento significativo das características neuromusculares que poderiam ser transferidas para incrementar a potência muscular e a economia de corrida.

Entre outras formas de treinar a força explosiva, destaca-se a pliometria, utilizando protocolos de treinamento de multissaltos para os atletas, com a finalidade de incrementar a economia de corrida.

O treinamento de multissaltos é uma forma de melhorar a produção de potência no atleta, uma vez que os movimentos são realizados de forma rápida e contínua, otimizando, assim, a recuperação da energia elástica armazenada nas estruturas musculares durante a fase concêntrica.

Turner e cols. (2003) analisaram o efeito de exercícios pliométricos em atletas regulares de *endurance* durante seis semanas. Os resultados encontrados no incremento da economia de corrida foram baixos (2-3%), mas vale ressaltar que qualquer mudança na economia de corrida pode ser importante em competições de longa distância.

A relação entre o trabalho pliométrico e a economia de corrida necessita de uma análise mais aprofundada, com intuito de evidenciar se protocolos pliométricos de intensidades elevadas e moderadas poderiam ser utilizados como estratégia de treinamento para corredores de *endurance*, embora alguns autores relatem que esse método de treinamento parece ser um bom meio para aumentar a economia de corrida nesses atletas.

São necessários mais estudos sobre os diferentes tipos de manifestação de força relacionados à economia de corrida para melhor elucidar essa correlação, além da verificação de quais manifestações de força são mais adaptáveis para atletas de *endurance*.

Como relatado anteriormente, parece ser de grande importância o incremento do treinamento de força na periodização de um atleta de *endurance*, visando sua preparação para uma competição. Entretanto, é importante ressaltar que uma periodização adequada tem como objetivos, além de otimizar a *performance* do atleta, minimizar possíveis efeitos deletérios oriundos da sobrecarga de treinamento, como as lesões e a síndrome de *overtraining*, entre outros.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseando-se na revisão de literatura desenvolvida, verificou-se uma influência positiva da intervenção do treinamento de força na economia de corrida em atletas de *endurance*.

Entretanto, outros estudos devem ser realizados para que esses efeitos na economia de corrida sejam melhores evidenciados, na tentativa de definir qual a melhor estratégia e o melhor método de treinamento de força para que os atletas tenham possibilidades de atingir uma *performance* mais adequada.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BADILLO, J.J.G.; AYESTARÁN, E.G. **Fundamentos do Treinamento de Força: aplicação ao alto rendimento.** Porto Alegre. Artmed, 2001.
- BARBANTI, V.J. **Teoria e Prática do Treinamento Esportivo.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.
- BILLAT, L.V. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports Medicine*, v. 31, n. 1, p. 13-31, 2001.
- _____. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle and long-distance running. Part II: anaerobic interval training. *Sports Medicine*. v. 31, n. 2, p. 75-90, 2001.
- BILLAT, L.V.; FLECHET, B.; PETIT, B.; MURIAUX, G.; KORALSZTEIN, J.P. **Interval training at VO_{2max}: effects on aerobic performance and overtraining markers.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v. 31, n. 1, p. 156-163, 1999.
- BOMPA, T.O. **Periodização: teoria e metodologia do treinamento.** São Paulo: Phorte. 2002.
- CAVANAGH, P.R.; WILLIAMS, K.R. **The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v. 14, n. 1, p. 30-35, 1982.
- CHEN, T.C.; NOSAKA, K., TU, J.H. **Changes in running economy following downhill running.** *Journal of Sports Science*. v. 1, n. 25, p. 55-63, 2007.
- DANIELS, J.T. **A physiologist's view of running economy.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v. 17, n. 3, p. 332-337, 1985.
- DANIELS, J.T.; DANIELS, N. **Running economy of elite male and elite female runners.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v. 24, n. 4, p. 483-489, 1992.
- ESTEVE-LANAO, J.; RHEA, M.R.; FLECK, S.J.; LUCIA, A. **Running-specific, periodized strength training attenuates loss of stride length during intense endurance training.** *Journal of Strength and Conditioning Research*. v. 22, n. 4, p. 1.176-1.183, 2008.
- FLECK, S.J.; KRAEMER, W.J. **Fundamentos do Treinamento de Força Muscular.** 2. ed. São Paulo: Artmed. 2002.
- FOSS, M.L.F. **Bases Fisiológicas do Exercício e do Esporte.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- GUGLIELMO, L.G.A.; GRECO, C.C.; DENADAI, B.S. **Relação da potência aeróbia máxima e da força muscular com a economia de corrida em atletas de endurance.** *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. v. 11, n. 1, p. 53-56, 2005.



HALL, S.J. **Biomecânica Básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

HEGEDÜS, J.D. **Historia de Las Carreras de Velocidad: los 100m llanos**. Revista digital. Ano 5. n. 21. 2001. Disponível em: www.efdeportes.com/efd21b/100m.htm. Acesso em: 22 jul. 2008.

_____. **La Ciencia del Entrenamiento Deportivo**. S.R.L. Stadium, 1988.

HELGERUD, J.; HØYDAL, K.; WANG, E.; KARLSEN, T.; BERG, P.; BJERKAAS, M.; SIMONSEN, T.; HELGESEN, C.; HJORTH, N.; BACH, R.; HOFF, J. **Aerobic high-intensity intervals improve VO_{2max} more than moderate training**. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v. 39, n. 4, p. 665-671, 2007.

JOHNSTON, R.E.; QUINN, T.J.; KERTZER, R.; VROMAN, N.B. **Strength training in female distance runners: impact on running economy**. *Journal of Strength and Conditioning Research*. v. 11, n. 4, p. 224-229, 1997.

KELLY, C.M.; BURNETT, A.F.; NEWTON, M.J. **The effect of strength training on three-kilometer performance in recreational women endurance runners**. *Journal of Strength and Conditioning Research*. v. 22, n. 2, p. 396-403, 2008.

KNUTTGEN, H.G; KRAEMER, W.J. **Terminology and measurement in exercise performance**. *J. Appl. Sports Sci. Res.* v.1, p. 1-10, 1987.

KOMI, P.V. **Força e Potência no Esporte**. 2. ed. Porto Alegre: 2006.

KRAEMER, W.J.; FLECK, S.J. **Fundamentos do Treinamento de Força**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

KRUEL, L.F.M.; TARTARUGA, L.A.P; COERTJENS, M.; RIBAS, L.R.; TARTARUGA, M.P. **Influência antropométrica na economia de corrida e no comprimento de passada em corredoras de rendimento**. *Motriz*, v. 13, p. 1-6, 2005.

KYRÖLÄINEN, H.; BELLI, A.; KOMI, P.V. **Biomechanical factors affecting running economy**. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v. 33, n. 8, p. 1.330-1.337, 2001.

KYROLAINEN, H.; KIVELA, R.; KOSKINEN, S.; MCBRIDE, J.; ANDERSEN, J.L.; TAKALA, T.; SIPILA, S.; KOMI, P.V. **Interrelationships between muscle structure, muscle strength, and running economy**. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v. 35, n. 1, p. 45-49, 2003.

LEYK, D.; ERLEY, O.; GORGES, W.; RIDDER, D.; RÜTHER, T.; WUNDERLICH, M.; SIEVERT, A.; ESSFELD, D.; PIEKARSKI, C.; ERREN, T. **Performance, Training and Lifestyle Parameters of Marathon Runners Aged 20-80 Years: results of the PACE-study**. *Int J Sports Med.*, 2009.



MCARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

NEWSHOLME, E.; LEECH, T.; DUESTER, G. **Keep on Running: the science of training and performance**. USA, 1994.

ORTIZ, M.J.; STELLA, S.; MELLO, M.T.; DENADAI, B.S. **Efeitos do treinamento aeróbio de alta intensidade sobre a economia de corrida em atletas de endurance**. Revista Brasileira de Ciência do Movimento. v. 11, n. 3, p. 53-56, 2003.

PAVOLAINEN, L.; HÄKKINEN, K.; HÄMÄLÄINEN, 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. 1.527-1.533, 1999.

PATE, R.R.; MACERA, C.A.; BAILEY, S.P.; BARTOLI, W.P.; POWELL, K.E. **Physiological, anthropometric, and training correlates of running economy**. Medicine and Science in Sports and Exercise. v. 24, n. 10, p. 1.128-1.133, 1992.

PLATONOV, V.N. **Teoria Geral do Treinamento Desportivo Olímpico**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

PUGH, L.G. **Oxygen intake in track and treadmill running with observations on the effect of air resistance**. J Physiol. 207(3): 823-35, 1970.

SAUNDERS, P.U.; PYNE, D.B.; TELFORD, R.D.; HAWLEY, J.A. **Reliability and variability of running economy in elite distance runners**. Medicine and Science in Sports and Exercise. v. 36, n. 11, p. 1.972-1.976, 2004.

_____. **Factors affecting running economy in trained distance runners**. Sports Medicine. v. 34, n. 7, p. 465-485, 2004.

STØREN, O.; HELGERUD, J.; STØA, E. M.; HOFF, J. **Maximal strength training improves running economy in distance runners**. Medicine and Science in Sports and Exercise. v. 40, n. 6, p. 1.087-1.092, 2008.

TARTARUGA, L.A.P.; TARTARUGA, M.P.; RIBEIRO, J.L.; COERTJENS, M.; RIBAS, L.R.; KRUEL, L.F.M. **Correlações entre economia de corrida e variáveis cinemáticas em corredores de alto nível**. Revista Brasileira de Biomecânica. v. 5, n. 9, p. 51-58, 2004.

THOMAS, D.Q.; FERNHALL, B.; BLANPIED, P.; STILLWELL, K. **Changes in running economy and mechanics during a submaximal 5-Km run**. Journal of Strength and Conditioning Research. v. 9, n. 3, p. 170-175, 1995.

THOMAS, D.Q.; FERNHALL, B.; GRANAT, H. **Changes in running economy during 5-Km run in trained men and women runners**. Journal of Strength and Conditioning Research. v. 13, n. 2, p. 162-167, 1999.



TURNER, A.M.; OWINGS, M.; SCHWANE, J.A. **Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training.** Journal of Strength and Conditioning Research. v. 17, n. 1, p. 60-67, 2003.

VERKHOSHANSKI, Y.V. **Treinamento Desportivo: teoria e metodologia.** Porto Alegre: Artmed, 2001.

WEINECK, J. **Treinamento Ideal.** São Paulo: Manole, 1999.

YAMAMOTO, L.M.; LOPEZ, R.M.; KLAU, J.F.; CASA, D.J.; KRAEMER, W.J.; MARESH, C.M. **The effects of resistance training on endurance distance running performance among highly trained runners: a systematic review.** J Strength Cond, Res. v. 22, n. 6, p. 2.036-2.044, 2008.

ZATSIORSKI, V.M. **Biomecânica no Esporte: performance do desempenho e prevenção de lesão.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

_____. **Science and Practice of Strength Training.** USA, 1999.

Recebido: 01/04/2009

Aprovado: 19/10/2009