

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

CARLOS HENRIQUE SPERB

**VALIDAÇÃO DA MEDIDA DE POTÊNCIA DE PEDAIS INSTRUMENTADOS
COMERCIAIS GARMIN VECTOR A PARTIR DO CICLOERGÔMETRO LODE
EXCALIBUR**

Porto Alegre, 2015

CARLOS HENRIQUE SPERB

**VALIDAÇÃO DA MEDIDA DE POTÊNCIA DE PEDAIS INSTRUMENTADOS
COMERCIAIS GARMIN VECTOR A PARTIR DO CICLOERGÔMETRO LODE
EXCALIBUR**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Educação
Física, Fisioterapia e Dança da
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul como requisito para a obtenção do
grau de Bacharel em Educação Física.**

ORIENTADOR:

PROF. DR. MARCO AURÉLIO VAZ

Porto Alegre, 2015

Carlos Henrique Sperb

**VALIDAÇÃO DA MEDIDA DE POTÊNCIA DE PEDAIS INSTRUMENTADOS
COMERCIAIS GARMIN VECTOR A PARTIR DO CICLOERGÔMETRO LODE
EXCALIBUR**

Conceito final:

Aprovado em dede.....

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr.Giovani dos Santos Cunha - Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Orientador
Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz - Universidade Federal do Rio Grande
do Sul

RESUMO

O ciclismo é um esporte de reconhecidas demandas biomecânicas e fisiológicas e portanto um bom desempenho depende da correta avaliação das intensidades de treinamento entre outros fatores. A prescrição de treino tradicional no ciclismo é baseada em valores de frequência cardíaca para determinar intensidades de treinamento. Porém este indicador sofre influências de fatores como temperatura, desidratação e níveis de catecolaminas que podem fazer com que as cargas de treinamento não sejam as mais adequadas. Para contornar esse problema pode-se utilizar a potência para o controle das cargas de treino. É importante saber se os diferentes medidores de potência vendidos no mercado são confiáveis pois variações em suas medidas tem repercussões no programa de treinamento. O objetivo deste trabalho foi verificar a validade e repetibilidade das medidas de potência dos pedais Garmin Vector frente ao cicloergômetro Lode Excalibur. Dez ciclistas treinados (idade de $29 \pm 5,7$ anos, massa $79,6 \pm 8,1$ Kg, estatura $184,1 \pm 7$ cm, potência máxima $427,5 \pm 29,9$ W) foram submetidos a um teste máximo de ciclismo (carga inicial 100W, incrementos de 25W/min) em um cicloergômetro equipado com pedais medidores de potência. Os valores obtidos pelo dispositivo da Garmin foram comparados com os do cicloergômetro através de testes de t de *student*, ICC e Bland-Altman. O pedal subestimou os valores do dispositivo referência e não houve correlação entre eles. Altos valores de coeficiente de variação nas sucessivas medidas feitas pelo pedal também foram observados indicando baixa repetibilidade deste dispositivo. A diferença na taxa de aquisição de dados entre os dispositivos comparados é a provável causa para tal achado.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 METODOLOGIA.....	4
2.1 Desenho experimental	4
2.2 Participantes.....	5
2.3 Critérios de inclusão e exclusão.....	6
2.4 Coleta de dados.....	6
2.5 Análise dos dados.....	7
2.6 Análise e estatística	8
3 RESULTADOS.....	8
4 DISCUSSÃO.....	11
5 CONCLUSÃO.....	13
6 REFERÊNCIAS.....	14
7 ANEXOS.....	16

INTRODUÇÃO

Excluído: _____

O ciclismo e suas modalidades [estrada (*speed*) e *mountain bike* (MTB)] é um esporte muito popular mundialmente. Diversas competições são disputadas, destacando-se as grandes voltas de três semanas como *Tour de France*, *Giro d'Italia* e *Vuelta d'España* ou clássicas de um dia como Paris-Roubaix e Milão-San Remo. No caso do MTB, competições da Copa do Mundo organizadas pela UCI e as ultramaratonas como *Cape Epic* e Brasil Ride despontam como as mais exigentes. As altas demandas biomecânicas, fisiológicas e psicológicas impostas aos ciclistas se encontram bem documentadas na literatura (FARIA; PARKER; FARIA, 2005 e LUCAS et al. 2010). Assim um treinamento bem prescrito e executado pode fazer toda a diferença nos resultados das competições.

A prescrição de exercício e treinamento tradicionais usam a frequência cardíaca (FC) para estabelecer zonas de treinamento como forma de monitorar a intensidade do exercício (EARNEST et al. 2005). Por outro lado, há alguns anos, ciclistas profissionais vêm utilizando o monitoramento da potência como indicador para estabelecer zonas de intensidade de treinamento (VOGT et al. 2006). Sendo assim, diversos medidores de potência estão disponíveis comercialmente, tais como pedivelas (SRM Power Meter, MEP e Rotor), cubos (Power Tap) ou em pedais (Garmin Vector e Look Keo Polar). Tais medidores têm sido cada vez mais utilizados em treinamentos, testes de laboratório e competições (SPARKS et al. 2015).

A popularização do uso de medidores de potência para a periodização do treinamento e como avaliador do desempenho está associado ao fato de que apenas o monitoramento da frequência cardíaca pode levar a uma inadequada distribuição das cargas de treino, superestimando o tempo gasto em zonas moderadas de esforço e subestimando as intensidades mais leves e as mais intensas. Isto se deve a uma resposta mais lenta do sistema cardiovascular a rápidas mudanças de potência, bem como sua influência a quadros de desidratação e fatores climáticos. Uma das formas de minimizar esse efeito é por meio do monitoramento de potência (VOGT et al. 2006).

Ciclistas da modalidade MTB apresentam diferenças entre a FC média e a potência média durante as provas. A média da frequência cardíaca máxima ($FC_{MÁX}$) ficou em torno de 91%, enquanto a potência gerada no mesmo período foi de 67%

da máxima, com 40% do tempo os ciclistas pedalando em potências abaixo do limiar aeróbico e 20% do tempo em potências supramáximas (STAPELFELDT et al. 2004). Desta forma, a grande variação de potência não acompanhada da frequência cardíaca (que tem um comportamento mais constante) durante a prática do MTB sugere uma especificidade no treinamento desta modalidade (LUCAS et al. 2010).

Entretanto, o uso da potência como preditor de desempenho ou variável para estruturação de programas de treinamento ainda apresenta distorções em suas medidas que podem estar associadas as diferenças entre as potências medidas entre dispositivos ou mesmo por sucessivas medidas realizadas por um mesmo dispositivo. Assim, pode haver a troca de uma zona de esforço predominantemente aeróbica para uma anaeróbica, com tal diferença fisiológica repercutindo sobre os tipos de fibras musculares recrutadas (LUCIA et al. 1998). Tais repercussões têm consequências diretas na formulação dos programas de treinamento. Nesse sentido, se faz necessário verificar se os resultados obtidos em testes laboratoriais podem ser extrapolados para a utilização de dispositivos disponíveis para o uso diário nos treinamentos ou testes de campo.

A confiabilidade de uma medição refere-se ao quanto um método específico de medida produz resultados consistentes durante repetidas mensurações da mesma variável (HOPKINS, 2000). A diferença de valores medidos que podem comprometer a confiabilidade dos métodos de avaliação advém de erros sistemáticos ou aleatórios. Erros sistemáticos quando quantificados podem ser levados em consideração e serem corrigidos por fatores de correção que podem ser calculados. Erros aleatórios comprometem a repetibilidade e conseqüentemente a confiabilidade das medições com interferências sobre os parâmetros fisiológicos como os limiares ventilatórios ou de lactato (HOPKER et al. 2010). Comparações entre diversos dispositivos medidores de potência foram alvo de estudos ao longo dos últimos anos para avaliar a validade e repetibilidade destes equipamentos (pedivelas SRM , cubo traseiro Cyclops PowerTap, pedais Look Keo, entre outros)

Gardner et al. (2004) compararam o pedivela instrumentado SRM Power Meter com o cubo PowerTap, utilizando um equipamento de calibração dinâmica em potências de 50 a 1000W logo após serem calibrados e 11 meses depois. O erro encontrado foi de $2,3 \pm 4,9\%$ e $-2,5 \pm 0,5\%$ respectivamente. Bertucci et al. (2004) comparou os mesmos dispositivos durante teste incremental, com magnitudes de

potência avaliada entre 100 - 450W. Os autores encontraram valores semelhantes ao estudo Gardner et al, com valores ligeiramente menores (Coeficiente de Variação (CV) de 0,9 - 2,9% para o Power Tap e 0,7 - 2,1% para o SRM Power Meter). É importante destacar que o PowerTap não capta a potência perdida na transmissão perdida pela corrente, o que induz a uma diferença esperada entre os dois sistemas de medição. Duc et al. avaliaram e compararam o ErgomoPro, SRM e PowerTap com cargas de 100 a 400 W. Foram observados valores de CV de 4,1%, 1,9% e 2,1% respectivamente sugerindo que o ErgomoPro é menos válido e confiável quando comparado com os outros dispositivos testados. Bini et al. avaliaram o pedivela SRM comparando-o com um pedal instrumentado com *strain gauges*. Foram encontrados valores de potência em torno de 21% superiores no dispositivo comercial quando comparados com o pedal instrumentado (BINI et al., 2011).

Recentemente fabricantes desenvolveram medidores de potência integrados aos pedais (e.g. Look Keo Polar e Garmin Vector). Esses dispositivos mediram potência diretamente na interface bicicleta-ciclista, apresentam menor custo e peso do que os existentes atualmente no mercado (e.g. pedivelas e cubos) e podem ser utilizado em diferentes bicicletas que um ciclista usa em seus treinamentos (SPARKS et. al, 2015). Potência pode ser entendido como o quanto da força aplicada pelo ciclista se traduz em trabalho(kJ) por unidade de tempo(s) ou seja Watts.

Sparks et al. (2015) compararam um pedal com medidor de potência integrado (Look Keo Polar) com um cicloergômetro (SRM) durante testes incrementais máximos, testes de *sprints* de 10s e combinação de ambos. Não foram encontradas diferenças significativas nos valores de potência média entre as diferentes cargas do teste incremental e no teste de *sprints* entre os dois dispositivos. Contudo, quando a potência média total foi avaliada, apenas o protocolo incremental não apresentou diferença enquanto os testes de *sprints* e combinados apresentaram valores médios de potência menores. Ainda assim os valores apresentados estavam dentro dos limites de concordância demonstrando que os dispositivos têm boa concordância entre si, ou seja, apresentam baixo viés. O coeficiente de correlação intraclasse (ICC) em todos os protocolos demonstrou que os dois dispositivos têm forte correlação entre os valores mensurados (r entre 0,929 e 0,989; $p < 0,001$) com erros típicos de 0,40 no teste incremental e 0,21 nos testes de *sprint* e combinado. Porém, quando analisado o teste-reteste, os pedais

Look Keo não se mostraram tão confiáveis. Diferenças nos valores de potência média total entre o primeiro e segundo teste incremental máximo (21 W), *sprint* (15 W) e combinado (19 W) foram observados. Considerando os limites de concordância de 95%, o dispositivo Look Keo apresentou precisão inferior ao SRM.

Além de estudos com medidores de potência comercialmente vendidos para uso em bicicletas de estrada ou MTB, alguns cicloergômetros tem sido extensamente utilizado em ambiente laboratorial para a avaliação de potências em testes com atletas e não-atletas. O cicloergômetro Lode Excalibur é um dos equipamentos mais utilizados para a avaliação do desempenho de atletas em ambiente laboratorial apresentando valores de coeficiente de variação inferiores a 5% (EARNEST et al. 2005).

Devido a possíveis discrepâncias nos valores de potência obtidos entre dispositivos e entre repetidas medições de um mesmo dispositivo é importante avaliar a repetibilidade dos medidores de potência para que se possa ajustar a carga de treinamento da melhor forma.

Portanto o objetivo do presente estudo foi avaliar a repetibilidade das medidas realizadas em diferentes dias testando a validade das medições de potência utilizando um par de pedais instrumentados (Garmin, Vector – USA) comparados com as medições de potência de cicloergômetro (Lode Excalibur – Netherlands) em um protocolo de carga incremental. As seguintes perguntas de pesquisa nortearam o presente estudo: (1) Qual a variância existente na potência medida entre os pedais instrumentados e o cicloergômetro (padrão ouro)? (2) Qual a variância na potência dos dois equipamentos entre dois dias de teste? (3) Os dados de potência obtidos pelos pedais instrumentados podem ser utilizados para a correta monitorização do treinamento de ciclistas? A resposta de cada uma dessas perguntas tem implicação prática e direta no desempenho de ciclistas, pois muitos deles se utilizam dos pedais instrumentados para definir o programa de treinamento. Caso exista um erro relativamente grande na determinação da potência nesses pedais, o uso dos mesmos deve ser feito com cautela a fim de que os ciclistas entendam que o erro do equipamento apresenta limitações que podem comprometer a qualidade do programa de treinamento, e, conseqüentemente, a qualidade do desempenho desses atletas.

METODOLOGIA

Desenho Experimental

Os ciclistas realizaram um teste incremental com carga inicial de 100 W com incrementos de 25 W por minuto até exaustão em um cicloergômetro (Excalibur Sport, Lode Medical Technology, Groningen, Netherlands) equipado com pedais instrumentados (Garmin Vector, Power Meter, USA); Figura 1.



Figura 1-Desenho experimental.

Participantes

Dez ciclistas com idade média de 29 anos, massa média 80 kg, e estatura média 184 cm, participaram do estudo (Tabela 1).

CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA				
	Idade (anos)	Massa (Kg)	Estatura (cm)	Potência Máxima (W)
S1	36	79	191	450
S2	32	86	192	475
S3	27	69	180	450
S4	37	78	182	425
S5	30	70	170	450
S6	23	69	180	425
S7	19	83	181	425
S8	35	85	189	400
S9	29	92	192	400
S10	29	85	184	375
MÉDIA	29	79,6	184,1	427,5

DP	5,7	8,1	7,0	29,9
----	-----	-----	-----	------

Tabela 1- Apresenta os dados antropométricos, bem como os valores individuais de potência máxima, além da média e desvio padrão (DP).

A massa corporal (kg) dos ciclistas foi medida em uma balança portátil eletrônica (modelo UP-150, Urano, São Paulo, Brasil) com resolução de 100 g. A estatura foi mensurada por meio de uma fita métrica (Trena de Fibra Simples, Sanny, São Bernardo do Campo, São Paulo) com resolução de 1 mm. Os ciclistas estavam com roupas de ciclismo e sem calçado para estas medidas.

Os sujeitos participantes do estudo assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido registrado no Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) sob número 281.208.

Critérios de Inclusão e Exclusão

Para participar do estudo, os ciclistas cumpriram os seguintes critérios: (1) possuir idade entre 18 a 40 anos; (2) ser do sexo masculino; (3) estar treinando regularmente há pelo menos dois anos; (4) apresentar volume semanal de treinamento de no mínimo 300 km; (5) atingir um mínimo de 350 W de potência máxima no teste incremental; (6) possuir pelo menos 5 anos de experiência competitiva; (7) não apresentar histórico de lesão nos músculos quadríceps e isquiotibiais, e nas articulações do quadril, joelho e tornozelo, um ano previamente a realização dos testes; (8) não apresentar qualquer restrição médica à execução de testes máximos; (9) não apresentar limitações físicas, cognitivas e/ou psicológicas a execução e/ou compreensão dos testes (Adaptado de ANSLEY e CANGLEY, 2009)

Coleta de Dados

O teste de carga incremental foi realizado utilizando um cicloergômetro (Excalibur Sport, Lode Medical Technology, Groningen, Netherlands – Figura 2) em conjunto com um par de pedais instrumentados (Garmin Vector, USA – Figura 3). Os ciclistas realizaram um aquecimento de 10 minutos com carga de 100 W. Logo após, o teste foi iniciado com carga inicial 100 W durante um minuto, com acréscimos de 25 W a

cada minuto até a exaustão voluntária ou quando uma cadência menor que 70 rpm foi observada. A cadência foi a preferencial de cada indivíduo (LUCÍA et al. 2002).



Figura 2. Cicloergômetro de controle eletromagnético (Excalibur Sport, Lode Medical Technology, Groningen, Netherlands).



Figura 3. Pedais instrumentados e ciclocomputador (Garmin Vector e Edge 500, USA).

Os dados de potência foram adquiridos por meio dos pedivelas instrumentados do cicloergômetro e exportados por meio do *software* Lode Ergometry Manager (Excalibur Sport, Lode Medical Technology, Groningen, Netherlands), bem como de um par de pedais instrumentados (Garmin Vector, USA) e extraídos do ciclocomputador (Garmin Edge 500, USA).

Análise dos Dados

Os dados de potência média foram analisados em todos os estágios do teste incremental. Foi calculada a média de potência entre o vigésimo e quadragésimo segundo em cada estágio do teste incremental de ambos os instrumentos: pedivelas instrumentados do cicloergômetro (Excalibur Sport, Lode Medical Technology, Groningen, Netherlands) e pedais instrumentados (Garmin Vector, USA).

Análise e Estatística

A análise e estatística dos dados foi realizada a partir dos cálculos de potência média no referido teste para todos os sujeitos (Média \pm DP e CV). Testes t de Student para amostras dependentes foram utilizados para análise de possíveis diferenças entre os valores das potências médias obtidas com cada dispositivo (Lode vs Garmin). O Índice de Correlação Intra classe (ICC) também foi utilizado para correlacionar os valores de potência média em cada estágio obtidos a partir dos instrumentos de avaliação. O ICC foi classificado como Forte ($r = 0.70 - 1.00$); Médio ($r = 0.40 - 0.69$); ou Fraco ($r < 0.40$) e nível de significância de $\alpha \leq 0,05$; com o *software* SPSS, USA. A escala de Cohen foi usada para calcular o erro típico e foi calculada para ambos dispositivos segundo o método de Hopkins(2012), onde 0,2 é considerado pequeno, 0,6 é considerado moderado, 2,0 grande e 4,0 muito grande.

O teste de Bland e Altman (1986) foi utilizado para ilustrar a concordância entre as medidas obtidas pelos dispositivos e tem por objetivo identificar o viés [média da diferença entre pedivelas (padrão validado) e pedais preditor] e os limites de concordância ($\pm 1,96$ desvio padrão ou intervalo de confiança de 95%). O teste t simples foi utilizado para comparar a diferença entre as potências mensuradas pelos diferentes instrumentos. Uma linha horizontal é desenhada na diferença média, e outras duas, nos limites de concordância (que são definidos como a diferença média de mais ou menos 1,96 vez o desvio padrão das diferenças, ou seja, o intervalo de confiança é de 95%; com o *software* Excel, USA).

RESULTADOS

Os resultados do presente estudo demonstram que as potências mensuradas pelos pedais Garmin Vector foram inferiores aquelas mensuradas pelo cicloergômetro Lode Excalibur em todos os estágios ($p \leq 0,05$); Tabela 2.

Tabela 2- Resultados de potência média e desvio padrão em cada um dos estágios do teste incremental para os pedivelas do Cicloergômetro Lode Excalibur e dos pedais Garmin Vector.

Potência Imposta	LODE	GARMIN	Valor de p
100 W	108 ± 3,4	88 ± 23,1	0,01
125 W	134 ± 3,8	109 ± 26,6	0,01
150 W	158 ± 2,6	132 ± 32,1	0,03
175 W	185 ± 2,7	157 ± 33,3	0,03
200 W	211 ± 3,7	189 ± 26,0	0,03
225 W	237 ± 4,0	214 ± 25,5	0,02
250 W	264 ± 4,8	237 ± 28,8	0,02
275 W	290 ± 4,3	266 ± 28,1	0,03
300 W	315 ± 2,4	288 ± 30,7	0,02
325 W	340 ± 3,4	315 ± 27,1	0,03
350 W	368 ± 5,0	346 ± 27,7	0,04
375 W	391 ± 7,9	373 ± 24,1	0,05
400 W	415 ± 3,9	398 ± 18,8	0,03

* diferença significativa entre o Cicloergômetro Lode Excalibur e os Pedais Garmin Vector ($p \leq 0,05$).

Os resultados referentes ao ICC indicam baixa correlação entre os valores de potência medidos pela Lode Excalibur *versus* os medidos pelos pedais Garmin Vector. Além disso, os pedais Garmin Vector apresentaram elevados coeficientes de variação e erro típico, sempre maiores que os adquiridos pela Lode Excalibur em todas os estágios de potência mensurados (Tabela 3).

Potência Imposta	ICC		LODE		GARMIN	
			CV	ET	CV	ET
	r	p	%		%	
100 W	0,28	0,32	3,2	1,1	26,4	7,3
125 W	0,16	0,40	2,8	1,2	24,3	8,4
150 W	0,17	0,39	1,6	0,8	24,3	10,2
175 W	0,42	0,47	1,5	0,9	21,3	10,5
200 W	-0,18	0,59	1,8	1,2	13,8	8,2
225 W	-0,29	0,65	1,7	1,3	11,9	8,3
250 W	0,08	0,45	1,8	1,5	12,1	9,1
275 W	-0,23	0,62	1,5	1,4	10,5	8,9
300 W	-0,05	0,53	0,8	0,8	10,6	9,7
325 W	-0,58	0,75	1,5	1,6	8,6	8,6
350 W	-0,13	0,57	1,8	2,1	8,0	8,8
375 W	-0,18	0,60	2,0	2,5	6,5	7,6
400 W	-0,69	0,77	0,9	1,2	4,7	6,0

Tabela 3- Resultados dos valores de Índice de Correlação Intra Classe (ICC), Coeficiente de Variação (CV) e Erro Típico (ET), entre as potências mensuradas pelos pedivelas do Cicloergometro Lode Excalibur e dos Pedais Garmin Vector

Os resultados de concordância (BLAND e ALTMAN, 1986) entre as potências mensuradas pelos pedivelas Lode Excalibur e pelos pedais Garmin Vector demonstram haver elevados valores negativos de viés em todas as potências: 100 W = -20,5; 200 W = -22,4; 300 W = - 26,9; 400 W = -17,2. Além disso, por meio da análise do teste t simples foi encontrada diferença significativa entre as diferenças das 4 potências analisadas ($p \leq 0,03$), indicando que existe diferenças entre as duas medidas de potência (Lode X Garmin); Figura 4.

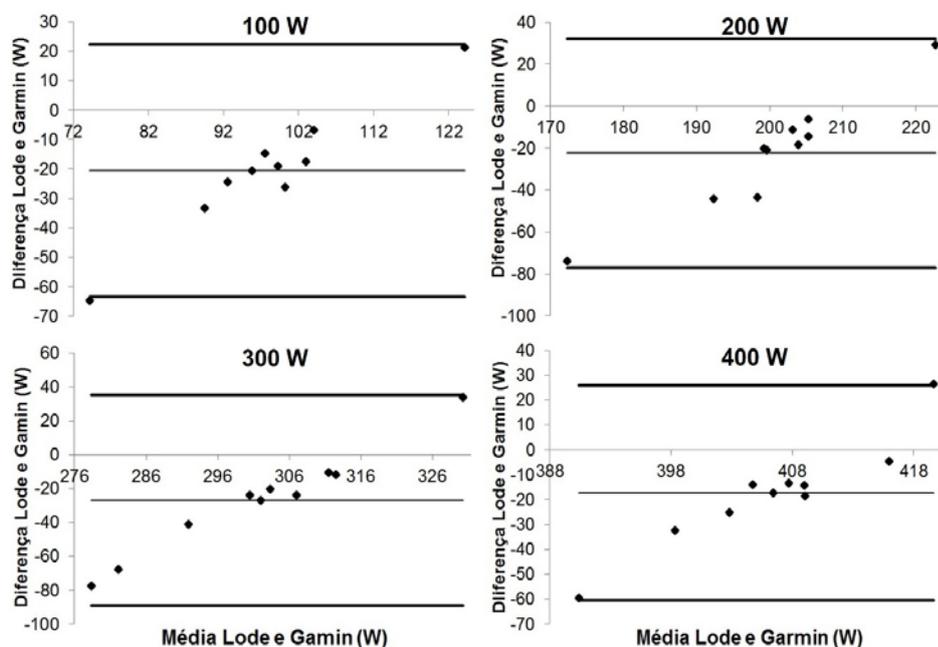


Figura 4. Resultados de concordância entre a média e a diferença das potências mensuradas pelos pedivelas da Lode Excalibur e dos pedais Garmin Vector utilizando o método de Bland e Altman (1986).

DISCUSSÃO

Para o nosso conhecimento, o presente estudo é o primeiro a avaliar a repetibilidade e a validade do dispositivo Garmin Vector. Os resultados demonstraram que o sistema Garmin Vector não fornece valores condizentes com aqueles do equipamento de referência (Lode Excalibur) na faixa de potência compreendidas entre 100-400 W. Além disso, os pedais Garmin Vector apresentaram elevados valores de coeficiente de variação em potências baixas (100-200 W), enquanto que nas maiores potências (300-400 W) o coeficiente de variação é menor. Estes resultados fornecem indicativos que os pedais Garmin não possuem confiabilidade nas medidas em distintas potências, já que há maiores erros de medida nas menores potências.

Os resultados não apresentaram associação entre os valores mensurados entre os dispositivos, com os pedais Garmin apresentando medidas de potência

significativamente diferentes daqueles medidos pelo cicloergômetro com valores de correlação fracos em todas as faixas de potência analisadas (tabela 3). Valores médios de potência significativamente diferentes foram encontrados entre os dois dispositivos em todas as potências analisadas (tabela 2) com o pedal Garmin sempre subestimando a potência medida. Assim não se pode afirmar que os pedais podem ser validados perante o cicloergômetro. Tal diferença pode ser creditada a diferente taxa de aquisição de dados dos dois dispositivos. Enquanto a Lode adquire os dados de potência 5 vezes por segundo (5Hz), o dispositivo Garmin tem uma taxa de aquisição de apenas 1Hz. Como o ciclo completo de uma pedalada em uma cadência de 90 rpm por exemplo dura menos de um segundo, pode-se sugerir que a medição no pedal não aconteça no pico de potência produzida. Isso explicaria uma menor potência medida por esse dispositivo. Da mesma forma isso contribuiria para um maior erro por parte do pedal pois a medição de potência sempre se daria em diferentes ângulos do ciclo da pedalada. É de conhecimento que o pico de torque ocorre em torno de 90 graus (COYLE et al. 1991). Como o cicloergômetro mede o torque a cada dois graus do ciclo e converte esses valores em potência cinco vezes por segundo é provável que os picos de torque sejam contemplados nessas medições explicando as diferenças entre os dispositivos.

A repetibilidade das medições do pedal Garmin pode ser avaliada pelo coeficiente de variação e erro típico cujos valores estão dispostos na tabela. Altos índices de variação (4,7- 26,4%) em todas as potências avaliadas e erros típicos entre 6,0 - 10,2 (erro grande) comprometem os valores mensurados em sucessivas medições. A provável justificativa para tal discrepância é a mesma atribuída anteriormente para a não concordância de valores entre os dois dispositivos, ou seja, diferenças na taxa de aquisição de dados. A mesma hipótese é levantada em estudo semelhante de Sparks et al. (2015) onde foi comparado também um pedal que mede potência (Look Keo) e com um cicloergômetro largamente utilizado em pesquisas (SRM).

As diferenças nas potências medidas pelo pedal não apresentaram um padrão, caracterizando um erro aleatório. Assim um fator de correção que porventura poderia ser aplicado para corrigir os valores mensurados não é aplicável. A mais provável explicação para este erro seria novamente uma baixa taxa de aquisição de dados (1Hz) por parte do dispositivo Garmin fazendo com que a

potência seja medida em diferentes locais ao longo de cada ciclo. O pico de torque e potência se dá em torno dos 90 graus do ciclo de pedalada (COYLE et al. 1991), e os atletas pedalarão com cadências superiores a 60 rpm. Assim a medição de potência nunca se daria no mesmo ponto. Isto, provavelmente ocasionaria os distintos erros encontrados com a utilização dos pedais Garmin Vector.

O método gráfico de Bland e Altman foi usado para ilustrar a concordância nas medições entre os dois métodos. Nas potências ilustradas na figura 4, o viés apresentou valores entre -17,2 e -26,9W. Valores desta magnitude podem representar a diferença entre esforços com repercussões bioenergéticas distintas fazendo com que o ciclista entre em fadiga precoce ou treine em uma intensidade inadequada daquela programada (VOGT et al. 2006).

O modo como o pedal medidor de potência faz as medidas das forças aplicadas e as converte nos valores apresentados é uma incógnita. Se a maneira de como é feito esse cálculo fosse conhecida poderiam ser feitas maiores inferências sobre o funcionamento do mesmo. Talvez a atualização de software com a ampliação da taxa de aquisição dos dados, minimize os problemas apresentados da falta de associação e concordância entre os dois métodos estudados bem como a correção dos elevados CV apresentados pelo pedal. As limitações deste estudo podem ter sido a amostra de dez participantes e a falta de maiores informações acerca de como o fabricante programou o funcionamento do pedal. Estudos com mais ciclistas e com um protocolo de testes que envolva *sprints* onde potências mais altas são atingidas são objetos de estudos futuros.

CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo, demonstram que o Cicloergômetro Lode Excalibur apresentou baixos valores de variação, bem como de erro, apresentando alta confiabilidade dos valores de potências mensurados. Por outro lado, os pedais Garmin Vector, não apresentaram correlações com os valores de potência mensurados pelo cicloergômetro. Além disso, foi encontrado elevados valores de variação e erro para os resultados de potência mensurados pelos pedais Garmin Vector. Estes resultados sugerem então que até o momento há erros elevados não

sistemáticos entre os valores de potência mensurados pelos pedais (baixa repetibilidade), e isto pode gerar problemas para a utilização destes equipamentos na periodização de treinamento dos atletas de ciclismo, triatlo e *mountain bike*.

REFERÊNCIAS

ANSLEY L; CANGLEY P. *Determinantes of “optimal” cadence during cycling. European Journal of Sports and Science*, v.9; n.2: p.61-85, 2009.

BERTUCCI W et al. *Validity and Reliability of a New Mobile Cycle Powermeter International Journal of Sports Medicine*; v.26; p.868–873, 2005

BINI R, HUME P., CERVIRIC A, *A comparison of cycling SRM crank and strain gauge instrumented pedal measures of peak torque, crank angle at peak torque and power output Procedia Engineering* v.13 p.56–61, 2011

BINI R; HUME P; *Between-day reliability of pedal forces for cyclists during an incremental cycling test to exhaustion Isokinetics and Exercise Science* v.21 p.203–209,2013

BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. *Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet*, v.8; p.307-310, 1986.

COYLE EF, FELTNER ME, KAUTZ SA, HAMILTON MT, MONTAIN SJ, BAYLOR AM, ABRAHAM LD, PETREK GW *Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. Medicine and Science in Sports and Exercise* v.23;p.93-107,1991

DUC S; VILLERIUS V; BERTUCCI W; GRAPPE F; *Validity and Reproducibility of the Ergomo@Pro Power Meter Compared With the SRM and Powertap Power Meters International Journal of Sports Physiology and Performance* v.2;p.270-281,2007

FARIA EW; PARKER DL; FARIA IE. *The science of cycling: Physiology and training - Part 1. Sports Medicine*. 35(4), 285-312; 2004

GARDNER A S, STEPHENS S, MARTIN D. T, LAWTON E, LEE H. JENKINS D. *Accuracy of SRM and Power Tap Power Monitoring Systems for Bicycling. Medicine Science. Sports Exercise*, V. 36; n.7, p. 1252–1258, 2004.

HOPKER J , MYERS S , JOBSON S A , BRUCE W , PASSFI ELD L . *Validity and Reliability of the Wattbike Accuracy of SRM and Power Tap Power Monitoring*

Systems for Bicycling, **International Journal of Sports Medicine**, v.10;p.731-736, 2010.

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

HOPKINS WG. *Analysis of validity by linear regression* (Planilha de cálculo do Microsoft Excel). *Sportscience*. 2012. sportsci.org/resource/stats/xvalid.xls

LUCAS R. et al. Aspectos fisiológicos do *mountain biking* competitivo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v.16 p. 459-464. 2010,

LUCIA, A., J. PARDO, A. DURANTEZ, J. HOYOS, AND J.L. CHICHARRO. *Physiological differences between professional and elite road cyclists*. **International Journal. Sports Medicine**. v.19;p.342–348 ,1998.

STAPELFELDT .B ,SCHWIRTZ A, SCHUMACHER YO,HILLEBRECHT M . *Workload demands in mountain bike racing*. **International Journal. Sports Medicine** v.25;p.294-300, 2004.

VOGT S, HEINRICH L, SCHUMACHER YO, BLUM A, ROECKER K, DICKHUTH HH, SCHMID A. *Power output during stage racing in professional road cycling*. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.38;p. 147-151,2006

Anexo 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Linha de Pesquisa: PLASTICIDADE NEUROMUSCULAR

Título do Projeto: **VALIDAÇÃO DO USO DE PEDAIS INSTRUMENTADO GARMIN VECTOR A PARTIR DO CICLOERGOMETRO LODE EXCALIBUR**

Investigadores: Carlos Henrique Sperb e Marco Aurélio Vaz.

Registro no comitê de ética em pesquisa com humanos da UFRGS (CEP-UFRGS)
Telefone CEP-UFRGS para contato 51-33082936

Esse termo de consentimento, cuja cópia lhe foi entregue, é apenas parte de um processo de consentimento informado de um projeto de pesquisa do qual você participará como voluntário. Ele deve lhe dar uma idéia básica do que se trata o projeto, e o que sua participação envolverá. Se você quiser mais detalhes sobre algo mencionado aqui, ou informação não incluída aqui, sinta-se livre para solicitar. Leia atentamente esse termo, a fim de que você tenha entendido plenamente o objetivo desse projeto, e o seu envolvimento nesse estudo como sujeito participante. O investigador tem o direito de encerrar o seu envolvimento nesse estudo, caso isso se faça necessário. De mesma forma, você pode retirar o seu consentimento em participar no mesmo a qualquer momento se assim o desejar. Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa cujo objetivo é investigar validade e confiabilidade dos pedais instrumentados Garmin Vector a partir do cicloergômetro Lode Excalibur.

Todos os sujeitos deste estudo irão realizar testes de ciclismo em dias diferentes. O primeiro protocolo consistirá do seguinte teste: teste incremental máximo para determinação da potência máxima, informações estas que lhe serão disponibilizadas ao término do teste, podendo ser úteis no seu treinamento. O segundo protocolo consistirá de um teste de carga variável com execução de alguns sprints. Todos os protocolos tem por objetivo investigar se as potências medidas com ambos os equipamentos.

Durante a realização de todos os testes, você pedalará em um cicloergômetro com ajustes de acordo com suas preferências e que mimetizem a sua bicicleta real. Também serão solicitadas informações pessoais como nome, idade, e avaliadas a estatura, a massa corporal, dobras cutâneas, o uso de medicamentos e lesões traumato-ortopédicas, além da aplicação de três questionários: (1) Inventário de Waterloo (referente à dominância dos membros inferiores); (2) Anamnese (idade, tempo de experiência em ciclismo, volume de treinamento semanal, horas de treinamento diárias).

Riscos e benefícios: O principal benefício em sua participação voluntária será o recebimento dos resultados dos testes, que serão gratuitos, e irão fornecer importantes informações para seu treinamento, assim como determinar o seu condicionamento competitivo atual por meio de equipamentos utilizados mundialmente na avaliação de atletas. Confidencialidade: Todas as informações obtidas como parte desse estudo permanecerão confidenciais. As únicas pessoas com acesso aos seus resultados pessoais serão os investigadores e bolsistas

envolvidos nesse estudo. Qualquer documento publicado apresentando os resultados desse estudo não identificará os participantes.

A sua assinatura nesse formulário indica que você entendeu satisfatoriamente a informação relativa à sua participação nesse projeto e você concorda em participar como sujeito. De forma alguma esse consentimento lhe faz renunciar aos seus direitos legais, e nem libera os investigadores, patrocinadores, ou instituições envolvidas de suas responsabilidades pessoais ou profissionais. A sua participação continuada deve ser tão bem informada quanto o seu consentimento inicial, de modo que você deve se sentir à vontade para solicitar esclarecimentos ou novas informações durante a sua participação. Se tiver qualquer dúvida referente a assuntos relacionados com esta pesquisa, favor entrar em contato com o Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz (Fone: 3308.5860) ou com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS (Fone: 3308.4085).

Eu, _____, pelo presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, declaro que autorizo a minha participação nesta pesquisa, pois fui informado, de forma clara e detalhada, livre de qualquer forma de constrangimento e coerção, dos objetivos, da justificativa, dos procedimentos que serei submetido, dos riscos, desconfortos e benefícios.

Para maiores informações contate os investigadores: Carlos Henrique Sperb (Fone: 51-93321043 – 3308-5859 – email: ikesperb@yahoo.com.br), ou o Dr. Marco Aurélio Vaz (Fone: 51-33085860 – email: marcovaz@esef.ufrgs.br).

Assinatura do Investigador

____/____/____
Data

Assinatura do Participante

Anexo 2- Anamnese

DADOS INDIVIDUAIS

Nome: _____

Data: _____ Data de nascimento: _____

Idade: _____

Horário: _____ Telefone: _____ Email: _____

ANAMNESE

1. Faz ou fez uso de vitaminas ou complementos alimentares?

não sim Qual (is)? Creatina Aminoácidos Vitaminas e Minerais Carboidratos Outros. Tempo de uso: _____

2. Faz uso de medicamentos?

não sim Qual (is)? Tempo de uso: _____

3. Você tem algum tipo de lesão muscular, articular ou óssea?

não sim Qual (is)? _____

4. Há quanto tempo teve a última lesão? _____

5. Há quanto tempo você é atleta? _____

6. Há quanto tempo você compete? _____

7. Há quanto tempo você treina habitualmente? _____

8. Qual a sua categoria? _____

9. Qual a sua especialidade no ciclismo?

Velocista Fundista Passista Outras (is)? _____

10. Qual a sua melhor colocação em campeonato e qual foi o ano? _____

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

12. Como você classifica o seu estado de treinamento atual?

destreinado pouco treinado treinado bem treinado

13. Você pratica outro tipo de treinamento? _____ Quantas horas por semana? _____

Musculação Natação Alongamentos Corrida Esportes coletivos

14. Você já fez alguma avaliação física em laboratório ou campo?

Nunca fiz Há menos de 2 meses Há 6 meses Há mais de 1 ano

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

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