

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

Vanderson Luis Moro

**AVALIAÇÃO DA TÉCNICA DE PEDALADA DE CICLISTAS
EM DIFERENTES ALTURAS DO SELIM**

**Florianópolis - SC
2012**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

Vanderson Luis Moro

**AVALIAÇÃO DA TÉCNICA DE PEDALADA DE CICLISTAS
EM DIFERENTES ALTURAS DO SELIM**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Renato Pereira Moro

Co-orientador: Prof. Dr. Fernando Diefenthaler

**Florianópolis - SC
2012**

VANDERSON LUIS MORO

**AVALIAÇÃO DA TÉCNICA DE PEDALADA DE CICLISTAS
EM DIFERENTES ALTURAS DO SELIM**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de mestre em Educação Física.

Florianópolis, 29 de Fevereiro de 2012.

MESTRE EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Área de concentração: Cineantropometria e Desempenho Humano

Prof. Dr. Fernando Diefenthaler
Coordenador de Pós-Graduação em Educação Física

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Antonio Renato Pereira Moro – UFSC (Presidente/Orientador)



Prof. Dr. Fernando Diefenthaler – UFSC (Titular/Co-Orientador)



Prof. Dr. Rodrigo Ríco Bfmi – AUT - New Zealand (Titular)

AGRADECIMENTOS

Mais uma etapa acadêmica é finalizada. Muitos foram os amigos que me apoiaram ao longo desta etapa. Por isso, gostaria de agradecer as pessoas que ajudaram ao longo destes dois anos.

Aos meus pais, **Aldomiro** e **Maria Inês**, e aos meus irmãos, **Vagner** e **Anderson**, pela sustentação e apoio para alcançar as minhas metas.

A minha namorada **Ana**, que sempre me deu força, me incentivando nos momentos mais difíceis.

Ao professor e amigo **Antonio Renato Pereira Moro**, pela orientação técnica e pela oportunidade de crescimento profissional.

Ao professor e amigo **Fernando Diefenthaler**, pela orientação técnica, aprofundamento científico e enorme apoio ao longo de todo o mestrado.

Aos professores **Saray G. Santos**, **John P. Nasser**, **Cíntia R. Freitas** e **Luis Guilherme A. Guglielmo** pelo convívio, amizade e contribuição na dissertação.

Aos grandes amigos do BIOMEC, **Rodrigo**, **Juliano**, **Lauriano**, **Daniele**, **Diogo**, **Jonathan**, **Tatiane**, **Aline**, **Adriana**, **Gustavo**, **Camila**, **Jader**, **Luis Antonio**, **Joscelito**, **Bruno Moura**, **Bruno Costa**, **Jean**, **Eliane**, **Roberta**, **Fábio** e do LAEF, **Naiandra**, **Fábio**, **Ricardo**, **Vitor**, **Fábia**, **Lucas**, **Anderson**, **Juliano**, **Carminati**, **Jolmerson**, **Ortiz**, **Thiago**, **Rosi** pela ajuda durante estes dois anos e, principalmente, pela amizade.

Aos **atletas** que formaram o grupo de estudo. Sem a colaboração deles a realização deste estudo não seria possível.

Por fim, agradeço todas as pessoas que me ajudaram direta ou indiretamente na conclusão de mais esta etapa acadêmica.

A todos, muito obrigado!

Agradecimentos por apoio financeiro



Universidade Federal de Santa Catarina e Programa de pós-graduação em Educação Física, pelo ensino gratuito.



Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de estudos concedida a mim durante todo o curso de Mestrado.



Laboratório de Biomecânica da UFSC, pelo apoio aos projetos de pesquisa em Biomecânica e pelo apoio técnico na coleta dos dados.

LAEF – Laboratório de Esforço Físico da UFSC, pelo apoio aos projetos de pesquisa em Biomecânica e Fisiologia e pela disponibilidade de equipamentos e do espaço físico para as coletas de dados.

RESUMO

MORO, Vanderson Luis. **Avaliação da técnica de pedalada de ciclistas e triatletas em diferentes alturas do selim**. 2012. 87f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

Introdução: A biomecânica do ciclismo estuda os fatores ambientais e os fatores mecânicos internos e externos que podem afetar o desempenho dos ciclistas. A altura do selim é um dos fatores mecânicos externos que podem afetar a técnica da pedalada. **Objetivo:** Avaliar a influência das diferentes alturas do selim na ativação muscular dos músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF), bíceps femoral (BF) e gastrocnêmio lateral (GL), na força efetiva produtora (Fe_{prod}) e na força efetiva contraprodutora (Fe_{cprod}) de ciclistas e triatletas competitivos. **Método:** Participaram deste estudo 12 atletas, sendo cinco ciclistas e sete triatletas. Na primeira visita ao laboratório foram mensuradas as características antropométricas (massa corporal, estatura e dobras cutâneas) e realizado um teste progressivo máximo em cicloergômetro para verificar o consumo máximo de oxigênio, concentração de lactato e a potência produzida. Nas três visitas subsequentes foram realizados dois testes de carga constante (domínio pesado) e o teste de Wingate. No primeiro teste, a posição do selim estava na altura de referência (posição do selim utilizada pelos atletas em treinamentos e competições). A posição de referência do selim foi alterada verticalmente (para cima e para baixo) em 2,5% da altura da sínfise púbica até o solo nas outras duas etapas. A ativação muscular do VL, RF, BF e GL do membro inferior direito e as forças aplicadas no pedal (Fe_{prod} e Fe_{cprod}) de ambos os membros inferiores foram mensuradas durante todos os testes. A estatística consistiu do teste t de *Student* para amostras pareadas, coeficiente de correlação intraclasse e ANOVA para medidas repetidas, completada pelo testes *post-hoc* de *Tukey* (HSD) (*GraphPad Prism*® 4.0. e *SPSS* versão 15.0 for Windows). Os resultados de todas as análises foram considerados significativos quando $p \leq 0,05$. **Resultados:** 1) Testes de carga constante: A correlação intraclasse mostrou valores de repetibilidade moderado a excelente (entre 0,50 e 1,0) para a maioria das variáveis investigadas. Em geral, não houve alterações significativas da Fe_{prod} e Fe_{cprod} , ângulos do pedivela onde ocorreram os picos das Fe_{prod} e Fe_{cprod} e ativação muscular do VL, RF, BF e GL entre as posições do selim. 2) Teste de Wingate: A

potência pico absoluta e a potência pico relativa foram maiores nas posições do selim alta e baixa em relação a posição do selim de referência. Em geral, a Fe_{prod} e a Fe_{cprod} , os ângulos do pedivela onde ocorreram os picos das Fe_{prod} e Fe_{cprod} e a ativação muscular do VL, RF, BF e GL não apresentaram diferença entre as posições do selim. Houve um acréscimo da Fe_{prod} , seguida por um decréscimo da cadência e dos ângulos do pedivela onde ocorreram os picos da Fe_{prod} e Fe_{cprod} (apenas membro inferior dominante) durante o teste de Wingate. O membro inferior dominante dos atletas produziu mais Fe_{prod} do que o membro inferior não-dominante, independente da altura do selim investigada (referência, baixa e alta). **Conclusão:** Os dados sugerem que alterações de 2,5% na altura do selim em ciclistas e triatletas competitivos não resultam em grandes mudanças na técnica de pedalada.

Palavras-Chave: Ciclismo, Desempenho, Força Efetiva Producente, Força Efetiva Contraproducente, Atividade Muscular.

ABSTRACT

MORO, Vanderson Luis. **Assessment of the pedaling technique of cyclists and triathletes at different saddle heights.** 2012. 87f. Dissertation (Master in Physical Education) - Program of Post-Graduate in Physical Education of the Federal University of Santa Catarina, Florianopolis, 2012.

Introduction: The biomechanics of cycling studies environmental, internal mechanical and external mechanical factors which can affect the performance of cyclists. The saddle height is one of the external mechanical factors that may affect pedaling technique. **Objective:** The aim of this study was to assess the influence of different saddle heights in muscle activation of the vastus lateralis (VL), rectus femoris (RF), biceps femoris (BF) and gastrocnemius lateralis (GL), positive effective force (PEF) and negative effective force (NEF) of amateur cyclists and triathletes. **Method:** 12 competitive athletes (5 cyclists and 7 triathletes) participated in this study. On the first visit to the laboratory was measured body mass, height, skinfold thickness and performed a progressive cycle ergometer test to determine maximal oxygen uptake, blood lactate concentration and power output. In three subsequent visits the cyclists and triathletes were performed two constant-load cycling tests (heavy domain) and 30-second Wingate test. In the first test, the saddle position was in reference height (saddle position used by athletes in training and competition). The reference saddle position has changed vertically (upward and downward) in 2.5% of the symphysis pubis to ground the other two steps. Muscle activation of VL, RF, BF, and GL of right lower limb and the forces applied on the pedal (EF and IF) of both lower limbs were measured during all tests. Paired Student's t test, intraclass correlation coefficient and ANOVA for repeated measures supplemented by the Tukey post hoc test were used in this study (GraphPad Prism® 4.0. and SPSS version 15.0 for Windows). The results of all tests were considered significant when $p \leq 0.05$. **Results:** 1) Constant-load cycling tests: The intraclass correlation values showed moderate to excellent (0.50 to 1.0) for most of the variables investigated. In general, no significant changes in PEF, NEF, crank angles at peaks in PEF and NEF, and muscular activation of the VL, RF, BF and GL between saddle positions. 2) 30-second Wingate test: The absolute and relative peak power were higher in the high and low saddle positions compared to the reference saddle position. In general, PEF,

NEF, crank angles at peaks of PEF and NEF, and muscular activation of the VL, RF, BF and GL showed no difference between saddle positions. There was an increment of PEF, followed by a decrease in cadence and crank angles at peaks of PEF and NEF (only dominant lower limb) during the 30-second Wingate test. The dominant lower limb of the athletes produced more PEF than the lower limb non-dominant, regardless of saddle height investigated (reference, low and high). **Conclusion:** Our results suggest that changes of 2.5% in saddle height for amateur cyclists and triathletes no result in large changes in the pedaling technique.

Keywords: Cycling, Performance, Positive Effective Force, Negative Effective Force, Muscle Activity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fases de propulsão e recuperação de um ciclo completo da pedalada no ciclismo.....	25
Figura 2. Ilustração das forças utilizadas na análise biomecânica da pedalada.....	27
Figura 3. Métodos de ajuste da altura do selim baseados em porcentagens do comprimento dos membros inferiores. (A) altura da tuberosidade do ísquio até o solo; (B) altura do trocânter até o solo; (C) altura da sínfise púbica até o solo.....	30
Figura 4. Altura do selim baseado no método calcanhar-pedal (A) e ângulo relativo do joelho (B).....	30
Figura 5. Modelo de avaliação empregado para avaliar a flexibilidade dos atletas.....	42
Figura 6. Medidas utilizadas para assegurar o mesmo posicionamento da bicicleta durante todas as etapas.....	43
Figura 7. Modificações da altura do selim a partir da normalização da distância da sínfise púbica até o solo.....	45
Figura 8. Sequência, intensidade e duração dos testes de carga constante e do teste de Wingate.....	
Figura 9. Média e desvio-padrão do pico das forças efetiva produtora e contraprodutora nas três posições de referência (Ref), baixa e alta do selim, dos membros inferiores (dominante e não-dominante) em intervalos de 1 min durante os testes de carga constante (teste e re-teste).	53
Figura 10. Média e desvio-padrão da cadência média nas alturas do selim de referência (Ref), baixa e alta em intervalos de 1 min durante os testes de carga constante (teste e re-teste).....	54
Figura 11. Média e desvio-padrão dos valores de RMS normalizado pelos 5 s iniciais do teste de Wingate dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral em intervalos de 1 min durante os testes de carga constante (teste e re-teste).....	57
Figura 12. Média e desvio-padrão da potência média relativa nas três posições de referência (Ref), baixa e alta do selim em cada intervalo de cinco segundos durante o teste de Wingate.....	60
Figura 13. Média e desvio-padrão do índice de fadiga (IF) nas três posições de referência (Ref), baixa e alta do selim em cada intervalo de cinco segundos durante o teste de Wingate.....	60
Figura 14. Média e desvio-padrão do pico da força efetiva produtora nas três posições de referência (Ref), baixa e alta do selim, dos membros inferiores (dominante e não-dominante) em	64

intervalos de cinco segundos durante o teste de Wingate.....	
Figura 15. Média e desvio-padrão do pico de força efetiva contraproducente nas três posições de referência (Ref), baixa e alta do selim, dos membros inferiores (dominante e não-dominante) em intervalos de cinco segundos durante o teste de Wingate.....	65
Figura 16. Média e desvio-padrão do ângulo do pedivela no pico de força efetiva produtora ($F_{e_{prod}}$) nas três posições de referência (Ref), baixa e alta do selim, dos membros inferiores (dominante e não-dominante) em intervalos de cinco segundos durante o teste de Wingate.....	66
Figura 17. Média e desvio-padrão do ângulo do pedivela no pico de força efetiva contraproducente nas três posições de referência (Ref), baixa e alta do selim, dos membros inferiores (dominante e não-dominante) em intervalos de cinco segundos durante o teste de Wingate.....	67
Figura 18. Média e desvio-padrão da cadência média nas três posições de referência (Ref), baixa e alta do selim, dos membros inferiores (dominante e não-dominante) em intervalos de cinco segundos durante o teste de Wingate.....	68
Figura 19. Média e desvio-padrão do valor total de RMS normalizado (porcentagem dos cinco segundos iniciais do teste de Wingate) dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral nas posições de referência (Ref), baixa e alta do selim durante o teste de Wingate.....	69

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização do grupo de estudo.....	37
Tabela 2. Média e desvio-padrão do nível de flexibilidade (em graus) do tronco, quadril, joelho e tornozelo dos atletas avaliados.	49
Tabela 3. Média e desvio-padrão da potência máxima, potência no primeiro limiar de lactato (LL1), potência no domínio pesado ($\Delta 50\%$), cadência preferida, frequência cardíaca máxima ($FC_{MÁX}$), consumo de oxigênio (VO_2) no LL1, VO_2 no domínio pesado, consumo máximo de oxigênio ($VO_{2MÁX}$) e concentração de lactato final.....	49
Tabela 4. Média e desvio-padrão do pico total das forças efetiva produtora (Fe_{prod}) e contraprodutora (Fe_{cprod}) e os respectivos ângulos onde os mesmos ocorreram, nas três posições do selim avaliadas (referência, baixa e alta) durante os testes de carga constante.....	50
Tabela 5. Coeficiente de correlação intraclassa (ICC3:1) e significância (p) para a avaliação da concordância dos resultados do pico total das forças efetiva produtora (Fe_{prod}) e contraprodutora (Fe_{cprod}) e ângulos do pedivela, entre os testes de carga constante (teste e re-teste).....	51
Tabela 6. Média e desvio-padrão do valor RMS total (normalizado pelos cinco segundos iniciais do teste de Wingate) dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral nas três posições do selim avaliadas (referência, baixa e alta) durante os testes de carga constante (teste e re-teste).....	55
Tabela 7. Coeficiente de correlação intraclassa (ICC3:1) e significância (p) para a avaliação da concordância dos resultados dos valores de RMS normalizado (porcentagem dos cinco segundos iniciais do teste de Wingate) dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral entre os testes de carga constante (teste e re-teste).....	56
Tabela 8. Média e desvio-padrão da potência de pico, potência de pico relativa, potência média, potência média relativa e índice de fadiga nas três posições do selim avaliadas (referência, alta e baixa) durante o teste de Wingate.....	58
Tabela 9. Média e desvio-padrão dos picos de forças efetiva produtora (Fe_{prod}) e contraprodutora (Fe_{cprod}) e os respectivos ângulos onde os mesmos ocorreram nas três posições do selim avaliadas (referência, baixa e alta) nos membros inferiores	

dominante (DO) e não-dominante (ND) durante o teste de Wingate.....

Tabela 10. Média e desvio-padrão do RMS normalizado (porcentagem dos cinco segundos iniciais do teste de Wingate) dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral nas três posições do selim (referência, baixa e alta) nos intervalos de cinco segundos do teste de Wingate.....

70

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BF	Músculo bíceps femoral
cm	Centímetro
CO ₂	Dióxido de carbono
EMG	Eletromiografia de superfície
FC	Frequência cardíaca
FC _{MÁX}	Frequência cardíaca máxima
Fe _{prod}	Força efetiva produtora
Fe _{cpod}	Força efetiva contraprodutora
GL	Músculo gastrocnêmio lateral
Hz	Hertz
kg	Quilograma
LL1	Primeiro limiar de lactato
m	Metro
N	Newton
RF	Músculo reto femoral
rpm	Rotações por minuto
VL	Músculo vasto lateral
VO ₂	Consumo de oxigênio
VO _{2MÁX}	Consumo máximo de oxigênio
W	Watts
W _{MÁX}	Potência Máxima
2D	Bidimensional
[La]	Concentração de lactato sanguíneo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 Contextualização	17
1.2 Objetivos	20
1.2.1 Objetivo geral.....	20
1.2.2 Objetivos específicos.....	21
1.3 Definição das hipóteses	21
1.4 Justificativa	21
1.5 Definição de termos	22
1.6 Definição de variáveis	22
1.7 Delimitação do estudo.....	23
1.8 Limitações do estudo.....	23
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	25
2.1 Biomecânica do ciclismo	25
2.1.1 Dinamometria.....	26
2.1.2 Eletromiografia (EMG)	28
2.2 Influência da altura do selim no ciclismo.....	29
3 MÉTODO.....	37
3.1 Tipo de estudo	37
3.2 Sujeitos do estudo.....	37
3.3 Critérios de inclusão.....	38
3.4 Critérios de exclusão	38
3.5 Instrumentos de medidas	38
3.6 Procedimentos para coletas de dados	40
3.7 Análise estatística.....	48
4 RESULTADOS.....	50

4.1 Teste de flexibilidade.....	50
4.2 Teste progressivo máximo	50
4.3 Testes de carga constante.....	51
4.3.1 Altura do selim x técnica de pedalada.....	51
4.3.2 Altura do selim x atividade muscular.....	56
4.4 Teste de Wingate.....	60
4.4.1 Altura do selim x desempenho anaeróbio	60
4.4.2 Altura do selim x técnica de pedalada.....	62
4.4.3 Altura do selim x atividade muscular.....	68
5. DISCUSSÃO.....	71
5.1 Testes de carga constante.....	71
5.1.1 Altura do selim x técnica de pedalada.....	71
5.1.2 Altura do selim x ativação muscular	73
5.2 Teste de Wingate.....	76
5.2.1 Altura do selim x desempenho anaeróbio	76
5.2.2 Assimetria x técnica de pedalada	77
5.2.3 Altura do selim x técnica de pedalada.....	78
5.2.4 Altura do selim x atividade muscular.....	82
6. CONCLUSÃO.....	85
7 REFERÊNCIAS.....	86
8. APÊNDICES.....	94

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Estudos envolvendo o ciclismo vêm despertando o interesse de pesquisadores de diversas áreas pela interdisciplinaridade dessa modalidade. O desempenho no ciclismo está atrelado a fatores tecnológicos, fisiológicos e biomecânicos (FARIA; PARKER; FARIA, 2005). A biomecânica do ciclismo tem como objetivo estudar os padrões de movimento e de ativação muscular, as forças envolvidas na pedalada, o arrasto aerodinâmico do complexo ciclista-bicicleta e o posicionamento correto do ciclista na bicicleta (TOO, 1990).

Dentre os diversos fatores relacionados ao posicionamento do ciclista destaca-se a altura do selim. Modificações na altura do selim alteram os ângulos entre os segmentos e, conseqüentemente, as relações força-comprimento e força-velocidade, podendo afetar a técnica da pedalada e o desempenho (DIEFENTHAELER, 2004). Em virtude disso, pesquisas envolvendo ajustes na altura do selim focam suas análises nas mudanças das variáveis biomecânicas durante a pedalada por meio de dinamometria e de eletromiografia (JORGE; HULL, 1986; ERICSON; NISELL, 1988; DIEFENTHAELER et al., 2008a; SANDERSON; AMOROSO, 2009; BINI; TAMBORINDEGUY; MOTA, 2010; BINI; HUME; CROFT, 2011a; CHEN et al., 2011).

A dinamometria no ciclismo é utilizada para quantificar as forças aplicadas no pedal e avaliar a técnica de pedalada. A maioria dos estudos envolvendo a análise das forças utiliza pedais instrumentados bidimensionais, que mensuram as componentes normal e tangencial da força aplicada no pedal (CANDOTTI et al., 2007; BINI; TAMBORINDEGUY ; MOTA, 2010; DOREL et al., 2010). A partir da combinação das componentes normal e tangencial é possível obter a força resultante (força total aplicada pelo ciclista no pedal). Além da força resultante é possível calcular as forças efetiva e inefetiva durante o ciclo da pedalada. A força efetiva é a componente da força aplicada perpendicularmente ao pedivela e representa o quanto da força resultante é transmitida para o movimento (CARPES et al., 2005). A força inefetiva é a componente da força aplicada paralelamente ao pedivela e que não produz torque (GREGOR, 2000).

Além da dinamometria, pesquisadores têm utilizado a eletromiografia (EMG) de superfície para estudar a atividade muscular e a coordenação neuromuscular no ciclismo. Alguns estudos envolvendo o posicionamento do selim empregaram a EMG de superfície para determinar os padrões de ativação eletromiográfica dos músculos envolvidos no gesto da pedalada ou verificar as diferentes estratégias musculares adotadas pelos ciclistas durante a pedalada (DIEFENTHAELER et al., 2008b; SANDERSON; AMOROSO, 2009). Dentre os músculos mais investigados no ciclismo estão o vasto lateral, reto femoral, vasto medial, glúteo máximo, bíceps femoral, semitendíneo, semimembranáceo, gastrocnêmio lateral, gastrocnêmio medial, tibial anterior e sóleo (RAYMOND; JOSEPH; GABRIEL, 2005).

Alguns estudos realizados em intensidades submáximas mostram que a altura do selim não interfere nas forças aplicadas no pedal (ERICSON; NISELL, 1988) e no padrão de recrutamento muscular (CHEN et al., 2011). Ericson e Nisell (1988) avaliando seis ciclistas recreacionais em três diferentes alturas do selim (102%, 113% e 120% da tuberosidade do ísquio até maléolo medial) mostram que as alterações da altura do selim não alteraram a técnica de pedalada (força efetiva e força inefetiva).

Resultados semelhantes foram encontrados por Chen et al. (2011) ao avaliar o valor RMS dos músculos reto femoral e bíceps femoral de 10 homens saudáveis em diferentes alturas do selim (ângulo de flexão do joelho em 10°, 25° e 40°). O valor RMS dos músculos investigados também não apresentou diferenças estatísticas entre as alturas do selim. Em conclusão, os autores afirmam que a altura do selim não altera a atividade muscular dos membros inferiores.

No entanto, a maioria dos estudos realizados em intensidades submáximas mostram que as alterações da altura do selim podem influenciar na cinética (DIEFENTHAELER et al., 2008a; BINI; HUME; CROFT, 2011a) e no padrão de ativação muscular (ERICSON et al., 1985; JORGE; HULL, 1986; DIEFENTHAELER et al., 2008b; SANDERSON; AMOROSO, 2009).

No estudo de Bini, Hume e Croft (2011a) foi avaliada a força efetiva (%) entre as alturas do selim preferida, alta (-10° flexão do joelho da altura preferida), baixa (+10° flexão do joelho da altura preferida) e teoricamente ótima (ângulo do joelho em 25°) em 11 ciclistas e 11 triatletas. Os atletas pedalaram por dois minutos em uma carga normalizada pela massa corporal. Os resultados mostram que não foram encontradas diferenças substanciais entre as alturas do selim para

as forças aplicadas no pedal. Entretanto, foram encontrados valores ligeiramente superiores na altura do selim alta e teoricamente ótima em relação às outras alturas, sendo que o tamanho do efeito dessa mudança foi moderado.

As forças aplicadas no pedal foram avaliadas por Diefenthaler et al. (2008a), nos quais alteraram o selim (1 cm) em quatro diferentes posições (deslocado para cima, para baixo, para frente e para trás), a partir da posição de referência (posição adotada para treinamento pelo ciclista). Os autores realizaram um estudo de caso com um ciclista de estrada de elite com oito anos de experiência. Mesmo sendo realizadas pequenas alterações da posição do selim, os resultados mostram valores distintos do impulso de força efetiva nas cinco posições avaliadas. Os autores ressaltam que a avaliação da técnica de pedalada de ciclistas sob o ponto de vista das forças aplicadas no pedal pode ser aplicado periodicamente e/ou em momentos específicos do treinamento.

O padrão de ativação muscular dos músculos sóleo e gastrocnêmio medial de 13 ciclistas experientes do sexo feminino foram avaliados por Sanderson e Amoroso (2009). Os resultados mostram que a EMG integrada dos músculos sóleo e gastrocnêmio medial apresentaram um decréscimo significativo na posição baixa do selim. Os autores concluíram que houve um maior papel do ângulo da articulação do joelho na determinação da excitação do músculo gastrocnêmio medial, confirmando a importância de ser ajustada a altura do selim adequadamente.

Jorge e Hull (1986) avaliaram a ativação muscular de seis ciclistas. Os autores encontraram um aumento da ativação do quadríceps e isquiotibiais na altura do selim a 95% do comprimento trocantérico em relação a 100%. Resultados semelhantes foram encontrados por Ericson et al. (1985), no quais eles verificaram um aumento da ativação do glúteo médio, semimembranáceo, sóleo e gastrocnêmio medial na altura alta (120% da tuberosidade do ísquio até o solo) em comparação com 102 e 113%.

Diefenthaler et al. (2008b) analisaram o efeito de diferentes posições do selim no padrão de ativação elétrica dos músculos glúteo máximo, reto femoral, bíceps femoral, vasto lateral, gastrocnêmio medial e tibial anterior durante a pedalada em três ciclistas de elite. Os autores encontraram que as principais variações na ativação elétrica dos músculos ocorreram com as alterações do posicionamento do selim para baixo e para frente. Entretanto, não foi encontrado um padrão de ativação eletromiográfica para os três ciclistas avaliados. Os autores concluíram que pequenos ajustes (1 cm) na posição do selim podem

afetar os padrões de ativação elétrica e, provavelmente, a técnica de pedalada.

Outros estudos realizados em intensidade supramáxima (teste de Wingate) mostram que as alterações da posição do selim podem modificar a potência pico e a potência média (PEVELER; POUNDERS; BISHOP, 2007; PEVELER; GREEN, 2011). Apenas um estudo abordou o efeito das alterações do posicionamento do selim na ativação muscular durante o teste de Wingate (RICARD et al., 2006).

Ricard et al. (2006) avaliaram a ativação muscular (vasto lateral, vasto medial, semimembranáceo e bíceps femoral) em diferentes ângulos do tubo do selim (72 e 82°) de 12 triatletas experientes. Os resultados mostram que a ativação muscular do bíceps femoral foi significativamente maior na angulação de 72° comparado com 82°.

Apesar do considerável número de estudos encontrados na literatura, não existe um consenso entre os autores sobre o efeito das alterações da altura do selim na técnica de pedalada (forças aplicadas no pedal e atividade muscular). Além disso, a técnica de pedalada é investigada, na maioria das vezes, por meio de testes submáximos. Considerando que os ciclistas também necessitam de um alto desempenho anaeróbio na parte final das provas (sprints), percebe-se uma lacuna na literatura referente à realização de estudos envolvendo a técnica de pedalada durante testes supramáximos (anaeróbios).

Diante da importância de estudos que analisem a influência de diferentes alturas do selim na técnica de pedalada em ciclistas e/ou triatletas e na tentativa de compreender o padrão técnico de pedalada adotada por ciclistas competitivos durante a realização de testes aeróbios (domínio pesado) e anaeróbios (teste de Wingate), a questão a ser investigada no presente estudo é: a altura do selim influencia na técnica de pedalada (força efetiva e atividade muscular) de ciclistas competitivos?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a influência das diferentes alturas do selim na ativação muscular (vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral) e na força efetiva de ciclistas competitivos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Verificar se a alteração da altura do selim (alta: + 2,5% e baixa: - 2,5%) influencia na resposta da força efetiva de ciclistas competitivos.
- Verificar se a alteração da altura do selim (alta: + 2,5% e baixa: - 2,5%) influencia na atividade muscular do vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral de ciclistas competitivos.

1.3 Definição das hipóteses

H₁: A alteração da altura do selim influencia na resposta da força efetiva em ciclistas competitivos.

H₂: A alteração da altura do selim influencia no padrão de ativação muscular de ciclistas competitivos.

1.4 Justificativa

Para obter um bom desempenho em provas de ciclismo é necessário ter uma ótima interação entre o complexo ciclista-bicicleta e o meio ambiente (BURKE, 2003). Para ocorrer tal interação diversos fatores ambientais e mecânicos (internos e externos) devem ser considerados. Um dos importantes fatores externos estudado no ciclismo é a altura do selim (JORGE; HULL, 1986; ERICSON; NISELL, 1988; PEVELER; POUNDERS; BISHOP, 2007; PEVELER, 2008; DIEFENTHAELER et al., 2008a; 2008b; SANDERSON; AMOROSO, 2009; BINI; TAMBORINDEGUY; MOTA, 2010; PEVELER; GREEN, 2011; BINI; HUME; CROFT, 2011a; CHEN et al., 2011). Isso se deve as inúmeras discussões acerca do posicionamento ideal dos ciclistas na bicicleta visando maximizar o conforto e o desempenho (KLEINPAUL et al., 2010).

LeMond e Gordis (1987) afirmam que a altura do selim muito baixa não permite que os ciclistas estendam completamente o joelho e, conseqüentemente, são incapazes de utilizarem toda a força muscular durante a pedalada. Em contrapartida, a produção de potência na fase de propulsão da pedalada pode ser prejudicada na altura do selim muito alta por causa do sobrecarga nas pernas.

Peveler et al. (2005) ressaltam a importância do ajuste da altura do selim, visto que a altura baixa do selim normalmente está associada à tendinite patelar e dor anterior do joelho. Assim como uma altura muito

alta do selim pode ocasionar tendinite do bíceps femoral e dor posterior do joelho.

Sendo assim, o presente estudo justifica-se pela importância de avaliar a influência das alterações da altura do selim na técnica de pedalada (força efetiva e recrutamento muscular) de ciclistas e triatletas, uma vez que é um ajuste fácil de fazer, não oneroso e que pode ser realizado pelo próprio atleta. Um simples ajuste da altura do selim pode melhorar a técnica, aumentando a eficiência do movimento e, conseqüentemente, melhorando o desempenho do atleta.

Diante da importância de estudos que analisem a influência de diferentes alturas do selim na técnica de pedalada de ciclistas e triatletas, os resultados do presente estudo servirão de base para futuras investigações com o objetivo de avaliar a técnica de pedalada de ciclistas e triatletas em testes de desempenho aeróbio e anaeróbio, bem como será uma ferramenta útil para os treinadores conhecerem a altura do selim em que os atletas apresentam o melhor desempenho.

1.5 Definição de termos

Altura do selim: O ciclista encostado em uma parede, com os pés descalços, as pernas ligeiramente afastadas e segurando um nível de alumínio 12" na posição horizontal (entre-pernas) foi mensurada a altura da sínfise púbica (borda superior do nível) até o solo.

Altura do selim na posição de referência: Posição do selim adotada pelos atletas em treinamentos e competições (DIEFENTHAELER, 2004).

Altura do selim na posição alta: Selim posicionado na altura de 2,5% da altura da sínfise púbica até o solo acima da altura de referência.

Altura do selim na posição baixa: Selim posicionado na altura de 2,5 % da altura da sínfise púbica até o solo abaixo da altura de referência.

1.6 Definição de variáveis

Força efetiva

Conceitual: Componente da força que é aplicada perpendicularmente ao pedivela. Representa o quanto da força resultante aplicada no pedal é transmitida para o movimento (CARPES et al., 2005).

Operacional: Força exercida nos pedais direito e esquerdo e mensurada a cada dois graus do ciclo da pedalada (0-360°) por um pedivela instrumentado com *Strain Gauges* (cicloergômetro *Excalibur Sport*)

durante seis minutos dos dois testes de carga constante ($\Delta 50\%$) e durante 30 s do teste de Wingate.

Força efetiva produtora

Conceitual: Força positiva que é aplicada perpendicularmente ao pedivela.

Operacional: Força positiva exercida nos pedais direito e esquerdo e mensurada a cada dois graus do ciclo da pedalada ($0-360^\circ$) por um pedivela instrumentado com *Strain Gauges* (cicloergômetro *Excalibur Sport*) durante seis minutos dos dois testes de carga constante ($\Delta 50\%$) e durante 30 s do teste de Wingate.

Força efetiva contraproducente

Conceitual: Força negativa que é aplicada perpendicularmente ao pedivela.

Operacional: Força negativa exercida nos pedais direito e esquerdo e mensurada a cada dois graus do ciclo da pedalada ($0-360^\circ$) por um pedivela instrumentado com *Strain Gauges* (cicloergômetro *Excalibur Sport*) durante seis minutos dos dois testes de carga constante ($\Delta 50\%$) e durante 30 s do teste de Wingate.

Ativação muscular

Conceitual: Representa o nível de ativação elétrica do músculo (KONRAD, 2005).

Operacional: Obtida por meio de eletrodos de superfície. Representada pelo valor *Root Mean Square* (RMS), normalizado pelos cinco segundos iniciais do teste de Wingate, durante seis minutos dos dois testes de carga constante ($\Delta 50\%$) e durante 30 s do teste de Wingate.

1.7 Delimitação do estudo

Este estudo delimitou-se a avaliar variáveis cinéticas e eletromiográficas, coletadas em situação de laboratório, em diferentes alturas do selim de ciclistas e triatletas amadores do estado de Santa Catarina que se apresentarem como voluntários.

1.8 Limitações do estudo

As principais limitações do presente estudo foram:

- Os diferentes níveis de experiência no ciclismo dos atletas, podendo ter interferido no padrão técnico da pedalada;
- O pequeno número de ciclistas e triatletas, dificultando o uso de métodos inferenciais para a extrapolação dos resultados.
- A investigação da ativação muscular do membro inferior esquerdo poderia complementar as informações da assimetria durante a pedalada;
- A sincronização da eletromiografia com as forças obtidas pelo cicloergômetro eletromagnético poderia trazer informações importantes sobre a ativação muscular nos picos de força efetiva produtora e contraproducente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, descreve-se a biomecânica do ciclismo (dinamometria e eletromiografia) e a influência da altura do selim no ciclismo a fim de oferecer um melhor suporte teórico ao tema proposto.

2.1 Biomecânica do ciclismo

A crescente investigação dos fatores biomecânicos que podem afetar o desempenho no ciclismo tem se fundamentado por meio da mensuração das forças aplicadas no pedal (dinamometria), do padrão de ativação muscular (eletromiografia), entre outros.

De acordo com Gregor (2000) o padrão de atividade muscular, a cinética e a cinemática durante o ciclismo são descritos, frequentemente, em relação ao ângulo do pedivela. Sendo que a fase de propulsão inicia no ponto morto superior (0°) e vai até o ponto morto inferior (180°) e a fase de recuperação representa o restante do ciclo da pedalada ($180 - 360^\circ$) (Figura 1).

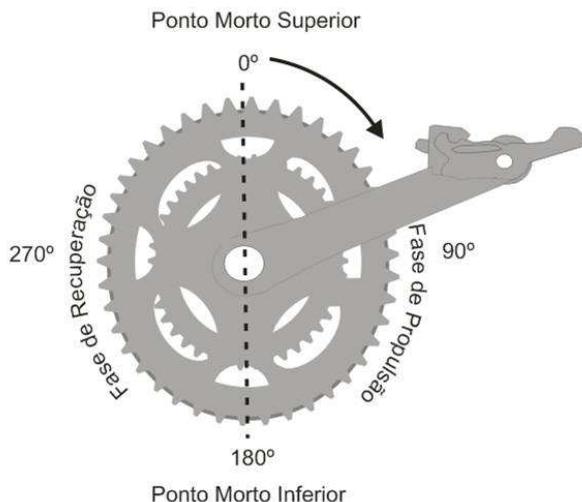


Figura 1. Fases de propulsão e recuperação de um ciclo completo da pedalada no ciclismo. Adaptado de Baum e Li (2003).

A partir da divisão do ciclo de pedalada é possível constatar que na fase de propulsão ocorre o pico da força efetiva produtora (força positiva que é aplicada perpendicularmente ao pedivela), associado ao aumento da ativação muscular dos flexores plantares do tornozelo e dos extensores do quadril e joelho. Em contrapartida, na fase de recuperação ocorre o pico da força efetiva contraproducente (força negativa que é aplicada perpendicularmente ao pedivela), juntamente com a maior ativação muscular dos flexores do quadril, joelho e dorsais do tornozelo (GREGOR, 2000).

Logo abaixo, são descritas as forças envolvidas na pedalada (dinamometria) e os principais músculos recrutados ao longo do ciclo de pedalada (eletromiografia).

2.1.1 Dinamometria

No ciclismo, a dinamometria é importante para quantificar as forças aplicadas no pedal. Existem alguns cicloergômetros (*Excalibur Sport e SRM Training System*) capazes de medir o torque e a potência mecânica no pedivela durante a pedalada (CARPES et al., 2006a). No entanto, para uma avaliação mais detalhada das forças que agem no pedal é necessário um pedal instrumentado.

Na maioria das pesquisas científicas (CANDOTTI et al., 2007; BINI; TAMBORINDEGUY; MOTA, 2010; DOREL et al., 2010) investigadas no presente estudo, os pedais instrumentados mais utilizados são os bidimensionais, que mensuram a força normal e a força tangencial aplicada no pedal. Embora em menor proporção, os pedais instrumentados tridimensionais também são utilizados em estudos biomecânicos do ciclismo (NABINGER; ITURRIOZ; ZARO, 2002). Entretanto, a utilização do modelo tridimensional somente é justificada se o objetivo for mensurar a componente médio-lateral e dos momentos associados aos eixos X, Y e Z.

A partir do uso dos pedais instrumentados é possível registrar a força vertical ou normal e a força horizontal ou tangencial durante o ciclo da pedalada. Com a combinação das componentes da força normal e tangencial é possível obter a força resultante. Tal força representa a força total (normal e tangencial) aplicada pelo ciclista no pedal, obtida no plano sagital (DIEFENTHAELER, 2009).

De acordo com Diefenthaler (2004) existem ainda mais duas forças envolvidas no movimento da pedalada, a força efetiva e a força inefetiva. A força efetiva é aplicada perpendicularmente ao pedivela e representa o quanto da força resultante aplicada no pedal é transmitida

para o movimento (CARPES et al., 2005). A força inefetiva é a componente da força aplicada paralelamente ao pedivela e não gera torque (GREGOR, 2000).

Na Figura 2 pode ser verificado o esquema das forças aplicadas no pedal e no pedivela durante a pedalada.

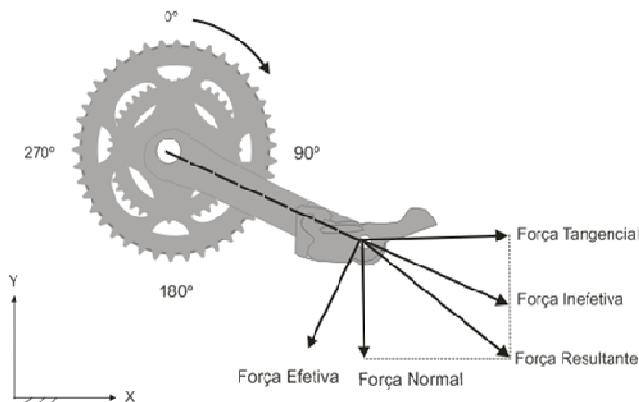


Figura 2. Ilustração das forças utilizadas na análise biomecânica da pedalada. Adaptado de Coyle et al. (1991).

No presente estudo, foi utilizado o cicloergômetro *Excalibur Sport* para medir o torque no pedivela durante a pedalada. O torque é o produto entre a força efetiva e o comprimento do pedivela (ROSSATO, 2007). Após a determinação da força efetiva (torque / tamanho pedivela) foi possível determinar a força efetiva produtora e contraproducente. A força efetiva produtora é a componente da força positiva que é aplicada perpendicularmente ao pedivela, sendo que o pico ocorre na fase de propulsão. Em contrapartida, a força efetiva contraproducente é a componente da força negativa que é aplicada perpendicularmente ao pedivela, com a ocorrência do pico na fase de recuperação.

Sanderson e Black (2003) verificaram se 12 ciclistas de elite modificavam o padrão de aplicação da força para se tornar mais eficiente durante um exercício prolongado de ciclismo. Os autores analisaram as forças aplicadas no pedal e a cinemática das articulações do quadril, joelho e tornozelo durante três minutos iniciais e finais de um teste de esforço máximo. Os resultados mostram que houve aumento significativo do pico de força efetiva e do pico de força inefetiva nos minutos finais do teste de esforço máximo. Houve também um aumento significativo da cinemática dos segmentos da coxa e da perna no final da fase de propulsão. Os autores concluíram que os ciclistas são menos

eficientes na fase de recuperação e para manter a mesma produção de potência ao longo do teste, necessitam aumentar a demanda das forças durante a fase de propulsão. Isso indica que o treinamento do padrão de aplicação das forças para melhorar a sua efetividade pode ser uma estratégia útil para prolongar uma prova de resistência.

2.1.2 Eletromiografia (EMG)

A EMG é uma técnica que registra e analisa o sinal eletromiográfico, fornecendo informações do padrão de ativação muscular e de como o movimento é controlado pelo sistema nervoso central (DIEFENTHAELER et al., 2008b). A EMG pode ser registrada de maneira invasiva (fios e agulhas inseridas diretamente dentro do músculo) e não-invasiva (eletrodos localizados na superfície da pele sobre o músculo investigado).

Alguns estudos (DIEFENTHAELER et al., 2008b; SANDERSON; AMOROSO, 2009) sobre as alterações da altura do selim empregam a EMG de superfície a fim de determinar padrões de ativação eletromiográfica dos músculos ou verificar as diferentes estratégias musculares adotadas pelos ciclistas durante a pedalada. Sendo que os músculos mais investigados no ciclismo são o vasto lateral, reto femoral, vasto medial, glúteo máximo, bíceps femoral, semitendíneo, semimembranáceo, gastrocnêmio lateral, gastrocnêmio medial, tibial anterior e sóleo (RAYMOND; JOSEPH; GABRIEL, 2005).

Salverberg, Van de Port e Willems (2003) avaliaram o efeito de três diferentes posições do tronco (vertical, $\pm 20^\circ$ flexionado e $\pm 20^\circ$ estendido) sobre o recrutamento muscular de oito ciclistas recreacionais. A EMG de superfície foi utilizada para investigar o recrutamento muscular do bíceps femoral (BF), semitendíneo (ST), glúteo máximo (GM), reto femoral (RF), tibial anterior (TA), vasto medial (VM), sóleo (SOL) e gastrocnêmio lateral (GL). Os ângulos do tronco, quadril, joelho e tornozelo foram obtidos no plano sagital, por meio de cinemetria (2D). As mudanças do posicionamento do tronco para frente ($\pm 20^\circ$ flexionado) aumentou estatisticamente a atividade muscular média e a EMG integrada dos músculos BF, ST, RF, TA, SOL, VM (somente EMG integrada) e GL (somente atividade muscular média). O GM apresentou maior ativação muscular média e EMG integrada na posição do tronco estendido. A duração da ativação elétrica dos músculos GM, TA e SOL também aumentou na posição do tronco estendida. Os

autores concluíram que o ângulo do tronco influencia o recrutamento muscular de todo o membro inferior.

De acordo com Gregor (2000), na fase de propulsão do ciclo da pedalada os músculos glúteo máximo, sóleo, vasto lateral e vasto medial apresentam uma grande ativação eletromiográfica. Os músculos posteriores da coxa apresentam maior atividade eletromiográfica entre 90° e 135° do ciclo da pedalada e o reto femoral atua nesta fase como extensor do joelho.

No início da fase de recuperação entre 180° e 235° do ciclo da pedalada os isquiotibiais e o gastrocnêmio (que já estão ativados) são os principais músculos da flexão do joelho. Logo em seguida (235 – 360° do ciclo da pedalada) o músculo tibial anterior atua na dorsiflexão do tornozelo e o reto femoral (que também é um extensor do joelho) age na flexão do quadril. Outro músculo que age na flexão do quadril é o iliopsoas, embora não seja possível mensurá-lo por meio da EMG de superfície.

2.2 Influência da altura do selim no ciclismo

Os estudos biomecânicos sobre as alterações da altura do selim vêm ganhando um grande destaque por pesquisadores do ciclismo. Isso se deve as inúmeras discussões acerca do posicionamento ideal dos ciclistas na bicicleta visando maximizar o conforto e o desempenho (KLEINPAUL et al., 2010).

Existem diversos métodos cientificamente validados (Figuras 3 e 4) para ajustar corretamente a posição do selim em ciclistas que possuem objetivos distintos, seja para melhorar a ergonomia ou para maximizar o desempenho dos ciclistas. Tais métodos de ajuste da altura do selim utilizam porcentagens do comprimento do membro inferior (tuberosidade do ísquio, comprimento trocântérico e sínfise púbica) e o ângulo do joelho (25° e 30°).



Figura 3. Métodos de ajuste da altura do selim baseados em porcentagens do comprimento dos membros inferiores. (A) altura da tuberosidade do ísquio até o solo; (B) altura do trocânter até o solo; (C) altura da sínfise púbica até o solo. Bini et al. (2011b).

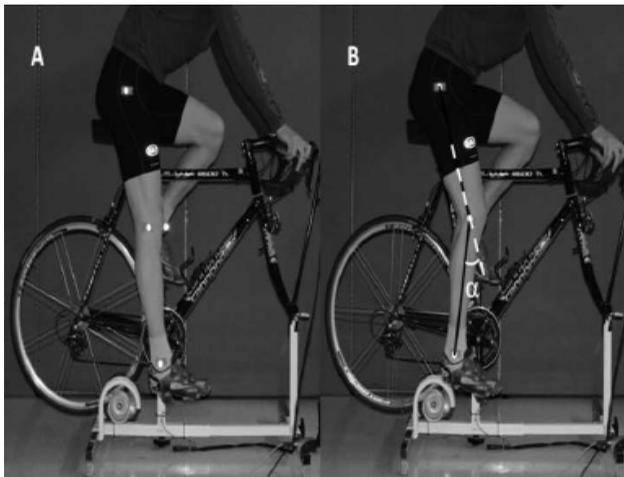


Figura 4. Altura do selim baseado no método calcanhar-pedal (A) e ângulo relativo do joelho (B). Bini et al. (2011b).

Peveler et al. (2005) compararam os métodos de ajuste da altura do selim Grey Lemond (88,3% da altura da sínfise púbica até o solo), Hamley (109% da altura da sínfise púbica até o solo) e calcanhar-pedal

(joelho totalmente estendido quando o calcanhar está sobre o pedal, na posição mais baixa e formando uma linha entre o pedivela e o tubo do selim) e verificaram qual deles garantia que a angulação recomendada do joelho ficasse entre 25 e 35° quando o pé encontra-se no ponto morto inferior do ciclo de pedalada. O grupo de estudo foi composto por ciclistas de elite e recreacionais, sendo 14 homens e cinco mulheres. Os resultados demonstram que não houve diferença estatística entre o método Hamley e LeMond. Já o método calcanhar-pedal foi significativamente menor do que o método Hamley. O método calcanhar-pedal (70% de precisão) é o método que mais se aproxima da angulação do método Holmes (ângulo de flexão do joelho entre 25 e 35°), seguido pelo LeMond (65% de precisão) e Hamley (55% de precisão). Os autores recomendam utilizar o método Holmes por garantir que o ângulo do joelho se insira entre 25 e 35° ajudando a reduzir os riscos de lesões por esforço repetitivo devido ao excesso de treinamento.

Ainda neste mesmo estudo, os autores ressaltam a importância do ajuste da altura do selim, visto que a altura baixa do selim normalmente está associada à tendinite patelar e dor anterior do joelho. Assim como uma altura muito alta do selim pode ocasionar tendinite do bíceps femoral e dor posterior do joelho.

Com o objetivo de investigar o posicionamento adequado dos ciclistas sobre a bicicleta, Martins et al. (2007) avaliaram um grupo de 36 ciclistas, sendo 17 ciclistas recreacionais e 19 ciclistas competitivos. As avaliações do posicionamento do corpo foram realizadas em suas próprias bicicletas, seguindo um protocolo proposto na literatura, no qual considera o ângulo relativo do joelho (ângulo interno formado entre a coxa e a perna) que devia estar entre 150° a 155°. Os resultados mostram que o problema comumente encontrado no posicionamento do ciclista sobre a bicicleta foi em relação à posição do selim, tanto nos ciclistas recreacionais (82% dos casos) quanto nos competitivos (79% dos casos), sendo que a altura do selim abaixo do ideal foi encontrada em 82 e 54% dos casos, respectivamente. Os autores concluíram que os ciclistas recreacionais estão mais suscetíveis aos erros de posicionamento, sendo que isso pode estar relacionado com o tempo de prática.

Alguns estudos (ERICSON; NISELL; NEMETH, 1988; SALVERBERG; VAN DE PORT; WILLEMS, 2003) realizados em intensidades submáximas mostram que as modificações na altura do selim alteram os ângulos entre os segmentos e, conseqüentemente, as relações força-comprimento e força-velocidade, podendo afetar a técnica da pedalada e o desempenho.

Ericson, Nisell, Nemeth (1988) investigaram a amplitude do movimento das articulações do quadril, joelho e tornozelo durante exercício em uma bicicleta ergométrica. Os seis ciclistas recreacionais foram filmados no plano sagital pedalando em três posições do selim (baixa, média e alta) determinadas conforme as porcentagens (102, 113 e 120%) da distância entre a tuberosidade isquiática e o maléolo medial. Houve um aumento da amplitude de movimento do joelho e do tornozelo com a elevação do selim da posição baixa para a alta. A amplitude média dos movimentos do quadril foi de 38° (com variação entre 32° e 70° na flexão do quadril), do joelho foi de 66° (com variação entre 46° e 112° na flexão do joelho) e do tornozelo foi de 24° (variando de 2° de flexão plantar a 22° na dorsiflexão). Os autores concluíram que as mudanças na altura do selim podem aumentar a amplitude do movimento e contribuir para uma maior extensão das articulações dos membros inferiores.

Bini, Tamborindeguy e Mota (2010) compararam a distribuição do trabalho mecânico e as características cinemáticas das articulações em diferentes alturas do selim, cargas de trabalho e cadências de pedalada. Pessoas sem experiência com ciclismo competitivo pedalaram em diferentes posições do selim (altura do trocâter, 3 cm acima e 3 cm da altura do trocâter), em diferentes cadências (40 e 70 rpm) e cargas de trabalho (0, 5 e 10 N). Os autores registravam os componentes de força normal e tangencial de força aplicada no pedal por meio de um pedal bidimensional instrumentado e as variáveis cinemáticas no plano sagital do membro inferior direito. Uma maior contribuição da articulação do tornozelo para o trabalho mecânico total foi observada com o aumento da altura do selim (de baixa para alta) e da cadência de pedalada (40 para 70 rpm). O ângulo médio das articulações do joelho e do quadril e a amplitude de movimento da articulação do tornozelo apresentaram valores significativamente maiores na posição do selim alta em comparação com as outras duas (baixa e referência) e na posição do selim de referência em comparação com a altura baixa. As amplitudes de movimento do joelho e do quadril apresentaram diferenças estatísticas entre a altura do selim alta e baixa com valores mais elevados na altura baixa. Houve também diferença estatisticamente significativa na amplitude de movimento do joelho entre a altura alta e a altura de referência, sendo que a altura de referência apresentou valores maiores. O ângulo médio da articulação do tornozelo não apresentou diferença estatística entre as três posições do selim. Os autores concluíram que a altura do selim, cadência de pedalada e carga de

trabalho afetam o padrão coordenativo da pedalada em ciclistas recreacionais.

Mudanças na altura do selim podem também influenciar na cinética (DIEFENTHAELER et al., 2008a; BINI; HUME; CROFT, 2011a) e no padrão de ativação muscular (ERICSON et al., 1985; JORGE; HULL, 1986; DIEFENTHAELER et al., 2008b; SANDERSON; AMOROSO, 2009) durante a pedalada. Diefenthaeler et al. (2008a) propuseram uma metodologia para a avaliação de ciclistas sob o ponto de vista das forças aplicadas no pedal. Os autores realizaram um estudo de caso com um ciclista de estrada de elite com oito anos de experiência. O ciclista foi submetido a um protocolo que consistiu em alterar o selim (1 cm) em quatro diferentes posições (deslocado para cima, para baixo, para frente e para trás), a partir da posição de referência (aquela adotada para treinamento pelo ciclista). O atleta pedalava em sua bicicleta que estava acoplada a um ciclossimulador magnético, por três minutos em cada uma das cinco posições avaliadas até atingir e estabilizar o critério fisiológico adotado no estudo (segundo limiar ventilatório). As forças normal e tangencial foram registradas por meio de um pedal bidimensional instrumentado e calcularam a média do impulso angular da força efetiva. Os resultados apresentaram valores distintos do impulso de força efetiva nas cinco posições avaliadas (referência: 56 N·s, cima: 52 N·s, baixo: 54 N·s, frente: 51 N·s e trás: 53 N·s). Os autores concluíram que o protocolo é simples e eficaz, podendo ser aplicado periodicamente e/ou em momentos específicos do treinamento de ciclistas e triatletas

Bini, Hume e Croft (2011a) compararam a força efetiva (%) entre as alturas do selim preferida, alta (-10° flexão do joelho da altura preferida), baixa ($+10^\circ$ flexão do joelho da altura preferida) e teoricamente ótima (ângulo do joelho em 25°) em 11 ciclistas e 11 triatletas. Os atletas pedalaram por dois minutos em uma carga normalizada pela massa corporal. Os resultados mostram que não foram encontradas diferenças substanciais entre as alturas do selim para as forças aplicadas no pedal. Entretanto, foram encontrados valores ligeiramente superiores na altura do selim alta e teoricamente ótima em relação às outras alturas, sendo que o tamanho do efeito dessa mudança foi moderado.

Em relação à ativação muscular, Sanderson e Amoroso (2009) manipularam a altura do selim, a fim de alterar o comprimento muscular, a velocidade de contração e excitação dos músculos sóleo e gastrocnêmio medial. Os sujeitos utilizados neste estudo foram 13 ciclistas experientes do sexo feminino. As atletas pedalaram em um

cicloergômetro com uma carga de 200 W a uma cadência de 80 rpm durante 5 min nas três posições do selim (posição escolhida pelo ciclista, 5% acima e 10% abaixo desta posição, em média correspondendo a 102, 107 e 92% do comprimento trocantérico, respectivamente). Os resultados deste estudo sugerem que o aumento da altura do selim elevou os valores da amplitude de movimento do joelho (de 66° para 83°) e do tornozelo (de 27° para 41°). A amplitude de movimento do gastrocnêmio medial não foi afetada pelas mudanças de alturas do selim. O aumento da altura do selim ocasionou o aumento da velocidade de alongamento e de encurtamento do músculo sóleo. Os músculos sóleo e gastrocnêmio medial apresentaram redução do sinal eletromiográfico na medida em que altura do selim diminuía. Os autores concluíram que houve um maior papel do ângulo da articulação do joelho na determinação da excitação do músculo gastrocnêmio medial, confirmando a importância de se ajustar a altura do selim adequadamente.

Jorge e Hull (1986) avaliaram a ativação muscular de seis ciclistas. Os autores encontraram um aumento da ativação do quadríceps e isquiotibiais na altura do selim a 95% do comprimento trocantérico em relação a 100%. Resultados semelhantes foram encontrados por Ericson et al. (1985), no quais eles verificaram um aumento da ativação do glúteo médio, semimembranáceo, sóleo e gastrocnêmio medial na altura alta (120% da tuberosidade do ísquio até o solo) em comparação com 102 e 113%.

Por fim, Diefenthaler et al. (2008b) analisaram o efeito de diferentes posições do selim no padrão de ativação elétrica durante a pedalada. Os três ciclistas profissionais de elite pedalararam em uma carga de teste normalizado (segundo limiar ventilatório) na posição do selim adotada pelo ciclista em treinamentos e competições (referência) e nas posições de 1 cm para trás, 1 cm para frente, 1 cm para cima e 1 cm para baixo da posição de referência durante três minutos em cada posição do selim. Neste estudo foram investigados os músculos glúteo máximo, reto femoral, bíceps femoral, vasto lateral, gastrocnêmio medial e tibial anterior por meio de um eletromiógrafo. Em geral, os resultados mostraram que houve um aumento na ativação elétrica dos músculos investigados em função da alteração da posição do selim, principalmente na posição para baixo e para frente. Entretanto não foi possível evidenciar um padrão de ativação eletromiográfica nos três ciclistas. Os autores concluíram que pequenos ajustes na posição do selim podem afetar os padrões de ativação elétrica e provavelmente a técnica de pedalada.

Outros estudos realizados em intensidade supramáxima (teste de Wingate) mostram que as alterações da posição do selim podem modificar a potência pico e a potência média (PEVELER; POUNDERS; BISHOP, 2007; PEVELER; GREEN, 2011).

Peveler, Pounders e Bishop (2007) compararam a potência anaeróbia (teste de Wingate) entre dois ajustes de altura do selim (ângulo relativo do joelho entre 25° e 35° e 109% da altura da sínfise púbica até o solo) em 12 homens (nove ciclistas treinados e três não ciclistas) e 15 mulheres não ciclistas. Não houve diferença significativa entre os grupos de ciclistas treinados e não ciclistas para a potência pico e a para a potência média produzida nos dois ajustes do selim. Além disso, na posição de 25° do joelho os ciclistas produziram uma potência média significativamente mais alta do que com o método de 109% da altura do solo até a sínfise púbica nos ciclistas. Por isso, os autores recomendam que o método que utiliza o ângulo relativo do joelho entre 25 e 35° é o mais adequado para ciclistas treinados e não-treinados, tanto na prevenção de lesões quanto para melhoria do desempenho.

Em um estudo semelhante, Peveler e Green (2011) avaliaram a desempenho anaeróbio de 11 ciclistas treinados em três diferentes alturas do selim (109% da altura da sínfise púbica até o solo, ângulo do joelho de 25° e ângulo do joelho de 35°) por meio do teste de Wingate. Os autores encontraram valores maiores na potência pico com ângulo do joelho em 25° ao comparar com 109% da altura da sínfise púbica até o solo. A potência média com ângulo do joelho em 25° foi significativamente maior em relação ao ângulo do joelho em 35°.

O efeito das alterações do posicionamento do selim na ativação muscular durante o teste de Wingate foi investigado por Ricard et al. (2006). Neste estudo foi avaliada a ativação muscular (vasto lateral, vasto medial, semimembranáceo e bíceps femoral) em diferentes ângulos do tubo do selim (72 e 82°) de 12 triatletas experientes. Os resultados mostram que a ativação muscular do bíceps femoral foi significativamente maior na angulação de 72° comparado com 82°.

Apesar do considerável número de estudos encontrados na literatura, não existe um consenso entre os autores sobre o efeito das alterações da altura do selim na técnica de pedalada (forças aplicadas no pedal e atividade muscular). Os principais fatores que limitam as comparações entre estudos são os diferentes métodos de ajuste do selim empregados (ex.: ângulo relativo do joelho, altura trocântérica, altura da sínfise púbica), os distintos tamanhos da amostra, os diversos níveis de experiência no ciclismo (ex.: atletas profissionais, atletas amadores e não-atletas), o nível de treinamento dos sujeitos (ex.: treinados e não-

treinados) e atletas de diferentes modalidades esportivas (ex.: ciclismo de estrada, triatlo, entre outros).

Além disso, a técnica de pedalada é investigada, na maioria das vezes, por meio de testes submáximos. Considerando que os ciclistas também necessitam de um alto desempenho anaeróbio na parte final das provas (sprints), percebe-se uma lacuna na literatura referente à realização de estudos envolvendo a técnica de pedalada durante testes supramáximos (anaeróbios).

3 MÉTODO

3.1 Tipo de estudo

Esta pesquisa caracteriza-se como aplicada quanto à natureza, quantitativa quanto à abordagem do problema, descritiva quanto aos seus objetivos, empírica e descritiva quanto aos procedimentos técnicos.

Segundo Cozby (2006) a pesquisa aplicada examina as questões relativas a problemas práticos e suas potenciais soluções. De acordo com Gil (2002) a pesquisa descritiva e quantitativa objetiva descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis, partindo do pressuposto de que tudo é quantificável.

Segundo Alexandre (2009), a pesquisa empírica é a mais abrangente e trabalha com a descrição e explicação de experiências concretas colhidas da realidade. A pesquisa descritiva aborda objetivamente as características de determinada população ou fenômeno (GIL, 2002).

3.2 Sujeitos do estudo

O grupo de estudo foi composto por 12 ciclistas competitivos, sendo cinco ciclistas e sete triatletas, ambos do sexo masculino, residentes do estado de Santa Catarina, participantes de campeonatos regionais e nacionais. Os sujeitos do estudo foram selecionados intencionalmente (amostra por conveniência) obedecendo aos critérios de inclusão inicial. A Tabela 1 fornece informações sobre a caracterização dos sujeitos do estudo.

Tabela 1. Caracterização dos sujeitos do estudo

Variáveis	Ciclistas (n = 5)			Triatletas (n = 7)		
	Média	DP	CV (%)	Média	DP	CV (%)
Idade (anos)	32	3,9	12	32	7,4	23
Massa corporal (kg)	76	6,4	9	73	6,8	9
Estatura (cm)	175	4,6	3	177	7,3	4
Gordura corporal (%)	14	7,8	54	10	3,0	31
Tempo treinamento (anos)	5,8	4,3	75	2,5	3,5	138
Volume treino (km/sem)	284	123	44	170	55	32

DP: desvio-padrão, CV: coeficiente de variação

3.3 Critérios de inclusão

Os critérios de inclusão no estudo foram: não possuir qualquer tipo de comprometimento musculoesquelético, ter idade entre 18 anos e 40 anos e ter disponibilidade de participar das coletas de dados a serem realizados.

3.4 Critérios de exclusão

Os critérios de exclusão foram: atletas com lesões musculoesqueléticas prévias, atletas que tinham se lesionado nos seis meses anteriores aos testes e atletas que apresentavam alguma alteração do padrão normal de movimento do ciclismo ocasionada por lesões (osteoartrite de joelho e/ou quadril, reconstrução ligamentar do joelho, entorse de tornozelo, fraturas).

3.5 Instrumentos de medidas

Os instrumentos que foram utilizados nas avaliações são apresentados abaixo:

Antropometria

- ✓ Trena 5 m (Cardiomed, Curitiba, Brasil) com resolução de 1 mm para medir as dimensões da bicicleta e parâmetros corporais necessários à avaliação;
- ✓ Balança eletrônica (Toledo do Brasil Indústria de Balanças Ltda, São Paulo, Brasil) com resolução de 100 g para mensurar a massa dos sujeitos do estudo;
- ✓ Estadiômetro de parede (Seca, Hamburgo, Alemanha) com resolução de 1 mm para mensurar a estatura dos sujeitos do estudo;
- ✓ Adipômetro científico (CESCORF Equipamentos Antropométricos Ltda, Porto Alegre, Brasil) com resolução de 0,1 mm para mensurar as dobras cutâneas.
- ✓ Uma câmera digital (Samsung 8.1, Seoul, Coreia do Sul) para registrar a amplitude de movimento articular das articulações do tornozelo, joelho e quadril.
- ✓ *Software CorelDraw Graphics Suite 12 (Cowpland Research Laboratory, Corel Corporation, Ottawa, Canadá) foi utilizado*

para determinar a amplitude de movimento articular das articulações do tornozelo, joelho e quadril.

Dinamometria

- ✓ Um cicloergômetro de frenagem eletromagnética (Excalibur Sport, Lode Medical Technology, Groningen, Holanda) com ajustes múltiplos do selim, pedivela e guidom e controle da carga entre 8 e 2500 W.
- ✓ Par de pedivelas instrumentados com *Strain Gauges* acoplados ao software LEM - *Lode Ergometry Manager* (Lode Medical Technology, Groningen, Holanda).

Eletromiografia

- ✓ Eletrodos de superfície passivos (Ag/AgCl, Kendal Meditrace, Chicopee, Canadá).
- ✓ Sistema de aquisição de dados MIOTOOL 400 (MioTec Equipamentos Biomédicos, Porto Alegre, RS, Brasil), com quatro canais de entrada com 14 bits de resolução.
- ✓ Sensores diferenciais de superfície SDS500 (MioTec Equipamentos Biomédicos, Porto Alegre, RS, Brasil).
- ✓ Software MIOGRAPH 2.0 USB (MioTec Equipamentos Biomédicos, Porto Alegre, RS, Brasil) para coletar os sinais EMG.

Outros instrumentos

- ✓ Um analisador de gases QUARK PFT Ergo (Cosmed, Italy) para mensurar o consumo de oxigênio (VO_2) e o consumo máximo de oxigênio (VO_{2MAX}) a partir do gás expirado;
- ✓ Um analisador bioquímico (YSI 2700, modelo Stat Select, Ohio, USA) que possui precisão de 2% para analisar a concentração de lactato [Lac].
- ✓ Capilares heparinizados, microtubos de polietileno com tampa (tipo Eppendorf, São Paulo, Brasil) de 1,5 mL, contendo 50 uL de solução de NaF 1% para coletar e armazenar o sangue retirado do lóbulo da orelha.
- ✓ Um frequencímetro Polar S610 (Polar Electro Oy, Oulu, Finlândia) para monitorar a frequência cardíaca;
- ✓ Um termo-higrômetro (Minipa® modelo MT-241, Minipa do Brasil Ltda, São Paulo, Brasil) para a mensuração da

temperatura e umidade do ambiente laboratorial.

- ✓ Um notebook (Acer, Hsichih City, Taiwan) com 2 GB de memória e 160 GB de HD para armazenar as informações da dinamometria e eletromiografia.

3.6 Procedimentos para coletas de dados

Os atletas leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A), o qual continha de forma resumida, as informações necessárias para esclarecer as possíveis dúvidas sobre o projeto. Os sujeitos interessados em participar do presente estudo foram informados e esclarecidos sobre os procedimentos metodológicos do projeto, receberam uma explicação dos benefícios das avaliações antropométrica, biomecânicas e fisiológicas para os atletas, os possíveis desconfortos físicos (cansaço, aumento da frequência cardíaca e ventilação, dores musculares nos dias seguintes) causados pela realização das avaliações e eles foram orientados sobre a ingestão alimentar e a não utilização de substâncias estimulantes nos dias em que antecedeu a avaliação. Além disso, todos os atletas autorizaram a obtenção de fotos e filmagens com o objetivo de melhor ilustrar o estudo.

O estudo seguiu as normas de pesquisa envolvendo seres humanos estabelecidos pela declaração de Helsinki e diretrizes da resolução 196/96, do conselho nacional de saúde.

Todas as avaliações foram realizadas no Laboratório de Esforço Físico no Centro de Desportos da Universidade Federal de Santa Catarina em quatro etapas distintas.

ETAPA 1- Antropometria, teste de flexibilidade e teste progressivo máximo

Antropometria: O avaliado permanecia com o mínimo de vestimenta possível e descalço para a realização das medidas antropométricas. Primeiramente, foi realizada a medição da massa corporal e da estatura. Em seguida, foram mensuradas as dobras cutâneas (peitoral, abdominal e coxa média). Os procedimentos de todas as variáveis antropométricas analisadas foram de acordo com as recomendações da Marfell-Jones et al. (2006).

A equação proposta por Siri (1961) [%G=[(4,95/Densidade Corporal) - 4,50] x 100 a partir da obtenção da densidade corporal por Jackson e Pollock (1978) [Densidade corporal = 1,10938 - 0,0008267 (peitoral + abdominal + coxa média) + 0,0000016 (peitoral + abdominal + coxa média)² - 0,0002574 (idade em anos)] validada para homens de 18 a 61 anos de idade foi utilizada para a estimativa do percentual de gordura corporal.

Teste de flexibilidade: O teste consiste na mensuração e avaliação da mobilidade passiva máxima de oito movimentos nas articulações do tornozelo (dorsiflexão e flexão plantar), joelho (flexão e extensão), quadril (flexão e extensão) e tronco (flexão e extensão). A amplitude de movimento foi mensurada em uma única tentativa. Para tal avaliação foram retiradas fotografias perpendicularmente ao movimento investigado (Figura 5), todos no plano sagital, e analisadas em um software gráfico CorelDraw 12.

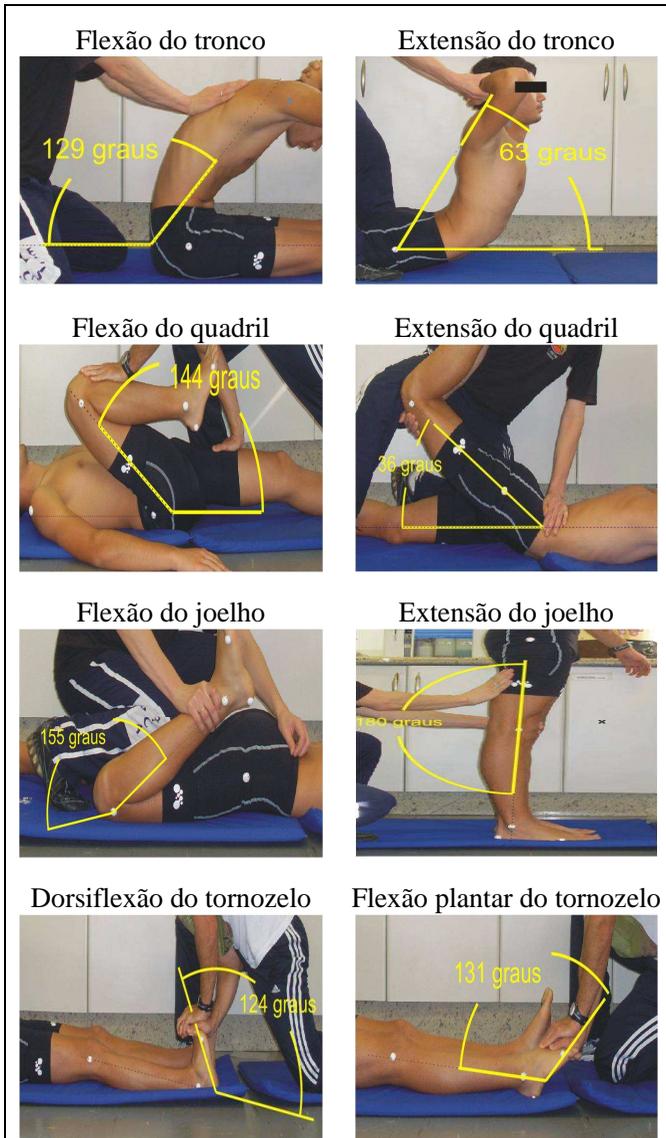


Figura 5. Modelo de avaliação empregado para avaliar a flexibilidade dos atletas.

Teste progressivo máximo: O cicloergômetro eletromagnético foi ajustado de acordo com o posicionamento do selim, pedivela e

guidom utilizados pelo próprio atleta em sua bicicleta. Para assegurar tal posicionamento, anteriormente ao início do teste, foram realizadas diversas medidas da bicicleta utilizada pelos atletas em treinamentos e competições (Figura 6).



Figura 6. Medidas utilizadas para assegurar o mesmo posicionamento da bicicleta durante todas as etapas.

Em seguida foi realizado um teste progressivo máximo até a exaustão. O teste iniciava com carga de 100 W, seguido de incrementos 30 W a cada 3 minutos até a exaustão. A cadência de pedalada mantida ao longo do teste, com variações de até $\pm 5\%$, foi a preferida dos atletas (SURIANO et al., 2007).

Os critérios para interrupção do teste progressivo máximo foram: incapacidade de manter a cadência solicitada, a frequência cardíaca atingir valores máximos preditos para a idade ou o atleta apresentar sintomas de fadiga voluntária máxima (ROSSATO, 2007).

O VO_2 e a produção de gás carbônico (CO_2) foram monitorados a cada respiração durante todo o protocolo por meio do analisador de gases, após este ser calibrado de acordo com as recomendações dos fabricantes:

- 1) Calibração do ar ambiente: consiste em utilizar uma amostra do ar ambiente para comparação dos valores de VO_2 (20,93%) e CO_2 (0,03%) atmosféricos.

- 2) Calibração do gás: consiste em enviar para o analisador de gases uma amostra padrão de gás do cilindro ($VO_2 = 16\%$; $CO_2 = 5\%$)
- 3) Calibração da turbina: consiste em mensurar o volume de uma seringa de 3L para calibração do fluxo da turbina.

Os dados oriundos do analisador de gases foram suavizados (média de 15 s). No último minuto de cada estágio (3 min) do teste progressivo máximo foi realizada uma média para determinar o VO_2 correspondente a cada estágio. O $VO_{2MÁX}$ foi adotado como sendo o maior valor da média de VO_2 do último minuto do teste. Para garantir que durante o teste os indivíduos atingiram o $VO_{2MÁX}$ foi adotado alguns critérios, tais como: a concentração de lactato sanguíneo [Lac] acima de $7,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, razão de trocas respiratórias superior ou equivalente ao valor de 1,1 e VO_2 parar de aumentar ou começar a diminuir com o aumento da carga (LEIRDAL; ETTEMA, 2011).

Para determinar a potência máxima ($W_{MÁX}$) quando os ciclistas e/ou triatletas não conseguissem completar a carga do estágio foi utilizado a equação [$W_{MÁX} = \text{potência do estágio não completado} + (\text{tempo de permanência no estágio não completado} / 180 \times 30)$], proposta por Kuipers, Verstappen e Keizer (1985).

Um cardiofrequencímetro incorporado ao analisador de gases foi colocado no tórax dos avaliados, permitindo o registro e o armazenamento do comportamento da frequência cardíaca (FC) sincronizadamente ao VO_2 durante todo o teste incremental. A frequência cardíaca foi suavizada (média de 5 s). No último minuto de cada estágio (3 min) do teste progressivo máximo foi realizada uma média para determinar o FC correspondente a cada estágio. O maior valor médio da FC foi considerado frequência cardíaca máxima ($FC_{MÁX}$).

No final do período de repouso de cada estágio e no final da recuperação foram coletados do lóbulo da orelha amostras de sangue para depois analisar a [Lac] e determinação do primeiro limiar de lactato (LL1). O lóbulo da orelha foi utilizado para as coletas de sangue. O local foi esterilizado (álcool 70%) e em seguida perfurado com uma lanceta descartável. Para a análise da [Lac] foram coletados $25 \mu\text{l}$ de sangue em capilares heparinizados. A cada nova coleta, o procedimento de anti-sepsia (álcool 70%) foi repetido, para evitar a contaminação no local.

Os valores da [Lac] de cada estágio foram plotados em um gráfico em função dos valores de potência do respectivo estágio. O LL1

foi determinado pelo segundo aumento, maior ou igual a $0,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, em relação à concentração do estágio anterior (BALDARI; GUIDETTI, 2000). Dois especialistas avaliaram os gráficos utilizando a estratégia de duplo-cego. O intervalo de recuperação entre o teste progressivo máximo e a segunda etapa dos testes foi de 48h.

ETAPA 2-4: Testes de carga constante e teste de desempenho anaeróbio

Em cada visita ao laboratório, durante as etapas 2, 3 e 4, os atletas foram submetidos a dois testes de carga constante (teste e reteste), com 6 minutos de duração cada, seguidos de um teste de Wingate, de 30 segundos de duração, para determinação do desempenho anaeróbio (INBAR; BAR-OR; SKINNER, 1996). As etapas foram realizadas em dias distintos com um intervalo de 24-48 horas (Figura 5).

Na segunda etapa do protocolo, os testes foram realizados com o selim na posição de referência, de acordo com as medidas adotadas pelos atletas em treinamentos e competições (Figura 4). Na terceira e quarta etapa, em ordem aleatória, a posição do selim foi alterada para cima e para baixo usando como parâmetro o valor referente a 2,5% da distância da sínfise púbica até o solo (Figura 7). Para obter tal distância, o ciclista permanecia encostado em uma parede, com as pernas levemente afastadas, pressionando um nível contra a sínfise púbica como se estivesse sentado no selim da bicicleta.



Figura 7. Modificações da altura do selim a partir da normalização da distância da sínfise púbica até o solo.

Durante os testes de carga constante a intensidade do teste foi

normalizada por meio de um critério fisiológico utilizando a equação [$\Delta 50\% = \text{VO}_2 \text{ no LL1} + (0,5 * (\text{VO}_{2\text{MÁX}} - \text{VO}_2 \text{ no LL1}))$], proposta por Scheuermann et al. (2002). Esta normalização permitiu que os testes fossem realizados na carga correspondente ao domínio pesado de cada um dos indivíduos.

Antes do início do protocolo, os ciclistas realizaram um aquecimento de quatro minutos pedalando com carga de 30 W. Em seguida, os atletas pedalaram na intensidade correspondente ao $\Delta 50\%$ por seis minutos. Uma recuperação ativa de quatro minutos com carga de 30 W foi realizada no final dos testes de carga constante. Após um intervalo de 40 minutos, um segundo teste de carga constante, na mesma posição de selim, era realizado seguindo os mesmos os mesmos procedimentos da etapa anterior. Em ambos os testes, a cadência de pedalada foi a preferida de cada atleta e mantida constante durante todo o teste.

Após o término do segundo teste de carga constante (re-teste) foi realizado um intervalo de 10 min antes do teste Wingate. De acordo com Ferreira et al. (2005), o período de 10 min é suficiente para que o fluxo de sangue no músculo retorne para níveis de repouso após a realização de exercícios no domínio pesado.

No início do teste de Wingate, os atletas foram orientados a permanecer sentados e fazer o máximo de esforço ao longo de todo o teste. A carga (resistência) utilizada no teste de Wingate foi de 7,5% da massa corporal (INBAR; BAR-OR; SKINNER, 1996). Os ciclistas foram instruídos a manter a cadência de pedalada de 120 rpm nos instantes iniciais do teste para diminuir a inércia inicial da bicicleta. Durante todo o teste de Wingate os atletas foram incentivados verbalmente para realizar o máximo esforço possível. Ao final do teste os atletas realizaram uma recuperação ativa de três minutos em uma carga de 50 W (Figura 8).

A potência pico, a potência média e o índice de fadiga foram registrados durante o teste. Para a realização do teste de Wingate foram seguidos os procedimentos descritos por Peveler e Green (2011). Uma familiarização de 10 s do teste de Wingate foi realizada após a realização do teste progressivo máximo no primeiro dia de coleta de dados (1ª etapa). A temperatura ambiente e a umidade relativa do ar durante todas as etapas foram controladas por meio de condicionador de ar ($20,3 \pm 2,4$ °C e $55,5 \pm 7,1$ %, respectivamente).

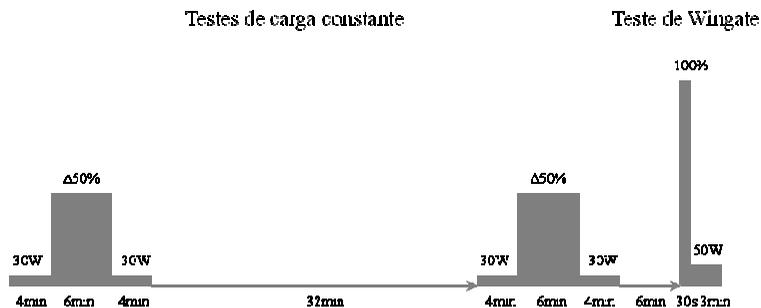


Figura 8. Sequência, intensidade e duração dos testes de carga constante e do teste de Wingate.

Durante os testes de carga constante e o teste de Wingate a atividade elétrica dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral do membro inferior direito foram mensuradas por meio de eletromiografia de superfície. Anteriormente a colocação dos eletrodos na pele, o local foi cuidadosamente limpo com álcool para reduzir a impedância, os pêlos removidos e foi realizada abrasão da área para retirar as células mortas. Em seguida os eletrodos foram posicionados sobre o ventre dos músculos, alinhados de acordo com a orientação das fibras musculares, em configuração bipolar. O eletrodo de referência foi posicionado sobre a superfície da tíbia. Para minimizar efeitos de artefato, os cabos dos sensores EMG foram fixados a pele por meio de bandagem elástica. O posicionamento dos eletrodos foi feita de acordo com o proposto pela International Society of Electromyography and Kinesiology (DE LUCA, 1997; MERLETTI, 1997). Os sinais eletromiográficos foram amplificados com ganho de 200 vezes e adquiridos por meio de um eletromiógrafo de 4 canais com taxa de amostragem de 2000 Hz por canal.

Para garantir o posicionamento dos eletrodos no mesmo local nos diferentes dias de testes um mapa com a marcação de pontos anatômicos de cada sujeito foi desenvolvido utilizando folhas de acetato. Os sinais eletromiográficos foram filtrados utilizando um filtro digital *Butterworth* de quinta ordem, do tipo passa-banda, com frequência de corte entre 20-500 Hz. Após retificação e remoção do offset do sinal, o início e fim da atividade elétrica foram determinados por meio de um critério matemático. Segundo esse critério, o início da atividade muscular ocorria quando o sinal EMG atingia uma amplitude superior a duas vezes do desvio-padrão do sinal mensurado durante o período de silêncio entre cada contração (DIEFENTHAELER et al., 2012). Em

seguida, os sinais filtrados foram analisados no domínio do tempo, por meio do valor *Root Mean Square* (RMS), sendo calculada a ativação total e em cada intervalo do teste. O valor RMS total e em cada intervalo foi normalizado pelos cinco segundos iniciais do teste de Wingate da respectiva etapa.

Paralelo à atividade elétrica o torque gerado ao longo do ciclo da pedalada foi mensurado por meio um par de pedivelas instrumentados. A partir das informações de torque e do tamanho do pedivela (torque / tamanho do pedivela) as forças efetiva produtora e contraprodutora foram determinadas a cada dois graus do ciclo da pedalada (0-360°). Posteriormente, foram obtidos os valores totais e de cada intervalo do teste do pico das forças efetiva produtora (fase de propulsão) e contraprodutora (fase de recuperação) e os respectivos ângulos do pedivela onde os mesmos ocorreram.

Os dados dos testes de carga constante foram divididos em seis janelas de um minuto. A partir da média dos ciclos de pedalada de cada janela foram determinadas as variáveis de interesse: pico das forças efetiva produtora e contraprodutora e os respectivos ângulos do pedivela onde as mesmas ocorreram, valor RMS médio e a cadência média. Já para o teste de Wingate, os dados foram divididos em seis janelas de cinco segundos cada. A partir do janelamento e da média dos ciclos de pedalada foram calculadas: potência média, índice de fadiga, pico das forças efetiva produtora e contraprodutora e os respectivos ângulos do pedivela onde as mesmas ocorreram, valor RMS médio e a cadência média. Para a análise dos sinais de força e eletromiografia foi elaborada uma rotina matemática utilizando o software MATLAB® (MathWorks Inc., EUA).

3.7 Análise estatística

Os procedimentos estatísticos foram realizados nos *software GraphPad Prism® 4.0.* e *software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versão 15.0 for Windows.* A estatística descritiva de medidas de tendência central (média) e de variabilidade (desvio-padrão) foi realizada para apresentação dos dados antropométricos, fisiológicos e biomecânicos. O teste de *Shapiro-Wilk* foi utilizado para comprovar a normalidade dos dados. A correlação intraclassa (ICC_{3:1}) foi realizada para verificar a reprodutibilidade dos dados nos testes de carga constante. O teste t de *Student* para amostras pareadas foi utilizado para

analisar as diferenças estatísticas entre os testes de carga constante e entre os membros inferiores. A análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas foi utilizada para analisar a potência pico, potência pico relativa, potência média, potência média relativa, índice de fadiga, pico das forças efetiva produtora e contraprodutora, ângulos do pedivela onde ocorreram os picos, cadência de pedalada e valores RMS nas três posições do selim (referência, baixa e alta) e ao longo dos intervalos de tempo em cada altura do selim. Os principais efeitos foram verificados com a utilização do teste *post-hoc* de Tukey (HSD). Os resultados de todas as análises foram considerados significativos quando $p \leq 0,05$.

4 RESULTADOS

Neste capítulo estão descritos os resultados obtidos na análise das variáveis fisiológicas e biomecânicas. A estrutura dos resultados está organizada da seguinte forma: (1) teste de flexibilidade, (2) teste progressivo máximo, (3) teste de carga constante e (4) teste de Wingate.

4.1 Teste de flexibilidade

O valor médio e o desvio-padrão dos testes de flexibilidade do tronco (flexão e extensão), quadril (flexão e extensão), joelho (flexão e extensão) e tornozelo (dorsiflexão e flexão plantar) dos atletas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Média e desvio-padrão do nível de flexibilidade (em graus) do tronco, quadril, joelho e tornozelo dos atletas avaliados.

Variáveis	Média	DP	p	CV (%)
Flexão do tronco (°)	126	16,9	0,69	13,4
Extensão do tronco (°)	52	8,7	0,62	17,1
Flexão do quadril (°)	142	8,9	0,20	6,3
Extensão do quadril (°)	34	9,7	0,85	28,9
Flexão do Joelho (°)	147	15,6	0,13	4,9
Extensão do Joelho (°)	175	47,2	0,25	1,7
Dorsiflexão do tornozelo (°)	111	57,2	0,37	7,1
Flexão plantar do tornozelo (°)	138	35,4	0,31	5,9

DP: desvio-padrão, p: significância, CV: coeficiente de variação. Teste de Shapiro-Wilk

Os atletas avaliados não apresentaram diferenças em relação ao nível de flexibilidade para as articulações avaliadas, como mostra a Tabela 2.

4.2 Teste progressivo máximo

Os resultados (média e desvio-padrão) de potência no primeiro limiar de lactato, potência no domínio pesado ($\Delta 50\%$), cadência preferida, frequência cardíaca máxima ($FC_{MÁX}$), consumo de oxigênio no primeiro limiar de lactato e na carga referente ao $\Delta 50\%$, consumo

máximo de oxigênio e concentração de lactato final durante o teste progressivo máximo são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Média e desvio-padrão da potência máxima, potência no primeiro limiar de lactato (LL1), potência no domínio pesado ($\Delta 50\%$), cadência preferida, frequência cardíaca máxima ($FC_{MÁX}$), consumo de oxigênio (VO_2) no LL1, VO_2 no domínio pesado, consumo máximo de oxigênio ($VO_{2MÁX}$) e concentração de lactato final.

Variáveis	Média	DP	p	CV (%)
Potência máxima (W)	322,5	32,5	0,055	10,1
Potência máxima ($W \cdot kg^{-1}$)	4,4	0,5	0,851	0,1
Potência no LL1 (W)	172,5	39,3	0,521	22,8
Potência no $\Delta 50\%$ (W)	232,6	32,5	0,714	13,9
$VO_{2MÁX}$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	56,7	3,9	0,594	6,9
VO_2 no LL1 ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	37,7	5,8	0,623	15,4
VO_2 no $\Delta 50\%$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	47,2	4,3	0,125	9,1
Cadência Preferida (rpm)	85,6	6,9	0,070	8,1
$FC_{MÁX}$ (bpm)	183,5	9,1	0,598	4,9
$[Lac]_{final}$ ($mmol \cdot l^{-1}$)	11,2	1,0	0,280	9,1

CV: Coeficiente de variação. Teste de Shapiro-Wilk

Os atletas avaliados não apresentaram diferenças para a potência, cadência de pedalada e variáveis fisiológicas durante o teste progressivo máximo (Tabela 3).

4.3 Testes de carga constante

4.3.1 Altura do selim x técnica de pedalada

Os valores de pico total das forças efetiva produtora e contraproducente, dos membros inferiores dominante e não-dominante, e os respectivos ângulos do pedivela onde os mesmos ocorreram nas três posições do selim avaliadas (referência, baixa e alta) são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Média e desvio-padrão do pico total das forças efetiva produtora ($F_{e_{prod}}$) e contraprodutora ($F_{e_{contra}}$) e os respectivos ângulos onde os mesmos ocorreram, nas três posições do selim avaliadas (referência, baixa e alta) durante os testes de carga constante.

Variáveis	Referência			Baixa			Alta		
	Teste	Re-teste	Teste	Re-teste	Teste	Re-teste	Teste	Re-teste	
Dominante									
$F_{e_{prod}}$ (N)	326,4±44,4	340,3±39,4	346,1±29,9	341,9±38,2	331,8±59,0	337,4±41,1			
Ângulo no pico da $F_{e_{prod}}$ (°)	102,8±18,0	111,3±28,4	92,0±4,8	96,2±16,6	93,7±11,8	101,3±17,6			
$F_{e_{contra}}$ (N)	-43,1±31,4	-37,4±23,4	-27,5±28,6	-34,4±25,9	-40,2±45,1	-44,3±43,3			
Ângulo no pico da $F_{e_{contra}}$ (°)	286,7±24,2	285,0±32,8	275,7±22,5	281,8±21,1	271,2±29,9	282,2±32,2			
Não-dominante									
$F_{e_{prod}}$ (N)	320,8±35,0	310,2±38,5	304,1±26,2	304,5±29,3	320,0±30,7	328,6±40,9			
Ângulo no pico da $F_{e_{prod}}$ (°)	101,7±18,6	109,7±28,3	90,5±7,1	94,2±17,5	95,7±12,5	102,2±18,4			
$F_{e_{contra}}$ (N)	-55,9±28,4	-63,2±28,6	-66,7±28,3	*-34,4±25,9	-49,9±36,4	-44,3±43,3			
Ângulo no pico da $F_{e_{contra}}$ (°)	273,8±19,2	289,8±36,4	267,7±13,7	269,0±11,7	270,1±23,3	288,7±40,8			

$F_{e_{prod}}$ = Força efetiva produtora, $F_{e_{contra}}$ = Força efetiva contraprodutora. *Diferença estatisticamente significante entre teste e re-teste.

Os resultados mostram que pequenos ajustes na posição do selim não alteram o pico total das forças efetiva produtora e contraprodutora e os respectivos ângulos do pedivela onde

aconteceram os picos. A maioria das variáveis não diferiu estatisticamente entre o teste e o re-teste. Apenas o pico total da força efetiva contraproducente do membro inferior não-dominante com o selim ajustado na posição baixa apresentou diferença no re-teste (Tabela 4).

Os coeficiente de correlação intraclasse para a avaliação da concordância dos resultados do pico total das forças efetiva produtora e contraproducente e respectivos ângulos do pedivela onde ocorreram dos membros inferiores dominante e não-dominante em cada altura do selim são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Coeficiente de correlação intraclasse ($ICC_{3,1}$) e significância (p) para a avaliação da concordância dos resultados do pico total das forças efetiva produtora (F_{eprod}) e contraproducente ($F_{econtra}$) e ângulos do pedivela, entre os testes de carga constante (teste e re-teste).

Variáveis	Referência		Baixa		Alta	
	$ICC_{3,1}$	p	$ICC_{3,1}$	p	$ICC_{3,1}$	p
Dominante						
F_{eprod} (N)	0,92	0,001	0,94	0,001	0,61	0,060
Ângulo no pico F_{eprod} (°)	0,62	0,061	0,22	0,340	0,48	0,144
$F_{econtra}$ (N)	0,89	0,001	0,88	0,001	0,73	0,020
Ângulo no pico $F_{econtra}$ (°)	0,70	0,030	0,61	0,068	0,68	0,037
Não-dominante						
F_{eprod} (N)	0,87	0,001	0,81	0,005	0,74	0,017
Ângulo no pico F_{eprod} (°)	0,62	0,063	0,42	0,192	0,44	0,171
$F_{econtra}$ (N)	0,94	0,001	0,48	0,145	0,46	0,155
Ângulo no pico $F_{econtra}$ (°)	0,21	0,347	0,88	0,001	0,62	0,060

F_{eprod} = Força efetiva produtora, $F_{econtra}$ = Força efetiva contraproducente. *Diferença estatisticamente significativa entre teste e re-teste.

Os resultados do pico total das forças, nas três posições avaliadas e em ambos os membros (dominante e não-dominante), apresentam correlações de moderadas (0,4 a 0,7) a excelentes (0,7 a 1,0), conforme a Tabela 5. No entanto, os ângulos do pedivela onde ocorreram os picos de força apresentaram grandes variações na correlação intraclasse, apresentando desde ausência de correlação ($<0,2$) até correlação moderada ($>0,7$).

A comparação do pico das forças efetiva produtora e contraprodutora dos membros inferiores dominante e não-dominante entre as três posições do selim (referência, baixa e alta) e entre os intervalos de 1 min dos testes de carga constante (teste e re-teste) são apresentadas na Figura 9.

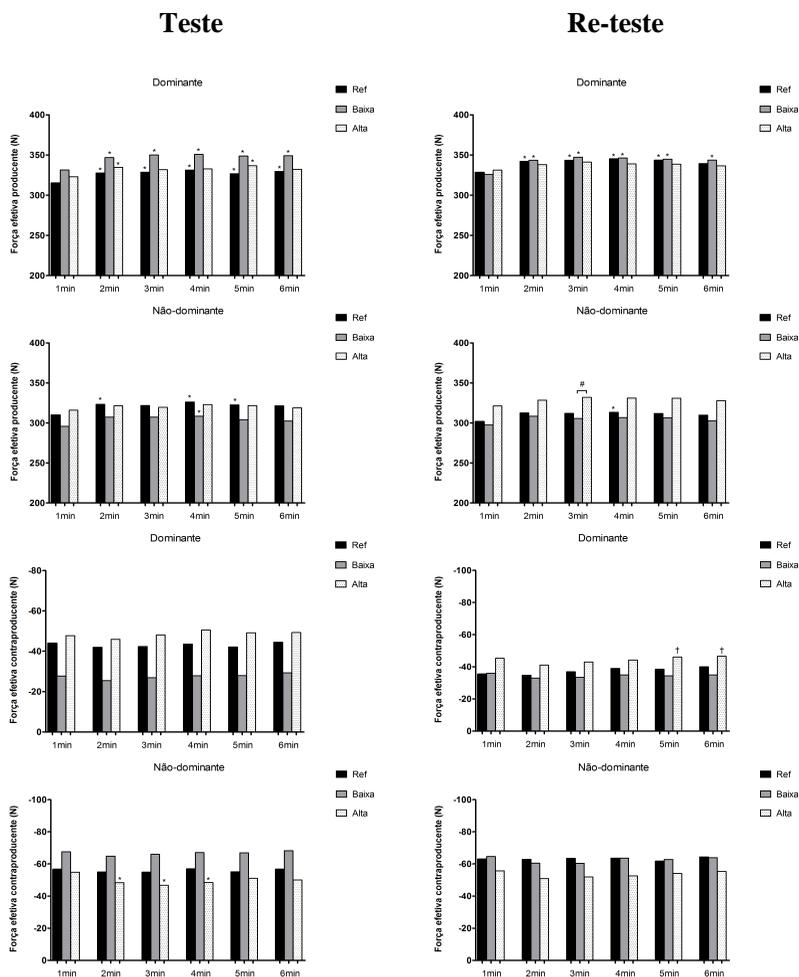


Figura 9. Média e desvio-padrão do pico das forças efetiva produtora e contraproducente nas três posições de referência (Ref), baixa e alta do selim, dos membros inferiores (dominante e não-dominante) em intervalos de 1 min durante os testes de carga constante (teste e re-teste). [#]Diferença significativa entre as posições do selim ($p < 0,05$). ^{*}Diferença significativa em relação a 1 min do teste ($p < 0,05$). [†]Diferença significativa em relação a 2 min do teste ($p < 0,05$).

O pico da força efetiva produtora do membro inferior dominante (teste e re-teste) e do não-dominante (teste) e o pico da força

efetiva contraproducente do membro inferior dominante (teste e re-teste) e do não-dominante (teste e re-teste) não apresentaram diferenças entre as distintas posições do selim avaliadas. No entanto, o pico da força efetiva produtora do membro inferior não-dominante apresentou diferença no terceiro minuto em relação à posição alta do selim no re-teste (Figura 9).

Também é possível evidenciar que os picos de força efetiva produtora do membro inferior dominante e não-dominante apresentaram valores menores no primeiro minuto em comparação com os demais momentos do teste e re-teste, independente da posição do selim analisada. O pico da força efetiva contraproducente foi inferior no segundo, terceiro e quarto minuto em relação ao primeiro minuto na posição alta do selim do membro inferior não-dominante durante o primeiro teste. O mesmo comportamento foi observado entre o segundo minuto em relação ao quinto e sexto minuto na posição alta do selim do membro inferior não-dominante no segundo teste (re-teste).

As comparações da cadência média nas três posições do selim avaliadas (referência, baixa e alta) entre os intervalos de 1 min dos testes de carga constante (teste e re-teste) são apresentadas na Figura 10.

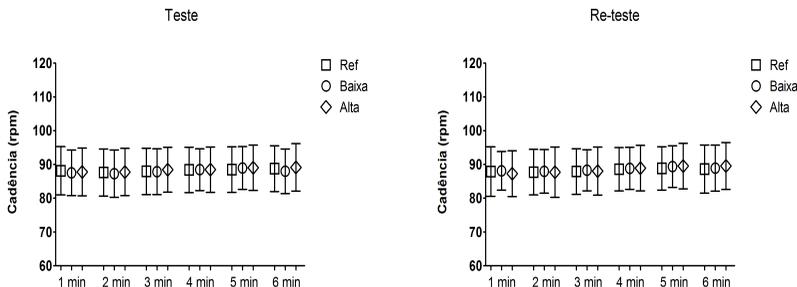


Figura 10. Média e desvio-padrão da cadência média nas alturas do selim de referência (Ref), baixa e alta em intervalos de 1 min durante os testes de carga constante (teste e re-teste). Não foram observadas diferenças estatísticas entre os intervalos de 1 min dos testes de carga constante (teste e re-teste)

A cadência média entre as posições do selim no teste e re-teste não apresentou diferença (Figura 10).

4.3.2 Altura do selim x atividade muscular

As comparações entre teste e re-teste do valor RMS total dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral nas três posições do selim avaliadas (referência, baixa e alta) são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Média e desvio-padrão do valor RMS total (normalizado pelos cinco segundos iniciais do teste de Wingate) dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral nas três posições do selim avaliadas (referência, baixa e alta) durante os testes de carga constante (teste e re-teste).

Músculos (%RMS)	Referência		Baixa		Alta	
	Teste	Re-teste	Teste	Re-teste	Teste	Re-teste
Vasto Lateral	48,6±15,0	50,5±17,6	51,8±16,8	49,9±14,8	48,3±14,0	47,3±12,5
Reto Femoral	37,8±24,1	28,7±15,9	34,4±21,9	24,9±11,6	26,0±13,9	23,8±9,1
Bíceps Femoral	29,3±16,0	34,3±19,0	37,4±18,2	30,1±13,2*	35,6±14,7	36,2±18,6
Gastrocnêmio Lateral	41,6±20,1	41,4±15,9	30,4±13,0	31,9±11,9	33,0±9,0	35,9±13,4

*Diferença significativa entre teste e re-teste

Os resultados mostram que o valor RMS total do músculo bíceps femoral apresenta diferença entre o teste e o re-teste com o selim ajustado na posição baixa. Os demais músculos investigados não apresentaram diferença entre o teste e o re-teste (Tabela 6).

O coeficiente de correlação intraclasse do valor RMS total dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral em cada posição do selim são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Coeficiente de correlação intraclasse (ICC_{3,1}) e significância (p) para a avaliação da concordância dos resultados dos valores de RMS normalizado (porcentagem dos cinco segundos iniciais do teste de Wingate) dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral entre os testes de carga constante (teste e re-teste).

Músculos	Referência		Baixa		Alta	
	ICC _{3,1}	P	ICC _{3,1}	P	ICC _{3,1}	P
Vasto Lateral	0,54	0,110	0,92	<0,001	0,94	<0,001
Reto Femoral	0,73	0,021	0,67	0,041	0,88	0,001
Bíceps Femoral	0,84	0,003	0,85	0,002	0,91	<0,001
Gastrocnêmio Lateral	0,71	0,025	0,71	0,027	0,77	0,010

Os resultados do valor RMS total dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral apresentaram correlações de moderadas (0,4 a 0,7) a excelentes (0,7 a 1,0), conforme correlações da Tabela 7.

A ativação elétrica dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral nas três posições do selim avaliadas (referência, baixa e alta) em cada intervalo de 1 min dos testes de carga constante (teste e re-teste) são apresentadas na Figura 11.

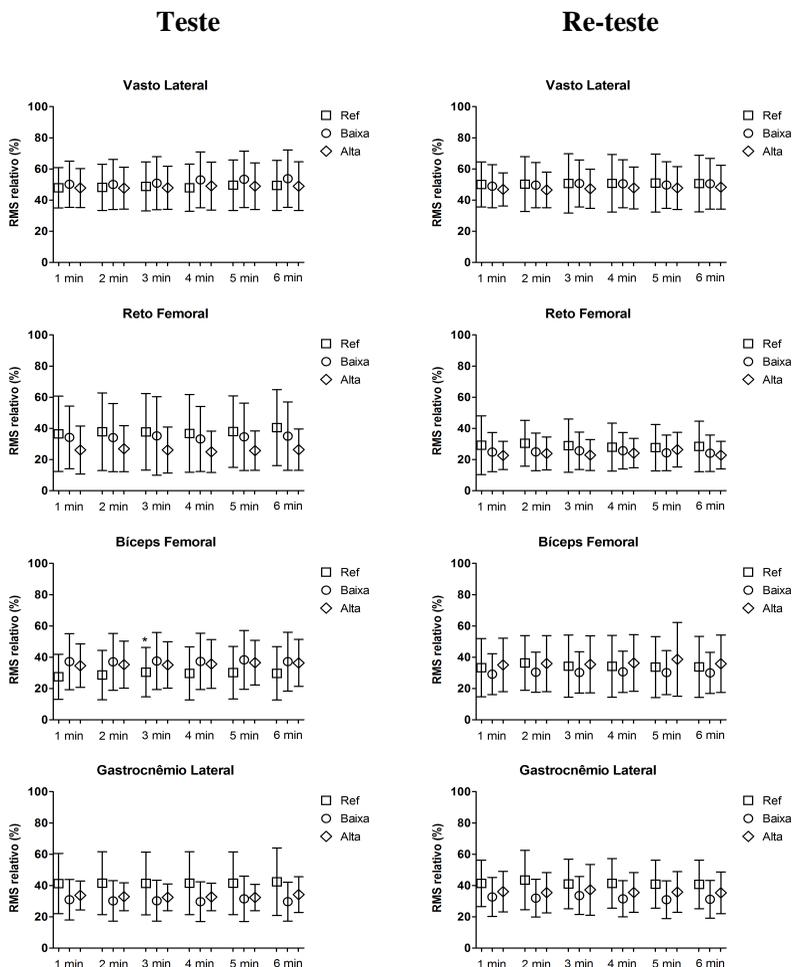


Figura 11. Média e desvio-padrão dos valores de RMS normalizado pelos 5 s iniciais do teste de Wingate dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral em intervalos de 1 min durante os testes de carga constante (teste e re-teste). *Diferença significativa em relação ao 1 min do teste ($p < 0,05$).

Os valores RMS de todos os músculos não apresentaram diferenças entre as distintas posições do selim avaliadas durante o teste e o re-teste. No entanto, o valor RMS do músculo bíceps femoral apresentou diferença significativa em relação ao primeiro minuto do teste.

4.4 Teste de Wingate

4.4.1 Altura do selim x desempenho anaeróbio

Os resultados (média e desvio-padrão) da potência pico, potência pico relativa, potência média, potência média relativa e índice de fadiga obtidas durante os testes de Wingate são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Média e desvio-padrão da potência de pico, potência de pico relativa, potência média, potência média relativa e índice de fadiga nas três posições do selim avaliadas (referência, alta e baixa) durante o teste de Wingate.

Variáveis	Referência		Baixa		Alta	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Potência pico (W)	1299*	294	1441	206	1441	237
Potência pico ($W \cdot kg^{-1}$)	17,6*	3,4	19,4	1,9	19,5	2,2
Potência média (W)	679,2	80,2	673,5	88,2	687,0	91,2
Potência média ($W \cdot kg^{-1}$)	9,2	0,6	9,1	0,8	9,3	0,7
Índice de fadiga (%)	65,0	7,0	67,9	4,8	67,6	6,3

*Diferença significativa entre a posição do selim de referência e as posições do selim baixa e alta ($p < 0,05$).

Os resultados mostram que a potência pico absoluta e potência pico relativa foram maiores nas posições do selim alta e baixa em relação à posição de referência do selim. A potência média (absoluta e relativa) e o índice de fadiga não apresentaram diferenças entre as três alturas do selim avaliadas.

A comparação da potência média relativa e do índice de fadiga entre as três posições do selim (referência, baixa e alta) em cada intervalo de cinco segundos do teste de Wingate são apresentadas nas Figuras 12 e 13, respectivamente.

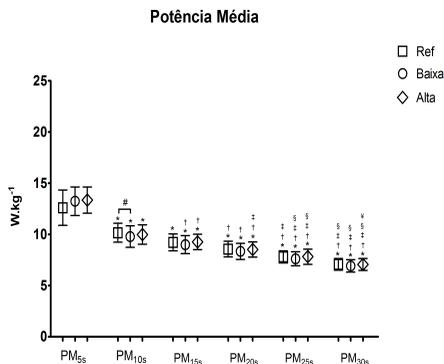


Figura 12. Média e desvio-padrão da potência média relativa nas três posições de referência (Ref), baixa e alta do selim em cada intervalo de cinco segundos durante o teste de Wingate. #Diferença significativa entre as posições do selim ($p < 0,05$). *Diferença significativa em relação ao PM_{5s} ($p < 0,05$). †Diferença significativa em relação ao PM_{10s} ($p < 0,05$). ‡Diferença significativa em relação ao PM_{15s} ($p < 0,05$). §Diferença significativa em relação ao PM_{20s} ($p < 0,05$). ¶Diferença significativa em relação ao PM_{25s} ($p < 0,05$).

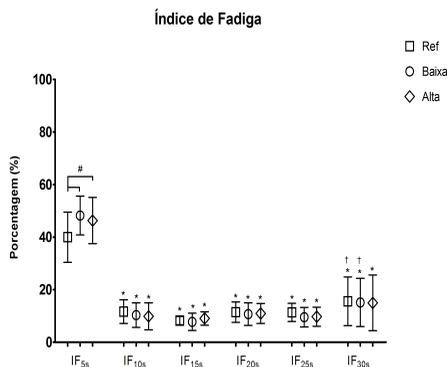


Figura 13. Média e desvio-padrão do índice de fadiga (IF) nas três posições de referência (Ref), baixa e alta do selim em cada intervalo de cinco segundos durante o teste de Wingate. #Diferença significativa entre as posições do selim ($p < 0,05$). *Diferença significativa em relação ao IF_{5s} ($p < 0,05$). †Diferença significativa em relação ao IF_{15s} ($p < 0,05$).

A potência média relativa na posição de referência apresentou diferença entre os intervalos 5 e 10 s em relação a posição baixa no teste de Wingate. Nos outros intervalos do teste de Wingate não houve

diferença na comparação entre as posições do selim. A comparação ao longo do tempo em cada posição do selim demonstra o decréscimo da potência média relativa, independente da altura do selim analisada (Figura 12).

O índice de fadiga apresentou diferença nos cinco primeiros segundos em relação à posição de referência do selim no teste de Wingate. Nos outros intervalos do teste de Wingate não houve diferença nas comparações entre as alturas do selim. A comparação ao longo do tempo em cada posição do selim mostrou diferença entre os cinco segundos iniciais e os outros intervalos, independente da altura do selim investigada. Ainda é possível observar um aumento do índice de fadiga nos cinco segundos finais em relação ao intervalo de 10 a 15 s para as posições de referência e baixa do selim (Figura 13).

4.4.2 Altura do selim x técnica de pedalada

Os resultados (média e desvio-padrão) dos picos totais das forças efetiva produtora e contraproducente e os respectivos ângulos do pedivela onde os mesmos ocorreram nas três posições do selim (referência, baixa e alta) em ambos os membros (dominante e não-dominante) durante o teste de Wingate são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Média e desvio-padrão dos picos de forças efetiva produtora (F_{eprod}) e contraproducente (F_{cprod}) e os respectivos ângulos onde os mesmos ocorreram nas três posições do selim avaliadas (referência, baixa e alta) nos membros inferiores dominante (DO) e não-dominante (ND) durante o teste de Wingate.

Variáveis	Referência		Baixa		Alta	
	DO	ND	DO	ND	DO	ND
F_{eprod} (N)	501±54,1	458±41,3*	504±41,8	447±45*	488±61,5	440,2±57*
Ângulo no pico da F_{eprod} (°)	104±10,5	96±12,9	106±6,9	104±9,9	106±10,2	104,3±16,1
F_{cprod} (N)	-31±24,9	-47±29,3	-35±27,9	-55±24,3	-20±41,7	-43±24,8
Ângulo no pico da F_{cprod} (°)	281±12,5	284±12,4	283±9,4	274±18,3	281±11,5	272±17,8

DO = Membro inferior dominante, ND = Membro inferior não-dominante, F_{eprod} = Força efetiva produtora, F_{cprod} = Força efetiva contraproducente. *Diferença significativa entre membro inferior dominante e não-dominante.

O membro inferior dominante dos atletas produziu mais força efetiva produtora do que o membro não-dominante, independentemente da posição do selim analisada. A força efetiva contraproducente apresentou valores ligeiramente inferiores para o membro inferior dominante em relação ao outro membro nas três diferentes posições do selim. Entretanto, sem apresentar diferenças

significantes (Tabela 9). Nesta mesma tabela, os resultados mostram que as mudanças nas posições do selim não alteraram os picos de forças efetiva produtora e contraprodutora e os respectivos ângulos do pedivela onde mesmos aconteceram.

A comparação do pico de força efetiva produtora dos membros inferiores dominante e não-dominante entre as três posições do selim (referência, baixa e alta) nos intervalos de cinco segundos do teste de Wingate são apresentadas na Figura 14.

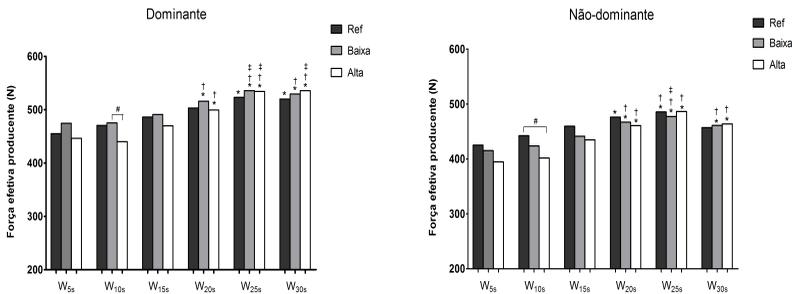


Figura 14. Média e desvio-padrão do pico da força efetiva produtora nas três posições de referência (Ref), baixa e alta do selim, dos membros inferiores (dominante e não-dominante) em intervalos de cinco segundos durante o teste de Wingate. #Diferença significativa entre as posições do selim ($p < 0,05$). *Diferença significativa em relação ao W_{5s} ($p < 0,05$). †Diferença significativa em relação ao W_{10s} ($p < 0,05$). ‡Diferença significativa em relação ao W_{15s} ($p < 0,05$).

A força efetiva produtora foi inferior na posição alta do selim em relação à posição baixa (dominante) e referência (não-dominante) do selim no intervalo entre 5 e 10 s do teste de Wingate (Figura 14). Nos outros intervalos do teste de Wingate não foram encontradas diferenças do pico da força efetiva produtora entre as alturas do selim. A partir da metade do teste de Wingate foi verificado um acréscimo significativo da força efetiva produtora, independentemente da altura do selim investigada.

A comparação do pico de força efetiva contraprodutora dos membros inferiores dominante e não-dominante entre as três posições do selim (referência, baixa e alta) nos intervalos de cinco segundos do teste de Wingate são apresentadas na Figura 15.

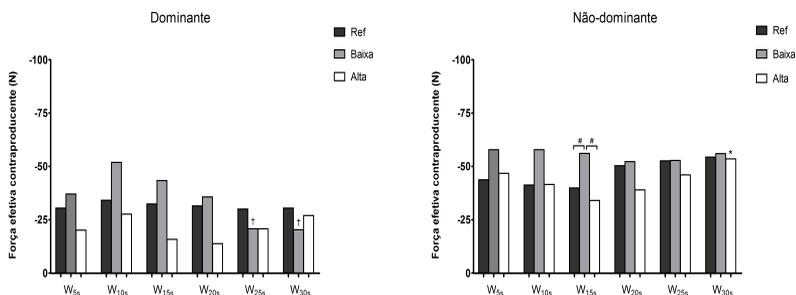


Figura 15. Média e desvio-padrão do pico de força efetiva contraproducente nas três posições de referência (Ref), baixa e alta do selim, dos membros inferiores (dominante e não-dominante) em intervalos de cinco segundos durante o teste de Wingate. #Diferença significativa entre as posições do selim ($p < 0,05$). †Diferença significativa em relação ao W_{10s} ($p < 0,05$). *Diferença significativa em relação ao W_{15s} ($p < 0,05$).

A força efetiva contraproducente foi superior na posição do selim baixa em relação às outras posições para o membro inferior não-dominante entre os intervalos 10 e 15 s do teste de Wingate (Figura 15). A força efetiva contraproducente do membro inferior dominante apresentou diferença no intervalo entre 5 e 10 s em relação os segundos finais do teste de Wingate (W_{25s} e W_{30s}) na posição baixa do selim. A força efetiva contraproducente apresentou diferença no intervalo entre 10 e 15 s e os cinco segundos finais do teste de Wingate do membro inferior não-dominante na posição alta do selim (Figura 15).

A comparação do ângulo do pedivela no pico de força efetiva producente dos membros inferiores dominante e não-dominante entre as três posições do selim (referência, baixa e alta) nos intervalos de cinco segundos do teste de Wingate são apresentadas na Figura 16.

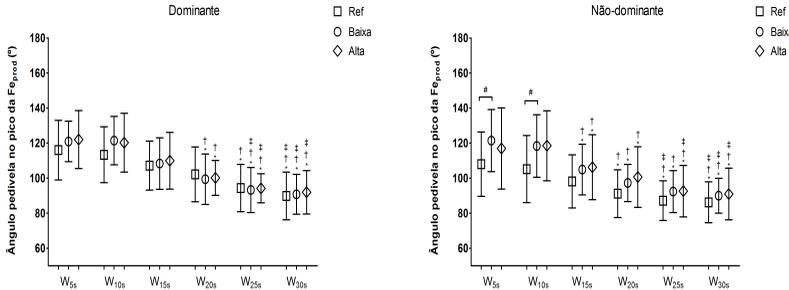


Figura 16. Média e desvio-padrão do ângulo do pedivela no pico de força efetiva produtora (Fe_{prod}) nas três posições de referência (Ref), baixa e alta do selim, dos membros inferiores (dominante e não-dominante) em intervalos de cinco segundos durante o teste de Wingate. #Diferença significativa entre as posições do selim ($p < 0,05$). *Diferença significativa em relação ao W_{5s} ($p < 0,05$). †Diferença significativa em relação ao W_{10s} ($p < 0,05$). ‡Diferença significativa em relação ao W_{15s} ($p < 0,05$).

O ângulo do pedivela no pico de força efetiva produtora foi maior na posição baixa do selim em relação à posição de referência do selim para os instantes iniciais do teste de Wingate (W_{5s} e W_{10s}) do membro inferior não-dominante. Nas outras comparações entre as posições do selim em cada intervalo de tempo não foram encontradas diferenças significantes. O ângulo do pedivela no pico de força efetiva produtora, de ambos os membros, teve um decréscimo na parte final do teste de Wingate, independentemente da posição do selim analisada (Figura 16).

A comparação do ângulo do pedivela no pico de força efetiva contraproducente dos membros inferiores dominante e não-dominante entre as três posições do selim (referência, baixa e alta) nos intervalos de cinco segundos do teste de Wingate são apresentadas na Figura 17.

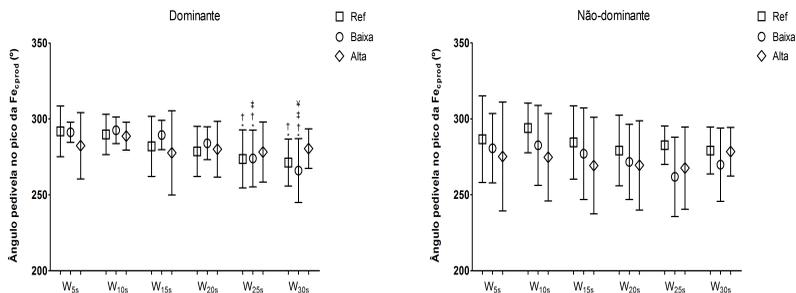


Figura 17. Média e desvio-padrão do ângulo do pedivela no pico de força efetiva contraproducente nas três posições de referência (Ref), baixa e alta do selim, dos membros inferiores (dominante e não-dominante) em intervalos de cinco segundos durante o teste de Wingate. *Diferença significativa em relação ao W_{5s} ($p < 0,05$). †Diferença significativa em relação ao W_{10s} ($p < 0,05$). ‡Diferença significativa em relação ao W_{15s} ($p < 0,05$). §Diferença significativa em relação ao W_{20s} ($p < 0,05$).

O ângulo do pedivela no pico de força efetiva contraproducente não diferiu entre as três posições do selim (referência, baixa e alta) durante o teste de Wingate, em ambos os membros (dominante e não-dominante). Na comparação ao longo do tempo, para esta mesma variável, foi verificado um decréscimo nos últimos 10 s do teste de Wingate em relação à primeira metade do teste de Wingate nas posições do selim de referência e baixa no membro inferior dominante (Figura 17).

As comparações da cadência média nas três posições do selim avaliadas (referência, baixa e alta) nos intervalos de cinco segundos do teste de Wingate são apresentados na Figura 18.

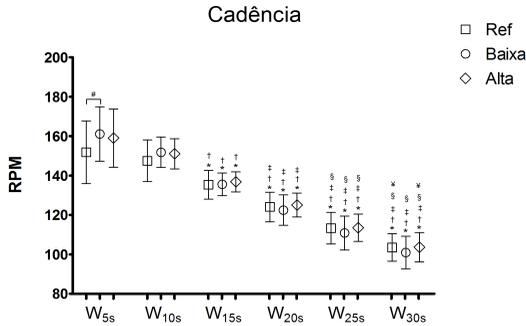


Figura 18. Média e desvio-padrão da cadência média nas três posições de referência (Ref), baixa e alta do selim, dos membros inferiores (dominante e não-dominante) em intervalos de cinco segundos durante o teste de Wingate. #Diferença estatística entre as posições do selim. *Diferença significativa em relação ao W_{5s} ($p < 0,05$). †Diferença significativa em relação ao W_{10s} ($p < 0,05$). ‡Diferença significativa em relação ao W_{15s} ($p < 0,05$). §Diferença significativa em relação ao W_{20s} ($p < 0,05$). ¶Diferença significativa em relação ao W_{25s} ($p < 0,05$).

A cadência média foi diferente na posição baixa do selim em relação à posição do selim de referência nos cinco segundos iniciais do teste de Wingate. Nas comparações entre as posições do selim durante os outros intervalos do teste de Wingate não foram encontradas diferenças significativas. A cadência média teve um decréscimo na parte final do teste de Wingate, independentemente da altura do selim investigada (Figura 18).

4.4.3 Altura do selim x atividade muscular

A comparação do valor total de RMS normalizado dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral entre as três posições do selim (referência, baixa e alta) no teste de Wingate são apresentadas na Figura 19.

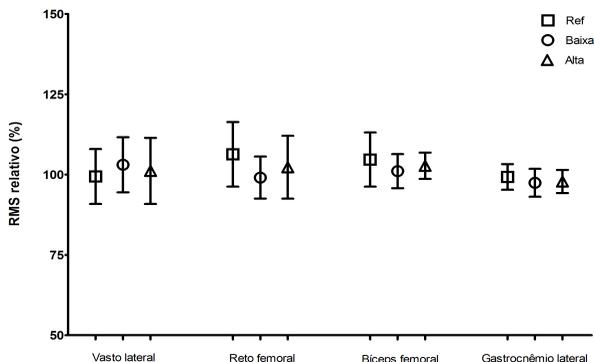


Figura 19. Média e desvio-padrão do valor total de RMS normalizado (porcentagem dos cinco segundos iniciais do teste de Wingate) dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral nas posições de referência (Ref), baixa e alta do selim durante o teste de Wingate.

Os valores totais de RMS normalizado dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral não apresentaram diferença entre as três posições do selim (referência, baixa e alta) investigadas no teste de Wingate (Figura 19).

Os resultados (valor médio e desvio-padrão) do RMS normalizado dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral entre as três posições do selim (referência, baixa e alta) nos intervalos de cinco segundos do teste de Wingate são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Média e desvio-padrão do RMS normalizado (porcentagem dos cinco segundos iniciais do teste de Wingate) dos músculos vasto lateral, reto femoral, biceps femoral e gastrocnêmio lateral nas três posições do selim (referência, baixa e alta) nos intervalos de cinco segundos do teste de Wingate.

	W _{5s} %RMS	W _{10s} %RMS	W _{15s} %RMS	W _{20s} %RMS	W _{25s} %RMS	W _{30s} %RMS
Vasto Lateral						
Referência	100	98,8 ± 8,2	98,6 ± 11,7	97,9 ± 9,7	100,3 ± 12,7	100,8 ± 10,9
Baixa	100	99,7 ± 5,7	101,3 ± 8,8	105,0 ± 11,7	106,0 ± 14,7	106,6 ± 15,1
Alta	100	99,8 ± 6,6	100,2 ± 12,1	102,1 ± 13,9	102,6 ± 15,3	102,2 ± 16,7
Reto Femoral						
Referência	100	106,4 ± 9,3	106,3 ± 12,0	106,8 ± 11,3	108,1 ± 16,2	110,3 ± 16,3*
Baixa	100	97,6 ± 10,1	98,0 ± 13,5	96,2 ± 7,5	101,0 ± 7,4	101,6 ± 8,6
Alta	100	105,4 ± 14,0	102,0 ± 12,3	98,1 ± 12,9	103,1 ± 14,0	105,2 ± 15,4
Biceps Femoral						
Referência	100	104,1 ± 5,3	106,6 ± 9,3	105,9 ± 11,0	106,5 ± 15,3	104,9 ± 15,0
Baixa	100	96,2 ± 18,2	96,6 ± 17,6	97,3 ± 18,8	98,5 ± 21,1	95,5 ± 18,9
Alta	100	101,5 ± 5,7	100,7 ± 6,6	102,0 ± 11,2	107,1 ± 7,5	105,2 ± 6,1
Gastrocnêmio Lateral						
Referência	100	98,9 ± 3,8	98,2 ± 4,0	99,3 ± 4,5	99,4 ± 7,0	99,8 ± 7,4
Baixa	100	97,0 ± 4,3	96,8 ± 4,6	95,3 ± 4,9	100,3 ± 12,6	95,4 ± 5,4
Alta	100	97,9 ± 2,7	97,4 ± 5,6	96,8 ± 4,3	97,2 ± 6,0	100,0 ± 12,5

#Diferença significativa entre as posições do selim de referência e baixa ($p < 0,05$). *Diferença significativa em relação ao W_{5s} ($p < 0,05$).

Apenas a ativação muscular do gastrocnêmio lateral foi maior na posição de referência do selim em relação à posição baixa do selim no intervalo entre 15 e 20 segundos do teste de Wingate. O valor RMS normalizado do músculo reto femoral aumentou no final do teste em relação aos cinco segundos iniciais do teste de Wingate na posição de referência do selim (Tabela 10).

5. DISCUSSÃO

A discussão dos resultados encontrados no presente estudo foi dividida em dois tópicos principais: Testes de carga constante (altura do selim x técnica de pedalada; altura do selim x ativação muscular) e Teste de Wingate (altura do selim x desempenho anaeróbio; assimetria x técnica de pedalada; altura do selim x técnica de pedalada; altura do selim x ativação muscular).

5.1 Testes de carga constante

5.1.1 Altura do selim x técnica de pedalada

Em geral, o pico total das forças efetiva produtora e contraprodutora (Figura 9) não foram afetadas pelas alterações das posições do selim. Esses resultados corroboram com os achados de estudos prévios (ERICSON; NISELL, 1988; LEIRDAL; ETTEMA, 2011). Por isso, acredita-se que as alterações de 2,5% da posição de referência do selim utilizadas no presente estudo não foram suficientes para alterar a cinética da pedalada de ciclistas e triatletas amadores durante testes de carga constante.

Bini, Hume e Croft (2011a) compararam a força efetiva (%) entre as alturas do selim preferida, alta (-10° flexão do joelho da altura preferida), baixa (+10° flexão do joelho da altura preferida) e teoricamente ótima (ângulo do joelho em 25°) em 11 ciclistas e 11 triatletas. Os resultados mostram que não foram encontradas diferenças substanciais entre as alturas do selim para as forças aplicadas no pedal. Entretanto, foram encontrados valores ligeiramente superiores na altura do selim alta e teoricamente ótima em relação às outras alturas, sendo que o tamanho do efeito dessa mudança foi moderado.

Tal tendência também foi encontrada no presente estudo (Figura 9) ao verificar que o pico da força efetiva produtora do membro inferior não-dominante no re-teste apresentou valores ligeiramente superiores na posição alta do selim. Mesmo que, somente no terceiro minuto, foi encontrada diferença significativa entre as posições alta e baixa do selim.

Apesar dos resultados do presente estudo serem discretos, supõe-se que as alterações do selim para baixo podem prejudicar mais o

desempenho dos ciclistas e triatletas, uma vez que a posição do selim muito baixa não permite que os ciclistas estendam completamente a perna e, conseqüentemente, são incapazes de utilizarem toda a força muscular durante a pedalada (LEMOND; GORDIS, 1987).

Outras variáveis analisadas no presente estudo (Tabela 4) foram os ângulos do pedivela onde ocorreram os picos de força efetiva produtora e contraprodutora. Tais variáveis não apresentaram diferença entre as posições do selim testadas. Os ângulos do pedivela no pico da força efetiva produtora aconteceram entre 90 e 111° e no pico da força efetiva contraprodutora aconteceram entre 268 e 290° nas três posições do selim avaliadas (referência, baixa e alta). Estes valores aproximam-se dos encontrados por Lafortune e Cavanagh (1983), o qual mostra que o pico da força efetiva produtora aconteceu a 94° e o pico da força efetiva contraprodutora ocorreu a 274°.

Os picos das forças efetiva produtora e contraprodutora e os respectivos ângulos do pedivela onde ocorreram os picos de força não apresentaram diferenças entre o teste e o re-teste (Tabela 4). A análise da concordância dessas mesmas variáveis entre o teste e o re-teste (Tabela 5) mostrou correlações de moderadas (0,4 a 0,7) a excelentes (0,7 a 1,0). Isso indica que os ângulos do pedivela no pico das forças efetiva produtora e contraprodutora podem variar entre testes idênticos para um mesmo sujeito, mas sem alterar significativamente a produção de força. Tal variabilidade pode estar atrelada a técnica individual de pedalada de cada atleta.

Na comparação do pico das forças efetiva produtora e contraprodutora do membro inferior dominante e não-dominante ao longo dos seis minutos (Figura 9) dos testes de carga constante (teste e re-teste) pode ser observado que os atletas apresentam valores de pico de força efetiva produtora menores no primeiro minuto em relação aos outros minutos dos testes, independente da posição do selim analisada. Tais diferenças podem ser explicadas pela mudança brusca da carga no início do teste que leva o atleta a buscar uma estratégia neuromuscular para manter a mesma cadência e superar a resistência imposta pelo cicloergômetro até atingir o estado de equilíbrio fisiológico (*steady-state*). Segundo Stockhausen et al. (1997), a partir do segundo minuto, pode ser evidenciado o *steady-state* em testes com cargas entre 50 e 250 W em cicloergômetro de membros inferiores.

Alguns estudos prévios mostram que a força efetiva produtora aumenta no final do testes de carga constante até a exaustão (DOREL et al., 2009; SANDERSON; BLACK, 2003) e nas provas simuladas em laboratório (CARPES et al., 2007). No presente estudo, os atletas não

foram levados a exaustão ou incentivados a percorrer uma distância fixa em um menor tempo possível. Por isso, acredita-se que um período maior de teste poderia ocasionar mudanças na aplicação das forças para manter a carga do teste e evitar a fadiga muscular.

Por outro lado, a diminuição do pico da força efetiva contraproducente (melhora da técnica de pedalada) parece estar associada ao nível de experiência dos atletas. De acordo com Burke (2003) e Mornieux et al. (2008), os ciclistas de elite possuem uma melhor técnica de pedalada na fase de recuperação (menores valores de força efetiva contraproducente) do que ciclistas recreacionais. Contudo, na maior parte do tempo os ciclistas profissionais também não puxam o pedal na fase de recuperação devido ao alto gasto energético relacionado a esta prática (CAVANAGH; SANDERSON, 1986), reservando tal técnica para as subidas e os *sprints* (GREGOR; CONCONI; BROKER, 2000).

5.1.2 Altura do selim x ativação muscular

No presente estudo, o valor RMS total (Tabela 6) e o valor RMS de cada intervalo de 1 min dos testes de carga constante (Figura 11) dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral não diferiram entre as três posições do selim avaliadas. Resultados semelhantes foram encontrados por Chen et al. (2011) ao avaliar a atividade muscular do reto femoral e bíceps femoral de 10 homens saudáveis em diferentes alturas do selim (ângulo de flexão do joelho em 10°, 25° e 40°). Os autores não encontraram diferença estatística entre as alturas. Em conclusão, os autores afirmam que a altura do selim não altera a atividade muscular dos membros inferiores.

Entretanto, a maioria de estudos que investigaram a ativação muscular durante a pedalada em diferentes posições do selim verificaram diferenças significantes com o aumento da altura do selim (ERICSON et al., 1985; JORGE; HULL, 1986; SANDERSON; AMOROSO, 2009) ou com a diminuição da altura do selim (HULL; JORGE, 1985).

Jorge e Hull (1986) avaliaram a ativação muscular de seis ciclistas. Os autores encontraram um aumento da ativação do quadríceps e isquiotibiais na altura do selim a 95% do comprimento trocantérico em relação a 100%. Ericson et al. (1985) também verificaram um aumento da ativação muscular do glúteo médio, semimembranáceo, sóleo e

gastrocnêmio medial na posição do selim alta (120% da tuberosidade do ísquio até o solo) em comparação com 102 e 113%.

Sanderson e Amoroso (2009) avaliando 13 ciclistas experientes do sexo feminino mostram que o aumento da altura do selim ocasionou o aumento da velocidade de alongamento e de encurtamento do músculo sóleo. O músculo gastrocnêmio medial apresentou um aumento da ativação muscular com o aumento da altura do selim (107%) comparada com a preferida (102%) e baixa (92%). Os autores concluíram que houve um maior papel do ângulo da articulação do joelho na determinação da excitação do músculo gastrocnêmio medial, confirmando a importância de se ajustar a altura do selim adequadamente.

Em um estudo similar a atual investigação, Diefenthaler et al. (2008b) analisaram o efeito de diferentes posições do selim no padrão de ativação elétrica durante a pedalada. Neste estudo foram investigados os músculos glúteo máximo, reto femoral, bíceps femoral, vasto lateral, gastrocnêmio medial e tibial anterior. Em geral, os resultados mostram que houve um aumento na ativação elétrica dos músculos investigados em função da alteração da posição do selim, principalmente na posição para baixo e para frente. Entretanto não foi possível evidenciar um padrão de ativação eletromiográfica nos três ciclistas. Os autores concluíram que pequenos ajustes na posição do selim podem afetar os padrões de ativação elétrica e, provavelmente, a técnica de pedalada.

A comparação da ativação muscular durante a pedalada em diferentes posições do selim entre esses estudos mostra resultados distintos. Os principais fatores que podem limitar as comparações entre estudos são os diferentes métodos de ajuste do selim empregados (ex.: ângulo relativo do joelho, altura trocantérica, altura da sínfise púbica), os distintos tamanhos da amostra, os diversos níveis de experiência no ciclismo (ex.: atletas profissionais, atletas amadores e não-atletas), o nível de treinamento dos sujeitos (ex.: treinados e não-treinados) e atletas de diferentes modalidades esportivas (ex.: ciclismo de estrada, triatlo, entre outros).

As principais limitações apresentadas no presente estudo foram o nível de experiência no ciclismo (atletas amadores) e as diferentes modalidades esportivas praticadas (cinco ciclistas e sete triatletas). De acordo com Bini, Hume e Croft (2011b) é possível que um ciclista experiente seja adaptado a uma posição específica devido ao seu tempo de treinamento e tal adaptação pode ser menos acentuada em ciclistas recreacionais ou triatletas.

Isso pode ser comprovado no estudo de Chapman et al. (2007), os quais investigaram o recrutamento muscular (tibial anterior e posterior, perônio longo, gastrocnêmio lateral e sóleo) em 11 triatletas experientes, nove ciclistas experientes e 10 ciclistas iniciantes. Os autores encontraram uma menor ativação muscular dos ciclistas experientes em relação aos triatletas experientes em todos os músculos investigados. O padrão de recrutamento muscular dos ciclistas iniciantes foi similar aos dos triatletas. Os autores observaram que o controle do recrutamento muscular em triatletas experientes é menor do que em ciclistas experientes, sugerindo que o treinamento multidisciplinar (natação, ciclismo e corrida) pode interferir na adaptação do sistema neuromuscular durante o ciclismo em triatletas.

Na comparação ao longo do tempo do valor RMS do músculo bíceps femoral (Figura 11) no primeiro teste de carga constante foi observada diferença entre o primeiro e terceiro minuto na posição do selim de referência. Essa diferença não foi evidenciada no segundo teste de carga constante (re-teste). Ainda sobre o músculo bíceps femoral, no presente estudo foi encontrada diferença entre o teste e o re-teste na altura do selim baixa (Tabela 6). Esses achados sugerem que exista uma variabilidade na ativação muscular deste músculo, pois não houve o mesmo padrão de ativação muscular durante o teste e re-teste.

Isso pode ser verificado no estudo de Hug et al. (2008) com 11 ciclistas experientes. Os autores encontraram uma variabilidade média para três músculos biarticulares (bíceps femoral, semimembranáceo e gastrocnêmio medial) e uma pequena variabilidade para quatro músculos monoarticulares (glúteo máximo, sóleo, vasto lateral e vasto medial). Em conclusão, os ciclistas adotam estratégias de ativação muscular individuais durante a pedalada, mesmo apresentando um elevado e homogêneo nível competitivo.

No entanto, o nível competitivo é um fator determinante na técnica de pedalada (ativação muscular). Conforme Chapman et al. (2007) os ciclistas competitivos possuem uma melhor técnica de pedalada em comparação com ciclistas iniciantes. Os ciclistas competitivos têm a capacidade de recrutar o bíceps femoral com o objetivo de puxar o pedal para trás e para cima (MORNIEUX et al. 2008; DIEFENTHAELER et al., 2012). Por isso, a sua ativação é associada ao padrão técnico de pedalada (DUC et al., 2005; BINI, DIEFENTHAELER, CARPES, 2011).

A análise da EMG de superfície (eletromiografia integrada e frequência da mediana) durante o exercício tem sido utilizada para a identificação indireta do tipo de fibra muscular recrutada (JONES;

POOLE, 2005). Krstrup et al. (2004) mostram que existe um aumento do recrutamento dos dois principais tipos de fibras desde a transição até o final do exercício, porém com predomínio das fibras do tipo II. Esse aumento coincide temporalmente com a manifestação do componente lento do VO_2 . Esses achados indicam o possível envolvimento das fibras do tipo II na manifestação do componente lento do VO_2 . No entanto, Scheuermann et al. (2001) avaliaram a ativação muscular do músculo vasto lateral de sete homens por meio de um teste de carga constante ($\Delta 50\%$). Os autores não encontraram diferença estatística ao longo dos seis minutos do teste, concluindo que o componente lento do VO_2 não está associado ao aumento do recrutamento das unidades motoras ou na mudança da proporção do recrutamento de fibras musculares do tipo I e tipo II. Complementando, Cannon et al. (2007) avaliaram a atividade EMG dos músculos vasto lateral e gastrocnêmio lateral de oito ciclistas treinados durante exercício no domínio pesado. Os resultados mostram que a ativação de ambos os músculos não diferiram ao longo dos seis minutos.

Os valores RMS do músculos analisados (vasto lateral, reto femoral, gastrocnêmio lateral) no presente estudo também não apresentaram diferenças ao longo dos testes de carga constante (teste e re-teste), corroborando com os estudos de Scheuermann et al. (2001) e Cannon et al. (2007). Baseado nessas informações, supõe-se que não exista associação entre a cinética do VO_2 no domínio pesado e o recrutamento das fibras musculares.

5.2 Teste de Wingate

5.2.1 Altura do selim x desempenho anaeróbio

No presente estudo (Tabela 8), a potência pico absoluta e potência pico relativa foram maiores nas posições do selim alta e baixa em relação à posição de referência do selim. A potência média (absoluta e relativa) e o índice de fadiga não apresentaram diferenças entre as três alturas do selim avaliadas.

Em um estudo semelhante, Peveler e Green (2011) avaliaram a desempenho anaeróbio de 11 ciclistas treinados em três diferentes alturas do selim (109% da altura da sínfise púbica até o solo, ângulo do joelho de 25° e ângulo do joelho de 35°) por meio do teste de Wingate. Os autores encontraram valores maiores na potência pico com ângulo do joelho em 25° ao comparar com 109% da altura da sínfise púbica até o solo. A potência média com ângulo do joelho em 25° foi significativamente maior em relação ao ângulo do joelho em 35°.

Peveler, Pounders e Bishop (2007) afirmam que, tanto o ângulo do joelho em 25° quanto a 109% da altura da sínfise púbica até o solo (menor que 25°) produzem uma altura do selim maior em relação ao ângulo de 35°. Isso sugere uma tendência de aumento da potência produzida em alturas mais elevadas do selim quando comparado a alturas inferiores.

Na comparação entre as posições do selim durante os seis intervalos do teste de Wingate (Figura 12) pode ser observados valores de potência média relativa ligeiramente superiores nas posições alta e de referência do selim em relação à posição do selim baixa. Entretanto, apenas no intervalo entre 5 e 10 s do teste de Wingate foi verificado diferença na comparação entre as posições de referência e baixa.

Peveler et al. (2004) ressalta que o teste de Wingate, por ser realizado em esforço máximo por um curto período de tempo (30 s), pode não ser muito sensível para mensurar precisamente as mudanças na performance decorrentes das alterações da altura do selim. Por isso, futuros estudos devem realizar a reprodutibilidade do teste de Wingate em cada alteração da posição do selim.

Uma limitação do presente estudo foi não ter randomizado o início dos testes de Wingate, uma vez que todos os atletas iniciaram a bateria de testes de Wingate na posição do selim de referência, sendo realizado um sorteio simples para as outras duas posições. Isso pode ter ocasionado os valores baixos da potência pico na posição do selim de referência em relação a posição baixa.

5.2.2 Assimetria x técnica de pedalada

A assimetria entre os membros inferiores podem afetar negativamente o desempenho dos atletas, pois sobrecarrega o membro inferior mais forte, aumentando o risco de desenvolver fadiga precoce e lesões decorrentes do uso excessivo (CARPES et al., 2007). Gregor, Conconi e Broker (2000) complementam dizendo que a assimetria é

muito comum durante a pedalada e o desajuste da bicicleta ao ciclista pode acentuá-la.

Estes achados estão de acordo com o estudo realizado por Carpes et al. (2007) com seis ciclistas competitivos. Os autores investigaram o pico de torque (produto entre a força efetiva e o comprimento do pedivela) em quatro estágios do contrarrelógio de 40 km dos membros inferiores dominante e não-dominante. Os resultados desse estudo mostram que o torque produzido pelo membro dominante apresentou valores superiores em relação ao membro inferior não-dominante no segundo e terceiro estágio do contrarrelógio de 40 km.

Por outro lado, Bini et al. (2007) avaliaram a simetria do torque de 11 ciclistas de estrada em quatro diferentes estágios do teste de incremental máximo (60, 75, 90 e 100% do $VO_{2MÁX}$) e não encontraram diferença entre os membros inferiores (dominante e não-dominante) em nenhum dos estágios. Entretanto, os autores explicam tal divergência em relação a estudos prévios pela alta variabilidade da força entre os sujeitos e entre os dias.

Durante a realização do teste de Wingate, os resultados do presente estudo mostram que os atletas produzem mais força efetiva produtora no membro inferior dominante do que o membro não-dominante, independentemente da posição do selim analisada. Mesmo não apresentando diferenças estatísticas, o pico de força efetiva contraproducente apresentou valores ligeiramente inferiores (valores menores indicam melhor técnica de pedalada na fase de recuperação) para o membro dominante na comparação com o outro membro nas três diferentes alturas do selim (Tabela 9).

Com base nestes resultados pode-se inferir que os atletas apresentam uma melhor técnica de pedalada no membro inferior dominante durante o teste de Wingate e a assimetria não diminuiu com as alterações das posições do selim.

5.2.3 Altura do selim x técnica de pedalada

Em geral, o pico de força efetiva produtora (Figura 14) e o pico de força efetiva contraproducente (Figura 15) ao longo do teste de Wingate não diferiram entre as posições do selim. Apenas a força efetiva produtora foi inferior na posição alta do selim em relação à posição baixa (dominante) e referência (não-dominante) do selim no intervalo entre 5 e 10 s do teste de Wingate e a força efetiva contraproducente foi superior na posição do selim baixa em relação às

outras posições para o membro inferior não-dominante entre os intervalos 10 e 15 s do teste de Wingate.

Essas pequenas diferenças entre as posições do selim podem ter ocorrido pela adaptação funcional e a relação força-comprimento dos músculos envolvidos na pedalada. De acordo com Too (1990), a altura do selim modifica a relação força-comprimento, alterando o alongamento e o encurtamento da musculatura envolvida que, por sua vez, afeta a produção de força. Herzog et al. (1991) complementam afirmando que a relação força-comprimento do músculo não é uma propriedade constante podendo se adaptar as exigências funcionais específicas.

Na literatura investigada, não foram encontrados estudos que abordassem a técnica de pedalada (forças efetiva produtora e contraprodutora) em diferentes posições do selim durante o teste de Wingate. Alguns estudos (BINI; HUME; CROFT, 2011a; DIEFENTHAELER et al., 2008a) realizados em intensidade submáxima mostram uma pequena mudança na técnica de pedalada.

As pequenas alterações (1 cm) da posição do selim (vertical e horizontal) no estudo de Diefenthaler et al. (2008a) mostram que um ciclista de estrada de elite (oito anos de experiência) pedalando por três minutos em uma carga correspondente ao segundo limiar ventilatório apresentou valores distintos do impulso de força efetiva nas cinco posições avaliadas (referência: 55,97 N·s, cima: 52,05 N·s, baixo: 53,73 N·s, frente: 50,93 N·s e trás: 52,61 N·s). Apesar de tal investigação ser um estudo de caso (sem conclusões estatísticas), os resultados sugerem que as pequenas alterações das posições do selim podem modificar a técnica de pedalada em ciclistas bem treinados.

Em outro estudo submáximo, Bini, Hume e Croft (2011a) compararam a força efetiva (%) entre as alturas do selim preferida, alta (-10° flexão do joelho da altura preferida), baixa (+10° flexão do joelho da altura preferida) e teoricamente ótima (ângulo do joelho em 25°) em 11 ciclistas e 11 triatletas. Os atletas pedalaram por dois minutos em uma carga normalizada pela massa corporal. Os resultados mostram que não foram encontradas diferenças substanciais entre as alturas do selim para as forças aplicadas no pedal. Entretanto, os resultados mostram valores ligeiramente superiores na altura do selim alta e teoricamente ótima em relação às outras alturas, sendo que o tamanho do efeito dessa mudança foi moderado.

No presente estudo, as alterações da altura do selim foram de 2,5% da altura da sínfise púbica até o solo. Conforme Bini (2011) as mudanças na altura do selim de 5% da altura de referência não resultam

em grandes mudanças na cinética da pedalada. Tal afirmação justifica os achados do presente estudo, no qual as forças efetiva produtora e contraprodutora não apresentaram diferenças significativas entre as alturas do selim durante o teste de Wingate na maioria das comparações realizadas.

Na comparação do pico de força efetiva contraprodutora (Figura 15) do membro inferior não-dominante nos intervalos do teste de Wingate foi verificado um aumento nos 5 s finais do teste na posição alta do selim. Isso mostra que os ciclistas realizam movimentos multiarticulares cíclicos dos membros inferiores, o qual requer uma coordenação específica dos músculos dos membros inferiores (HUG; DOREL, 2009). Smak, Neptune e Hull (1999) complementam afirmando que o aumento do torque negativo (força efetiva contraprodutora) no membro inferior não-dominante é relacionado ao déficit de força ou coordenação dos músculos flexores do quadril.

Ao analisar os intervalos do teste de Wingate foi evidenciado que o pico de força efetiva produtora (dominante e não-dominante) a partir da metade do teste apresentou um acréscimo significativo, independente da posição do selim analisada (Figura 14). Esses achados discordam de outros estudos realizados com protocolos de fadiga (BINI; DIEFENTHAELER, 2010; DIEFENTHAELER et al., 2007).

Bini e Diefenthaler (2010) avaliaram a técnica de pedalada (índice de efetividade) de 11 ciclistas durante um teste de ciclismo incremental (75%, 90% e 100% da potência máxima estimada) até a exaustão. Os ciclistas pedalavam por dois minutos em cada carga. Caso não fosse atingido o $VO_{2MÁX}$ no último estágio era acrescentado mais 5% da carga a cada minuto até a exaustão voluntária. Os resultados mostram que não houve diferença do índice de efetividade durante o incremento das cargas. Os autores concluíram que mesmo sem mudar a aplicação de força nos pedais, os ciclistas adaptaram a técnica de pedalada para superar as altas cargas e a fadiga.

Diefenthaler et al. (2007) avaliaram a técnica de pedalada (índice de efetividade) de oito ciclistas de elite durante um teste de fadiga (100% do $VO_{2MÁX}$). Os ciclistas pedalaram entre quatro e 10 min em 100% do $VO_{2MÁX}$. O índice de efetividade foi analisado em cada intervalo de 10% de todo o protocolo de fadiga. Os resultados mostram que não houve diferença significativa entre os intervalos de tempo. Os autores sugerem que, sob fadiga, os ciclistas bem treinados são capazes de manter a técnica de pedalada.

Cabe ressaltar que o teste de Wingate apresenta características (alta intensidade e curta duração) diferentes dos protocolos de fadiga

mencionados anteriormente. No presente estudo, o pico de força efetiva produtora (dominante e não dominante) aumentou (Figura 14) e a cadência diminuiu ao longo do teste de Wingate (Figura 18). A relação força-velocidade pode ser uma explicação para estes achados.

De acordo com MacIntosh, Neptune e Horton (2000), a relação da resistência mecânica e velocidade no cicloergômetro podem ser associadas à relação força-velocidade do encurtamento muscular, sendo que existe uma relação inversa entre força efetiva e velocidade, ou seja, em grandes velocidades não são produzidos valores elevados de força (RASSIER; MACINTOSH; HERZOG, 1999).

Isso pode ser confirmado por Sanderson, Hennig e Black (2000), os quais avaliaram a força efetiva e inefetiva de 29 ciclistas competitivos e recreacionais em quatro cargas (100, 200, 300 e 400 W) e em três cadências (60, 80 e 100 rpm). Os resultados mostram que o acréscimo de carga provoca um aumento da força efetiva e uma diminuição da força inefetiva, quando mantida a cadência constante. Da mesma forma, quando a cadência aumentou de 60 para 100 rpm e foi mantida a carga constante houve uma diminuição da força efetiva e aumento da força inefetiva.

Independentemente da posição do selim analisada, outra mudança que ocorreu com o decréscimo da cadência, diminuição do pico de força efetiva contraprodutora e aumento do pico de força efetiva produtora ao longo do teste de Wingate foi a diminuição significativa dos ângulos do pedivela onde ocorreram os picos das forças efetiva produtora (Figura 16) e contraprodutora (Figura 17).

Nos segundos finais do teste, o ângulo do pedivela onde ocorreram os picos das forças efetiva produtora e contraprodutora encontravam-se próximos dos apresentados por Lafortune e Cavanagh (1983), os quais mostram que o pico da força efetiva produtora aconteceu a 94° e o pico da força efetiva contraprodutora ocorreu a 274° do ciclo de pedalada.

Conforme Lefever-Button (2001), a força efetiva produtora aumenta à medida que o pedivela se aproxima de 90° do ciclo da pedalada, ângulo que corresponde ao pico de atividade do quadríceps. O treinamento específico no esporte pode modificar o comprimento ótimo da musculatura. Conforme Herzog et al. (1991), os corredores por realizar exercícios concêntricos e excêntricos treinam em um comprimento ótimo ou próximo do melhor comprimento das fibras musculares. Já os ciclistas treinam em um menor comprimento das fibras musculares por realizarem treinos predominantemente concêntricos.

5.2.4 Altura do selim x atividade muscular

Em geral, a ativação muscular (Figura 19) durante o teste de Wingate não foi modificada com as alterações das posições do selim. Apenas o valor RMS do músculo gastrocnêmio lateral foi maior na posição de referência do selim em relação à posição baixa do selim no intervalo entre 15 e 20 s do teste de Wingate (Tabela 10).

Esses achados discordam de outros estudos realizados em cargas submáxima (ERICSON et al., 1985; SANDERSON; AMOROSO, 2009) e supramáxima (RICARD et al., 2006). Mais especificamente, Ericson et al. (1985) verificaram um aumento da ativação do glúteo médio, semimembranáceo, sóleo e gastrocnêmio medial na posição alta do selim (120% da tuberosidade do ísquio até o solo) em comparação com 102 e 113%. Sanderson e Amoroso (2009) avaliaram 13 ciclistas experientes do sexo feminino e investigaram um aumento da ativação muscular do músculo gastrocnêmio medial com o aumento da altura do selim (107%) comparada com a preferida (102%) e baixa (92%).

Em um estudo supramáximo (teste de Wingate), mas com ajuste do selim diferente do presente estudo, Ricard et al. (2006) avaliaram a ativação muscular (vasto lateral, vasto medial, semimembranáceo e bíceps femoral) em diferentes ângulos do tubo do selim (72 e 82°). Os 12 triatletas (10 homens e 2 mulheres) experientes realizaram o teste de Wingate nas diferentes angulações do tubo do selim. Os resultados mostram que a ativação muscular do bíceps femoral foi significativamente maior na angulação de 72° comparado com 82°.

Cabe ressaltar que a comparação dos resultados encontrados no presente estudo com tais investigações é limitada devido à diferença dos músculos avaliados, da intensidade dos testes e dos métodos de ajuste do selim. Por isso, existe a necessidade do desenvolvimento de novos estudos que abordem as alterações da ativação muscular em diferentes posições do selim, bem como as diferentes propriedades mecânicas, arquitetônica e morfológicas dos músculos envolvidos na pedalada para uma interpretação mais consistente da ativação muscular durante esforços de alta intensidade.

Na comparação ao longo do tempo foi evidenciado um aumento do valor RMS do músculo reto femoral nos cinco segundos finais em comparação com os cinco segundos iniciais do teste de Wingate, na posição do selim de referência (Tabela 10).

De acordo com Johnson et al. (1973), o músculo reto femoral apresenta maior proporção de fibras de contração rápida ou tipo II (70,5%). A principal fonte energética das fibras de tipo II durante o exercício é a glicólise, sendo que o seu pico de produção acontece entre 15 e 30 s (SERRESSE et al., 1988). Por isso, a composição das fibras musculares pode ser uma explicação para o aumento da ativação muscular do reto femoral ao final do teste de Wingate.

Outra explicação pode ser as propriedades mecânicas do músculo. Kouzaki, Shinohara e Fukunaga (1999) ressaltam que o músculo reto femoral pode apresentar uma estratégia de controle neural diferente dos músculos mono-articulares (ex.: vasto lateral), por ser um músculo bi-articular (flexão do joelho e extensão do quadril) com a função de distribuir o torque para ambas as articulações e controlar a direção do movimento (JACOBS; JAN; SCHENAU, 1992).

O valor RMS dos músculos vasto lateral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral não sofreram alterações ao longo do teste de Wingate, independente da posição do selim analisada (Tabela 10). Resultados semelhantes foram encontrados por Okano (2004) e Hunter et al. (2003).

Okano (2004) analisou a resposta eletromiográfica dos músculos vasto lateral, vasto medial e reto femoral a cada cinco segundos do teste de Wingate. Os ciclistas (8 homens) realizaram três testes de Wingate com intervalo de dois minutos entre eles. Os resultados mostram que o valor RMS dos músculos avaliados não sofreu alterações significantes em nenhum dos testes de Wingate, quando analisados separadamente.

Hunter et al. (2003) avaliando 10 homens saudáveis, por meio do teste de Wingate, também não constataram alterações nos valores de potenciais de ação (eletromiografia integrada) do músculo reto femoral ao longo dos 30 s do teste de Wingate. Os autores explicam que a estabilidade da amplitude dos sinais eletromiográficos do reto femoral ao longo do teste pode ser devido ao curto tempo do teste de Wingate (30 s), sendo insuficiente para que os estímulos aferentes enviados pelos receptores metabólicos alcancem o sistema nervoso central.

Por outro lado, Vandewalle et al. (1991) realizaram o teste de Wingate de 45 s em seis homens saudáveis. Os resultados mostram que houve uma redução na amplitude do sinal eletromiográfico dos músculos vasto lateral e vasto medial.

Com base nos achados do presente estudo e nas investigações mencionadas anteriormente é possível que o tempo de realização do teste de Wingate possa interferir na amplitude dos sinais

eletromiográficos. Entretanto, novas pesquisas devem ser realizadas para confirmar estes achados. Sugere-se a utilização de análise bioquímica e ergoespirometria, juntamente com a eletromiografia, para poder identificar a contribuição dos sistemas energéticos durante diferentes tempos de realização do teste de Wingate.

6. CONCLUSÃO

Baseado em LeMond e Gordis (1987), os quais afirmam que as alturas do selim muito baixa e muito alta podem prejudicar a técnica de pedalada, as hipóteses (H_1 e H_2) do presente estudo foram rejeitadas, pois as alterações da posição do selim não influenciou na respostas da força efetiva produtora, força efetiva contraprodutora e ativação muscular do vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral durante a realização testes submáximos e supramáximos.

Os dados do presente estudo sugerem que alterações de 2,5% (\pm 2 cm) na altura do selim em ciclistas e triatletas amadores não provocam grandes mudanças na técnica de pedalada (forças aplicadas no pedal e recrutamento muscular), durante a realização testes submáximos e supramáximos.

Conclusões adicionais da atual investigação mostram que houve um acréscimo significativo da força efetiva produtora, seguida por um decréscimo da cadência e dos ângulos do pedivela onde ocorreram os picos das forças efetiva produtora e contraprodutora (apenas membro inferior dominante) durante o teste de Wingate. Ainda, o membro inferior dominante dos atletas produziu o pico de força efetiva produtora maior do que o outro membro, independente da posição do selim analisada (referência, baixa e alta).

SUGESTÕES PARA NOVOS ESTUDOS

Ao final deste estudo, algumas sugestões são apresentadas:

- Utilizar ciclistas e triatletas experientes na amostra do estudo, pois a técnica de pedalada pode estar atrelada experiência competitiva dos atletas.

- Avaliar um número maior de atletas, podendo assim realizar comparações da técnica de pedalada entre ciclistas e triatletas.

- Avaliar a ativação muscular dos músculos de ambos os membros inferiores, a fim de analisar a assimetria durante a pedalada e, assim, melhor compreender as estratégias de recrutamento muscular.

- Desenvolver novos estudos que avaliem a técnica de pedalada (forças aplicadas no pedal e recrutamento muscular) de ciclistas e triatletas durante testes supramáximos (anaeróbios), pois são raros os estudos encontrados na literatura.

7 REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, A. F. **Metodologia científica e educação**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2009.
- BALDARI, C.; GUIDETTI, L. A simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 32, n.10, p. 1798-1802, 2000.
- BAUM, B. S.; LI, L. Lower extremity muscle activities during cycling are influenced by load and frequency. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 13, n. 2, p. 181-90, 2003.
- BINI, R. R. Effects of saddle position on pedaling technique and methods to assess pedalling kinetics and kinematics of cyclists and triathletes. **PhD Thesis**. Auckland University of Technology, New Zealand, 2011. 262p.
- BINI, R. R.; DIEFENTHAELER, F. Kinetics and kinematics analysis of incremental cycling to exhaustion. **Sports biomechanics**, v. 9, p. 223-235, 2010.
- BINI, R. R.; DIEFENTHAELER, F.; CARPES, F. P. Lower limb muscle activation during a 40km cycling time trial: Co-activation and pedalling technique. **International Sport Med Journal**. v. 12, p. 7-16, 2011.
- BINI, R. R.; DIEFENTHALER, F.; CARPES, F.; MOTA, C. B. External work bilateral symmetry during incremental cycling exercise. XXV ISBS Symposium 2007, Ouro Preto, Brazil.
- BINI, R. R.; HUME, P.A.; CROFT, J. L. Effects of saddle height on pedal force effectiveness. 5th Asia-Pacific Congress on Sports Technology (APCST). **Procedia Engineering**, v. 13, p. 51-55, 2011a.
- BINI, R. R.; HUME, P. A.; CROFT, J. L. Effects of bicycle saddle height on knee injury risk and cycling performance. **Sports Medicine**. v. 41, n. 6, p. 463-76, 2011b.
- BINI, R. R., TAMBORINDEGUY, A. C.; MOTA, C. B. Effects of saddle height, pedaling cadence, and workload on joint kinetics and kinematics during cycling. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 19, n. 3, 301-14, 2010.
- BURKE, E. R. **High-Tech Cycling**. 2 ed. p. 69-92. Champaign: Ed. Human Kinetics, 2003.
- CANDOTTI, C. T.; RIBEIRO, J.; SOARES, D. P.; OLIVEIRA, A. R.; LOSS, J. F.; GUIMARÃES A. C. S. Effective force and economy of triathletes and cyclists. **Sports Biomechanics**, v. 6, n. 1, p. 31-43, 2007.

- CANNON, D. T.; KOLKHORST, F. W.; CIPRIANI, D. J. Electromyographic data do not support a progressive recruitment of muscle fibers during exercise exhibiting a VO_2 slow component. **Journal of Physiological Anthropology**, v. 26, n. 5, p. 541-546, 2007.
- CARPES, F. P.; DAGNESE, F.; LIMBERGER, I. F.; ROSSATO, M.; MOTA, C. B.; SILVA, A. D. S. Análise da variação da velocidade angular do pedivela usando métodos de cinemetria e sensores reed-switch. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 8, p. 78-84, 2006a.
- CARPES, F. P.; BINI, R. R.; NABINGER, E.; DIEFENTHAELER, F.; MOTA, C. B.; GUIMARÃES, A. C. S. Aplicação de força no pedal em prova de ciclismo 40 km contra-relógio: estudo preliminar. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 19, n. 2, p. 105-113, 2005.
- CARPES, F. P.; ROSSATO M.; FARIA I. E.; MOTA C. B.. Bilateral pedaling asymmetry during a simulated 40-km cycling time-trial. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 47, n. 1, p. 51-57, 2007.
- CAVANAGH, P. R.; SANDERSON, D. J. The Biomechanics of cycling: studies of the pedaling mechanics of elite pursuit riders. In: BURKE, E. R. **Science of cycling**. p. 91-122. Champaign: Ed. Human Kinetics, 1986.
- CHAPMAN, A. R.; VICENZINO, B.; BLANCH, P.; HODGES, P. W. Leg muscle recruitment during cycling is less developed in triathletes than cyclists despite matched cycling training loads. **Experimental Brain Research**, v. 181, n. 3, p. 503-518, 2007.
- CHEN, Y. L.; HUANG, H. W.; CHEN, P. H.; LEE, Y. M.; LEE, H. J. Physiological and electromyographic responses at three levels of bicycle seat height. **Portuguese Journal of Sport Sciences**, v. 11, S2, 2011.
- COZBY, P. C. **Métodos de pesquisa em ciências do comportamento**. São Paulo: Atlas, 2006.
- COYLE, E. F.; FELTNER, M. E.; KAUTZ, S. A.; HAMILTON, M. T.; MONTAIN, S. J.; BAYLOR, A. M.; ABRAHAM, L. D.; PETREK, G. W. Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 23, n. 1, p. 93-107, 1991.
- DE LUCA, C. J. The use of surface electromyography in biomechanics. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 13, p. 135-163, 1997.
- DIEFENTHAELER, F. Atividade eletromiográfica e força muscular de membros inferiores durante o ciclismo até a exaustão em atletas competitivos. **Tese de Doutorado** - Escola de Educação Física,

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2009, p. 92.

DIEFENTHAELER, F. Avaliação dos efeitos da posição do selim na técnica da pedalada de ciclistas: estudo de casos. **Dissertação de Mestrado** - Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2004, p. 191.

DIEFENTHAELER, F.; BINI, R. R.; NABINGER, E.; LAITANO, O.; CARPES, F. P.; MOTA, C. B.; GUIMARÃES, A. C. S. Proposta metodológica para a avaliação da técnica da pedalada de ciclistas: estudo de caso. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 14, n. 2, p. 155-158, 2008a.

DIEFENTHAELER, F.; BINI, R. R.; KAROLCZAK, A. P. B.; CARPES, F. P. Ativação muscular durante a pedalada em diferentes posições do selim. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 10, n. 2, p. 161-169, 2008b.

DIEFENTHAELER, F.; COYLE, E. F.; BINI, R. R.; CARPES, F. P.; VAZ, M. A. Muscle activity and pedal force profile of triathletes during cycling to exhaustion. **Sports Biomechanics**. v. 1, p. 1-10, *in press*.

DOREL, S.; COUTURIER, A.; LACOUR, J. R.; VANDEWALLE, H.; HAUTIER, C.; HUG, F. Force-velocity relationship in cycling revisited: benefit of two-dimensional pedal forces analysis. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 42, n. 6, p. 1174-1183, 2010.

DOREL, S.; DROUET, J. M.; COUTURIER, A.; CHAMPOUX, Y.; HUG, F. Changes of pedaling technique and muscle coordination during an exhaustive exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 6, p. 1277-1286, 2009.

DUC, S.; BETIK, A. C.; GRAPPE, F. EMG activity does not change during a time trial in competitive cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, n. 2, 145-150, 2005.

ERICSON, M. O.; NISELL, R. Efficiency of pedal forces during ergometer cycling. **International Journal of Sports Medicine**. v. 9, n. 2, p.118-122, 1988.

ERICSON, M. O.; NISEL, R.; ARBORELIUS, U. P.; EKHOLM, J. Muscular activity during ergometer cycling. **Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine**. v. 17, n. 2, p. 53-61, 1985.

ERICSON, M. O.; NISELL, R.; NEMETH, G. Joint Motions of the Lower Limb during Ergometer Cycling. **American Physical Therapy Association**, v. 9, n. 8, p. 273-278, 1988.

FARIA, E. W.; PARKER, D. L.; FARIA, I. E. The science of cycling factors affecting performance - Part 2. **Sports Medicine**, v. 35, n. 4, p. 313-337, 2005.

- FERREIRA, L. F.; HARPER, A. J.; TOWNSEND, D. K.; LUTJEMEIER, B. J.; BARSTOW, T. J. Kinetics of estimated human muscle capillary blood flow during recovery from exercise. **Experimental Physiology**, v. 90, n. 5, p. 715-726, 2005.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed., Ed. Atlas, São Paulo, 2002.
- GREGOR, R. J. Biomechanics of cycling. In: GERRET, W. E.; KIRKENDAL, D. T. **Exercise and sport science**. Philadelphia – EUA: Lippincott Williams & Wilkins, 2000.
- GREGOR, R. J.; CONCONI, F.; BROKER, J. P. Biomechanics of Road Cycling. In: GREGOR, R. J.; CONCONI, F. **Road Cycling**. p. 18-39, Wiley-Blackwell, 2000.
- HERZOG, W.; GUIMARAES, A. C.; ANTON, M. G.; CARTER-ERDMAN, K. A. Moment-length relations of rectus femoris muscles of speed skaters/cyclists and runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 23, n. 11, p. 1289-1296, 1991.
- HODGES, P. W.; BUI, B. H. A comparison of computer-based methods for the determination of onset of muscle contraction using electromyography. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, v. 101, n. 6, p. 511-519, 1996.
- HUG, F.; DOREL, S. Electromyographic analysis of pedaling: A Review. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 19, n. 2, p. 182-198, 2009.
- HUG, F.; DROUET, J. M.; CHAMPOUX, Y.; COUTURIER, A.; DOREL, S. Interindividual variability of electromyographic patterns and pedal force profiles in trained cyclists. **European Journal of Applied Physiological**, v. 104, n. 4, p. 667-78, 2008.
- HULL, M. L.; JORGE, M. A method for biomechanical analysis of bicycle pedaling. **Journal of Biomechanics**, v. 18, n. 9, p. 631-644, 1985.
- HUNTER, A. M.; GIBSON, A. S. C.; LAMBERT M. I.; NOBBS, M.; NOAKES, T. D. Effects of supramaximal exercise on the electromyographic signal. **British Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 4, p. 296-299, 2003.
- INBAR, O.; BAR-OR, O.; SKINNER, J. S. **The Wingate anaerobic test**. Champaign: Human Kinetics, 1996.
- ISEK. Standards for reporting EMG data. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. v. 9, n. 1, 1999.
- JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L.; GRAVES, J. E.; MAHAR, M. T. Reliability and validity of bioelectrical impedance in determining body

composition. **Journal of Applied Physiology**, v. 64, n. 2, p. 529-534, 1988.

JACOBS, R.; JAN, G.; SCHENAU, I. Control of an external force in leg extensions in humans. **Journal of Physiology**, v. 457, p. 611-26, 1992.

JOHNSON, M. A.; POLGAR, J.; WEIGHTMAN, D.; APLETON, D. Data on the distribution of fiber types in thirty-six human muscles: an autopsy study. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 18, n. 1, p. 111-129, 1973.

JONES, A. M.; POOLE, D. C. **Oxygen uptake kinetics in sport, exercise and medicine**. Ed. Routledge, London, 2005.

JORGE, M.; HULL, M. L. Analysis of EMG measurements during bicycle pedalling. **Journal of Biomechanics**, v. 19, n. 9, p. 683-694, 1986.

KLEINPAUL, J. F.; MANN, L.; DIEFENTHAELER, F.; MORO, A. R. P.; CARPES, F. P. Aspectos determinantes do posicionamento corporal no ciclismo: uma revisão sistemática. **Motriz**, v. 16, n. 4, p. 1013-1023, 2010.

KONRAD, P. **The ABC of EMG: A practical introduction to kinesiological electromyography**. 1 ed. p. 1-60, Noraxon INC , USA, 2005.

KOUZAKI, M.; SHINOHARA, M.; FUKUNAGA, T. Non-uniform mechanical activity of quadriceps muscle during fatigue by repeated maximal voluntary contraction in humans. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 80, n. 1, p. 9-15, 1999.

KUIPERS, H.; VERSTAPPEN, F. T. J.; KEIZER, H. A. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiological correlates. **International Journal Sports Medicine**, v. 6, n. 4, p. 197-201, 1985.

KRUSTRUP, P.; SÖDERLUND, K.; MOHR, M.; BANGSBO, J. The slow component of oxygen uptake during intense, sub-maximal exercise in man is associated with additional fibre recruitment. **European Journal of Physiology**. v. 447, n. 6, p. 855-866, 2004.

LAFORTUNE, M. A.; CAVANAGH, P. R. Effectiveness and efficiency during bicycle riding. In: Matsui, H.; Kobayashi, K. **Biomechanics**, p. 928-936, Ed. Champaign: Human Kinetics, 1983.

LEFEVER-BUTTON, S. Cycling. In: SHAMUS, E.; SHAMUS, J. **Sports Injury - Prevention and Rehabilitation**. 1 ed., p. 459-483, Ed. McGraw-Hill, Brazil, 2001.

- LEIRDAL, S.; ETTEMA, G. The relationship between cadence, pedalling technique and gross efficiency in cycling. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 12, p. 2885-2893, 2011.
- LEMOND, G.; GORDIS, K. “**Greg LeMond’s Complete Book of Bicycling**”. Ed. Perigee Books, New York, USA, 1987.
- MACINTOSH, B. R.; NEPTUNE, R. R.; HORTON, J. F. Cadence, power, and muscle activation in cycle ergometry. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, n. 7, p. 1281-1287, 2000.
- MARTINS, E. A.; DAGNESE, F.; KLEINPAUL, J. F.; CARPES, F. P.; MOTA, C. B. Avaliação do posicionamento corporal no ciclismo competitivo e recreacional. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 9, n. 2, p. 183-188, 2007.
- MARFELL-JONES M, OLDS T, STEWART A, CARTER, L. **International standards for anthropometric assessment**. Potchefstroom, South Africa: ISAK; 2006.
- MERLETTI, R. Standards for reporting EMG data. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 7, p. 1-2, 1997.
- MORNIEUX, G.; STAPELFELDT, B.; COLLHOFER, A.; BELLI, A. Effects of pedal type and pull-up action during cycling. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, p. 817-22, 2008.
- NABINGER, E.; ITURRIOZ, I.; ZARO, M. A. Development of a triaxial force platform for the measurement of force at a bicycle pedal. International Symposium of Biomechanics in Sports, Caceres, Spain, 2002.
- OKANO, A. H. Desempenho físico e respostas eletromiográficas dos músculos vasto lateral, vasto medial e reto femoral durante esforço intermitente anaeróbio em ciclistas. **Dissertação de Mestrado**. p. 106, Faculdade de Educação Física - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Brasil, 2004.
- PEVELER, W. W. Effects of saddle height on economy in cycling. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 4, p. 1355-1359, 2008.
- PEVELER, W. W.; GREEN, J. M. Effects of saddle height on economy and anaerobic power in well-trained cyclists. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 3, p. 629-633, 2011.
- PEVELER, W. W.; BISHOP, P.; SMITH, J.; RICHARDSON, M. Effects of training in an aero position on anaerobic power output. **Journal of Exercise Physiology-online**, v. 7, n. 5, p. 52-56, 2004.
- PEVELER, W.; BISHOP, P.; SMITH, J.; RICHARDSON, M.; WHITEHORN, E. Comparing methods for setting saddle height in

trained cyclists. **Journal of Exercise Physiology**, v. 8, n. 1, p. 44-50, 2005.

PEVELER, W. W.; POUNDERS, J. D.; BISHOP, P. A. Effects of saddle height on anaerobic power production in cycling. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 4, p. 1023-1027, 2007.

RASSIER, D.; MACINTOSH, B. R.; HERZOG, W. Length dependence of active force production in skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, v. 86, n. 5, p. 1445-1457, 1999.

RAYMOND, C. H.; JOSEPH, K. F.; GABRIEL, Y. F. Muscle recruitment pattern in cycling: a review. **Physical Therapy in Sport**, v. 6, n. 2, p. 89-96, 2005.

RICARD, M.; HILLS-MEYER, P.; MILLER, M. G.; MICHAEL, T. J. The effects of bicycle frame geometry on muscle activation and power during a Wingate anaerobic test. **Journal of Sports Science**, v. 5, n. 1, p. 25-32, 2006.

ROSSATO, M. A técnica de pedalada de ciclistas: alterações decorrentes do uso de diferentes cadências e intensidades. **Dissertação de Mestrado**. p. 99, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2007.

SANDERSON, D. J.; AMOROSO, A. T. The influence of seat height on the mechanical function of the triceps surae muscles during steady-rate cycling. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 19, n. 6, p. 465-471, 2009.

SANDERSON, D. J.; BLACK, A. The effect of prolonged cycling on pedal forces. **Journal of Sports Sciences**, v. 21, n. 3, p. 191-199, 2003.

SANDERSON, D. J.; HENNIG, E. M.; BLACK, A. H. The influence of cadence and power output on force application and in-shoe pressure distribution during cycling by competitive and recreational cyclists. **Journal of Sports Science**, v. 18, n. 3, p. 173-181, 2000.

SCHEUERMANN, B. W.; HOELTING, B. D.; NOBLE, M. L.; BARSTOW, T. J. The slow component of O₂ uptake is not accompanied by changes in muscle EMG during repeated bouts of heavy exercise in humans. **Journal of Physiology**, v. 531, n. 1, p. 245-256, 2001.

SCHEUERMANN, B. W.; BELL, C.; PATERSON, D. H.; BARSTOW, T. J.; KOWALCHUK, J. M. Oxygen uptake kinetics for moderate exercise are speeded in older humans by prior heavy exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 2, p. 609-616, 2002.

SERRESSE, O.; LORTIE, G.; BOUCHARD, C.; BOULAY, M. R. Estimation of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration. **International Journal of Sports Medicine**, v. 9, n. 6, p. 456-460, 1988.

- SIRI, W. E. Body composition from fluid space and density. In: BROZEK, J.; HANSCHERL, A. (Eds). **Techniques for measuring body composition**. p. 223-244, Washington D.C., National Academy of Science, 1961.
- SMAK, W.; NEPTUNE, R. R.; HULL, M. L. The influence of pedalling rate on bilateral asymmetry in cycling. *Journal of Biomechanics*, v. 32, n. 9, p. 899-905, 1999.
- STOCKHAUSEN, W.; GRATHWOHL, D.; BÜRKLIN, C.; SPRANZ, P.; KEUL, J. Stage duration and increase of work load in incremental testing on a cycle ergometer. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 76, n. 4, p. 295-301, 1997.
- SURIANO, R.; VERCRUYSSSEN, F.; BISHOP, D.; BRISSWALTER, J. Variable power output during cycling improves subsequent treadmill run time to exhaustion. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 10, n. 4, p. 244-251, 2007.
- TOO, D. Biomechanics of cycling and factors affecting performance. **Sports Medicine**, v. 10, n. 5, p. 286-303, 1990.
- VANDEWALLE, H.; MATON, B.; LE BOZEC, S.; GUERENBOURG, G. An electromyographic study of an all-out exercise on a cycle ergometer. **Archives Internationales de Physiologie, de Biochimie et de Biophysique**, v. 99, n. 1, p. 89-93, 1991.

8. APÊNDICES

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

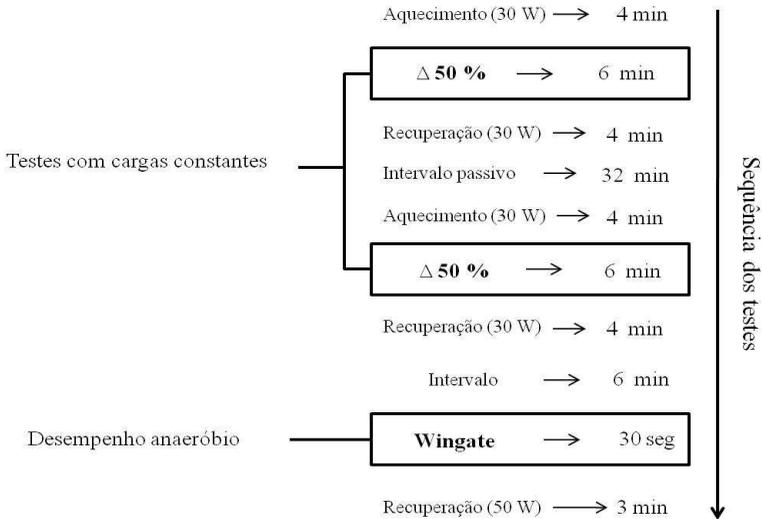
Titulo do Projeto de Pesquisa

“AVALIAÇÃO DA TÉCNICA DE PEDALADA DE CICLISTAS E TRIATLETAS EM DIFERENTES ALTURAS DO SELIM”

Você está sendo convidado a participar como voluntário da pesquisa intitulada: “Avaliação da técnica de pedalada de ciclistas e triatletas em diferentes alturas do selim” a ser realizada junto ao Laboratório de Esforço Físico (LAEF), vinculado ao Centro de Educação Física e Desportos (CDS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Com sua adesão ao estudo, você ficará disponível para a realização de quatro etapas:

1ª etapa: (a) Avaliação antropométrica (massa corporal, estatura, circunferências corporais, diâmetros ósseos e dobras cutâneas) para ser determinada a caracterização morfológica dos participantes; (b) Bike Fit para determinar medidas corporais e da bicicleta; (c) Realização de um teste incremental máximo (carga inicial de 100 W com acréscimos de 30 W a cada três minutos com cadência preferida) pedalando em uma bicicleta ajustada de acordo com as medidas da sua própria bicicleta. A partir deste teste foram obtidos valores do consumo máximo de oxigênio, frequência cardíaca máxima, [Lac] e $W_{MÁX}$.

2-4ª etapas: As etapas 2, 3, 4 serão realizadas em três distintos, com um intervalo de 24-48 horas entre elas. Serão realizados dois testes com carga constante (pedalar 6 minutos em uma carga correspondente a $\pm 70\%$ da $W_{MÁX}$) com intervalo de 40 min entre eles e um teste de desempenho anaeróbio (Wingate test - 30 seg). Sendo que a carga utilizada em todas estas etapas foram ajustadas de acordo com o primeiro limiar de lactato obtido no teste progressivo máximo (etapa 1).



Nestas etapas serão analisadas as variáveis cinemáticas (ângulos do tronco, quadril, joelho e tornozelo) no plano sagital, a ativação muscular dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral do membro inferior direito, as forças aplicadas no pedal (torque e força efetiva).

Em todas as etapas serão coletados do lóbulo da orelha amostras de sangue para posterior análise da [La]. O local para a coleta de sangue será esterilizado (álcool 70%) e em seguida perfurado o lóbulo da orelha com lanceta descartável, sendo coletado 25ul de sangue em capilares heparinizados. A cada nova coleta, o procedimento de anti-sepsia (álcool 70%) será repetido, para evitar a contaminação no local.

Todas as informações coletadas são estritamente confidenciais, pois, somente os pesquisadores terão acesso aos dados coletados da pesquisa. Sendo que esses dados serão armazenados em mídia eletrônica (DVD). Os participantes poderão ter acesso somente aos seus dados, na forma de relatórios expedidos pelos pesquisadores. Todos os formulários de avaliações e de observação, e os termos de consentimento serão guardados em envelope lacrado por um período de cinco anos no Laboratório de Biomecânica em armário chaveado ou então na sala do professor responsável. Dessa forma, o anonimato dos sujeitos está totalmente assegurado.

Essa pesquisa é classificada como de risco mínimo, sendo estes inerentes a qualquer sujeito submetido a testes de esforço máximo, assim como, o desconforto que este procedimento provoca, não sendo

esperado nada além do normal. As raras alterações que podem ocorrer durante o teste de esforço incluem: desorganização do ritmo cardíaco, respostas anormais de pressão arterial, desmaios e muito raramente ataque cardíaco (1/10.000 testes realizados).

Estes riscos podem ser esclarecidos a qualquer momento pelo responsável dos testes. Da mesma forma, os pesquisadores responsáveis por este estudo estarão preparados para qualquer emergência efetuando os primeiros socorros.

Você estará contribuindo de forma única para o desenvolvimento da ciência, dando possibilidade a novas descobertas e ao avanço das pesquisas. Além disso, esta pesquisa aborda informações que podem ser utilizadas na prática pelos ciclistas e triatletas, os quais visam planejar um treinamento mais eficiente, melhorando o desempenho do ciclista e evitando riscos de lesões a partir dos resultados das análises dos dados cinemáticos, cinéticos, eletromiográficos e fisiológicos.

Se você estiver de acordo em participar deste estudo, garantimos que as informações fornecidas serão confidenciais e só serão utilizadas neste trabalho. Da mesma forma, se tiveres alguma dúvida em relação aos objetivos e procedimentos da pesquisa, pode, a qualquer momento, entrar em contato conosco pelos telefones (48) 3721-8530 / (48) 9630-9158 ou pessoalmente no Laboratório de Biomecânica do CDS-UFSC.

As pessoas que lhe acompanharão serão o Prof. Dr. Antônio Renato Pereira Moro, o Prof. Dr. Fernando Diefenthaler e o mestrando Vanderson Luis Moro.

Agradecemos desde já a sua colaboração e participação.

Prof. Dr. Antônio Renato Pereira Moro
(Pesquisador Responsável)

TERMO DE CONSENTIMENTO PÓS-INFORMADO

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa; que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto e que todos os dados a meu respeito serão sigilosos. Eu compreendo que, neste estudo, as medições dos experimentos/procedimentos serão feitas em mim. Declaro que fui informado que posso me retirar do estudo a qualquer momento.

Nome por extenso _____

Assinatura _____

Florianópolis: ____/____/____

CONTATO:

Laboratório de Biomecânica – BIOMECH

Tel. 48 3721-8530

Acadêmico: Vanderson Luis Moro

e-mail: vandersonmoro@hotmail.com

Tel: (48) 9630-9158

APÊNDICE B – ANAMNESE

Nome:

Data: ____/____/____

Data de nascimento: ____/____/____

Idade: ____

Horário: ____:____

Telefone: _____

e-

mail:

ANAMNESE

1. Faz ou fez uso de vitaminas ou complementos alimentares? () não
() sim Quais?

() Creatina () Aminoácidos () Vitaminas e Minerais ()
Carboidratos

() Outros. (tempo de uso) _____

2. Faz uso de medicamentos?

() não () sim Qual (is)? (tempo de uso) _____

3. Você tem algum tipo de lesões musculares, articulares ou ósseas?

() não () sim Qual (is)? _____

4. Há quanto tempo teve a última lesão? _____

5. Com relação à sua equipe, quais profissionais o acompanha?

() Fisioterapeuta () Nutricionista () Massagista () Psicólogo ()
Médico () Fisiologista () Treinador ()

Outros

6. Há quanto tempo você é atleta? _____

7. Quais as principais competições que você participou?

8. Quais as principais colocações nessas
competições? _____

9. Você treina CICLISMO a quanto tempo? _____

10. Atualmente, qual o volume de treino semanal (km/semana)? _____ Quantas vezes por semana você treina? _____
Duração da sessão _____

11. Como você classifica o seu estado de treinamento atual?
() destreinado () pouco treinado () treinado () bem treinado

12. Quantos dias você descansa no final da temporada de competições?
() Até 7 dias () Entre 7 a 14 dias () 15 a 30 dias () 30 e 60 dias

13. Você pratica outro tipo de treinamento? _____ Quantas horas por semana _____
() Musculação () Natação () Alongamentos () Corrida () Esportes coletivos

14. Você já fez alguma avaliação física em laboratório ou campo?
() Nunca fiz () Há menos de 2 meses () 6 meses () Mais de 1 ano

15. Os resultados são utilizados para o treinamento?
() Sim () Não

16. Quais variáveis você utiliza no treinamento ($VO_{2MÁX}$, limiar anaeróbio, potência, frequência cardíaca, percepção subjetiva de esforço)?

_____ SOMENTE PARA OS TRIATLETAS

17. Você treina TRIATLO a quanto tempo? _____

18. Atualmente, qual o volume de treino semanal (km/semana)?
Ciclismo (____); Natação (____); Corrida (____)

19. Quantas vezes por semana você treina? Ciclismo (____); Natação (____); Corrida (____)
Duração da sessão? Ciclismo (____); Natação (____); Corrida (____)

20. Qual desses esportes você se considera mais especialista?
() natação () ciclismo () corrida