

Tatiane Piucco

**VALIDAÇÃO DE DOIS PROTOCOLOS INCREMENTAIS EM
SLIDE BOARD PARA DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES
FISIOLÓGICOS AERÓBIOS EM PATINADORES DE
VELOCIDADE.**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor em Educação Física.

Orientadora: Dra Saray Giovana dos Santos.
Coorientador: Dr. Ricardo D. de Lucas

Florianópolis, 2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Piucco, Tatiane
VALIDAÇÃO DE DOIS PROTOCOLOS INCREMENTAIS EM SLIDE
BOARD PARA DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES FISIOLÓGICOS AERÓBIOS EM
PATINADORES DE VELOCIDADE. / Tatiane Piucco ; orientadora,
Saray Giovana dos Santos ; coorientador, Ricardo Dantas de
Lucas. - Florianópolis, SC, 2015.
139 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Desportos. Programa de Pós-Graduação em
Educação Física.

Inclui referências

1. Educação Física. 2. Testes de Esforço. 3. Patinação. 4.
Desempenho. I. dos Santos, Saray Giovana. II. de Lucas,
Ricardo Dantas. III. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. IV.
Título.

Tatiane Piucco

**VALIDAÇÃO DE DOIS PROTOCOLOS INCREMENTAIS EM
SLIDE BOARD PARA DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES
FISIOLÓGICOS AERÓBIOS EM PATINADORES DE
VELOCIDADE.**

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de Doutor em Educação Física, e aprovada em sua forma final pelo Programa Pós-Graduação em Educação Física.

Florianópolis, 27 de fevereiro de 2015.

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Saray Giovana dos Santos (Orientador)
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Fabrizio Caputo
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dr. Sebastião Iberes Lopes de Melo
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dr. Fernando Diefenthaler
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram e participaram de alguma maneira durante o processo do doutorado. Em especial à professora Saray, pela oportunidade de ingressar no programa e pela contribuição na minha formação acadêmica e profissional.

Aos meus pais, que me educaram e me ensinaram a perseverar pelos meus sonhos, e a minha irmã Narceli pela parceria e amizade muito enriquecedora que sempre tivemos. Ao meu namorado Vinícius por todo o amor e carinho.

Ao programa de Pós Graduação em Educação Física do CDS, principalmente aos professores Luiz Guilherme e Fernando Diefenthaler, por todo o apoio e confiança depositados neste trabalho, e apoio na realização do meu estágio no exterior.

Ao Ricardo Dantas de Lucas, por ter aceitado coorientar o projeto, e por toda a ajuda que tem dado na realização do mesmo. Ao Daren Stefanyshyn, que me recebeu de braços abertos no Laboratório de Performance Humana (HPL) da Universidade de Calgary, e facilitou para que a coleta de dados pudesse ser realizada. Aos professores membros da banca Luiz Guilherme, Fernando, Fabrizio e Sebastião, por aceitarem avaliar este trabalho.

A todos os meus colegas do Labiomec e LAEF da UFSC, em especial ao Vitor e ao Jonathan que tiveram uma participação e contribuição que foi fundamental para o acontecimento deste projeto. Também ao Vinícius e ao Dyonad pela ajuda e ideias dadas na instrumentação dos sensores e do software

Aos meus colegas do HPL – UofC, em especial ao Ryan, Masanori, Bill, Daniel, Jessica e Aline, pela ajuda nas coletas de dados, mesmo nos finais de semana com temperaturas de -20° C, e ainda com muito bom humor e disposição. Também agradeço à minha família canadense Raphaela, Brian e Miranda que me acolheram e me ensinaram muito sobre os valores da vida.

Aos atletas e patinadores que participaram desde trabalho que, “pelo bem da ciência”, mostraram determinação e uma ajuda incondicional. Em especial agradeço ao João Scarpin, por ter me apresentado à patinação *inline*, e por toda a ajuda e colaboração a esse trabalho. Também ao Brock, técnico da equipe de patinação de Alberta, pela colaboração e facilitação fornecida para a coleta de dados, bem como por transmitir todo o seu exemplo de profissionalismo.

RESUMO

Introdução. Para que sejam eficazes, os testes para a avaliação da performance e determinação de índices para prescrição das intensidades do treinamento devem ser válidos, confiáveis e específicos. Contudo, a simulação do movimento de patinação em ambiente laboratorial é cara e difícil de ser realizada, enquanto que a avaliação em ambiente externo dificulta o controle do protocolo e a mensuração das variáveis necessárias. A prescrição do exercício de patinação a partir de índices advindos de testes em cicloergômetro ou esteira de corrida não é apropriada. **Objetivos.** Investigar a reprodutibilidade e validade de dois protocolos incrementais máximos de patinação em *slide board* (SB) para determinar os índices fisiológicos aeróbios máximos e submáximos em patinadores. **Método.** Dez patinadores realizaram duas vezes (teste e reteste) um teste incremental máximo “curto” em SB, que teve início a uma cadência de 30 passos por minuto (ppm), aumentando três ppm a cada minuto. O mesmo grupo realizou um protocolo incremental em cicloergômetro com incremento de cadência. Um segundo grupo de dez patinadores realizou um teste incremental máximo “longo” em SB, iniciando a 30 ppm, com incremento de três ppm a cada três minutos. Este grupo realizou também o protocolo curto em SB e um protocolo concorrente em cicloergômetro com incremento de carga. Os patinadores foram classificados em dois grupos, de acordo com as características do treinamento: “competitivos” (treinamento estruturado acima de 6 horas semanais) e “recreacionais” (patinação livre de até 4 horas semanais). Os valores máximos e submáximos, relacionados ao ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC), de consumo de oxigênio (VO_2), ventilação (VE), troca respiratória (RER), frequência cardíaca (FC), percepção subjetiva de esforço (PSE), cadência (CAD), potência (P) e concentração de lactato ([Lac]), bem como o índice de ritmo (%R) no teste foram determinados. Para análise de reprodutibilidade e validade foram utilizados: o teste t de Student, o teste de correlação intraclasse (ICC), o erro típico de medida (ETM), o coeficiente de correlação de Pearson e os limites de concordância (95%LC). Os coeficientes das retas de regressão individuais da FC, VO_2 e [Lac] foram comparados. Foi realizada uma análise de regressão múltipla para previsão do VO_{2max} , utilizando o método de seleção *stepwise*. **Resultados.** Não foram encontradas diferenças significativas entre as variáveis durante o teste e o reteste em SB. Uma boa

reprodutibilidade absoluta ($ICC > 0,9$) e relativa ($ETM < 3,5\%$) foram encontrada para os valores de VO_{2max} , $FCmax$, $CADmax$, CAD_{PDFC} e PSE_{PDFC} . Altas correlações foram encontradas para a $FCmax$, $CADmax$, $CAD_{rel}max$, CAD_{PDFC} , $CAD_{rel}PDFC$, VO_{2max} e VO_{2PDFC} entre os protocolos curto em SB e em cicloergômetro. A $[Lac]max$ foi maior e a PSE_{PDFC} menor no protocolo em cicloergômetro. Altas correlações foram encontradas para as variáveis $Pmax$, $FCmax$, FC_{OBLA} , VO_{2OBLA} , VO_{2max} , $VEmax$, INT_{OBLA} , P_{OBLA} e $[Lac]_{OBLA}$ entre os protocolos longo em SB e cicloergômetro, e somente os valores de RER_{OBLA} , VO_{2OBLA} , e $VEmax$ não mostraram diferenças. Os coeficientes de inclinação das retas de regressão da FC, VO_2 e $[Lac]$, não foram diferentes entre os protocolos. Foram encontradas correlações significativas para a maioria das variáveis máximas, e apenas para a FC submáxima, entre os protocolos curto e longo em SB. A $CADmax$ explicou 50% do VO_{2max} obtido no protocolo curto em SB, enquanto que o %R mostrou forte correlação com a $CADmax$. O grupo de patinadores competitivos apresentou maior VO_{2max} , $CADmax$, $Pmax$, $P_{max,rel}$, VO_{2LV2} , P_{relLV2} e %R comparado ao grupo recreacional. **Conclusões.** Os resultados indicam que o protocolo curto em SB mostrou ser reprodutível e válido para determinar os índices fisiológicos máximos e submáximos, associados à performance aeróbia de patinadores, quando comparado com um protocolo similar em cicloergômetro, também com incrementos de cadência. O protocolo longo em SB apresentou respostas fisiológicas similares e correlacionadas àquelas encontradas em cicloergômetro, apontando mais uma vez a validade do teste em SB para mensurar os índices aeróbios de maneira confiável. Contudo, as diferenças encontradas nos valores absolutos de algumas variáveis confirmam a particularidade fisiológica do exercício simulado de patinação e o uso inapropriado de testes em cicloergômetro para avaliação de patinadores.

Palavras-chave: Teste de esforço. Patinação. Desempenho.

ABSTRACT

Introduction. To be effective, the performance evaluations for exercise prescription must be valid, reliable and movement-specific. However, a specific laboratory skating assessments are expensive and difficult to simulate in the laboratory, while field tests are difficult to precisely control the protocol and to acquire the physiological data needed. Frequently, the exercise prescription for skaters is based on indices obtained from cycling or running treadmill incremental tests, despite it does not seem suitable. **Purpose.** This study intended to assess the reliability and validity of two incremental slide board (SB) skating tests to determine aerobic indices of performance in skaters. **Method.** Ten skaters performed twice (test and retest) a “short” SB maximal incremental test, which started with 30 push-offs per minute (ppm), increasing three ppm each minute. The same group performed a concurrent incremental cadence cycling test. A second group of ten skaters performed a “long” SB maximal incremental protocol, which started with 30 ppm, increasing three ppm each three minutes. This group performed also the short SB protocol and a concurrent incremental load cycle testing. The participants were classified in two groups, according to the training characteristics: “competitives” (training program over 6 hour per week) and “recreationals” (free skating lower than 4 hours per week). Maximal and submaximal values associated to the heart rate deflection point (HRDP) of oxygen uptake (VO_2), pulmonary ventilation (VE), respiratory exchange (RER), heart rate (HR), rating of perceived effort (RPE), cadence (CAD), power output (P) and blood lactate concentration ([Lac]max), as well as the rhythm index (%R) during the tests were measured. To determine the reliability and validity the following statistical analysis were used: t test, intraclass correlation coefficient (ICC), typical error of measure (TEM), Pearson’s coefficient and 95% of the limits of agreement (95% LA). The individual linear regression equations of HR, VO_2 and [Lac] were determined, and the slopes of the regression lines were compared. Multiple regression analysis was performed to predict VO_{2max} , and the stepwise method was used to select the independent variables. **Results:** No significant differences between test-retest on SB were found for all variables. High relative (ICC > 0.9) and absolute reliability (TEM < 3.5%) were found for VO_{2max} , HRmax, CADmax, CAD_{PDFC}, and RPE_{PDFC}. High correlations were found for FCmax, CADmax,

CAD_{rel}max, CAD_{PDFC}, CAD_{relPDFC}, VO₂max and VO_{2PDFC} for SB long protocol. In comparison to SB test, the [Lac]max was significantly higher and RPE_{AT} was lower during cycling protocol. High correlations were found for Pmax, FCmax, FC_{OBLA}, VO_{2OBLA}, VO₂max, VEmax, INT_{OBLA}, P_{OBLA} and [Lac]_{OBLA} between SB and cycle ergometer long protocols. RER_{OBLA}, VO_{2OBLA}, and VEmax didn't show differences. The slope of the regression lines of HR, VO₂ and [Lac] weren't different among protocols. Significant correlations were found for most maximal variables and for submaximal HR between short and long SB protocols. CADmax explained around 50% of VO₂max obtained during short SB protocol, and %R was strongly correlated with CADmax. The "competitive" group had higher VO₂max, CADmax, Pmax, Pmax_{rel}, VO_{2LV2}, P_{relLV2} and %R compared with the recreational group.

Conclusions: The findings suggest that the short SB test is reliable and valid to evaluate maximal and submaximal physiological indices associated with aerobic performance of skaters. The long SB protocol elicited physiological responses similar and correlated with the ones found on cycle ergometer, pointing out to the validity of the SB test to adequately measure aerobic indices. However, the differences found in some absolute values of some variables reflect the physiological particularity of the skating laboratory tests and the inappropriated use of cycle ergometer tests to evaluate skaters.

Keywords: Exercise test. Skating. Performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Identificação direta do LTF2 pelo método proposto por Berg et al. (1990) e pela concentração fixa de lactato sanguíneo (3,5 mmol.l-1) proposto por Heck et al. (1985).....	30
Figura 2. Identificação do PDFC pelo método matemático (Dmax) e pelo método visual (linha pontilhada).....	32
Figura 3. Identificação visual do LV2 pelo aumento dos equivalente respiratórios de O ₂ e CO ₂	33
Figura 4. Ergômetro de patinação slide board.....	53
Figura 5. <i>Slide board</i> instrumentado. 1- Fotoemissor; 2- Fotorreceptor.	53
Figura 6. Programa desenvolvido para controlar o teste em <i>slide board</i> (BSBT®).....	54
Figura 7. Resposta média e DP do VO ₂ durante o teste e o reteste máximo em <i>slide board</i>	64
Figura 8. Resposta média interpolada do VO ₂ (n=10) em relação ao % da intensidade máxima atingida durante os protocolos curtos em <i>slide board</i> (SB curto) e em cicloergômetro (BK curto)..	68
Figura 9. Resposta média interpolada da FC (n=10) em relação ao % da intensidade máxima atingida durante os protocolos curtos em <i>slide board</i> (SB curto) e em cicloergômetro (BK curto)..	69
Figura 10. Resposta média da [Lac] interpolada (n=10) em relação ao % da intensidade máxima durante os protocolos longos em slide board (SB longo) e em cicloergômetro (BK longo)..	73
Figura 11. Resposta média do VO ₂ interpolado (n=10) em relação ao % da intensidade máxima durante os protocolos em slide board (SB longo e SB curto) e em cicloergômetro (BK longo).....	75
Figura 12. Resposta média da FC interpolada (n=10) em relação ao % da intensidade máxima durante os protocolos em slide board (SB longo e SB curto) e em cicloergômetro (BK longo)..	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios (\pm DP) e escores de reprodutibilidade das variáveis máximas e submáximas, durante o teste e reteste em <i>slide board</i>	63
Tabela 2. Comparação dos valores correspondentes aos diferentes métodos de identificação do LTF2 nos protocolos curtos em <i>slide board</i> e cicloergômetro.....	65
Tabela 3. Comparações, correlações, bias e 95% LC dos valores máximos e submáximos (média \pm DP) entre os protocolos curtos em <i>slide board</i> e cicloergômetro.....	67
Tabela 4. Comparação dos valores correspondentes aos diferentes métodos de identificação do LTF2 (LV2, OBLA _{Berg} e OBLA _{3,5}) nos protocolos longos em <i>slide board</i> e cicloergômetro.....	70
Tabela 5. Comparações, correlações, bias e 95% LC dos valores máximos e submáximos (média \pm DP) entre os protocolos longos em <i>slide board</i> e cicloergômetro.....	72
Tabela 6. Comparações e correlações dos valores máximos e submáximos (média \pm DP) entre os protocolos longos e curto em <i>slide board</i>	74
Tabela 7. Matriz de correlação entre as variáveis antropométrica e índices máximos medidos durante o protocolo curto em <i>slide board</i> (n = 20).	78
Tabela 8. Correlação entre as variáveis antropométrica e índices máximos medidos durante o protocolo longo em <i>slide board</i> (n = 10).	79
Tabela 9. Comparações dos valores máximos e submáximos (média \pm DP) entre os grupos durante o teste curto em <i>slide board</i>	80

LISTA DE SIGLAS ABREVIATURA

FC	Frequência cardíaca
FC _{max}	Frequência cardíaca máxima
VO ₂ max	Consumo máximo de oxigênio
VO ₂	Consumo de oxigênio
VCO ₂	Produção de dióxido de carbono
RER	Taxa de troca respiratória
PSE	Percepção subjetiva de esforço
VE	Ventilação pulmonar
LL	Limiar de lactato
LV2	Segundo limiar ventilatório
MLSS	<i>Máxima l lactate steady state</i> (máxima fase estável de lactato)
PDFC _{Visual}	Ponto de deflexão da frequência cardíaca identificado pelo método visual
PDFC _{Dmax}	Ponto de deflexão da frequência cardíaca identificado pelo método Dmax
OBLA	<i>Onset of blood lactate accumulation</i> (início do acúmulo de lactato no sangue)
OBLA _{Berg}	OBLA identificado pelo método de Berg et al. (1990).
OBLA _{3,5}	OBLA identificado pela concentração fixa de [Lac] de 3,5 mmol.l ⁻¹
LAn	Limiar anaeróbio
[Lac]	Concentração de lactato sanguíneo
LTF1	Primeiro limiar de transição fisiológica
LFT2	Segundo limiar de transição fisiológica

ppm	Passadas por minutos
$\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$	Mililitros de oxigênio consumido por minuto relativo à massa corporal
mmol.l^{-1}	Concentração de lactato em milimolares por litro de sangue
rpm	Rotações por minuto
P	Potência
P_{rel}	Potência relativa à massa corporal dos atletas
W	Watts
bpm	Batimentos por minuto
f.min^{-1}	Frequência por minuto.
CAD	Cadência
CAD_{rel}	CAD obtida em cicloergômetro divididos por dois.
INT	Intensidade do protocolo longo em <i>slide board</i> (igual a CAD em ppm) e em cicloergômetro (igual a P em W).
%R	Índice de ritmo

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	19
1.1	OBJETIVOS.....	22
1.1.1	Objetivo geral.....	22
1.1.2	Objetivos específicos.....	22
1.2	JUSTIFICATIVA.....	23
1.3	DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	24
1.4	LIMITAÇÕES E DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	26
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	27
2.1	ÍNDICES FISIOLÓGICOS ASSOCIADOS À PERFORMANCE AERÓBIA.....	27
2.2	MÉTODOS DE DETECÇÃO DO LTF2.....	28
2.2.1	Métodos invasivos.....	28
2.2.2	Métodos não invasivos.....	31
2.3	DEPENDÊNCIA DO PROTOCOLO UTILIZADO.....	34
2.4	ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA PATINAÇÃO DE VELOCIDADE.....	36
2.4.1	Comparação entre patinação de velocidade no gelo, <i>inline</i> e esqui <i>cross country</i>	38
2.4.2	Patinação de velocidade versus corrida e ciclismo.....	40
2.4.3	Estudos com <i>slide board</i>	42
2.5	REPRODUTIBILIDADE E VALIDADE DE TESTES DE ESFORÇO.....	45
2.5.1	Validação de testes com patinação.....	46
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	50
3.1	CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO.....	50
3.2	PARTICIPANTES DO ESTUDO.....	50
3.2.1	Reprodutibilidade e validade do protocolo curto.....	50
3.2.2	Validade do protocolo longo e comparações com o protocolo curto.....	50
3.3	INSTRUMENTOS DE MEDIDA.....	51
3.3.1	Medidas antropométricas.....	51
3.3.2	Medidas fisiológicas.....	51
3.3.3	Ergômetros.....	52
3.4	COLETA DE DADOS.....	54
3.5	PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO.....	55
3.5.1	Avaliação antropométrica.....	55

3.5.2	Reprodutibilidade e validade do protocolo curto (grupo 1).....	56
3.5.3	Validade do protocolo longo e comparação com o protocolo curto (grupo 2).....	58
3.5.4	Validade de construto do protocolo curto em <i>slide board</i>	59
3.6	TRATAMENTO ESTATÍSTICO	60
4.	RESULTADOS.....	62
4.1	REPRODUTIBILIDADE DO PROTOCOLO CURTO EM <i>SLIDE BOARD</i>	62
4.2	VALIDADE CONCORRENTE DO PROTOCOLO CURTO EM <i>SLIDE BOARD</i>	64
4.3	VALIDADE CONCORRENTE DO PROTOCOLO LONGO EM <i>SLIDE BOARD</i>	70
4.4	COMPARAÇÃO ENTRE OS PROTOCOLOS LONGO E CURTO EM <i>SLIDE BOARD</i> (Grupo 2).....	73
4.5	CONTRIBUIÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS SOBRE O VO ₂ max E CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS	76
4.6	VALIDADE DE CONSTRUTO DO PROTOCOLO CURTO EM <i>SLIDE BOARD</i>	80
5.	DISCUSSÃO.....	81
5.1	REPRODUTIBILIDADE DO PROTOCOLO CURTO EM <i>SLIDE BOARD</i>	81
5.2	VALIDADE DO PROTOCOLO CURTO EM <i>SLIDE BOARD</i>	82
5.3	VALIDADE DO PROTOCOLO LONGO EM <i>SLIDE BOARD</i>	87
5.4	COMPARAÇÃO ENTRE OS PROTOCOLOS CURTO E LONGO EM <i>SLIDE BOARD</i>	91
5.5	CONTRIBUIÇÕES DAS DIFERENTES VARIÁVEIS SOBRE O VO ₂ max E CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS.....	93
5.6	VALIDADE DE CONSTRUTO DO PROTOCOLO CURTO EM <i>SLIDE BOARD</i>	96
6.	CONCLUSÕES.....	98
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	99
8.	REFERÊNCIAS.....	100
	APÊNDICE A- Termo de consentimento livre e esclarecido.....	117
	APÊNDICE B - Questionário.....	124
	APÊNDICE C - Estudo piloto.....	127
	ANEXO A – Parecer do comitê de ética.....	140

1. INTRODUÇÃO

A patinação de velocidade é uma modalidade competitiva de caráter cíclico, que pode ser praticada tanto com patins especializados para pista de gelo (com lâmina) quanto para pista sintética ou asfaltada (com rodas ou *inline*). As provas de patinação de velocidade no gelo e *inline* podem acontecer em circuito fechado e ao ar livre, com distâncias variando de 100 a 42000 metros em provas de pista e distâncias maiores em provas de ultramaratona em circuitos abertos. As características das competições de patinação de velocidade são muito similares às competições de ciclismo, em termos de velocidade média e estratégias táticas individuais e por equipes, as quais são de extrema importância para o rendimento (FOSTER et al., 2000).

Assim como ocorre em outras modalidades de *endurance*, a performance na patinação de velocidade é influenciada pelas mudanças nos parâmetros fisiológicos ocasionadas pelo treinamento, como o consumo de oxigênio (VO_2), capacidades aeróbia e anaeróbia e parâmetros técnicos, tais como posição do tronco e ângulos do joelho (DE KONING; SHENAUD, 2000). Dentre as principais variáveis fisiológicas que podem contribuir na performance de modalidades de *endurance* (provas de meio fundo e fundo), tem-se verificado que a resposta do lactato sanguíneo ao exercício pode avaliar a capacidade de performance de modo mais sensível que o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) (DENADAI, 1999; GRECO, 2003).

A maioria das pesquisas com patinação existentes na literatura tem sido feitas com as modalidades de hóquei no gelo e patinação de velocidade no gelo, sendo que poucas investigaram a patinação *inline*. Alguns estudos mostram que a patinação *inline* apresenta respostas fisiológicas (DE BOER et al., 1987), e padrões técnicos (BAUM et al., 1999) similares às provas de patinação no gelo, enquanto que outros estudos apontam diferenças significativas nas respostas metabólicas (CARROLL et al., 1993; CARTWRIGHT, 1994) e em algumas variáveis biomecânicas como ângulo de flexão do tronco e joelho (DE BOER et al., 1987).

Outros estudos compararam as respostas fisiológicas entre a patinação de velocidade com as modalidades de ciclismo e corrida (FOSTER et al., 1999; KRIEG et al., 2006, SNYDER et al., 1996; RUNDELL, 1996) (MARTINEZ et al., 1993; WALLICK et al., 1995). Dentre eles, alguns encontraram respostas fisiológicas, como a frequência cardíaca, o consumo máximo de oxigênio e concentrações

de lactato sanguíneo, similares entre as modalidades (MARTINEZ et al., 1993, MELANSON; FREEDSON; JUNGBLUTH, 1996, WALLICK et al., 1995) enquanto outros autores encontraram diferenças nos mesmos índices (SNYDER et al., 1996, FOSTER et al., 1999; KRIEG et al., 2006, RUNDELL, 1996).

Alguns estudos até então utilizaram protocolos específicos para avaliar patinadores. Foster et al. (1999), Melanson, Freedson e Jungbluth (1996) e Rundell (1996) utilizaram esteira de patinação, e Wallick (1995), Martinez (1993), Krieg (2006), Droguetti et al. (1985) e Zapata (2009) realizaram protocolos em pista de patinação. Porém, desses estudos, apenas os estudos de Droguetti et al. (1985) e Zapata (2009) tiveram como objetivo investigar a validade dos testes para avaliação de patinadores de velocidade *inline*. Ambos os estudos utilizaram o ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) e o limiar ventilatório (LV) para as medidas submáximas. Droguetti et al. (1985) investigaram as [Lac] em apenas dois sujeitos, o que não representa uma amostragem significativa para a interpretação dos resultados encontrados. Já no estudo de Zapata (2009), apesar do número de sujeitos investigados ser representativo, a determinação das intensidades submáximas indireta, por meio de limiares ventilatórios, não garante a validade concorrente deste índice, mas sim a determinação direta das concentrações de lactato sanguíneo. Devido à divergência entre as características dos protocolos utilizados nas pesquisas com patinação, os resultados encontrados para as mesmas variáveis quando comparadas com protocolos em cicloergômetro ou esteira, para um grupo de sujeitos com características de treino similares, foram inconsistentes e controversos.

Schenau et al. (1983) e Geijsel et al. (1984) foram os primeiros a constatar que a capacidade de predição da performance de patinadores a partir de índices aeróbios e anaeróbios encontrados em protocolos em cicloergômetro é muito baixa, e que estes, obviamente, não podem ser utilizados para avaliação dos efeitos do treinamento aplicado durante a temporada de maneira periodizada. Outros autores também apontam que a prescrição de treinos de patinação derivados de testes incrementais em cicloergômetro e esteira de corrida não parece ser apropriada (KRIEG et al., 2006, SNYDER et al., 1996, FOSTER et al., 1999; RUNDELL, 1996).

Provavelmente, a escassez de investigações e propostas de testes específicos para patinadores deve-se à dificuldade de reproduzir a prática em ambiente laboratorial, bem como as condições de variações ambientais necessárias para validar e reproduzir os dados (DU

MANOIR et al. 2005; PUBLOW, 1999). Apesar dos testes realizados em pista apresentarem maior validade ecológica, no laboratório é possível ter o controle necessário para se obter medidas diretas das respostas fisiológicas durante a patinação, e avaliar a influência de variáveis isoladas sobre a performance (FOSTER et al., 2000).

Os testes laboratoriais específicos para patinação são feitos em esteiras rolantes especiais, com uma superfície que permite a utilização de patins *inline* ou até mesmo patins de gelo. Porém, o custo deste equipamento é alto e restrito a poucos laboratórios, para avaliar um número limitado de atletas. A falta de acesso à esteira de patinação também limita as comparações e propostas de validação de protocolos de patinação mais específicos, seja em campo ou em laboratório.

Outro equipamento que simula os gestos motores da patinação é conhecido como *slide board*. Este simulador consiste em uma plataforma lisa com largura suficiente para o patinador se deslocar lateralmente. O *slide board* possuem diferentes comprimentos, larguras, formas, e tem uma variedade de utilização. A primeira utilização do *slide board* por patinadores foi na década de 1950 para treinamento para os Jogos Olímpicos (WILLIFORD et al. 2003), e tem sido utilizado em alguns estudos sobre os efeitos de treinamento na patinação artística (PIES et al. 1998, BOWER et al., 2010) esqui *cross country* (LEIRDAL et al., 2006), rotinas de exercícios para academia de ginástica (PINTO et al. 2010; OLSON et al., 1997, WILLIFORD et al. 2003) e na reabilitação de indivíduos com lesões no joelho (KIMURA; HETZLER; NAKASONE, 2006; GRAHAM; GEHLSSEN; EDWARDS, 1993). Contudo, não foram encontrados na literatura estudos que tenham investigado a utilização deste equipamento para a avaliação de patinadores em testes incrementais específicos, que é foco de delimitação desta tese.

Dessa forma, considerando a necessidade de um protocolo específico e acessível, devidamente validado para avaliação, prescrição e controle do treinamento de patinadores, levantou-se o seguinte problema: seriam os protocolos incrementais de esforço em *slide board* válidos para determinar os índices fisiológicos aeróbios de patinadores de velocidade?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Investigar a validade de dois protocolos incrementais máximos em *slide board* para determinar os índices fisiológicos aeróbios máximos e submáximos em patinadores de velocidade.

1.1.2 Objetivos específicos

- 1- Verificar a reprodutibilidade (teste e reteste) de um protocolo incremental de esforço em *slide board*.
- 2- Verificar a validade concorrente do protocolo incremental curto em *slide board* (estágios de um minuto) para determinar os índices aeróbios máximos e submáximos.
- 3- Verificar a validade concorrente do protocolo incremental longo em *slide board* (estágios de três minutos) para determinar os índices aeróbios máximos e submáximos.
- 4- Verificar a validade concorrente do protocolo curto quando comparado com o protocolo longo em *slide board*.
- 5- Verificar a contribuição de diferentes variáveis obtidas no protocolo curto e longo em *slide board* no VO_2max .
- 6- Verificar a validade de construto do teste incremental curto em *slide board*, pelo método da diferença de grupos conhecidos.

1.2 JUSTIFICATIVA

Com a evolução do esporte de alto rendimento, é possível verificar a existência de um grande interesse da comunidade científica pela determinação de variáveis fisiológicas capazes de prever o desempenho, e que também possam ser utilizadas como referência para a avaliação, prescrição e controle dos efeitos do treinamento (GUGLIELMO; DENADAI, 2001). Para a determinação destas variáveis, é necessário que se considere o tipo ideal de protocolo para provocar as respostas fisiológicas máximas e submáximas adequadamente, considerando a especificidade do ergômetro utilizado (BENTLEY et al., 2007, BENEKE et al., 2001).

A patinação apresenta uma demanda fisiológica e biomecânica específica, que não pode ser avaliada em protocolos de diferentes modos de exercício, como a esteira ou cicloergômetro (FOSTER et al., 1999; KRIEG et al. 2006, SCHENAU et al., 1992). Apesar disso, os protocolos em cicloergômetro são frequentemente utilizados para a avaliação de patinadores, e os índices advindos destes testes são usados para a prescrição de treinos e avaliação do nível de condicionamento dos mesmos. Apesar de existirem protocolos de patinação mais específicos, que utilizam esteira de patinação, o acesso a estes equipamentos ainda é restrito a poucos laboratórios e à avaliação de um número limitado de atletas. Por isso, o presente estudo tem uma importância prática por propor um protocolo específico para avaliação de patinadores, realizado em um equipamento acessível, que proporcione indicadores fisiológicos confiáveis para avaliar patinadores de diferentes modalidades que poderiam auxiliar nos ajustes das cargas de treinamento.

Dentre os indicadores da performance, os índices derivados da resposta do lactato sanguíneo como o início de acúmulo de lactato no sangue (OBLA) e a máxima fase estável de lactato (MLSS), são considerados os melhores discriminadores da performance em eventos de endurance (COYLE, 1995; DENADAI, 1999). A determinação do OBLA é protocolo dependente, e é mais precisamente determinada em protocolos com estágios de duração mais longa, para que a concentração de lactato no sangue seja estabilizada (KISS et al., 1995). Por isso, neste estudo, a determinação do OBLA será feita de maneira direta por meio do comportamento da [Lac] durante o protocolo em *slide board* com estágios de três minutos. O método proposto por Berg (1990) foi escolhido para a identificação do OBLA, pelo fato de que este método

mostrou ser o mais preciso para estimar a MLSS no ciclismo (GROSSL et al., 2012) e na corrida (DE SOUZA et al., 2012).

Sheen et al. (1981) e Jones e Doust (1998) destacam que o procedimento direto para determinação do MLSS por meio da medição da [Lac] têm sido criticado pela falta de padronização e dificuldade de acessibilidade por envolver testes longos de no mínimo 30 minutos, além da abordagem invasiva e do custo elevado. Por isso, justifica-se a necessidade de investigar se métodos não invasivos e mais acessíveis, como o PDFC e LV2, são válidos para a identificação do OBLA nos protocolos de patinação em *slide board* propostos.

1.3 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS

a) *Reprodutibilidade (ou fidedignidade)*

Conceitual: Refere à confiabilidade ou fidedignidade do teste. A fidedignidade pode ser expressa pelo grau de estabilidade dos valores medidos durante repetidos testes com os mesmos indivíduos (HOPKINS, 2000; THOMAS; NELSON, 2002).

Operacional: A reprodutibilidade do teste em *slide board* foi determinada por meio da análise da correlação intraclasse e da variação intra individual entre os resultados obtidos no teste e reteste.

b) *Validade concorrente*

Conceitual: É o grau de precisão em que um teste mede aquilo que ele se propõe a medir, e sua relação a um critério i.e um teste concorrente (IMPELLIZZERI; MARCORA, 2009).

Operacional: A validade do teste em *slide board* foi determinada pela correlação entre as variáveis obtidas durante os testes em *slide board* e dois testes concorrentes em cicloergômetro.

c) *Validade de Construto*

Conceitual: A validade de construto é o grau no qual os escores alcançados em um teste medem um construto hipotético, geralmente estabelecido pelo relacionamento dos resultados a algum comportamento.

Operacional: A validade de construto do teste em *slide board* foi determinada pelo método da diferença entre grupos conhecidos, na qual os resultados de grupos com diferente nível de treinamento devem ser diferentes.

d) OBLA associado ao segundo limiar de transição fisiológica

Conceitual: O OBLA é o início de acúmulo de lactato no sangue, considerados como sendo o limite superior do domínio pesado de exercício (PRINGLE; JONES, 2002).

Operacional: O OBLA foi determinado pelo método proposto por Berg (1990) que correspondente a menor relação existente entre [Lac] e intensidade (menor razão entre [Lac] e cadência). Uma vez identificada a [Lac] referente ao valor mínimo dessa relação, é adicionado a esta o valor de $1,5 \text{ mmol.L}^{-1}$ e assim encontra-se a [Lac] que representa o OBLA associado ao LFT2 e a sua intensidade correspondente.

e) Consumo máximo de oxigênio (VO_{2max})

Conceitual: A mais alta captação e utilização de oxigênio alcançada por um indivíduo, respirando ar atmosférico ao nível do mar (ASTRAND, 1952).

Operacional: O VO_2 foi mensurado respiração a respiração durante todo o protocolo sendo os dados reduzidos às médias de 15 s. O VO_{2max} foi considerado como o maior valor obtido durante o teste nestes intervalos de 15 s.

f) Ponto de Deflexão da Frequência Cardíaca (PDFC)

Conceitual: É o ponto de perda de linearidade do aumento dos valores de FC em resposta ao aumento da intensidade do exercício (CONCONI et al., 1996).

Operacional: O PDFC foi identificado pelos métodos: visual (deflexão na reta formada pelos valores FC x Cadência) por dois avaliadores experientes; e pelo método Dmax.

g) Segundo Limiar Ventilatório (LV_2)

Conceitual: O LV_2 é definido como um aumento brusco na VE, acompanhado de um aumento em ambos equivalentes respiratórios de O_2 (VE/VO_2) e de CO_2 (VE/VCO_2) (REINHARD; MULLER; SCHMULLING; 1979).

Operacional: O LV_2 foi determinado por dois avaliadores experientes, pelo aumento no equivalente respiratório para O_2 e CO_2 .

h) Cadência máxima (CAD_{max})

Conceitual: A cadência máxima (CAD_{max}) foi definida como o número máximo de passos por minuto (ppm) alcançada durante o teste incremental em *slide board*.

Operacional: A CAD_{max} foi calculada de acordo com a equação adaptada de Kuipers et al.(1985), levando em consideração a cadência do último estágio completado, o tempo do estágio incompleto, a duração de cada estágio e o incremento de cadência por estágio.

i) Potência (P)

Conceitual: A P gerada a cada passada no *slide board* foi estimada de acordo com o modelo de equilíbrio de potências, inicialmente proposto por Schenau (1981).

Operacional: A P foi calculada a partir do cálculo da força de atrito cinético (F_{at}) da superfície e a velocidade (v) na direção latero lateral (direção do movimento no *slide board*), estimada por meio da distância percorrida e da CAD do atleta.

j) Índice de ritmo (%R)

Conceitual: O índice de ritmo representa a capacidade do patinador em manter a cadência determinada durante cada estágio do teste em *slide board*.

Operacional: O %R foi determinado por meio do percentual de acertos totais de passos dentro da cadência estipulada para cada estágio pelo programa durante o teste (tolerância de 10%).

1.4 LIMITAÇÕES E DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Foram consideradas as seguintes limitações do presente estudo:

- a) a não determinação da máxima fase estável de lactato para confirmação do OBLA nos protocolos;
- b) o pequeno número de sujeitos investigado;
- c) a falta de um protocolo de patinação mais específico para ser utilizado como padrão ouro.

O presente estudo se delimitou a investigar a validade de dois protocolos incrementais de patinação em *slide board*, com patinadores recreacionais e competitivos, de provas curtas e de longa distância, do sexo masculino e feminino.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ÍNDICES FISIOLÓGICOS ASSOCIADOS À PERFORMANCE AERÓBIA

A utilização de índices fisiológicos para a prescrição da intensidade do exercício, o controle dos efeitos do treinamento e para a predição da performance aeróbia tem sido amplamente estudadas nas Ciências do Esporte (BILLAT et al., 1999; DENADAI, 1999). Entre os principais índices estão o consumo máximo de oxigênio ($VO_2\text{max}$) e os índices associados à resposta do lactato durante o exercício submáximo, i.e limiar de lactato (LL), limiar anaeróbio (LAn), OBLA e máxima fase estável de lactato (MLSS).

O $VO_2\text{max}$ é o identificador da aptidão cardiorrespiratória que representa a mais alta taxa na qual o oxigênio pode ser captado e utilizado pelo corpo durante um exercício máximo aeróbio (BASSETT; HOWLEY, 2000). Por se tratar do limite superior de transformação de energia por meio do metabolismo aeróbio, o $VO_2\text{max}$ tem sido considerado o principal indicador fisiológico da potência aeróbia máxima (DENADAI, 1995). Partindo de intensidades de exercício baixas, e com o acréscimo na intensidade do exercício ocorre o aumento linear do VO_2 , até o momento em que é atingido o platô ou estabilização, indicando o $VO_2\text{max}$ do indivíduo (DENADAI, 1995).

Para avaliação da aptidão aeróbia, o $VO_2\text{max}$ foi por muito tempo considerado o principal indicador fisiológico. Contudo, alguns estudos têm mostrado que este índice não é o melhor discriminador da performance em eventos de predominância aeróbia (DENADAI, 1999; CAPUTO et al., 2009). Estudos sugerem que a resposta do lactato sanguíneo ao exercício pode de modo mais preciso que o $VO_2\text{max}$ avaliar a capacidade de rendimento em provas predominantemente aeróbias e, detectar, principalmente durante um acompanhamento longitudinal, a existência ou não de adaptações fisiológicas determinadas pelo treinamento de *endurance* (GRECO, 2003; COYLE, 1995). Além disto, a resposta do lactato sanguíneo tem apresentado maior poder de predição da performance aeróbia em grupos homogêneos pelo fato de estar associada às adaptações periféricas do treinamento aeróbio, estando relacionada ao aumento da densidade capilar e da capacidade de transportar lactato e íons H^+ (BENEKE, 2003).

Por meio da mensuração da [Lac], é possível assumir a existência de domínios fisiológicos, separados por dois limiares ou duas perdas de linearidade, identificados como primeiro limiar de lactato ou primeiro limiar de transição fisiológica (LTF1) e segundo limiar de lactato ou segundo limiar de transição fisiológica (LTF2). Tais domínios de intensidade são classificados como moderado, pesado e severo, sendo que em cada um, as respostas fisiológicas ao longo do tempo são diferentes (GAESSER; POOLE, 1996).

O LTF1 está associado ao domínio moderado em que há um ligeiro aumento na [Lac], logo acima dos níveis de repouso. Nesta intensidade, a concentração de lactato é menor ou próxima de 2 mmol.l^{-1} , equivalendo a uma intensidade entre 40 e 80% do VO_2max , dependendo do nível de aptidão aeróbia do indivíduo (CAPUTO et al., 2009). Já o LTF2 está associado ao domínio pesado, e representa a intensidade que provoca um rápido aumento nas [Lac], indicando o limite superior do equilíbrio entre a produção e remoção do lactato, com [Lac] comumente entre 2,5 e $5,0 \text{ mmol.l}^{-1}$ (DE-OLIVEIRA, 2004; HECK et al., 1985). O domínio pesado está associado a ocorrência da MLSS que, segundo Beneke et al. (2003), é definida como a mais alta [Lac] em que há um máximo equilíbrio entre liberação e remoção durante o exercício prolongado (30 min) de carga constante.

A identificação precisa dos limiares de transição fisiológica é uma estratégia imprescindível para o treinamento de endurance, visto que o treino torna-se mais eficaz quando realizado nas intensidades correspondentes aos limiares. Quanto mais elevado for o LTF2, maior será a capacidade aeróbia do atleta, pois maior será a intensidade do exercício realizada em equilíbrio metabólico (MANSO; VALDIVIELSO; CABALLERO, 1996).

2.2 MÉTODOS DE DETECÇÃO DO LTF2

Com relação aos protocolos usados para mensurar a intensidade correspondente ao LTF2, há os que empregam métodos chamados invasivos devido à mensuração direta das concentrações de lactato sanguíneo, e os chamados métodos não invasivos ou indiretos, que se baseiam em modificações no comportamento da frequência cardíaca ou padrões ventilatório e respiratório.

2.2.1 Métodos invasivos

Dos métodos invasivos, a determinação da MLSS tem sido considerada como o padrão ouro para avaliação da capacidade aeróbia (BILLAT et al., 2003). A MLSS é definida como a mais alta carga em que a [Lac] permanece estável, com variação não superior a $1 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ durante os últimos 20 minutos de um exercício de carga constante. O protocolo do teste para determinação da carga deve ter uma duração mínima de 30 minutos, e pode ser de carga contínua ou intervalada (GROSSL et al., 2012). Se durante o primeiro teste de carga constante houver uma estabilização ou uma diminuição dos valores de [Lac], novos testes com acréscimo na carga devem ser realizados até que se obtenha a maior carga em que a [Lac] esteja estável (BENEKE, 1995).

Apesar da MLSS ser o padrão ouro da avaliação da capacidade aeróbia, o procedimento para sua determinação tem sido criticado pela falta de padronização e dificuldade de acessibilidade, pois envolve entre 2 a 5 testes de duração constante de no mínimo 30 minutos para sua determinação (SHEEN et al., 1981; JONES; DOUST, 1998). Por isso, outros pesquisadores validaram métodos para prever a MLSS por meio da realização de um único teste incremental.

Heck et al. (1985) propuseram um único protocolo de cargas incrementais, com estágios com duração de 5 minutos, empregando uma concentração fixa de $4,0 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, e em estágios com duração de 3 minutos, a concentração fixa de $3,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. Porém, a utilização de uma concentração fixa de lactato para a identificação do OBLA pode não ser apropriada, pois fatores como o estado nutricional, a variabilidade individual e o tipo de exercício, podem influenciar nesta predição (BENEKE, 2001; GROSSL et al., 2012; STEGMANN et al., 1981).

Desta forma, Stegmann et al. (1981) propuseram o limiar anaeróbio individual (IAT), para prever o LTF2 de forma individualizada, com concentrações variando entre $1,0$ e $7,0 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. O IAT é definido como a mais alta taxa metabólica em que a concentração de lactato sanguíneo é mantida em estado de equilíbrio durante exercício prolongado, onde a eliminação do lactato durante o exercício é máxima e igual à taxa de difusão do lactato do sangue (STEGMANN et al., 1981). O protocolo para a determinação do IAT é composto por cargas progressivas, considerando o ponto de inflexão da curva lactato versus carga e a cinética do lactato durante o período de recuperação pós-exercício.

Tegtbur et al. (1993) propuseram o protocolo do lactato mínimo (LM) para identificar a MLSS. Este protocolo determina a concentração mínima de lactato no sangue durante um teste incremental, após indução

de acidose metabólica por meio de um exercício supramáximo. A vantagem do protocolo de LM é que pode ser empregado tanto em ergômetros quanto em teste de campo para corredores, ciclistas, triatletas (TEGTBUR et al., 1994). Dessa forma o indivíduo pode ser avaliado nas condições de treino e competições no local da prática.

Berg et al. (1990), propuseram que a determinação do LTF2 seja feita por intermédio da identificação da menor relação existente entre o lactato sanguíneo e a carga (intensidade) de exercício. Uma vez identificado o valor mínimo existente nessa relação, adiciona-se o valor de $1,5 \text{ mmol.l}^{-1}$ e assim encontra-se o valor de lactato individual que representaria o OBLA (figura 1). A carga correspondente ao LTF2 é conseguida por interpolação linear.

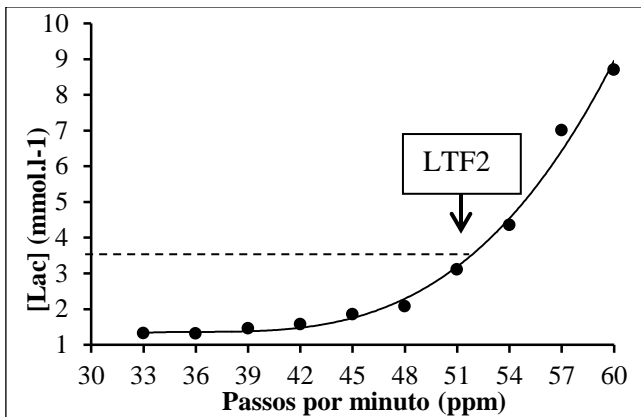


Figura 1. Identificação direta do LTF2 pelo método proposto por Berg et al. (1990) e pela concentração fixa de lactato sanguíneo ($3,5 \text{ mmol.l}^{-1}$) proposto por Heck et al. (1985).

Cheng et al. (1992) propuseram o método Dmáx, onde são plotadas as respostas do lactato sanguíneo obtidas no final de cada estágio em função das respectivas cargas. O OBLA é determinado como o ponto de maior distância obtida entre a reta gerada pela equação linear e a curva originária da equação polinomial. Na literatura, alguns estudos aplicaram o método Dmáx em dados ajustados com regressão polinomial (BISHOP; JENKINS; MACKINNON, 1998) e outros empregaram função exponencial contínua (NICHOLSON; SLEIVERT, 2001). Considerando que o modelo Dmáx está condicionado ao comportamento de toda a curva das [La], a utilização de funções

matemáticas possa gerar distorções na intensidade determinada por este modelo.

No método de Baldari e Guidetti (2000), o OBLA é identificado por intermédio de gráficos similares aos descritos no método de Dmáx. Porém, o OBLA corresponde a intensidade anterior de esforço ao segundo incremento de lactato sanguíneo consecutivo maior que 0,5 mmol.l⁻¹.

Recentemente, o estudo de Grossl et al. (2012) comparou os métodos de estimativa do OBLA de Heck et al. (1985), Berg et al. (1990) e Baldari e Guidetti (2000) com a intensidade da MLSS (wMLSS) real, em ciclistas treinados. Além da análise de correlação, foi calculado o viés (*bias*) e os limites de concordância entre os três diferentes métodos com a wMLSS real. Os resultados mostraram que o OBLA estimado pelo método de Baldari e Guidetti (2000) subestimou a wMLSS, pelo método de Heck et al. (1985) apresentou uma tendência a superestimar a wMLSS, sendo que o método de Berg et al. (1990) mostrou-se o mais preciso. Além disso, Hoelffman et al. (2014) verificaram uma boa reprodutibilidade deste método quando obtido em ciclismo, em um estudo com design de teste-reteste. Neste estudo foi encontrado um erro típico de 2,8% quando expresso como coeficiente de variação.

2.2.2 Métodos não invasivos

Apesar da maior precisão nos resultados, o procedimento direto para determinação do OBLA por meio da medição do lactato sanguíneo envolve testes longos, além da abodagem invasiva e do custo elevado. Por isso, devido à acessibilidade de se obter os valores de FC durante testes de esforço, alguns estudos utilizaram esta variável fisiológica para estimar o LTF2 por meio da identificação do ponto de deflexão da FC (PDFC). O PDFC proposto por Conconi et al. (1982) assume o pressuposto de que a FC aumenta de maneira linear, juntamente com a carga de trabalho (em testes incrementais), até o momento em que passa a aumentar menor magnitude, independente dos incrementos da intensidade. Este ponto de quebra da linearidade do aumento da FC é identificado visualmente como uma deflexão na reta formada pelos valores no gráfico.

Alguns estudos verificaram valores semelhantes em variáveis metabólicas e cardiovasculares relacionados ao PDFC identificado de maneira visual e o LTF2 em cicloergômetro, e que o PDFC se encontra em intensidade correspondente a aproximadamente 90% da FCmax

(HOFMANN et al., 1994; BUNC et al., 1995; BOURGOIS et al., 2004). Outros afirmam que o PDFC superestima a MLSS, e que a intensidade do PDFC visual pode não representar uma estabilidade fisiológica, tendo como parâmetro a concentração de lactato sanguíneo (BOURGOIS; VRIJENS, 1998; BOURGOIS et al., 2004; JONES; DOUST, 1995). Ainda, em alguns trabalhos não foi possível encontrar o PDFC visual em todos os sujeitos investigados, devido à grande variabilidade da resposta da FC (JONES; DOUST, 1998; VACHON; BASSETT; CLARKE, 1999).

A fim de obter maior precisão na detecção do PDFC, Kara et al. (1996) determinaram um ajuste matemático da resposta da FC no teste incremental. O método emprega um ajuste polinomial de terceira ordem e determinação de uma reta, utilizando dois pontos para a sua determinação: o primeiro valor superior ou igual a 140 bpm e o segundo a FCmax, assim, o PDFC pelo ajuste matemático foi considerado como o ponto mais distante entre a reta e a curva ajustada (método Dmax). Na figura 2 o PDFC está identificado pelos métodos matemático Dmax e pelo método da identificação visual da quebra da linearidade do comportamento da FC (linha pontilhada).

Figura 1. Identificação direta do LTF2 pelo método proposto por Berg et al. (1990) e pela concentração fixa de lactato sanguíneo ($3,5 \text{ mmol.l}^{-1}$) proposto por Heck et al. (1985).

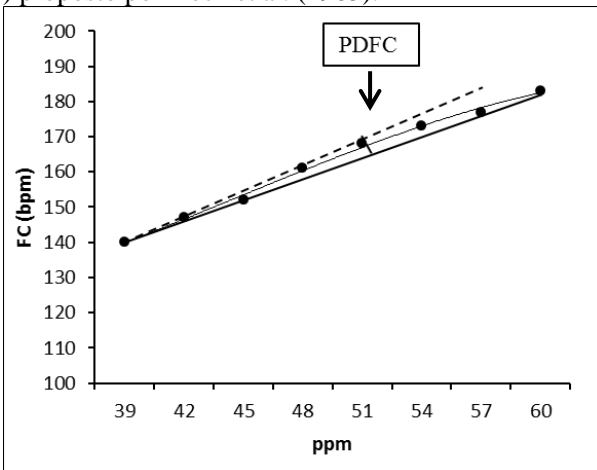


Figura 2. Identificação do PDFC pelo método matemático (Dmax) e pelo método visual (linha pontilhada).

Outro índice indireto para determinação dos limiares fisiológicos é o limiar ventilatório (LV). Este índice é baseado na relação existente entre o VO_2 e a produção de dióxido de carbono (CO_2) durante um teste de esforço incremental. O LV1 é definido como o primeiro aumento na ventilação (VE), acompanhado por um aumento no equivalente respiratório de O_2 (VE/VO_2). O LV2 é definido como um aumento brusco na VE, acompanhado por um aumento em ambos equivalentes respiratórios de O_2 (VE/VO_2) e de CO_2 (VE/VCO_2), como representado na figura 3. Vários estudos têm reportado uma relação significativa entre o LV_2 e a MLSS (HOFMANN et al., 1994; LUCIA et al., 2000; WONISCH et al., 2003). Contudo, a relação entre o LV_2 e a MLSS não tem sido encontrada em todos os sujeitos (SIMON et al., 1983), e é dependente tanto do nível de treinamento dos sujeitos quanto do tipo de protocolo utilizado (BENTLEY; McNAUGHTON, 2003).

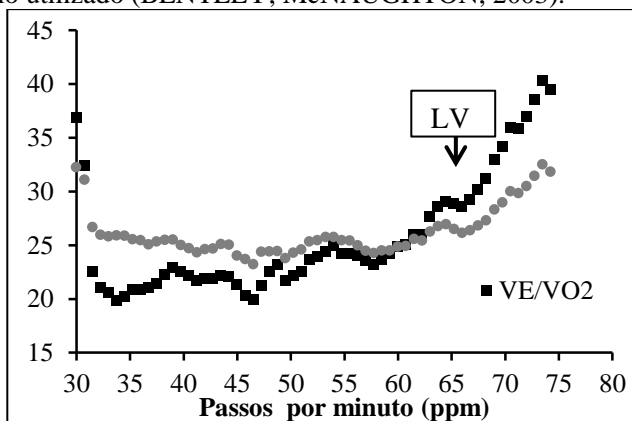


Figura 3. Identificação visual do LV2 pelo aumento dos equivalentes respiratórios de O_2 e CO_2 .

Adicionalmente a PDFC e ao LV2, alguns estudos utilizaram a percepção subjetiva do esforço por meio da escala de Borg (BORG, 2000), com o intuito de identificar intensidades do exercício durante testes incrementais. Silva et al. (2005) realizaram um teste em cicloergômetro buscando uma relação entre o PDFC e PSE, e constataram que o PDFC pode ser estimado pelo nível 16 da escala Borg de 20 pontos (6 a 20). Bodner et al. (2002) não encontraram diferenças significativas entre VO_2 e FC no PDFC e essas mesmas variáveis no LV2 em ciclistas treinados. Ainda, uma correlação significativa foi encontrada entre FC e escala de Borg durante o teste de Conconi em esteira para estimativa do LTF2 (MAHLER; ROSTAN, 1990).

No presente estudo, todos os métodos indiretos descritos para determinação do OBLA foram utilizados.

2.3 DEPENDÊNCIA DO PROTOCOLO UTILIZADO

De acordo com Bentley et al. (2007), um protocolo incremental pode ser modificado dependendo da sua carga inicial, bem como da duração e da magnitude dos incrementos de carga. As mudanças nos protocolos de teste podem ter implicações nas variáveis mensuradas e, conseqüentemente, na utilização destas variáveis em análises longitudinais e no diagnóstico da performance (BENTLEY; McNAUGHTON, 2003). Apesar disso, é comum que a duração do estágio bem como a carga de incremento seja modificada durante testes incrementais (COYLE, 1995), sem que haja um consenso nos métodos utilizados para mensurar os parâmetros fisiológicos submáximos (BENTLEY et al., 2007).

De acordo com Smith et al. (1998), a redução na duração dos estágios ou o aumento da magnitude de aumento da carga por estágio diminui a duração total do teste. Ainda, se o protocolo incremental com estágios maiores do que três minutos for feito com pessoas destreinadas, o VO_2 max e demais variáveis fisiológicas podem ficar comprometidas (SMITH et al., 1998). Para atletas treinados, protocolos de curta duração com grandes incrementos de carga para a determinação do VO_2 max não é aplicável (BENTLEY et al., 2007). Além disso, outras variáveis como o OBLA associado ao LTF2 devem ser quantificadas juntamente com o VO_2 max. Por isso, pode-se hipotetizar que um teste incremental com estágios de duração superior a três minutos pode ser mais sensível nas mudanças da performance com o treinamento de endurance (BENTLEY et al., 2007).

Com relação à resposta do lactato sanguíneo ao exercício incremental, tem sido sugerido que é necessária a utilização de estágios de três a seis minutos para obter medidas precisas para determinar os pontos de inflexão deste metabólito (THODEN et al., 1991). Ainda, o nível de treinamento dos sujeitos interfere nesta variável, pois os resultados estão relacionados à capacidade de difusão do lactato de cada sujeito (BENTLEY; MCNAUGHTON; BATTERHAM, 2001). Weltman et al. (1990) compararam o VO_2 , a velocidade e a FC no LL e no OBLA a partir de concentrações fixas de 2, 2,5 e 4 $mmol.l^{-1}$ obtidos em dois testes de exercício incremental compostos de estágios descontínuos de 10 minutos ou estágios contínuos de três minutos, e

encontraram que, para o grupo de corredores treinados, o VO_2 e a velocidade no LL de 2mmol.l^{-1} foi significativamente maior no protocolo descontínuo de 10 minutos.

A MLSS pode também ser influenciada pelo protocolo utilizado. Na corrida e no ciclismo a intensidade da MLSS foi de 6,5 a 14% maior no protocolo intermitente que no contínuo (DE LUCAS; DENADAI; GRECO, 2009). Além disso, esta intensidade também é influenciada pela duração do intervalo de recuperação, na qual, quanto maior o tempo de recuperação entre cada estímulo, maior será a intensidade referente à MLSS (BENEKE et al., 2003).

Os estudos também tem demonstrado que o tipo de protocolo pode interferir na determinação da OBLA por índices indiretos (PDFC e LV2). De acordo com Vachon Bassett e Clarke (1999), o PDFC é altamente dependente do tipo de protocolo de teste utilizado. O protocolo proposto por Conconi et al. (1982) é mais eficaz para que ocorra uma deflexão na curva da FC do que os demais protocolos convencionais de esteira, devido a curta duração dos estágios que resultam em um menor acúmulo de lactato, reduzindo a fadiga muscular. Isso permite que o corredor continue aumentando sua velocidade além do ponto no qual a FC_{max} é atingida.

De acordo com Conconi et al. (1996) a razão pela qual alguns autores não encontraram o PDFC pode ser explicada pela escolha do protocolo de teste, onde as cargas de cada estágio aumentam de maneira menos gradual que o teste em rampa. Segundo ele, protocolos em rampa que permitem aumento gradual da FC (< 8 bpm por minuto de exercício) podem ser mais apropriados para a detecção do PDFC em sujeitos que apresentam uma resposta curvilinear. Protocolos de testes nos quais incorporam incrementos não linear de tempo ou velocidade permitem a determinação arbitrária do PDFC, porém, parecem não ser válidos (POKAN et al., 1999).

Em testes de curta duração, grandes incrementos de carga levam a maiores aumento na FC média. Testes com grandes incrementos na FC mostram uma relação da carga/FC deslocada para direita quando comparados a menores aumentos na FC, e ainda, o PDFC e a FC_{max} são menores, e a carga relativa ao PDFC é maior (CONCONI et al., 1996). Isso significa que, a razão pela qual alguns pesquisadores encontraram boa concordância entre as variáveis PDFC e a carga correspondente ao LTF2 (CONCONI et al., 1996; DROGUETTI et al., 1985), enquanto outros não (KUIPERS et al., 1988; LEGER; TOKMAKIDIS, 1988), pode estar relacionada às diferenças no protocolo de lactato utilizado.

O nível de treinamento pode também influenciar na ocorrência do PDFC. No estudo de Lucía et al. (1999) realizado com ciclistas profissionais, o PDFC foi encontrado em uma carga similar (85-90% VO_2max) ao OBLA, porém, não foram encontradas correlações significativas entre estes índices, sustentando a hipótese de que a acidose metabólica em cargas altas de exercício possa influenciar na ocorrência do PDFC, pelo menos em atletas de resistência altamente treinados. Ainda, a perda da linearidade da FC durante o teste progressivo foi predominantemente encontrada em ciclistas que apresentam as paredes cardíacas espessas.

Com relação ao LV2, Bentley e McNaughton (2003) demonstraram que a carga correspondente ao LV2 foi diferente quando medida em testes incrementais no ciclismo com estágios de 60 segundos ou de três minutos. Porém, outros estudos não encontraram diferenças no LV2 em testes com estágios de 60 segundos e três minutos de duração (AMANN; SUBUDHI; FOSTER, 2004), ou com incrementos rápidos ou lentos em sujeitos treinados (WESTON et al., 2002). Contudo, em ambos os estudos, a magnitude do incremento de carga foi diferente, o que mostra inconsistência na manipulação de protocolo de testes e medida do LV2.

Por último, outro fator muito importante a ser considerado para aplicação de testes incrementais é a especificidade do ergômetro utilizado com a modalidade investigada. De acordo com Beneke (2001), a cinética de produção e remoção de lactato sanguíneo ocorre de maneira diferente de acordo com cada pessoa e em função do tipo de exercício, devido à quantidade de massa muscular envolvida. A patinação de velocidade apresenta uma demanda fisiológica específica, que não pode ser avaliada em protocolos de diferentes modos de exercício, como a esteira ou cicloergômetro (FOSTER et al., 1999; KRIEG et al., 2006, SCHENAU et al., 1992). Além disso, a posição corporal adotada pelo patinador influencia na resposta fisiológica, devido ao comprometimento do fluxo sanguíneo muscular (RUNDELL, 1996), o que justifica a necessidade de se utilizar um protocolo específico para avaliar a performance nesta modalidade.

2.4 ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA PATINAÇÃO DE VELOCIDADE

Na patinação de velocidade, como na maioria dos esportes cíclicos de endurance, tanto o sistema energético aeróbio quanto o

anaeróbico é de fundamental importância para a performance, dependendo da distância da prova. Entretanto, uma alta potência aeróbia não garante sucesso na patinação de velocidade, mas o trabalho de força específica, a composição das fibras musculares e a habilidade de tolerar e remover o lactato produzido são citadas como as variáveis mais importantes (DE BOER et al., 1987). Manter a postura grupada, com pequenos ângulos de flexão das articulações do joelho e quadril, característica dos patinadores de velocidade, interfere no fluxo de sangue para os músculos da perna e do quadril e aumenta a importância do sistema energético da glicólise anaeróbia, que resulta na produção de ácido láctico (DE KONING; SHENAU, 2000).

Assim como ocorre nas provas de corrida ou ciclismo, o percentual da contribuição dos sistemas energéticos na patinação de velocidade varia de acordo com a distância da prova. Nas distâncias de 500 m (~ 40 s), a contribuição aeróbia é de 30% e a anaeróbia 70%. Já na distância de 1000 m (~1:30s), essa proporção é de aproximadamente 51% aeróbia e 49% anaeróbia, e nos 1500m, o sistema aeróbio contribui cerca de 64% contra 36% da contribuição do sistema anaeróbio (SCHENAU; DE KONING, DE GROOT, 1992).

Considerando que somente as provas acima de 10000 m tem duração maior do que sete minutos, provavelmente o VO_{2max} específico na patinação de velocidade é alcançado e sustentado durante a maioria dos eventos, sendo esse VO_{2max} correspondente a 85% e 90% daquele atingido durante o ciclismo ou corrida, mesmo em atletas altamente treinados. Devido a pequena diminuição no VO_{2max} durante a patinação quando comparada a outras modalidades de endurance, uma pequena diminuição na VE_{max} é também esperada (SCHENAU; DE KONING, DE GROOT, 1990). Há ainda algumas evidências de que a relação VE/VO_2 durante a patinação pode ser sutilmente maior do que o ciclismo, provavelmente devido ao acúmulo acelerado de lactato sanguíneo (FOSTER et al., 1999).

A FC_{max} durante a patinação de velocidade no gelo é semelhante aquela encontrada durante o ciclismo ou corrida, embora o VO_{2max} seja menor (SCHENAU; DE KONING, DE GROOT, 1990). Apesar das evidências de que a FC pode ser desproporcionalmente alta durante a patinação quando comparado ao VO_2 , Foster et al. (1993) sugerem que o percentual da FC_{max} acompanha quase que perfeitamente o percentual do VO_{2max} específico durante a patinação de velocidade. Porém, se o VO_{2max} do patinador é reduzido, um dado VO_2 absoluto representa um aumento desproporcional do percentual de VO_{2max} , e, por isso, um pequeno aumento na FC é esperado (FOSTER et al., 1999).

Existem evidências de que para um determinado VO_2 , o débito cardíaco é um pouco menor e a diferença arteriovenosa de O_2 um pouco maior durante a patinação comparada com o ciclismo (SYNDER et al., 1993). Essa hipótese está relacionada ao conceito de que o fluxo sanguíneo muscular é dificultado durante a patinação devido às altas forças internas musculares que atuam pressionando as pequenas arteríolas, dificultando o fluxo sanguíneo (FOSTER et al., 1999).

De acordo com Rundell, Nioka e Chance (1997) durante a patinação de velocidade, particularmente em posições mais abaixadas, característica de provas curtas, ocorre uma rápida e profunda dessaturação de hemoglobina/mioglobina nos músculos ativos. Estes resultados corroboram a teoria de redução do fluxo sanguíneo muscular causado pela oclusão mecânica dos vasos na musculatura ativa (FOSTER et al., 1999). A magnitude dessa dessaturação na patinação no gelo é significativamente maior do que a que ocorre no ciclismo (RUNDEL; NIOKA; CHANCE, 1997). Já na patinação *inline*, quando adotada uma postura mais elevada e em intensidade submáximas, essa dessaturação é substancialmente similar àquela que ocorre no ciclismo (RUNDELL, 1996).

Segundo Foster et al. (2000), até então medidas diretas das [Lac] não haviam sido ainda realizadas durante a patinação de velocidade em pista, apenas em estudos de patinação em esteira. Os valores de acúmulo de lactato sanguíneo após as competições de patinação de velocidade estão entre os mais elevados reportados na literatura, normalmente ultrapassando 20 mmol.l^{-1} (FOSTER et al., 2000), sendo que os maiores valores dessas concentrações acontecem após as provas de 1000 e 1500m (FOSTER et al., 1993). As [Lac]max encontradas em patinação em esteira não foram diferentes das encontradas em cicloergômetro (KRIEG et al. 1996; MARTINEZ et al. 1993; FOSTER et al., 1999), mas foram menores quando comparadas à corrida (MARTINEZ et al. 1993) enquanto que em intensidades submáximas relativas ao VO_2 , as [Lac] durante a patinação foram maiores (FOSTER et al., 1999; RUNDEL; NIOKA; CHANCE, 1996; SNYDER et al. 1993, KRIEG et al. 1996). Os estudos mostram ainda que uma postura mais abaixada promove maiores [Lac] durante a patinação (RUNDELL et al. 1997; FOSTER et al., 1999), devido a uma maior dessaturação de O_2 e a restrição do fluxo sanguíneo.

2.4.1 Comparação entre patinação de velocidade no gelo, *inline* e esqui *cross country*.

Os estudos mostram resultados que evidenciam tanto semelhanças quanto diferenças entre a patinação no gelo e a patinação *inline*, no que diz respeito às respostas fisiológicas. De acordo com Boer et al. (1987), não existem diferenças significativas na resposta do VO_2 , VE e FC entre a patinação de velocidade no gelo e *inline*. Os autores investigaram essas variáveis em oito patinadores que realizaram quatro testes supramáximos (*all-out*), dois em pista de asfalto (267 m) e dois em pista de gelo (400 m), percorrendo 2800 m, e não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de VO_2 máximo ($50,5 \pm 8,0$ e $53,3 \pm 6,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), VE ($102,4 \pm 11,2$ e $116,0 \pm 11,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$) ou FC máxima (174 ± 12 e $176 \pm 14 \text{ bpm}$) entre a patinação no gelo e *inline*. Somente a razão de trocas gasosas máxima (RER) foi maior na patinação *inline* ($1,16 \pm 0,1$ vs. $1,05 \pm 0,1$).

Outros estudos apontam diferenças significativas nas respostas fisiológicas submáximas durante a patinação no gelo e em asfalto. Carroll et al. (1993) compararam a FC e VO_2 entre a patinação em pista no gelo e em asfalto (*inline*). Participaram 12 jogadores de hóquei que realizaram um teste de patinação com três estágios de 3 minutos, nas velocidades de $12,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $16,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, e $20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, respectivamente. Os resultados revelaram que a FC e o VO_2 foi significativamente maior durante a patinação *inline*, nas três velocidades investigadas, indicando um maior gasto metabólico do que a patinação no gelo.

Cartwright (1994), com o objetivo de investigar diferentes tipos de rolamentos e de superfícies de patinação (gelo, asfalto e concreto), realizou testes submáximos nas velocidades de 20, 21,4 e 22,86 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. Os resultados mostraram que a FC e o VO_2 na patinação *inline* (tanto no asfalto quanto no concreto) foram significativamente maiores do que na patinação no gelo, ao passo que os dois tipos de patinação *inline* resultaram em respostas fisiológicas similares.

Nobes et al. (2003) avaliaram jogadores de hóquei para comparar a economia de patinação e o VO_2 no gelo e na esteira. O protocolo consistiu em três testes submáximos contínuos de quatro minutos de patinação em três velocidades submáximas de 18, 20 e 22 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, e um teste incremental para determinação do $\text{VO}_{2\text{max}}$, iniciando em $24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e aumentando $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ até a exaustão voluntária. O VO_2 e a FC foram significativamente menores durante a patinação no gelo nos testes submáximos. Já no teste máximo incremental, o $\text{VO}_{2\text{max}}$ foi similar ($54,7$ e $53,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) no gelo e na esteira respectivamente.

Algumas modalidades de esqui também têm sido comparadas à patinação de velocidade, como o esqui *cross country*, *roller* esqui alpino (BAUM et al., 1999; HOFFMAN et al., 1992). Por meio de testes nas

intensidades de [Lac] de 2 mmol.l⁻¹, 4 mmol.l⁻¹ e na máxima velocidade, Baum et al. (1999) não encontraram diferenças estatísticas entre a velocidade média atingida, a [Lac], VO₂, RER e FC dos patinadores utilizando patins *inline* ou roller esqui. Hoffman et al. (1992) comparou a patinação *inline* convencional a duas diferentes técnicas de *cross country* esqui (*double pole* e V1) realizadas com patins *inline* e bastões para propulsão. Os autores não encontraram diferenças nas respostas fisiológicas entre a patinação *inline* convencional e a técnica V1 em três velocidades submáximas realizadas em pista.

2.4.2 Patinação de velocidade versus corrida e ciclismo

Outros estudos se preocuparam em comparar índices fisiológicos obtidos durante a patinação de velocidade com os obtidos durante protocolos de esforço de corrida ou ciclismo. Martinez et al. (1993) determinaram as diferenças metabólicas e cardiorrespiratórias entre a corrida em esteira, cicloergômetro e patinação de velocidade *inline* em pista. Os patinadores realizaram três protocolos descontínuos até a exaustão, estabelecido de tal forma que a cinética da FC durante os exercícios fossem similares em todos os testes. Os autores não encontraram diferenças entre ciclismo e patinação *inline* nas variáveis investigadas, mas as [Lac] foram significativamente menores durante os testes de corrida.

Wallick et al. (1995) compararam algumas respostas fisiológicas (VO₂, FC e PSE) durante a patinação *inline* com as que ocorrem durante a corrida. Dezesesseis sujeitos ativos com idades entre 18 e 37 anos realizaram dois protocolos de teste de velocidade incremental descontínuo, com estágios de três minutos de duração separados por 5 minutos de repouso, com a realização de 4-6 estágios no total. O protocolo incremental na esteira teve início na cadência preferida dos atletas, com incremento de 1,6 km.h⁻¹, com 0% de inclinação. Os testes de patinação ocorreram em uma pista sem curvas, com velocidade inicial de 14,5 km.h⁻¹ e incrementos de 3 km.h⁻¹. Os valores absolutos (4,19 vs. 4,44 ml.min⁻¹), e relativos (56,8 vs. 59,9 ml.kg⁻¹.min⁻¹) de VO₂max e a FC (189 vs. 194 bpm) foram menores durante a patinação *inline*. Os autores não encontraram diferenças significativas na relação FC/VO₂ entre as duas modalidades, indicando cargas metabólicas similares para a mesma FC. A patinação entre 17,2 e 20,9 km.h⁻¹ correspondeu a 60 e 70% do VO₂max ou 75 e 90% da FCmax, e o gasto calórico durante a patinação foi de 9,5 e 19 kcal.min⁻¹ o que, segundo os autores, indica respostas fisiológicas similares à corrida.

Demais estudos como o de Foster et al. (1999), Krieg et al. (2006), Snyder et al. (1996) e Rundell (1996) encontraram diferenças significativas nas respostas fisiológicas apresentadas nos testes de ciclismo e corrida quando comparados com a patinação de velocidade. Foster et al. (1999) investigaram a restrição do fluxo sanguíneo muscular durante três testes submáximos em velocidades submáximas e um teste máximo, cada sessão com quatro minutos de duração, realizado em cicloergômetro e em esteira de patinação, em duas posições angulares diferentes do joelho (baixo = 107° e alto = 112°). Com relação ao teste no cicloergômetro, houve uma diminuição no VO_2max e um aumento na [Lac] e na FC durante a patinação em esteira. Os autores concluem que a adoção de uma posição mais baixa de patinação resulta em uma maior desaturação de O_2 e maior acúmulo de lactato sanguíneo, devido a uma restrição do fluxo sanguíneo, atribuída às altas forças intramusculares ao longo do ciclo da passada. Os autores ainda relacionam os resultados à possível redução da quantidade de ativação muscular durante o ciclismo comparado à patinação. Corroborando estes achados, Rundell (1996) verificou o VO_2 e a [Lac] durante testes incrementais de corrida e patinação em duas posições (baixa e alta) em esteira de patinação. O VO_2max foi significativamente menor durante a patinação na posição baixa, seguido da posição alta e da corrida ($57,2 \pm 2,7$; $62,3 \pm 4,0$; e $64,3 \pm 1,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Os baixos valores de VO_2max e as maiores [Lac] podem estar relacionados à diminuição dos ângulos do joelho e do tronco.

Os índices fisiológicos durante a patinação de velocidade, ciclismo e corrida mostraram ser diferentes quando analisados nas concentrações fixas de [Lac]. Krieg et al. (2006) compararam as respostas fisiológicas em testes incrementais de ciclismo e patinação *inline* em pista oval. Durante a patinação, o valor do VO_2max não foi inferior quando comparado ao ciclismo. Porém, nas cargas correspondentes a concentração de $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, o VO_2 ($3,97 \pm 0,40 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$) e a FC ($173 \pm 6 \text{ bpm}$) foram significativamente maiores durante a patinação. Snyder et al. (1996) compararam as respostas fisiológicas durante a patinação *inline* em pista com a corrida e o ciclismo, realizando testes submáximos de quatro minutos com cargas de 30 a 90% do VO_2max . Na intensidade de $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, o VO_2 foi menor na patinação e no ciclismo quando comparada à corrida, e quando relacionada com o VO_2 , a FC foi maior durante a patinação de velocidade.

Schenau et al. (1983) e Geijsel et al. (1984) não encontraram relações entre índices encontrados durante testes em cicloergômetro com

a performance na patinação de velocidade, principalmente em grupos homogêneos. Os autores concluíram que os testes em cicloergômetro, largamente utilizados por técnicos para medir a potência aeróbia e anaeróbia de patinadores de velocidade, são obviamente inúteis para avaliar as mudanças na performance desses atletas durante o período de treinamento.

Tendo como base os resultados encontrados na maioria dos estudos supracitados, a patinação de velocidade demonstra uma demanda fisiológica específica. Mesmo sendo a patinação *inline* um modo de exercício predominantemente aeróbio, as adaptações ao treinamento para a patinação *inline* na concentração de 4 mmol.l⁻¹ (i.e OBLA) diferenciam da corrida e do ciclismo. Por isso, a prescrição de treinos de patinação derivados de índices obtidos em testes incrementais em cicloergômetro e esteira de corrida não parece ser apropriada.

2.4.3 Estudos com *slide board*

O *slide board* (também encontrado na literatura como *slideboard* ou *skateboard*) foi primeiramente utilizado no ano de 1950, para treinamento das equipes de patinação de velocidade para os Jogos Olímpicos (DIENER, 1994). Em seguida, treinadores e fisioterapeutas começaram a utilizar o *slide board* nos anos de 1980 para reabilitação de lesões. Nos anos de 1990, o *slide board* começou a ser utilizado para o melhoramento do condicionamento físico em clubes e academias e para o treinamento funcional, com sessões que compreendem diferentes movimentos de deslize em várias cadências com diferentes cargas externas, comprimentos da prancha, e posições corporal (PINTO et al. 2010; WILLIFORD et al., 1995; OLSON et al., 1997). Os *slide boards* podem ser construídos com madeira, fórmica, polietileno ou qualquer outro material deslizante, e tem geralmente entre 120 a 240 cm de comprimento por 60 cm de largura (REESE; LAVERY, 1991).

O exercício em *slide board* é um movimento em cadeia fechada, promovendo contrações concêntricas, excêntricas e isométricas nas articulações do tornozelo, joelho e quadril. A vantagem deste modo de exercício para reabilitação é que ele resulta em baixas forças na direção ântero-posterior do joelho quando comparada com exercícios em cadeia aberta (KIMURA; HETZLER; NAKASONE, 2006; GRAHAM; GEHLSSEN; EDWARDS, 1993). Ainda, o treinamento em *slide board* tem sido promovido como um exercício seguro e de baixo impacto, capaz de promover melhorias no condicionamento cardiovascular e endurance muscular, composição corporal, força muscular, agilidade e

equilíbrio (WILLIFORD et al. 1995; REESE; LAVERY, 1991; DIENER, 1994).

Alguns estudos procuraram investigar as respostas cardiopulmonares em diferentes cadências de patinação em *slide board*, bem como a relação com o treinamento e com desempenho na patinação artística no gelo. Pies et al. (1998) investigaram as respostas cardiopulmonares ao exercício em *slide board* em três diferentes cadências (60, 70 e 80 ppm), realizando o deslize lateral durante quatro minutos em cada cadência em um *slide board* de 165 cm, e compararam com um programa de treinamento de patinação artística de igual duração no gelo. Todas as variáveis (VE, RER, FC e VO₂) apresentaram aumento significativo com o aumento da cadência, e a resposta da FC foi similar àquela encontrada durante o programa de treino, sugerindo que o exercício em *slide board* pode ser uma ferramenta eficaz para o treinamento complementar na patinação artística.

Bower et al. (2010) objetivaram investigar a relação entre a performance na patinação artística, quantificada a partir da velocidade e da aceleração atingida durante os testes de quatro minutos e meio e de 16,5 metros de patinação em pista de gelo respectivamente, e o desempenho em uma série de exercícios complementares, incluindo nestes o máximo de passadas realizadas em *slide board* durante 30 segundos. Os resultados mostraram que o teste em *slide board* foi o que melhor se correlacionou com velocidade e aceleração na patinação, sendo responsável sozinho por 53,5% e 42,5% na variação desses índices, respectivamente.

Outros autores objetivaram determinar o gasto energético durante diferentes exercícios feitos em *slide board*. Pinto et al. (2010) objetivaram analisar o VO₂, a FC e o gasto energético durante uma sessão típica de exercícios realizados em *slide board*, realizadas em duas diferentes cadências musicais de 130 e 145 bpm. Os valores médios da FC, VO₂ e gasto energético durante a cadência de 130 bpm foram de 179±8,34 bpm, 37,95±3,71 ml.kg⁻¹.min⁻¹ e 10,60±1,69 kc.min⁻¹ respectivamente, enquanto na cadência de 145 bpm os valores foram de 182,08±9,58 bpm, 39,67±3,82 ml.kg⁻¹.min⁻¹ e 10,90±1,36 kc.min⁻¹. Não foram encontradas diferenças significativas entre as variáveis. Os autores concluíram que as respostas cardiorrespiratórias durante uma sessão em *slide board* parecem não ser afetada pelo ritmo da execução, e que o gasto energético está acima dos reportados na literatura para outras atividades aeróbias clássicas de academia como o *step*, *body combat*, *RPM* e *body pump*.

Williford et al. (1995) investigaram os efeitos do comprimento do *slide board* (152,4 e 182,9 cm), cadência de deslize (30, 40 e 50 ppm durante cinco minutos), peso corporal, %G, comprimento de membros inferiores (CMI) e estatura no gasto energético do exercício em *slide board*. A partir da análise de regressão múltipla, os autores encontraram que a cadência de movimento e o comprimento da prancha contribuíram juntos com 60% na variação do VO_2 , ao passo que o peso corporal contribuiu com 13% e o CMI com 1%. A fim de prever o VO_2 em *slide board*, os autores determinaram a seguinte equação: $\text{VO}_2 (1.\text{min}^{-1}) = -2,793 + 0,026 (\text{cadência}) + 0,008993 (\text{comprimento do slide}) + 0,012 (\text{peso}) + 0,012 (\text{CMI})$. Acredita-se que o CMI teve uma baixa contribuição para predição do VO_2 devido ao pequeno desvio padrão da amostra investigada (86,1 \pm 3,8 cm), e que esta variável pode ser mais significativa em um grupo mais heterogêneo.

Kandou et al. (1987) objetivaram comparar as respostas fisiológicas entre a patinação em *slide board* (sem descrição mais detalhada) e cicloergômetro com um teste máximo de 1500 m de patinação de velocidade no gelo, em oito patinadores treinados. O protocolo em *slide board* teve quatro minutos de duração, numa cadência fixa de 80 passos por minuto. Comparando com a patinação no gelo, os autores encontraram uma maior VE durante o teste na prancha de patinação, e maiores valores de VO_2 , VE e RER durante o teste em cicloergômetro, o que sugere que o uso da prancha de patinação para o treinamento de patinadores de velocidade preferencialmente ao ciclismo, para provas de curta duração.

Leirdal et al. (2006) examinaram as respostas fisiológicas e biomecânicas de três diferentes posturas corporal (baixa, media e alta) em um *slide board* de dois 2,05m e coeficiente de atrito de 0,15. Seis atletas de esqui *cross country* realizaram um protocolo máximo *all out* no *slide board* de 30 segundos e de 3 minutos em frente a um túnel de vento. Os resultados indicaram que uma postura mais agachada resultou em um aumento de 24% na potência e diminuiu a resistência do ar em 30% no teste de 30s, e em um aumento das [Lac]max e da contribuição anaeróbia no protocolo de três minutos, enquanto que a eficiência não se alterou com as mudanças na postura. Esses resultados mostram que em provas de menor duração, a adoção de uma postura mais agachada é mais vantajosa em provas de esqui *cross country*.

Apesar do número expressivo de estudos com *slide board*, apenas um deles investigou patinadores de velocidade, mas sem objetivo de investigar e validar um protocolo específico.

2.5 REPRODUTIBILIDADE E VALIDADE DE TESTES DE ESFORÇO

De acordo com Impellizzeri e Marcora (2009), validade é o grau de precisão em que um teste mede aquilo que ele se propõe a medir. Vários estudos são necessários para se construir um conjunto de evidências que fundamentem a validade de um teste. Tais evidências podem estar baseadas nas características inerentes ao teste (validade de conteúdo e lógica), sua relação a um critério (validade preditiva, concorrente ou pós-dictiva), ou a um constructo (validade convergente ou divergente, técnica de grupos conhecidos).

A confiabilidade é uma parte integral da validade, que se refere à reprodutibilidade dos valores medidos em um teste durante repetidos testes com os mesmos indivíduos (HOPKINS, 2000). Para um teste para ser válido e aplicável, necessita ser reprodutível. O conhecimento da reprodutibilidade permite compreender se o instrumento pode ser utilizado para detectar mudanças como consequência das intervenções (treinamentos) e para interpretar melhor os resultados (IMPELLIZZERI; MARCORA, 2009). De acordo com Atkinson e Nevill, (1998) e Hopkins, (2000), até o final da década de 1990 nas Ciências do Esporte, o grau de reprodutibilidade de medidas entre teste-reteste era estabelecido simplesmente a partir da comparação das médias e da análise de correlação. Porém, os autores assumem que, embora as médias de um teste e reteste possam não apresentar diferenças significante e serem altamente correlacionadas, este tipo de análise não considera a variabilidade intra-indivíduo da amostra.

Em 1986, Bland e Altman propuseram uma forma de analisar o erro médio (viés ou *bias*), assim como um intervalo de concordância de 95% entre duas medidas repetidas, para detectar a concordância entre dois diferentes testes (protocolos), podendo ser usado também para detectar a concordância de medidas entre um teste-reteste, a partir da diferença individual entre as medidas. O emprego do coeficiente de correlação de Pearson para a análise de reprodutibilidade tem sido também questionado, pelo fato de não detectar um possível erro sistemático entre as medidas e superestimar a correlação real entre as medidas quando a amostra é pequena (menor do que 15 sujeitos) (HOPKINS, 2008).

Desta forma, o coeficiente de correlação intra-classe (ICC) é apontado como a melhor forma de detectar o grau de consistência entre dois pares de medidas por ser dependente da magnitude da variabilidade

inter-sujeitos (WEIR, 2005). Hopkins (2008) propõe uma escala para avaliar o efeito das correlações, com a seguinte classificação: trivial $r < 0,1$, pequeno $0,1 < r < 0,3$, moderado $0,35 < r < 0,5$, alto $0,55 < r < 0,7$, muito alto $0,75 < r < 0,9$, quase perfeito $r > 0,9$ e perfeito $r = 1$. Magnitudes de no mínimo 0,9 (muito alto) são adequadas para estudos de validades, quando utilizados para avaliar e comparar os efeitos de treinamento em um indivíduo, enquanto que para reprodutibilidade este índice deve ser maior do que 0,9 para ser utilizado para redução do número amostral em estudos longitudinais (HOPKINS, 2008).

A validade de construto é o grau no qual os escores alcançados em um teste medem um construto hipotético, geralmente estabelecido pelo relacionamento dos resultados a algum comportamento. O método da diferença entre grupos conhecidos pode ser utilizado para estabelecer a validade de construto, na qual os resultados dos grupos devem ser diferentes devido aos diferentes graus de habilidade (THOMAS; NELSON, 2002).

2.5.1 Validação de testes com patinação

O desenvolvimento de protocolos específicos para avaliação de patinadores tem sido realizado quase que exclusivamente para a modalidade de hóquei no gelo. O primeiro estudo encontrado na literatura a testar a reprodutibilidade de um protocolo para obtenção de parâmetros máximos durante a patinação no gelo foi Ferguson, Marcotte e Montpetit, em 1969. Os pesquisadores desenvolveram um protocolo em pista oval de 140m e testaram 17 jogadores de hóquei. Os incrementos de carga consistiram em três minutos patinação nas velocidades de 350, 382, 401, 421 e 443 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ que correspondiam a 24, 22, 21, 20 e 19 segundos por volta, determinado por um sinal sonoro emitido num determinado ponto da pista. Os respectivos incrementos foram determinados a fim de provocar um aumento de aproximadamente 300 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$. Não houve diferenças significativas e a correlação dos valores de VO_2max entre teste e reteste foi 0,94 com valores de VO_2max de 54,7 e 55,3 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Uma relação linear entre os valores de VO_2max e velocidade foi encontrada entre 350 e 443 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$.

Estudos posteriores concluíram que o VO_2max é um índice importante e que tem relação com a performance no hóquei no gelo (COX et al., 1995; GREEN, 1979; MONTGOMERY, 1988; PATERSON, 1979), o que levou ao aumento das investigações e desenvolvimento de testes incluindo protocolos no gelo (LEGER et al.,

1979; RHODES; TWIST, 1989) e em laboratório (GLEDHILL; JAMNIK, 1994) utilizando como ergômetro a bicicleta ergométrica. Contudo, os autores reconheciam e alegavam a falta de confiabilidade dos protocolos no gelo e a falta de validade dos protocolos em laboratório (COX et al., 1995; MACDOUGALL; WENGER, 1991).

Em 1997, Dreger desenvolveu e introduziu no mercado uma esteira motorizada específica para patinação utilizando patins de gelo. Os mesmos autores, em 1999, foram os primeiros a propor um protocolo descontínuo para examinar as respostas fisiológicas da patinação em esteira em jogadores de hóquei, composto de blocos de dois minutos com dois minutos de intervalo. O teste iniciou com uma inclinação de 2% na velocidade preferida (entre 14 e 16 km.h⁻¹), aumentando em 2% a inclinação cada bloco, até a exaustão voluntária. Os mesmos sujeitos realizaram um protocolo com incrementos a cada dois minutos em cicloergômetro. O VO₂max, FC e RER no protocolo de patinação foram maiores do que no cicloergômetro, enquanto que a VE e volume de ejeção não foram diferentes. Os autores reconhecem a necessidade de se investigar a reprodutibilidade e demais tipos de validade do mesmo protocolo.

Vários protocolos recentes em pista de gelo foram propostos para acessar o condicionamento aeróbio de jogadores de hóquei. Kuisis (2003) adaptou o teste de 20m *shuttle running test* (LÉGER et al., 1988) para o gelo (teste contínuo máximo com velocidade progressiva e mudança de direção). O teste mostrou reprodutibilidade ($r=0,87$) e boa validade de critério com o próprio 20m *shuttle running test* ($r=0,73$). Leone et al. (2007) desenvolveram um teste máximo intermitente (1 min x 0,5 min recuperação) com múltiplos estágios de 45 m e com mudanças de direção. Os valores encontrados foram comparados com o teste de 20m *shuttle running test* (LÉGER et al., 1988). Os autores encontraram que os atletas do sexo masculino atingiram maiores valores de VO₂max no teste de patinação (~ 5 ml.kg⁻¹.min⁻¹), com correlações moderadas entre os dois testes ($r=0,69$). Petrella et al. (2007) investigaram a validade e a reprodutibilidade de um teste aeróbio máximo de patinação no gelo para jogadores de hóquei, composto por múltiplos estágios contínuos em pista de 48,8 metros, com trajeto curvilíneo. Os valores de VO₂max do teste de patinação foram comparados com o protocolo de corrida em esteira de Bruce, e encontraram valores de R² moderados entre os resultados. O coeficiente de correlação intra-classe, obtido na reprodutibilidade teste reteste, foi de 0,76.

De acordo com Kuisis (2007), a validade dos três testes de patinação citados não comprovou efetivamente sua validade, pois os

resultados das correlações encontradas foram diferentes entre eles, provavelmente devido à diferença entre os sujeitos avaliados e aos diferentes tipos de protocolos empregados. Por isso, o autor objetivou testar novamente a validade relativa destes três testes (KUISIS, 2003; LEONE et al., 2007; PETRELLA et al., 2007), tendo como critério o teste de corrida na esteira e o teste de 20-m *shuttle running test* em jogadores de hóquei com diferentes níveis de condicionamento, mas com boa habilidade de patinação. Os resultados mostraram que a velocidade máxima de patinação aumentou para os protocolos propostos por Kuisis (2003), Leone et al. (2007) e Petrella et al. (2007), respectivamente. Porém, no protocolo de Petrella et al. (2007), a percepção de esforço, a FC e a [Lac] foram menores.

Os resultados encontrados por Kuisis (2007) exemplificam a complexidade em se determinar o melhor teste para prever os índices relacionados à performance aeróbia, e a importância de se interpretar todos os índices encontrados. Apesar da velocidade máxima de patinação, juntamente com o VO_2max , ser considerada um indicador da performance (LEONE et al., 2007), este índice só é válido se a [Lac] for estabilizado em cada estágio, o que provavelmente não ocorreu no teste de Petrella et al. (2007). Os testes de campo validados para jogadores de hóquei não se adequam às exigências técnicas e à demanda fisiológica da patinação de velocidade. De acordo com Upjohn et al. (2008), o jogo de hóquei requer muitas outras habilidades além da patinação e do manuseio do taco e, por isso, a técnica de patinação determina apenas uma pequena parte da performance dos jogadores.

Especificamente na patinação *inline*, os únicos estudos encontrados na literatura que objetivaram desenvolver e investigar a validade de testes para avaliação da performance foram os de Droguetti et al. (1985) e Zapata (2009).

Droguetti et al. (1985) determinaram a relação entre a velocidade e a FC em diferentes modalidades, incluindo patinação *inline*. Dez patinadores de ambos os sexos realizaram um teste em pista de patinação de asfalto de 325m, com aumento da velocidade a cada volta (magnitude do aumento não informada), e com duração total de 10 a 12 voltas. Em todos os atletas examinados, ocorreu uma relação linear no aumento da velocidade e da FC até uma determinada velocidade submáxima (velocidade correspondente ao PDFC) a partir da qual o aumento na intensidade excedeu o aumento na FC. Os autores investigaram ainda a [Lac] em 2 patinadores, durante patinação em velocidades constantes (3 velocidades abaixo e 3 acima da velocidade correspondente ao PDFC), sustentadas por uma distância de 2000m. O

sangue venoso foi coletado ao final do teste e 5 minutos depois. Os resultados mostraram que o OBLA coincidiu com a velocidade correspondente ao PDFC.

Zapata (2009) objetivou verificar a validade de um protocolo incremental máximo progressivo e intervalado, em pista (Teste de campo Trive-Patín), para avaliar a capacidade aeróbia por meio da determinação do OBLA associado ao LTF2 indiretamente por meio do LV, da FC e velocidade máxima atingida, utilizando o método contínuo de Conconi et al. (1982, 1996) e o método intervalado de Probst (1989). O protocolo incremental foi realizado em uma pista oval de 200m com conificação de referência a cada 50m para controlar a velocidade, que era imposta por um programa especialmente desenvolvido para tal. O teste iniciava a uma velocidade de $24\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, com incrementos de $0,8\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada 4 voltas completas na pista (800m), com uma pausa de 45s entre cada incremento. O tempo médio de duração do teste foi de 44,2 min, percorrendo uma distância de aproximadamente 14 km. O VO_2max médio do grupo foi $55,5\pm 1,2\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, a FCmax $194\pm 1\text{ bpm}$ e a velocidade máxima de $34,3\pm 0,3\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, atingida no estágio 19 do teste. Pelo método LV e PDFC, a FC no limiar foi de 178 ± 1 e $177\pm 1\text{ bpm}$, respectivamente, e a velocidade no limiar foi de $30,4\pm 0,2$ e $29,9\pm 0,3\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, encontradas nos estágios 14 e 13 respectivamente. Houve uma correlação entre os valores do segundo limiar determinados pelo LV e PDFC, tanto pela FC ($r=0,91$) quanto pela velocidade no limiar ($r=0,89$). A FC e a velocidade no LV_2 corresponderam a $91,9\pm 0,4$ e $88,7\pm 0,4\%$, enquanto no PDFC corresponderam a $91,1\pm 0,4$ e $87,2\pm 0,4\%$, respectivamente.

Apesar dos estudos de Droguetti et al. (1985) e de Zapata (2009) apresentarem resultados importantes, eles não foram devidamente controlados nem seguiram os procedimentos necessários para validação. Droguetti et al. (1985) investigaram as [Lac] em apenas dois sujeitos, o que não representa uma amostragem significativa para a interpretação dos resultados encontrados. Já no estudo de Zapata, apesar do número de sujeitos investigados ser representativo, a determinação do LTF2 foi feita de forma indireta, por meio da identificação do LV_2 , que ainda é questionado na literatura, o que não garante a validade concorrente deste índice.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO

Esta pesquisa se classifica quanto a sua natureza como sendo uma pesquisa aplicada, e tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática, e dirigido para solucionar problemas específicos. Quanto à abordagem do problema, classifica-se como uma pesquisa quantitativa, pois considera que os dados serão quantificados para serem classificados e analisados. Quanto aos objetivos propostos, classifica-se como uma pesquisa descritiva do tipo correlacional que, de acordo com Thomas e Nelson (2002), tem como delineamento básico coletar dados sobre duas ou mais variáveis nos mesmos sujeitos e explorar as associações existentes entre elas.

3.2 PARTICIPANTES DO ESTUDO

3.2.1 Reprodutibilidade e validade do protocolo curto

Para a análise da reprodutibilidade e validade do protocolo curto em *slide board*, oito patinadores do sexo masculino e dois do sexo feminino participaram voluntariamente do estudo (grupo 1). Cinco do total de participantes do grupo 1 eram patinadores treinados que treinavam acima de 6 horas semanais e participavam de competições em nível regional, nacional e internacional, e cinco eram patinadores recreacionais (patinavam abaixo de 4 horas semanais). Todos possuíam experiência com a patinação em *slide board* e patinavam por pelo menos três anos. A média de idade foi de $30,6 \pm 6$ anos, massa corporal $71,4 \pm 11$ kg, percentual de gordura corporal $17,4 \pm 5,7\%$ e estatura $1,73 \pm 0,07$ m para o sexo masculino, e $62,3 \pm 1,5$ kg, $25,9 \pm 2,05\%$ e $1,66 \pm 2,2$ m para o sexo feminino, respectivamente.

3.2.2 Validade do protocolo longo e comparações com o protocolo curto

Para análise da validade do protocolo longo em *slide board*, dez patinadores do sexo masculino foram avaliados (grupo 2), com média de idade $18,9 \pm 5,3$ anos, massa corporal $72,1 \pm 7,8$ kg, percentual de gordura corporal $12,8 \pm 1,5$ % e estatura $1,78 \pm 4,6$ m. Cinco dos participantes competiam em provas de patinação no gelo em pista

fechada de 400 metros (*long track*) entre 500, 1000 e 1500 metros, cinco competiam em provas entre 1500, 3000 e 5000 metros. O grupo possuía experiência com patinação em *slide board*. Oito deles estavam participando de um programa de treinamento regular (acima de 6 horas semanais) de patinação por pelo menos dois anos, e dois estavam sem competir e treinar de maneira regular no período de realização da coleta dos dados. Os mesmos sujeitos também realizaram o protocolo curto em *slide board*.

3.3 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

3.3.1 Medidas antropométricas

Para os participantes do grupo 1, a massa corporal foi mensurada com uma balança digital Toledo® com resolução de 100g, a estatura com um estadiômetro da marca Sanny® com resolução de 1 mm, e o percentual de gordura (%G) por meio das medidas de espessura de sete dobras cutâneas para os atletas do sexo masculino (peitoral, axilar média, tríceps, subescapular, abdômen, supra-ilíaca e coxa), e quatro dobras para as atletas do sexo feminino (tríceps, supra-ilíaca, abdômen e coxa), utilizando o adipômetro científico com resolução de 1mm da marca Cercor®.

Para os participantes do grupo 2, a massa corporal foi mensurada com uma balança digital e estadiômetro Taylor, Springfield Instruments com resolução de 100g e 1 mm respectivamente. O %G por meio das medidas de espessura de sete dobras cutâneas (peitoral, axilar média, tríceps, subescapular, abdômen, supra-ilíaca e coxa), utilizando o adipômetro científico com resolução de 0,2 mm da marca Harpenden (West Sussex, UK).

3.3.2 Medidas fisiológicas

Para o grupo 1 as variáveis respiratórias foram mensuradas respiração a respiração utilizando um analisador de gases de circuito aberto da marca Cosmed® (Modelo Quark PFT Ergo, Roma, Itália), que foi calibrado antes de cada teste, usando o ar ambiente (20,94% de oxigênio e 0,03% de dióxido de carbono) e um padrão alfa de gases contendo 16,0% de oxigênio e 5,0% de dióxido de carbono. A turbina usada para a determinação da ventilação por minuto teve uma resistência de $< 0,7 \text{ cm H}_2\text{O l.s}^{-1}$ a uma taxa de fluxo de 12 l.s^{-1} e uma acurácia de

$\pm 2\%$, sendo calibrada com uma seringa de 3 l. A FC foi gravada continuamente durante todo o teste por meio de um monitor de FC incorporado ao analisador de gases. A PSE foi obtida por meio da escala de Borg (2000) de 6 a 20 pontos. As amostras de sangue (25 μ l) para análise das [Lac] foram coletadas do lóbulo da orelha por meio de capilar heparinizado e armazenadas com uma solução de NaF (1%), em microtúbulos de polietileno com tampa (tipo *Eppendorf*). As análises foram realizadas pelo analisador eletroquímico YSI 2700 STAT (Yellow Springs, Ohio, USA), que foi calibrado de acordo com as recomendações do fabricante.

Para o grupo 2 as variáveis respiratórias foram mensuradas respiração a respiração utilizando um analisador de gases de circuito aberto da marca Cosmed® (Modelo K4b2, Roma, Itália). O sistema e a turbina foram calibrados por meio do processo similar ao realizado com o grupo 1. A FC foi gravada continuamente durante todo o teste por meio de um monitor de FC incorporado ao analisador de gases. A PSE não foi mensurada no grupo 2. As amostras de sangue (5 μ l) para análise das [Lac] foram coletadas da polpa do dedo. Foi utilizada uma lanceta Accu-Chek Safe-T-Pro Plus para punção do dedo, e o sangue foi aspirado por uma fita Lactate Pro Strip. As análises do sangue foram realizadas imediatamente pelo analisador Lactate Pro® (Arkay Inc., New South Wales, Austrália), que foi pré-calibrado com uma fita de calibração específica. A pressão arterial foi mensurada antes e logo após os testes, com um esfigmomanômetro Riester Precisa N e um estetoscópio Mabis Signature.

3.3.3. Ergômetros

O grupo 1 realizou o protocolo de ciclismo em um cicloergômetro da marca Lode® (Modelo Excalibur Sport, Groninger, Holanda). O grupo 2 realizou o protocolo de ciclismo em um cicloergômetro eletromagnético Velotron® (DynaFit Pro, RacerMate Inc, WA, USA). Os ajustes de altura do selim, altura do guidon, e a distância entre o selim e o guidon foram realizados de acordo com o conforto de cada sujeito.

Ambos os grupos realizaram os protocolos de patinação em um *slide board* com dimensões de 200 x 60 x 2,5 cm, com superfície de poliestireno, madeira e material anti-derrapante na parte inferior, com um batente em cada lateral de madeira (50 x 5 x 5 cm) aparafusado (figura 1).



Figura 4. Ergômetro de patinação slide board.

Os sujeitos usaram uma meia de nylon fina, por cima do tênis, para deslizar de um lado ao outro da prancha. O coeficiente de atrito cinético (μ_c) entre a meia e a superfície do *slide board* foi calculado por meio de experimento com forças de tração e de resistência conhecidas, cuja velocidade de deslize do sistema sobre a prancha foi registrada por um sistema de cinematria (Eagle System, Motion Analysis Corp., com oito câmeras de 240 fps). O valor do μ_c foi de $0,13 \pm 0,05$. O movimento de patinação em *slide board* exige uma aplicação de força lateral, ou seja, 90° com a direção do suposto deslocamento frontal, o que condiz com o preconizado na literatura por De Koning e Schenau (2000) como sendo a técnica correta da patinação. O *slide board* foi instrumentalizado com dois sensores ópticos, ligados a um computador, colocados em ambas às extremidades do *slide board* para detectar o tempo exato do contato do toque do pé nas laterais (figura 2).

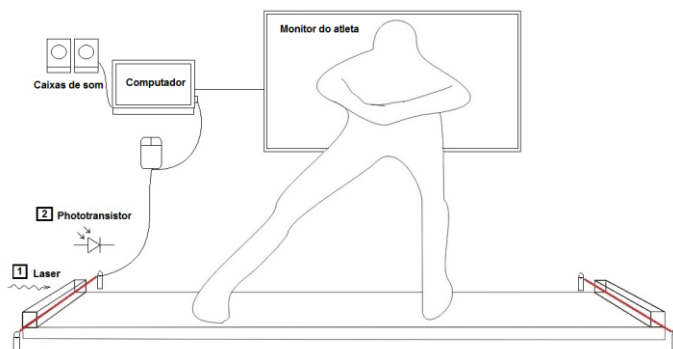


Figura 5. *Slide board* instrumentalizado. 1- Fotoemissor; 2- Fotorreceptor.

Um programa específico foi desenvolvido por meio da linguagem de programação Object Pascal, para definir os parâmetros e monitorar em tempo real o teste de esforço (figura 3). As seguintes definições do protocolo podem ser feitas: dados dos sujeitos, duração dos estágios, cadência inicial, tolerância de cadência, incrementos de cadência por estágio e o intervalo entre os estágios.

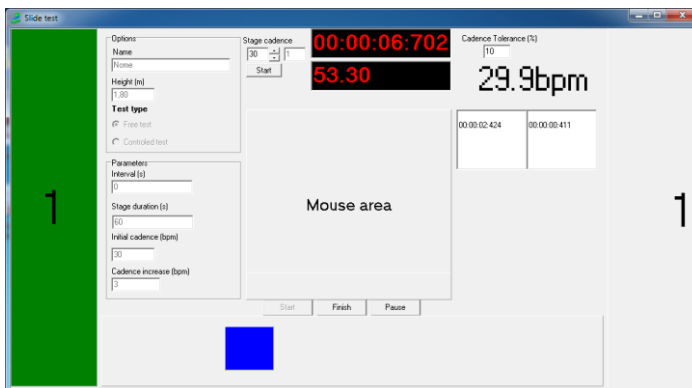


Figura 6. Programa desenvolvido para controlar o teste em *slide board* (BSBT®).

A partir dos sinais advindos dos sensores, o programa mensurava a cadência instantânea do atleta durante o teste bem como o auxiliava a manter o ritmo por meio do fornecimento de um *feedback* visual e auditivo. Este sistema foi registrado no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) como Brazilian *Slide board* Test - BSBT®, processo número 13361-4 (INSTITUTO, 2013).

3.4 COLETA DE DADOS

O estudo foi conduzido de acordo com os princípios éticos para pesquisa com seres humanos, seguindo os padrões do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Catarina sob número 315.488. Todos os participantes assinaram um consentimento informado com uma descrição detalhada dos objetivos, riscos e benefícios da participação no estudo, bem como a proteção dos dados coletados (apêndice A). Os participantes do grupo 2 responderam ao questionário de prontidão para atividade física PAR-Q+, versão 2011, e tiveram a pressão arterial mensurada antes e após os testes, para assegurar que os

resultados não fossem influenciados por valores muito altos ou muito baixos de pressão.

O grupo 1 foi avaliado no Laboratório de Esforço Físico (LAEF), localizado no Centro de Desportos (CDS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O grupo 2 foi avaliado no Laboratório de Fisiologia do Exercício do Laboratório de Performance Humana da Faculdade de Cinesiologia da Universidade de Calgary, Alberta, Canadá.

Todos os testes foram realizados de forma randomizada, com intervalo mínimo de 24 horas e máximo de quatro dias entre eles, no mesmo período do dia e com temperatura controlada, a fim de assegurar condições ambientais semelhantes. Os participantes foram instruídos a abster-se de treinamento pesado, manter uma dieta regular, e abster-se da ingestão de qualquer estimulante (bebida com cafeína, nicotina, álcool) 24 horas antes dos testes. Todos os participantes do grupo 1 (teste de reprodutibilidade) foram familiarizados com o protocolo incremental máximo curto em *slide board* pelo menos uma vez, previamente a coleta de dados. Eles realizaram o protocolo curto, com os mesmos sensores e o sistema de áudio e vídeo utilizado nos testes, até a exaustão voluntária. Os participantes do grupo 2 já tinham experiência com o movimento em *slide board*, pois o utilizavam para o aquecimento antes dos treinos em pista, aproximadamente cinco vezes na semana, bem como para treinar a técnica da patinação uma vez por semana.

3.5 PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO

3.5.1 Avaliação antropométrica

Os procedimentos para as mensurações antropométricas seguiram os protocolos definidos em Alvarez e Pavan (2009) e Benedetti, Pinho e Ramos (2009). A densidade corporal (DC [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]) dos patinadores do grupo 1 foi estimada a partir da equação específica homens do sul do Brasil entre 18 - 61 anos, proposta por Petroski (1995) (equação 1); mulheres do sul do Brasil entre 18 - 51 anos, proposta por Petroski (1995) (equação 2).

$$DC = 1,10726863 - 0,00081201 (\textit{subescapular} + \textit{tríceps} + \textit{supraíliaca} + \textit{panturrilha medial}) + 0,00000212 (\textit{subescapular} + \textit{tríceps} + \textit{supraíliaca} + \textit{panturrilha medial}) - 0,00041761 (\textit{idade}).$$

$$DC = 1,0994921 - 0,0009929 (\text{tricipital} + \text{suprailíaca} + \text{coxa medial}) + 0,0000023 (\text{tricipital} + \text{suprailíaca} + \text{coxa medial})^2 - 0,0001392 (\text{idade}).$$

A partir da densidade corporal, pode-se determinar o percentual de gordura corporal (%G) dos sujeitos por meio das equações de Siri (1961) para o sexo masculino (equação 3) e feminino, com correção pra mulheres, adaptado de Lohman (1986) (equação 4).

$$\%G = \left[\left(\frac{4,95}{DC} \right) - 4,50 \right] 100$$

$$\%G = \left[\left(\frac{5,01}{DC} \right) - 4,57 \right] 100$$

Para a estimativa do %G dos patinadores do grupo 2, utilizou-se a equação de Faulkner (1968) (equação 5):

$$\%G = [0,153 (TR + SI + SB + AB) + 5,783]$$

O comprimento do membro inferior (CMI) direito dos participantes foi mensurado com uma fita métrica a partir da distância que vai da cabeça do fêmur até o maléolo lateral.

3.5.2 Reprodutibilidade e validade do protocolo curto (grupo 1)

O protocolo incremental de curta duração em *slide board* foi previamente determinado em um estudo piloto (apêndice C) de modo que ocorresse um aumento gradual da FC, não ultrapassando o valor de 8 bpm entre os estágios. Esses critérios são recomendados por Conconi et al. (1996) para identificação do PDFC em testes progressivos máximos. Os participantes realizaram um aquecimento de cinco minutos a uma cadência de 30 passadas por minuto (ppm) Após três minutos de descanso, o teste começou com uma cadência de 30 ppm com incrementos de três ppm a cada minuto. Foi solicitado que os sujeitos mantivessem uma postura constante similar a de patinação, podendo utilizar o movimento dos braços livremente. O teste foi encerrado quando a cadência do estágio não era mais mantida ou por exaustão voluntária. Os mesmos procedimentos foram aplicados no reteste, em

dias separados. O índice de ritmo (%R) de cada patinador foi determinado por meio do percentual de acertos, dentro de uma margem de tolerância de erro de 10%, da cadência estipulada pelo programa para cada estágio do teste. A CADmax foi definida como a cadência final, em ppm, alcançada no teste, calculada de acordo com a equação (6) adaptada de Kuipers et al. (1985):

$$CAD_{max} = \left(CAD_f + \frac{t}{60} \right) 3$$

onde CAD_f é a cadência do último estágio completado, t o tempo do estágio incompleto (min), 60 a duração de cada estágio (s) e 3 o incremento de cadência por estágio.

O protocolo incremental em um cicloergômetro teve início com um aquecimento de cinco minutos em uma carga de 60 W e cadência de 90 rotações por minuto (rpm). Após um repouso de três minutos, os participantes iniciaram o teste com uma carga inicial relativa ao seu peso corporal ($2,75 \text{ W.kg}^{-1}$) e cadência de 70 rpm, com incrementos lineares de 10 rpm a cada minuto (DEAKIN; DAVIE; ZHOU, 2011). O teste foi encerrado quando a cadência selecionada não podia mais ser mantida ou por exaustão voluntária. A CADmax foi calculada pela fórmula de Kuipers et al. (1985). A fim de comparar os valores de CAD com igual unidade de medida i.e frequência ou ciclos por minuto (f.min^{-1}), os valores de CAD obtida no protocolo curto em cicloergômetro foram divididos pela metade, sendo essa variável chamada de CAD relativa (CAD_{rel}). Esta medida representa melhor as CAD obtidas entre as duas modalidades, visto que a frequência de pedalada é aproximadamente o dobro da frequência de patinação (GEIJSEL et al., 1984).

Os participantes foram estimulados verbalmente a exercer o máximo de esforço durante os testes. Em ambos os testes foram determinadas as seguintes variáveis: a percepção subjetiva de esforço (PSE) pela escala de Borg (6-20 pontos) no final de cada estágio (BORG, 2000), a ventilação (VE), razão de troca respiratória (RER) e o consumo de oxigênio (VO_2) foram medidas. O VO_{2max} foi considerado o maior valor médio de 15 segundos, de acordo com os critérios propostos por Howley, Bassett e Welch (1995). Amostras de sangue foram coletadas de um lóbulo da orelha dos sujeitos ao final do teste e nos três minutos seguintes, para mensurar a concentração de lactato sanguíneo máxima ($[Lac]_{max}$). O segundo limiar ventilatório (LV2) foi determinado por dois avaliadores experientes, estabelecido como um

aumento no equivalente respiratório de CO_2 (REINHARD; MULLER; SCHMULLING; 1979). O ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) foi identificado pelos métodos visual (PDFC_{Visual}), feito por dois avaliadores experientes e obtendo-se a média aritmética dos dois valores, e pelo método matemático Dmax (PDFC_{Dmax}), onde o PDFC foi considerado como o ponto mais distante da reta traçada que vai do valor acima ou igual a 140 bpm até a FCmax atingida no teste, e a curva da resposta da FC durante o teste, ajustada por uma função polinomial de terceira ordem (KARA; GOKBEL; BEDIZ; 1996).

3.5.3 Validade do protocolo longo e comparação com o protocolo curto (grupo 2)

O protocolo incremental de longa duração em *slide board* também foi definido previamente em estudos pilotos (Apêndice C), de modo que a curva [Lac] apresentasse um aumento exponencial, e possibilitasse a identificação das zonas de transição metabólica (BENTLEY; MCNAUGHTON, 2003). Após um aquecimento de cinco minutos a uma cadência de 30 ppm, seguido de três minutos de descanso, o teste teve início a uma cadência de 30 ppm com incrementos de três ppm a cada três minutos, com intervalos de 17 segundos entre cada estágio para a coleta de sangue da polpa do dedo. O teste foi encerrado quando a cadência selecionada não era mais mantida ou por exaustão voluntária. O %R no protocolo em *slide board* e a intensidade (INT) no *slide board* (ppm) e no cicloergômetro (W) foram determinados da mesma maneira descrita para o grupo 1 utilizando a fórmula de Kuipers et al. (1985) adaptada. A potência (P) gerada para cada propulsão durante o teste de *slide board* foi estimada de acordo com o modelo de equilíbrio de potências, inicialmente proposto por Van Ingen Schenau (1981), e posteriormente utilizado em demais estudos para avaliar a potência gerada durante a patinação de velocidade no gelo (SCHENAU 1982, 1983; De BOER, 1986; HOUDIJK 2000a; 2000b; De KONING 1991b; 2005; 2008), na patinação *inline* (De BOER, 1987b), e no esqui *cross country* (SANDBAKK, 2010). Este modelo se baseia no equilíbrio entre a potência produzida pelo patinador e a potência perdida devido às forças de atrito (F_{at}) do ar e da superfície, incluindo a mudança de direção do patinador (variação da energia cinética), nas direções x , y e z . A equação 7 simplifica o cálculo da P utilizando somente a F_{at} da superfície e a velocidade (v) na direção latero lateral (direção do movimento no *slide board*).

$$P = PF_{at}$$

$$P = \mu_c mgv$$

onde PF_{at} é a potência da F_{at} , μ_c é o coeficiente de atrito cinético, m é a massa e g a aceleração gravitacional. Os valores de P foram normalizados pela massa de cada patinador ($W.kg^{-1}$).

Para o protocolo longo em cicloergômetro, os atletas realizaram um aquecimento de cinco minutos pedalando na carga de 60 W a uma cadência livre, seguido de três minutos de descanso. O teste teve início a 105 W com incrementos de 35 W a cada três minutos e cadência de 70 rpm, até a exaustão voluntária (DENADAI et al., 2004). A potência máxima (P_{max}) de cada atleta foi determinada de acordo com a equação de Kuipers et al. (1985), e os valores de P foram normalizados pela massa de cada patinador ($W.kg^{-1}$).

Os participantes foram estimulados verbalmente a exercer o máximo de esforço durante os testes. Os valores máximos e submáximos de VO_2 , VE, FC e RER foram determinados durante os testes. O segundo limiar de transição fisiológica foi determinado pelos métodos de Berg et al. (1990) ($OBLA_{Berg}$), pela concentração fixa de lactato de $3,5 \text{ mmol.l}^{-1}$ ($OBLA_{3,5}$), proposta por Heck et al. (1985) e pelo segundo limiar ventilatório (LV2) (REINHARD; MULLER; SCHMULLING; 1979). Amostras sanguíneas foram coletadas da polpa do dedo dos sujeitos ao final de cada estágio e no final do teste, para mensurar a concentração de lactato sanguíneo. As intensidades correspondentes aos limiares foram determinadas por interpolação dos valores das [Lac].

Os mesmos participantes realizaram o protocolo curto em *slide board*, seguindo os mesmos procedimentos adotados e descritos no item 3.5.2.

3.5.4 Validade de construto do protocolo curto em *slide board*

Para a validade de construto do protocolo curto em *slide board*, os sujeitos foram divididos em dois grupos, após responderem um questionário (apêndice B): “competitivos” ($n = 13$) os que participavam atualmente de competições e treinavam no mínimo 6 horas semanais; “recreacionais” ($n = 7$), os que não estavam participando de competições patinavam até 4 horas semanais. Os índices aeróbios VO_2 , VE, FC,

RER, %R, P e CAD, máximos e submáximos (associados ao LV2), bem como a [Lac]max, foram comparados entre os grupos.

3.6 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os dados máximos e submáximos estão apresentados como média \pm desvio padrão (DP). A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Para verificar a heterocedasticidade dos dados entre o teste e o reteste foi realizada a plotagem de Bland-Altman dos dados (diferença vs. média), seguida de uma regressão linear dos valores dispersos na plotagem e verificado se a inclinação da reta diferia significativamente de zero (LUDBROOK, 2010). Quando não detectada diferença significativa, os dados foram considerados homocedásticos (i.e. sem erro sistemático).

Para verificar a reprodutibilidade do protocolo curto em *slide board* foram realizadas as seguintes análises para as variáveis do teste e reteste: teste *t* de Student pareado; coeficiente de correlação intra-classe (ICC); erro típico de medida (ETM), apresentado como coeficiente de variação (%).

Para verificar a validade concorrente do protocolo curto foi verificado o grau de associação entre as variáveis obtidas no teste 1 em *slide board* e no teste em cicloergômetro, por meio do coeficiente de correlação de Pearson. As variáveis obtidas nos dois protocolos foram comparadas por meio do teste *t* de Student pareado. Os limites de concordância de Bland-Altman (95%LC) foram identificados para verificar a concordância entre os testes.

Para verificar a validade concorrente do protocolo longo foi verificado o grau de associação entre as variáveis obtidas nos protocolos em *slide board* e em cicloergômetro por meio do coeficiente de correlação de Pearson. As variáveis obtidas nos dois protocolos foram comparadas por meio do teste *t* de Student pareado. Os valores de 95%LC foram calculados.

Os mesmos procedimentos estatísticos foram adotados para verificar a validade do protocolo curto em *slide board* tendo como critério o protocolo longo em *slide board*.

As respostas do VO₂, FC e [Lac] de cada sujeito foram ajustadas por meio de uma interpolação FFT dos dados pelo menor número de estágios alcançados, a fim de obter o mesmo número de estágios para todos os protocolos, assim plotá-los no mesmo gráfico em função do percentual da intensidade máxima obtida (isoesforço). A inclinação das

linhas de regressão da resposta do VO_2 , da FC e da [Lac] durante os protocolos curto e longo em *slide board* e em cicloergômetro foram comparadas por meio do teste *t* pareado e ANOVA *one way*.

Foi realizada uma análise de regressão múltipla entre a variável dependente VO_2max e as variáveis independentes massa corporal, estatura, FCmax, CADmax, %G, %R e CMI, tanto para o protocolo curto (n=20) quanto para o protocolo longo (n=10) em *slide board*. Foi gerada uma equação para prever o VO_2max a partir das variáveis selecionadas pelo método *stepwise*.

Para verificar a validade de constructo do protocolo curto em *slide board*, os grupos “competitivos” e “recreacionais” foram comparados por meio do teste *t* de Student para amostras não pareadas.

Os coeficientes de correlação foram classificados qualitativamente de acordo com a seguinte escala proposta por Hopkins (2008): trivial $r < 0,1$, pequeno $0,1 < r < 0,3$, moderado $0,35 < r < 0,5$, alto $0,55 < r < 0,7$, muito alto $0,75 < r < 0,9$, quase perfeito $r > 0,9$ e perfeito $r = 1$. Foram utilizados os programas SPSS (versão 13.0 para Windows; SPSS, Inc., Chicago, IL), Prism® 5.0 (GraphPad Software Inc, San Diego, USA) e MATLAB (versão 7.10, The MathWorks Inc, R2010a). Todas as análises estatísticas foram realizadas adotando um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

4. RESULTADOS

4.1 REPRODUTIBILIDADE DO PROTOCOLO CURTO EM *SLIDE BOARD*

Durante o protocolo curto em *slide board*, todos os participantes ($n = 10$) apresentaram pelo menos três dos cinco critérios para obtenção do $VO_2\text{max}$, de acordo com Howley, Bassett e Welch (1995) (7/10 sujeitos apresentaram um platô no VO_2 final, 7/10 atingiram a $FC\text{max}$ prevista; 9/10 obtiveram um $RER \geq 1,1$; 9/10 obtiveram $[\text{Lac}]$ final $\geq 8 \text{ mmol.l}^{-1}$, e 3/10 relataram uma PSE de 18).

A tabela 1 apresenta os valores médios do teste e do reteste, assim como os escores de reprodutibilidade das variáveis máximas e submáximas. Não foram encontradas diferenças significativas entre os testes para todas as variáveis analisadas. Os valores de $VO_2\text{max}$, $FC\text{max}$, $CAD\text{max}$, CAD_{PDFC} e PSE_{PDFC} , apresentaram baixas variações intra-indivíduos e valores de correlação acima de 0,9 (quase perfeito), enquanto que os valores máximos e submáximos de VE e RER mostraram baixos índices de reprodutibilidade. Os valores $FC\text{max}$ e o PDFC não apresentaram homocedasticidade e foram transformados logaritmicamente, enquanto que todas as demais variáveis apresentaram homocedasticidade.

Tabela 1. Valores médios (\pm DP) e escores de reprodutibilidade (teste e reteste em *slide board*) das variáveis máximas e submáximas.

	Teste	Reteste	CV _{TEM} (%)	ICC (95%CI)	Bias
VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	47,5 \pm 7,7	47,6 \pm 6,3	3,18	0,97(0,91-0,99)	0,09
FCmax (bpm)*	190 \pm 8	189 \pm 6	1,19	0,95(0,800-0,99)	1,00
RERmax	1,21 \pm 0,12	1,15 \pm 0,07	7,25	0,70 (-0,61- 0,64)	-0,06
VEmax (l.min ⁻¹)	115,1 \pm 21,4	111,4 \pm 19	6,32	0,74(0,03-0,93)	-3,60
CADmax (ppm)	64,0 \pm 9,3	64,9 \pm 9,5	1,21	0,99(0,98-0,99)	0,60
[Lac]max (mmol.l ⁻¹)	10,3 \pm 1,9	10,2 \pm 1,9	6,72	0,92(0,70-0,98)	-0,27
PSEmax	17,2 \pm 0,6	17,1 \pm 0,5	4,01	0,86(0,47-0,96)	-0,10
VO ₂ PDFC (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	42,3 \pm 5,4	41,8 \pm 5,7	4,90	0,93(0,74-0,98)	0,53
PDFC (bpm)*	175 \pm 11	171 \pm 5	3,26	0,72(0,06-0,93)	1,00
RER _{PDFC}	1,0 \pm 0.05	0,97 \pm 0.03	5,65	0,77(0.28- 0,94)	0,03
VE _{PDFC} (l.min ⁻¹)	77,9 \pm 8,9	75,9 \pm 10,2	8,90	0,68(-0,20-0,92)	2,03
CAD _{PDFC} (ppm)	53,4 \pm 6,9	53,7 \pm 8,5	3,47	0,97(0,89-0,99)	-0,30
PSE _{PDFC}	15,6 \pm 1,4	15,4 \pm 1,4	2,84	0,95(0,80-0,98)	0,20

VO₂max = consumo máximo de oxigênio; FCmax = frequência cardíaca máxima; Vemax = ventilação máxima; CADmax = cadência máxima; RERmax = razão de troca respiratória máxima; [Lac]max=concentração de lactato sanguíneo máxima ; PSEmax=percepção subjetiva de esforço máxima; PDFC = ponto de deflexão da FC; VO₂PDFC = consumo de oxigênio no PDFC; CAD_{PDFC} = cadência no PDFC; VE_{PDFC} = ventilação no PDFC; PSE_{PDFC} = percepção de esforço no PDFC. *escores de reprodutibilidade obtidos a partir dos valores log¹⁰FC e log¹⁰PDFC.

A figura 7 apresenta a resposta média dos valores de VO_2 durante o teste e o reteste.

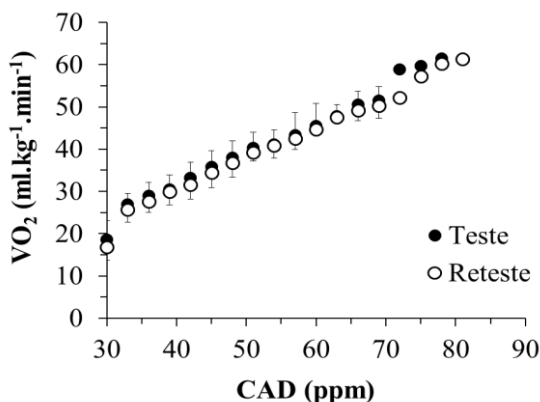


Figura 7. Resposta média e DP do VO_2 durante o teste e o reteste máximo em *slide board*.

Os valores médios das equações das retas de regressão foram de $y = 0,8519 \pm 0,155 x - 3,1455 \pm 6,7699$ e $y = 0,8647 \pm 0,1343 x - 4,8876 \pm 5,8222$, com R^2 médio de $0,9381 \pm 0,0451$ e $0,9363 \pm 0,0447$ para o teste e reteste respectivamente. A inclinação das retas de regressão não foi estatisticamente diferente entre os testes ($p > 0,01$).

4.2 VALIDADE CONCORRENTE DO PROTOCOLO CURTO EM *SLIDE BOARD*

Os valores dos segundos limiares de transição fisiológica (LTF2) identificadas pelos diferentes métodos indiretos (LV2, PDFC_{Visual} e PDFC_{Dmax}) foram comparados e estão apresentados na tabela 2. O aumento médio da FC foi de $4,9 \pm 3,2$ bpm por estágio, o que está de acordo com o preconizado por Conconi et al. (1996) para a detecção do PDFC (incrementos ≤ 8 bpm). O LV2 não foi identificado no protocolo em cicloergômetro, devido ao baixo número de estágios completados por alguns indivíduos (três atletas completaram somente cinco estágios).

Tabela 2. Comparação dos valores correspondentes aos diferentes métodos de identificação do LTF2 nos protocolos curtos em *slide board* e cicloergômetro.

		CAD (ppm; rpm)	%CADmax	VE (l.min ⁻¹)	VO ₂ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	% VO ₂ max	FC (bpm)	PSE
Slide	LV2	55,1±7,7 ^b	86,2±3,7 ^b	79,5±9,1 ^b	42,7±5,32 ^b	95,5±5,4 ^b	176,1±10,8 ^b	15,6±1,3 ^b
	PDFC _{Dmax}	53,4±6,9 ^b	88,4±4,6 ^b	78,0±8,9 ^b	42,3±5,4 ^b	89,6±4,5 ^b	175,1±10,11,2 ^b	15,6±1,4 ^b
	PDFC _{Visual}	54,3±8,8 ^b	89,5±5,4 ^b	82,9±18,6 ^b	43,6±7,4 ^b	91,9±5,4	176,1±10,8 ^b	15,7±1,3
Bike	PDFC _{Dmax}	103,4±14,3 ^b	81,7±8,2	88,3±21,1	44,2±6,4 ^b	89,8±7,2	172,6±12,2	14,5±1,4 ^b
	PDFC _{Visual}	88,8±7,3 ^{a, b}	70,4±4,9 ^a	65,1±7,8 ^a	39,0±4,2 ^{a,b}	79,8±5,7 ^a	159,3±10,0 ^a	13,0±0,6 ^{a, b}

^a diferença significativa entre os métodos em cada modo de exercício. ^b correlação significativa entre os métodos em cada modo de exercício. ($p < 0,05$). VO₂max = consumo máximo de oxigênio; FCmax = frequência cardíaca máxima; VEmax = ventilação máxima; CADmax = cadência máxima; PSEmax=percepção subjetiva de esforço máxima; PDFC = ponto de deflexão da FC; LV2 = segundo limiar ventilatório.

Não houve diferença significativa nos valores relativos ao LTF2 identificado pelos diferentes métodos no protocolo curto em *slide board*, enquanto que todas as variáveis foram diferentes quando identificadas pelos métodos PDFC_{Dmax} e PDFC_{Visual} no protocolo em cicloergômetro. Os valores de VO₂ submáximos obtidos no protocolo em *slide board*, identificados pelo método PDFC_{Dmax} e LV2, foram significativamente inferiores aos valores encontrados no protocolo em cicloergômetro, enquanto que os mesmos valores, quando detectados pelo método

PDFC_{visual} foram estatisticamente maiores no protocolo de patinação em *slide board*. Os valores da literatura mostram que, quando considerando uma concentração fixa de 4 mmol.l⁻¹, os valores de VO₂ são menores durante a patinação, quando comparados com ciclismo (FOSTER et al, 1999; SNYDER et al. 1993). Por isso, considerando esses fatores, bem como observando os valores %VO₂max onde os limiares ocorreram (BOSQUET; LÉGER; LEGROS, 2002), adicionando a uma maior aplicabilidade prática, os valores relativos ao PDFC_{Dmax} foram escolhidos para as análises de reprodutibilidade e validade no presente estudo.

A tabela 3 apresenta os valores médios ± DP das variáveis fisiológicas obtidas nos protocolos em *slide board* e em cicloergômetro, bem como os valores de validade obtidos pela comparação, correlação e dos limites de concordância (95% LC) entre as duas medidas. Todas as variáveis apresentaram homocedasticidade, sem que houvesse a necessidade de transformação dos dados.

Tabela 3. Comparações, correlações, bias e 95% LC dos valores máximos e submáximos (média \pm DP) entre os protocolos curtos em *slide board* e cicloergômetro.

	<i>Slide board</i>	Cicloergômetro	Bias (95% LC)	r
VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	47,5 \pm 7,7	48,4 \pm 8,8	-0,93(6,12,-7,98)	0,91 ^b
FCmax (bpm)	190 \pm 8	190 \pm 10	0,6 (10,3, -9,14)	0,87 ^b
RERmax	1,2 \pm 0,1	1,9 \pm 0,1	-0,08 (0,26, -0,41)	0,22
VEmax (l.min ⁻¹)	115,0 \pm 21,4	127,4 \pm 18	-12,3 (30,4, -55,2)	0,40
CADmax (ppm, rpm)*	64,0 \pm 9,3	127,0 \pm 20,5	-	0,83 ^b
CAD _{rel} max (f.min ⁻¹)	64,0 \pm 9,3	63,5 \pm 10,2	0,5 (11,8, -10,86)	0,83 ^b
[Lac]max (mmol.l ⁻¹)	10,3 \pm 1,9	13,4 \pm 2,3 ^a	-3,1(0,6, -7,02)	0,60
PSE _{max}	17,2 \pm 0,6	17,3 \pm 0,48	0,0 (0,9 -0,9)	0,52
VO ₂ PDFC (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	42,3 \pm 5,4	44,1 \pm 6,4	-1,8 (4,0, -7,6)	0,90 ^b
CAD _{PDFC} (ppm, rpm) *	53,4 \pm 6,9	103 \pm 14,9	-	0,80 ^b
CAD _{rel} PDFC (f.min ⁻¹)	53,4 \pm 6,9	51,7 \pm 7,1	1,7 (10,7, -9,0)	0,80 ^b
PDFC (bpm)	175 \pm 11	172 \pm 12	2,4 (29,4, 24,5)	0,32
RER _{PDFC}	1,0 \pm 0,05	0,97 \pm 0,03	-0,12, 0,01, -0,25)	0,77 ^b
VE _{PDFC} (l.min ⁻¹)	77,9 \pm 8,9	88,3 \pm 21,1	-10,3(25,8, 46,6)	0,50
PSE _{PDFC}	15,6 \pm 1,4	14,6 \pm 1,5 ^a	1,1 (3,9, -2,8)	0,54
CAD _{PDFC} (% max)	88,4 \pm 4,6	81,7 \pm 8,2	6,6 (24,7, -18,0)	0,50

^a diferença significativa (p < 0,05); ^b correlação significativa (p < 0,05). *valores não comparados devido às diferentes unidades de medida. VO₂ = consumo de oxigênio; FC = frequência cardíaca; VE = ventilação; CAD = cadência; CAD_{rel} = cadência no cicloergômetro dividido por dois; RER = razão de troca respiratória; [Lac]max=concentração de lactato sanguíneo máxima; PSE=percepção subjetiva de esforço; PDFC = ponto de flexão da FC.

Não foram encontradas diferenças ($p < 0,05$) nos valores máximos e submáximos de VO_2 , VE, RER, CAD_{REL} e PSE. Apenas as $[Lac]_{max}$ e o PSE_{PDFC} foram estatisticamente diferentes. Correlações classificadas como “muito alta” foram encontradas para a FC_{max} , CAD_{max} , CAD_{relmax} , CAD_{PDFC} e $CAD_{relPDFC}$, e “quase perfeita” para o VO_{2max} e VO_{2PDFC} entre os dois protocolos.

A figura 8 apresenta a resposta do VO_2 médio dos sujeitos, interpolado pelo menor número de estagios atingido entre os testes curtos em *slide board* e em cicloergômetro, e plotadas pelo percentual da intensidade máxima atingida.

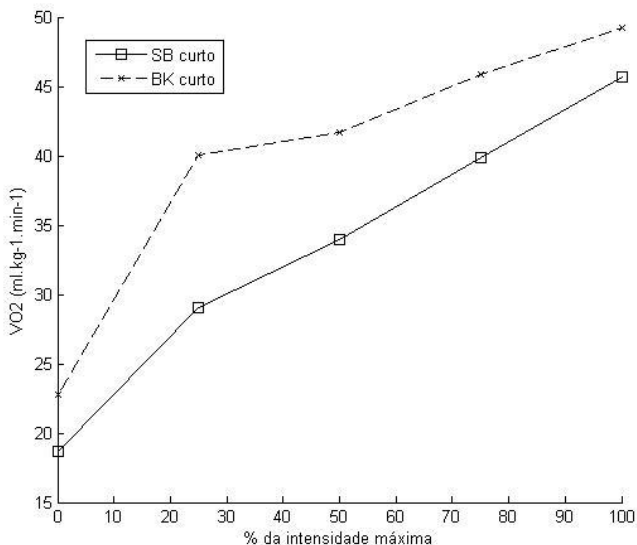


Figura 8. Resposta média interpolada do VO_2 ($n=10$) em relação ao % da intensidade máxima atingida durante os protocolos curtos em *slide board* (SB curto) e em cicloergômetro (BK curto). Não houve diferenças significativas na inclinação das retas das respostas fisiológicas entre os dois protocolos ($p < 0,05$). Os valores de R^2 no testes em SB e BK foram de 0,98, 0,88 respectivamente.

A figura 9 mostra a resposta da FC (média por estagios interpolados) durante os protocolos curtos em *slide board* e em cicloergômetro, plotadas pela percentual da intensidade máxima atingida durante os testes.

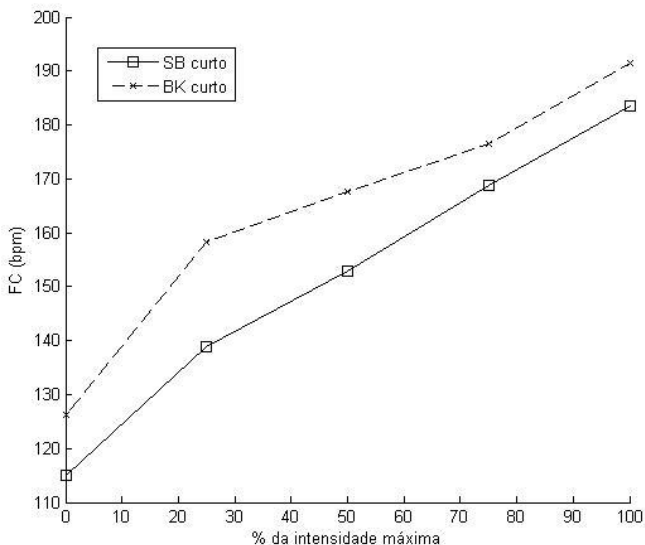


Figura 9. Resposta média interpolada da FC (n=10) em relação ao % da intensidade máxima atingida durante os protocolos curtos em *slide board* (SB curto) e em cicloergômetro (BK curto). Não houve diferenças significativas na inclinação das retas das respostas fisiológicas entre os dois protocolos ($p < 0,05$). Os valores de R^2 no testes em SB e BK foram de 0,99, 0,89 respectivamente.

As respostas das demais variáveis fisiológicas (VE, RER e PSE) também foram analisadas nas mesmas intensidades absolutas e relativas, e os valores individuais da inclinação da reta não foram estatisticamente diferentes entre os protocolos em *slide board* e em cicloergômetro ($p < 0,05$).

4.3 VALIDADE CONCORRENTE DO PROTOCOLO LONGO EM *SLIDE BOARD*

Durante o protocolo longo em *slide board*, todos os participantes (n=10) apresentaram pelo menos três dos cinco critérios para obtenção do VO_2max (8/10 apresentaram um platô no VO_2 final, 7/10 atingiram a FCmax prevista; 10/10 obtiveram um $\text{RER} \geq 1,1$; 6/10 obtiveram $[\text{Lac}] \text{ final} \geq 8 \text{ mmol.l}^{-1}$).

A tabela 4 apresenta os valores das variáveis correspondentes ao estágio em que ocorreu o LTF2, obtidos pelos diferentes métodos (LV_2 , $\text{OBLA}_{\text{Berg}}$, $\text{OBLA}_{3,5}$) nos dois protocolos.

Tabela 4. Comparação dos valores correspondentes aos diferentes métodos de identificação do LTF2 (LV_2 , $\text{OBLA}_{\text{Berg}}$ e $\text{OBLA}_{3,5}$) nos protocolos longos em *slide board* e cicloergômetro.

		INT (ppm; W)	%INTmax	VO_2 ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)	% VO_2max	FC (bpm)	[Lac] mmol.l^{-1}
Slide	LV_2	46,2±2,5	84,3±3,0	40,8±3,1*	84,3±3,0	182±7*	3,2±1,4
	$\text{OBLA}_{\text{Berg}}$	45,3±2,9 ^{a,*}	82,7±4,2*	39,9±3,2*	86,3±3,8	180±10 ^{a,*}	2,7±0,1 ^a
	$\text{OBLA}_{3,5}$	47,2±3,2 ^{a,*}	86,1±4,7*	41,4±3,7	88,4±5,2	184±9 ^{a,*}	3,5±0,0 ^a
Bike	LV_2	266±29,5 ^{a,b}	79,9±2,2 ^{a,b}	46,9±5 ^{a,b,*}	90,2±2,7 ^{a,b}	173±6 ^{a,b}	5,5±2,4 ^{a,b}
	$\text{OBLA}_{\text{Berg}}$	227,1±47,2 ^{a,*}	68,5±11 ^{a,*}	42,0±8,8 ^{a,*}	80,3±11,3 ^{a,*}	161±13 ^{a,*}	3,4±0,4 ^a
	$\text{OBLA}_{3,5}$	228,7±42 ^{b,*}	69,2±10,4 ^{b,*}	41,2±8,4 ^{b,*}	79,1±12,2 ^{b,*}	162±13 ^{b,*}	3,5±0,0 ^b

a, b diferença significativa entre os métodos em cada modo de exercício. * correlação significativa entre os métodos em cada modo de exercício. ($p < 0,05$). VO_2 = consumo de oxigênio; FC = frequência cardíaca; INT = intensidade; [Lac]=concentração de lactato sanguíneo; LV_2 = segundo limiar ventilatório; OBLA = início do acúmulo de lactato sanguíneo ou segundo limiar.

Os índices submáximos relativos ao LTF2 identificados pelo método LV2 não foram diferentes dos encontrados pelos demais métodos $OBLA_{Berg}$ e $OBLA_{3,5}$ no protocolo em *slide board*. Porém, o LV2 resultou em valores submáximos estatisticamente diferentes dos demais métodos durante o protocolo em cicloergometro. Considerando que o $OBLA_{Berg}$ mostrou ser o método mais preciso para estimar a MLSS no ciclismo (GROSSL et al., 2012) e na corrida (SOUZA et al., 2012), optou-se por utilizar este método para as análises subsequentes de validade dos índices submáximos.

A tabela 5 apresenta os valores médios \pm DP das variáveis fisiológicas obtidas nos protocolos longos em *slide board* e em cicloergômetro, bem como a comparação, correlação e 95% LC dos valores. Todas as variáveis apresentaram homocedasticidade. Não foram encontradas diferenças ($p < 0.05$) nos valores $RER_{OBLA_{Berg}}$, $VO_{2OBLA_{Berg}}$, VE_{max} . Foram encontradas correlações consideradas “muito alta” para as variáveis P_{max} , FC_{max} , $FC_{OBLA_{Berg}}$, $VO_{2OBLA_{Berg}}$ e “alta” para as variáveis VO_{2max} , VE_{max} , $INT_{OBLA_{Berg}}$, $P_{OBLA_{Berg}}$ e $[Lac]_{OBLA_{Berg}}$.

Tabela 5. Comparações, correlações, bias e 95% LC dos valores máximos e submáximos (média \pm DP) entre os protocolos longos em *slide board* e cicloergômetro.

	<i>Slide board</i>	Cicloergômetro	r	Bias (95% LC)
VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	46,3 \pm 4,1 ^a	52,0 \pm 5,3	0,69 ^b	-5,7 (1,8, -13,3)
FCmax (bpm)	195 \pm 6 ^a	190 \pm 7	0,83 ^b	5,2 (13,4, -3)
RERmax	1,2 \pm 0,07 ^a	1,1 \pm 0,04	0,43	0,06 (0,2, -0,07)
VEmax (l.min ⁻¹)	141,3 \pm 19,9	148,0 \pm 22,4	0,76 ^b	-7,4 (36,8, 21,9)
INTmax (ppm, W)*	54,7 \pm 2,1	330,8 \pm 36,0	0,54	-
Pmax (W)	176,4 \pm 23,0 ^a	330,0 \pm 36,0	0,80 ^b	-129,6 (-108,7, -200)
P _{rel} (W.kg ⁻¹)	2,4 \pm 0,09 ^a	4,6 \pm 0,3	0,25	-1,8 (-1,4, -2,8)
[Lac]max (mmol.l ⁻¹)	8,9 \pm 1,7 ^a	11,6 \pm 2,3	0,19	-2,7 (2,4, -7,8)
VO ₂ OBLABerg (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	39,9 \pm 3,2	42,0 \pm 8,8	0,84 ^b	-2,0 (10,4, -14,5)
FC _{OBLABerg} (bpm)	180 \pm 10 ^a	161 \pm 13	0,83 ^b	18,2 (33,1, 3,4)
RER _{OBLABerg}	0,99 \pm 0,05	0,97 \pm 0,03	0,44	0,02 (0,11, -0,06)
VE _{OBLABerg} (l.min ⁻¹)	91,3 \pm 13,08 ^a	76,3 \pm 14,8	0,67 ^b	15,0 (37,51, -7,48)
INT _{OBLABerg} (ppm, W) *	45,3 \pm 2,9	227,1 \pm 47,2	0,71 ^b	-
INT _{OBLABerg} (% max)	82,7 \pm 4,2 ^a	68,5 \pm 11	0,61	14,2 (32,22, -3,7)
P _{OBLABerg} (W)	146,3 \pm 22,6 ^a	227,1 \pm 47,2	0,72 ^b	-117 (-83,1, 151)
P _{relOBLABerg} (W.kg ⁻¹)	2,0 \pm 0,1 ^a	3,1 \pm 0,5	0,54	-1,1 (-0,17, -2,1)
[Lac] _{OBLABerg} (mmol.l ⁻¹)	2,7 \pm 0,1 ^a	3,4 \pm 0,4	0,69 ^b	-0,6 (0,43, -1,7)

^a diferença significativa (p<0.05); ^b correlação significativa (p<0.05). *valores de cadência não foram comparados devido às diferentes unidades de medida. VO₂ = consumo de oxigênio; FC = frequência cardíaca; RER= razão de trocas gasosas; VE=ventilação; INT = intensidade; P_{rel}= potência relativa à massa corporal; [Lac]=concentração de lactato sanguíneo; LV2= segundo limiar ventilatório; OBLA_{Berg} = segundo limiar identificado pelo método proposto por Berg et al. (1990).

A figura 10 mostra a resposta da [Lac] (média por estágios interpolados) durante os protocolos longos em *slide board* e em cicloergômetro, plotadas pelo percentual da intensidade máxima atingida durante os testes.

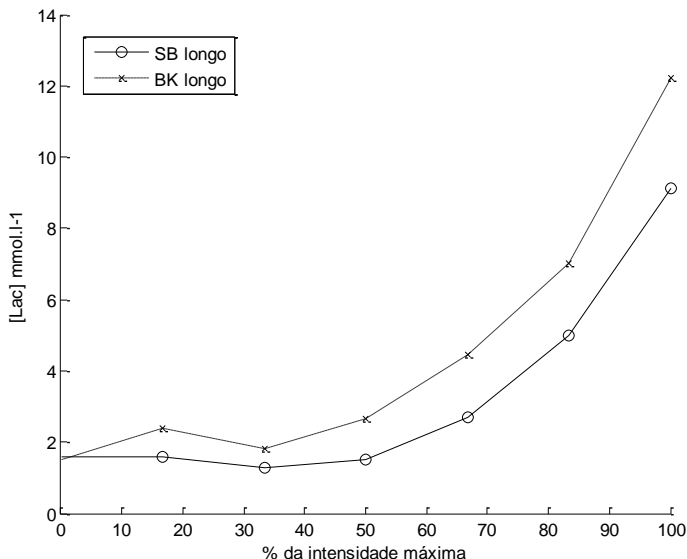


Figura 10. Resposta média da [Lac] interpolada (n=10) em relação ao % da intensidade máxima durante os protocolos longos em *slide board* (SB longo) e em cicloergômetro (BK longo). Não foi comparado o comportamento entre as curvas. Os valores do R^2 das curvas de [Lac] (ajuste polinomial de terceira ordem) no SB longo e BK longo foram 0,98, 0,97 respectivamente.

4.4 COMPARAÇÃO ENTRE OS PROTOCOLOS LONGO E CURTO EM *SLIDE BOARD* (Grupo 2)

A tabela 5 mostra os índices máximos e submáximos de validade do protocolo curto referente ao protocolo longo (teste concorrente) em *slide board* (grupo 2, n=10). O método LV2 foi utilizado para detecção dos índices submáximos, devido à inadequação do protocolo longo para determinação do PDFC. Todas as variáveis mostraram homocedasticidade.

Tabela 6. Comparações e correlações dos valores máximos e submáximos (média \pm DP) entre os protocolos longos e curto em *slide board*.

	<i>Slide board</i> longo	<i>Slide board</i> curto	r	Bias (95% LC)
VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	46,3 \pm 4,1	46,4 \pm 3,6	0,78 ^b	-0,1(5,02, -5,16)
FCmax (bpm)	195 \pm 6	190 \pm 9 ^a	0,86 ^b	4,3(13,63, 5,03)
RERmax	1,2 \pm 0,07	1,2 \pm 0,1	0,50	0,04(0,13, -0,21)
VEmax (l.min ⁻¹)	141,0 \pm 19,9	146,8 \pm 23,5	0,70 ^b	-5,4(28,4, -39,3)
CADmax (ppm)	54,8 \pm 2,1	59,5 \pm 5,1 ^a	0,78 ^b	-4,8 (2,6, -12,1)
Pmax (W)	176,4 \pm 23,0	201,2 \pm 33,7 ^a	0,94 ^b	-24,7 (3,71, -53,2)
[Lac]max (mmol.l ⁻¹)	8,9 \pm 1,8	10,03 \pm 1,9	0,05	-1,1(3,9, -6,1)
VO ₂ LV ₂ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	40,8 \pm 3,1	42,8 \pm 2,6 ^a	0,80 ^b	-2,0(1,8,-5,8)
FC _{LV₂} (bpm)	182 \pm 7	178 \pm 10	0,64 ^b	4,4(20,0,-11,2)
RER _{LV₂}	1,01 \pm 0,05	1,04 \pm 0,04	-0,27	-0,03(0,10, -0,16)
VE _{LV₂} (l.min ⁻¹)	94,8 \pm 12,7	96,9 \pm 14,5	0,63	-2,1(21,0,-25,3)
CAD _{LV₂} (ppm)	46,2 \pm 2,5	49,2 \pm 3,7 ^a	0,46	-3,0 (3,7,-9,7)
CAD _{LV₂} (% max)	84,3 \pm 3,1	82,7 \pm 3,7	0,41	1,5 (8,9,-5,8)
P _{LV₂} (W)	148,2 \pm 21,3	158,7 \pm 25,2	0,88 ^b	8,2(32,9, -13,3)
%R	93,8 \pm 1,6	94,1 \pm 1,8	0,93 ^b	-0,3(0,95, -1,54)

^a diferença significativa (p < 0,05); ^b correlação significativa (p < 0,05). VO₂ = consumo de oxigênio; FC = frequência cardíaca; RER= razão de trocas gasosas; VE= ventilação; CAD= cadência; P_i= potência; [Lac]max= concentração máxima de lactato sanguíneo; LV₂= segundo limiar ventilatório; %R= percentual do total de acertos dentro da cadência de cada estágio do teste.

Nota-se que as correlações foram altas na maioria das variáveis máximas, enquanto que apenas os valores submáximos de FC_{LV2} e P_{PDFC} mostraram correlações significativas entre os protocolos. Os valores de CAD_{max} , VO_{2LV2} e CAD_{LV2} foram significativamente maiores no protocolo curto, enquanto que a FC_{max} foi maior no protocolo longo.

A figura 11 mostra a resposta do VO_2 (média por estágios interpolados) durante os protocolos longo em cicloergômetro (BK longo), curto e longo em *slide board* (SB longo, SB curto), plotadas pelo percentual da intensidade máxima atingida durante os testes.

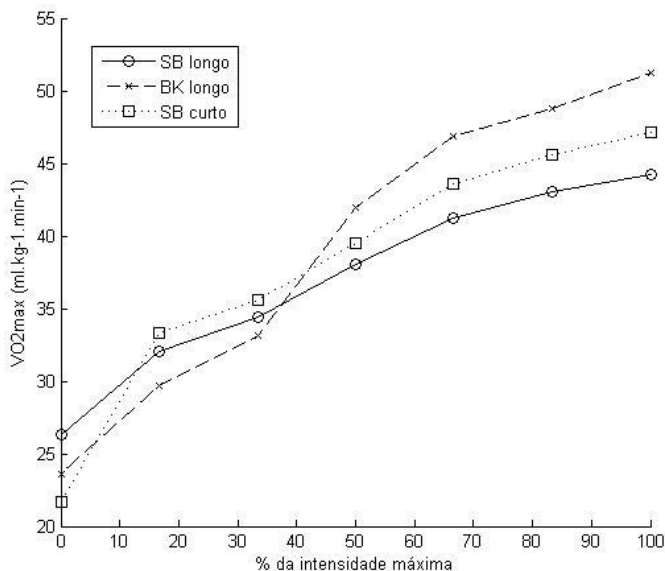


Figura 11. Resposta média do VO_2 interpolado ($n=10$) em relação ao % da intensidade máxima durante os protocolos em slide board (SB longo e SB curto) e em cicloergômetro (BK longo). Não houve diferenças significativas na inclinação das retas da resposta do VO_2 entre os três protocolos ($p<0,05$). Os valores de R^2 no testes em SB longo, BK longo e SB curto foram de 0,90, 0,88 e 0,96, respectivamente.

A figura 12 mostra a resposta da FC (média por estágios interpolados) durante os protocolos longo em cicloergômetro (BK longo), curto e longo em *slide board* (SB longo, SB curto), plotadas pelo percentual da intensidade máxima atingida durante os testes.

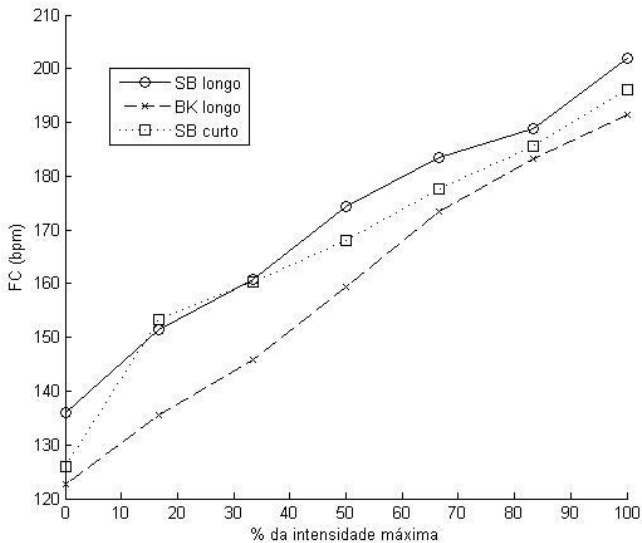


Figura 12. Resposta média da FC interpolada ($n=10$) em relação ao % da intensidade máxima durante os protocolos em slide board (SB longo e SB curto) e em cicloergômetro (BK longo). Não houve diferenças significativas na inclinação das retas da resposta do VO_2 entre os três protocolos ($p<0,05$). Os valores de R^2 no testes em SB longo, BK longo e SB curto foram de 0,99, 0,99 e 0,98, respectivamente.

4.5 CONTRIBUIÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS SOBRE O VO_{2max} E CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS

Uma análise de regressão múltipla foi para prever o VO_{2max} relativo ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) obtido durante o protocolo curto ($n = 20$) e longo ($n = 10$) em *slide board*, a partir das variáveis massa corporal, estatura, FC_{max} , CAD_{max} , %G, %R e CMI. A partir do gráfico de dispersão dos valores (predito vs. resíduo), verificou-se que a distribuição do erro foi aleatória, sem tendências, e distribuído entre -3 e 3.

Para o protocolo curto em *slide board* foi encontrado um coeficiente de determinação R^2 de 0,50 e o erro padrão da estimativa de 4,31. Por meio do método de seleção das variáveis *stepwise*, as variáveis

massa corporal, estatura, FCmax, %G, %R e CMI foram excluídas. A variável CADmax explicou cerca de 50% do valor do $VO_{2max,rel}$.

Desta forma, para prever o VO_{2max} , a seguinte equação de regressão múltipla foi estabelecida com os respectivos coeficientes β_0 e β_1 da variável CADmax (equação 8).

$$VO_2 \max (ml.kg^{-1}min^{-1}) = 13,6 + (CADmax) 0,54$$

A tabela 7 apresenta as correlações entre o VO_{2max} (absoluto e relativo à massa corporal), FCmax, CADmax, %R e variáveis antropométricas atingidos durante o protocolo curto em *slide board*.

Tabela 7. Matriz de correlação entre as variáveis antropométrica e índices máximos medidos durante o protocolo curto em *slide board* (n = 20).

	VO ₂ max _{abs}	VO ₂ max _{rel}	FCmax	CADmax	%R	CMI	Massa	Altura
VO ₂ max _{rel}	0,59**							
FCmax	0,16	0,23						
CADmax	0,57**	0,70**	0,11					
%R	0,45*	0,54*	0,19	0,57**				
CMI	0,18	-0,12	0,003	-0,20	0,26			
Massa	0,64**	-0,20	0,07	-0,00	-0,01	0,37		
Altura	-0,19	-0,21	-0,14	-0,24	0,10	0,79**	-0,02	
%G	-0,13	-0,31	-0,17	-0,05	-0,55*	-0,58*	0,105	-0,48*

*valores significativos a $p < 0,05$, **valores significativos a $p < 0,01$.

Observa-se na tabela 7 que durante o protocolo curto em *slide board* houve correlações fortes entre os valores de VO₂max_{rel}, tanto valores absolutos quanto relativos, e CADmax. Também nota-se que a variável %R está fortemente correlacionada com a CADmax atingida durante o teste.

No protocolo longo em *slide board*, nenhuma das variáveis independentes foi incluída no modelo de regressão para explicar os valores de VO₂max_{rel}.

A tabela 8 apresenta as correlações entre o VO₂max (absoluto e relativo a massa corporal), FCmax, CADmax, %R e variáveis antropométricas atingidos durante o protocolo longo em *slide board*.

Tabela 8. Correlação entre as variáveis antropométrica e índices máximos medidos durante o protocolo longo em *slide board* (n = 10).

	VO ₂ max _{abs}	VO ₂ max _{rel}	FCmax	CADmax	%R	CMI	Massa	Altura
VO ₂ max _{rel}	-0,01							
FCmax	0,18	0,24						
CADmax	0,61	0,28	0,52					
%R	0,78**	0,30	-0,01	0,47				
CMI	0,42	0,18	0,33	0,52	0,29			
Massa	0,86**	-0,43	0,13	0,35	0,49	0,29		
Altura	0,60	-0,02	0,06	0,39	0,62	0,71*	0,54	
%G	0,05	-0,56	0,04	-0,22	0,51	-0,61	0,35	-0,30

*valores significativos a $p < 0,05$, **valores significativos a $p < 0,01$.

Observa-se na tabela 8 que durante o protocolo longo em *slide board* houve correlações fortes entre os valores de VO₂max_{abs} e o %R.

4.6 VALIDADE DE CONSTRUTO DO PROTOCOLO CURTO EM *SLIDE BOARD*

A tabela 9 mostra os valores médios das variáveis máximas e submáximas, associadas ao LV2, nos grupos competitivos (n = 13) e recreacionais (n = 7), bem como a comparação entre eles.

Tabela 9. Comparações dos valores máximos e submáximos (média \pm DP) entre os grupos durante o teste curto em *slide board*.

	Competitivos	Recreacionais	p-valor
VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	49,6 \pm 5,2	41,8 \pm 2,9	0,00 ^a
FCmax (bpm)	192 \pm 6	187 \pm 11	0,16
RERmax	1,25 \pm 0,1	1,23 \pm 0,1	0,64
VEmax (l.min ⁻¹)	137,9 \pm 24,7	117,9 \pm 28,9	0,12
CADmax (ppm)	64,8 \pm 7,5	56,0 \pm 3,7	0,01 ^a
Pmax (W)	206,5 \pm 32,8	174,7 \pm 29,3	0,04 ^a
Pmax _{rel} (W.kg ⁻¹)	2,9 \pm 0,2	2,4 \pm 0,1	0,00 ^a
[Lac]max (mmol.l ⁻¹)	9,9 \pm 1,6	10,4 \pm 2,4	0,58
VO _{2LV2} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	44,8 \pm 3,3	38,9 \pm 1,9	0,00 ^a
FC _{LV2} (bpm)	180 \pm 7	171 \pm 13	0,07
RER _{LV2}	1,02 \pm 0,05	1,03 \pm 0,03	0,90
VE _{LV2} (l.min ⁻¹)	92,5 \pm 15,3	80,3 \pm 10,4	0,07
CAD _{LV2} (ppm, rpm)	54,1 \pm 6,8	48,3 \pm 4,5	0,06
P _{LV2} (W)	171,1 \pm 29,6	146,8 \pm 26,8	0,08
P _{relLV2} (W.kg ⁻¹)	2,4 \pm 0,3	2,0 \pm 0,1	0,01 ^a
%R	94,5 \pm 1,4	91,6 \pm 2,3	0,00 ^a

^a diferença significativa (p<0,05).

O grupo competitivo apresentou maiores valores de VO₂max, CADmax, Pmax, Pmax_{rel}, VO_{2LV2}, P_{relLV2} e %R.

5. DISCUSSÃO

5.1 REPRODUTIBILIDADE DO PROTOCOLO CURTO EM *SLIDE BOARD*

O primeiro objetivo deste estudo foi avaliar a reprodutibilidade dos índices fisiológicos obtidos no protocolo incremental de patinação em *slide board*. Em geral, os índices de reprodutibilidade obtidos mostraram que o respectivo protocolo é consistente e altamente reprodutível. As variáveis VO_2 máx, FCmax, CADmax, CAD_{PDFC} e PSE_{PDFC} apresentaram boa reprodutibilidade, a partir dos critérios estatísticos ($ICC > 0,9$; $CV_{TEM} < 3,5\%$, Tabela 1). Estes índices foram melhores do que os encontrados por Deakin, Davie, Zhou (2011) para um protocolo com incrementos de cadência em ciclo ergômetro, para as mesmas variáveis ($ICC < 0,9$ e $CV_{TEM} > 3,5\%$). Muito poucos estudos investigaram a reprodutibilidade em testes de patinação. Ferguson, Marcotte e Montpetit (1969) foram os primeiros a propor e testar a reprodutibilidade relativa de um teste incremental máximo em pista de patinação no gelo, onde encontraram uma correlação de 0,94 entre o VO_2 max medido no teste e reteste. Faught et al. (2003) e Petrella (2005) investigaram a reprodutibilidade do mesmo protocolo em quadra para avaliar jogadores de hóquei no gelo, e encontraram um ICC de 0,76 e 0,80 para o VO_2 max, respectivamente.

Não foi encontrado na literatura valores de erro típico de medida para a análise de reprodutibilidade de testes com patinadores no gelo ou *inline*, tanto em pista, em esteira de patinação ou em *slide board*. O ETM é considerado a variável mais importante quando se considera a reprodutibilidade das medidas, porque ele afeta a precisão das estimativas de mudança na variável de um estudo experimental (HOPKINS, 2000). De um ponto de vista prático, Hopkins (2000) indicou que cerca de 1,5 a 2,0 vezes o erro típico poderia ser utilizado como um limite acima do qual qualquer mudança individual seria interpretada como "real" na sequência de uma intervenção. Por exemplo, considerando-se o valor de ETM encontrado para a CADmax de 1,2%, este limite de confiabilidade seria de cerca de 2,4%. A não ocorrência de um erro padrão tendencioso e a característica de distribuição homoscedástica dos dados mostra que não ocorreu efeito de aprendizagem ou de treinamento entre os dois testes.

As respostas do VO_2 durante o teste e reteste em *slide board* foram similares (figura 7), e mostraram um aumento linear com o

aumento da CAD. Os coeficientes de inclinação das retas individuais não mostraram diferenças significativas. Estes valores confirmam que o protocolo de patinação em *slide board* demonstra ser altamente reprodutível para medir os índices fisiológicos aeróbios de patinadores.

5.2 VALIDADE DO PROTOCOLO CURTO EM *SLIDE BOARD*

Com relação ao processo de validação do protocolo curto em *slide board* do presente estudo, optou-se por um utilizar um protocolo similar em cicloergômetro como teste concorrente. Apesar de não ser o mais adequado, o protocolo em cicloergômetro foi escolhido pela falta de condições para a realização de um protocolo mais específico como esteiras e pista de patinação, bem como pela falta de protocolos em pista de patinação já validados. Atualmente, a maioria dos patinadores é avaliada por meio de testes realizados em cicloergômetro (FOSTER et al., 2000). Os estudos existentes na literatura indicam que, apesar de existirem diferenças, os parâmetros fisiológicos durante atividade de ciclismo parecem ser mais próximos aos obtidos durante a patinação do que a corrida (SNYDER et al., 1993; MARTINEZ et al., 1993).

A fim de tornar o protocolo concorrente mais próximo possível do protocolo em *slide board*, foi utilizado um protocolo em cicloergômetro com incrementos de cadência, ao invés de incrementos na força aplicada no pedal, como é mais comumente utilizado. Os protocolos de ciclismo com incrementos na cadência mostram diferentes picos de potência do que protocolos com incrementos de carga, contudo, ambos conduzem a valores de VO_2 pico similares, o que remete a uma possível menor economia de pedalada durante os protocolos com incremento na cadência (DEAKIN; DAVIE; ZHOU, 2011). Na patinação não foi encontrado estudos que investigaram quais as diferenças entre os protocolos com incrementos na cadência versus protocolos com incrementos de carga, i.e, aumento da inclinação na esteira na patinação. Porém, devido as semelhanças existentes entre os dois modos de exercício, bem como estratégias e características similares das provas de ciclismo e de patinação, provavelmente a CADmax seria também superior em um protocolo de patinação com incrementos de carga.

Tanto nas competições de ciclismo quanto de patinação de velocidade, a cadência depende da distância da prova. Em provas de patinação de 500 e 5000 metros, o número de passos por minuto fica em

torno de 110 e 90 f.min⁻¹, respectivamente (GEIJSEL et al., 1984), enquanto que durante competições de ciclismo de curta distância (*sprint*) e de média distância do tipo contra relógio, a cadência preferida é de entre 100 e 120 rpm e 90-100 rpm, respectivamente (LUCÍA et al., 2001; ATKINSON et al., 2003). Desse modo, observa-se que a frequência de um ciclo completo de pedalada é aproximadamente o dobro da frequência de patinação, e que a análise comparativa das cadências máximas e submáximas de os protocolos podem ser realizadas em termos de frequência (f.min⁻¹).

Outro aspecto a ser considerado em relação ao delineamento do protocolo é o nível e a especificidade de treinamento dos participantes. Protocolos com estágios de duração mais longos, quando feito com pessoas destreinadas, podem comprometer os valores dos índices fisiológicos (BENTLEY; NEWELL; BISHOP; 2007). Por isso, no presente estudo, optou-se por aplicar o protocolo com incrementos de estágio de um minuto nos participantes do grupo 1, visto que metade deste grupo era composto por patinadores recreacionais. Um dos objetivos da validação do protocolo curto em *slide board* foi o de propor um método prático e não invasivos para avaliação de patinadores. Este protocolo promoveu um aumento gradual da FC, com características ideias para detecção do PDFC, como sugerido por Conconi et al. (1996) (ver Apêndice C). Apesar de apresentar críticas na literatura (VACHON; BASSETT; CLARKE, 1999; JONES; DOUST, 1995), a utilização do PDFC é sem dúvida um dos mais práticos e mais utilizados para avaliações periódicas de atletas de diferentes modalidades, como indicador do LTF2 (HOFMANN et al., 1994; CELLINI et al., 1999). Com relação aos métodos de detecção do PDFC, pode-se considerar que o método matemático Dmax pode ser utilizado e reproduzido por um maior número de pesquisadores e treinadores do que o método visual, visto que este último é altamente subjetivo, e dependente de avaliadores experientes. Por isso, neste trabalho optou-se por utilizar o PDFC, identificado pelo método matemático, para a identificação dos índices submáximos referentes ao LTF2.

Grande parte dos índices fisiológicos máximos e submáximos, investigados no presente estudo no protocolo curto em *slide board*, mostraram bons índices de validade (tabela 3). As comparações com o protocolo em cicloergometro mostraram que, dentre as variáveis analisadas, apenas o valor médio da [Lac]max foi significativamente maior e a PSE_{PDFC} menor durante o protocolo em *slide board*, e correlações classificadas como “muito altas” foram encontradas para as

variáveis FCmax, CADmax, CAD_{rel}max, CAD_{PDFC}, CAD_{relPDFC} e RER_{PDFC}, e é “quase perfeita” para as variáveis VO₂max e VO_{2PDFC}.

Com relação a [Lac]max, Krieg et al. (1996) não encontraram diferenças significativas nesses valores ao final de protocolos incrementais máximos em cicloergômetro e de patinação em pista. Apesar de não ser significativa, os autores encontraram [Lac]max foram mais elevadas ao final do protocolo em cicloergômetro ($11,5 \pm 1,6 \text{ mmol.l}^{-1}$ vs $10,0 \pm 1,5 \text{ mmol.l}^{-1}$, respectivamente). Foster et al. (1999) encontraram valores similares de [Lac]max ao final de um protocolo máximo de 4 minutos em cicloergômetro ($10,8 \pm 1,8 \text{ mmol.l}^{-1}$) e em dois protocolos máximos de patinação em pista nas posições alta ($10,9 \pm 1,8 \text{ mmol.l}^{-1}$) e baixa ($10,0 \pm 2,0 \text{ mmol.l}^{-1}$), também com 4 minutos de duração.

No presente estudo, a maior [Lac]max encontrada durante o protocolo em cicloergômetro pode estar relacionada à característica do incremento de cadência do protocolo em cicloergômetro. Tanto cadências relativamente altas ($> 90 \text{ rpm}$) quanto baixas ($< 60 \text{ rpm}$) de patinação estão relacionadas a um aumento no recrutamento de fibras tipo II, o que pode estar relacionado a uma maior [Lac] (AHLQUIST, et al. 1992; BARSTOW et al. 1996; SARGEANT, 1994; JOYNER; COYLE, 2008; DIMENNA et al., 2009). No presente estudo, o valor médio da CADmax atingida no protocolo em cicloergômetro foi de 127 rpm, o que está acima da cadência que é normalmente utilizada em protocolos com incrementos de carga em cicloergômetro, bem como acima da cadência preferida por ciclistas de elite (JOYNE; COYLE, 2008).

Outro fator que pode explicar as [Lac]max mais elevadas em cicloergômetro pode estar ligado a falta de adaptação com o movimento da pedalada pelos participantes do grupo 1, visto que nenhum deles relatou utilizar o ciclismo como treino complementar, mas apenas para passeios eventuais. Já nos estudos de Krieg et al. (1996) e Foster et al. (1999), os participantes eram patinadores de elite os quais tinham a prática de ciclismo incluída nos seus programas de treinamento. Isso afetaria as respostas do lactato sanguíneo ao final dos protocolos, considerando que a produção e a remoção do lactato sanguíneo é dependente do nível de treinamento (JONES, 2006) e do controle motor, ou seja, da coordenação no recrutamento de fibras com maior resistência a fadiga por pedalada, o que pode proporcionar o aumento da potência gerada e a conservação das unidades motoras geradoras de força (JOYNER; COYLE, 2008; HANSEN et al., 2002). Ainda, a menor [Lac]max pode estar relacionada à menor massa muscular ativa durante a

patinação quando comparado ao ciclismo e a corrida (FOSTER et al., 1999; RUNDELL, 1996).

Os valores de PSE_{max} em ambos os protocolos ficaram em torno de 17, valor este abaixo do preconizado como critério de obtenção do VO₂max sugerido por Howley, Bassett e Welch (1995). Este resultado pode estar relacionado à falta de experiência da maioria dos participantes com a escala de Borg. Já os valores de PSE_{PDFC} encontrados no protocolo em *slide board* ($15,6 \pm 1,4$) estão próximos ao nível de PSE associado ao PDFC em cicloergômetro, na escala de Borg de 20 pontos (HILL et al., 1987).

Wallick et al. (1995) investigaram a PSE durante um protocolo incremental de patinação *inline* em pista e um protocolo similar de corrida. Os autores não encontraram diferenças na relação PSE/VO₂ entre os dois testes, porém, em valores absolutos, a PSE foi maior no protocolo de corrida ($19,1 \pm 0,05$) do que no de patinação ($18,4 \pm 1,15$). Os autores justificam que estes resultados podem estar relacionados ao baixo coeficiente de atrito entre as rodas e os rolamentos dos patins *inline* modernos, o que não proporcionaria uma resistência suficiente para provocar uma demanda fisiológica máxima durante os protocolos sem aclives ou inclinação na esteira. Este problema poderia ser resolvido com o aumento da velocidade, porém, nos níveis máximos de esforço, torna-se tecnicamente mais difícil de patinar a ponto de atingir a capacidade máxima do sistema cardiovascular (HOFFMAN, 2001).

Contudo, ao contrário do encontrado por Wallick et al. (1995), no presente estudo a PSE_{max} entre os protocolos em cicloergômetro e *slide board* não foi diferente, enquanto que a PSE_{PDFC} foi maior em *slide board*. Este resultado pode estar relacionado às características específicas do movimento de patinação, pois a postura grupada e a posição de flexão constante do joelho adotada interferem no fluxo de sangue para a musculatura dos membros inferiores, o que resulta na maior solicitação energética anaeróbia (DE KONING; SHENAUD, 2000). A queda significativa nos níveis de oxigênio circulante, resultante do aumento da demanda pelo esforço realizado, pode ocasionar o aumento da pressão arterial e da fadiga muscular, reduzindo assim a tolerância na execução de exercícios submáximos (RUSSO; IAMONTI; JARDIM, 2012).

O acúmulo de metabólitos no músculo, a depleção de substratos ou limitações cardíaca e respiratórias geram um *feedback* aferente ao cérebro, que também resultam numa sensação aumentada de fadiga (NYBO; NIELSEN, 2001). De acordo com Denadai et al. (2005), em cicloergômetro, as respostas da PSE parecem ser afetadas em maior grau

pelo esforço periférico (estímulos musculares) do que pelo central (limitação cardiorespiratória). Durante a patinação, tanto fatores periféricos quanto centrais podem estar contribuindo na sensação de fadiga. Ainda, o problema relacionado ao baixo coeficiente de atrito dos rolamentos e das rodas não acontece no *slide board*, uma vez que a intensidade do esforço pode ser facilmente manipulada pelo aumento tanto do coeficiente de atrito entre os materiais (meia e prancha), quanto do comprimento do *slide board* (até 60% na variação do VO_2 , de acordo com Williford et al. 1995).

As altas correlações observadas entre os valores de VO_{2max} e de VO_{2PDFC} obtidas entre os protocolos em *slide board* e em cicloergometro no presente estudo ($r = 0,91$ e $r = 0,9$, respectivamente) indicam uma validade classificada por Hopkins (2008) como “muito alta” destes índices. Isto significa que as estas variáveis são adequadas para avaliar e comparar os efeitos de treinamento em um indivíduo. Outros autores como Leone et al. (2007), Kuisis (2003) e Petrella (2007) encontraram correlações inferiores de $r = 0,69$, $0,73$ e $0,76$ respectivamente, entre os valores de VO_{2max} atingidos durante protocolos de patinação específicos para avaliar jogadores de hóquei e durante um protocolo similar de corrida vai e vem. Nos demais estudos que compararam a patinação com o ciclismo (FOSTER et al., 1999; SNYDER et al., 1993, KRIEG et al., 1996), os autores não analisaram o grau de correlação entre as variáveis fisiológicas obtidas nos dois protocolos.

A distribuição dos valores das diferenças individuais entre as variáveis medidas nos dois protocolos versus a média desses valores apresentou um comportamento homocedástico, e sem um proporcional aumento ou decréscimo dos valores do viés (erro médio). Isto significa que não houve uma tendência na variação dos dados entre os dois testes (por exemplo, quanto maior o VO_2 médio do sujeito, menor a diferença entre os dois protocolos). Dessa forma, os limites de concordância foram calculados da maneira tradicional, ou seja, paralelos ao eixo das abscissas, representando o limite superior e inferior nos quais a variação intra-sujeito entre os dois protocolos está contida em 95% das vezes. Obviamente, quanto maior o valor absoluto da variável medida, maiores serão estes LC. No presente estudo, os LC sugerem que, em 95% dos casos, o VO_{2max} determinado no protocolo em *slide board* pode variar entre $-7,9 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ e $6,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ daquele obtido no protocolo em cicloergômetro, para a amostra específica deste estudo. Ou ainda, em termos gerais, este LC corresponderia a $\pm 14,7\%$ do valor médio do

VO_2max medido, o que corresponde a aproximadamente três vezes o ETM dessa variável.

Os resultados das análises de regressão do comportamento do VO_2 e FC relativas à máxima atingida, mostraram não haver diferenças significantes na inclinação das retas entre os protocolos em *slide board* e cicloergômetro (figuras 8 e 9). Isto indica que em uma determinada intensidade de exercício, houve uma carga metabólica similar durante ambos os protocolos.

5.3 VALIDADE DO PROTOCOLO LONGO EM *SLIDE BOARD*

A validade do protocolo longo em *slide board* foi testada comparando os índices máximos e submáximos com um protocolo concorrente em cicloergômetro com tempo de duração de estágio de três minutos em ciclo ergometro. Não foi encontrado na literatura um protocolo em ciclo ergometro com incrementos de cadência a cada três minutos, para poder ser utilizado como um protocolo concorrente mais similar ao protocolo longo em *slide board*. A reprodutibilidade do protocolo longo em *slide board* não foi testada no presente estudo, considerando o alto índice de reprodutibilidade encontrado no protocolo curto, bem como o estudo recente de Hoefelmann et al. (2014), que encontraram uma boa reprodutibilidade tanto para um protocolo do tipo rampa quanto do tipo degrau, com estágios de 3 minutos em cicloergômetro, para determinar índices aeróbios máximos e submáximos.

O protocolo longo em *slide board* proporcionou, para todos os atletas do grupo 2 (treinados), respostas de lactato sanguíneo adequadas para a detecção do OBLA por meio de métodos indiretos. O comportamento das [Lac] mostrou um aumento exponencial frente ao aumento da CAD, com no mínimo três valores formando uma linha de base, a partir do qual foi possível identificar as zonas de transição metabólica (ver apêndice C). Ainda, o protocolo atendeu aos critérios preconizados por Howley, Bassett e Welch (1995) para a obtenção do VO_2 máximo.

Os valores de RER_{OBLA} , $\text{VO}_{2\text{OBLA}}$, INT_{OBLA} , INT_{max} e VEmax não foram diferentes entre os protocolos longo em *slide board* e cicloergômetro, enquanto que as correlações foram significantes para a maioria das variáveis (12/19), com destaque para as variáveis Pmax ,

FC_{max}, FC_{OBLA} e VO_{2OBLA} que obtiveram valores de correlação acima de 0,8, considerado como “muito alta” (tabela 4).

Apesar magnitude do VO₂max de um atleta ser dependente da modalidade de exercício, bem como do nível de treinamento na modalidade (BASSETT; HOWLEY, 2000), os menores valores de VO₂max obtidos durante o protocolo longo em *slide board* no presente estudo contradizem estes pressupostos. Uma possível explicação para estes achados pode estar relacionada à menor massa muscular ativa, bem como a restrição do fluxo sanguíneo que ocorre nos membros inferiores durante a patinação quando comparado ao ciclismo e a corrida (FOSTER et al., 1999; RUNDELL, 1996). Estas condições dependem ainda da postura adotada durante a patinação, das características da pista e das habilidades motoras (KRIEG et al., 1996; CARROLL et al., 1993). Uma posição mais agachada do patinador provoca uma grande redução no VO₂max que consiste com a diminuição no fluxo sanguíneo, secundário as grandes forças intramusculares (FOSTER et al., 1999).

A grande magnitude da força intramuscular, associada à sustentação estática do peso do patinador durante a fase de deslize, também explicar os altos valores de FC encontrados durante o protocolo de patinação. O aumento da desproporcional na FC relativa ao VO₂ pode ser um mecanismo compensatório devido à diminuição do débito cardíaco, causado pela compressão das arteríolas. Tal fato é observado durante o treinamento de resistência ou atribuído à isquemia da musculatura ativa e ao aumento da pressão arterial sistêmica (O’LEARY, 1993). Ainda, Lewis et al. (1985) encontraram uma diminuição no débito cardíaco durante a contração isométrica do quadríceps quando comparada com contrações dinâmicas. Por isso, a sustentação estática do peso do patinador durante a fase de deslize pode também explicar o aumento da FC para combater a consequente diminuição do volume de ejeção.

Foster et al. (1999), Kandou et al. (1987) e Snyder et al. (1993) encontraram menores valores de VEmax durante a patinação quando comparado com cicloergômetro. Krieg et al. (1996), Foster et al. (1999), Snyder et al. (1993) e Kandou et al. (1987) relataram menores valores de RERmax na patinação. Alguns desses autores sugerem que uma possível explicação aos altos valores de VE durante o exercício em cicloergômetro estaria associada aos altos valores de VO₂max e a alta acidose, assumindo um RER maior no cicloergômetro. No presente estudo, não houve diferença na VE entre os protocolos longos em *slide board* e cicloergômetro. Já o RER foi maior no protocolo de patinação, ao contrário dos resultados encontrados pelos autores acima

mencionados. Ainda, a [Lac]max foi menor durante a patinação em *slide board*, o que poderia remeter a uma menor acidose sistêmica e um menor RER. As características incrementais máximas do protocolo utilizado neste estudo podem estar relacionadas à divergência nos resultados, visto que os demais autores utilizaram protocolos com cargas fixas. Com relação à VE, os menores valores encontrados na literatura podem estar relacionados ao comprometimento da mecânica da ventilação durante a patinação devido à posição adotada (DE BOER et al., 1987), assim como ocorre durante o exercício de remo (CUNNINGHAM; GOODE; CRITZ, 1975).

A potência gerada durante a patinação é inferior à gerada durante o ciclismo, e é diretamente proporcional a frequência de passadas realizada (GEIJSEL et al., 1984). A diferença entre a potência fica em torno de 10% acima da diferença encontrada no VO_2max entre as duas modalidades, e a quantidade de trabalho realizado por litro de oxigênio também é superior durante o ciclismo (SCHENAU et al., 1983). Ao contrário do ciclismo, o trabalho gerado durante a patinação é principalmente alcançado pelo deslocamento lateral do centro de gravidade do corpo em relação aos patins, durante um período curto de aplicação de força, que ocorre ao final da fase de deslize. De acordo com Geijsel et al. (1984), a dificuldade de realizar o movimento de forma rápida, com o possível envolvimento de músculos antagonistas e posturais, pode causar uma menor produção de potência durante a patinação, quando comparado com o ciclismo.

Os valores de potência na patinação encontrados por Geijsel et al. (1984), Schenau et al. (1983) e Leirdal et al. (2006), não podem ser comparados aos valores encontrados no presente estudo, devido a diferença entre os protocolos. Estes autores investigaram a potência em atletas de elite, durante testes do tipo *all out*, com duração entre 30" e 2'30" e cadências em torno de 90 ppm, o que resulta em uma potência maior devido ao aumento da cadência. Houdijk et al. (2000) encontraram valores de $203,3 \pm 14\text{W}$ produzido por cada passo durante um protocolo máximo de 1600 metros em pista, e $183,5 \pm 23,1\text{W}$ em intensidade submáxima na mesma distância. Zuiker (2014) investigou a potência gerada durante a patinação em uma intensidade submáxima em atletas júnior treinados, com média de massa corporal e idade de $71,6 \pm 6,7\text{ kg}$ e $19,4 \pm 1,5$ anos, características estas similares ao grupo 2 investigado neste estudo. O autor encontrou valores de potência, aplicada em uma distância limitada de dois metros (meia pista) na direção lateral, de $2,3 \pm 0,3\text{ Wkg}^{-1}$, que ficam bem próximos ao estimado no *slide board* ($2,4 \pm 0,09\text{ Wkg}^{-1}$). Contudo, como citado

anteriormente, o cálculo da potência externa total na patinação deve ser realizado também nas direções ântero posterior e vertical. O cálculo aqui realizado incluiu apenas a direção lateral, que é o mais importante para produção de potência.

Os índices submáximos foram também diferentes entre os protocolos em cicloergômetro e *slide board*, com excessão do VO_2 e do RER. Snyder et al. (1996) também não encontraram diferenças no VO_2 na intensidade submáxima, relativa à concentração fixa de 4mmol.l^{-1} , durante a patinação *inline* e o ciclismo, enquanto que a FC foi maior na patinação nesta intensidade. Krieg et al. (1996) encontraram maior VO_2 e RER, associados a concentração fixa de 4mmol.l^{-1} , durante um protocolo incremental intermitente em pista de patinação no gelo. A utilização das variáveis relacionadas a uma concentração fixa, bem como as longas pausas (1 min) entre os estágios no estudo de Krieg et al. (1996), podem explicar essas diferenças, visto que as [Lac] podem ser inferiores devido às interrupções do exercício, e assim alterar a relação entre [Lac] e VO_2 .

Além das diferenças no tipo de incremento de carga e do modo de exercício, as diferenças encontradas nos índices submáximos podem também estar relacionadas às pausas entre os estágios no protocolo em *slide board*. O protocolo de ciclismo foi conduzido de modo contínuo, enquanto que o protocolo em *slide board* foi interrompido para a coleta de lactato. As pequenas pausas podem causar diminuição do VO_2 , da velocidade e da [Lac] associados ao OBLA (WELTMAN et al. 1990, GREEN, 1978). Alguns estudos têm mostrado que a intensidade da MLSS na corrida e no ciclismo é de 6,5 a 14% maior no protocolo intermitente que no contínuo (DE LUCAS; DENADAI; GRECO, 2009), e que esta intensidade também é influenciada pela duração do intervalo de recuperação, na qual, quanto maior o tempo de recuperação entre cada estímulo, maior será a intensidade referente à MLSS (BENEKE et al., 2003).

As altas correlações e a não diferença na inclinação das retas de regressão entre as variáveis (figuras 10, 11 e 12), mostram uma resposta fisiológica similar entre os dois protocolos, apontando para a validade do protocolo em *slide board* em mensurar de maneira adequada as estas respostas. Apesar disso, os valores absolutos máximos e submáximos das variáveis mostraram ser diferente, o que inviabiliza o uso do protocolo em cicloergômetro para avaliação de índices aeróbios de patinadores, como já colocado por outros autores. Os maiores valores de FC implicam que a utilização deste índice, quando advindo de testes em cicloergômetro, ou baseados nas zonas de intensidades tipicamente

utilizadas para prescrição do treinamento, pode subestimar o estímulo ideal para o treino aeróbio na patinação. A não diferença no VO_{2OBLA} não implica necessariamente na validade dos testes em cicloergômetro para prescrição do exercício na patinação.

5.4 COMPARAÇÃO ENTRE OS PROTOCOLOS CURTO E LONGO EM *SLIDE BOARD*

De maneira geral, o protocolo curto promoveu índices máximos e submáximos similares aqueles durante o protocolo longo, quando o mesmo modo de exercício foi comparado. A CAD_{max} , o VO_{2LV2} e a CAD_{LV2} foram maiores no protocolo curto, enquanto que a FC_{max} foi menor (tabela 5). As correlações entre os protocolos foram altas para a maioria das variáveis máximas, enquanto que para os valores submáximos, apenas a FC_{LV2} e P_{PDFC} mostraram correlação significativa. Não foram encontrados estudos comparando protocolos de um minuto e três minutos com patinação na literatura, apenas comparando protocolo de patinação contínuo vs. descontínuo.

Os estudos na literatura são consistentes com os resultados deste estudo, mostrando não haver diferença no VO_{2max} obtido em testes incrementais com diferente duração de estágio. Pierce et al. (1999) compararam quatro testes incrementais em remo ergômetro, com durações de estágio de 60 segundos, 3, 4 ou 5 minutos, e não encontraram diferenças no VO_{2max} entre 60, 3 e 4 min, enquanto a RER foi maior no protocolo de 60 segundos. Demais autores também não encontraram diferenças no VO_{2max} em protocolos com 60 segundos, três ou cinco minutos de duração de estágio (MCNAUGHTON et al., 2005, BISHOP et al., 1998).

A taxa de trabalho ou a potência máxima gerada é geralmente maior quando a duração dos estágios são menores, devido ao rápido incremento de carga (MCNAUGHTON et al., 2005; BENTLEY; MCNAUGHTON, 2003). No presente estudo, a CAD_{max} foi maior durante o protocolo curto em *slide board*, o que implica em uma maior P_{max} . De acordo com Bentley, Newell e Bishop (2007), não se tem esclarecido as consequências em se realizar testes com diferentes características e nem a validade de utilizar estes protocolos para monitorar os efeitos do treinamento. Porém, tem sido demonstrado que a P_{max} é mais sensível as mudanças causadas pelo treinamento, quando obtidas em protocolos com estágios mais longos (2,5 minutos) em comparação com estágio de 60 segundos (LUCIA et al., 2000).

Apesar do maior valor de CAD_{max}, a FC_{max} obtida no protocolo curto em *slide board* foi menor do que a encontrada no protocolo longo em *slide board*, apontando para uma maior solitação do sistema cardiorrespiratório durante o protocolo longo. Outros autores também encontraram resultados semelhantes, indicando que os protocolos com estágios longos podem provocar fadiga prematura e afetar na resposta da FC, devido ao aumento da carga termorregulatória, hipertermia, aumento do fluxo sanguíneo e a utilização de diferentes tipos de substratos (BISHOP; JENKINS; MACKINNON, 1998; ROFFEY; BYRNE; HILLS, 2007). As diferenças nos valores de FC_{max} e CAD_{max} obtidos nos protocolos em *slide board* com diferentes estágios de duração sugerem que o protocolo utilizado pode afetar nas intensidades de prescrição do treinamento.

Com relação a intensidade submáxima, Bentley e McNaughton (2003) demonstraram que a carga correspondente ao LV2 foi maior quando medida em testes incrementais no ciclismo com estágios de 60 segundos comparado com estágios de três minutos. Porém, outros estudos não encontraram diferenças no LV2 em testes com estágios de 60 segundos e três minutos de duração (AMANN; SUBUDHI; FOSTER, 2004), ou com incrementos rápidos ou lentos em sujeitos treinados (WESTON et al., 2002). Contudo, nestes estudos, a magnitude do incremento de carga foi diferente, o que mostra inconsistência na manipulação de protocolo de testes e medida do LV2. No presente estudo, o incremento de carga foi o mesmo em ambos os protocolos, o que exclui a influência desta variável nos resultados encontrados, e os resultados corroboram os encontrados por Bentley e McNaughton (2003), indicando que a CAD_{LV2} é maior quando obtida por meio do protocolo curto em *slide board*.

Além de outros fatores advindos das especificidades do protocolo utilizado, a postura adotada pelos patinadores pode estar associada às diferenças encontradas. De acordo com de Foster et al., (1999), uma pequena diferença de 5 graus na angulação do joelho parece causar mudanças significativas no VO₂. Devido ao maior tempo de duração do protocolo longo, os atletas mantiveram uma postura mais vertical durante as cargas iniciais, evitando assim a fadiga periférica precoce bem como dores na coluna lombar que pudessem impedir que os mesmos atingissem o esforço máximo. Isto pode ter contribuído para o menor VO_{2VL2} encontrado durante o protocolo longo em *slide board*, sem alterações no VO_{2max}.

Os vieses das variáveis bem como os LC entre os protocolos curto e longo em *slide board* foram baixos, quando comparados aos

encontrados entre os protocolos em *slide board* e em cicloergômetro. Os resultados mostram que houve uma boa concordância entre os dois protocolos em *slide board* propostos, resultados estes melhores do que os encontrados na comparação com o protocolo em cicloergômetro, mostrando a importância da especificidade do movimento para a avaliação dos índices fisiológicos. Apesar da boa concordância entre os protocolos curto e longo em *slide board*, para a detecção do OBLA de modo invasivo, bem como para a avaliação de sujeitos treinados e para a prescrição do exercício em *slide board* baseada na CADmax, sugere-se que o protocolo longo em *slide board* seja utilizado. De acordo com Bentley, Newell e Bishop (2007), a prescrição de treinamento com base nos valores pico advindos de testes incrementais com curta duração de estágio podem inflar as cargas submáximas de trabalho, expressas em percentuais dos valores máximos. Ainda, um teste com estágios acima de três minutos de duração pode desafiar o atleta a um maior tempo de realização do esforço, e pode ser mais sensível as mudanças na performance bem como mais preciso para prescrição das intensidades de treinamento para provas de endurance.

5.5 CONTRIBUIÇÕES DAS DIFERENTES VARIÁVEIS SOBRE O VO₂max E CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS

A CADmax explicou 50% do valor do VO₂max alcançado durante o protocolo curto em *slide board* (n = 20). As demais variáveis independentes incluídas na análise de regressão múltipla não mostraram influenciar significativamente no VO₂max. Williford et al. (1995) encontraram que CAD e o comprimento do *slide board* contribuíram juntos com 60% na variação do VO₂, enquanto que o peso corporal contribuiu com 13% e o comprimento de perna com 1%. Utilizando a equação de previsão do VO₂ proposta por estes autores, os valores de VO₂max previstos foram significativamente menores do que os valores reais encontrados no protocolo curto em *slide board*. Este resultado pode estar relacionado às diferenças no tamanho dos *slide boards*, ao tipo de protocolo e ao nível de condicionamento dos participantes entre estudos.

A tabela 7 mostra também que houve correlações fortes entre os valores de VO₂max, tanto valores absolutos quanto relativos a massa corporal, e a CADmax. Esta relação pode ser esclarecida pelas alterações do tipo de fibra muscular recrutada que ocorrem com o incremento da

CAD, afetando a resposta do VO_2 durante o exercício (BARSTOW et al. 1996). Este resultado sugere que a CADmax obtida durante o teste incremental em *slide board* pode representar um índice indireto para detectar o nível de treinamento do atleta e para prescrever treinos intervalados individualizados, sem que seja necessário a análise de trocas gasosas.

O CMI não mostrou influenciar os valores de CAD durante os protocolos curto e longo em *slide board*. Porém, a variabilidade desse índice foi baixo (DP = $\pm 4,2$ para o grupo 1 e $\pm 3,5$ para o grupo 2), e futuros estudos devem ser feitos para investigar melhor a relação entre estas variáveis para grupos mais heterogêneos. Caso uma correlação positiva fosse encontrada entre os valores de CMI e CADmax, um ajuste individual no tamanho do *slide board* seria necessário para que os valores de CADmax e, conseqüentemente de VO_{2max} , fossem adequadamente mensurados. Ou ainda, um ajuste alométrico poderia corrigir os valores de CAD e VO_2 posteriormente a sua obtenção por meio um protocolo em *slide board* com um tamanho fixo, em função do CMI de cada patinador. Nenhum estudo investigou a influência do tamanho da prancha nos valores de CAD, e apenas o estudo de Williford et al. (1995) investigou a influência do tamanho da prancha nos valores de VO_2 . Porém, estes autores investigaram apenas dois tamanhos de *slide board* (152,4 e 182,9 cm), e a amostra foi bastante homogênea considerando o pequeno desvio padrão do CMI ($\pm 3,8$ cm).

Considerando que a CADmax mostrou estar relacionada ao VO_{2max} no protocolo em *slide board*, esta variável pode vir a ser também um limitador da obtenção do VO_{2max} em sujeitos altamente treinados. Apesar de não haver estudos comprovando esta hipótese, Hoffman (2001) sugere que o baixo coeficiente de atrito entre as rodas e os rolamentos dos patins *inline* modernos não proporciona uma resistência suficiente para provocar uma demanda fisiológica máxima durante os protocolos sem ganhos de inclinação. Além dos efeitos no VO_{2max} , Geijsel et al. (1984) sugere que a dificuldade de realizar o movimento de patinação de forma rápida, devido ao possível envolvimento de músculos antagonistas e posturais, pode causar uma menor produção de potência durante a patinação. Este problema não foi encontrado nos resultados do presente estudo, pois a maioria dos critérios para obtenção do VO_{2max} foram atingidos. Porém, a dificuldade de manter cadências elevadas ao final do protocolo em *slide board* e ao final do protocolo com incrementos de cadência em cicloergômetro foi relatada por alguns dos participantes. Portanto, parece que o delineamento dos protocolos propostos, bem como o tamanho e o

μ_c do *slide board* utilizado foi ideal para a obtenção das variáveis máximas sem ter a influência de fatores individuais como o nível e a especificidade do treinamento.

A capacidade de exercer potência muscular está ligada à habilidade de contrair os músculos biarticulares o mais rápido possível, incluindo fatores internos como a propriedades viscoelásticas musculares ou a coordenação intra-articular necessária para o aproveitamento efetivo da energia elástica armazenada (SCHENAU; BOBBERT; VAN SOEST, 1990; LIEBERMANN; MAITLAND; KATZ, 2002). De acordo com Kanehisa et al. (1996), os patinadores de velocidade demonstram ter um alto desempenho em executar contrações dinâmicas rápidas dos extensores do joelho, ao contrário de uma única contração máxima, utilizando o modo isocinético. Durante a fase de propulsão, a sincronização na extensão do quadril e joelho garante maiores forças de propulsão na patinação de velocidade (KANEHISA et al., 1996). Por isso, é importante que o treinamento para patinadores inclua movimentos rápidos e explosivos dos membros inferiores, como saltos verticais e laterais, ou ainda de maneira mais específica utilizando altas cadências no *slide board*.

O R% mostrou estar correlacionado com VO_{2max} e com a CADmax alcançados durante o protocolo curto em *slide board* ($n = 20$). É sabido na literatura que, em modalidades de endurance, o ritmo ou “pace” parece influenciar na performance. A manutenção de um determinado pacing resulta na redução do trabalho anaeróbio ineficiente e em um melhor ajuste do esforço requisitado para o tipo específico de prova, ou seja, um estado fisiológico estável (ARIYOSHI; YAMAJI; SHEPHARD, 1979). Ainda, a adoção de diferentes estratégias de pacing possibilita controlar mudanças nos sistemas energéticos requisitados, bem como otimizar a distribuição da velocidade ao longo da prova de maneira consciente (GIBSON et al., 2006). Por exemplo, em provas de patinação, para obter um melhor tempo de prova é importante aumentar a velocidade o máximo possível nos momentos finais da prova, e não no início, nem manter uma determinada velocidade constante (MUEHLBAUER; SCHINDLER; PANZER, 2010). O %R mostrou uma correlação ainda mais forte com o VO_{2max} absoluto durante o protocolo longo em *slide board* (tabela 8), provavelmente pelo maior tempo de duração do teste e maior envolvimento do componente aeróbio.

5.6 VALIDADE DE CONSTRUTO DO PROTOCOLO CURTO EM *SLIDE BOARD*

A fim de investigar a validade dos construtos (ou índices relacionados a performance aeróbia) obtidos pelo teste curto em *slide board*, os atletas foram classificados como sendo competitivos ou recreacionais de acordo com o volume de treinamento semanal realizado. A tabela 9 mostra que o grupo competitivo apresentou maiores valores de $VO_2\text{max}$, $CAD\text{max}$, $P\text{max}$, $P\text{max}_{\text{rel}}$, VO_{2LV2} , $P_{\text{rel}LV2}$ e %R. Os valores de $VO_2\text{max}$ para os grupos competitivos ($49,6 \pm 5,2$) e recreacionais ($41,8 \pm 2,9$) estão de acordo com o relatado na literatura. Melanson, Freedson e Jungbluth (1996) encontraram um VO_2 de $42,0 \pm 2,0 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ em patinadores *inline* não treinados, em intensidade submáxima relativa à intensidade de trabalho aeróbio, auto determinada pelos participantes. Millet et al. (2003) encontraram valores de VO_2 de $46,5 \pm 5,4 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ em patinadores não treinados, durante um protocolo de 5 minutos de patinação *inline* em pista, a uma velocidade de $6,98 \pm 0,69 \text{ m.s}^{-1}$. Schenau et al. (1983) encontraram um $VO_2\text{max}$ de $53,3 \pm 8,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ durante um protocolo de 2000m em pista de gelo.

Os resultados prévios do presente estudo mostraram que a $CAD\text{max}$ e o $VO_2\text{max}$ estão diretamente relacionados no protocolo curto em *slide board*, enquanto que a $P\text{max}$ também parece estar relacionada aos valores de $CAD\text{max}$. Além disso, estudos tem mostrado uma relação linear entre a potência mecânica e potência metabólica encontrada durante a patinação (DI PRAMPERO et al., 1976). Por isso, devido à relação existente entre estas variáveis, maiores valores das mesmas já eram esperados para o grupo competitivo. Os maiores valores de %R no grupo competitivo confirmam sua correlação com o $VO_2\text{max}$ encontrada, e apontam que quanto maior este índice, melhor a performance no teste, conforme discutido nos tópicos anteriores.

A CAD_{LV2} foi maior no grupo competitivo, apesar do resultado não ter sido estatisticamente significativo. A intensidade no OBLA representa um importante índice para discriminar a performance em esportes de endurance (DENADAI, 1999). Contudo, os valores relativos ao OBLA encontrados neste estudo provavelmente não mostraram diferenças entre os grupos devido aos diferentes tipos de provas realizadas pelos atletas competitivos. Cinco deste atletas competiam e treinavam para provas curtas de até 1500 metros, o que não implica necessariamente no treinamento de variáveis aeróbias submáximas. Futuros estudos devem ser feitos com diferentes grupos de atletas, que

treinem para provas de longa e de curta distância, a fim de investigar a validade do protocolo em *slide board* para determinar os construtos fisiológicos submáximos. Ainda, a eficiência na patinação em *slide board* deve também ser determinada em estudos posteriores, pois este índice avalia tanto os fatores fisiológicos quanto técnicos do movimento de patinação (NORDHOF, 2013).

Os resultados apontam que o protocolo curto em *slide board* é capaz de discriminar os construtos fisiológicos aeróbios máximos relacionados à performance entre os grupos competitivos e recreacionais. É importante salientar que, para indivíduos altamente treinados, os protocolos longos (> 3 min) são recomendados, sendo que a validade de construto do protocolo longo em *slide board* ainda deve ser investigada.

6. CONCLUSÕES

Considerando cada um dos objetivos específicos deste estudo, bem como delimitações e limitações, conclui-se que:

- a. O protocolo curto em *slide board* mostrou ser altamente reprodutível e confiável para medir os índices fisiológicos aeróbios máximos e submáximos de patinadores;
- b. O protocolo curto em *slide board* mostrou ser válido para mensurar os índices aeróbios máximos e submáximos de patinadores. Esses índices não foram diferentes aos encontrados em um protocolo similar em cicloergômetro com incrementos de cadência. Por isso, recomenda-se a utilização do teste de patinação em *slide board* acima de outros testes que envolvam diferentes modos de exercícios para avaliação da capacidade aeróbia de patinadores.
- c. O protocolo longo em *slide board* promoveu respostas fisiológicas adequadas e altamente correlacionadas àquelas encontradas durante o protocolo concorrente em cicloergômetro com cadência fixa e incrementos na força aplicada. Porém, os valores absolutos foram diferentes, o que confirma a especificidade do movimento de patinação.
- d. A concordância entre as variáveis obtidas nos protocolos curto e longo em *slide board* propostos foi melhor do que as encontradas durante os protocolos em cicloergômetro, indicando a importância da especificidade do movimento adotado em protocolos para avaliação de índices fisiológicos. Ainda, a carga metabólica foi maior durante o teste longo, e por isso, este é recomendado para avaliação de patinadores altamente treinados.
- e. A alta relação existente entre a CAD_{max} e VO₂max sugere que a CAD_{max} obtida no teste incremental curto em *slide board* pode representar um índice indireto e prático para avaliação e controle do treinamento de patinadores. O %R mostrou estar fortemente correlacionado ao desempenho nos protocolos em *slide board*, mostrando a importância deste índice para a patinação.
- f. O protocolo curto em *slide board* mostrou ser capaz de discriminar os contrutos fisiológicos aeróbios máximos entre os grupos de patinadores competitivos e recreacionais. Por isso, este teste é considerado sensível e válido para ser realizado com patinadores com diferentes níveis de condicionamento físico.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das conclusões apresentadas, considera-se que o *slide board* pode ser usado como ferramenta precisa, acessível e prática de avaliação de patinadores. A utilização de índices advindos de testes em cicloergômetro, ou baseados nas zonas de intensidades, tipicamente utilizadas para prescrição do treinamento, pode subestimar o estímulo ideal para o treino aeróbio na patinação. O uso dos índices indiretos advindos do protocolo curto em *slide board*, i.e PDFC e CADmax, para avaliação do treinamento, proporciona uma aplicação prática e menos dispendiosa para técnicos que necessitam que um grande número de atletas seja monitorado e avaliado durante o período de treinamento. Devido a sua semelhança ao movimento de patinação, e por provocar respostas fisiológicas similares, o *slide board* pode também ser utilizado para o treinamento técnico e para o condicionamento físico de patinadores. Indivíduos altamente treinados requerem altos estímulos de treino para produzir efeitos significativos. O treino em *slide board* possibilita a realização de treino intervalado, e a intensidade pode ser facilmente manipulada e controlada por meio do aumento da cadência ou do atrito entre a meia e a superfície da prancha.

Contudo, devido ao ineditismo dos testes incrementais em *slide board*, maiores investigações são necessárias a fim de confirmar: a validade de critério dos protocolos, com a utilização de um protocolo concorrente mais específico, i.e em esteira ou pista de patinação; a validade convergente, por meio da determinação direta da MLSS em *slide board* como padrão ouro deste índice; e a sensibilidade dos testes em detectar mudanças ocasionadas pelo treinamento. Demais investigações são também necessárias para compreender melhor os efeitos das variáveis independentes nos resultados do teste, como a postura, o comprimento e o atrito da prancha e o CMI dos sujeitos. Além disso, estudos com economia de patinação e sobre os mecanismos de fadiga em *slide board* são inesistêntes na literatura e necessitam ser realizados.

8. REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, B.R.; PAVAN, A.L. Alturas e Comprimentos. In: PETROSKI, E. (ed). *Antropometria: técnicas e padronizações*. 4 ed. Porto Alegre: Palotti, 2009. p. 31-44.
- AMANN, M.; SUBUDHI, A.; FOSTER, C. Influence of testing protocol on ventilatory thresholds and cycling performance. **Medicine and Science in Sports and Exercises**, v. 36, p. 613-622, 2004.
- AHLQUIST, L. E., R.; BASSETT, R.; SUFIT, F. J.; NAGLE, THOMAS, D. P. The effect of pedalling frequency on glycogen depletion rates in type I and type II quadriceps muscle fibers during submaximal cycling exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 65, p. 360-364, 1992.
- ARIYOSHI, M.; YAMAJI, K.; SHEPHARD, R. J. Influence of running pace upon performance: effects upon treadmill endurance time and oxygen cost. **European Journal of Applied Occupational Physiology**, v. 41, n. 2, p. 83-91, 1979.
- ATKINSON, G. et al. Science and cycling: current knowledge and future directions for research. **Journal of Sports Science**, v. 21, n. 9, p. 767-787, 2003.
- ATKINSON, G.; NEVILL, A. M. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. **Sports Medicine**, v. 26, n. 4, p. 217-238, 1998.
- BALDARI, C.; GUIDETTI, L. A simple method for individual anaerobic threshold as a predictor of max lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, p. 1798-1802, 2000.
- BARSTOW, T. J. et al. Influence of muscle fiber type and pedal frequency on oxygen uptake kinetics of heavy exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 81, n. 4, p. 1642-1650, 1996.
- BASSETT, D. R.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 32, n. 1, p. 70-84, 2000.

BAUM, K. et al. Comparison between the physiological response to roller skiing and in-line skating in biathletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 31, n. 4, p. 595-598, 1999.

BEAVER, W.L.; WASSERMAN, K.; WHIPP, B. A new method for detecting anaerobic by gas exchange. **Journal of Applied Physiology**, v. 60, p. 2020-2027, 1986.

BENEDETTI, T. R. B.; PINHO, R. A.; RAMOS, V. M. In: PETROSKI, E. L. (ed). *Antropometria: técnicas e padronizações*. 4. ed. Porto Alegre: Pallotti, 2009. p. 47-58.

BENEKE, R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and máxima l lactate steady-state in rowing. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 27, n. 6, p. 863- 867, 1995.

BENEKE, R. Dependence of the máxima l lactate steady state on the motor pattern of exercise. **British Journal of Sports Medicine**, v. 35, n. 3, p. 192-196, 2001.

BENEKE, R. Máxima l lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. **European Journal of Applied Physiology**, v. 88, p. 361-369, 2003.

BENTLEY, D. J.; MCNAUGHTON, L. R. Comparison of W_{peak}, VO_{2peak} and the ventilation threshold from two different incremental exercise tests: relationship to endurance performance. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.6, n. 4, p. 422-435, 2003.

BENTLEY, D. J.; MCNAUGHTON, L. R.; BATTERHAM, A. M. Prolonged stage duration during incremental cycle exercise: effects on the lactate threshold and onset of blood lactate accumulation. **European Journal of Applied Physiology**, v.85, p. 351-357, 2001.

BENTLEY, D. J.; NEWELL, J.; BISHOP, D. Incremental Exercise Test Design and Analysis. **Sports Medicine**, v. 37, n. 7, p. 575-586, 2007.

BERG, A. et al. Aktuelle Aspekte der modernen ergometrie. **Pneumologie**, v. 44, p. 2-13, 1990.

- BILLAT, V. L. et al. Interval training at VO_2 max: effects on aerobic performance and overtraining markers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.31, n. 1, p.156- 163, 1999.
- BILLAT, V. L. et al. The concept of máxima l lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. **Sports Medicine**, v. 33, p. 407-426, 2003.
- BISHOP, D.; JENKINS, D. G.; MACKINNON, L. T. The effect of stage duration on the calculation of peak VO_2 during cycle ergometry. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 1, p. 171-178, 1998.
- BISHOP, D.; JENKINS, D. G.; MACKINNON, L.T. The relationship between plasma lactate parameters, W_{peak} and 1-h cycling performance in women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.30, p.1270-1275, 1998.
- BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **The Lancet**, p. 307-310, 1986.
- BODNER, M. E., RHODES, E.C., MARTIN, A. D., COUTTS, K. D. The relationship of the heart rate deflection point to the ventilatory threshold in trained cyclists. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.16, n.4, p. 573-580, 2002.
- BORG, B. **Escalas de Borg para a Dor e o Esforço Percebido**. São Paulo: Manole, 2000.
- BOSQUET, L.; LÉGER, L.; LEGROS, P. Methods to determine aerobic endurance. **Sports Medicine**, v. 32, n. 11, p. 675-700, 2002.
- BOURGOIS, J.; VRIJENS, J. The Conconi test: a controversial concept for the determination of the anaerobic threshold in young rowers. **International Journal of Sports Medicine**, v.19, p.553-559,1998.
- BOURGOIS, J.et al. Validity of heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold concepts during cycling. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.18, n.3, 498-503, 2004.

BOWER, M. E. et al. Relationship between off-ice testing variables and on-ice speed in women's collegiate synchronized figure skaters: implications for training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 3, p. 831–839, 2010.

CAPUTO, F. et al. Exercício aeróbio: Aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Florianópolis, v. 11, n. 1, p. 94-102, 2009.

CARROLL, T. R. et al. Metabolic cost of ice and inline skating in Division I collegiate ice hockey players. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 18, n. 3, p. 255-62, 1993.

CARTWRIGHT, S. A. **The effect of surface, wheel, and bearing type on the physiological response of inline skating**. 1994. Dissertação - Faculty of Education, McGill University, Montreal, 1994.

CHENG, B., et al. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. **International Journal of Sports Medicine**, v.13, n.7, p. 518-22, 1992.

CONCONI, F. et al. The Conconi test: methodology after 12 years of application. **International Journal of Sports Medicine**, v. 17, p. 509-519, 1996.

CONCONI, F. et al. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. **Journal of Applied Physiology**, v. 152, n. 4, p. 869-873, 1982.

COYLE, E. F. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. In: HOLLOSZY, J. O. (ed). **Exercise and Sport Sciences Reviews**. Baltimore, Williams & Wilkins, p. 25-63, 1995.

CUNNINGHAM, D. A.; GOODE, P. B.; CRITZ, J. B. Cardiorespiratory response to exercise on a rowing and bicycle ergometer. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 7, n. 37, 1975.

DE BOER, R. W. et al. Moments of force, power, and muscle coordination in speed-skating. **International Journal of Sports Medicine**, v. 8, n. 6, p. 371-8, 1987.

DE KONING, J. J.; SCHENAU, V. I. G. J. Performance-Determining Factors in Speed Skating. In: ZATSIORSKY, V. (Ed). **Biomechanics in sport performance enhancement and injury prevention**. Blackwell Publishing John Wiley & Sons, 2000, p. 242-250.

DE LUCAS, R. D.; DENADAI, B.S; GRECO, C. C. Respostas fisiológicas durante o exercício contínuo e intermitente : implicações para a avaliação e a prescrição do treinamento aeróbio. **Motriz**, v.15 n.4 p.810-820, 2009.

DE SOUZA, K. M.; GROSSL, T.; JUNIOR, R. J. B.; DE LUCAS, R. D.; COSTA, V. P. GUGLIELMO, L. G. A. Máximo estado estável de lactato estimado por diferentes métodos de determinação do limiar anaeróbio. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 14, n.3, p. 264-275, 2012.

DEAKIN, G. B.; DAVIE, A. J.; ZHOU, S. Reliability and validity of an incremental cadence cycle VO₂max testing protocol for trained cyclists. **Journal of Exercise Science and Fitness**, v. 9, p. 31–39, 2011.

DENADAI, B. S. **Índices Fisiológicos de Avaliação Aeróbia: Conceitos e Aplicações**. Ribeirão Preto: BSD, 1999.

DENADAI, B. S. Limiar anaeróbio: considerações fisiológicas e metodológicas. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v. 1, n. 2, p. 74-88, 1995.

DE-OLIVEIRA, F. R. **Predição dos Limiares de Lactato e Ajustes de Frequência Cardíaca no Teste de Léger - Boucher**. 2004. Tese (Doutorado em Atividade Física e Esporte) -Universidade do País Basco, San Sebastián, 2004.

DI PRAMPERO, P. E. et al. Energy cost of speed skating and efficiency of work against air resistance. **Journal of Applied Physiology**, v. 40, n. 4, p. 584-591, 1976.

- DIENER, M. The art, science, and business of the slide. **Fitness Management**, v. 10, n. 5, p. 26-30, 1994.
- DIMENNA, F. J.; WILKERSON, D. P.; BURNLEY, M.; BAILEY, S. J.; JONES, A. M. Influence of priming exercise on pulmonary O₂ uptake kinetics during transitions to high-intensity exercise at extreme pedal rates. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, p. 432-42, 2009.
- DREGER, R.W. Using skate-treadmills to train hockey players for speed. **Strength and Conditioning**, v. 19, n. 6, p. 33-35, 1997.
- DROGHETTI, P. et al. Non-invasive determination of the anaerobic threshold in canoeing, cross-country skiing, cycling, roller, and ice skating, rowing and walking. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 53, p. 299-303, 1985.
- DU MANOIR, G. R. et al. Comparison of máxima l oxygen uptake and ventilatory threshold during skating, running and cycling exercise in ice hockey players. **Advances in Exercise and Sports Physiology**, v.11, n.1 p. 9-14, 2005.
- FAULKNER, J. Physiology of swimming and diving. In: FALLS, H. (Ed). **Exercise Physiology**. Baltimore: Academic Press, 1968.
- FERGUSON, R. J.; MARCOTTE, G. G.; MONTPETIT, R. R. A máxima l oxygen uptake test during ice skating. **Medicine and Science in Sports**, v. 1, v 4, p. 207-211, 1969.
- FOSTER, C. et al. Evidence for restricted muscle blood flow during speed skating. **Medicine and Science in Sports Exercises**, v. 31, n. 10, p. 1433-40, 1999.
- FOSTER, C. et al. Physiology of Speed Skating. In: WILLIAM E. G; KIRKENDALL, D. T. (Eds). **Exercise and Sport Science**. 1.ed. Lippincott Williams & Wilkins, Massachusetts New England, 2000. Cap. 56, p.885-895.
- FOSTER, C., et al. Physiological responses during simulated competition. **Medicine and Science in Sports Exercises**, v.25, p.877-882, 1993.

GAESSER, G.A.; POOLE, D.C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 24, p. 35-71, 1996.

GEIJSEL, J. et al. Bicycle Ergometry and Speed Skating Performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 5, n.5, p. 241-245, 1984.

GIBSON, A. S. C. et al. The role of information processing between the brain and peripheral physiological systems in pacing and perception of effort. **Sports Medicine**, v. 36, p. 705–722, 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GRAHAM, V. L.; GEHLSSEN, G. M.; EDWARDS, J. A. Electromyographic Evaluation of Closed and Open Kinetic Chain Knee Rehabilitation Exercises. **Journal of Athletic Training**, v. 28, n. 1, p. 28-30, 1993.

GRECO, C. C. **Limiar anaeróbio (4mM de lactato sanguíneo), velocidade crítica determinada a partir de diferentes distâncias e performance aeróbia em nadadores e nadadoras de 10 a 15 anos**. 2003. Tese (Doutorado em Educação Física) – Faculdade de Educação Física, UNICAMP, São Paulo, 2003.

GREEN, H. J. Glycogen depletion patterns during continuous and intermittent ice skating. **Medicine and Science in Sports**. v. 10, n. 3, p. 183-187, 1978.

GROSSL, T.; DE LUCAS, R. D.; DE SOUZA, K. M.; GUGLIELMO, L. G. A. Máxima l lactate steady-state and anaerobic thresholds from different methods in cyclists, **European Journal of Sport Science**, v. 12, n. 2, p. 161-167, 2012.

GUGLIELMO, L. G. A.; DENADAI, B. S. Validade do ergômetro de braço para a determinação do limiar anaeróbio e da performance aeróbia de nadadores. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 1, n.3, p. 7-13, 2001.

HANSEN, E. A.; ANDERSEN, J. L.; NIELSEN, J. S.; SJOGAARD, G. Muscle fibre type, efficiency, and mechanical optima affect freely

chosen pedal rate during cycling. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 176, p. 185–194, 2002.

HECK, H., et al. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. **International Journal of Sports Science**, v. 6, p. 117-30, 1985.

HILL, D. W. et al. Effect of training on the rating of perceived exertion at the ventilatory threshold. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 56, n. 2, p. 206-211, 1987.

HOEFELMANN, C. P. et al. Test-retest reliability of second lactate turnpoint using two different criteria in competitive cyclists. **European Journal of Sport Science**, v. 19, p. 1- 6, 2014.

HOFFMAN, M. D. et al. Inline skating: physiological responses and comparison with roller skiing. **International Journal of Sports Medicine**, v. 13, n. 2, p. 137-44, 1992.

HOFFMAN, M. D. Physiological comparisons of cross-country skiing techniques. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v. 24, n. 9, p. 1023-1032, 1992.

HOFFMANN, M. D. et al. Does the amount of exercising muscle alter the anaerobic demand of dynamic exercise? **European Journal of Applied Physiology**, v.74, p. 541–547, 1996.

HOFMANN, P. et al. Heart rate threshold related to lactate turn point and steady state exercise on a cycle ergometer. **European Journal of Applied Physiology**, v, 69, p. 132-139, 1994.

HOPKINS, W. G. A new view of statistics. Disponível em: <<http://www.sportsci.org/resource/stats/index.html>>. Acesso em: 22 julho de 2014.

HOPKINS, W. G. Measures of reliability in sports medicine and science. **Sports Medicine**, v.30, n.1, p. 1-15, 2000.

HOUDIJK, H. E.; HEIJNSDIJK, A. M.; DE KONING, J. J.; DE GROOT, G.; BOBBERT, M.F. Physiological responses that account for the increased power output in speed skating using klaskates. **European Journal of Applied Physiology**, v. 83, p. 283–288, 2000.

HOWLEY, E. T.; BASSETT, D. R., JR.; WELCH, H.G. Criteria for máxima l oxygen uptake: review and commentary. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 27, p. 1292–1301, 1995.

IMPELLIZZERI, F. M.; MARCOR, S. M. Test Validation in Sport Physiology: Lessons Learned From Clinimetrics. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 4, p. 269-277, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Revista da Propriedade Industrial**. Seção I, n. 2196, República Federativa do Brasil, 2013. Disponível em: <<http://revistas.inpi.gov.br/pdf/PATENTES2196.pdf>>.

JONES, A. M. The physiology of the world record holder for the women's marathon. **International Journal of Sports Science and Coaching**, v. 1, p. 101–116, 2006.

JONES, A. M; DOUST, J. H. The validity of the lactate minimum speed for determination of the máxima l lactate steady state. **Medicine and Science in Sports Exercises**, v. 30, p. 1304-1313, 1998.

JUNIOR, N. G. B. et al. Validity of a new contact mat system for evaluating vertical jump. **Motriz**, v.17, n.1, p. 26-32, 2011.

KARA, M. Determination of the heart rate deflection point by the Dmax method. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v, 36, n.1, p. 31-34, 1996.

KIMURA, I. F.; HETZLER, R. K.; NAKASONE, K. T. Physiologic Considerations of Therapeutic Slideboard Rehabilitation With an External Loading Device. **Journal of Athletic Training**, v.41, n.1, p.87–92, 2006.

KISS, M. A. P. D. M. et al. Validade da velocidade de limiar de lactato de 3,5 mmol.L-1 identificada através de teste em pista de atletismo. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 9, p. 16-25, 1995.

KRIEG, A. et al. Characteristics of inline speedskating - Incremental tests and effect of drafting. **International Journal of Sports Medicine**, v. 27, n. 10, p. 818-823, 2006.

KUIPERS, H. et al. Comparison of heart rate as a non-invasive determinant of anaerobic threshold with the lactate threshold when cycling. **Europa Journal of Applied Physiology**, v. 58, p. 303–306, 1988.

KUIPERS, H. et al. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. **International Journal of Sports Medicine**, v. 6, p. 197-201, 1985.

KUISIS, S, M. **Modification of the 20 Metre Shuttle Run Test (20 MST) for Ice-Sports**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência do Movimento Humano) – Faculty of Humanities, University of Pretoria, Pretoria, 2003.

KUISIS, S. M. **Comparitive validity of ice-skating Performance tests to assess aerobic capacity**. 2008. Tese (Doutorado em Ciência do Movimento Humano) – Faculty of Humanities, University of Pretoria, 2007.

LÉGER, L. A., et al. Retroextrapolation of submáxima l values from O₂ recovery curve. **Scandinavia Journal of Sport Science**, v. 4, n. 2, p. 71-73, 1982.

LÉGER, L. A., et al. The Multistage 20 meter shuttle run test for aerobic fitness. **Journal of Sports Sciences**, v. 6, p. 93- 101, 1988.

LEGER, L.; TOKMAKIDIS, S. Use of the heart rate deflection point to assess the anaerobic threshold. **Journal of Applied Physiology**, v. 64, p. 1758–1759, 1988.

LEONE, M., et al. An on ice aerobic máxima l multistage shuttle skate test for elite adolescent hockey players. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, p. 1-6, 2007.

LEWIS, S. F. et al. Role of muscle mass and mode of contraction in circulatory responses to exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 58, p. 146-151, 1985.

LUCÍA, A. et al. Heart dimensions may influence the occurrence of the heart rate deflection point in highly trained cyclists. **British Journal of Sports Medicine**, v. 33, p. 387–92, 1999.

LUCÍA, A. et al. Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 32, n. 10, p. 1777-1782, 2000.

LUCÍA, A.; HOYOS, J.; CHICHARRO, J. L. Preferred pedalling cadence in professional cycling. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 33, n. 8, p. 1361-1366, 2001.

MACRAE, H. S., DENNIS, S. C.; BOSCH, A. N. ; NOAKES, T. D. Effects of training on lactate production and removal during progressive exercise in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 72, n. 5, p. 1649-1656, 1992.

MAHLER, P. B.; ROSTAN, A. Perceived effort: correlation with the anaerobic threshold and usefulness in a training program. **Schweiz Z Sport Medicine**, v. 38, n. 4, p. 187-91, 1990.

MANSO, J. M. G.; VALDIVIELSO, M. N.; CABALLERO, J. **Pruebas para la valoración de la capacidad motriz en el deporte**: Evaluación de la condición física. Madrid: Gymnos Editorial Deportiva, 1996.

MARTINEZ, M. L. et al. Physiological comparison of roller skating, treadmill running and ergometer cycling. **International Journal of Sports Medicine**, v. 14, n. 2, p. 72-77, 1993.

MCNAUGHTON, L. R.; ROBERTS, S.; BENTLEY, D. J. Predicting performance in a short distance cycling time trial: effects of incremental exercise test design. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, p. 157-161, 2005.

MELANSON, E. L.; FREEDSON, P. S.; JUNGBLUTH, S. Changes in VO_2 max and máxima l treadmill time after 9 wk of running or inline skate training. **Medicine and Science in Sports Exercises**, v. 28, n. 11, p. 1422-1426, 1996.

MILLET, G. P.; GESLAN, R.; FERRIER, R.; CANDAU, R.; VARRAY, A. Effects of drafting on energy expenditure in in-line skating. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 43, p. 285-90, 2003.

MORROW, J. R. et al. **Measurement and evaluation in human performance**. Champaign: Human Kinetics. 1995.

MUEHLBAUER, T.; SCHINDLER, C.; PANZER, S. Pacing and Performance in Competitive Middle- Distance Speed Skating, **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 81, n. 1, p. 1-6, 2010.

NICHOLSON, R. M.; SLEIVERT, G. G. Índices of lactate threshold and their relationship with 10-km running velocity. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v. 33, p. 339-342, 2001.

NOBES, K. J. et al. A comparison of skating economy on-ice and on the skating treadmill. **Canadian journal of applied physiology**, v. 28, n. 1, p. 1-11, 2003.

NOORDHOF, D. A.; FOSTER, C.; HOOZEMANS, M. J. M.; KONING, J. J. Changes in Speed Skating Velocity in Relation to Push-Off Effectiveness. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 8, p. 188-194, 2013.

NYBO, L.; NIELSEN, B. Perceived exertion is associated with an altered brain activity during exercise with progressive hyperthermia. **Journal of Applied Physiology**, v. 91, n. 5, p. 2017-2023, 2001.

OLSON, M. S.; WILLIFORD, H. N.; WANG, N. Cardiorespiratory responses to lateral motion exercise with and without ankle weights. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.11, n.4, p. 273-277, 1997.

PETRELLA, N. J. et al. Assessment of the reliability of the fast using a test-retest design and intraclass correlation coefficient. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 30, S64, 2005.

PETRELLA, N. J., et al. Validation of the FAST skating protocol to predict aerobic power in ice hockey players. **Applied Physiology, Nutrition & Metabolism**, v.32, n. 4, p. 693-700, 2007.

PETROSKI, E. L. Desenvolvimento e validação e equações generalizadas para estimativa da densidade corporal em adultos. 1995. Tese (Doutorado em Educação Física), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1995.

- PIERCE, S. J. et al. Prolonged incremental tests do not necessarily compromise VO₂max in well trained athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 2, p. 356-363, 1999.
- PIES, N. A.; PROVOST-CRAIG M. A.; NEEVES, R. E.; RICHARDS, J. G. Cardiopulmonary Responses to Slideboard Exercise in Competitive Female Ice Skaters. ***Journal of Strength and Conditioning Research***, v. 12, n. 1, p. 7-11, 1998.
- PINTO, G. S. M. et al. Oxygen uptake, heart rate and energy expenditure during sideboard routines at different cadence. ***Journal of Sports Medicine and Physical Fitness***, v.50, p.126-131, 2010.
- POKAN, R. et al. The heart rate turnpoint reliability and methodological aspects. ***Medicine and Science in Sports Exercises***, v. 31, p. 903-907, 1999.
- PRINGLE, J. S.; JONES, A. M. Máxima l lactate steady state, critical power and EMG during cycling. ***European Journal Applied Physiology***, v. 88, n. 3, p. 214-226, 2002.
- PROBST, H. Test par intervalles pour foorballeurs. ***Revue Macolin***, v. 5, p. 7-9, 1989.
- PUBLOW, B. ***Speed on Skates***. A complete technique, training and racing guide for inline and ice skaters. United State: Human Kinetics, 1999.
- REESE, S.; LAVERY, K. Slide boards: A conditioning and rehabilitative tool. ***National Strength and Conditioning Association Journal***, v. 13, n. 5, 1991.
- REINHARD, U.; MULLER, P. H.; SCHMULLING, R. M. Determination of anaerobic threshold by the ventilation equivalent in normal individuals. ***Respiration***, v. 38, p. 36-42.
- ROFFEY, D.M.; BYRNE, N.M.; HILLS, A.P. Effect of stage duration on physiological variables commonly used to determine maximum aerobic performance during cycle ergometry. *Journal of Sports Science*, v. 25, p.1325–1335, 2007.

RUNDELL, K. W. Compromised oxygen uptake in speed skaters during treadmill inline skating. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 28, n. 1, p. 120-127, 1996.

RUNDELL, K.W.; NIOKA, S.; CHANCE, B. Hemoglobin/myoglobin desaturation during speed skating. **Medicine and Science in Sports Exercises**, v. 29, p. 248-258, 1997.

RUSSO, R.; IAMONTI, V. C.; JARDIM, J. R. Intolerância ao exercício no paciente com DPOC. **Revista Pneumologia Paulista**, v. 26, n. 1, p. 38-41, 2012.

SARGEANT, R. J. Human power output and muscular fatigue. **International Journal Sports of Medicine**, v. 15, p. 116-121, 1994.

SCHENAU, G. J. V. I. **A power balance applied to speed skating**. 1981. Tese (Doutorado Ciência do Movimento Humano) - Faculty of Human Movement Sciences of the Vrije Universiteit (Free University), Amsterdam, 1981.

SCHENAU, G. J. V. I. The influence of air friction in speed skating. **Journal of Biomechanics**, v.15, p. 449-458, 1982.

SCHENAU, G. J. V. I.; BAKKER, F. C.; DE GROOT, G.; DE KONING, J. J. Supramaximal cycle tests do not detect seasonal progression in performance in groups of elite speed skaters. **Eur Journal of Applied Physiology**, v. 64, p. 292-297, 1992.

SCHENAU, G. J. V. I.; DE GROOT, G.; HOLLANDER, A. P. Some technical, anthropometrical and physiological aspects of speed skating. **European Journal of Applied Physiology**, v. 50, p. 343-354, 1983.

SCHENAU, V. I. G. J.; DE GROOT, G; DE BOER R. W. The control of speed in elite female speed skaters. **Journal of Biomechanics**, v. 18, p. 91-96, 1985.

SCHENAU, V. I. G. J.; DE KONING, J. J.; DE GROOT, G. A simulation of speed skating performances based on a power equation. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 22, p. 718-728, 1990.

SCHENAU, V. I. G. J.; DE KONING, J. J.; DE GROOT, G. The distribution of anaerobic energy in 1000 and 4000 metre cycling bouts. **International Journal of Sports Medicine**, v. 13, p. 447–451, 1992.

SHEEN, A. et al. Critical analysis of the anaerobic threshold during exercise at constant workloads. **European Journal of Applied Physiology**, v.46, p. 367-377, 1981.

SILVA, A. C. et al. Estimativa do Limiar de Conconi por Meio da Escala de Borg em Cicloergômetro. **Fitness & performance Journal**, v. 4, n. 4, p. 215 – 219, 2005.

SIMON J, et al. Lactate accumulation relative to the anaerobic and respiratory compensation thresholds. **Journal of Applied Physiology**, v. 54, p. 13-17, 1983.

SMITH, E. W. et al. Lactate distribution in the blood during steady-state exercise. **Medicine & Science in Sports Exercises**, v. 30, p. 1424-1429, 1998.

SNYDER, A. C. et al. Exercise responses to inline skating: comparisons to running and cycling. **International Journal of Sports Medicine**, v. 14, n. 1, p. 38-42, Jan 1993.

STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHNABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, v. 2, p. 160-165, 1981.

STOGGL, T.; MULLER, E.; LINDINGER, S. Biomechanical comparison of the double-push technique and the conventional skate skiing technique in cross-country sprint skiing. **Journal of Sports Sciences**, v. 26, n. 11, p. 1225-1233, 2008.

TEGTBUR, U. et al. Triathlon triple-test swimming, cycling and running in one test. **International Journal of Sports Medicine**, v.15, p.349, 1994.

TEGTBUR, U.; BUSSE, M. W.; BRAUMANN, K. M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 25, p. 620-627, 1993.

THODEN, J. S. Testing aerobic power. In: MACDOUGALL, D.; WENGER, H.A.; GREEN, H.J. (Eds). **Physiological testing of the high-performance athlete**. Champaign (IL): Human Kinetics. 1991: p. 131-46.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K. Métodos de pesquisa em atividade física. 3 ed. Porto Alegre, Artmed Editora, 2002.

VACHON, J. A.; BASSET, D.R.; CLARKE, S. Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. **Journal of Applied Physiology**, v. 87, p. 452-459, 1999.

WALLICK, M. E. et al. Physiological responses to inline skating compared to treadmill running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 27, n. 2, p. 242-248, 1995.

WEIR, J.P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.19, n.1, p.231–240, 2005.

WELTMAN, A. et al. Percentages of máxima l heart rate, heart rate reserve and VO₂max for determining endurance training intensity in male runners. **International Journal of Sports Medicine**, v. 11, n. 3, p. 218–222, 1990.

WESTON, S.B. et al. Effect of ramp slope on ventilation thresholds and V_{O2}peak in male cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, v. 23, p. 22-27, 2002.

WILLIFORD, H.N.; SCHARFF-OLSON, M.R.; RICHARDS, L.A.; et al. Determinants of the Oxygen Cost of Slideboard Exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.9, n.2, p. 90-94, 1995.

WONISCH, M., et al. Validation of a field test for non-invasive determination of badminton specific aerobic performance. **British Journal of Sports Medicine**, v. 37, p. 115-118, 2003.

ZAPATA, M. R. E. L. Evaluación de la cualidad aeróbica del patinador de velocidad sobre ruedas, por medio un test específico de campo. **Spagatta Magazine**, 2009.

ZEGLINKSI, C. M. A. et al. Muscle activity in the slalom turn of alpine skiing and inline skating. **International Journal of Sports Medicine**, v. 19, n. 7, p. 447-454, 1998.

ZUIKER, T. P. J. **The effects of different speed skating push-off techniques on the mechanical power, power distribution and energy expenditure**. 2014. Mestrado (Engenharia Biomédica) - Department of BioMechanical Engineering, Technische Universiteit Delft, Delft, 2014.

APÊNDICE A- Termo de consentimento livre e esclarecido



Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Educação Física
Centro de Desportos

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto: Validade e reprodutibilidade do teste incremental em *slide board* para determinação de índices fisiológicos determinantes da performance na patinação de velocidade *inline*.

Você está sendo convidado a participar, como voluntário, da pesquisa intitulada: *Validade e reprodutibilidade do teste incremental em slideboard para determinação de índices fisiológicos na patinação de velocidade inline*, a ser realizada junto ao Laboratório de Esforço Físico (LAEF), vinculado ao Centro de Desportos (CDS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

O **objetivo** desse estudo é a validação de um teste incremental de esforço máximo em *slide board*, específico para determinar os índices fisiológicos (VO_{2max} , FC, Limiar Anaeróbio, Limiar Ventilatório, Ponto de Deflexão da FC) determinantes da performance na patinação de velocidade *inline*. Estes índices são essenciais para a identificação do nível de treinamento do atleta e para prescrição do treino, visto que o treino torna-se mais eficaz quando realizado nas intensidades correspondentes aos limiares de transição fisiológica. Quanto mais elevado for o limiar anaeróbio, maior será a capacidade aeróbia do atleta, pois maior será a intensidade do exercício realizada em equilíbrio metabólico (MANSO et al., 1996).

A participação no estudo não envolve nenhum gasto para o participante e todos os materiais necessários serão providenciados pelos pesquisadores. Será providenciado um relatório completo das avaliações, que poderá ser passado aos respectivos treinadores de cada atleta. Ainda, os pesquisadores fornecerão uma orientação básica para os treinos individualmente para cada atleta.

Ao aderir ao estudo, você deverá estar disponível para comparecer ao CDS-UFSC durante 3 dias, em horários previamente marcados. Cada avaliação terá duração aproximada de 20 a 60 minutos.

1ª Visita - Na primeira sessão, um avaliador preencherá uma ficha com seus dados pessoais e, logo após, você será submetido à

avaliação antropométrica, na qual serão realizadas medidas de massa corporal (kg), estatura (cm) e dobras cutâneas para determinar o % de gordura corporal e massa magra (peitoral, axilar média, tríceps, subescapular, abdômem, supra-ílfaca e coxa medial). Em seguida será aplicado um teste incremental de esforço máximo em *slide board*, com uma cadência inicial de patinação de 30ppm, aumentando 3ppm a cada 3 minutos, com pausa de 30 segundos entre cada para determinação dos índices fisiológicos para determinação do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), frequência cardíaca máxima (FC_{max}), concentração de lactato sanguíneo [Lac], percepção subjetiva de esforço (PSE) e limiar anaeróbio (LAn). Durante os 30 segundos será realiza a coleta de sangue no lóbulo da orelha para mensuração do lactato sanguíneo. Esse procedimento não agride e nem oferece riscos ao avaliado. Os índices determinados neste teste são indicadores do seu condicionamento aeróbio e fornecerá dados para a prescrição do seu treinamento.

2ª Visita – Neste dia será realizado um teste de esforço máximo curto (entre 6 e 10 minutos de duração) em *slide board*, com início na cadência de 30 ppm e incrementos de 3ppm a cada minuto, sem intervalo para coleta de sangue entre os estágios. O sangue para análise do lactato será coletado logo ao final do teste e nos 3 minutos seguintes. Neste teste será detectado o PDFC, que servirá de indicador indireto da intensidade de treino correspondente ao LAn, pela simples identificação da FC. A validação deste método indireto possibilitará que futuramente, a intensidade de treino possa ser identificada sem que sejam necessários testes laboratoriais longos e de alto custo.

3ª Visita- No terceiro e último dia, os patinadores realizarão um teste incremental em um cicloergômetro marca Lode (Modelo Excalibur Sport, Groninger, Holanda), O teste iniciará com uma cadência de pedalada de 70 rpm, em uma carga correspondente a 2,75 vezes o peso corporal, e terá incrementos de 10 rpm a cada minuto, até a exaustão voluntária. Serão mensurados os mesmos índices ([Lac], PSE, VO_{2max} , FC_{max} , e Lan) para confirmação e validação dos testes realizado em *slide board*.

Para participar deste estudo, é imprescindível que voce esteja familiarizado com a patinação em *slide board*. Você deve ainda estar apto para realizar exercícios físicos de alta intensidade. Solicitamos a sua autorização para o uso de seus dados para a produção de artigos técnicos e científicos, sendo que sua privacidade será mantida por meio da não identificação do seu nome.

Desde já agradecemos a sua colaboração e participação!

CONTATO:

e-mail: tatianepiucco@yahoo.com.br

telefone: (48)99423313

TERMO DE CONSENTIMENTO

Declaro que fui informado, de forma clara e objetiva, sobre todos os procedimentos do projeto de pesquisa intitulado: *Validade e reprodutibilidade do teste incremental em slideboard para determinação de índices fisiológicos na patinação de velocidade inline*. Estou ciente que todos os dados a meu respeito serão sigilosos e que posso me retirar do estudo se for necessário. Assinando este termo, eu concordo em participar deste estudo.

Nome por extenso _____

Assinatura _____

Florianópolis (SC) ____/____/____

Profa. Dra. Saray Giovana dos Santos
(Pesquisador Responsável/Orientador)

Prof. Dr. Ricardo Dantas de Lucas
(Pesquisador Participante/Co-Orientador)

Profa. Mda. Tatiane Piucco
(Pesquisador Principal/Orientando)



UNIVERSITY OF
CALGARY

KINESIOLOGY Performance Laboratory

Faculty of Kinesiology

2500 University Drive N.W.

Calgary, AB T2N 1N4

Telephone: 403 220-3436

Fax: 403 284-3553

Subject Consent Form

Study Title: Validity and reliability of an incremental test on *slide board* to determine physiological and biomechanical indices on speed skating.

Investigators: MSc PIUCCO Tatiane (+14034045350)

PhD. STEFANYSHYN Darren J.

This consent form should give you the basic idea of what the research is about. If you would like to have more details, please ask.

BACKGROUND

The aerobic and anaerobic fitness tests are largely used to controlling and monitoring sports training performance. Many tests have been proposed to evaluate aerobic and anaerobic metabolism but, despite of its widespread use, these tests does not take into account specific demands of some sports, such as those using in-line skates, e.g. hockey players, speed and ice skating; moreover, the derivation of exercise prescriptions from a stepwise cycling or running treadmill test does not seem appropriate, and skating-specific tests should be used to evaluate performance (KRIEG et al. 2006). The inline speed skating is characterized by a unique pattern of physiological demands to the athlete (KRIEG et al. 2006), while the movements are similar to speed skating on ice (DE BOER et al. 1987).

PURPOSE OF STUDY

The main purpose of this study is to verify the validity and reliability of an incremental test performed on *slide board* (i.e a low cost ergometer), to evaluate physiological and biomechanical indices associated with aerobic performance during in-line speed skating. If this test is valid, it

will provide a low cost and simple tool to evaluate skater's performance and prescribe training intensities.

ATHLETE SCHEDULES

Your participation will include 3 testing sessions, with 48h-96h time interval between them, in the Human Performance Lab (HPL) of the University of Calgary.

During each testing session (~ 2 hrs. total time including preparation) you will perform one of the follow incremental tests, in a random order:

- Short *slide board* protocol (1-min stage), increasing the skating cadence each minute, until voluntary exhaustion.
- Long *slide board* protocol (3-min stage), increasing the skating cadence each 3-min, until voluntary exhaustion.
- Cycling protocol (3-min stage) + anthropometric analysis, until voluntary exhaustion.

The following data will be collected:

- Anthropometric data: 7 skin fold to determinate % of body fat
- Muscle activity: lower limbs electromyography (EMG), using skin electrodes placed on 7 different leg muscles (rectus femoralis, vastus lateralis, vastus medialis, biceps femoralis, gluteus maximus, gluteus mínimum, abductor longus). The skin under these electrodes will need to be cleaned and shaved by the researcher prior to placement of the EMG electrodes.
- Kinematics data: linear and angular variables, dynamic center of body mass and limbs coordination index during the skating tests, using 7 cameras of 240 Hz. For these analyses, 51 reflective markers will be fixed on body using adhesive tape.
- Physiological data: oxygen consumption, pulmonary ventilation, blood lactate concentration, heart rate will be collected using a specific breath mask during all test duration. Blood sample will be obtained from the fingertips at the end of stages completed. This procedure is neither harmful nor painful, and takes around 10s each sample.
- Rhythm index obtained through a specific system previously developed to access and control the skating cadence during the test.

RECOMMENDATIONS PRE TEST

- Do not make a maximal effort or supra maximal training a day before any tests. If you have any muscle pain or damage that can interfere on tests results, the test must be reschedule.
- Keep a similar and healthy diet throughout the evaluation procedure. Do not drink coffee or alcohol at least 4h before any test. These substances can mislead the results.
- Bring a running short, or a loose one. It's necessary to fold it and tape it on the laterals to access your hips with markers and electrodes.
- Bring a skating style sneakers, with flat/stable sole and no ankle support (low cut sneaker), to perform the test.

RISKS INVOLVED

At the end of the tests you may feel faint and dizzy. You can feel muscle pain the day(s) after test, and rarely these tests can result in muscle strain injury. If you suffer related-research injuries, no compensation will be provided for you by Human Performance Lab, the University of Calgary, Alberta Health Services or the Researchers.

BENEFITS OF PARTICIPATING IN THIS STUDY

Results based on your participation can be used to develop training programs to improve your anaerobic/aerobic power and endurance capacity; technique improvements based on kinematics and EMG analysis and the rhythm-performance relationship. An overall report including all the analysis and relating variables each other will be provided both for athletes and coaches involved in the project.

CONFIDENCIONAL RESULTS

All information collected in this research will remain absolutely confidential. Only those directly involved in this research will have access to the information gained.

If you wish to withdraw from the study please tell the experimenter and he will end your participation immediately without any consequences.

SIGNATURES

Your signature on this form indicates that you have understood the information regarding your participation in this research project, and agree to participate. In no way does this waive your legal rights nor release the investigators or involved institutions from their legal and

professional responsibilities. You are free to withdraw from the study at any time. If you have further questions concerning matters related to this research, please contact:

MSc PIUCCO Tatiane
Mobile: +14034045350.
HPL: +14032206472
e-mail: tpiucco@kin.ucalgary.ca



Prof. Darren J. Stefanyshyn,
(Supervisor)



PhD Tatiane Piucco, M.Sc
(PhD student)

Participant's Name

Signature and Date

Investigator/Delegate's Name

Signature and Date

The UFSC Brazil Conjoint Health Research Ethics Board and UofC have approved this study. A signed copy of this consent form has been given to you to keep for your records and reference.

APÊNDICE B - Questionário

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE DESPORTOS
Laboratório de Biomecânica – Bloco 5 CDS/UFSC

Responsável: Msc. Tatiane Piucco – Doutoranda em Biodinâmica do Movimento Humano
e-mail: tatianepiucco@yahoo.com.br tel: (48) 99423313 site:
www.cds.ufsc.br/biomec

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO ATLETA

Nome: _____ Tel: _____ Idade: _____
Estatura: _____ Peso: _____ Equipe/ cidade: _____

1- Que tipos de provas você pratica (distâncias), e qual é seu melhor tempo em cada prova?

2- Você possui *slide board*? Se sim, que tipo de treino você realiza no *slide board*?

() SIM () NÃO

() aperfeiçoamento da técnica () treino aeróbico longo ()
treino de velocidade

() treino de resistência intervalado () treino de potencia anaeróbia

Outro: _____

3- Faz algum outro tipo de treinamento físico?

() Musculação. Freq. () Duração ().

() Ciclismo. Freq. () Duração ().

() Corrida. Freq. () Duração ().

() Outros esporte: _____ Freq. () Duração ().

4- Tem acompanhamento de equipe técnica? Qual?

5- Especifique as características do(s) seu(s) patins se souber:

Treino	Competição
Altura da bota:	Altura da bota:
Tipo de base:	Tipo de base:
Tamanho das rodas:	Tamanho das rodas:
Dureza das rodas:	Dureza das rodas:
Tipo de rolamento:	Tipo de rolamento:

ATHLETES INFORMATION

Name: _____ Age: _____ Height(cm):
_____ Weight(kg): _____

Main Race distance(s):

Best time in each
distance: _____

For how long have you been training speed skating (years)?

How many days per week do you have skating training? How long is
each training session?

How many days per week do you have *slide board* skating training?
How long is each *slide board* training session?

APÊNDICE C - Estudo piloto

TESTES INCREMENTAIS DE PATINAÇÃO EM *SLIDE BOARD*

1. OBJETIVO

Este estudo piloto teve como objetivo verificar o comportamento de variáveis fisiológicas (curva de [Lac], FC, VO_2) em diferentes protocolos de teste em *slide board*, bem como associar estes resultados com os encontrados durante teste incremental em esteira.

2. MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Sujeitos

Foram investigados quatro patinadores profissionais da seleção brasileira de patinação de velocidade.

O atleta 1 (32 anos, 67,5 kg) realizou os testes duas vezes (uma avaliação pré e outra pós uma sessão treinamento de duas semanas em *slide board*), incluindo os protocolos curtos e longos em *slide board* e o protocolo na esteira. Os atletas 2 (16 anos, 72 kg) e 3 (27 anos, 58 kg) realizaram somente o teste incremental longo em *slide board* para verificação da curva [Lac], FC e VO_2 . O atleta 4 (39 anos, 81,5 kg) realizou somente o teste incremental curto para determinação do PDFC e LV_2 em *slide board*.

2.2 Instrumentos de medida e coletas de dados

Os testes incrementais em *slide board* foram realizados em um ergômetro especialmente desenvolvido para avaliação de patinadores, auxiliados por um *software* para controlar os parâmetros do teste (BSBT®). O teste incremental em esteira foi realizado na esteira rolante (INBRAMED MILLENIUM SUPER ATL 10.200). O VO_2 , a VE e a RER foram mensurados respiração a respiração utilizando um analisador de gases de circuito aberto (Cosmed, Quark PFT Ergo, Rome, Itália), e a FC foi gravada continuamente durante todo o teste por meio de um monitor de FC incorporado ao analisador de gases. A PSE foi investigada com a escala de Borg (2000) de 6 a 20 pontos. As amostras

de sangue para análise das [Lac] foram coletadas do lóbulo da orelha por meio de capilar heparinizado e armazenadas com uma solução de NaF (1%), em microtúbulos de polietileno com tampa (tipo *Eppendorf*), e as análises foram realizadas pelo analisador eletroquímico YSI 2700 STAT (Yellow Springs, Ohio, USA). Os testes (pré e pós) com o sujeito 1 foram realizados em diferentes dias da mesma semana.

2.3 Teste incremental longo no slide board

Todos os atletas realizaram uma familiarização com o *slide board*, juntamente com o aquecimento de três minutos em diferentes cadências de patinação (30, 40 e 50ppm) e um período de 3 minutos de descanso, antes do início do teste incremental. No primeiro teste com o atleta 4 (pós treino), o teste incremental iniciou na cadência de 45 ppm, aumentando 5 ppm a cada 3 minutos, com intervalos mínimo entre cada estágio para a coleta de sangue do lóbulo da orelha. No segundo teste com o atleta 4 (pré-treino), bem como com os demais atletas, o teste incremental iniciou na cadência de 33 ppm, aumentando 3 ppm a cada 3 minutos, com intervalos de 30 segundos entre cada estágio para a coleta de sangue do lóbulo da orelha.

2.4 Determinação do PDFC no slide board

Após aquecimento de 3 minutos nas cargas (30, 40 e 50 ppm), e recuperação de 3 minutos, o teste iniciou na cadência de 30 ppm, com incrementos de 3 ppm a cada minuto, até a exaustão voluntária.

2.5 Teste incremental em esteira

O teste incremental em esteira rolante iniciou em uma velocidade inicial 8 km.h^{-1} e 1% de inclinação com incrementos de 1 km.h^{-1} a cada minuto até a exaustão voluntária.

2.6 Análise dos dados

Os dados de VO_2 foram reduzidos às médias de cada 15 s, e o $\text{VO}_{2\text{max}}$ foi considerado o valor mais alto obtido nestes intervalos, observando os critérios, proposto por Lacour et al (1991). O LTF2 foi determinado pelo método de Berg (1990) O PDFC foi identificado pelo

método visual. As curvas de [Lac] e FC foram ajustadas pela equação polinomial de terceira ordem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Atleta 1

Os resultados do teste incremental longo em *slide board* do atleta 1 pré-treinamento estão mostrados na figura 1 e tabela 1.

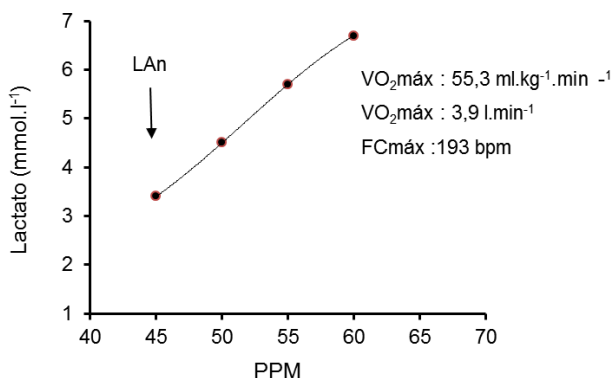


Figura 1- Comportamento da [Lac] durante o teste incremental de 3 minutos em *slide board* (pré).

O primeiro protocolo incremental conduzido com o atleta 1 não reproduziu curva de [Lac] x intensidade esperada para a determinação dos limiares fisiológicos (e.g. curva exponencial). O curto tempo de duração do teste (12 minutos) e os altos valores da [Lac] e da FC (3,4 mmol.l⁻¹ e 168bpm, respectivamente) no primeiro estágio no teste, mostra que o protocolo proposto iniciou em uma cadência demasiadamente alta, e que os incrementos de cadência por estágios também foram altos. Estes fatores levaram a ocorrência de uma elevada [Lac] já no primeiro estágio do teste, sem a caracterização da linha de base de [Lac] necessária para a identificação do LFT1 ([Lac] próxima a 2 mmol.l⁻¹) e do LFT2 (rápido aumento nas [Lac]), próxima de 4 mmol.l⁻¹). É provável que a intensidade adotada já no primeiro estágio do teste incremental (45 ppm, 3,4 mmol.l⁻¹) possa ser o LAn.

Tabela 1- Variáveis fisiológicas: Concentração de lactato sanguíneo [Lac], taxa de trocas respiratórias (RER), consumo de oxigênio médio (VO_2), frequência cardíaca média (FC), % da FC máxima atingida durante o teste, e percepção subjetiva do esforço (PSE) em cada estágio do teste incremental longo em *slide board*.

Cadência	[Lac]	RER	VO_2	FC	%FC _{max}	PSEg	PSE
45	3.4	0,756	43.2	168	87	13	12
50	4.5	0,900	51	183	95	13	15
55	5.7	1,036	53.5	188	97	14	16
60	6.7	1,117	54	191	99	16	18
65*	6.5	1,000	50	189	98	16	19

*estágio incompleto

Observamos na tabela 1 que nem todos os critérios propostos por Lacour et al (1991) para determinação do VO_{2max} foram alcançados durante o teste, pois a [Lac] ficou abaixo de 8 mmol.l^{-1} . Porém, a FC ultrapassou a máxima prevista pela idade ($220-32 \text{ anos} = 188\text{bpm}$), o que deve ter sido o grande limitador para continuação do teste e para a PSE elevada.

Os resultados do teste incremental curto em *slide board* do atleta 1, pré-treinamento, estão mostrados na figura 2.

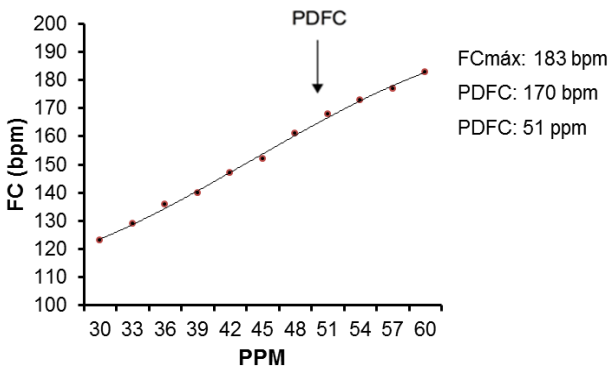


Figura 2- PDFC durante o teste incremental de 1 minuto (curto) em *slide board* (pré).

Durante o teste incremental curto em *slide board*, o aumento da FC foi gradual e não ultrapassou o valor de 8 bpm a cada estágio, o que está de acordo com o recomendado por Conconi et al. (1996). Observa-se a FC correspondente ao PDFC (170 bpm) foi bem próxima a encontrada durante o primeiro estágio do teste incremental longo (168 bpm). Porém, o PDFC ocorreu na cadência de 51 bpm, que corresponde a uma intensidade um pouco maior do que a intensidade correspondente ao primeiro estágio do teste incremental longo em *slide board*, (45 bpm i.e provável LAn). Vários estudos mostraram que, apesar dos valores de FC no PDFC e LTF2 obterem correlações significativas e corresponderem a FC similares, a intensidade, o VO_2 e o valor de FC relativo à $F_{c_{max}}$ no PDFC são significativamente maiores do que no LTF2 (ZACHAROGIANNIS; FARRALLY, 1993; COSTA; LIMA; DE-OLIVEIRA, 2007), e ainda, superestimam a MLSS (BOURGOIS; VRIJENS, 1998). As demais variáveis fisiológicas não foram mensuradas neste teste.

Os resultados do teste incremental em esteira do atleta 1, pré-treinamento, estão mostrados na figura 3 e tabela 2.

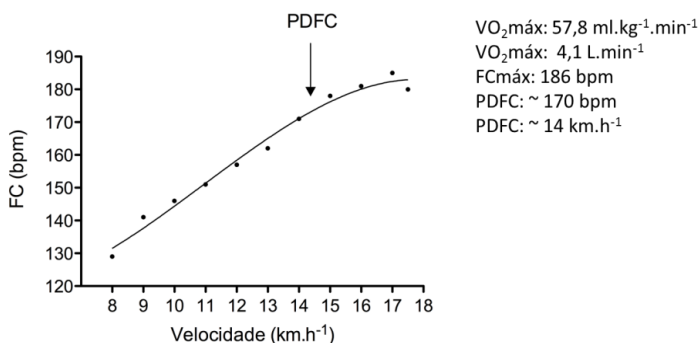


Figura 3- PDFC durante o teste incremental de 1 minuto em esteira (pré).

No teste incremental em esteira, o PDFC ocorreu em uma FC próxima às encontradas no primeiro estágio do teste incremental em

slide board longo (168 bpm) e ao PDFC no teste incremental curto (170 bpm).

Tabela 2- Variáveis fisiológicas medidas durante o teste incremental em esteira (pré)

Velocidade	VO₂	%VO₂max	FC	%FCmax	RER
8	31.1	54	129	69	0.83
9	32.3	56	141	76	0.86
10	35.4	61	146	78	0.84
11	36.1	62	151	81	0.83
12	41.2	71	157	84	0.86
13	44.2	77	162	87	0.94
14	47.3	82	171	92	0.98
15	50.9	88	178	96	0.99
16	53.6	93	181	97	1.02
17	56.1	97	185	99	1.04
17.5	47.9	83	180	97	1.11

Observamos que o VO_{2max} atingido durante o protocolo de esteira foi bem próximo ao valor de VO_{2max} encontrado no teste incremental em *slide board* (57,8 e 55,3 ml.kg⁻¹.min⁻¹ respectivamente).

Os resultados do teste incremental longo em *slide board* do atleta 1, pós-treinamento, estão mostrados na figura 4 e tabela 3.

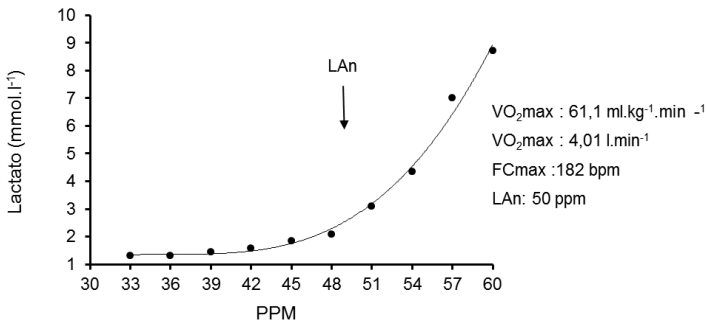


Figura 4- Comportamento do [Lac] durante o teste incremental de 3 minutos em *slide board* (pós).

Após um treinamento de 2 semanas em *slide board* na cadência correspondente ao LAn, o atleta 1 realizou um segundo protocolo incremental longo em *slide board*. A curva [Lac] x intensidade teve uma

tendência de crescimento exponencial, onde é possível identificar as zonas de transição metabólica, tanto pela análise visual da curva do lactato quanto pelas concentrações fixas de [Lac]. Observamos que, quando comparamos os valores dos testes pré e pós-treino, a curva de lactato teve um deslocamento para a direita, indicando uma melhoria nos índices relacionados à [Lac] para a mesma intensidade.

Tabela 3- Variáveis fisiológicas medidas durante o teste incremental longo em *slide board* (pós)

Cadência	[Lac]	RER	VO₂	%VO₂	FC	%FC_{max}
30	--	0.81	26.1	42	107	57
33	1.32	0.87	28.7	47	115	62
36	1.31	0.90	30.3	49	118	63
39	1.45	0.89	32.5	53	125	67
42	1.57	0.89	35.3	57	132	71
45	1.85	0.87	39.4	64	140	75
48	2.07	0.87	40.6	66	140	75
51	3.1	0.88	41.6	68	146	78
54	4.35	0.90	43.9	72	154	83
57	7	0.92	45.5	74	160	85
60	8.7	0.97	49.5	81	168	90
63*	--	1.02	54.5	89	177	95

**estágio incompleto*

Na tabela 3 pode-se observar que todos os critérios propostos por Lacour et al (1991) para determinação do VO_{2max} foram alcançados durante o teste.

Os resultados do teste incremental em esteira do atleta 1, pós-treinamento, estão mostrados na figura 5 e tabela 4.

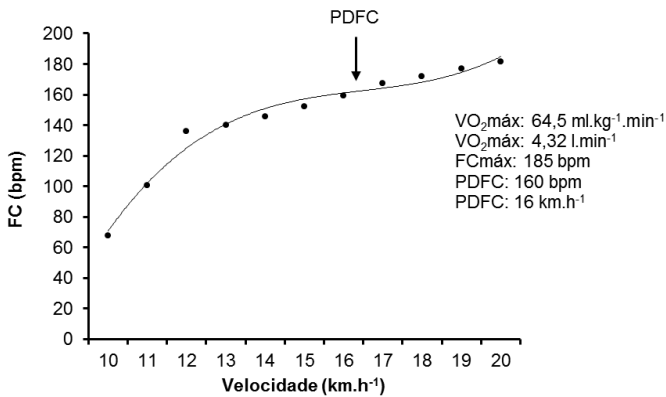


Figura 5- PDFC durante o teste incremental de 1 minuto em esteira (pós).

Observamos que no teste em esteira pós-treino, houve uma melhora nos índices fisiológicos em relação ao teste em esteira pós-treinamento. A velocidade do PDFC aumentou de 14 para 16 km.h⁻¹ e o $VO_{2\text{máx}}$, tanto relativo quanto absoluto, também aumentaram do pré para o pós teste. Comparando o teste de esteira com o teste incremental em *slide board* pós-treino, observamos valores similares no $VO_{2\text{máx}}$ (64,5 x 61,1 ml.kg⁻¹.min⁻¹) e $FC_{\text{máx}}$ (182 x 185 bpm).

Tabela 4- Variáveis fisiológicas medidas durante o teste incremental em esteira (pós)

Velocidade	VO_2	% $VO_{2\text{máx}}$	FC	% $FC_{\text{máx}}$	RER
10	9.4	15	67.8	37	0.84
11	23.2	36	100.8	54	0.84
12	38.8	60	136.2	74	0.81
13	41.9	65	140	76	0.84
14	45.5	71	145.6	79	0.86
15	48.2	75	152.2	82	0.88
16	52.1	81	159.2	86	0.88
17	56.2	87	167.2	90	0.93
18	58.9	91	171.8	93	0.98
19	61.4	95	176.8	96	1.02
20	63.6	99	181.6	98	1.06

Observa-se na tabela 4 que o PDFC ocorreu a pouco mais de 86% da FC_{max} , o que está de acordo com os estudos de Hofmann et al. (1994) e Bourgois et al. (2004). Porém, o VO_2 e a FC, tanto relativos ao máximo quanto em valores absolutos no PDFC foram maiores do que os encontrados no LTF2 encontrado pelo método direto em *slide board*, o que indica que o método indireto em esteira rolante pode superestimar estes índices.

3.2 Atletas 2 e 3

Os resultados do teste incremental longo em *slide board* no atleta 2 estão mostrados na figura 6.

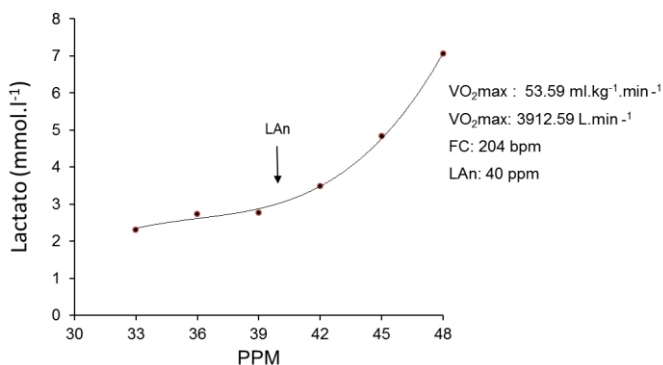


Figura 6- Comportamento do [Lac] do atleta 2 durante o teste incremental de 3 minutos em *slide board*.

A curva [Lac] x intensidade do atleta 2 teve uma tendência de crescimento exponencial, similar a do atleta 1, onde é possível identificar as zonas de transição metabólica, tanto pela análise visual da curva do lactato quanto pelas concentrações fixas de [Lac]. Além disso, todos os critérios propostos por Lacour et al (1991) para determinação do VO_{2max} foram alcançados durante o teste.

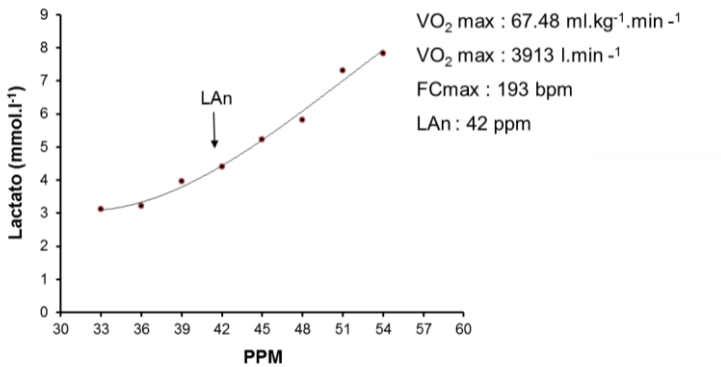


Figura 7- Comportamento do [Lac] do atleta 3 durante o teste incremental de 3 minutos em *slide board*.

Similar aos resultados dos atletas 1 e 2, a curva [Lac] x intensidade do atleta 3 teve crescimento exponencial, que possibilita identificar as zonas de transição metabólica. Todos os critérios propostos por Lacour et al (1991) para determinação do VO₂max também foram alcançados durante o teste. Infelizmente, por falta de disponibilidade de tempo dos atletas que se encontravam na cidade pra uma competição, não foi possível realizar com esses atletas os teste incrementais curtos em esteira e em *slide board*.

3.3 Atleta 4

Os resultados do teste incremental curto em *slide board* do atleta 4 estão mostrados na figura 8 e 9 e na tabela 5.

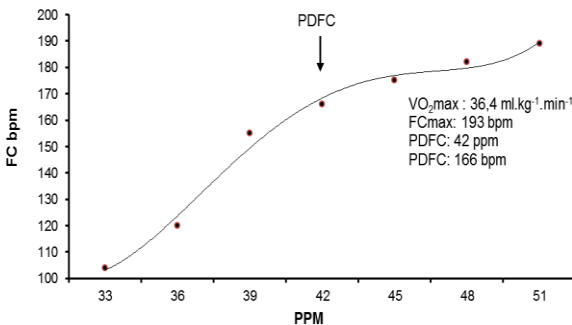


Figura 8- PDFC do atleta 4 durante o teste incremental de 1 minuto (curto) em *slide board*.

O PDFC do atleta 4 correspondeu aproximadamente a uma cadência de 42 ppm e FC de 166 bpm, o que está de acordo com seu baixo condicionamento físico no momento do teste devido a uma lesão.

Tabela 5- Variáveis fisiológicas medidas durante o teste incremental curto em *slide board*

Cadência	FC	%FC_{max}	VO2	%VO_{2max}	RER
33	104	54	12.5	29	1.20
36	120	62	22.1	51	0.95
39	155	80	35.3	81	0.84
42	166	86	36.4	84	0.92
45	175	91	39.1	90	0.96
48	182	94	40.0	92	0.99
51	189	98	42.3	97	1.05

Observa-se na tabela 5 que o teste foi máximo, pois seguiu os critérios propostos por Lacour et al (1991), apesar de não termos as informações da [Lac].

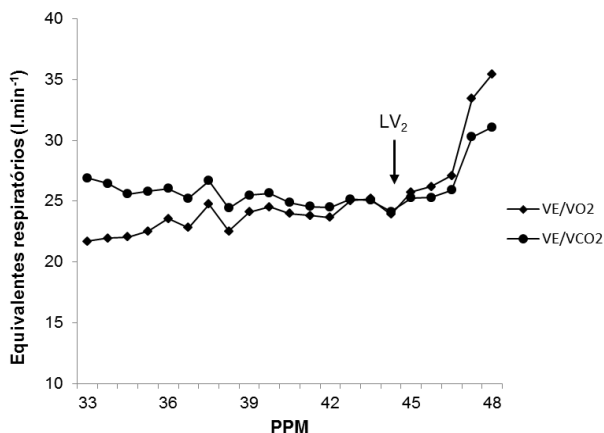


Figura 9- Equivalentes respiratórios e segundo limiar ventilatório (LV₂) durante o teste incremental curto em *slide board*

Observa-se na figura 9 que o LV₂ ocorreu em uma intensidade acima do PDFC (45 ppm). O baixo nível de preparo físico do atleta no período em que foi aplicado o teste pode ter dificultado a determinação

precisa do PDFC. A exatidão destes dois índices são fundamentais para determinação indireta do LTF2 em *slide board*.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, os protocolos curtos e longos em *slide board*, investigados nos estudos pilotos, mostraram-se consistentes e capazes de gerar uma resposta fisiológica adequada para a avaliação das variáveis determinantes da performance na patinação de velocidade *inline*.

As [Lac] correspondentes ao LTF2 durante os testes em *slide board* ficaram próximas de 4 mmol.l⁻¹. As [Lac] encontradas em outros estudos com patinadores foram maiores do que as encontradas no ciclismo nas mesmas intensidades (FOSTER et al., 1999), devido provavelmente ao grande número de massa envolvida e a restrição do fluxo sanguíneo devido a postura adotada.

É importante observar que a familiarização com o *slide board* e a capacidade de manutenção do ritmo pelo atleta é imprescindível para a aplicação do teste, caso contrário, a resposta fisiológica será alterada pela perda da cadência e o esforço não será máximo. Consequentemente, a interpretação dos resultados poderá ser limitada.

Os resultados encontrados nos estudos pilotos motivam a continuidade das investigações em um número maior de atletas, para realização da validade concorrente e de constructo do teste.

REFERÊNCIAS

BALDARI, C.; GUIDETTI, L. A simple method for individual anaerobic threshold as a predictor of max lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, p. 1798-1802, 2000.

BOURGOIS, J.; VRIJENS, J. The Conconi test: a controversial concept for the determination of the anaerobic threshold in young rowers. **International Journal of Sports Medicine**, v.19, p.553-559,1998.

BOURGOIS, J. et al. Validity of heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold concepts during cycling. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.18, n.3, 498-503, 2004.

CelliniM, Vitiello P, Nagliati A, Ziglio PG, Martinelli S, Ballarin E, Conconi

F. Noninvasive determination of the anaerobic threshold in swimming. *Int J Sports Med* 1986; 7: 347–351

COSTA, V. P.; LIMA, J.R.P.; DE-OLIVEIRA, F. R. Identificação de limiares metabólicos em curvas de frequência cardíaca ajustadas. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v.21, n.3, p. 219-227, 2007.

FOSTER, C. et al. Evidence for restricted muscle blood flow during speed skating. **Medicine and Science in Sports Exercises**, v. 31, n. 10, p. 1433-40, 1999.

HOFMANN, P. et al. Heart rate threshold related to lactate turn point and steady state exercise on a cycle ergometer. **European Journal of Applied Physiology**, v, 69, p. 132-139, 1994.

LACOUR, J.R. et al. Assessment of running velocity at máxima l oxygen uptake. **European Journal of Applied. Physiology**, v. 62, p. 77-82, 1991.

ZACHAROGIANNIS, E.; FARRALLY, M. Ventilatory threshold, heart rate deflection point and middle distance running performance. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 33, p. 337-347, 1993.

ANEXO A – Parecer do comitê de ética**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Validade do teste incremental em slide board para determinação de índices fisiológicos determinantes da performance na patinação de velocidade in-line.

Pesquisador: Saray Giovana dos Santos

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Versão: 2

CAAE: 14993513.1.0000.0121

Instituição Proponente:

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA **Patrocinador**

Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 315.488 **Data**

da Relatoria: 24/06/2013

Apresentação do Projeto:

"Validade do teste incremental em slide board para determinação de índices fisiológicos determinantes da performance na patinação de velocidade in-line". A patinação de velocidade é uma modalidade aeróbia de resistencia com características próprias quanto a demanda fisiologia e padrão motor, que pode ser praticada tanto com patins especializados para o gelo quanto patins com rodas (roller ou in-line). Devido a escassez de estudos que investiguem as respostas fisiológicas da patinação de velocidade in-line e a inexistência de um protocolo específico para tal, este estudo objetiva investigar a validade de um teste incremental máximo em slide board, específico para determinar os índices fisiológicos determinantes da performance na patinação de velocidade in-line.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo primário é investigar a validade de um teste incremental máximo em slide board, específico para determinar os índices fisiológicos determinantes da performance na patinação de velocidade in-line.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo os pesquisadores os testes não trazem maiores riscos aos participantes, pois todas as precauções e procedimentos corretos para coleta de sangue serão providenciados e, os possíveis desconfortos como dor e efeitos adversos causados pelas medidas antropométricas e pela coleta de sangue do lóbulo da orelha foram informados no TCLE. Como benefícios os atletas terão as determinações das suas intensidades ideias de treino, específica para a modalidade, além de outras informações necessárias para prescrição do treinamento.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata o presente de um Projeto de Tese do Programa de Pós Graduação em Educação Física da UFSC, cujos resultados serão utilizados para avaliação e prescrição das intensidades específicas de treino dos atletas. A validação de patinadores em testes específicos correspondem com a performance, e demonstram a especificidade da demanda fisiológica e biomecânica dessa modalidade. Poucos estudos até então utilizaram testes de esforço incrementais específicos para a modalidade de patinação in-line. O projeto se encontra devidamente instruído, com critérios de inclusão e exclusão bem definidos, TCLE adequado aos participantes assinatura do participantes, incluindo os possíveis riscos da pesquisa. Desta forma, atende a Resolução nº196/96 e normas complementares. Recomendamos a sua aprovação.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Documentação completa.

Recomendações:

Como o TCLE contém mais de uma página, lembrar de rubricá-las quando da assinatura do mesmo. Corrigir os erros de digitação no TCLE.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não foram encontradas pendências ou inadequações neste projeto.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FLORIANÓPOLIS, 25 de Junho de 2013

Assinador por:

Washington Portela de Souza (Coordenador)