

CORRELAÇÃO ENTRE OS PROTOCOLOS TRADICIONAIS INCREMENTAIS, USADOS NA IDENTIFICAÇÃO DO LIMAR ANAERÓBICO PARA CICLISTAS: UMA ANÁLISE CRÍTICAJosé Eduardo Urso¹, Nilson Barbosa Venâncio¹, Rogério Martins Silveira¹**RESUMO**

Introdução: O ciclismo é um esporte que tem características próprias, dentre elas podemos afirmar que a integração de vários fatores define o atleta, onde a biomecânica do movimento, ergonomia, fisiologia e tecnologia de matérias, influenciam na eficiência do atleta. Esses fatores caso não levado em consideração em testes laboratoriais podem afetar significativamente os dados obtidos. **Revisão da Literatura:** Analisamos os artigos que fizeram uso desses protocolos e observamos uma relação entre os vários protocolos e metodologias, identificando assim o conteúdo das variáveis e suas correlações. Com o desenvolver da pesquisa podemos observar que na maioria dos testes empregados nos artigos estudados, citam algumas características que fazem dos protocolos terem uma certa similaridade com relação à metodologia empregada. Fatores como tipo de cicloergometro, potencia inicial, incremento de carga, cadência, tempo entre estágios e tempo total do teste, nos levam a perceber o quanto esses protocolos estão distantes da realidade da prova. **Conclusão:** Através do estudo realizado, podemos concluir que a relação entre testes laboratoriais que utilizam protocolos tradicionais incrementais e a especificidade do ciclismo de competição esta muito distante da especificidade do esporte em questão. Com relação aos testes de esforço máximo apresentado e discutido na literatura, destacam itens se suma importância e que deveriam ser levados em consideração pelos pesquisadores tais como carga inicial, incremento de carga, tempos de estágio, e cadência que nos fazem pensar que estas variáveis podem interferir no resultado final dos testes.

Palavras-chave: ciclismo, limiar anaeróbio, teste incremental.

1 – Programa de Pós-Graduação Lato-Sensu da Universidade Gama Filho - Fisiologia do Exercício: prescrição do exercício.

ABSTRACT

Correlation between traditional enhancement protocols, used in the identification anaerobic threshold for cyclists: a critical analysis

Introduction: The cycling is a sport that has its own characteristics, among them we can say that the integration of several factors define the athlete, where the biomechanics of movement, ergonomics, physiology and technology of materials, influence the efficiency of the athlete. These cases not considered in laboratory tests may significantly affect the data obtained. **Review of Literature:** I reviewed the articles that made use of these protocols and found a relationship between the various protocols and methodologies, thereby identifying the contents of variables and their correlations. With the development of the research can see that in most tests used in the articles studied, cite some characteristics that make the protocols have a certain similarity with respect to the methodology employed. Factors such as type of cycle, initial power, increase of load, cadence, time between stages and total time of testing, lead us to understand how these protocols are distant from the reality of proof. **Conclusion:** Through the study we can conclude that the relationship between laboratory tests using traditional protocols and specific incremental cycling competition this far away from the specificity of sport in question. With regard to maximum effort tests presented and discussed in the literature, there are very important items and should be taken into account by researchers such as initial charge, an increase of load, time of placement, and rhythm that make us think that these variables can interfere with the final result of the test.

Key Words: cycling, anaerobic threshold, incremental test.

Endereço para correspondência:
urso.jos@gmail.com
dada_bigode@hotmail.com
magaivertri2@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O ciclismo é um esporte que tem características particulares, dentro delas podemos afirmar que a integração de vários itens define o atleta, fatores como biomecânica do movimento, ergonomia, fisiologia e tecnologia de matérias são características que juntas melhoram a eficiência do atleta (Winter, 1990).

Para entendermos melhor esses conceitos faremos uma análise sucinta em cada um deles com o objetivo de prosseguir o estudo na relação desses conceitos com as varias metodologias existentes empregadas em testes com ciclistas.

A importância de poder avaliar o atleta no decorrer de seu treinamento passa a ser um fator de grande importância para o treinador. Uma das formas de obter dados que possam ser avaliados e comparados é fazendo uso de testes.

Esses testes por sua vez podem ser realizados em campo ou em laboratórios, quando optamos por testes em laboratórios podemos contar com a ajuda da tecnologia dos equipamentos empregados, buscando assim nos resultados dos testes dados que possam ser avaliados e controlados durante o treinamento.

Nessa perspectiva podemos refletir que a metodologia empregada pode ser fator de incerteza nos resultados obtidos e desta maneira conduzir erros na proposta do treinamento.

Analisar vários protocolos e consequentemente as metodologias empregadas nos mesmos passa a ser nossa proposta neste trabalho, buscando com isso ajudar a ciência com novos estudos dentro do quesito avaliação de atletas de ciclismo.

Portanto o objetivo principal desse trabalho foi analisar de forma crítica os artigos científicos da base de dados Medline/Pubmed, Scielo, Lilacs e nos livros "Fisiologia Esportiva – Guanabara Koogan 2º edição 1992" e "Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos – Fox E.L e colaboradores – Guanabara Koogan 4º edição 1991", por meio das palavras chaves: "Protocolo de limiar anaeróbico em ciclistas", "Limiar anaeróbico em ciclistas", "VO2max em ciclistas" e "Teste de VO2max em ciclistas", no período de 1997 até março de 2009, que utilizam protocolos tradicionais incrementais (tipo escada) para

avaliar fatores fisiológicos dos atletas em ciclismo e compará-los com as varias características existentes na especificidade do esporte.

REVISÃO DA LITERATURA

A biomecânica do movimento, como o próprio nome já diz direciona o estudo com relação à técnica empregada para executar o giro no pedal. Vários estudos em cima deste tema têm sido desenvolvidos, mostrando que quanto mais perfeito é a técnica da pedalada melhora significativamente a eficiência do ciclista (Town, 1988). Outro ponto de estudo dentro desta mesma linha é em função da cadência, ou seja (rotação por minuto), Denadai e colaboradores (2004), defende que a cadência de pedalada é uma variável do gesto motor no ciclismo, que sabidamente influencia a performance e diversas respostas fisiológicas ao esforço para uma dada potência gerada.

Já a ergonomia, passa a ser um fator de ajuste entre o homem e a bicicleta, esse estudo é responsável por melhorar o desempenho, conforto, aerodinâmica e prevenções de lesões, uma vez que o ciclista de estrada em seus treinos permanece sobre a bicicleta mais de 6 horas por dia (Gregor, 2000).

As tecnologias dos materiais empregadas também fazem grandes diferenças no resultado final de uma prova, pois são eles responsáveis pelo peso e durabilidade da máquina, o peso do equipamento somado ao peso do atleta esta diretamente relacionada com a potencia relativa (Alvares, 2007).

Quando pensamos em testes laboratoriais para avaliar um determinado esporte, temos que levar em conta a especificidade do esporte em questão, na tentativa de desenvolver o teste deixando o mais próximo possível das características de prova (Denadai, 1996).

Afirma também que, o principio da especificidade do movimento determina que a avaliação seja realizada com o movimento que mais se aproxime do gesto empregado no treinamento ou competição (Denadai, 2000).

Dentro deste aspecto faremos uma análise critica dos protocolos tradicionais incrementais usados em pesquisas científicas para determinar fatores fisiológicos em atletas

de ciclismo considerando a validade ecológica empregada nos mesmos.

Conduzindo nossos estudos nas variáveis existentes neste esporte e suas possíveis interferências com o resultado final proposto pelo teste, toda a base dos protocolos tradicional surgiu dentro da área medica onde o objetivo do teste estava voltado para diagnosticar patologias cardiopulmonares (Tebexreni e colaboradores, 2001).

Tebexreni e colaboradores (2001), comentam que a utilização desses protocolos destinou-se ao diagnóstico de doenças arterial coronariana obstrutiva, desta forma quando pensamos neste aspecto observamos que algumas variáveis definidas nos testes não levam em consideração o aspecto da preparação física do ciclista.

Todos os testes buscam coletar dados dos atletas no intuito de utilizar esses dados para o aprimoramento de suas capacidades físicas, para isso estes testes deveriam estar o mais próximo possível da realidade das provas, que é onde o atleta se submete ao seu esforço máximo (Denadai, 1996).

Com isso não podemos deixar de estudar e entender todo o processo fisiológico que ocorre na musculatura no decorrer da atividade, como funciona todo o processo bioquímico do metabolismo aeróbico e anaeróbico no objetivo de entender que possíveis alterações no tempo dos estágios de incremento de carga pode alterar de forma significativa o resultado do teste.

Quando falamos sobre a fisiologia do esporte onde o metabolismo muscular tem sua grande parte de todo o processo temos que pensar em detalhes do tipo quanto tempo o organismo necessita para se estabilizar após um aumento de esforço, pois os protocolos empregados nos testes em laboratórios usam um tempo de estágio para incrementar cargas até a exaustão completa do atleta.

Pensando no ciclismo como um esporte de alto-rendimento, leva os atletas a buscar cada vez mais o aperfeiçoamento na forma física, apoiados por técnicos e preparadores físicos que usam da tecnologia com o objetivo de desenvolver no atleta a máxima capacidade física (Denadai, 2004).

Um grande número de estudos tem procurado determinar variáveis fisiológicas que possam melhorar o desempenho do atleta (Coyle e colaboradores, 1988). Entre as variáveis mais freqüentemente citadas

incluem-se: economia de movimento, VO_2max , percentagem de gordura corporal, limiar anaeróbico e utilização de substratos.

O consumo máximo de oxigênio (VO_2max), é uma boa medida de caráter geral dos fatores cardiopulmonares e metabólicos, que afetam a capacidade máxima do organismo em captar, transportar e utilizar o oxigênio (Astrand, 1956; citado por Denadai e colaboradores, 1996).

O VO_2max é o índice fisiológico que melhor representa a potência aeróbia, ou seja, é uma medida da quantidade máxima de energia que pode ser produzida pelo metabolismo aeróbico em uma determinada unidade de tempo (Denadai e colaboradores, 2003).

Hunter (1987), comenta que o treinamento resulta em aumento da atividade das enzimas oxidativas musculares, elevação no número, tamanho, tipo de mitocôndrias, vascularização e VO_2 máx. (Hunter e colaboradores, 1987), desta forma a predição do treinamento tem fator importante na evolução física do atleta, onde pode ser apoiado em dados obtidos de testes, para com isso poder ter o controle do treinamento de maneira comparativa.

Astrand e Rhyning em 1954 estabeleceram as bases fisiológicas para o método, correlacionando o consumo de O_2 (metabolismo aeróbico) com a freqüência cardíaca a níveis submáximos de exercício (Tebexreni e colaboradores, 2001).

Na seqüência de nosso estudo vamos abordar as principais características que devemos levar em consideração e que podem modificar o resultado final dos testes ou até mesmo do objetivo da pesquisa.

Biomecânica do movimento

Uma variável fisiológica que tem sido amplamente analisada em função da cadência é a eficiência (custo energético para uma determinada potência sub-máxima). Os estudos têm verificado que para uma mesma variação na cadência, podemos encontrar melhora da eficiência delta (determinada pelo quociente entre variação do gasto energético e variação da potência gerada) e piora na eficiência bruta (gasto energético total para uma determinada potência).

A cadência preferida por ciclistas (80 a 100rpm) geralmente é próxima daquela de

maior eficiência neuromuscular (menor aplicação de força no pedal e menor fadiga eletromiográfica) e maior eficiência delta.

Porém, esta certamente não é a cadência de melhor eficiência bruta ou a que indica menor gasto energético caso fosse mantida sem resistência externa, sendo que indivíduos não treinados talvez escolham cadências menores, com menor demanda aeróbia para uma dada potência (Marsh e colaboradores, 1997).

Outras respostas fisiológicas, como a ventilação pulmonar, o quociente respiratório, a produção de gás carbônico, o recrutamento das fibras musculares e a concentração de lactato sanguíneo ([Lac]sang), parecem depender também da cadência de pedalada e da intensidade escolhida (Foss e colaboradores, 2004).

Deste modo, a cadência escolhida para avaliação, treinamento ou competição, tem potencial interferência sobre as respostas fisiológicas obtidas e a performance propriamente dita, o (gráfico 01), representa a relação da cadência no ciclismo com a força que o ciclista insere no pedal para manter a mesma potência, podemos observar que com um giro de 90 RPM exige menor força aplicada ao pedal para manter a mesma potência que com um giro de 60 RPM (Coast e Welch, 1985).

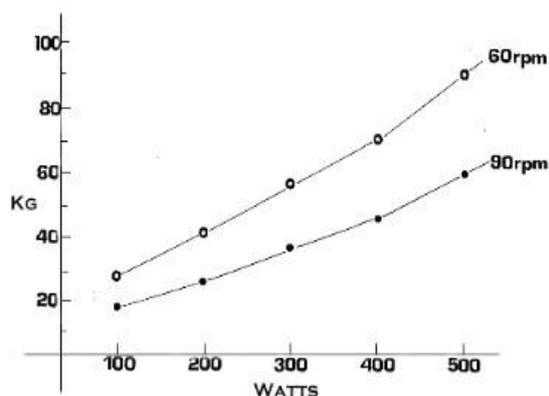


Gráfico 1 - Relação entre cadência e força na pedalada

Ergonomia

A avaliação ergonômica no ciclista tem por objetivo estabelecer parâmetros que permitam a adaptação da condição

aerodinâmica, de modo a proporcionar o máximo desempenho no esporte.

O tamanho e o ajuste correto da geometria da bicicleta influenciam diretamente em fatores como a transferência de potência da pedalada, a probabilidade de contrair lesões, a redução do atrito aerodinâmico ou, mais diretamente, a sensação de conforto na bicicleta.

Muitos fatores afetam os vetores que atuam sobre o corpo durante o ciclismo como tipo e a altura do selim, do guidão, a distância entre os dois, o tipo de bicicleta, o tamanho do quadro, o comprimento do pé-de-vela, morfologia individual e forma de montar na bicicleta.

Tecnologia de materiais

Uma bicicleta de ciclismo se constitui de varias peças começando pelo quadro que é a alma da bicicleta, rodas, pneus, câmbios, selim, guidão, etc.

O objetivo da indústria e desenvolver materiais com extrema leveza e alto índice de resistência, ligas de alumínio, titânio e fibras de carbono estão sendo empregadas em longa escala na industria do ciclismo (Alvares, 1997).

O principal material utilizado nos quadros de bicicletas são os aços e suas ligas: aços com baixo teor de carbono para quadros mais baratos, aços com médio teor de carbono para modelos intermediários e as ligas de cromo-molibdênio-manganês-carbono e mais recentemente níquel-cromo-vanádio-carbono nas melhores bicicletas de competição (Whitt e colaboradores, 1982 citado por Alvares, 1997).

Os melhores quadros são feitos com tubos sem costura, estirados de forma a serem de paredes menos espessas no meio do que nas extremidades e depois unidos por conexões aos outros membros (Whitt e colaboradores, 1982; citado por Alvares, 1997).

A configuração básica de um quadro de bicicleta é a forma de paralelogramo, com dois triângulos similares formados por uma diagonal comum, o triângulo principal, ou anterior, e o triângulo posterior. Estes dois triângulos similares fornecem suporte estrutural, de forma que a bicicleta não se desintegre, e oferece rigidez suficiente, de forma que o quadro não irá fletir ou se mover de um lado para o outro enquanto se pedala.

Caso a bicicleta sofra flexão, enquanto se pedala, ocorrerá perda de potência (Alvares, 1997).

Fisiologia

Pensando na fisiologia como um dos fatores primordiais no desempenho do atleta onde esse fator é notado e avaliado nos testes em laboratórios temos a necessidade de entender como funciona o metabolismo muscular em um teste de esforço progressivo, tendo em vista que esse efeito tem possível influencia no tempo entre estágios no protocolo incremental.

Conseqüentemente valores de VO_2 máx. e limiares serão abordados neste estudo, pois uma das maneiras de mensurar, avaliar e conduzir a evolução do atleta é fazendo uso de informações relativas ao VO_2 max, através de testes em laboratórios, dentre eles o teste de esforço máximo em cicloergômetros que é o que mais se aproxima do gesto esportivo do ciclista, acoplados as análises de gases, permitem a quantificação dos seguintes parâmetros: consumo de O_2 (VO_2), produção de CO_2 (VCO_2), ventilação pulmonar (VE) e Frequência Cardíaca (FC) durante todo o período de duração do teste (Gráfico 1) (Lourenço e colaboradores, 2007).

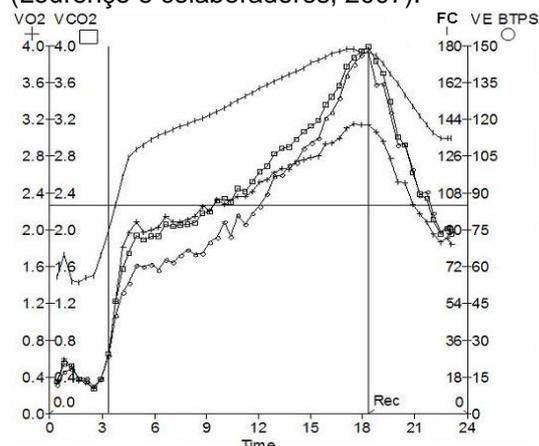


Gráfico 2 - Curva obtida no analisador de gases CPXD – MEDGRAPHICS

No teste de esforço com carga progressiva ocorre uma mudança no metabolismo muscular que é responsável pelo aumento crescente no consumo de O_2 e produção de CO_2 , conseqüentemente um aumento na ventilação pulmonar. Esse fenômeno é visivelmente observado em testes

de esforço máximo com analisador de gases, conforme mostra a Gráfico 2.

Este gráfico mostra as curvas no consumo de O_2 , produção de CO_2 e ventilação (VE) obtidas durante um teste de esforço máximo. Amostras de VO_2 (+), VCO_2 (□), VE (o) e FC (l) foram coletadas a cada 25 segundos através do analisador de gases CPXD – MEDGRAPHICS.

O sensor de volume foi calibrado utilizando uma seringa de calibração de 3 L e os gases analisados foram calibrados usando uma fração gasosa de concentração: 5% de CO_2 e 12% de O_2 balanceado com N_2 (Lourenço e colaboradores, 2007).

Os dados obtidos nestes testes são amplamente usados, mostrando a capacidade e potencia aeróbica em patologias diversas e em atletas, podendo com isso ser analisados fatores do sistema nervoso, cardiopulmonar e metabólicas, de uma maneira integrada (Hill e colaboradores, 1924; Wasserman e colaboradores, 1982; Day e colaboradores, 2003).

Quando falamos em atletas de ciclismo que é o foco deste trabalho podemos pensar que no resultado destes testes existem diferentes formas de identificar valores no decorrer das intensidades do esforço, podendo atingir valores sub-máximos e máximos ao longo do teste.

Por exemplo, a razão entre VCO_2/VO_2 permite a determinação do coeficiente respiratório (QR), que indica o predomínio de carboidratos ou lipídeos como fonte energética durante o teste, (Jeukendrup e colaboradores, 2005) sendo que as determinações desses parâmetros permitem também analisar a taxa de oxidação de carboidratos e lipídeos em diferentes intensidades de esforço (Jeukendrup e colaboradores, 2005).

Para entender o que ocorre com o metabolismo muscular durante um teste incremental, temos que conhecer as respostas metabólicas envolvidas na cinética de O_2 e CO_2 (mecanismo periférico) (Lourenço e colaboradores, 2007).

Conforme comenta Lourenço e colaboradores (2007), os dados obtidos em um teste incremental com analisador de gases nos proporcionam muitas informações com relação ao sistema de transporte e utilização de O_2 e produção de CO_2 pela musculatura durante o teste (Lourenço e colaboradores, 2007).

O teste de esforço máximo com uso de analisadores de gases nos fornece alguns parâmetros que são de grande importância na avaliação do atleta, dentre eles entenderemos um pouco mais os limiares ventilatórios e sua relação com o metabolismo muscular.

Início do teste incremental

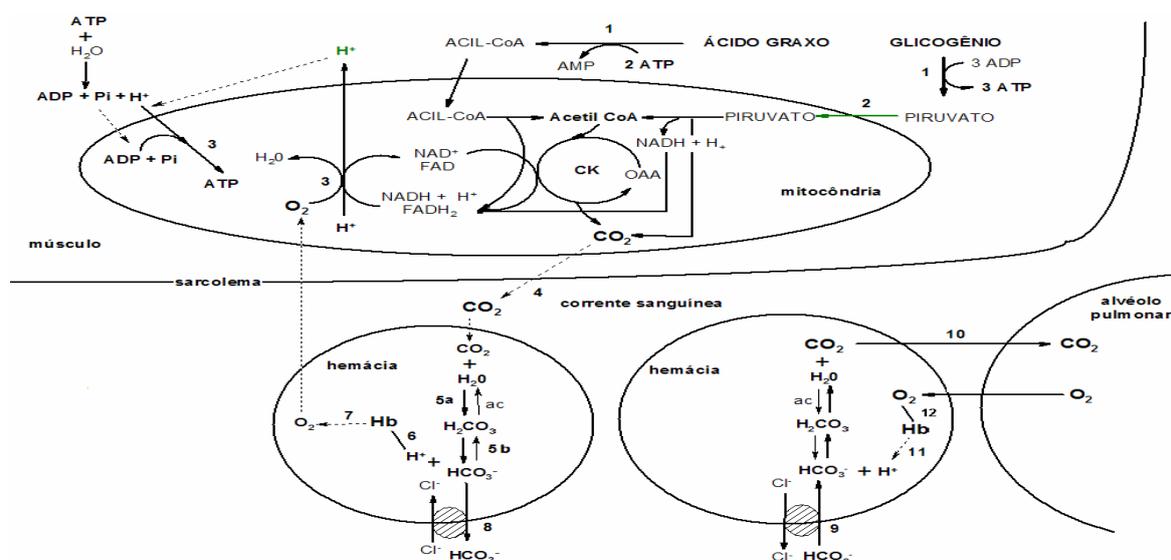


Figura 1 - Panorama metabólico do destino dos gases.

Quando um determinado sujeito, com um determinado condicionamento prévio é submetido a uma determinada intensidade de esforço, os substratos energéticos utilizados são ácidos graxos e o glicogênio muscular (passo 1), estes substratos transformam em ATP nas mitocôndrias passando por uma transformação onde ácidos graxos transformam em ACIL CoA e Glicogênio em Piruvato dentro da mitocôndria (passo 2) com concomitante consumo de O₂ e H⁺ (passo 3).

O CO₂ produzido pela célula (ciclo de Krebs) e transferido para dentro da corrente sanguínea e conseqüentemente para dentro das hemácias por diferença de pressão, ou seja, a pressão de CO₂ (PCO₂) intracelular é maior que a do sangue e isso faz com que o CO₂ se desloque da célula para o sangue. (passo 4) (Lourenço e colaboradores, 2007). Segundo Fox (1991) as diferenças na pressão parcial entre os gases nos alvéolos e no sangue venoso indicam que o O₂ se difundirá para dentro do sangue e o CO₂, para dentro dos alvéolos (Fox e colaboradores, 1991).

A Figura 1 apresenta um panorama metabólico geral da produção, utilização e transporte de gases durante o início da execução de um protocolo de esforço máximo na musculatura, hemácias e pulmões (Lourenço e colaboradores, 2007).

Nas hemácias o CO₂ reage com H₂O e se transforma em ácido carbônico (H₂CO₃), numa reação catalisada pela enzima anidrase carbônica (passo 5a). A presença da anidrase carbônica nas hemácias acelera este mecanismo de 13000 a 25000 vezes. O H₂CO₃ se dissocia rapidamente em H⁺ e íons bicarbonato (HCO₃⁻) (passo 5b) (Lourenço e colaboradores, 2007).

O íon de H⁺ é tamponado pela hemoglobina (passo 6), que já se desligou do O₂ em resposta a baixa PO₂ nos tecidos (passo 7). Os íons HCO₃⁻ retornam para o sangue em troca com o íon cloreto (Cl⁻) (passo 8), se constituindo no tampão mais importante do plasma, e também na principal forma de transporte do CO₂ proveniente dos tecidos para os pulmões.

Neste momento ao alcançarem os capilares pulmonares toda a seqüência de eventos é revertida, inclusive a troca de Cl⁻ por HCO₃⁻ nas hemácias (passo 9), uma vez que existe um gradiente pressórico favorável no sentido capilar-alvéolo pulmonar, pois a pCO₂ nos pulmões é menor que a pCO₂ do sangue

venoso (passo 10). A hemoglobina, por sua vez, desliga-se do H^+ (passo 11) e liga-se com alta afinidade ao O_2 alveolar (passo 12) (Lourenço e colaboradores, 2007).

Limiar ventilatório ou LV1

Podemos ainda observar na Figura 2 que em condições aeróbicas mesmo com o aumento sucessivo na intensidade de esforço existe um aumento na concentração de H^+ no citosol muscular, em consequência da hidrólise acentuada de ATP (passo 13), e da incapacidade de tamponamento desses prótons somente pelas mitocôndrias (passo 3), aumentando a participação da enzima lactato desidrogenase, que catalisa a redução do piruvato à lactato como via de tamponamento de H^+ (passo 14) (Meyer e colaboradores, 2004; Meyer e colaboradores, 2005; Robergs e colaboradores, 2004).

Os H^+ aumentados no citosol muscular são tamponados por tampões fixos

intracelulares (proteínas, carnosina e fosfato inorgânico) e pelo HCO_3^- intramuscular (passo 15). Além disso, são transportados para a corrente sanguínea pelos sistemas de transporte antiporte Na^+/H^+ (passo 16) e co-transporte de lactato/ H^+ (passo 17), este último realizado por uma classe de transportadores de monocarboxilatos (MCTs) presentes na membrana plasmática de células de vários tecidos (Péronnet e colaboradores, 2006; Cerretelli e colaboradores, 2003).

Na hidrólise acentuada do ATP o lactato produzido, por ter carga elétrica negativa (-) juntamente com o próton de H^+ que tem sua carga positiva (+), elevam o pH dentro da célula, devido a essa diferença de carga lactato se junta ao H^+ e é levado de dentro da célula para dentro da hemoglobina através dos MCT's, que por sua vez resolve o problema do pH intracelular passando esse problema para dentro do sangue (Lourenço e colaboradores, 2007).

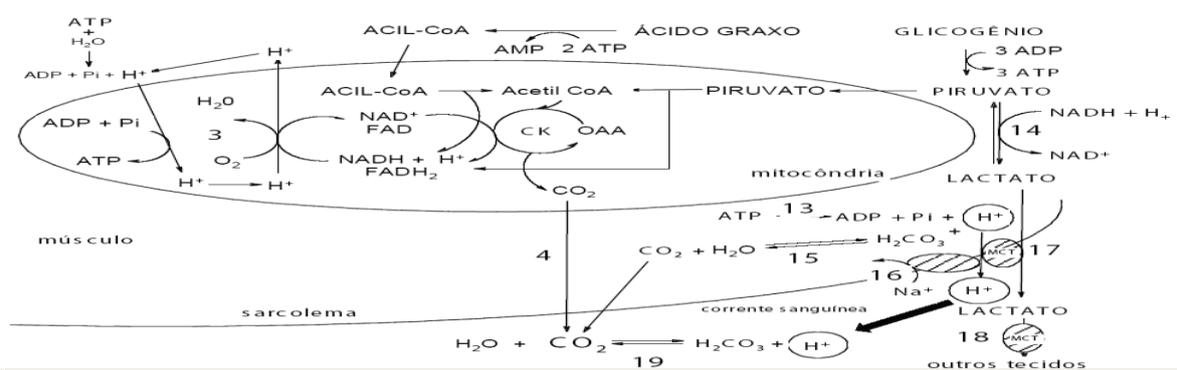


Figura 2 - Panorama metabólico do destino dos gases.

Essa distribuição variada de MCTs permite que o lactato formado na musculatura durante o exercício seja transportado para o sangue, e deste, para outras células, sempre em co-transporte com H^+ , onde é utilizado como fonte de energia ou de glicose (passo 18) (Brooks, 2000; Gladden, 2004 citado por Lourenço e colaboradores, 2007).

Na figura 2 podemos observar o panorama metabólico do destino dos gases analisados durante um teste de esforço máximo durante o início do exercício incremental (Lourenço e colaboradores, 2007).

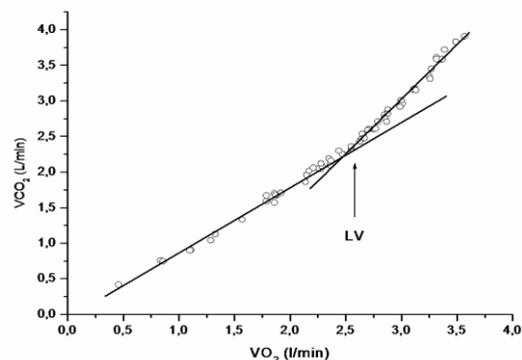


Figura 3 - Ponto de determinação do Limiar Ventilatório

Para solucionar a alteração do pH sanguíneo, fator esse ocorrido pelos H^+ que saem em co-transporte com lactato ou em troca com Na^+ são tamponados no plasma pelo sistema HCO_3^- , principalmente, e pelos tampões extracelulares (proteínas plasmáticas e fosfato) (passo 19) (Lourenço e colaboradores, 2007).

Esta reação, em conjunto com o tamponamento de H^+ intramuscular pelo íon HCO_3^- (passo 15) produzem uma quantidade extra de CO_2 , conhecida como CO_2 não metabólico, que se soma ao CO_2 produzido no ciclo de Krebs pela via aeróbica (passo 4). Esse CO_2 também se difunde para dentro das hemácias, e se transforma em H_2CO_3 , contribuindo para a regeneração do HCO_3^- plasmático (passo 8) (Péronnett e colaboradores, 2006; Cerretelli e colaboradores, 2003).

Este ponto, marcado pelo aumento abrupto na concentração de CO_2 em relação ao consumo de O_2 é chamado de Limiar Ventilatório (LV) ou Limiar 1 (L1).

A figura 2 mostra um método eficiente de detectar este fenômeno, chamado de *V-slope*, que detecta o ponto de início da produção extra de CO_2 pela quebra da linearidade da curva de VCO_2 versus VO_2 . Segundo Meyer e colaboradores (2005) tal fenômeno é atingido em corredores e ciclistas profissionais aproximadamente entre <70% a 75% do VO_{2max} (Lourenço e colaboradores, 2007).

O gráfico 3 determina o ponto do LV (Limiar Ventilatório) (ou L1) através do método *V-Slope* (Relação VCO_2/VO_2). A seta indica a intensidade de exercício onde ocorre a perda da linearidade da reta, indicando o ponto correspondente ao LV (Lourenço e colaboradores, 2007).

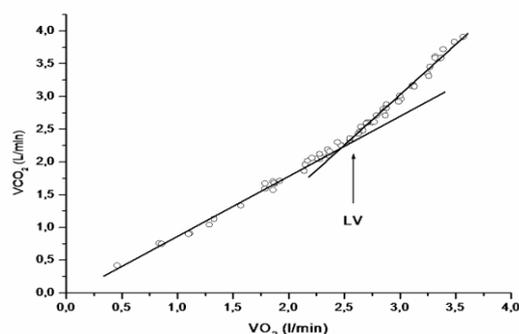


Gráfico 3 - Ponto de determinação do Limiar Ventilatório. (Lourenço e colaboradores, 2007)

Se analisarmos a curva correspondente da relação entre VCO_2/VO_2 podemos perceber que num determinado momento da intensidade do exercício ocorre a perda da linearidade da reta, ou seja, o aumento abrupto da liberação de CO_2 decorrente da produção extra de CO_2 , CO_2 não metabólico, neste instante inicia-se uma mudança no metabolismo utilizado (Gráfico 3). Conforme cita (Jeukendrup e colaboradores, 2005) isso permite a determinação do coeficiente respiratório (QR). Sendo que as determinações desses parâmetros permitem também analisar a taxa de oxidação de carboidratos e lipídeos em diferentes intensidades de esforço (Jeukendrup e colaboradores, 2005).

A partir do LV1 ocorre um aumento súbito na concentração de lactato sanguíneo, que indica o início da contribuição do metabolismo anaeróbico para a manutenção da intensidade do esforço (Lourenço e colaboradores, 2007). Postula-se, no entanto, que o LV1 representaria o funcionamento máximo do metabolismo oxidativo, com uma contribuição menor do metabolismo glicogenolítico (Meyer e colaboradores, 2005).

Ponto de Compensação Respiratório ou Limiar 2 (LV2)

Com o aumento progressivo na intensidade de exercício o metabolismo anaeróbico láctico passa a contribuir cada vez mais para a formação de ATP (Figura 2, passo 14), e a manutenção do pH sanguíneo via tamponamento pelo HCO_3^- e tampões fixos intravasculares começa a entrar em falência (Meyer e colaboradores, 2005; Péronnett e colaboradores, 2006).

A queda do pH sanguíneo é prontamente detectada pelos quimiorreceptores periféricos (corpos aórticos e corpos carotídeos) e centrais, gerando como resposta um aumento na VE pelos centros respiratórios, marcando o início da hiperventilação. (Lourenço e colaboradores, 2007).

É importante ressaltar que a hiperventilação é de fundamental importância para a diminuição da PCO_2 venosa e para o restabelecimento das concentrações de HCO_3^- , com conseqüente aumento do pH plasmático (Meyer e colaboradores, 2004/2005).

Esse ponto pode ser visualizado pela perda da linearidade da curva da VE versus

VCO₂ (Figura 5), sendo conhecido como Ponto de Compensação Respiratória (PCR) ou Limiar 2 (L2) (Meyer e colaboradores, 2004/2005).

De acordo com a revisão este fenômeno é atingido em corredores e ciclistas entre 75% a 85% do VO₂max. (Meyer e colaboradores, 2005).

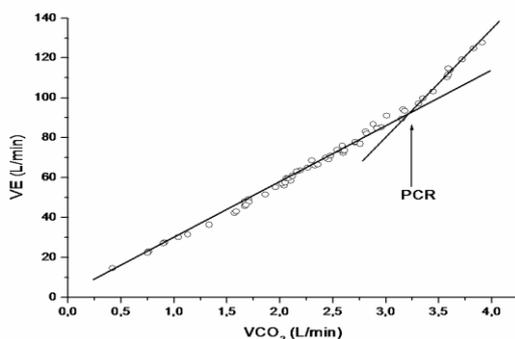


Gráfico 4 - Ponto de determinação do Ponto de Compensação Respiratória (Lourenço e colaboradores, 2007)

No gráfico 4, podemos observar o ponto para determinação do PCR (ou L2) através do método *V-Slope* (Relação VE/VCO₂). A seta indica a intensidade de exercício onde ocorre a perda da linearidade da reta, indicando o ponto correspondente ao PCR (Lourenço e colaboradores, 2007).

Após atingir a velocidade do ponto de compensação respiratória (PCR), o aumento sucessivo da intensidade de exercício leva a um fenômeno chamado VO₂max, caracterizado pela máxima capacidade do organismo em captar, transportar e utilizar o oxigênio. (Lourenço e colaboradores, 2007).

Consumo máximo de O₂ (VO₂max)

Define-se VO₂max quando ocorre um platô (*steady state*) no VO₂ na intensidade máxima do exercício (Hill e colaboradores, 1924 citado por Lourenço e colaboradores, 2007), conforme o gráfico 1. Entretanto, a quantificação do VO₂max é fortemente dependente de ambos, do protocolo de exercício utilizado durante o teste de esforço máximo, (que é a padronização de leis e procedimentos que são dispostos a execução de uma determinada tarefa), e do

condicionamento físico do avaliado (Lourenço e colaboradores, 2007).

Quando não se observa o platô, os valores mensurados de VO₂ são chamados de VO₂pico (Day, 2004). Cabe ressaltar que durante um teste essa resposta, na maioria das vezes, é heterogênea; nem sempre os sujeitos submetidos a um mesmo protocolo de esforço máximo atingem o *steady state* de consumo de O₂ na intensidade máxima do exercício (Day, 2004).

Conforme citação de (Lourenço e colaboradores, 2007) verifica-se a importância do protocolo aplicado na avaliação do teste, para tanto estudaremos a seguir alguns protocolos de esforço máximo utilizados para determinar o VO₂max em atletas de ciclismo. Segundo Tebexreni e colaboradores, (2001), a padronização dos protocolos no teste de esforço máximo visa à comparação de resultados entre indivíduos e num mesmo indivíduo em testes subseqüentes.

Protocolos

O ano de 1956 pode ser considerado um marco na evolução da ergometria pela introdução da esteira rolante e o respectivo "protocolo" para utilização desse novo equipamento por Bruce (Tebexreni e colaboradores, 2001).

O objetivo de todos os protocolos é possibilitar uma resposta sintoma-limitada no intervalo de 6 a 15 minutos de exercício. (Tebexreni e colaboradores, 2001). Todos incluem carga inicial baixa, com progressivo aumento a intervalos regulares e adequada duração de cada estágio e, também, do período de recuperação.

Com o advento da ergoespirometria, vários outros tipos de protocolos foram criados, com finalidade de estudo de pacientes não-coronarianos. Existem, portanto, protocolos específicos conforme o tipo de ergômetro utilizado e o tipo de indivíduo exercitado (Tebexreni e colaboradores, 2001).

A padronização dos protocolos no teste ergométrico visa à comparação de resultados entre indivíduos e num mesmo indivíduo em testes subseqüentes (Tebexreni e colaboradores, 2001). De acordo com Tebexreni, podemos pensar que os resultados obtidos em testes ergométricos, esta relacionado, com a comparação dos resultados entre indivíduos ou com ele

mesmo, não existindo uma preocupação com a característica da competição propriamente dita dentro da metodologia utilizada para avaliar o atleta.

Segundo Faria e colaboradores (2005), o relacionamento entre o desempenho nos testes e o desempenho na competição de ciclismo não foi explorado adequadamente. E então permanece a pergunta, como uma mudança no desempenho de um teste de laboratório no ciclismo traduz em uma mudança no desempenho ou no ajuste do competidor real. E mais, a escolha do cicloergometro para ser usado em testes ou protocolos exige uma séria preocupação.

Para avaliar o atleta de ciclismo dentro de um laboratório existe a necessidade de uma série de equipamentos que nos proporcionaram os dados desejados, além desses equipamentos um protocolo com metodologia deve ser empregado de maneira a obter esses dados e que possam ser reproduzidos posteriormente. Percebendo da importância do uso de um protocolo faremos um estudo observando os vários protocolos existentes e suas metodologias.

Os protocolos mais utilizados são progressivos, isto é, contínuos e com cargas de trabalho crescentes em cada estágio. Estes podem minimizar as diferenças existentes nas capacidades funcionais individuais em decorrência do pouco tempo de exercício (resistência ou "endurance"), tornando-se limitados para uso clínico (Tebexreni e colaboradores, 2001). Percebe-se que a limitação de um determinado protocolo pode ser um ponto de difusão no resultado do teste de $\dot{V}O_2\text{max}$ na avaliação de um atleta, desta forma focaremos nossos esforços buscando comparar os vários tipos de protocolos que podem ser utilizados no esporte do ciclismo.

Alguns testes e protocolos utilizados para avaliar condições cardiorrespiratória fazendo uso de bicicletas estacionárias ou cicloergometro encontrados na literatura científica.

Teste Submáximo de Astrand em Cicloergômetro

Regule-se o cicloergômetro para a carga selecionada (Homens não-condicionados = 50-100 Watts (rotações por min.) ou 300 e 600 kgm. 1/min - Homens condicionados = 100-150 Watts (rotações por

min.) ou 600 e 900 kgm. 1/min (depende se aplicar o máximo ou submáximo) - Mulheres não-condicionadas = 50-75 Watts (rotações por min.) ou 450 e 600 kgm. 1/min - Mulheres condicionadas = 75-100 Watts (rotações por min.) ou 300 e 600 kgm. 1/min) e explicar para o testado sobre manter as pedaladas nas devidas oscilações/min., o testado deve pedalar durante 5-6 min. Com cadência de 50 RPM (Pini e colaboradores, 1992).

Teste máximo de Balke

Inicia-se o teste com uma carga de 25 Watts (sedentários) (ou 0,5 kg ou 150 kgm para uma rotação de 6 metros), indivíduos treinados (50 Watts ou 1,0 kg ou 300 kgm) a cada dois minutos, aumenta-se mais 25 watts, sucessivamente, com cadência de 50 RPM (Pini e colaboradores, 1992).

Teste máximo de Bruce

Este teste se inicia com carga zero Watts; estágios de 3 min.; expresso em L/1/min. Os incrementos de carga devem ser de 25 W para não-atletas e 50 W para atletas (Pini e colaboradores, 1992).

Teste máximo da ACSM

Este teste se inicia com carga zero Watts com velocidade de 60 rpm; estágios múltiplos; expresso em L/1/min. Os incrementos de carga devem ser a cada 2 minutos, com cadência de 60 RPM (Pini e colaboradores, 1992).

Teste Máximo de Astrand e Rodahl

Escolher a carga inicial de acordo com o testado: cardiopatas = 10 watts, mulheres = 25 Watts e homens = 50 Watts. Com tempo entre os estágios de 3 minutos; com resultado expresso em ml/min. Os acréscimos devem ser de 25 Watts, com cadência de 60 RPM (Pini e colaboradores, 1992).

Teste incremental

Os atletas são submetidos a um teste contínuo e incremental, com carga inicial de 105 W e incrementos de 35 W a cada três minutos, até a exaustão voluntária (Denadai e colaboradores, 2004).

Percebe-se que em alguns trabalhos pesquisados o protocolo é adaptado para cada caso, Denadai em um de seus trabalhos proporciona o seguinte protocolo para avaliar ciclistas "os voluntários realizaram um teste de esforço máximo, contínuo e progressivo, em um cicloergômetro mecânico (Monark) para a determinação do LAn com o seguinte protocolo: carga inicial de 80 W, com incrementos de 40 W a cada 3 min. até a exaustão voluntária. Os sujeitos fizeram uso de firma pé e durante a avaliação foi mantida a mesma cadência utilizada no teste de campo (entre 90 e 100 rpm)." (Denadai e Balikian, 1996).

Neder e Stein (2005), efetuaram um teste de rampa onde o período de recuperação é de 4 minutos. A potência de trabalho, (WR) foi aumentado continuamente em um teste padrão linear de "rampa" (10-25 W.min⁻¹ em mulheres e 15-30 W.min⁻¹ em homens).

A taxa do incremento era selecionada individualmente de tal maneira que a duração da rampa (isto é, a duração da fase incremental) era maior que 8 minutos e menor que 14 minutos em todos os avaliados (valores reais que são 11,5 e 12,1 minutos). Os Participantes estavam livres para escolher a cadência, contanto que este não fosse menor de 50 'RPM (Neder e Stein, 2005).

Um estudo realizado por (Denadai e colaboradores 2005), mostra que a cadência passa a ser um fator de preocupação no momento de desenvolver o teste. A cadência de pedalada é uma variável do gesto motor no ciclismo, que sabidamente influencia a performance e diversas respostas fisiológicas ao esforço para uma dada potência gerada (Marsh e colaboradores 1997; Lepers e colaboradores 2001). Uma variável fisiológica que tem sido amplamente analisada em função da cadência é a eficiência (custo energético para uma determinada potência submáxima) (Denadai e colaboradores 2005).

Os estudos têm verificado que para uma mesma variação na cadência, podemos encontrar melhora da eficiência delta (determinada pelo quociente entre variação do gasto energético e variação da potência gerada) e piora na eficiência bruta (gasto energético total para uma determinada potência) (Chavarren e colaboradores 1999).

A cadência preferida por ciclistas (80 a 100rpm) geralmente é próxima daquela de maior eficiência neuromuscular (menor

aplicação de força no pedal e menor fadiga eletromiográfica) e maior eficiência delta.

Porém, esta certamente não é a cadência de melhor eficiência bruta ou a que indica menor gasto energético caso fosse mantida sem resistência externa, sendo que indivíduos não treinados talvez escolham cadências menores, com menor demanda aeróbia para uma dada potência (Lepers e colaboradores 2001).

Outras respostas fisiológicas, como a ventilação pulmonar, o quociente respiratório, a produção de gás carbônico, o recrutamento das fibras musculares e a concentração de lactato sanguíneo ([Lac]sang), parecem depender também da cadência de pedalada e da intensidade escolhida para analisar esta influência (Chavarren e colaboradores, 1999; Foss e colaboradores, 2004).

Deste modo, a cadência escolhida para avaliação, treinamento ou competição, tem potencial interferência sobre as respostas fisiológicas obtidas e a performance propriamente dita (Denadai e colaboradores 2005).

Os protocolos mais utilizados independentemente da finalidade específica é o de ASTRAND para bicicletas, inclusive para avaliação de atletas. Protocolo como de ASTRAND, é considerado protocolo tradicional incremental de acordo com sua metodologia e é um dos protocolos estudado neste artigo.

Os outros protocolos estudados têm sua similaridade com o protocolo de ASTRAND, onde os itens comparados são os mesmos.

Com o desenrolar da pesquisa podemos observar que na maioria dos testes empregados nos artigos estudados e que fizeram uso de protocolos tradicionais incremental, citam algumas características que fazem os protocolos terem certa similaridade com relação à metodologia empregada.

Essas metodologias por sua vez apresentam diferentes valores quando relacionados entre si, esse fato nos leva a pensar no quanto essas diferenças podem afetar no resultado final do teste e conseqüentemente prover erros na predição dos treinamentos.

Estruturamos um quadro com a finalidade de deixar mais claro as variáveis que estes protocolos utilizam em suas metodologias, dessa forma podemos fazer uma análise dos dados obtidos.

No decorrer desse artigo faremos uma comparação dos valores empregados por cada

protocolo, com o objetivo de estabelecer um fator de repetitividade de valores, que nos mostra a não linearidade entre a integridade das metodologias utilizadas, discutiremos a cada item a sua relação com a realidade do atleta do ciclismo e sua ligação com a especificidade do esporte em questão.

O quadro a seguir foi montado com os parâmetros descritos nos artigos científicos

voltados a testes com ciclistas e é um resumo dos protocolos pesquisados onde mostramos as características de cada metodologia empregada que fazem uso de protocolos tradicionais incrementais.

Esses dados nos proporcionam uma visão geral das variáveis utilizadas em cada trabalho de pesquisa e com isso podemos observar a relação existente entre elas.

Quadro 1 - Resumo dos protocolos utilizados em testes laboratoriais em ciclistas

	Nome Protocolo	Potência inicial (W)	Incremento (W)	Cadência (RPM)	Tempo estágio (minutos)	Tempo total teste (minutos)	Referência
01	Teste Submáximo de Astrand em Cicloergômetro	50	50	50	ND	5-6	(Pini, Carnaval e Filho, 1992)
02	Teste máximo de Balke	50	25	50	2	ND	(Pini, Carnaval e Filho, 1992)
03	Teste máximo de Bruce	0	50	ND	3	ND	(Pini, Carnaval e Filho, 1992)
04	Teste máximo da ACSM	0		60	2	ND	(Pini, Carnaval e Filho, 1992)
05	Teste Máximo de Astrand e Rodahl	50	25	60	3	ND	(Pini, Carnaval e Filho, 1992)
06	Teste incremental DENADAI	105	35		3	ND	(Denadai e colaboradores 2004)
07	Protocolo de Rampa	80	40	90 e 100	3	ND	(Denadai e Balikian, 1996).
08	Protocolo de Rampa	15	15-30	>50	1	14	(Neder e Stein, 2005)

* ND (Não Divulgado no artigo)

Em todos os testes mostrado no quadro 1, nenhum deles foi feito na própria bicicleta do atleta. Fatores como carga inicial, carga de incremento, cadência e tempo entre estágios, são fatores dos quais não percebemos devida preocupação por parte dos pesquisadores em possibilitar o atleta se colocar o mais próximo possível de sua especificidade.

A importância do princípio da especificidade para a prescrição e controle dos efeitos do treinamento, tem sido amplamente demonstrado, principalmente quando se avaliam atletas altamente treinados (Denadai 2000).

Com base nessa citação que nossas preocupações se concentraram na forma de se avaliar atletas em testes laboratoriais fazendo uso de protocolos que não atendem a especificidade do esporte em questão, como por exemplo: o uso de cicloergômetros que

possuem muitas diferenças com a bicicleta de competição.

Potencialmente, estas diferenças podem interferir no resultado da avaliação do ciclista, já que o princípio da especificidade não estaria totalmente atendida.

Vamos fazer uma análise considerando a quantidade de vezes que os valores se repetem em relação a cada item usados nos protocolos.

Quadro 2 – Distribuição do número de repetições na utilização da potencia inicial nos protocolos analisados

Potencia inicial (W)	0	15	50	80	105
Quantidade de vezes usadas	2	1	3	1	1

Item 1 – Potência inicial: Podemos verificar que apenas três dos protocolos analisados utilizaram como carga inicial 50W, que 2 utilizaram 0W de carga inicial e o restante utilizaram cargas diferentes entre si nos valores de 15W, 80W e 105W, conforme (Quadro 2).

Item 2 – Incremento de carga: Foi observado que dois utilizam 50W, 2 utilizam 25W e o restante utilizam valores diferentes entre si, de 35, 40 e de 15 a 30W, conforme (Quadro 3).

Quadro 3 – Distribuição do número de repetições na utilização da potencia de incremento de carga nos protocolos analisados

Incremento de Carga (W)	15 - 30	25	35	40	50	Não Divulgado
Quantidade vezes usadas	1	2	1	1	2	1

Item 3 – Cadência: Com relação a cadência a mesma proporção foi observado que dois utilizam como cadência fixa 50 RPM, outros 2 60 RPM e o restante optaram por 90 e 100 RPM, acima de 50 RPM e N.D. (não definido) conforme (Quadro 4).

Quadro 4 – Distribuição do número de repetições na utilização cadência nos protocolos analisados

Cadência (RPM)	50	60	90 e 100	Não Divulgado	Acima 50
Qtd vezes usadas	2	2	1	2	1

A cadência é um fator bastante discutido em testes laboratoriais, pois sabemos que o protocolo de ASTRAND foi desenvolvido para avaliar cardiopatias onde as maiorias dos pacientes eram sedentários ou com pouca atividade física e esse fato levou Astrand a trabalhar com cadências baixas 50 ou 60 RPM, Denadai e colaboradores (2005), enfatizam esse argumento em seus estudos referentes a alterações fisiologias de acordo com a cadência.

Item 4 – Tempo do estagio: O tempo de estagio para o incremento de carga fica dividido da seguinte maneira 4 dos casos utilizam 3 minutos, 2 utilizam 2 minutos e outros 2 que individualmente usam 1 minuto e o outro não define (ND) conforme (Quadro 5).

Lourenço e colaboradores (2007), cita em sua pesquisa voltada para corredores que valores de estágios menores que 25 segundos, não reflete todo o metabolismo muscular e estágios maiores ou igual a 1 minuto podem ter a presença do platô no VO₂ e VCO₂, o que atrapalha na detecção dos limiares, além de "forçar" incrementos de carga muito grandes, e tornar o teste muito longo. Para Lourenço, valor entre 25 segundos e 1 minuto pode ser um ponto de partida para se iniciar um estudo onde a carga de incremento para esses valores deve ser menor.

Quadro 5 – Distribuição do número de repetições na utilização tempo dos estágios nos protocolos analisados

Tempo de estagio (minuto)	1	2	3	Não Divulgado
Quantidade de vezes usadas	1	2	4	1

Item 5 – Tempo do teste: O tempo total do teste que é fator primordial com a relação das reservas energéticas para manter a potencia de pedalada fica dividido da seguinte maneira: 6 dos protocolos estudados não conseguem definir o tempo total dos testes os outros 2 restantes definiram entre 5 a 6 minutos e o outro em 14 minutos, conforme (Quadro 6).

Quadro 6 – Distribuição do número de repetições na utilização tempo do teste nos protocolos analisados

Tempo teste (minuto)	5 - 6	14	Não Divulgado
Qtd vezes usadas	1	1	6

De acordo com os dados desta análise podemos perceber que não existe um dado que seja significativo ou representativo na sua repetição do uso, a não ser o tempo do teste onde 6 dos protocolos analisados não conseguiram definir o tempo total.

Fisiologicamente esse é um assunto muito relevante, pois sabemos que quanto maior o tempo sob atividade intensa mais se depreda substratos energéticos que nos possibilita colocar o máximo de nossa potencia para efetivar o teste (Lourenço e colaboradores, 2007).

Desta maneira podemos pensar que o intervalo de incremento de carga passa a ser fator primordial a fim de conseguirmos que o

atleta testado chegue a sua potencia máxima sem se exaurir precocemente.

Esses fatores nos fazem perceber que esses protocolos estão distantes da validade ecológica do atleta, dessa maneira podemos usar a citação de Tebexreni e colaboradores (2001), no intuito de validar nossos conceitos a respeito desses protocolos quando usados para atleta. Tebexreni comenta que protocolo de ASTRAND surgiu para avaliar cardiopatias e esse é um dos motivos a repensar seu uso em atletas de ciclismo (Tebexreni e colaboradores, 2001).

Observamos que a metodologias dos protocolos analisados, na maioria dos casos não tem relação com a especificidade do esporte, muito menos com as características de prova.

O uso de bicicletas ergométricas que não se aproxima da bicicleta do atleta, esse fato coloca o atleta numa postura muito diferente da realidade da competição.

Podemos perceber que não se considera tempo de aquecimento, pois as cargas são elevadas no tempo dos estágios.

Outro fator e a relação com a cadência usada nos atletas em treinos e provas, o estudo revelou que a cadência preferida entre os atletas de ciclismo esta entre 80 a 100 RPM, na maioria dos protocolos estudados, esses valores se encontra menor que 80 RPM.

Existe uma variação muito grande entre os protocolos estudados com relação ao tempo de incremento de carga e a carga utilizada, o fator fisiológico que ocorre na adaptação ao esforço pode não estar sendo levado em consideração, dessa maneira percebemos que existem metodologias que utilizam até 3 minutos de tempo de incremento de carga com 50 W a cada estágio, se pensarmos que atletas de elite podem chegar a uma potencia de 450 W a 500W, podemos ter um teste onde o tempo total se prolongue até próximo dos 30 minutos, onde muito provavelmente o atleta se esgote prematuramente, pois seus substratos energéticos se depreparão no decorrer desse tempo.

Todos esses aspectos desvinculam o teste da realidade da competição e esse fato pode alterar completamente os valores finais e o resultado do teste.

CONCLUSÃO

Através do estudo realizado, podemos concluir que a relação entre testes laboratoriais que utilizam protocolos tradicionais incrementais e a especificidade do ciclismo de competição esta muito distante da especificidade do esporte em questão.

Infelizmente, ainda hoje é muito comum a utilização em atletas de protocolos tradicionais incrementais que preconizam cadências baixas, tempo prolongado entre estágios, ao longo do teste para mensuração do $\dot{V}O_2\max$. Embora os resultados obtidos por tais testes permitam a avaliação do sistema cardiovascular do sujeito, não fornecem informações práticas para os preparadores físicos.

Com relação aos testes de esforço máximo apresentados e discutidos na literatura, destacam a variedade de tipos de carga inicial, incremento de carga, tempos de estágio, e cadência o que nos faz pensar que estas variáveis podem interferir no resultado final dos teste.

REFERÊNCIAS

- 1- Alvares, A.J.; Rodopoulos, P.; Dolghi, S.M. Desenvolvimento de uma Célula Flexível de Manufatura para Fabricação de Quadros de Bicicleta. Anais XIV COBEM, Bauru, 1997. (Apresentação de Trabalho).
- 2- Cerretelli, P.; Samaja, M. Acid-base balance at exercise in normoxia and in chronic hypoxia. Revisiting the "lactate paradox". *Eur J Appl Physiol*. Vol. 90. 2003. p. 431-448.
- 3- Coast, J.R.; Welch, H.G. Linear increase in optimal pedaling rate with increased power output in cycle ergometry. *Eur J Appl Physiol*, Vol. 53. 1985. p. 339-344.
- 4- Coyle, E.F.; Coggan, A.R.; Hopper, M.K.; Walters, T.J. Determinants of endurance in well-trained cyclists. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 64. 1988. p. 2622-2630.
- 5- Day, J.R.; Rossiter, H.B.; Coats, E.M.; Skasick, A.; Whipp, B.J. The maximally attainable $\dot{V}O_2$ during exercise in humans: the peak vs. maximum issue. *J Appl Physiol*, Vol. 95. 2003. p. 1901-1907.

- 6- Denadai, B.S.; Balakian, P.J. Relação entre limiar anaeróbio e performance no short triathlon. *Rev. Paul. Educ. Fís.* Vol. 9. 1995. p. 10-15.
- 7- Denadai, B.S.; Balakian, P.J. Aplicações Do Limiar Anaeróbio Determinado Em Teste De Campo Para O Ciclismo: Comparação Com Valores Obtidos Em Laboratório*. *Motriz*, Vol. 2. Num. 1. 1996. p. 20-32.
- 8- Denadai, B.S. Índices fisiológicos de avaliação aeróbia: conceitos e aplicações. Ribeirão Preto: BSD, 1999.
- 9- Denadai, B.S. Avaliação aeróbia: consumo máximo de oxigênio ou resposta do lactato sanguíneo?. Rio Claro: Motrix. p. 401- 404. 2000.
- 10- Denadai, B.S.; Ortiz, M.J.; Mello, M.T. Índices fisiológicos associados com a "performance" aeróbia em corredores de "endurance": efeitos da duração da prova. *Rev Bras Med Esporte*. Vol. 10. Num. 5. 2004. p. 401-404.
- 11- Faria, E.W.; Parker, D.L.; Faria, I.E, The Science of Cycling Physiology and Training – Part 1 *Sports Med*. Vol. 35. Num. 4. 2005. p. 285-312.
- 12- Fox, E.L.; Bowers, R.W.; Foss, M.L. Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos. Guanabara Koogan, 4ª edição. 1991.
- 13- Gregor, R.J. Biomechanics of cycling. *apend Gerret, W.E. & Kirkendal, D.T. Exercise and Sport Science*. 2000.
- 14- Hunter, G.; Demment, R.; Miller, D. Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance. *J. Sports Med*. Vol. 27. 1987. p. 269-275.
- 15- Jeukendrup, A.E.; Wallis, G.A. Measurement of substrate oxidation during exercise by means of gas exchange measurements. *Int J Sports Med*. Vol. 26. 2005. p. 28-37.
- 16- Lepers, R.; Millet, G.; Maffioletti, N.; Hausswirth, C.; Brisswalter, J. Effect of pedaling rates on physiological response during endurance cycling. *Eur J Appl Physiol*. Vol. 85. 2001. p. 392-395.
- 17- Lourenço, T.F.; Tessutti, L.S.; Martins, L.E.B.; Brenzikofer, R.; Macedo, D.V. Interpretação metabólica dos parâmetros ventilatórios obtidos durante um teste de esforço máximo e sua aplicabilidade no esporte. *Revista Bras. Cinean. Desempenho Humano*. Vol. 9. Num. 3. 2007. p. 310-317.
- 18- Marsh, A.; Martin, P. Effect of cycling experience, aerobic power, and power output on preferred and most economical cycling cadences. *Med Sci Sports Exerc*. Vol. 29. 1997. p. 1225-1232.
- 19- Meyer, T.; Lucia, A.; Earnest, C.P.; Kinderman, W. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from sub maximal parameters – theory and application. *Int J Spots Med*. Vol. 26. 2005. p. 1-11.
- 20- Neder, J.A.; Stein, R. A Simplified Strategy for the Estimation. of the Exercise Ventilatory Thresholds, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2005.
- 21- Péronnet, F.; Aguilaniu, B. Lactic acid buffering, non metabolic CO₂ and exercise hyperventilation: A critical reappraisal. *Resp Physiol & Neurobiol*. Vol. 150. 2006. p. 184-186.
- 22- Pini, M.C. *Fisiologia Esportiva – Guanabara Koogan 2ª edição*. 1992.
- 23- Robergs, R.A.; Ghiasvand, F.; Parker, D. Biochemistry of exercise –induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. Vol. 287. 2004. p. 502-516.
- 24- Tebexreni, A.S.; Lima, E.V.; Tambeiro, V.L.; Barros Neto, T. L. *Protocolos Tradicionais Em Ergometria, Suas Aplicações Práticas “Versus” Protocolo de Rampa*. *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo*, Vol. 11. Num. 3. 2001.
- 25- Town, G.P. *Triathlon - Treinamento e Competição/ Trad. de Ewandro Magalhães Júnior, Brasília-DF, Editora Universidade de Brasília*, 1988.

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbpex.com.br

26- Wasserman, K. Dyspnea on exertion: Is the heart or the lungs? JAMA. Vol. 248. Num.16. 1982. p. 2039-2043.

27- Winter, D.A. Biomechanics & motor control of human movement Lavoisier, p. 253-321. 1990.

Recebido para publicação em 07/12/2009

Aceito em 15/07/2009