

**VALIDADE DO FUNCTIONAL THRESHOLD POWER (FTP) EM PREDIZER
O SEGUNDO LIMIAR METABÓLICO DE CICLISTAS TREINADOS**

Matheus Amaro da Silva¹, Emily Sofia Tonon¹, Vinícius Rodrigues Scaler¹
 Robert Ranieri Garcia¹, Cássio José Silva Almeida^{1,2}, Mateus Moraes Domingos¹

RESUMO

Introdução: O Functional Threshold Power (FTP) consiste na maior potência sustentada por um ciclista durante um período de 60 minutos. Na tentativa de tornar mais prática a determinação do FTP tem sido sugerido o teste de contrarrelógio de 20 minutos, no qual o FTP corresponde a 95% da potência média dos 20 minutos. O FTP é indicado como um teste prático e não invasivo para predizer o segundo limiar de lactato (LL2) e o segundo limiar ventilatório (LV2). **Objetivo:** verificar a validade do teste de FTP de 20 minutos em predizer a potência e a frequência cardíaca (FC) do LL2 e do LV2 de ciclistas treinados. **Materiais e métodos:** Participaram da pesquisa 7 homens treinados com idade média de $29,9 \pm 3,1$ anos e VO₂máx estimado de $58,7 \pm 4,1$ ml/kg/min. Inicialmente os voluntários realizaram um teste incremental com potência inicial de 60 watts e incrementos de 40 watts a cada 2 minutos até a exaustão para determinação do LL2 e do LV2. Posteriormente, os voluntários foram submetidos ao teste de FTP de 20 minutos. Aprovado pelo comitê de ética e pesquisa do UNIFAE, CAAE 74881323.5.0000.5382. **Resultados:** A potência do FTP foi de $258 \pm 25,9$ watts, do LL2 foi de $260 \pm 32,7$ watts e do LV2 foi de $254 \pm 27,6$ watts, sem diferenças significativas entre FTP, LL2 e LV2. Houve correlação muito forte entre a potência do FTP e a do LL2 ($r = 0,98$), forte entre FTP e LV2 ($r = 0,86$) e entre LL2 e LV2 ($r = 0,88$). A FC do teste de FTP foi de $166 \pm 4,6$ bpm, do LL2 foi de $163 \pm 5,5$ bpm e do LV2 foi de $162 \pm 5,6$ bpm, sem diferenças significativas entre FTP, LL2 e LV2. **Conclusão:** O protocolo de FTP de 20 minutos demonstrou ser válido em predizer a potência e a FC associadas ao LL2 e ao LV2.

Palavras-chave: Ciclismo. Limiar funcional de potência. Limiar de lactato. Limiar ventilatório.

1 - Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino-UNIFAE, São João da Boa Vista, São Paulo, Brasil.

2 - Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, Campinas, São Paulo, Brasil.

ABSTRACT

Validity of functional threshold power (FTP) in predicting the second metabolic threshold of trained cyclists

Introduction: Functional Threshold Power (FTP) consists of the highest power sustained by a cyclist during a period of 60 minutes. In an attempt to make determining FTP more practical, a 20-minute time trial test has been suggested, in which FTP corresponds to 95% of the average power over 20 minutes. FTP is indicated as a practical and non-invasive test to predict the second lactate threshold (LT2) and the second ventilatory threshold (VT2). **Objective:** to verify the validity of the 20-minute FTP test in predicting the power and heart rate (HR) of LT2 and VT2 of trained cyclists. **Materials and methods:** Seven trained men with a mean age of 29.9 ± 3.1 years and an estimated VO₂max of 58.7 ± 4.1 ml/kg/min participated in the study. Initially, the volunteers performed an incremental test with an initial power of 60 watts and increments of 40 watts every 2 minutes until exhaustion to determine LT2 and VT2. Subsequently, the volunteers underwent the 20-minute FTP test. Approved by the UNIFAE ethics and research committee, CAAE 74881323.5.0000.5382. **Results:** FTP power was 258 ± 25.9 watts, LT2 power was 260 ± 32.7 watts, and VT2 power was 254 ± 27.6 watts, with no significant differences between FTP, LT2, and VT2. There was a very strong correlation between FTP and LT2 power ($r = 0.98$), strong correlation between FTP and VT2 ($r = 0.86$) and between LT2 and VT2 ($r = 0.88$). The HR of the FTP test was 166 ± 4.6 bpm, of LT2 it was 163 ± 5.5 bpm and of VT2 it was 162 ± 5.6 bpm, with no significant differences between FTP, LT2 and VT2. **Conclusion:** The 20-minute FTP protocol demonstrated to be valid in predicting the power and HR associated with LT2 and VT2.

Key words: Cycling. Functional power threshold. Lactate threshold. Ventilatory threshold.

INTRODUÇÃO

O Functional Threshold Power (FTP) na tradução para o português, Limiar Funcional de Potência é um teste relativamente novo que surgiu no ano de 2003 (Coggan, 2003), definido como a maior produção de potência que um ciclista pode sustentar em um 'estado quase estável' sem fatigar por aproximadamente 1 hora. Quando a intensidade do esforço excede o FTP, a fadiga ocorrerá precocemente, enquanto a potência logo abaixo do FTP poderá ser mantida consideravelmente por um período mais longo (Allen e Coggan, 2010).

Segundo Borszcz e colaboradores (2018), o FTP é um teste prático para predizer a Máxima Fase Estável de Lactato Sanguíneo (MFEL) a partir de testes de desempenho contrarrelógios de 8, 20 ou 60 minutos (FTP 8, 20 e 60, respectivamente), onde supostamente o FTP representa 90, 95 e 100% da potência média de cada contrarrelógio, respectivamente, sendo o mais utilizado o contrarrelógio de 20 minutos (FTP20min) (Allen, Coggan, 2010; Carmichael, Rutberg, 2009).

A MFEL é definida como a maior intensidade de exercício na qual ocorre o equilíbrio entre produção e remoção do lactato sanguíneo durante um esforço prolongado, ou seja, a maior intensidade de exercício que pode ser mantida ao longo do tempo sem acúmulo contínuo de lactato, sendo o teste padrão ouro para a determinação da capacidade aeróbica, e além disso, representa uma medida quantitativa da resposta da concentração sanguínea de lactato (lactacidemia) frente ao exercício (Beneke, 2003; Beneke, Leithäuser, Ochentel, 2011; Faude, Kindermann, Meyer, 2009; Heck, Beneke, 2008).

Atualmente o teste padrão ouro para determinação da MFEL consiste em uma série de testes de 30 minutos (entre 3 a 5) realizados em diferentes dias. A intensidade da MFEL é considerada como a maior intensidade onde a lactacidemia não excede o delta de 1 mmol/l durante os 20 minutos finais do teste (Beneke, Hutler, Leithäuser, 2000; Beneke, 2003).

Assim, um dos grandes problemas na identificação da MFEL tem sido a grande demanda de visitas a um laboratório, bem como, os procedimentos invasivos, inviabilizando essa metodologia a um grande número de treinadores e atletas.

É de interesse de pesquisadores, treinadores e atletas possuir parâmetros

confiáveis e práticos para prescrição e acompanhamento dos efeitos do treinamento.

A prescrição da intensidade de esforço geralmente é baseada em zonas de esforço geradas a partir dos limiares de transição fisiológica (LTF), tais como os limiares de lactato 1 e 2 (LL1 e LL2) ou limiares ventilatórios 1 e 2 (LV1 e LV2) ou a partir de percentuais de variáveis máximas, tais como a potência onde se atinge o consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx) (Mann, Lamberts, Lambert, 2013).

Além disso, os LTF e o VO_2 máx são utilizados como marcadores para detecção dos efeitos de treinamento. Porém, provas simuladas de contrarrelógio onde o ciclista percorre a maior distância possível em determinado tempo, ou determinada distância no menor tempo possível, parecem ser medidas mais confiáveis para demonstrar os efeitos do treinamento (Hopkins, Schabert, Hawley, 2001), além de se aproximarem mais da realidade das provas oficiais (Reilly, Morris, Whyte, 2009).

Os LTF podem ser determinados por diferentes parâmetros fisiológicos, tais como: lactacidemia, parâmetros ventilatórios, dosagens hormonais, atividade eletromiográfica, entre outros. Uma das principais características dos LTF é a correlação existente entre os LTF determinados por diferentes parâmetros fisiológicos e sua correlação com a MFEL (Dickhuth e colaboradores, 1999).

Embora os testes fisiológicos laboratoriais (MFEL, LL e LV) possam determinar uma série de parâmetros para fornecer informações confiáveis e significativas para treinadores e ciclistas, eles podem ser invasivos, caros e exigir conhecimento ou instalações especializadas.

Como tal, os testes baseados em campo para quantificar a capacidade máxima de resistência dos ciclistas podem fornecer uma alternativa preferível e podem ser conduzidos usando medidores de potência portáteis disponíveis comercialmente.

Avaliações não invasivas, exigindo apenas dados mecânicos do próprio equipamento pode ser uma opção atraente de teste substituto aos laboratoriais (Jeffries e colaboradores, 2021; Swensen e colaboradores, 1999).

Uma série de artigos recentes examinou o FTP relatando concordância entre FTP, LTF e VO_2 máx (Borszcz e colaboradores,

2018; Valenzuela e colaboradores, 2018; Nimmerichter e colaboradores, 2010; Borszcz e colaboradores, 2019; Morgan e colaboradores, 2018; Denham e colaboradores, 2020).

No entanto, segundo Jeffries e colaboradores (2021), o FTP não é equivalente a parâmetros de lactato em ciclistas treinados, e de acordo com Valenzuela e colaboradores (2018), deve-se ter cautela ao usar o FTP de forma intercambiável com o LL, pois o viés entre os marcadores parece depender do estado de aptidão do atleta. Enquanto FTP fornece uma boa estimativa de LL em ciclistas treinados, em ciclistas recreativos, pode subestimar o LL.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi de verificar a validade do teste de FTP de 20 minutos em predizer a potência e a frequência cardíaca do LL2 e do LV2 de ciclistas treinados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostra

Participaram da presente pesquisa sete voluntários do sexo masculino praticantes de ciclismo de estrada ou ciclismo Mountain Bike (MTB) há mais de três anos de forma regular, com idade média de $29,9 \pm 3,1$ anos, peso corporal médio de $71,3 \pm 3$ kg e VO_2 máx estimado de $58,7 \pm 4,1$ ml/kg/min moradores da cidade de Casa Branca-SP.

O estudo foi realizado somente após a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) pelos participantes e aprovação pelo comitê de ética e pesquisa do Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino - UNIFAE, CAAE 74881323.5.0000.5382.

Critérios de inclusão

Para que os voluntários pudessem ingressar no estudo, os seguintes critérios tinham que ser satisfeitos:

Voluntários do sexo masculino com idade entre 18 e 35 anos.

Praticantes de ciclismo de estrada ou ciclismo Mountain Bike (MTB) a no mínimo 3 anos de forma regular.

Ausência de lesões musculoesqueléticas nos últimos três meses anteriores a da data de início da pesquisa.

Capazes de compreender a natureza e o objetivo do estudo, inclusive os seus riscos que foram informados no TCLE.

Critérios de exclusão

Participantes fora da faixa de idade.

Participantes com histórico de lesões musculoesqueléticas nos últimos três meses anteriores a data de início da pesquisa.

Participantes que forem impedidos por médicos ou com contraindicações a prática de testes de esforço.

O participante que possua qualquer condição que o impeça de participar da pesquisa segundo julgamento dos pesquisadores.

Desenho experimental – Procedimentos para coleta de dados

Os voluntários foram recrutados e selecionados a partir dos critérios de inclusão e exclusão ao estudo e receberam o TCLE para leitura e assinatura de forma presencial. Para testar a validade concorrente entre FTP, o segundo limiar de lactato e o segundo limiar ventilatório, inicialmente, os voluntários (ciclistas) realizaram um teste incremental de esforço físico máximo para a determinação dos limiares de lactato (limiar de lactato 1 e 2 - LL1 e LL2) e determinação dos limiares ventilatórios (limiar ventilatório 1 e 2 - LV1 e LV2). Os ciclistas realizaram o teste de FTP de 20 minutos para avaliar a potência e a frequência cardíaca relacionada ao FTP após um intervalo de no mínimo 48 horas e no máximo de 96 horas após a realização do teste incremental.

Os testes foram realizados com a bicicleta pessoal do voluntário que foi colocada no smart rolo de treino inteligente (Drivo - ELITE®). Este dispositivo possui um freio de resistência eletromagnética e um sensor de potência que transmite dados via antena ou Bluetooth para o aplicativo ou software interativo My E Training (ELITE®). O smart rolo (Drivo – ELITE®) tem uma precisão de 99% na medição da potência em watts.

O desenho experimental da pesquisa está apresentado na figura 1 e foi aprovada pelo comitê de ética e pesquisa do UNIFAE, CAAE 74881323.5.0000.5382.

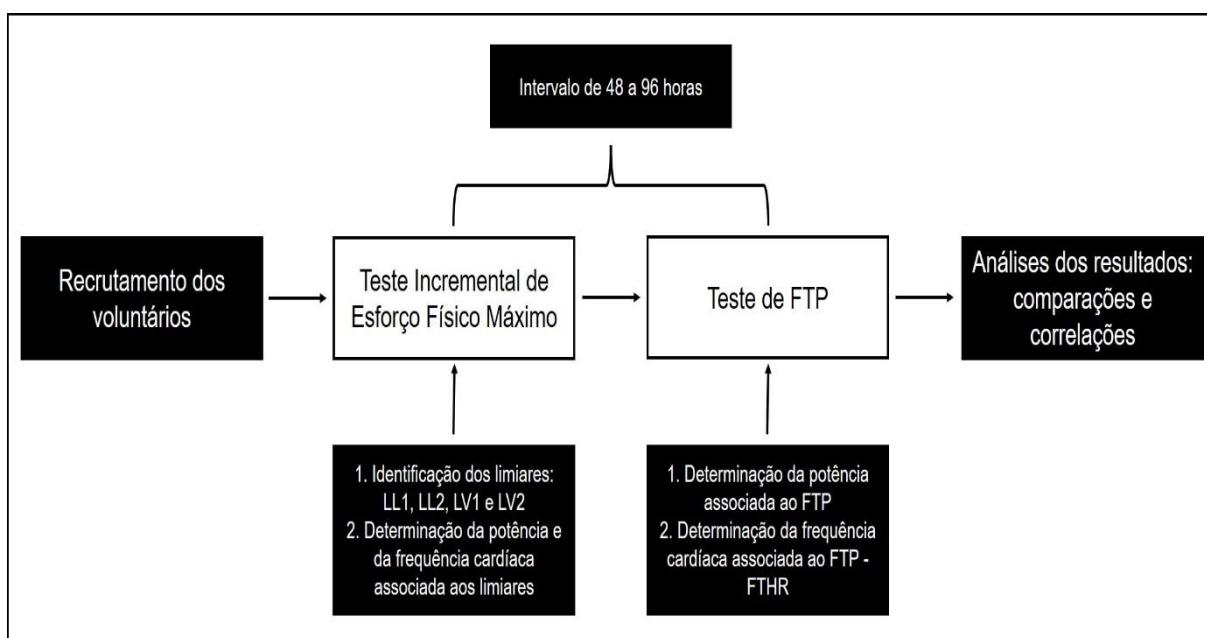


Figura 1 - Desenho experimental da pesquisa. LL1 e LL2 = limiar de lactato 1 e 2; LV1 e LV 2 = limiar ventilatório 1 e 2; FTP = limiar funcional de potência; FTHR = limiar funcional de frequência cardíaca.

Teste incremental de esforço físico máximo

O teste incremental de esforço físico máximo foi iniciado com potência de 60 watts e incrementos de 40 watts a cada dois minutos até a exaustão voluntária. Durante todo o teste foram mensuradas continuamente a frequência cardíaca e a ventilação por meio do ventilômetro portátil (Fitcheck®). Ao final de cada estágio foi coletada amostra de sangue capilar no lóbulo da orelha para dosagem da concentração sanguínea de lactato. A lactacidemia foi determinada por um lactímetro portátil (Accutrend Plus - Roche®).

A potência onde ocorreu o primeiro ponto de inflexão das curvas de lactacidemia e ventilação foi usada para identificar o Limiar de Lactato 1 (LL1) e o Limiar Ventilatório 1 (LV1), respectivamente.

Da mesma forma, o Limiar de Lactato 2 (LL2) e o Limiar Ventilatório 2 (LV2) foram determinados pela potência onde ocorre o segundo ponto de inflexão dessas curvas. Todos esses limiares (LL1, LL2, LV1 e LV2) foram identificados tanto por modelos matemáticos de regressão linear quanto por inspeção visual dos gráficos por pesquisadores experientes.

A potência máxima (Pmáx) foi determinada como a carga (watts) correspondente ao último estágio concluído pelo voluntário durante o teste incremental. Se

o último estágio não foi completado, a Pmáx foi determinada conforme Kuipers e colaboradores (1985):

$$P_{\text{máx}} = C_c + (t / 120 * 60)$$

Sendo que: Cc é a última carga completada (watts), t é o tempo registrado na carga incompleta (s), 120 é a duração dos estágios em segundos e 60 é o valor do incremento em watts.

Teste Limiar Funcional de Potência (FTP)

O teste de FTP de 20 minutos seguiu o protocolo original proposto por Allen e Coggan (2010), na sequência:

Aquecimento (45 minutos):

20 min em baixa intensidade auto selecionada;
3 esforços de 1 min com cadência > 100 RPM com intervalos de 1 min;

5 min em baixa intensidade auto selecionada;
5 min de esforço máximo (contrarrelógio);

10 min em baixa intensidade auto selecionada.

Parte principal (20 minutos):

Teste 20 minutos de contrarrelógio.

Volta à calma (15 minutos):

15 min em baixa intensidade auto selecionada.

Durante todo o teste foram registrados os valores de potência e cadência, bem como

os ciclistas utilizaram cintas torácicas para registro da frequência cardíaca (FC).

Durante o teste as informações das variáveis a serem analisadas foram ocultadas dos sujeitos, afim de evitar a influência na estratégia de pacing durante a execução do teste, apenas a informação de tempo foi informada ao ciclista. Os atletas puderam se hidratar durante o teste conforme sua necessidade. Foi permitido apenas o consumo de água durante o teste.

O FTP foi determinado como 95% da potência média do contrarrelógio de 20 minutos e o limiar funcional de frequência cardíaca (FTHR) ou FC do FTP também foi determinado como 95% da FC média do contrarrelógio de 20 minutos.

Análise Estatística

Para análise estatística foram utilizados o programa Microsoft Excel e o software SPSS

Tabela 1 - Valores individuais, médias e desvios padrões da potência do FTP, do LL2 e do LV2.

Voluntários	Teste FTP 20min Potência (Watts)	Limiar de Lactato 2 Potência (Watts)	Limiar Ventilatório2 Potência (Watts)
1	285	300	300
2	265	260	260
3	222	220	220
4	290	300	260
5	255	260	260
6	228	220	220
7	262	260	260
MÉDIA	258	260	254
DP	25,9	32,7	27,6

FTP = Limiar funcional de potência; LL2 = Limiar de lactato 2; LV2 Limiar ventilatório 2; DP = Desvio padrão.

Na tabela 2 é apresentado os valores de P para as comparações das potências FTP x LL2, FTP x LV2 e LL2 x LV2. Não houve

Statistics 22.0. Os resultados obtidos foram apresentados através das médias \pm DP. As comparações foram efetuadas através do teste T de Student para comparações entre as médias e testes de correlações foram realizados entre FTP, LL2 e LV2. As diferenças foram consideradas significativas para $p < 0,05$.

RESULTADOS

Potência

Na tabela 1 é apresentado os valores individuais, as médias e os desvios-padrões da potência em watts referente ao FTP, ao LL2 e ao LV2. A média e o desvio padrão da potência do FTP foi de $258 \pm 25,9$ watts, do LL2 foi de $260 \pm 32,7$ watts e do LV2 foi de $254 \pm 27,6$ watts.

diferença significativa ($p > 0,05$) em nenhuma comparação.

Tabela 2 - Valores p para as comparações entre a potência do FTP, do LL2 e do LV2.

	Teste FTP 20min	Limiar de Lactato 2	Limiar Ventilatório2
Teste FTP 20min	----	0,579	0,487
Limiar de Lactato 2	----	----	0,355

FTP = Limiar funcional de potência; LL2 = Limiar de lactato 2; LV2 Limiar ventilatório 2.

Na tabela 3 é apresentado o valor do coeficiente r da correlação de Pearson entre a potência do FTP e a potência do LL2, $r = 0,98$ correlação muito forte, entre a potência do FTP

e a potência do LV2, $r = 0,86$ correlação forte e entre a potência do LL2 e a potência LV2, $r = 0,88$ correlação forte.

Tabela 3 - Coeficiente r da correlação de Pearson entre a potência do FTP, do LL2 e do LV2.

	Teste FTP 20min	Limiar de Lactato 2	Limiar Ventilatório 2
Teste FTP 20min	----	0,98	0,86
Limiar de Lactato 2	----	----	0,88

FTP = Limiar funcional de potência; LL2 = Limiar de lactato 2; LV2 Limiar ventilatório 2.

Frequência cardíaca

Na tabela 4 é apresentado os valores individuais, as médias e os desvios-padrões da frequência cardíaca (FC) em batimentos por

minuto (bpm) referente ao FTP, ao LL2 e ao LV2. A média e o desvio padrão da FC do FTP foi de $166 \pm 4,6$ bpm, do LL2 foi de $163 \pm 5,5$ bpm e do LV2 foi de $162 \pm 5,6$ bpm.

Tabela 4 - Valores individuais, médias e desvios padrões da frequência cardíaca do FTP, do LL2 e do LV2.

Voluntários	Teste FTP 20min	Limiar de Lactato 2	Limiar Ventilatório2
	FC (bpm)	FC (bpm)	FC (bpm)
1	160	162	162
2	165	158	158
3	163	159	159
4	170	166	158
5	172	174	174
6	161	160	160
7	168	162	162
MÉDIA	166	163	162
DP	4,6	5,5	5,6

FTP = Limiar funcional de potência; LL2 = Limiar de lactato 2; LV2 Limiar ventilatório 2; DP = Desvio padrão.

Na tabela 5 é apresentado os valores de p para as comparações das frequências cardíacas FTP x LL2, FTP x LV2 e LL2 x LV2.

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) em nenhuma comparação.

Tabela 5 - Valores P para as comparações entre a frequência cardíaca do FTP, do LL2 e do LV2.

	Teste FTP 20min	Limiar de Lactato 2	Limiar Ventilatório2
Teste FTP 20min	----	0,111	0,103
Limiar de Lactato 2	----	----	0,355

FTP = Limiar funcional de potência; LL2 = Limiar de lactato 2; LV2 Limiar ventilatório 2.

Na tabela 6 é apresentado o valor do coeficiente r da correlação de Pearson entre a frequência cardíaca do FTP e a frequência cardíaca do LL2, $r = 0,75$ correlação forte, entre a frequência cardíaca do FTP e a frequência

cardíaca do LV2, $r = 0,51$ correlação moderada e entre a frequência cardíaca do LL2 e a frequência cardíaca LV2, $r = 0,85$ correlação forte.

Tabela 6 - Coeficiente r da correlação de Pearson entre a frequência cardíaca do FTP, do LL2 e do LV2.

	Teste FTP 20min	Limiar de Lactato 2	Limiar Ventilatório 2
Teste FTP 20min	----	0,75	0,51
Limiar de Lactato 2	----	----	0,85

FTP = Limiar funcional de potência; LL2 = Limiar de lactato 2; LV2 Limiar ventilatório 2.

DISCUSSÃO

No presente estudo observou-se correlação dos resultados de potência e de frequência cardíaca entre o FTP, o LL2 e o LV2 sem diferenças significativas entre as médias de potência e de frequência cardíaca do FTP, do LL2 e do LV2. Estes resultados sugerem que o FTP obtido através de um teste de contrarrelógio de 20 minutos pode ser uma medida confiável para estimar a potência e a frequência cardíaca do segundo limiar fisiológico de ciclistas treinados, sem a necessidade de métodos invasivos e complexos. Resultados que apresentam grande relevância, pois, reforça a eficiência do teste de FTP de 20 minutos como um método acessível para avaliação de desempenho, estabelecimento de zonas de treino e monitoramento de treinamento em ambientes que não possuem acesso a equipamentos laboratoriais.

Essa consistência sugere que o FTP pode ser uma alternativa prática e não invasiva para avaliar a capacidade aeróbia, conforme destacado por Impellizzeri e Marcra (2009).

Além disso, medir o FTP utilizando medidores de potência portáteis, conforme Passfield e colaboradores (2017), pode simplificar a prescrição de treinos, evitando procedimentos onerosos e complexos.

Neste sentido, Allen e Coggan (2010), destacam que o desempenho é um ótimo preditor para futuros desempenhos, enfatizando a importância do teste de FTP.

O FTP é muito utilizado entre treinadores e ciclistas do mundo todo como uma maneira de mensurar o esforço submáximo, e estudos prévios também

encontraram uma forte correlação entre o FTP e os limiares fisiológicos em diferentes ciclistas.

Segundo Jobson e colaboradores (2010), reportaram que a determinação do FTP pode ser um substituto viável para o limiar de lactato, especialmente considerando o uso de medidores de potência portáteis, que são mais acessíveis e aplicáveis em campo, fora de ambientes laboratoriais.

Esses dispositivos oferecem uma medição precisa da potência em tempo real, permitindo que os atletas e treinadores acompanhem o desempenho de forma mais eficaz e ajustem o treinamento de acordo com as necessidades individuais de cada ciclista (Passfield e colaboradores, 2017).

Uma série de artigos recentes examinou o FTP relatando concordância entre FTP e limiar anaeróbio individual (Borszcz e colaboradores, 2018), FTP e limiar de lactato identificado pelo método Dmáx (Valenzuela e colaboradores, 2018), FTP e limiar de lactato por inspeção visual (Nimmerichter e colaboradores, 2010), FTP e MFE (Borszcz e colaboradores, 2019), FTP e potência crítica (Morgan e colaboradores, 2018) e FTP e VO₂ máx (Denham e colaboradores, 2020).

No entanto, segundo Jeffries e colaboradores (2019), o FTP não é equivalente a parâmetros de lactato em ciclistas treinados, e de acordo com Valenzuela e colaboradores (2018), deve-se ter cautela ao usar o FTP de forma intercambiável com o LL, pois o viés entre os marcadores parece depender do estado de aptidão do atleta. Enquanto FTP fornece uma boa estimativa de LL em ciclistas treinados, em ciclistas recreativos, pode subestimar o LL.

Estudos similares reforçam a confiabilidade do FTP como uma medida prática para a prescrição de zonas de treinamento.

Mann, Lamberts e Lambert (2013), enfatizam que o FTP se correlaciona bem com o desempenho de ciclistas em competições, oferecendo uma estimativa precisa do ponto em que o ciclista atinge um equilíbrio entre produção e remoção de lactato, crucial para esforços de longa duração.

Além disso, trabalhos como os de Allen e Coggan (2010), reforçam a utilização do FTP na determinação das zonas de treinamento, mostrando resultados comparáveis aos obtidos através de métodos invasivos.

Os resultados obtidos nos estudos de Borszcz e colaboradores (2019) e Valenzuela e colaboradores (2018), revelam similaridades em relação à validade do FTP como medida e alternativa de limiar fisiológico. No presente estudo, a potência média do FTP foi de $258 \pm 25,9$ watts, muito próxima à potência média associada ao LL2 de $260 \pm 32,7$ watts e a do LV2 de $254 \pm 27,6$ watts, sem diferenças significativas.

Esses resultados reforçam a validade do FTP como um substituto para o LL2 e LV2 em ciclistas treinados, uma conclusão que está em linha com o estudo de Valenzuela e colaboradores (2018), que também encontrou uma correlação muito forte ($r=0,88$) entre o FTP e os limiares fisiológicos. Esses achados indicam que o FTP é um indicador confiável do LL2 que está correlacionado com a MFEL, reforçando a utilidade desse parâmetro para a prescrição de zonas de treinamento em ambientes práticos.

Dessa forma, o presente estudo reforça a equivalência do FTP com os limiares fisiológicos, especialmente o LL2, sugerindo que o FTP é um método viável para o monitoramento e prescrição do treinamento para ciclistas treinados. Isso é particularmente relevante considerando que o método tradicional de identificação do LL2 ou do LV2 exige procedimentos laboratoriais mais caros e longos.

No entanto, é essencial reconhecer as limitações do estudo que podem limitar e restringir as conclusões, tais como: o tamanho da amostra limitada a apenas sete ciclistas e a especificidade dos voluntários, ciclistas treinados. Estudos futuros poderiam incluir amostras maiores e mais diversificadas em relação ao status de condicionamento físico.

CONCLUSÃO

O presente estudo investigou a validade do teste de FTP de 20 minutos como uma medida não invasiva e prática para determinar a potência e a FC do LL2 e do LV2 que são correlacionados com a MFEL.

Os resultados obtidos demonstraram não haver diferenças significativas entre a potência e a frequência cardíaca do FTP, com a do LL2 e com a do LV2, e correlações fortes também foram observadas entre essas variáveis.

Esses achados sugerem que o teste de FTP de 20 minutos pode ser uma ferramenta eficaz e prática para a avaliação, prescrição, monitoramento e acompanhamento do treinamento de ciclismo.

Sendo assim, conclui-se que o teste de FTP de 20 minutos demonstrou ser válido em predizer a potência e a FC associadas ao LL2 e ao LV2 de ciclistas treinados.

Assim, ciclistas treinados podem utilizar o FTP para monitorar mudanças no desempenho, bem como, monitorar a carga de treinamento.

REFERÊNCIAS

- 1-Allen, H.; Coggan, A. Training and racing with a power meter. Ed. 2. VeloPress. 2010. p. 288.
- 2-Beneke, R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. European Journal of Applied Physiology. Vol. 88. Num. 4. 2003. p. 361-369.
- 3-Beneke, R.; Leithäuser, R.M.; Ochentel, O. Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. International Journal of Sports Physiology and Performance. Vol. 6. Num. 1. 2011. p. 8-24.
- 4-Beneke, R.; Hütler, M.; Leithäuser, R.M. Maximal lactate-steady-state independent of performance. Medicine & Science in Sports & Exercise. Vol. 32. Num. 6. 2000. p. 1135-1139.
- 5-Borszcz F.K.; Tramontin A.F.; Bossi A.H.; Carminatti L.J.; Costa V.P. Functional threshold power in cyclists: Validity of the concept and physiological responses. International Journal of Sports Medicine. Vol. 39. 2018. p. 737-742.

- 6-Borszcz F.K.; Tramontin A.F.; Costa V.P. Is the functional threshold power interchangeable with the maximal lactate steady state in trained cyclists? *International Journal of Sports Physiology and Performance*. Vol. 24. 2019. p. 1-21.
- 7-Carmichael, C.; Rutberg, J. The time-crunched cyclist: Fit, fast, and powerful in 6 hours a week. *VeloPress*. 2009. p. 272.
- 8-Coggan, A.R. Training and racing using a power meter: An introduction. USA. Colorado Springs. 2003. p. 123.
- 9-Denham J.; Scott-Hamilton J.; Hagstrom A.D.; Gray A.J. Cycling power outputs predict functional threshold power and maximum oxygen uptake. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 34. Num. 12. 2020. p. 3489-3497.
- 10-Dickhuth, H.H.; Yin L.; Niess, A. Ventilatory, lactate-derived and catecholamine thresholds during incremental treadmill running: Relationship and reproducibility. *International Journal of Sports Medicine*. Vol. 20. 1999. p. 122-127.
- 11-Faude, O.; Kindermann, W.; Meyer, T. Lactate threshold concepts: How valid are they? *Sports Medicine*. Vol. 39. Num. 6. 2009. p. 469-490.
- 12-Heck, H.; Beneke, R. 30 years of lactate thresholds - what remains to be done? *Deutsche Zeitschrift Für Sportmedizin*. Vol. 59. Num. 12. 2008. p. 297-302.
- 13-Hopkins, W.G.; Schabot, E.J.; Hawley, J.A. Reliability of power in physical performance tests. *Sports Medicine*. Vol. 31. Num. 3. 2001. p. 211-234.
- 14-Impellizzeri, F.M.; Marcora, S.M. Test validation in sport physiology: Lessons learned from clinimetrics. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. Vol. 4. Num. 2. 2009. p. 269-277.
- 15-Jeffries, O.; Simmons, R.; Patterson, S.D.; Waldron, M. Functional threshold power is not equivalent to lactate parameters in trained cyclists. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 35. Num. 10. 2021. p. 2790-2794.
- 16-Jobson, S.A.; Passfield, L.; Atkinson, G.; Barton, G.; Scarf, P. The analysis and utilisation of cycling training data. *Sports Medicine*. Vol. 39. Num. 10. 2010. p. 833-844.
- 17-Mann, T.; Lamberts, R.P.; Lambert, M.I. Methods of prescribing relative exercise intensity: Physiological and practical considerations. *Sports Medicine*. Vol. 43. Num. 7. 2013. p. 613-625.
- 18-Morgan P.T.; Black M.I.; Bailey S.J.; Jones A.M.; Vanhatalo A. Road cycle TT performance: Relationship to the power-duration model and association with FTP. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 37. Num. 8. 2019. p. 902-910.
- 19-Nimmerichter, A.; Williams, C.; Bachl, N.; Eston R. Evaluation of a field test to assess performance in elite cyclists. *International Journal of Sports Medicine*. Vol. 31. Num. 3. 2010. p. 160-166.
- 20-Passfield, L.; Hopker, J.G.; Jobson, S.; Friel, D.; Zabala, M. Knowledge is power: Issues of measuring training and performance in cycling. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 35. Num. 14. 2017. p. 1426-1434.
- 21-Reilly, T.; Morris, T.; Whyte, G. The specificity of training prescription and physiological assessment: A review. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 27. Num. 6. 2009. p. 575-589.
- 22-Swensen, T.C.; Harnish, C.R.; Beitman, L.; Keller, B.A. Noninvasive estimation of the maximal lactate steady state in trained cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 31. Num. 5. 1999. p. 742-746.
- 23-Valenzuela, P.L.; Morales, J.S.; Foster, C.; Lucia, A.; de La Villa, P. Is the functional threshold power (FTP) a valid surrogate of the lactate threshold? *International Journal of Sports Physiology and Performance*. Vol. 13. Num. 10. 2018. p. 1293-1298.

E-mail dos autores:
 matheus.silva@sou.fae.br
 emily.tonon@sou.fae.br
 rodriguesv333@gmail.com
 robert.garcia@prof.fae.br
 cassio.almeida@prof.fae.br
 mateus.domingos@prof.fae.br

Autor correspondente:
Mateus Moraes Domingos.
mateus.domingos@prof.fae.br

Recebido para publicação em 25/03/2025
Aceito em 12/06/2025