

Resistência: estrutura, conceitos, métodos e desempenho

Wagner Silva PEREIRA Júnior¹

Leonardo LAMAS Leandro Ribeiro¹

Faculdade de Educação Física,
Universidade de Brasília, Brasília,
Brasil¹

RESUMO

Resistência motora é definida pela capacidade de o corpo humano suportar a execução de determinado exercício por um certo período. Diversos estudos foram propostos na intenção de esclarecer os mecanismos que contribuem para a melhora desse desempenho. Nesse sentido, o objetivo desta revisão foi esclarecer sobre a estrutura do treinamento desta capacidade motora, auxiliando os profissionais que desejam prescrever treinos nessa temática. Ainda, analisar os diversos trabalhos que se propuseram a compreender a ocorrência da melhora do desempenho na referida capacidade motora, e, assim, apontar os métodos e conceitos utilizados no treinamento da Resistência. Os artigos foram selecionados a partir do critério “peer reviewed”. Ainda, alguns livros serviram também de consulta para a elaboração do presente trabalho. Os principais conteúdos analisados na revisão foram: a) adaptações ao treinamento de resistência; b) conceito de VO_{2max} e Velocidade no VO_{2max} ; c) parâmetros fisiológicos no treino de resistência; d) métodos de treino e e) avaliação da capacidade motora resistência. Ao final, foram definidas diretrizes a fim de nortear a prescrição dos treinos em todas as zonas de resistência (Aeróbia, Anaeróbia Lática e Anaeróbia Alática).

Palavras-chave: VO_{2max} ; Parâmetros fisiológicos; Capacidade Motora; Métodos de treino e Avaliação.

1 INTRODUÇÃO

Resistência é uma das principais capacidades motoras que podem ser exploradas no âmbito do treinamento esportivo. O presente trabalho busca esclarecer, por meio de uma revisão, como os conteúdos principais do treino de resistência podem ser estruturados. Para isso, busca-se fundamentar os conceitos e parâmetros primordiais utilizados na prescrição da capacidade motora. Ainda, é importante ressaltar que diversos estudos se propuseram a estudar os efeitos do treinamento em resistência. Diversos estímulos, das mais variadas maneiras de indução de efeitos, foram analisados a fim de esclarecer e justificar as práticas empíricas utilizadas pelos treinadores. Apesar do grande número de publicações na área, não parece fácil compreender a maneira de estruturação dos diversos tipos de treino de resistência existentes e, o objetivo específico de cada treino, tendo em vista a variedade de modalidades no âmbito esportivo.

A Capacidade Motora Resistência é definida pela capacidade de o corpo humano suportar a execução de determinado exercício por um certo período. Para quantificar o período de maneira coerente, é necessária a análise da intensidade do estímulo imprimido ao realizar a atividade física. Nesse sentido, suportar uma determinada atividade por 30 segundos, em uma intensidade correspondente a 95% do VO_{2max} , poderia corresponder a um longo período. Por outro lado, quando a intensidade é relativamente baixa (ex.: 50% do VO_{2max}), esse mesmo período pode ser considerado curto.

A seguir algumas definições de Resistência na literatura:

Resistência é a capacidade de sustentar determinada potência durante o maior tempo possível (ou sustentar uma grande potência em um determinado tempo), uma qualidade que poderia estar relacionada com a característica bioenergética conhecida por máximo déficit de oxigênio. (BILLAT et al., 1999, p.362)

Resistência motora é o componente da capacidade funcional que permite realizar movimentos durante um determinado intervalo de tempo sem perdas significativas na qualidade da execução, prolongando o tempo de execução até o surgimento dos sintomas e sinais de fadiga. A resistência pode ser dividida

em anaeróbia alática, resistência anaeróbia láctica e resistência aeróbia. (GOBBI, VILLAR & ZAGO, 2005)

A Resistência pode ser definida pela capacidade de sustentar uma determinada velocidade ou potência pelo maior período possível (Jones e Carter, 2000, p.373).

A Resistência aeróbia pode ser representada pela capacidade de sustentar um determinado percentual de VO_{2max} por um longo período de tempo. (Léger, Mercier e Gauvin, 1986; Tokmakidis et al., 1987; Péronnet et al., 1987; e Péronnet e Thibault, 1989).

O conceito de resistência se torna um pouco abstrato devido aos diversos gestos esportivos específicos de cada modalidade. Em determinados esportes, os atletas não necessitam produzir altos índices de força e potência muscular, mas precisam sustentar continuamente essa atividade. O corredor de maratona é um exemplo. Para executar sua corrida, ele não precisa vencer altas cargas, mas necessita suportar, por um longo período, a maior velocidade possível. A especificidade de sua modalidade é resistir continuamente à força e potência contra baixa ou nenhuma sobrecarga. Diferentemente do exemplo anterior, o atleta de futebol, pela especificidade do esporte, depende da capacidade de suportar diversos estímulos de alta intensidade e curta duração e, muitas vezes, com pouco intervalo de recuperação.

Nota-se que, com a grande diversidade de modalidades existentes no universo esportivo, a resistência pode ser classificada de diversas maneiras.

Ao que tudo indica, o grande objetivo de cada classificação é permitir a compreensão sobre qual situação o organismo é exposto em cada tipo de atividade e, com isso, selecionar os estímulos adequados para aumentar o desempenho na capacidade de resistência específica de cada modalidade.

A presente revisão destina-se a verificar os mecanismos que induzem a melhora no desempenho da Resistência por meio da análise de diversos trabalhos científicos. Para isso, foram explorados os seguintes tópicos: a) adaptações ao treinamento de resistência; b) conceito de VO_{2max} e Velocidade no VO_{2max} ; c) parâmetros fisiológicos no treino de resistência; d) métodos de treino e e) avaliação da capacidade motora resistência.

Dessa maneira, esta revisão narrativa traz uma visão ampliada da capacidade, pois reúne diversos conteúdos sobre o tema. E, também, busca esclarecer aos profissionais que trabalham na área do treinamento físico - que envolvem a capacidade de resistência - a organização estrutural e sistêmica da capacidade motora.

2 METODOLOGIA

O estudo utilizado é uma revisão narrativa. Nesse tipo de estudo, são analisadas produções bibliográficas acerca de determinada área de conhecimento. A partir da revista *Sports Medicine* foi realizada uma busca com as palavras chaves: *endurance performance*. Ainda, foi estabelecido como filtro de busca artigos publicados no período compreendido entre 2010 e 2017. Nessa primeira busca foram encontrados 759 artigos. Foi estabelecido que, nesse primeiro momento, somente os artigos de revisão seriam considerados. Após breve leitura do título e resumo, os artigos considerados não relevantes para o tema em análise foram descartados, restando apenas 11 revisões. Com isso, além de utilizar as revisões para a confecção desse artigo, a análise mais rigorosa foi realizada a partir das referências bibliográficas destas revisões na qual foi estabelecida, também, como critério de seleção artigos que passaram por revisão paritária “*peer review*” e que foram publicados em revistas indexadas no qualis periódicos. Ainda, foram incluídos somente artigos de delineamento experimental e de revisão. No total 110 artigos foram selecionados os quais serviram de orientação para confecção do referido estudo. Além disso, foram utilizados como fonte os livros: *Text Book of Work Physiology* (Astrand e Rodahl, 1970), *Periodização* (Bompa, 2012), *Strenght and Conditioning for team sports* (Gamble, 2010), *Educação Física no Ensino Superior* (Gobbi, Vllar e Zago, 2005), *Arbeits – und Trainingsgrundlagen* (Hollman e Hettinger, 1980), *Metodologia del Entrenamiento* (Billat, 2002) e *Entrenamiento de la resistencia* (Zintl, 1991). Para a análise dos artigos, as buscas foram realizadas nas bases de dados: Scielo, *Research Gate*, Portal de Periódicos Capes e *Google Scholar*.

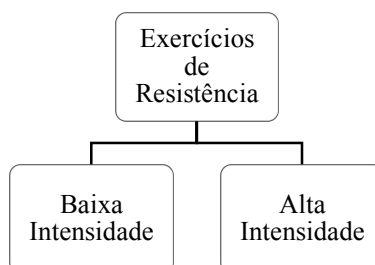
Para a seleção dos 110 artigos, os autores levaram em consideração o seu conteúdo. O objetivo foi reunir informações que pudessem fundamentar e esclarecer

os parâmetros utilizados no treino de resistência, ainda verificar estudos experimentais que sustentassem os métodos conhecidos na literatura atual. A seleção dos artigos pautou-se pela busca dos seguintes conteúdos: a) adaptações ao treinamento de resistência; b) conceito de VO_{2max} e Velocidade no VO_{2max} ; c) parâmetros fisiológicos no treino de resistência; d) métodos de treino e e) avaliação da capacidade motora resistência.

O delineamento, em comparação com a revisão sistemática, encontra um estilo temático mais aberto. Ou seja, dificilmente parte de uma questão específica bem definida. O mesmo não exige que seu protocolo de confecção siga padrões rígidos de elaboração. Ainda, na revisão narrativa, a busca das fontes não é pré-determinada e, específica, sendo quase sempre menos abrangente. Nesse sentido, a escolha dos artigos possui uma característica mais arbitrária a qual aumenta a probabilidade de ocorrer um viés de seleção de informações, estando presente uma grande margem de subjetividade (Cordeiro, Oliveira, Renteria, Guimarães, 2007, p. 429-430).

3 CLASSIFICAÇÃO

Diversas são as maneiras encontradas na literatura para classificar a resistência. Uma das classificações existentes na literatura é a de Bompa e Haff (2012) a qual faz referência à existência de dois tipos de exercícios de resistência: a de baixa intensidade e a de alta intensidade (Bompa e Haff, 2012). O fluxograma abaixo representa a referida classificação:



Porém, utilizar somente essa classificação faz com que a análise do evento fisiológico, provocado pelas diversas atividades físicas, seja incompleta.

Interessante ressaltar a classificação de resistência apresentada por Hollman e Hettinger (1980) em sua obra. Os autores, inicialmente, dividem a resistência em Aeróbia e Anaeróbia. Ainda, subdividem a resistência aeróbia em três subcategorias:

- resistência aeróbia de curta duração (3 a 10 minutos);
- resistência aeróbia de média duração (10 a 30 minutos) e
- resistência aeróbia de longa duração (mais de 30 minutos).

A resistência anaeróbia também é subdividida em três subcategorias:

- resistência anaeróbia de curta duração (10 a 20 segundos);
- resistência anaeróbia de média duração (20 a 60 segundos) e
- resistência anaeróbia de longa duração (60 a 120 segundos).

Zintl (1991) faz considerações sobre a magnitude de participação das vias anaeróbias láticas e aláticas em relação a classificação de Hollmann e Hettinger (1980). Ele afirma que, nos estímulos de curta duração, a via anaeróbia alática atua com a participação majoritária de mais de 80% da produção de energia total de energia, levando em consideração as três vias energéticas. Já a resistência anaeróbia de média duração é caracterizada pela participação da via anaeróbia lática de mais de 70% da produção total de energia. Por fim, a resistência anaeróbia de longa duração é caracterizada pela participação de mais de 60% da via anaeróbia lática (Zintl, 1991).

A fim de apresentar uma abordagem pedagógica, opta-se por adotar a classificação de Gobbi, Villar e Zago (2005) que divide a capacidade motora em: Resistência Aeróbia, Resistência Anaeróbia Lática e Resistência Anaeróbia Alática.

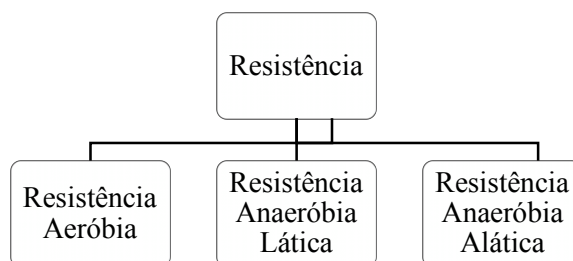


Figura 1 - Organograma Classificação Resistência - GOBBI, VILLAR & ZAGO, 2005

Nota-se que o referido modelo representa, de maneira completa, as ocorrências fisiológicas durante o exercício. Hill (1923), em análise ao funcionamento do sistema de fornecimento/produção de energia ao exercício, afirmou que a limitação do desempenho é decorrente da falha de fornecimento de oxigênio ao sistema muscular. Assim, decorrente da ideia de que a falta de oxigênio nos músculos acarreta a fadiga, chegou-se a conclusão que a limitação está relacionada a impossibilidade de produção de energia para dar suporte à continuidade do exercício. Sendo assim, verifica-se que a referida classificação corresponde à duração do estímulo. A capacidade de produção de energia – Adenosina Triphosfato (ATP) – pelas diferentes vias metabólicas é evidenciada. Em relação à produção independente de oxigênio, faz-se uma relação direta com a resistência anaeróbia alática, tendo em vista a produção de energia através da quebra do ATP estocado no interior das células. Quanto à resistência anaeróbia láctica, a produção do ATP é oriunda do fracionamento da glicose, também de maneira independente do oxigênio. Por fim, a resistência aeróbia é dependente da glicólise e lipólise aeróbia, ou seja, é dependente do oxigênio. (Noakes, 2000).

Ainda, Billat (2002) adota em seu livro a referida classificação, distribuindo o metabolismo em aeróbio, anaeróbio láctico e alático. O metabolismo anaeróbio alático é caracterizado principalmente pela produção de energia através da utilização da fosfocreatina. Para um exercício com intensidade correspondente a 70% do VO_{2max} , a duração dos estoques de fosfocreatina duram entre 20 e 30 segundos. Caso seja realizado um Sprint máximo, a duração das reservas é de apenas 10 segundos (Sahlin, 1985 e Billat, 2002). O metabolismo anaeróbio láctico produz energia através do fracionamento da glicose, acarretando o acúmulo de ácido láctico. Esse acúmulo provoca a interrupção do funcionamento da glicólise anaeróbia devido ao acúmulo de ions H^+ . A acidose no interior das células musculares inibe a ação da enzima fosfofrutoquinase a qual é a principal responsável pelo fracionamento da glicose para produção de ATP (Billat, 2002). O metabolismo aeróbio é caracterizado pela sua maior duração. Ele utiliza ácidos graxos e glicose para a produção de energia (Billat, 2002).

Observa-se que a classificação adotada apresenta uma clara relação com os principais parâmetros fisiológicos a serem observados numa prescrição.

Os principais parâmetros são: Consumo Máximo de Oxigênio (VO_{2max}), Limiar aeróbio (LI), Limiar Anaeróbio (LII). Outros parâmetros também são comumente

utilizados, Limiar de Lactato (LL), Limiar Ventilatório (LV), Ponto de Compensação Respiratória (PCR), $VO_{2\text{pico}}$, Máxima Intensidade na fase estável.

Basicamente, os parâmetros fisiológicos combinados com as classificações de resistência são índices que indicam a maior participação de determinado metabolismo – aeróbio ou anaeróbio. Essa participação demonstra até que ponto a energia está sendo fornecida através da utilização do Oxigênio (O_2). E ainda, se o estímulo está promovendo a produção de Lactato e íons H^+ a partir do sistema Glicolítico de fornecimento de energia.

Outro conceito importante a ser esclarecido é a diferença entre “Capacidade” e “Potência”. As subdivisões da Capacidade Motora Resistência – Aeróbia, Anaeróbia Lática e Anaeróbia Alática – ainda devem ser diferenciadas em relação aos conceitos de Capacidade e Potência. Nesse sentido, ao se utilizar o termo “Capacidade”, entende-se que sua definição se refere à quantidade total de energia de determinada via energética, seja ela aeróbia ou anaeróbia. Já o termo “Potência” faz alusão à maior quantidade de energia produzida em um determinado período, está mais relacionado com a rápida produção de energia – sem a necessidade do esgotamento da capacidade total energética.

4 ADAPTAÇÕES AO TREINAMENTO DE RESISTÊNCIA

Faz todo sentido compreender as ocorrências fisiológicas, pois é a partir disso que o treinador pode ajustar seu treino a fim de adquirir uma característica objetiva e lógica. O desempenho na corrida é influenciado por fatores fisiológicos, psicológicos e biomecânicos. Segundo Beattie et al. (2014), o desempenho em esportes de resistência é dependente de uma complexa interação entre fatores fisiológicos e biomecânicos.

As ocorrências fisiológicas demonstram um papel sinérgico entre o sistema central e periférico os quais realizam a regeneração do ATP a fim de sustentar determinado esforço (Bassett e Howley, 2000). O fluxo do O_2 para o interior da mitocôndria é influenciado por fatores centrais e periféricos. Nesse sentido, os fatores centrais que limitam a entrada de O_2 nas mitocôndrias são: a capacidade de difusão

pulmonar, o débito cardíaco máximo e a capacidade de transporte de oxigênio pelo sangue. Por outro lado, os fatores periféricos são afetados pelas características musculares esqueléticas (Basset e Howley, 2000).

Algumas fundamentações fisiológicas para o treinamento são encontradas na literatura científica:

- ✓ A melhora da capacidade oxidativa dos músculos está associada a um menor consumo de oxigênio por cadeia respiratória mitocondrial durante exercício submáximo (Assumpcao et al. 2013)
- ✓ Adaptações que melhoram a capacidade de tamponamento do sistema muscular esquelético são esperadas com o treinamento de resistência (Gore et al., 2001).
- ✓ Rowell (1993) e Zavorsky (2000) afirmam que as adaptações centrais contribuem na melhora da entrega de oxigênio para os músculos em atividade, já que a Frequência Cardíaca Máxima (FCmax) permanece inalterada em resposta ao treinamento de resistência. A hipótese é que essas alterações ocorrem devido ao aumento do Volume Sistólico.
- ✓ As altas concentrações de íons H⁺ parecem inibir a ação da enzima Fosfofrutoquinase (PFK), a qual tem forte participação na ressíntese de ATP através da glicólise. Dessa maneira, isso funciona como um estímulo para a melhora da capacidade de tamponamento desses íons pelo músculo esquelético, o que contribui de forma indireta para o aumento do desempenho nos exercícios (Laursen, 2002, p. 63).
- ✓ Lake e Cavanagh (1996) relataram alguns fatores que contribuem para a melhora do desempenho em resistência. Esses são as alterações biomecânicas, adaptações no sistema nervoso central e mudanças no sistema endócrino. Assim como outras adaptações periféricas, aumento da concentração de mioglobinas, densidade capilar e mudança de características de fibras. Porém, alguns estudos indicaram que as alterações biomecânicas têm implicações na economia de corrida e, essa melhora, é limitada quando se

trata de indivíduos treinados. Os autores relatam uma possível melhora por fatores fisiológicos.

- ✓ O treinamento de resistência induz importantes alterações morfológicas no miocárdio tais como o seu aumento de cavidade e da espessura da parede ventricular esquerda. Ainda, promove o aumento do máximo volume sistólico. Outras alterações importantes são o aumento capilar do músculo esquelético e o aumento da capacidade oxidativa das fibras tipo II. A magnitude dessas alterações parece estar relacionada com a intensidade do estímulo, se mostrando mais forte quando se aproxima do 100% do VO_{2max} (Midgley, Mcnaughton e Wilkinson, 2006, p.127).
- ✓ Em indivíduos treinados, a dinâmica do lactato é mais eficiente. A remoção do lactato acumulado é mais rápida em função da melhora na oxidação dos músculos ativos e da reconversão realizada pelo fígado (Gliconeogênese). O transporte de lactato para dentro e fora das células é realizado pelos transportadores Monocarboxilato (MCTs) que são proteínas de membranas. O treinamento de resistência estimula a ativação desses MCTs, principalmente os MCTs 1 e 4 (Billat et al, 2003, p.408).

5 PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DO TREINAMENTO DE RESISTÊNCIA

5.1 O CONCEITO DE VO_{2MAX} E VELOCIDADE NO VO_{2MAX} (vVO_{2MAX}) E ECONOMIA DE CORRIDA

O Consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) representa a capacidade máxima de o organismo captar e utilizar o oxigênio para o fornecimento de energia aos músculos ativos.

Hill e Lupton (1923) mostraram que o consumo de oxigênio aumenta à medida que a velocidade do exercício é intensificada, atingindo o consumo máximo por volta de 256 m/min.. Particularmente, nessa velocidade nenhum aumento de consumo de

oxigênio foi identificado. Infere-se que o coração, pulmões, circulação e difusão de oxigênio estão em suas capacidades máximas nessa velocidade. Com isso, em velocidades mais altas, a demanda de oxigênio ainda maior provoca um débito de O_2 (Hill e Lupton, 1923).

A medida de VO_{2max} tem sido frequentemente utilizada como medida de desempenho para eventos de meia e longa distância. No entanto, em atletas altamente treinados, em que os valores de VO_{2max} são muito próximos, essa correlação entre valores e desempenho é relativamente pobre. Evidentemente, dois atletas com um mesmo VO_{2max} não executam um determinado exercício com o mesmo desgaste energético. (Bosquet, Léger e Legros, 2002, p. 676).

Em 1975, o termo “Velocidade crítica” foi utilizado para aferir a capacidade aeróbia máxima. A velocidade crítica corresponde à menor velocidade que provoca o consumo máximo de oxigênio. É necessário esclarecer que a velocidade crítica não pode ser confundida com o termo “Potência Crítica”, o qual está mais relacionado com o parâmetro “Limiar de Lactato” (Billat e Koralsztein, 1996, p.90).

A taxa de reconversão de ATP está intrinsecamente relacionada ao valor de VO_{2max} . A porcentagem do VO_{2max} utilizada durante o esforço é dependente do valor total de VO_{2max} e esse valor tem relação direta com o desempenho. Logo, o VO_{2max} representa um limite superior de produção de energia, porém não determina o desempenho final, tendo em vista a influência da economia de corrida (Bassett e Howley, 2000).

A economia de corrida é representada pela quantidade de consumo de oxigênio necessária para correr a uma respectiva velocidade. É representada por determinada velocidade num respectivo VO_{2max} . Ela é determinante para o sucesso em esportes de resistência (Saunders et al., 2004).

Durante o esforço, o movimento realizado com uma maior economia em intensidades submáximas é crucial para a melhora do desempenho, pois as reservas de energia estarão sendo poupadas o que possivelmente permitirá, além do menor desgaste durante todo o esforço, um “Sprint” no final da prova (Beattie et al., 2014).

Difícilmente é possível melhorar a economia de corrida em atletas altamente treinados em resistência. Assim, qualquer método de treinamento que resulte em melhoras neste indicador é importantíssimo para o sucesso no desempenho (Beattie et al., 2014).

Em 1984, a vVO_{2max} passou a ser mais utilizada e foi confirmada como uma variável útil que combina dois fatores importantes da resistência, o VO_{2max} e a Economia de movimento. Com isso, foi possível identificar as diferenças aeróbias de cada corredor. Ou seja, foi evidenciado que o fato de dois corredores terem o mesmo VO_{2max} não significava que ambos teriam o mesmo desempenho em resistência (Billat e Koralsztein, 1996, p.91).

Segundo Laursen e Jenkins (2002); Midgley, McNaughton e Wilkinson (2006); e Billat e Koralsztein (1996), a vVO_{2max} representa a menor velocidade necessária para atingir a intensidade de VO_{2max} . Ainda, outro ponto positivo da medida é que ela representa o custo energético da intensidade do VO_{2max} para cada indivíduo.

A vVO_{2max} é uma excelente ferramenta de treinamento para corredores de meia e longa distância. Correr na velocidade do VO_{2max} pode induzir adaptações positivas ao exercício, aumentando o tempo de exaustão no VO_{2max} . No entanto, mais estudos devem verificar se essa estratégia é realmente eficaz. (Billat e Koralsztein, 1996, p.106).

Segundo Babineau e Leger (1997); Noakes, Myburgh e Schall (1990); Berthoin et al. (1996); e Morgan et al. (1989) a vVO_{2max} mostrou-se eficiente para prever o desempenho em corridas de meia e longa distância e parece ser um parâmetro útil para realizar prescrições de treinos intervalados.

5.2 LIMIARES

A identificação de limiares fisiológicos permite que o treinador realize a prescrição de um treino mais objetivo. Nesse sentido, é importante compreender o comportamento das vias energéticas. Os limiares são utilizados como marcadores, proporcionando a identificação do momento em que ocorre a alteração no predomínio de cada via energética. Cabe destacar que as vias energéticas funcionam de maneira complementar e, de acordo com a intensidade e duração do estímulo, elas somente alternam sua predominância.

Os principais limiares descritos nesse trabalho são: Limiar Aeróbio ou Limiar Ventilatório 1 (LI); Limiar Anaeróbio (LAn) ou Limiar Ventilatório 2 (LII), ou ainda, Limiar de Lactato; e Consumo Máximo de Oxigênio (VO_{2max}).

Diversas descrições de limiares diferentes dos citados acima são encontradas na literatura, porém esses foram os escolhidos nesse trabalho a fim de permitir uma clara compreensão dos parâmetros úteis numa prescrição. E, ainda, a partir desses limiares, é possível interpretar os resultados da maioria dos estudos que investigaram os efeitos de diversos protocolos de treinamento na resistência.

Nota-se que mais de uma definição foi atribuída a um mesmo limiar (ex.: Limiar Ventilatório 2 = Limiar de Lactato = Limiar Anaeróbio). Esses termos nem sempre são considerados sinônimos. Porém, para efeitos de entendimento de alguns estudos, é necessário considerar que estes eventos ocorrem em conjunto. Jones e Ehsam (1982) sugeriram que a terminologia Limiar Anaeróbio deve ser abandonada e que os cientistas e treinadores devem se concentrar em um ponto específico da curva de lactato a determinado % de VO_{2max} e assim melhor delinear o objetivo do seu treinamento.

Astrand e Rodahl (1970) caracterizam a intensidade do exercício através do % do VO_{2max} (Astrand e Rodahl, 1970). Indivíduos treinados podem suportar altos % de VO_{2max} (87% e 83%) por 1 e 2 horas, respectivamente. Em contrapartida, sujeitos destreinados suportam por esse mesmo período nas intensidades referentes a 50% e 35% do VO_{2max} (Bassett e Howley, 2000).

A plasticidade do % de VO_{2max} é de maior duração do que a do próprio VO_{2max} . Foram verificadas rápidas mudanças no VO_{2max} nos primeiros 2 meses de treinamento, já o % do VO_{2max} continuou tendo alterações ao longo do tempo de treino. Sendo assim, ressalta-se que no início de um programa de treino são observadas mudanças no VO_{2max} e depois a atenção deve ser voltada para as mudanças no percentual do VO_{2max} (Astrand e Rodahl, 1970).

Os indicadores clássicos (VO_{2max} e Limiar de Lactato) são comumente analisados a fim de prever o desempenho de corredores, ciclistas e tri-atletas. Porém, atletas profissionais altamente treinados com VO_{2max} similares podem apresentar relevantes diferenças no desempenho, evidenciando que o consumo máximo de oxigênio não discrimina de maneira completa o desempenho de determinado atleta (Bassett e Howley, 2000).

Avaliações que indiquem a economia do movimento e que indicam a potência muscular no momento específico do esforço durante o consumo máximo de oxigênio representam melhor aquele desempenho. O exemplo é a medida de Velocidade no VO_{2max} ou potência no VO_{2max} (vVO_{2max} ou wVO_{2max}). Ainda, também é considerada uma medida eficaz a velocidade máxima de corrida anaeróbia (Paavolainen, Nummela e Rusko, 2000).

O limiar de lactato é representado por um sistemático acúmulo de lactato. Durante níveis leves e moderados de exercício, há oxigênio suficiente nas células para tamponar os íons H^+ liberados pela glicólise anaeróbia. Os hidrogênios armazenados em NADH são transferidos para dentro das mitocôndrias e formam água sem acidificar o meio celular. Ao passo que a atividade física é intensificada, a produção de íons H^+ , também, é aumentada. O sistema glicolítico necessita de NAD^+ para continuar funcionando. Ao ocorrer o acúmulo desses hidrogênios, o composto piruvato recebe pares de hidrogênio, formando o lactato e acidificando o meio (Mcardle, Katch, Katch, 2011, p. 152).

A fim de determinar o limiar de lactato, é realizado uma série de testes com velocidades crescentes. Ao fim de cada teste são coletadas amostras de sangue as quais são destinadas a verificar a quantidade de lactato sanguíneo. Assim, a velocidade que ocorre o acúmulo acentuado de lactato é um preditor de desempenho (Bassett e Howley, 2000). Segundo Weltman (1995) o limiar de lactato é um bom preditor de desempenho para diversas modalidades de resistência (corrida, ciclismo, natação).

As diferenças de Limiares de Lactato entre atletas de resistência estão relacionadas com as mudanças na atividade enzimática das mitocôndrias (Weltman, 1995).

A capacidade de uma maior utilização de lipídios como fonte de combustível para a produção de energia é potencializada pelo aumento da concentração de mitocôndrias na célula muscular. Esse aumento pode resultar numa menor produção de lactato devido a menor utilização da enzima fosfofrutoquinase a qual é estimulada pela alta concentração de Adenosina difosfato (ADP). Então, a baixa concentração de

ADP significa que a quantidade de mitocondrias é suficiente para impedir o acúmulo do lactato sanguíneo, resultando em um maior desempenho (Holloszy e Coyle, 1984).

5.3 FREQUÊNCIA CARDÍACA

Convém destacar que os parâmetros da Frequência Cardíaca (FC) também são muito utilizados na prescrição de treinos de resistência. Achten e Jeukendrup (2003, p.524) afirmam que o monitoramento da FC com “Polar” e dispositivos similares tem se mostrado válido e confiável com base em diversos estudos citados na revisão. São eficientes na medição em condições de estresse físico e mental. Porém, na mesma obra os autores afirmam que a FC e o VO_{2max} têm um comportamento linear somente até intensidades submáximas ($<VO_{2max}$). Mesmo assim, por meio dessa limitada relação, ainda é possível monitorar determinadas intensidades de treino.

Segundo Billat (2001); e Laursen e Jenkins (2002) a intensidade do exercício pode ser definida a partir da FC. Porém essa definição só é efetiva para treinos prolongados e em intensidades submáximas. Pois a FC não acompanha o aumento da intensidade acima de VO_{2max} , a qual representa grande parte das prescrições de exercícios intervalados. Com o desenvolvimento de frequencímetros, tornou-se possível a sua utilização para a indicação da intensidade do exercício. Diversos atletas o utilizam para monitorar a intensidade do seu treino.

Um recente posicionamento do *American College Sports and Medicine* (ACSM) recomendou a quantidade e qualidade do exercício que deve ser desenvolvido para a manutenção do sistema cardiorrespiratório e força muscular, e flexibilidade para adultos saudáveis. A classificação geral foi feita utilizando FC reserva (FCmax- FCrep) e % de FCmax para determinar intensidade. A intensidade é dividida em 6 categorias, da mais fácil para mais difícil. A classificação traz uma tabela indicativa das intensidades com base em % de FC e a estimativa em % de VO_2 . Porém, é necessário deixar claro que para uma indicação mais precisa é necessária a realização de testes para a aferição da FCmax individual (Achten e Jeukendrup, 2003, p. 525).

A utilização da FC também pode ser útil para a determinação do despendido de energia. As zonas de FC também podem ser utilizadas para identificar as zonas de maior acúmulo de lactato sanguíneo (Achten e Jeukendrup, 2003, p. 525).

Cerretelli e Di Prampero (1971) afirmam que, principalmente em estímulos curtos e médios (<30s e 1-2m respectivamente), é difícil definir com precisão a intensidade do exercício, utilizando somente a FC. Isso ocorre devido à lenta resposta cardíaca ao exercício em comparação com a resposta do VO₂.

A fim de determinar o ponto em que ocorre o limiar anaeróbio de maneira não invasiva, Conconi et al. elaboraram um teste de campo no qual o ponto de acentuado desvio da curva indicadora da FC é correspondente ao respectivo limiar. O teste ficou conhecido como: “*Conconi test*” (Conconi et al. 1982).

Os protocolos utilizados para determinar o ponto em que ocorre a quebra de linearidade da curva da frequência cardíaca são diversos, porém, é importante ressaltar que, apesar de o *Conconi test* ter sido indicado como confiável, nem todos os estudos que o reproduziram relataram 100% de confiabilidade (Bodner e Rhodes, 2000). É evidente que existe uma relação entre o momento de quebra de linearidade da frequência cardíaca e o acúmulo de lactato. Assim, o indicador pode ser utilizado como parâmetro de intensidade de treino (Bodner e Rhodes, 2000).

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é um dos parâmetros mais promissores atualmente. Ela permite o monitoramento do sistema autonômico cardíaco e pode ser utilizada para acompanhar as adaptações decorrentes do treinamento de resistência (Hautala, Kiviniemi e Tulppo, 2009 e Buchheit, Papelier, Laursen e Ahmaidí, 2007).

A VFC consiste nas oscilações entre intervalos de batimentos cardíacos consecutivos (intervalos R-R). Essas estão relacionadas com a atuação do sistema nervoso autônomo (SNA) no nódulo sinusal o qual funciona como marca passo natural, controlando o batimento cardíaco (Achten e Jeukendrup, 2003).

As adaptações negativas estão relacionadas com a inibição dos índices vagais ligados à VFC (Hynynen, Uusitalo, Konttinen e Rusko, 2006 e Bosquet, Merkari, Arvisais e Aubert, 2008). Já as positivas (melhora da aptidão física) estão relacionadas ao aumento desses índices vagais ligados à VFC (Buchheit, Simpson, Al Haddad, Bourdon e Mendez-Villanueva, 2011; Atlaoui, Pichot, Lacoste, Barale, Lacour e Chatard, 2007 e Garet, Tournaire, Roche, Laurent, Lacour e Barthelemy, 2004).

Os estudos realizados com a VFC sugerem que ela é uma excelente ferramenta de avaliação individual às adaptações ao treino de resistência, porém, para atletas de elite ou com um longo histórico de treino, os achados permanecem não evidentes

(Buchheit, Al Haddad, Mendez-Villanueva, Quod e Bourdon, 2011 e Iellamo et al., 2002).

Plews (2013) apresenta alguns resultados de estudos com indivíduos moderadamente treinados em sua revisão os quais indicam que o acúmulo de sessões com altas cargas de treinamento (volume) provoca uma diminuição na VFC. Em contrapartida, quando precedida por sessões com baixas cargas de treino (polimento), a VFC é potencializada (Plews et al., 2013). Esses dados corroboram com a importância do polimento, realizado de maneira recorrente nos esportes condicionantes.

Por outro lado, um estudo analisou as respostas da VFC ao polimento em atletas de elite em competições e não conseguiu ratificar os mesmos resultados encontrados nos estudos realizados com indivíduos moderadamente treinados como visto logo acima (Iellamo et al., 2002).

As respostas da VFC decorrentes do treinamento são individuais e, também, dependentes do nível de condicionamento físico e lastro de treino do indivíduo. Ainda, é indicado que seja feito um acompanhamento longitudinal da VFC a fim de compreender com precisão qual o verdadeiro ponto ótimo de intervalo R-R do indivíduo (Plews et al. 2013).

6 MÉTODOS DE TREINAMENTO

6.1 CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS DE TREINAMENTO

Zintl (1991) descreve os métodos de treinamento para resistência e, também, os classifica em métodos contínuos e intervalados. Ainda, subdividiu essas duas classificações. O organograma a seguir os apresenta:

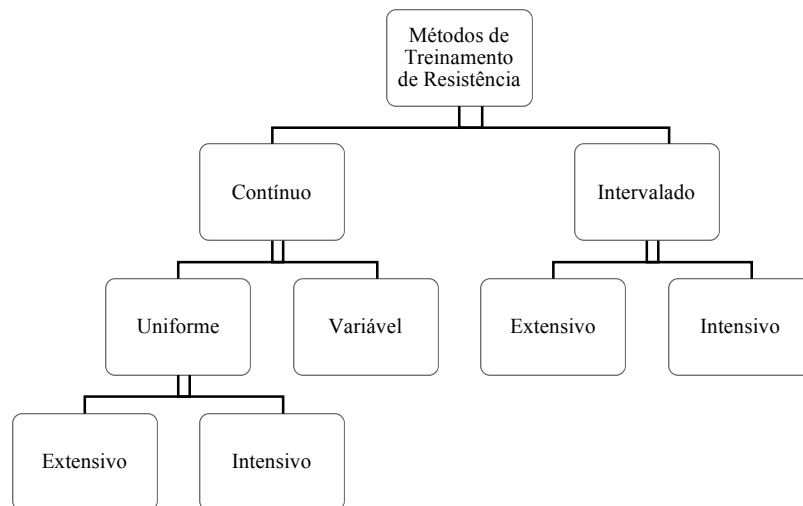


Figura 2 – Organograma da classificação dos métodos de treinamento em Resistência adaptado pelo autor e fundamentado na obra de Zintl (1991)

6.2 MÉTODO CONTÍNUO

O método contínuo será brevemente detalhado neste trabalho. O objetivo não é se aprofundar muito no tema. O nível de detalhamento será maior nos métodos intervalados, tendo em vista o seu maior grau de dificuldade.

A metodologia contínua se caracteriza por uma execução ininterrupta e por tempo prolongado. Seus efeitos são conseguidos através do período de exposição ao estímulo. Tem características de movimentos mais econômicos e é importante para automatização do gesto motor específico (Zintl, 1991).

Zintl (1991) divide o método contínuo em:

- Contínuo constante;
- Contínuo variável e
- Fartlek

De maneira geral, os métodos contínuos se caracterizam por esforços constantes e ininterruptos por um período prolongado. São voltados para a indução de adaptações aeróbias. As intensidades dos estímulos estão situadas entre o LI e LII. São constantemente utilizados na preparação de base em resistência de atletas jovens e em corredores de prova de longa duração. Ainda, podem ser utilizados como uma forma de treino recuperativo. E principalmente como forma de preparação para

qualquer atleta que queira introduzir posteriormente treinos em altas intensidades (Zintl, 1991).

Smith e Wenger (1981); Poole e Gaesser (1985); Branche, Pate e Bourque (2000) e Rodas et al. (2000) afirmam que, no início do treinamento de resistência, rápidos aumentos no VO_{2max} podem ocorrer com treinos em baixas intensidades, por volta de 40 a 50% do VO_{2max} . Contudo, a revisão realizada por Swain e Franklin (2002), esclarece que a menor intensidade necessária para melhora do VO_{2max} é dependente dos parâmetros iniciais de VO_{2max} dos indivíduos.

Para corredores fundistas moderadamente treinados, treinos em intensidades moderadas (65-80% do VO_{2max}) em estratégias de treinos contínuos parecem ser efetivos para a melhora do VO_{2max} . Corredores que treinam com um volume semanal médio menor que 60-80 Km podem se beneficiar com o aumento do volume desses estímulos submáximos, porém ainda são necessárias mais pesquisas para estabelecer de maneira clara quais são os limites relativos. Cabe destacar que, para melhor efetividade, esse aumento de volume deve ocorrer de forma gradual ao longo dos anos (Midgley, McNaughton e Wilkinson, 2006, p.127)

O método contínuo se ramifica em “Contínuo Uniforme” e “Contínuo Variável”. Dentro do contínuo uniforme, existem ainda as subdivisões: uniforme extensivo e intensivo. O método contínuo uniforme extensivo se caracteriza pela longa duração (entre 30 minutos e 2 horas ou mais) e baixa intensidade (50 e 70% do VO_{2max}). Como citado acima, ele pode contribuir para o desenvolvimento da capacidade aeróbia (base em resistência) e é bastante útil para corredores fundistas.

Já o método contínuo uniforme intensivo se assemelha ao extensivo, porém é executado a uma maior intensidade e, conseqüentemente, por menos tempo. Essa intensidade se aproxima do parâmetro de LII ou LAN, e, com isso, é observado um aumento na exigência dos sistemas de fornecimento de energia para a realização da atividade. Porém, nota-se que o corpo permanece em um estado “compensado” ou, como encontrado em alguns artigos, “estado estável”.

Wasserman et al. (1973), mostraram que até o Limiar Anaeróbio (LAN) o lactato produzido é eliminado a partir de moléculas de O_2 consumidas. Com isso, a acidose é controlada. Além disso, elucidaram que quanto maior o LAN, maior é a resistência aeróbia.

Nos anos 80, fisiologistas da Alemanha oriental (Alois Mader) estabeleceram o limiar de lactato em 4 mmol/L, utilizando velocidade constante e esforço contínuo (Billat, 2001, p.18).

Holmann et al. (1981) sugerem que a melhoria no desempenho em resistência nos eventos de longa distância é potencializada quando a intensidade do treinamento é prescrita a partir do LAn ao invés da FC máxima ou do VO_{2max} .

Vários estudos têm relatado que o treinamento em intensidades próximas ao LAn provocou um desvio da curva de lactato para a direita, provocando um aumento concomitante do LAn, tanto em VO_{2max} quanto em % de VO_{2max} (Davis et al., 1979; Yoshida, Suda e Takeuchi, 1982; Sady et al, 1980; Ready e Quinney, 1982; Denis et al., 1982; e Henritze et al., 1985).

A consequência das adaptações supracitadas é a potencialização da via aeróbia, uma vez que é verificado o retardamento do aparecimento da fadiga em virtude do atraso da participação da via anaeróbia.

Uma meta-análise, incluindo 85 grupos experimentais de 34 estudos, concluiu que o treinamento com intensidade próxima ao Limiar Anaeróbio é adequado para melhorar esse limiar em indivíduos sedentários. E, com uma intensidade um pouco acima de LAn, é possível melhorar o nível desse limiar em indivíduos treinados. E, ainda, é a intensidade mínima para aumentar o VO_{2max} ou LAn (Londeree, 1997 e Saltin, 1969).

O método contínuo variável é caracterizado por variações de intensidade ao longo do exercício contínuo. Essas variações na intensidade podem vir a partir de fatores externos, tais como relevo, inclinações, aclives, declives e a partir de fatores internos, alternando a intensidade em percentual de VO_{2max} . Esses valores em % de VO_{2max} podem variar desde o LI até acima do VO_{2max} .

O método variável permite que o treinador explore uma ampla variedade de zonas de treinamento, enfatizando a zona específica em função do seu objetivo.

O *Fartlek* é de origem sueca e significa “jogo de velocidade”. É um método clássico para o desenvolvimento de resistência (McArdle, Katch e Katch, 2007). É um método de treinamento de combinação não científica de treino intervalado e contínuo. É uma corrida intercalada por períodos de corrida rápida e períodos de corrida lenta. O treino pode ser realizado em terreno plano ou colinas. O *farlek* não estipula cargas de trabalho ou FC específicas. Esse tipo de treinamento se caracteriza pela sensação

subjetiva durante o exercício. Ainda, pode ser útil durante o condicionamento geral ou a fase preparatória de atletas que desejam aprimorar sua resistência. É interessante por trabalhar os diversos sistemas fisiológicos do corpo, eliminando o tédio e monotonia do treino diário (McArdle, Katch e Katch, 2007; Potteiger, 2000; e Sleamaker e Browning, 1996).

6.3 MÉTODO INTERVALADO

Zintl (1991) classificou o método intervalado da seguinte maneira: a) Quanto à intensidade do estímulo:

- Método Intervalado Extensivo (intensidade inferior e intervalos de repouso curtos) e
- Método Intervalado Intensivo (Intensidade superior e intervalos de repouso mais longos).

b) Quanto à duração do estímulo:

- Método Intervalado de intervalos curtos (15-60 segundos por aproximadamente 20 segundos de repouso);
- Método Intervalado de Intervalos médios (1-3 minutos por aproximadamente 60 segundos de repouso) e
- Método Intervalado de Intervalos longos (3-8 ou até 15 minutos por aproximadamente 3 minutos de repouso).

O Treinamento intervalado é caracterizado por repetidos sprints, curtos ou longos, de alta intensidade (iguais ou superiores ao limiar de lactato), intercalados com períodos de recuperação – ativa ou passiva (Billat, 2001, p.13).

“O treinamento intervalado foi primeiramente descrito por Reindell e Roskamm e foi popularizado na década de 1950 pelo campeão olímpico Emil Zatopek” (Reindell e Roskamm, 1959 e Reindell, Roskamm e Gerschler, 1962).

Rotineiramente, os corredores de meia e longa distância têm utilizado o treinamento intervalado para treinar a velocidades próximas as suas próprias velocidades de corrida (Billat, 2001, p.14).

O benefício do treinamento intervalado está na dinâmica do lactato. Fox et al. (1967) e Mathews et al. (1966), comparando o treinamento intervalado com o contínuo, mostraram que a acumulação do ácido láctico ocorre de maneira mais lenta

no estímulo intervalado. Com isso, nota-se um atraso no aparecimento da fadiga devido à reconstituição dos reservas de fosfato conseguidas com os intervalos. Dessa maneira, os indivíduos conseguem permanecer em intensidades mais altas por mais tempo.

O Treinamento contínuo realizado entre LII e VO_{2max} possibilita ao atleta a permanência de pouco tempo gasto no VO_{2max} , muito menos que em treinos intervalados. Para exemplificar, a diferença entre dois protocolos (Contínuo em intensidade de LII- VO_{2max} vs Intervalado 30/30 segundos sprint / recuperação). Foi verificado que no contínuo a permanência em VO_{2max} foi de apenas 3 minutos enquanto no intervalado foi de 10 minutos em ± 18 minutos. Além disso, a resposta do lactato sanguíneo foi mais alta no exercício contínuo ($6,8 \pm 2,2$ vs $7,5 \pm 2,1$ mmol/L, respectivamente). Lembrando que, ao comparar o lactato, deve-se levar em consideração o tempo permanecido em VO_{2max} de ambos estímulos (Billat, 2001, p.26).

No decorrer deste trabalho, os estímulos intervalados serão divididos em “Intervalados Extensivos” e “Intervalados Intensivos”. Classificar-se-á o treinamento intervalado extensivo por estímulos realizados em distâncias compreendidas entre 1500-3000 metros, sendo realizados em intensidades iguais ou acima do LII até o VO_{2max} . Os estímulos intervalados intensivos serão identificados por sprints realizados em intensidades iguais ou acima de VO_{2max} e, conseqüentemente, por distâncias inferiores às realizadas no estímulo extensivo.

Billat (2001); Laursen e Jenkins (2002); Midgley, McNaughton e Wilkinson (2006); e Midgley, McNaughton e Jones (2007) afirmam que o ideal para promover adaptações positivas cardiovasculares e periféricas é estimular o atleta a permanecer o maior tempo possível em sua “zona vermelha” (>90% de VO_{2max}) nas sessões de HIIT (do inglês “*High Intensity Interval Training*”).

Para Noakes (1991), o treinamento intervalado estimula adaptações positivas em relação à função cardiovascular e muscular. Fica claro que o aumento das funções aeróbias é dependente do tempo de permanência no VO_{2max} e da distância percorrida em altas velocidades.

O treinamento intervalado realizado em velocidades próximas ao vVO_{2max} maximiza a melhoria dos níveis de VO_{2max} e ainda estimula o aumento das atividades mitocondriais. Além disso, o exercício aeróbio intervalado estimula a taxa de remoção

de lactato, a qual depende diretamente do nível em que se encontra o VO_{2max} . (Billat, 2001, p. 23)

O tipo de treinamento intervalado, levando em consideração o tempo de pausa entre os sprints, pode caracterizar o treino em diversas vias energéticas (Billat, 2001, p.76). O treino intervalado pode ser utilizado para estimular o metabolismo aeróbio ou anaeróbio. Tudo depende da proporção de contribuição de cada treino, nesse sentido, é possível estimar essa diferença a partir da análise de proporção entre o acúmulo do déficit de oxigênio e o consumo de oxigênio nos treinos intervalados (Billat, 2001, p.21)

É importante compreender o objetivo final do treino. Para isso, o treinador deve ter em mente qual sistema energético ele quer/precisa desenvolver no atleta. Logo, fica clara a necessidade da compreensão das ocorrências fisiológicas. Com isso, os diversos protocolos de exercícios intervalados são prescritos a fim de priorizar determinada via energética (Oxidativa, Glicolítica e ATP-CP) ou zona de treino (Resistência Aeróbia, Resistência Anaeróbia Lática e Resistência Anaeróbia Alática). Nota-se que as vias energéticas estão respectivamente correlacionadas com as zonas de treino.

A capacidade de o treinador entender as diferentes respostas de cada tipo de estímulo de Treinamento intervalado (HIIT) ajuda-o a selecionar o tipo certo de estímulo em cada situação específica (Buchheit e Laursen, 2013).

6.3.1 INTERVALADO EXTENSIVO

O método intervalado extensivo se caracteriza por sprints mais longos (1500-3000 metros), conseqüentemente, a intensidade nesses sprints não é mantida a níveis tão altos. Billat (2001, p.25) considera que o treinamento intervalado de longos sprints é realizado a velocidades compreendidas entre o Limiar de Lactato e a vVO_{2max} .

A relação que se tem no treinamento com predominância aeróbia é obtida através da comparação entre débito de oxigênio e consumo de oxigênio. No caso do treinamento aeróbio, nota-se um aumento da participação do consumo de oxigênio (Billat, 2001, p.22).

Para indivíduos destreinados, o treinamento de resistência tem se mostrado eficaz para reduzir a magnitude do componente lento de VO_2 . Sugere-se que o

treinamento intervalado extensivo executado em intensidades entre LII e VO_{2max} pode ser utilizado para aumentar o VO_{2max} desses indivíduos (Casaburi et al., 1987).

Billat (2001, p.26), em uma revisão de literatura, verificou que o tempo de permanência em VO_{2max} encontrado em protocolos intervalados extensivos foi o dobro do que o encontrado em protocolos contínuos ($10:23 \pm 05:51$ vs $05:07 \pm 3:03$ min:seg intervalado vs contínuo, respectivamente). Os exercícios foram realizados na mesma intensidade (LII- VO_{2max}) e o acúmulo de lactato sanguíneo foi menor no intervalado ($6,5 \pm 2,2$ mmol/L) do que no contínuo ($7,8 \pm 2,2$ mmol/L). Ainda, os autores concluíram que o treinamento intervalado executado em intensidades compreendidas entre LII e VO_{2max} pode ser utilizado para induzir a permanência em VO_{2max} por longos períodos.

Franch et al. (1998) mostrou que indivíduos moderadamente treinados podem melhorar o VO_{2max} e a economia de movimento dentro de um período relativamente curto (6 semanas) por meio de alterações no seus treinos. Aumentando a intensidade no treinamento contínuo ou executando treinos intervalados de longa duração. A diminuição da ventilação pulmonar foi significativamente correlacionada com a melhora da economia de movimento, sugerindo que a adaptação ventilatória pode contribuir para o desempenho na corrida. Outros fatores também foram aprimorados com o treinamento: percentual de fibras tipo 1 no músculo vasto lateral, comprimento de passada, frequência de passada e relação de troca respiratória durante o exercício submáximo.

Um dos parâmetros interessantes para prescrição da duração de cada sprint no intervalado extensivo é o tempo limite na vVO_{2max} . Desta maneira, se o indivíduo suporta por 3 minutos um estímulo em uma intensidade de 100% da vVO_{2max} , 50% do tempo limite no vVO_{2max} seria 1 minuto e 30 segundos.

A duração do treinamento intervalado extensivo pode ser longa (60 a 75% do tempo limite no vVO_{2max}). Utilizando esse protocolo de treinamento intervalado duas vezes por semana o desempenho nos 3000 metros, a vVO_{2max} , o VO_{2max} e o tempo limite no vVO_{2max} aumentou após, apenas, quatro semanas. Nestes estudos, foi utilizada uma relação estímulo/recuperação de 1 (ex.: 2 minutos sprint / 2 minutos de repouso) e a recuperação foi executada a 60% do vVO_{2max} (Billat et al., 1999; e Smith, McNaughton e Marshall, 1999).

É importante ressaltar que, durante os estudos sobre o treinamento intervalado extensivo e o tempo limite no vVO_{2max} - os indivíduos analisados por Smith, McNaughton e Marshall (1999) tinham características heterogêneas - apresentando um alto coeficiente de variação tanto de vVO_{2max} (18 a 22,7 Km/h) quanto de tempo limite no vVO_{2max} (9 a 11 minutos). Portanto, para treinadores de grupos com características heterogêneas, pode ser útil aferir o tempo limite no vVO_{2max} por meio de uma média a fim de estipular de maneira objetiva a duração dos treinos no VO_{2max} (Billat, 2001, p.28).

Tabata et al. (1997); Hill e Rowell (1997); Daniels e Scardina (1984); Wenger e McNab e Laursen et al. (2002) afirmam que o treinamento próximo ao VO_{2max} (>95% do VO_{2max}) é sugerido como intensidade ótima para a melhora do mesmo, além de induzir incrementos adicionais, em atletas bem treinados. O que suporta essa premissa é uma revisão realizada por Wenger e Bell (1986) que reuniu 59 estudos sobre treinamento, os quais encontraram uma relação entre o maior grau de melhora do VO_{2max} a uma maior intensidade de treinamento no intervalo de 50 – 100% do VO_{2max} . Essa relação foi constatada quase independentemente da frequência e duração do treino, duração do programa de treino e dos níveis iniciais de VO_{2max} .

Porém Smith, Coombes e Geraghty (2003) dizem que a afirmação de que o treino próximo à intensidade de VO_{2max} pode promover melhoras significativas no VO_{2max} ainda não podem ser validadas, pois os estudos analisados continham uma série de limitações, alguns não relataram qual era o verdadeiro nível de treinamento dos indivíduos.

Outra importante recomendação é apresentada por Hawley (1995); e Billat (2001), a qual diz que a fase de preparação para treinos de alta intensidade deve ser realizada por vários meses em intensidades de 65-70% do VO_{2max} , seguida por treinos por volta de 85% do VO_{2max} , posteriormente, é apropriado o início dos treinos em intensidades próximas a 100% de VO_{2max} e até intensidades supramáximas. Outro benefício de treinar entre o VO_{2max} e o LII é o estado em que as adaptações fisiológicas também ocorrem pelo fato de o organismo se manter “descompensado” – ou seja, a taxa de tamponamento e remoção do lactato não supera a sua produção.

6.3.2 INTERVALADO INTENSIVO

Neste trabalho julgou-se pertinente, por questões didáticas, a adoção da segunda categoria de classificação de método intervalado de curta duração (Método Intervalado Intensivo) de Billat (2001), a qual diz que os sprints são realizados acima da velocidade mínima associada com o VO_{2max} . Além disso, muitos estudos têm demonstrado efeitos fisiológicos de longo prazo, tais como melhora do VO_{2max} e da economia de movimento, em decorrência de estímulos intermitentes supramáximos (Billat, 2001, p.75).

Basicamente, essa divisão de categoria se refere ao tempo de estímulo e recuperação. Na primeira classificação foram analisados estímulos de duração aproximada de 10-15 segundos, com repouso de 15-40 segundos. Na segunda, o repouso era alterado para 30s até 4-5 minutos. Nota-se que a diferença de tais repouso influencia nas respostas fisiológicas ao exercício.

Apesar de a via energética anaeróbia possuir a maior participação em competições que tenham a duração aproximada de 1 minuto para serem completadas, as quais as intensidades se aproximam de 150% do VO_{2max} , o treinamento intervalado aeróbio continua sendo importante, pois o metabolismo aeróbio contribui com o fornecimento de 30% de energia nessas atividades (Billat, 2001, p.78).

Os estímulos intervalados intensivos podem ser utilizados para desenvolver qualquer via energética, o que vai permitir essa preferência de determinada via é a estrutura do treino. A seguir alguns estudos que ratificam os aumentos na via oxidativa ou zona de treino aeróbia com o treinamento intervalado intensivo.

Spencer, Gatin e Payne (1996) demonstraram que a participação da via energética aeróbia chega a 46% de contribuição no sprint de 400m (170% de vVO_{2max}), 69% para 800m e 83% para 1500m. E, ainda, em relação ao débito de oxigênio, foi constatado que foi o mesmo sobre todas as distâncias.

Os exercícios intensos e curtos (intermitentes), a depender do repouso entre repetições, podem induzir o fornecimento de energia a partir do metabolismo aeróbio, o qual está relacionado com o processo de conversão de fibras intermediárias (tipo 2a) para fibras oxidativas, tipo 1, (Billat, 2001, p.80).

Millet et al. (2003) relataram poucas melhoras no tempo de permanência no VO_{2max} , ao realizar um protocolo no formato de 30s/30s com intensidade de 100 a 105% do VO_{2max} . Este foi realizado em triatletas com vVO_{2max} de $19,8 \pm 0,93$ Km/h. Ao observar o protocolo realizado por Dupont et al. (2002), nota-se que quando foram

utilizadas maiores intensidades (110 a 120% vVO_{2max}), melhores resultados foram encontrados. O protocolo foi realizado com estímulos de 15 segundos por 15 segundos de recuperação e foi aplicado em estudantes de Educação Física com $vVO_2 = 16,7 \pm 1,3$ Km/h.

Tabata et al. (1996) mostraram que exercícios supramáximos (8x20 segundos a 170% VO_{2max} com 10 segundos de repouso entre os estímulos) melhoram o VO_{2max} após 7 semanas. Os indivíduos ($VO_{2max} = 53$ ml/min/kg) realizaram 5 sessões de treinamento em 5 dias na semana – uma por dia -. Este curto estímulo intervalado (menos de 5 minutos de trabalho efetivo) permitiu-lhes aumentar o débito de oxigênio (+28%), um indicador de capacidade anaeróbia e o VO_{2max} (+13%). Mesmo com os pequenos repousos entre estímulos, a produção de energia foi alta (115% de VO_{2max}) o que permitiu o aumento do VO_{2max} , como demonstrado pelos mesmos autores mais tarde.

Billat, 2001, p. 79, em análise ao trabalho acima citado, ressaltou que, em indivíduos destreinados ($VO_{2max} < 40$ ml/min/kg), os estímulos supramáximos possivelmente não são alcançados. Isso tem uma implicação direta nos efeitos metabólicos (aumento do metabolismo anaeróbio e modificação no percentual de fibras tipo 2b) que seriam provocados caso esses estímulos fossem ministrados de maneira efetiva. Nota-se que, os indivíduos destreinados não alcançam a intensidade recomendada pelos autores (ex: 170% do VO_{2max} , etc). Conclui-se que os efeitos alcançados pelos indivíduos destreinados foram os mesmos que seriam alcançados pelos que realizaram treinamentos intervalados aeróbios, os quais se prestam a aumentar a capacidade e a potência aeróbia.

Nota-se que os protocolos dos estudos apresentados acima se assemelham no curto intervalo de repouso, o que permite a predominância da via aeróbia. Por outro lado, quando se prolonga um pouco mais esse repouso, nota-se o aparecimento de uma maior participação da via glicolítica e, conseqüentemente, a utilização da zona Anaeróbia Láctica é evidenciada.

Quando os estímulos supramáximos são respeitados, as adaptações positivas ocorrem. Num protocolo de 2x4x200m, o qual tinha um intervalo de 2 minutos entre cada sprint (4) e de 10 minutos entre cada bloco (2). O tempo de corrida desses 200m se aproximou de 29 segundos. O estudo longitudinal teve duração de 5 semanas, nas

quais a frequência foi de 3 a 4 vezes por semana. Os participantes melhoraram a manutenção na queda da velocidade durante a corrida em 15% (Billat, 2001, p.79).

Linossier et al. (1993) aponta que curtos períodos de recuperação (55 segundos) podem induzir uma maior participação da via anaeróbia láctica, fazendo com que a acidose prejudique a produção mitocondrial de CP e a recuperação da enzima creatinaquinase (CK).

Os treinamentos intervalados de pequenos sprints com curto repouso entre as repetições (2 minutos por 30 segundos) podem ser eficientes para induzir a melhora do desempenho na via glicolítica. Com isso, tem-se que a melhora dos sprints curtos (200 a 400 metros) e da distância média (800 a 1500 metros) são dependentes dessa via. No entanto, em corridas mais longas, os últimos metros de corrida (400m) são determinantes para definir o vencedor da prova. Essa última volta pode ser realizada em 52 segundos, isto é, 27,7 km/h (equivalente a 110 % da vVO_{2max}) para os melhores desempenhos. Essa melhora na última volta pode ser conseguida com treinamento intervalado de alta intensidade realizados com estímulos de duração aproximada de 1 minuto a 130% da vVO_{2max} com descanso de 5 minutos entre as repetições. Sendo realizado 3 vezes por semana durante 8 semanas. Esse tipo de treino foi relacionado com um aumento da capacidade anaeróbia (Billat, 2001, p.81).

Ao acrescentar mais tempo na recuperação entre os estímulos, é notada a maior participação da via ATP-CP, a qual está relacionada com a predominância da zona de treino Anaeróbia Aláctica.

Margarita et al. (1969) mostra que, para ocorrer o processo de restauração da creatina fosfato, os treinamentos devem respeitar a proporção trabalho/repouso de 1/3 para estímulos realizados em intensidades submáximas de aproximadamente 82% do VO_{2max}).

O propósito de utilizar o treinamento intermitente (acima de 130% do VO_{2max}) é aumentar a velocidade máxima produzida de 6 a 10 segundos (provas de 100m). Com isso, o repouso entre os sprints deve se aproximar de 4 minutos, possibilitando a recuperação quase integral da via energética ATP-CP. Ainda, para obter aumentos na via glicolítica, a qual contribui com 40 a 50% de energia para a prova de 100m, é ideal que sejam dados estímulos de 100, 120 e 150 metros executados entre 88 e 90% do melhor tempo/desempenho, com repouso entre 5 e 6 minutos entre os estímulos (Billat, 2001, p.78).

Billat (2001, p.80) estabelece algumas orientações para a melhora do metabolismo anaeróbio alático com os treinamentos intervalados. Um dos objetivos do treinamento é ministrar estímulos que induzem a rápida e completa utilização dos estoques de CP. Além disso, esses estímulos devem ser seguidos de um tempo de repouso suficiente para a reposição da CP (4 minutos), evitando assim o envolvimento da via glicolítica. Ainda, estimular o aumento da capacidade/velocidade de reconstituição da reserva de CP, essa reconstituição depende da disposição de fibras oxidativas com capacidade elevada.

6.4 SEQUÊNCIA DE SPRINTS REPETIDOS (RSS) E TREINAMENTO DE SPRINTS INTERVALADOS (SIT)

Adicionalmente, esse tópico foi incluído com o objetivo de contemplar todos os métodos de treino e será tratado de maneira breve. O RSS e o SIT estão incluídos na categoria de métodos intermitentes.

A Sequência de Sprints Repetidos (RSS – do inglês “*Repeated-Sprint Sequences*”) é definida pela repetição ou > de 2 curtos sprints (≤ 10 segundos) intercalados por curtos períodos de recuperação (<60 segundos) (Girard, Mendez-Villanueva e Bishop, 2011).

Balsom et al. (a) (1992) demonstraram que o RSS possui alta demanda aeróbia ($>65\% \text{ VO}_{2\text{max}}$). Dupont et al. (2005) mostraram que jogadores de futebol podem atingir o $\text{VO}_{2\text{max}}$ através da execução de repetidos sprints (RSS).

Na prática, a RSS é executada geralmente de 2 a 3 vezes por sessão de treino. Com isso, a maioria dos atletas permanecem em média 2-3 minutos em $\text{VO}_{2\text{max}}$ (Buchheit et al., 2008; Bravo et al., 2008; e Buchheit et al. (a), 2010).

Parece que, para promover melhoras no tempo de permanência em $\text{VO}_{2\text{max}}$, os repetidos sprints devem ser executados por no mínimo 4 segundos e a recuperação ativa deve durar até 20 segundos (Balsom et al. (a), 1992; Buchheit, Laursen e Ahmaidi, 2007; Buchheit et al., 2009; Dupont et al., 2002; Buchheit, 2010; Buchheit et al., 2010; e Balsom et al. (b), 1992).

Segundo Buchheit (2010) e Buchheit et al. (2010), a introdução de saltos seguidos de sprints e mudanças de direção podem provocar um aumento da demanda sistêmica de O_2 sem a necessidade do aumento da distância de corrida, pois esse

aumento de volume na corrida pode aumentar a carga muscular e / ou o risco de lesões.

No entanto, ao analisar diversos estudos, a revisão constatou que alguns indivíduos não apresentaram o tempo de permanência mínima em VO_{2max} , o que evidencia a falta de clareza de algumas conclusões acerca do RSS, e principalmente sua aplicação a indivíduos treinados (Buchheit e Laursen, 2013).

O Treinamento de Sprints intervalados (SIT – do inglês “*Sprint Interval Training*”) é definido pela sequência de sprints de duração média de 30 segundos intercalados por períodos de repouso passivo de 2-4 minutos (Buchheit e Laursen, 2013).

Sessões de RSS e SIT parecem ter uma menor relação com a melhora do desempenho na permanência em VO_2 quando comparados com os HIITs de intervalos de longa e curta duração (Buchheit e Laursen, 2013).

Ao analisar os dados de diversos atletas, Millet et al. (2003) e Gajer et al. (2002) afirmam que não há informações suficientes para definir os métodos mais eficientes (Intermitente VS Contínuos) para produzirem melhoras no VO_{2max} e tempo de permanência de VO_{2max} .

A maioria dos protocolos de HIIT podem induzir os atletas a alcançar o VO_{2max} , mas o RSS e SIT são limitados em relação ao tempo de permanência em VO_{2max} quando comparados com os HIITs de longa e curta duração (Buchheit e Laursen, 2013).

7 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE MOTORA RESISTÊNCIA

Um dos meios de se avaliar a capacidade de resistência é testar a habilidade de os parâmetros fisiológicos sustentarem o esforço (Jones e Carter, 2000). A resistência aeróbia é caracterizada pelo condicionamento aeróbio e pela capacidade de o atleta sustentar uma alta porcentagem de VO_{2max} . Essa capacidade de sustentar altos percentuais de VO_{2max} é desempenhada através da capacidade de remover e tamponar o ácido lático produzido pela via glicolítica. Outro fator avaliado na resistência é a economia de corrida ou eficiência do trabalho. Esses conceitos dizem respeito ao tamanho do desgaste energético para realizar uma atividade de mesma intensidade. Nesse sentido, a ideia principal dos testes, no âmbito de esportes

coletivos, é replicar a característica da atividade física realizada durante o jogo (Aziz et al., 2005). Em esportes coletivos de características intermitentes, a capacidade anaeróbia é evidenciada devido à exigência de suportar repetidos sprints (Gamble, p. 23, 2010).

7.1 TESTES DIRETOS

Os testes diretos podem fornecer parâmetros fundamentais e precisos para o direcionamento dos treinos. Nesse contexto, será abordado o melhor teste para a detecção dos limiares – possibilitando o trabalho nas zonas de treino: aeróbia, anaeróbia láctica e anaeróbia aláctica.

Na capacidade de resistência, o teste de maior precisão é o Ergoespirométrico. A Ergoespirometria é um teste de medida direta que demonstra o VO_{2max} do avaliado. É considerado um teste padrão ouro. Por meio da análise do consumo de oxigênio e produção de gás carbônico o teste realiza aferição e análise de diversas variáveis. O teste ainda se destina a analisar o comportamento cardiovascular através de um eletrocardiograma. Todos os dados são monitorados por meio da utilização de um computador conectado aos seguintes equipamentos: esteira, eletrocardiograma, coletor de gases acoplado a uma máscara o qual é ligado ao ergoespirômetro.

As variáveis obtidas pelo teste são: Frequência Cardíaca (FC); Escala de Esforço subjetivo de BORG; Consumo de Oxigênio (VO_2); Oxigênio Consumido pela massa corporal (O_2/kg); Volume de Dióxido de Carbono expirado (VCO_2); Dióxido de Carbono expirado pela massa corporal (CO_2/kg); Quociente Respiratório (R); Equivalente Respiratório (VE/VO_2); Volume Expirado pelo Volume de CO_2 (VE/VCO_2); Pulso de Oxigênio (VO_2/FC); FeO_2 ; $FeCO_2$; Volume Expirado (VE) em BTPS (*Body Temperature and pressure, saturated*).

Por meio dessas variáveis é possível estabelecer os principais limiares utilizados na prescrição de treinos de resistência, LI; LII; VO_{2max} e vVO_{2max} . Nota-se que, com apenas esse teste é possível realizar a análise de todas as zonas de treino. A sua limitação é em relação a atividades que não envolvam como principal ação a corrida.

7.2 TESTES INDIRETOS

São observadas diversas limitações em relação à aplicação de testes de laboratório. Um dos fatores principais é o custo benefício. A viabilidade, o ambiente e a carência de pessoal treinado tornam muito difíceis a aplicação de testes laboratoriais em times de esportes coletivos (Impellizzeri et al., 2005).

Diversos testes de campo apresentam altas correlações com os testes de laboratório (Bosquet et al., 2002). Por meio das equações desses testes pode-se estimar os valores de VO_{2max} com pouco erro (Impellizzeri et al., 2005).

7.2.1 TESTE INTERMITENTE YOYO (YOYO INTERMITTENT RECOVERY TEST)

O “YO-YO *intermittent test*” é, sem dúvidas, um dos melhores testes de campo para se aplicar em atletas de esportes coletivos. A característica principal do teste é que os atletas não realizam a corrida de maneira contínua. O teste requer que os indivíduos realizem repetidos sprints num circuito de 20 metros, vai e vem totalizando 40 metros. A cada nível a velocidade do sprint é aumentada e são intercalados por um descanso ativo de 10 segundos (Bangsbo et al., 2008).

Um estudo correlacionou o “YOYO *intermittent test*” e o “*beep test*” e concluiu que o protocolo intermitente avalia qualidades fisiológicas adicionais (Castagna et al., 2006).

O protocolo intermitente parece ser mais similar com a natureza do esforço despendido pelos jogadores durante aos jogos. Existem duas versões do teste: IR1 e IR2. O IR1 inicia com velocidades mais baixas quando comparado com o IR2. E, também, a sua progressão ocorre de maneira mais gradual, demorando mais do que o IR2 para atingir as intensidades mais altas (Bangsbo et al., 2008).

Ambas as versões constataram aceitáveis níveis de confiabilidade e validade. Os testes também possuem uma equação para predizer o VO_{2max} e vVO_{2max} , porém foi constatado que a medida de VO_{2max} é menos precisa do que o teste realizado em esteira no laboratório - Ergoespirometria (Metaxas et al., 2005).

Mesmo assim, os achados de Krustup et al. (2003) em estudo realizado com jogadores de futebol corroboraram com a existência de alta correlação entre o desempenho no teste e nos jogos. Ressalta-se que no mesmo estudo, a correlação entre os testes de esteira em laboratório e o desempenho em campo não foram tão altos.

Krustup et al. (2003) e Young et al. (2005) indicam que os testes de campo (IR1 e IR2) parecem ser efetivos quanto à caracterização do componente anaeróbio das atividades, a qual é reflexo das exigências específicas de esportes intermitentes.

O protocolo IR2 apresenta um componente anaeróbio maior ainda quando comparado com o IR1. Essas características foram confirmadas através da observação dos perfis do lactato e biópsia muscular. (Bangsbo et al., 2008). Portanto, foi sugerido que o IR2 é interessante para determinar, entre os atletas de alto nível, quais possuem maior economia de corrida ou de trabalho, dadas altas intensidades identificadas nos jogos de nível de elite. Ainda, os testes IR1 e IR2 são sensíveis na detecção de mudanças induzidas pelo treinamento e quanto ao desempenho em campo (Bangbo et al., 2008).

7.2.2 O TESTE DE CONCONI (*THE CONCONI TEST*)

O teste de Conconi é uma maneira indireta de indicar o Limiar Anaeróbio dos indivíduos. Em 1982, Conconi et al. analisou 210 atletas de corrida que fizeram o protocolo em uma pista ao ar livre. O teste iniciava em uma velocidade inicial de 12 Km/h e ia até 14 Km/h. A velocidade aumentava a cada 200 metros de corrida. A FC foi registrada nos últimos 50 metros de cada trecho de 200 metros. Eles identificaram uma quebra de linearidade na curva de FC em velocidades próximas da máxima. Para encontrar o limiar anaeróbio, eles coletaram os dados de lactato sanguíneo de 10 corredores os quais realizaram 3 corridas de 1200 metros em velocidades acima e abaixo da que foi identificada a quebra de linearidade da FC no primeiro teste. O repouso entre cada uma das 3 corridas foi de 15 minutos. Ao comparar o comportamento da curva de lactato com a curva de FC por Velocidade aferida no primeiro teste, Conconi et al. constataram que ambas tinham relação, mudando de comportamento no mesmo ponto. Assim, eles sugeriram que o teste de realizado no

primeiro protocolo pode ser utilizado para indicar o Limiar Anaeróbio de maneira indireta.

Corroborando com esse teste, Bodner e Rhodes afirmam que o ponto de mudança de comportamento da linearidade da curva de FC fornece um indicador de desempenho não invasivo e concorda que existe tal relação com o Limiar anaeróbio. Ainda, reconhece que pode ser utilizado como parâmetro para prescrição de treinos de resistência (Bodner e Rhodes, 2000).

7.2.3 *TESTE WINGATE*

O teste de Wingate tem por função realizar a aferição da capacidade anaeróbia a qual representa a quantidade total de energia produzida a partir do metabolismo anaeróbia e, também, mede a potência anaeróbia que é indicada através da máxima potência produzida em determinada unidade de tempo (Franchini, 2002).

O teste foi desenvolvido durante a década de 1970 pelo instituto Wingate em Israel. Com objetivo de analisar o desempenho anaeróbio, o protocolo foi criado a fim de conferir maior grau de fidedignidade nesses indicadores (Bar-Or, 1987 e Inbar et al., 1996).

Devido ao fato de a capacidade anaeróbia ser responsável pela produção de esforços de grande intensidade e pouca duração, o teste tem pequena duração. Sua duração é de 30 segundos e, avalia a capacidade que o indivíduo tem de pedalar o maior número de vezes contra uma resistência fixa. A potência gerada nesses 30 segundos é respectiva à potência média. A maior potência encontrada geralmente nos primeiros 5 segundos é denominada potência pico. Acredita-se que essa potência pico é proveniente do sistema ATP-CP, com pequena contribuição da via glicolítica. Ainda, outro indicador importante aferido pelo teste é o Índice de Fadiga (IF). O IF informa a velocidade da queda do desempenho em manter as altas intensidades durante o exercício, indicando uma boa aplicabilidade prática do teste (Franchini, 2002).

O Wingate foi considerado um teste de alta reprodutibilidade quando realizado em condições ambientais padronizadas (Bar-Or, 1987 e Inbar et al., 1996). Quanto a validade, a qual se refere a mensurar aquilo que se objetiva, Hawley et al. (1992)

verificou um índice de correlação considerado médio (0,63) na comparação do Wingate para membros superiores e a natação de 50 metros em valores de potência média. Ainda, para membros inferiores e o teste de natação de 50 metros, foi também considerado médio o índice de correlação da potência média (0,76).

Bar-Or (1987) e Inbar et al. (1996) concluiu que o teste de Wingate não reflete de maneira adequada o desempenho de tarefas consideradas complexas.

Segundo Franchini (2002) durante a realização do teste de Wingate, a energia é obtida do metabolismo anaeróbio, porém com magnitudes variáveis conforme o nível (treinado e destreinado), tipo de treinamento (aeróbio ou anaeróbio) indivíduo e gênero (masculino ou feminino).

Justifica-se a utilização do teste de Wingate como indicador da razão com a qual a potência muscular pode ser gerada, principalmente por meio do sistema ATP-CP e da glicólise. No entanto, a capacidade máxima do sistema ATP-CP e da glicólise não está diretamente refletida no desempenho no teste de Wingate (Franchini, 2002).

Segundo Franchini (2002) diversos aspectos devem ser considerados na aplicação do teste, quais sejam: carga, estágio maturacional, motivação e ciclos menstrual.

8 DISCUSSÃO

O presente trabalho buscou esclarecer os mecanismos de adaptação ao treinamento de resistência. Com base na análise de diversos métodos específicos, a intenção foi justificar objetivamente cada um desses métodos.

Nesse sentido, fica evidente a dependência de alguns parâmetros necessários ao treinamento: Limiar Ventilatório I, Limiar Ventilatório II, VO_{2max} e vVO_{2max} . Porém, a preocupação maior deve ser voltada para o ponto da curva de lactato ou intensidade a determinado % de VO_{2max} que se encontra determinado esforço (Jones e Ehram, 1982).

Destaca-se que o parâmetro vVO_{2max} tem sua grande importância, pois ele leva em consideração, além do VO_{2max} , a economia de movimento a qual está relacionada

com as diferenças aeróbias de corredores que possuem um VO_{2max} similar (Billat e Koralsztein, 1996, p.91). Essa medida acrescenta qualidade na avaliação e contribui para a prescrição do treinamento, fornecendo parâmetros de treino (Velocidade, eficiência de movimento). Além disso, a vVO_{2max} representa a menor velocidade necessária para atingir a captação máxima de oxigênio, indicando o custo energético da intensidade do VO_{2max} - Laursen e Jenkins (2002); Midgley, McNaughton e Wilkinson (2006); e Billat e Koralsztein (1996).

É importante destacar que a FC_{max} , um dos parâmetros comuns utilizados na prescrição de treinos de resistência, tem sua limitação. Principalmente em estímulos curtos e médios (<30s e 1-2m, respectivamente), a precisão da intensidade do treino fica comprometida devido à lenta resposta cardíaca em comparação à resposta do VO_2 (Cerretelli e Di Prampero, 1971). Além disso, a linearidade entre a intensidade e a frequência cardíaca só é observada até intensidades sub-máximas (Achten e Jeukendrup, 2003, p.524).

Ainda, para uma indicação mais precisa da FC_{max} é necessária a realização de testes para a aferição individual (Achten e Jeukendrup, 2003, p. 525).

Mesmo que alguns estudos indiquem que a menor intensidade necessária para a melhora do VO_{2max} seja de estímulos na velocidade referente ao respectivo VO_{2max} (Swain e Franklin, 2002), diversos estudos identificaram melhoras com treinos em baixas intensidades, 40-50% do VO_{2max} (Smith e Wenger, 1981; Poole e Gaesser, 1985; Branche, Pate e Bourque, 2000 e Rodas et al, 2000).

Os treinos contínuos têm sua grande importância na preparação de base em resistência de atletas jovens e corredores de provas de longa duração. Os mesmos, ainda, podem ser utilizados como treinos recuperativos. Além disso, podem contribuir na iniciação de treinos que posteriormente objetivem o trabalho em intensidades mais elevadas.

Quanto ao treino intervalado, a vantagem principal está na dinâmica do lactato o qual tem seu acúmulo evidentemente reduzido quando comparado com o treino contínuo (Fox et al., 1967 e Mathews et al., 1966). Os intervalos de repouso entre os estímulos, sejam eles ativos ou passivos, permitem uma maior permanência de tempo em determinada intensidade.

O ideal para promover adaptações positivas tanto cardiovasculares quanto periféricas é permitir a exposição do indivíduo pelo maior tempo possível em seu

estado “descompensado” (>90% do VO_{2max}). Sendo assim, é evidente a importância do treinamento intervalado de alta intensidade para que isso aconteça (Billat, 2001; Laursen e Jenkins, 2002; Midgley, McNaughton e Wilkinson, 2006 e Midgley, McNaughton e Jones, 2007).

O método intervalado extensivo se caracteriza por estímulos de intensidade não tão altas, aproximadamente a correspondente ao VO_{2max} , e distâncias compreendidas entre 1500 a 3000 metros. O treinamento intervalado de longos estímulos é realizado a velocidades compreendidas entre o Limiar de Lactato e o VO_{2max} (Billat, 2001, p.25).

O tempo de permanência no VO_{2max} encontrado nos protocolos intervalados extensivos foi o dobro do encontrado nos protocolos contínuos. Ainda, ambos exercícios foram realizados na mesma intensidade, entre LII e VO_{2max} , e o acúmulo de lactato sanguíneo foi menor no protocolo intervalado extensivo do que no contínuo (Billat, 2001, p.26).

Indivíduos moderadamente treinados obtiveram melhora no VO_{2max} com apenas seis semanas de treinos contínuos que tiveram a intensidade aumentada ou que realizaram treinos intervalados de longa duração (intervalado extensivo). Foi detectada diminuição da ventilação pulmonar a qual foi significativamente correlacionada com a economia de corrida. Outros indicadores de melhora também foram identificados, quais sejam: aumento do percentual de fibras tipo 1 no músculo vasto lateral do quadríceps, comprimento de passada, frequência de passada e relação de troca respiratória durante o exercício submáximo (Franch et al., 1998).

A intensidade do treinamento intervalado está diretamente ligada à melhora do VO_{2max} . É o que foi encontrado na revisão de Wenger e Bell, 1986 os quais encontraram uma relação entre o maior grau de melhora do VO_{2max} a uma maior intensidade de treinamento, analisando um intervalo de intensidade compreendido entre 50 e 100% do VO_{2max} . Cabe ressaltar que isso foi constatado quase independentemente da frequência e duração do programa de treino e, ainda, dos níveis iniciais de VO_{2max} dos indivíduos.

Em contrapartida, a afirmação de que o treino próximo a intensidade de VO_{2max} pode promover melhoras significativas no VO_{2max} ainda não pode ser validada, pois, segundo Smith, Coombes e Geraghty, 2003 os estudos analisados na revisão

continham uma série de limitações e alguns não relatavam o verdadeiro nível de treinamento dos indivíduos.

Importante ressaltar a recomendação de que a fase de preparação para treinos de alta intensidade ($\geq 100\%$ do VO_{2max}) deve ser precedida por treinos em intensidades moderadas (65-70% do VO_{2max}) durante vários meses, seguida por treinos de intensidade aproximada de 85% do VO_{2max} (Hawley, 1995; Billat, 2001).

Identificam-se os benefícios do treinamento em intensidades compreendidas entre LII e VO_{2max} através das adaptações fisiológicas ocorridas nessas situações. O organismo opera em estado “descompensado”, ou seja, a velocidade de tamponamento dos íons H^+ e remoção do lactado é inferior a sua produção, estimulando as diversas adaptações fisiológicas que foram citadas no devido tópico.

No âmbito do treinamento intervalado de alta intensidade, é ressaltada a importância do treinamento da via aeróbia pelo método contínuo, pois a contribuição de tal metabolismo se aproxima de 30% de fornecimento de energia em competições curtas (~1 minuto) (Billat, 2001, p.78).

Cabe destacar que os exercícios intensos e curtos podem estimular o fornecimento de energia através do metabolismo aeróbio, isso vai depender da duração do estímulo, do intervalo de repouso entre as repetições e séries (Billat, 2001, p.80).

Billat, 2001 fez uma importante análise do artigo de Tabata et al, 1996. A análise evidenciou a impossibilidade de indivíduos destreinados ($VO_{2max} < 40$ ml/min/kg) alcançarem a intensidade dos estímulos supramáximos sugeridos pelo protocolo (170% do VO_{2max}). Ele concluiu que os efeitos alcançados pelos destreinados foi o mesmo que os que realizaram treinamentos intervalados de orientação de desenvolvimento da capacidade e potência aeróbia.

O dado encontrado acima corrobora a falta de necessidade de se trabalhar, na maioria das vezes, com protocolos de altas intensidades em indivíduos com pouco ou nenhum lastro de treino em resistência.

Em resumo, a sobreposição de estímulos intervalados de alta intensidade que possuem um pequeno intervalo de repouso resultam numa demanda de maior predominância aeróbia.

Os treinamentos de alta intensidade com o repouso curto, porém maior que os citados logo acima (30 segundos a 2 minutos), podem provocar um aumento da participação da via anaeróbia láctica (Linossier et al, 1993; Billat, 2001).

Aumentando ainda mais o tempo de repouso entre os estímulos supramáximos, Billat (2001) sugere que o intervalo deve se aproximar de 4 minutos o qual permite a recuperação quase integral do metabolismo anaeróbio alático.

Do ponto de vista prático, o *YOYO intermittent test* é o que apresenta a maior viabilidade de aplicação. Levando em consideração a validade, o teste apresentou níveis aceitáveis, também, apresentando bom nível de confiabilidade (Metaxas et al., 2005).

Cabe destacar que o teste de campo apresentou uma alta correlação com o desempenho no futebol. Por outro lado, o teste em laboratório não obteve uma alta correlação com o mesmo esporte (Krustrup et al., 2003).

Nesse sentido, os protocolos “IR1” e “IR2” de testes intermitentes são efetivos para a caracterização do componente anaeróbio das atividades específicas de esportes intermitentes (Krustrup et al., 2003 e Young et al. 2005).

9 CONCLUSÃO

Como visto, é necessário um certo conhecimento acerca de algumas áreas fundamentais - fisiologia do exercício, treinamento esportivo, biomecânica, bioquímica, entre outros - para a melhor compreensão objetiva do treino. A fim de permitir uma compreensão clara do assunto, a orientação do presente artigo foi voltada para a construção de tópicos os quais representam uma lógica sistêmica de treino. Além disso, foi dada ênfase na compreensão fisiológica dos diferentes estímulos possíveis dentro da capacidade de Resistência. Ressalta-se que todos os estímulos devem ser fundamentados com base em objetivos claros e pré-definidos. Ainda, é importante esclarecer a aplicabilidade de determinados testes os quais foram citados com o intuito de fornecer ferramentas que possam auxiliar na prescrição de treinos e no acompanhamento da evolução dos atletas. Assim, futuras pesquisas devem colocar a teste as diversas ocorrências fisiológicas e seus possíveis efeitos, a fim de confrontar / corroborar os resultados dos estudos anteriores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Achten, J, Jeukendrup, AE. Heart Rate Monitoring: applications and limitations. *Sports Med* 2003; 33 (7): 517-538.
2. Assumpção CE et al. Exercise-Induced Muscle Damage and Running Economy in Humans. *The Scientific World Journal*, Vol. 2013.
3. Astrand PO e Rodahl K. (1970). *Textbook of Work Physiology*. McGraw Hill, Sidney.
4. Atlaoui D, Pichot V, Lacoste L, Barale F, Lacour JR, Chatard JC. Heart rate variability, training variation and performance in elite swimmers. *Int J Sports Med*. 2007;28(5):394–400.
5. Aziz, A.R., M.Y.H. Chia and K.C. Teh (2005) 'Measured Maximal Oxygen Uptake in a Multi-Stage Shuttle Test and Treadmill-Run Test in Trained Athletes', *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness* 45: 306–314.
6. Babineau, C., Leger, L. Physiological response of 5/1 intermittent aerobic exercise and its relationship to 5 km endurance performance. *Int J Sports Med* 1997; 18: 13-9.
7. Balsom PD, Seger JY, Sjodin B, et al. (a). Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise. *Eur J ApplPhysiolOccup Physiol*. 1992;65:144–9.
8. Bangsbo, J., F.M. Iaia and P. Krstrup (2008) 'The Yo-Yo Intermittent Recovery Test: A Useful Tool for Evaluation of Physical Performance in Intermittent Sports', *Sports Medicine* 38(1): 37–51.
9. Bar-or O. The Wingate anaerobic test: an update on methodology, reliability and validity. *Sports Medicine*, v. 4, p. 381-394, 1987.
10. Bassett, D. R., JR. and E. T. Howley. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 32, No. 1, pp. 70–84, 2000.

11. Beattie K, Kenny IC, Lyons M, Carson BP. The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports Med* 44(6): 845-865, 2014.
12. Berthoin S, Pelayo P, Lensele-Corbeil G, et al. Comparison of maximal aerobic speed as assessed with laboratory and field measurements in moderately trained subjects. *Int J Sports Med* 1996; 17: 525-9.
13. Billat LV. Interval training for performance: a scientific and empirical practice: special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports Med*. 2001;1:13–31.
14. Billat LV. Interval training for performance: a scientific and empirical practice: special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: anaerobic interval training. *Sports Med*. 2001; 31 (2): 75–90.
15. Billat, LV, Koralsztein, JP, Morton RH. Time in Human Endurance Models: from empirical models of physiological models. *Sports Med* 1999 Jun; 27 (6): 359-379.
16. Billat LV, Koralsztein JP. Significance of the velocity at VO₂max and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med*. 1996; 22:90–108.
17. Billat V. (2002). *Fisiología y Metodología del Entrenamiento: de la teoría a la práctica*. Editorial Paidotribo. Barcelona.
18. Billat, V, Sirvent, P, Py, G, Koralsztein, J, e Mercier, J. (2003). The Concept of Maximal Lactate Steady State. *Sports Medicine*, 33(6), 407–426.
19. Bodner ME e Rhodes EC. A review of the concept of the Heart Rate Deflection Point. *Sports Med*. 2000, Jul; 30 (1): 31-46.
20. Bompa, Tudor O. Haff, G. Gregory. *Periodização: teoria e metodologia do treinamento*. São Paulo: Phorte, 2012.
21. Bosquet, L., Léger, L., & Legros, P. (2002). Methods to determine aerobic endurance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 32(11), 675–700.

22. Bosquet L, Merkari S, Arvisais D, Aubert AE. Is heart rate a convenient tool to monitor over-reaching? A systematic review of the literature. *Br J Sports Med.* 2008;42(9):709–14.
23. Bravo DF, Impellizzeri FM, Rampinini E, et al. Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med.* 2008;29:668–74.
24. Branch JD, Pate RR, Bourque SP. Moderate intensity exercise training improves cardiorespiratory fitness in women. *J Womens Health* 2000; 9: 65-73.
25. Buchheit M, Al Haddad H, Mendez-Villanueva A, Quod MJ, Bourdon PC. Effect of maturation on hemodynamic and autonomic control recovery following maximal running exercise in highly trained young soccer players. *Front Physiol.* 2011;2:69.
26. Buchheit M, Bishop D, Haydar B, et al. (a) Physiological responses to shuttle repeated-sprint running. *Int J Sport Med.* 2010; 31:402–9.
27. Buchheit M, Cormie P, Abbiss CR, et al. Muscle deoxygenation during repeated sprint running: effect of active vs. passive recovery. *Int J Sports Med.* 2009;30:418–25.
28. Buchheit M, Laursen PB. High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle. Part I: Cardiopulmonary Emphasis. *Sports Med.* 2013.
29. Buchheit M, Mendez-Villanueva A, Delhomel G, et al. (b) Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res.* 2010;24:2715–22.
30. Buchheit M, Millet GP, Parisy A, et al. Supramaximal training and post-exercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40:362–71.
31. Buchheit M, Papelier Y, Laursen PB, Ahmaidi S. Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: postexercise heart rate recovery or heart rate variability? *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2007;293(1):H8–10.

32. Buchheit M. Performance and physiological responses to repeated-sprint and jump sequences. *Eur J Appl Physiol*. 2010;101:1007–18.
33. Buchheit M, Simpson MB, Al Haddad H, Bourdon PC, Mendez- Villanueva A. Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. *Eur J Appl Physiol*. 2011;112:711–23.
34. Casaburi R, Storer TW, Ben-Dov I, et al. Effect of endurance training on possible determinants of VO₂ during heavy exercise. *J Appl Physiol* 1987; 38: 1132-9.
35. Castagna, C.F.M. Impellizeri, K. Chamari, D. Carlomagno and E. Rampinini (2006) 'Aerobic Fitness and Yo-Yo Continuous and Intermittent Test Performances in Soccer Players: A Correlation Study', *Journal of Strength & Conditioning Research* 20(2): 320–325.
36. Cerretelli P, Di Prampero PE. Kinetics of respiratory gas exchange and cardiac output at the onset of exercise. *Scand J Respir Dis* 1971;Suppl.:35a–g.
37. Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, et al. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol* 1982; 52 (4): 869-73.
38. Cordeiro AM, Oliveira GM, Renteria JM, Guimarães CA, GERS- Rio. Revisão sistemática : Uma revisão narrativa. *Rev Col Bras Cir*. [periódico na Internet] 2007; 34(6).
39. Daniels J, Scardina N. Interval training and performance. *Sports Med* 1984; 1: 327-34.
40. Davis JA, Franc MH, Whipp BJ, et al. Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged men. *J Appl Physiol* 1979; 46: 1039-46.
41. Denis C, Fouquet R, Poty P, et al. Endurance training, VO₂max, and OBLA: a longitudinal study of two different age groups. *Int J Sports Med* 1982; 3: 208-14.
42. Dupont G, Blondel N, Lensele G, et al. Critical velocity and time spent at a high level of VO₂ for short intermittent runs at supramaximal velocities. *Can J Appl Physiol*. 2002;27:103–15.

43. Dupont G, Millet GP, Guinhouya C, et al. Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. *Eur J Appl Physiol.* 2005;95:27–34.
44. Fox EL, Billings CE, Bason R, et al. Improvement of physical fitness by interval training, II: required training frequency. USA: Medical Research and Development Command, Office of the Surgeon General, US Army; 1967 Apr. Report no.: RF 2002-3.
45. Franch J, Madsen K, Djurhuus MS, et al. Improved running economy following intensified training correlates with reduces ventilatory demands. *Med Sports SciExerc* 1998; 30: 1250-6.
46. Franchini, E. Teste anaeróbio de Wingate: Conceitos e Aplicação. Universidade Presbiteriana Mackenzie. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*, v. 1, n. 1, p. 11-27, 2002.
47. Gajer B, Hanon C, Lehenaff D, et al. Analyse comparée de différentes séances de développement de VO₂max. In: *Expertise et sport de haut niveau: actes des Entretiens de l'INSEP* Novembre 2002.
48. Gamble, P. *Strength and Conditioning for team sports. Sport-specific physical preparation for high performance.* 2010. Taylor & Francis e-Library.
49. Garet M, Tournaire N, Roche F, Laurent R, Lacour JR, Barthelemy JC, et al. Individual Interdependence between nocturnal ANS activity and performance in swimmers. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(12):2112–8.
50. Girard O, Mendez-Villanueva A, Bishop D. Repeated-sprint ability—part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med.* 2011;41:673–94.
51. GOBBI, Sebastião. VILLAR, Rodrigo & ZAGO, Anderson Saranz. *Educação Física no Ensino Superior: Bases Teórico-Práticas do Condicionamento Físico.* In: _____. *Conceito e Contexto do Condicionamento Físico.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

52. Gore CJ et al. Live high: train low increases muscle buffer capacity and submaximal cycling efficiency. *Acta Physiol Scand* 2001, 173, 275-286.
53. Hautala AJ, Kiviniemi AM, Tulppo MP. Individual responses to aerobic exercise: the role of the autonomic nervous system. *Neurosci Biobehav Rev.* 2009;33(2):107–15.
54. Hawley JA. State of the art training guidelines for endurance performance. *S Afr J Sports Med* 1995; 2: 7-12.
55. Hawley JÁ, Vickovic MM, Handcock PJ. Muscle power predicts freestyle swimming performance. *British Journal of Sports Medicine*, v. 26, n. 03, p. 151-155, 1992.
56. Henritze J, Weltman A, Schurrer R, et al. Effects of training at and above the lactate threshold on the lactate threshold and maximum oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol* 1985; 54: 84-8.
57. Hill AV, Lupton L. Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen. *Q 1 Med* 1923; 16: 135-71.
58. Hill DW, Rowell AL. Responses to exercise at the velocity associated with V'_{O2max} . *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29: 113-6.
59. Hollmann, W. e Hettinger, E (1980). *Sportmedizin, Arbeits- und Trainingsgrundlagen* (2a ed.).
60. Hollmann W, Rost R, Liesen H, et al. Assessment of different forms of physical activity. *Int J Sports Med* 1981; 2: 67-80.
61. HOLLOSZY, J. O. and E. F. COYLE. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J. Appl. Physiol.* 56:831– 838, 1984.
62. Hynynen E, Uusitalo A, Konttinen N, Rusko H. Heart rate variability during night sleep and after awakening in overtrained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(2):313–7.

63. Iellamo F, Legramante JM, Pigozzi F, Spataro A, Norbiato G, Lucini D, et al. Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes. *Circulation*. 2002;105(23):2719–24.
64. Impellizzeri, F.M., E. Rampinini and S.M. Marcora (2005) 'Physiological Assessment of Aerobic Training in Soccer', *Journal of Sports Sciences* 23(6): 583–592.
65. Inbar O, Bar-or O e Skinner JS. *The Wingate anaerobic test*. Champaign, IL. Human Kinetics, 1996.
66. Jones, A.M. and H. Carter (2000) 'The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness', *Sports Medicine* 29(6): 373–386.
67. Jones NL, Ehsam RE. The anaerobic threshold. In: Terjung R, editor. *Exercise and sports sciences reviews*. Vol. 10. Philadelphia (PA): Franklin Institute Press, 1982: 49-83.
68. Krustup, P., M. Mohr, T. Amstrup, T. Rysgaard, J. Johansen, A. Steensberg, P.K. Pedersen and J. Bangsbo (2003) 'The Yo-Yo Intermittent Recovery Test: Physiological Response, Reliability and Validity', *Medicine & Science in Sports & Exercise* 35(4): 697–705.
69. Lake, M. J., Cavanagh, P. R. Six weeks of training does not change running mechanics or improve running economy. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28: 860-9.
70. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximizing performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med*. 2002; 32:53–73.
71. Laursen PB, Shing CM, Peake JM, et al. Interval training program optimisation in highly trained endurance cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 1801-7.
72. Léger L, Mercier D, Gauvin L. The relationship between % VO_{2max} and running performance time. In: Landers DM, editor. *The 1984 Olympic Scientific*

- Congress proceedings; 1984 Jul 19-23; Eugene (OR).Vol. 3.Sport and elite performers.Champaign (IL): Human Kinetics, 1986: 113-9.
- 73.Linossier MT, Denis C, Dormois D, et al. Ergometric and metabolic adaptation to a 5-s sprint training programme. *Eur J ApplPhysiol* 1993; 67: 408-14.
- 74.Londeree B. Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis. *MedSci Sports Exerc* 1997; 29 (6): 837-43.
- 75.Margaria R, Oliva RD, diPrampo PE, et al. Energy utilization in intermittent exercise of supramaximal intensity. *J ApplPhysiol* 1969; 26: 752-6.
- 76.Mathews DK, Fox EL, Bartels RL, et al. Improvement of physical fitness by interval training, I: relative effectiveness of short and long distance running. USA:Medical Research and Development Command, Office of the Surgeon General, US Army; 1966.
- 77.McArdle WD, Katch FI e Katch VL. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance*. 6th ed. Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins, 2007.
- 78.Metaxas, T.I., N.A. Koutlianos, E.J. Kouidi and A.P. Deligiannis (2005) 'Comparative Study of Field and Laboratory Tests for the Evaluation of Aerobic Capacity in Soccer Players', *Journal of Strength & Conditioning Research* 19(1): 79–84.
- 79.Midgley AW, McNaughton LR, Jones AM. Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance: can valid recommendations be given to runners and coaches based on current scientific knowledge? *Sports Med*. 2007;37:857–80.
- 80.Midgley AW, McNaughton LR, Wilkinson M. Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners? Empirical research findings, current opinions, physiological rationale and practical recommendations. *Sports Med*. 2006;36:117–32.
- 81.Millet GP, Candau R, Fattori P, et al. VO₂ responses to different intermittent runs at velocity associated with VO₂max. *Can J Appl Physiol*. 2003;28:410–23.

82. Morgan DW, Baldini FD, Martin PE, et al. Ten kilometer performance and predicted velocity at VO₂max among well-trained male runners. *Med Sci Sports Exerc* 1989; 21: 78-83.
83. Noakes TD, Myburgh KH, Schall R. Peak treadmill running velocity during the VO₂max test predicts running performance. *J Sports Sci* 1990; 8: 35-45.
84. Noakes TD. Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scand J Med Sci Sports* 2000; 10: 123–145.
85. Noakes T. *Lore of Running*. Champaign (IL): Leisure Press, 1991.
86. Paavolainen L, Nummela A, Rusko H. Muscle power factors and VO_{2max} as determinants of horizontal and uphill running performance. *Scand J Med Sci Sports*. 2000;10:286–91.
87. Péronnet F, Thibault G. Mathematical analysis of running performance and world running records. *J Appl Physiol* 1989; 67: 453-65.
88. Péronnet F, Thibault G, Rhodes EC, et al. Correlation between ventilatory threshold and endurance capability in marathon runners. *Med Sci Sports Exerc* 1987; 19: 610-5.
89. Plews DJ, Laursen PB, Stanley J, Kilding AE e Buchheit M. Training Adaptation and Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes: Opening the Door to Effective Monitoring. *Sports Med* (2013) 43:773-781.
90. Poole DC, Gaesser GA. Response of ventilatory and lactate thresholds to continuous and interval training. *J Appl Physiol* 1985; 58: 1115-21.
91. Potteiger JA. Aerobic endurance exercise training. In: *Essentials of Strength Training and Conditioning*. T.R. Baechle e R.W. Earle, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, 2000, pp. 495-509.
92. Ready AE, Quinney HA. Alterations in anaerobic threshold as the result of endurance training and detraining. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14: 292-6.

93. Reindell H, Roskamm H. Ein Beitrag zu den physiologischen Grundlagen des Intervall training unter besonderer Berücksichtigung des Kreilaufes. Schweiz Z Sportmed 1959; 7: 1-8.
94. Reindell H, Roskamm H, Gerschler W. Das Intervall training. Munchen (Germany): John Ambrosius Barth Publishing, 1962.
95. Rodas G, Ventura JL, Cadefau JA, et al. A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. Eur J Appl Physiol 2000; 82: 480-6.
96. Rowell AL. Human cardiovascular control. New York: Oxford University Press, 1993.
97. Sady S, Katch V, Freedson P, et al. Changes in metabolic acidosis: evidence for an intensity threshold. J Sports Med Phys Fitness 1980; 20: 41-6.
98. Sahlin K. Metabolic changes limiting muscle performance. Biochemistry of exercise VI. Saltin B. (Eds), International series of Sport Sciences, Vol 16, Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois, 323-342, 1985.
99. Saltin B. Physiological effects of physical conditioning. Med Sci Sports 1969; 1: 50-6.
100. Saunders PU, Pyne DB, Telford RD e Hawley JA. Factors affecting running economy in trained distance runners. Sports Med. 2004; 34(7):465-85.
101. Sleamaker R e Browning R. Serious Training for Endurance Athletes. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996.
102. Smith DJ, Wenger HA. The 10 day aerobic min-cycle: the effects of interval training or continuous training at two different intensities. J Sports Med Phys Fitness 1981; 27: 390-4.
103. Smith TP, Coombes JS, Geraghty DP. Optimising high-intensity treadmill training using the running speed at maximal O₂ uptake and the time for which this can be maintained. Eur J Appl Physiol 2003; 89: 337-43.

104. Smith TP, McNaughton LR, Marshall KJ. Effect of 4-wk training using Vmax/Tmax on VO₂max and performance in athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: 892-6.
105. Spencer MR, Gastin PB, Payne WR. Energy system contribution during 400 to 1500 metres. *News Stud Athlet* 1996; 4: 59-65.
106. Swain DP, Franklin BA. V' O₂ reserve and the minimal intensity for improving cardiorespiratory fitness. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 152-7.
107. Tabata I, Irisawa K, Kouzaki M, et al. Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29: 390-5.
108. Tabata I, Nishimura K, Kouzaki M, et al. Effects of moderate intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO₂max. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28: 1327-30.
109. Tokmakidis SP, Léger L, Mercier D, et al. New approaches to predict VO₂max and endurance from running performances. *J Sports Med* 1987; 27: 401-9.
110. Wasserman K, Whipp BJ, Koyal SN, et al. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 1973; 35: 236-43.
111. WELTMAN, A. The Blood Lactate Response to Exercise. Champaign, IL: Human Kinetics, 1995, pp.1–117.
112. Wenger HA, Bell GJ. The interactions of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. *Sports Med* 1986; 3: 346-56.
113. Wenger HA, McNab RBJ. Endurance training: the effects of intensity, total work, duration and initial fitness. *J Sports Med Phys Fitness* 1975; 15: 199-211.
114. Yoshida T, Suda Y, Takeuchi N. Endurance training regimen based upon arterial blood lactate: effects on anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol* 1982; 49: 223-30.

115. Young, W.B., R.U. Newton, T.L. Doyle (2005) 'Physiological and Anthropometric Characteristics of Starters and Non-starters in Elite Australian Rules Football: A Case Study', *Journal of Science & Medicine in Sport* 8(3): 333–345.
116. Zavorsky GS. Evidence and possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training and tapering. *Sports Med* 2000; 29: 13-26.
117. Zintl, F. (1991). *Entrenamiento de la resistencia: Fundamentos, métodos y dirección del entrenamiento*. Ediciones Martínez Roca, S. A. Barcelona.