

A VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA PODE SER USADA PARA ESTIMAR O LIMIAR VENTILATÓRIO EM INDIVÍDUOS COM LESÃO MEDULAR?**CAN HEART RATE VARIABILITY BE USED TO ESTIMATE THE VENTILATORY THRESHOLD IN INDIVIDUALS WITH SPINAL CORD INJURY?** <https://doi.org/10.63330/armv1n9-003>

Submetido em: 06/11/2025 e Publicado em: 12/11/2025

Pablo Rodrigo de Oliveira Silva

PhD Ciências da Reabilitação

Universidade Castelo Branco

E-mail: pablo_oliveira@ymail.comLATTES: <http://lattes.cnpq.br/5331178666276656>**Emanuel Clemente de Oliveira**

Graduado em Educação Física

Centro Universitário São José

E-mail: eclementeedf@gmail.comLATTES: <http://lattes.cnpq.br/8072928899666332>**Pâmela Vitorio Pessoa Vieira**

Graduanda em Educação Física

Universidade Castelo Branco

E-mail: pamela_vitorio@outlook.comLATTES: <http://lattes.cnpq.br/0262747182513437>**Pedro Emanoel Vidal Sampaio**

Graduando em Educação Física

Centro Universitário São José

E-mail: vidalesuacasa@hotmail.comLATTES: <http://lattes.cnpq.br/8308818979724521>**RESUMO**

Pessoas com lesão medular (LM) apresentam maior risco de desenvolver doenças cardiometabólicas do que pessoas sem LM. A prescrição de exercícios aeróbios tem sido recomendada para a prevenção e tratamento dessas doenças. Como padrão ouro para prescrição da intensidade deste tipo de exercício estão os limiares ventilatórios, que para serem medidos são necessários equipamentos sofisticados e profissionais especializados. Por isso, novos métodos para identificar o primeiro limiar ventilatório têm sido criados. Dessa forma, um dos objetivos do estudo foi avaliar a confiabilidade do limiar da variabilidade da frequência cardíaca (LiVFC) em estimar o primeiro limiar ventilatório (LV1) em indivíduos com LM. O outro objetivo foi comparar os valores referentes ao LV1 nas populações estudadas. Este é um estudo seccional com a participação de 17 indivíduos com LM, 09 com tetraplegia, 08 com paraplegia e 10 sem LM. Foi realizado um teste cardiopulmonar em esforço progressivo (TCPE) em cicloergômetro para membros superiores, com carga inicial de 20W, incrementos sucessivos de 2W ou 5W para tetraplégicos, e 5W para os indivíduos paraplégicos e sem LM, a cada minuto, com ciclagem entre 50-60 rpm. Foram consideradas as variáveis: VO₂pico absoluto e relativo, valores de VO₂, do percentual do VO₂ de reserva (%VO₂), da FC, do percentual da FC de reserva (%FCr) e da potência (W) referentes ao LV1. Foram



realizadas comparações entre os subgrupos do estudo (Kruskal Wallis com post hoc de Bonferroni) e a verificação da validade das medidas foram verificadas pelo coeficiente de correlação intraclasse (ICC2,1) e pela abordagem gráfica de Altman e Bland. O nível de significância estatística foi de 5%. Nos tetraplégicos foi observado uma confiabilidade excelente (ICC>0,75) no VO₂ e na potência no ponto do LV1. Nos paraplégicos o ICC foi excelente quanto à potência e aceitáveis quanto ao VO₂ e a potência (ICC>0,40). Os indivíduos sem lesão apresentaram maiores valores quanto ao VO₂ e potência no ponto de LV1 do que os indivíduos com LM ($p<0,01$). Dado o exposto, verificou-se que o LiVFC parece ser um método válido para prescrever a intensidade do exercício aeróbico em pessoas com LM.

Palavras-chave: Tetraplegia; Paraplegia; Limiar ventilatório; Limiar da variabilidade da frequência cardíaca; Consumo de oxigênio.

ABSTRACT

People with spinal cord injury (SCI) are at higher risk of developing cardiometabolic diseases than people without SCI. Prescribing aerobic exercise has been recommended for the prevention and treatment of these diseases. The gold standard for prescribing the intensity of this type of exercise is ventilatory thresholds, which require sophisticated equipment and specialized professionals to measure. Therefore, new methods to identify the first ventilatory threshold have been created. Thus, one of the objectives of the study was to evaluate the reliability of the heart rate variability threshold (HRV) in estimating the first ventilatory threshold (LV1) in individuals with SCI. The other objective was to compare the values related to LV1 in the populations studied. This is a cross-sectional study with the participation of 17 individuals with SCI, 09 with tetraplegia, 08 with paraplegia and 10 without SCI. A progressive cardiopulmonary exercise test (CPET) was performed on a cycle ergometer for upper limbs, with an initial load of 20 W, successive increments of 2 W or 5 W for tetraplegics, and 5 W for paraplegics and individuals without SCI, every minute, with cycling between 50-60 rpm. The following variables were considered: absolute and relative VO_{2peak}, VO₂ values, percentage of VO₂ reserve (%VO₂), HR, percentage of HR reserve (%HRr) and power (W) related to LV1. Comparisons were made between the study subgroups (Kruskal Wallis with Bonferroni post hoc) and the validity of the measurements was verified by the intraclass correlation coefficient (ICC2,1) and the Altman and Bland graphical approach. The level of statistical significance was 5%. In tetraplegics, excellent reliability (ICC>0.75) was observed in VO₂ and power at the LV1 point. In paraplegics, the ICC was excellent for power and acceptable for VO₂ and power (ICC>0.40). Individuals without injury presented higher values for VO₂ and power at the LV1 point than individuals with SCI ($p<0.01$). Given the above, it was found that the LiVFC appears to be a valid method for prescribing the intensity of aerobic exercise in individuals with SCI.

Keywords: Tetraplegia; Paraplegia; Ventilatory threshold; Heart rate variability threshold; Oxygen consumption.



1 INTRODUÇÃO

Pessoas com lesão medular (LM) tem um maior risco de desenvolver de mortalidade precoce do que indivíduos sem LM (Krause; Cao; DiPiro, 2019). Diversos são os fatores que podem contribuir para este fato como o sedentarismo, maior taxa de obesidade e doenças cardiometabólicas (Cragg et al., 2013; Gater, 2007; LaVela et al., 2012). Aliando-se à essas doenças cardiometabólicas, pessoas com LM alta (acima da sexta vértebra torácica) apresentam disfunção autonômica causada pelo comprometimento dos ramos simpáticos (Grigorean et al., 2009).

Estratégias para melhorar a qualidade de vida e saúde têm sido formuladas para diversas populações. Nos últimos anos, tem sido elaboradas recomendações específicas para pessoas com LM, levando em consideração as particularidades deste público como a disfunção autonômica e a termorregulação (Ginis et al., 2018; Goosey-Tolfrey et al., 2018). Essas recomendações incluem exercícios de força e cardiorrespiratórios. Pessoas com LM apresentam alterações no sistema nervoso autônomo (SNA), o que pode influenciar na prescrição do treinamento neste público (Goosey-Tolfrey et al., 2018).

Dentre as recomendações de exercícios físicos propostas por Ginis et al. (2018) e Goosey-Tolfrey et al. (2018) está a prescrição do treinamento cardiorrespiratório. Uma maneira de controlar a intensidade deste tipo de treino é através dos limiares ventilatórios (Maunder et al., 2019). Em exercícios aeróbios, o primeiro limiar ventilatório (LV_1) é considerado um marcador de intensidade. Durante exercícios progressivos, a ventilação pulmonar (VE) aumenta simultaneamente ao incremento da intensidade, aumentando linearmente o consumo de oxigênio (VO_2) e a produção de dióxido de carbono (VCO_2). O LV_1 é definido como o ponto onde ocorre o aumento da VE de maneira não linear ao aumento do VO_2 (Wasserman et al., 2005).

Geralmente, os limiares ventilatórios são determinados através da ergoespirometria em teste cardiopulmonar em exercícios máximos (TCPE), que é considerada o padrão ouro para esta análise. Esse tipo de avaliação necessita de profissionais especializados, além equipamentos com alto custo financeiro (Vasconcellos et al., 2015)). Por esta razão, outros métodos, mais simples e com menor custo financeiro que o método padrão ouro, tem sido criado para estimar o LV_1 .

De acordo com Almeida e Araújo (2003), durante o exercício físico, a FC aumenta inicialmente pela redução da atividade parassimpática e com o incremento da intensidade ocorre o aumento da atividade simpática. Em exercícios progressivos, enquanto ocorre o aumento da carga, os índices da VFC diminuem até haver uma estabilização em seus valores, o que pode estar associado ao LV_1 (Lima; Kiss, 1999). Esse ponto, onde não acontece mais a redução VFC, é chamado de limiar da variabilidade da frequência cardíaca (LiVFC), um marcador específico da retirada vagal (Lima; Kiss, 1999). Diversos autores têm mostrado boa correlação entre o LV_1 e o LiVFC durante exercícios físicos em diferentes populações (Nakamura; Moreira; Aoki, 2010; Novelli et al., 2019; Simões et al., 2016).



O LiVFC pode ser uma ferramenta simples e de baixo custo para estimar a LV₁, visto que através de um TCPE é possível determinar a carga de trabalho onde ocorre o LV₁. Dessa forma, através da avaliação do LiVFC é possível prescrever exercícios aeróbios em intensidades adequadas (Dourado; Guerra, 2013; Lima; Kiss, 1999; Novelli et al., 2019).

Pelo que é de nosso conhecimento o método do LiVFC para estimar o LV₁ ainda não foi aplicado em pessoas com LM em diferentes alturas. Portanto, se torna importante a investigação da concordância entre LV₁ e LiVFC nesta população. Isso se torna interessante, visto que a disfunção cardíaca autonômica é relatada em indivíduos com LM, uma vez que possa influenciar na análise do LiVFC (Bunten et al., 1998; Kyriakides et al., 2019). Portanto, o objetivo deste estudo foi abordar as seguintes questões de pesquisa: 1) Determinar a concordância entre o LV₁ (medido pela avaliação das análises de gases) e o LiVFC (medido através do eletrocardiograma) em pessoas com LM; e 2) determinar se os indivíduos com LM exibem padrões diferentes nas variáveis no ponto do LV₁ comparados a pessoas sem LM.

2 METODOLOGIA

2.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO E AMOSTRA

Foi realizado um estudo observacional do tipo seccional com a participação de 27 indivíduos divididos em 3 grupos: 9 tetraplégicos (Tetra), 8 paraplégicos (Para) e 10 sem LM (Controle). Os participantes com LM do estudo foram selecionados em associações esportivas para indivíduos com tetraplegia e paraplegia. O grupo Controle foi recrutado por meio de divulgação verbal do estudo pelos pesquisadores envolvidos. Como critérios de inclusão para todos os participantes deveriam ser homens, ter idade igual ou superior 18 anos. Para as pessoas sem LM, eles deveriam ser classificados como “irregularmente ativo”, “ativo” ou “muito ativo” a partir do preenchimento do questionário IPAQ versão curta (*International Physical Activity Questionnaire*) (Matsudo et al., 2012). Os critérios de exclusão foram os seguintes: (a) uso de medicamento que tenha impacto sobre as funções metabólica, endócrina ou sistemas cardiovasculares; (b) indivíduos que não consigam executar as manobras necessárias do teste cardiopulmonar de esforço. O protocolo foi aprovado pelo Conselho do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM) (CAAE: 17691113.1.0000.5235), e todos os voluntários assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido antes da participação no estudo.

2.2 PROCEDIMENTOS

Cada sujeito visitou o laboratório uma vez para realizar os seguintes procedimentos: preenchimento de um questionário para caracterização da deficiência e do treinamento, preenchimento do IPAQ, realização de medidas antropométricas, avaliação do controle autonômico e VO₂ em repouso e o TCPE. Todos os testes foram realizados aproximadamente à mesma hora do dia (entre as 7:00hs e as 11:00hs) para evitar



quaisquer efeitos da variação circadiana. Os participantes permaneceram em ambiente silencioso e com temperatura entre 21 e 23º C. Todas as medidas foram realizadas com o avaliado sentado. Todos os testes foram realizados no Laboratório de Esforço Cardiopulmonar do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da UNISUAM.

2.3 AVALIAÇÃO DO VO₂ DE REPOUSO

O VO₂ em repouso foi calculado de acordo com as recomendações de Compher et al. (2006) e Cunha et al. (2013). Antes da avaliação, os indivíduos foram instruídos a não praticar qualquer tipo de exercício físico nas últimas 24 horas, a abster-se de álcool, refrigerantes e cafeína nas oito horas anteriores ao teste. A avaliação foi realizada com os participantes em jejum. Os avaliados fizeram o mínimo de esforço possível para chegar ao local de avaliação. No laboratório, os participantes ficaram sentados e o VO₂ foi medido por 40 minutos. Os avaliados foram orientados a não falar ou se mover excessivamente durante o repouso. O VO₂ em repouso foi considerado como a média dos últimos 5 minutos.

2.4 AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

A massa corporal total (MCT; kg), nas pessoas com LM, foi medida em uma balança eletrônica adaptada para pessoas usuárias de cadeira de rodas (Micheletti; Brasil; capacidade máxima= 300 kg; precisão=100g). Esta balança apresenta a base maior em relação às balanças convencionais, possibilitando que a medida da MCT seja feita com o indivíduo na sua própria cadeira de rodas. A MCT foi determinada pela diferença entre o valor obtido com o indivíduo na cadeira de rodas (kg) menos o valor da cadeira de rodas (kg). Para o grupo controle, a medida foi realizada em uma balança (FILIZOLA; Brasil; 0,1 kg), com os participantes descalços, utilizando roupas leves. A estatura para as pessoas com LM foi determinada através da medida do comprimento do corpo, com o indivíduo em decúbito dorsal com os braços estendidos sobre uma maca, descalço e com a cabeça livre de adereços. A cabeça foi posicionada no plano de Frankfurt. A estatura foi o somatório de distâncias de segmentos entre o plano da planta dos pés e o plano do vértece. Os pontos foram medidos com paquímetro de haste longa (Sanny; Brasil; 0,1 cm). No grupo controle, a medida de estatura foi realizada em um estadiômetro acoplado à balança (FILIZOLA; Brasil; 0,5 cm), também com os participantes descalços, com a cabeça alinhada segundo o plano de *Frankfurt*. O Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado pelo peso (kg)/altura² (m). Este índice é utilizado para avaliar o estado nutricional de um indivíduo. O IMC é considerado a medida mais comumente empregada em estudos de diferentes grupos populacionais, incluindo pessoas com LM (Gupta; White; Sandford, 2006; Laughton et al., 2009). Todas as medidas foram realizadas de acordo com os procedimentos descritos pela Sociedade Internacional para o Avanço da Cineantropometria (*International Society for Advancement in Kinanthropometry; ISAK*)(NORTON; OLDS, 2005).



2.5 TESTE CARDIOPULMONAR DE ESFORÇO PROGRESSIVO

Após a avaliação das variáveis em repouso, os avaliados realizaram um lanche leve. Para a avaliação do controle autonômico cardíaco em esforço, foi realizado um TCPE em um cicloergômetro para membros superiores (Top Excite; Technogym; Itália). Para os tetraplégicos, o protocolo utilizado foi baseado na classificação funcional da modalidade rugby em cadeira de rodas (IWRF, 2019). O protocolo consistiu em: a carga inicial de 20W, aumentando 2W/min para os atletas com classificação funcional para a modalidade menor ou igual a 2,0 (menor funcionalidade) e 5W/min para aqueles com a classificação funcional maior ou igual que 2,5 (maior funcionalidade), para os paraplégicos e para o grupo controle. A ciclagem deveria ser mantida entre 50 e 60 rpm durante todo o teste. Este protocolo foi adaptado do protocolo proposto por Silva e Torres (2002) utilizado para a avaliação de atletas que participaram dos Jogos Paralímpicos de Sidney, em 2000.

Os participantes foram incentivados verbalmente a realizar um esforço máximo. O TCPE teve a característica sintoma-limitante e foi interrompido por solicitação do avaliado ou no aparecimento de algum critério de interrupção, de acordo com o *American College of Sports Medicine* (2018).

Para a análise metabólica dos gases ventilatórios foi utilizado um analisador metabólico de gases (Medical Graphics; VO2000; Estados Unidos). A avaliação da vazão respiratória em tempo real foi realizada utilizando um pnemotacógrafo de fluxo médio, acoplado a um bocal. A ventilação pulmonar e as frações expiradas de O₂ e CO₂ foram medidas respiração-a-respiração (*breath by breath*) e armazenadas e plotadas como a média de 30 segundos pelo software Ergomet (Micromed; Brasil). A temperatura ambiente durante todos os testes variou de 21 a 23°C e a umidade relativa de 55 a 70%.

Os testes foram considerados máximos caso os avaliados atendessem a pelo menos três dos quatro critérios a seguir: a) exaustão voluntária máxima definida pela obtenção de 10 na escala Borg, na escala de 0-10; b) 90% da FCmax prevista (220 – idade) ou presença de um platô de frequência cardíaca (ΔFC entre duas taxas de trabalho consecutivas ≤ 4 bpm); c) presença de um plano VO₂ (ΔVO₂ entre duas taxas de trabalho consecutivas inferiores a $2,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); d) razão de troca respiratória máxima (Rmax) $> 1,10$ (Howley; Bassett; Welch, 1995).

Antes de cada teste, o analisador de gases foi calibrado de acordo com as instruções do fabricante. Para fins de análise, as seguintes variáveis foram consideradas: consumo de oxigênio em repouso e de pico (VO₂pic) relativo (ml/kg.min⁻¹) e absoluto (L/min), FC de repouso e de pico (bpm), ventilação pulmonar (VE; L/min), R máximo (razão da troca respiratória máxima), tempo total de esforço (min) e primeiro limiar ventilatório (LV₁). O pico do VO₂ foi determinado como o maior valor de VO₂ obtido durante o TCPE.



2.6 ANÁLISE DO PRIMEIRO LIMIAR VENTILATÓRIO

O LV₁ foi identificado de acordo com as recomendações propostas por Gaskill et al. (2001), que incluem a combinação de três métodos: (i) método dos equivalentes ventilatórios, onde o LV₁ é definido como o VO₂ correspondente ao primeiro aumento sustentado no equivalente ventilatório de O₂ sem um aumento simultâneo no equivalente ventilatório de CO₂; (ii) método do excesso de dióxido de carbono, sendo o LV₁ identificado como o VO₂ correspondente ao primeiro aumento sustentado do excesso de CO₂ e (iii) método do V-slope modificado com o LV₁ determinado como o valor do VO₂ correspondente ao primeiro ponto de aumento da inclinação do VO₂-VCO₂.

O valor LV₁ final para cada participante foi determinado pela avaliação simultânea de gráficos dos dados plotados para cada um dos três métodos. A inspeção visual para determinar o LV₁ foi realizada independentemente por dois avaliadores experientes. Se a diferença entre os avaliadores em relação ao VO₂ no LV₁ estivesse dentro de 3%, o valor médio foi adotado como resultado. Quando a diferença excedia 3%, um terceiro avaliador foi solicitado a determinar o LV₁.

2.7 DETERMINAÇÃO DO LIMIAR DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

A frequência cardíaca e a VFC foram registrados e armazenados em tempo real durante no repouso e durante o TCPE, utilizando-se o protocolo de 12 derivações (*software* Ergomet; Micromed; Brasil). Esses sinais foram transferidos para o computador com uma frequência de 1000 hz e unidade de tempo de 1 ms. Para tal, foram utilizados eletrodos de prata/cloreto de prata (Ag/AgCl) descartáveis (3M; Brasil). Antes da colocação dos eletrodos, a pele foi devidamente preparada e tricotomizada com auxílio de algodão ou gaze, de forma a minimizar a possibilidade de ruídos, sobretudo durante o esforço. Os dados do ECG foram analisados off-line por dois avaliadores experientes, que identificaram o pico R de cada complexo QRS. Os intervalos R-R foram contatos manualmente e convertidos para o formato de texto para posterior análise. Os intervalos R-R para análise da VFC foram processados conforme as recomendações do *Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology* (1996). O *software* Kubius HRV Premium (*Biomedical Signal Analysis Group*, Departamento de Física Aplicada da Universidade de Kuopio, Kuopio, Finlândia) foi utilizado para calcular os índices da VFC. Para correção dos artefatos foi utilizado o filtro médio do software como usado em outros estudos (Novelli et al., 2019; Souza et al., 2013).

No repouso, os registros dos intervalos R-R pelo eletrocardiograma foram feitos por um período de 10 minutos, porém para otimizar a estabilidade dos sinais da VFC, todos os índices foram calculados com base nos últimos 5 minutos de cada gravação. Na tabela 3 são mostrados os índices da VFC no repouso.

Para determinação do LiVFC, os intervalos R-R foram calculados em janelas de 30 segundos durante o TCPE. Para a identificação do LiVFC foi considerado o seguinte critério: primeira intensidade



de exercício da curva da VFC, em que a diferença entre o valor de SD1 de dois estágios consecutivos seja menor que 1ms. A escolha por este método é devido ao índice utilizado estar relacionado à atividade parassimpática e a avaliação do LiVFC é atribuída principalmente à retirada vagal (Tulppo et al., 1996). Este índice foi utilizado em estudos anteriores (Cunha et al., 2014; Dourado; Guerra, 2013; Karapetian; Engels; Gretebeck, 2008).

2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A normalidade das variáveis foi verificada através do teste *Shapiro-Wilk*. A partir dos resultados obtidos, foi feita a escolha por procedimentos estatísticos não paramétricos, para a análise dos grupos. As comparações das variáveis em repouso e durante o TCPE entre os grupos foram testadas pelo teste Kruskal-Wallis. Nos casos em que houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, o post hoc foi realizado através de teste U de Mann-Whitney com correção de Bonferroni.

A concordância entre o LV₁ e o LiVFC foi verificada por meio do cálculo do coeficiente de correlação intraclasse (ICC) e pela abordagem gráfica de Altman e Bland (Bland; Altman, 1999). O ICC foi calculado por um modelo de análise de variância com efeitos aleatórios (*two-way random ANOVA model*), para análise de confiabilidade (*consistency*) (ICC_{2,1}). Valores de ICC foram classificados da seguinte maneira: <0,40: inaceitáveis; ≤0,40 ICC ≤ 0,75: aceitável e >0,75: excelente (Shrout; Fleiss, 1979; Weir, 2005). Abordagem gráfica de Altman e Bland foi feita a partir das diferenças entre os valores de FC e VO₂ (eixo Y), e a média entre esses valores (eixo X). O limite inferior foi calculado como a média das diferenças - 2 x (desvio-padrão das diferenças) e o limite superior como a média das diferenças + 2 x (desvio-padrão das diferenças) (Bland; Altman, 1999). O gráfico foi construído no software Microsoft Office Excel, versão 2010. Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o IBM SPSS Statistics 20.0 (SPSSTM Inc., Chicago, IL, EUA). Em todos os casos, a significância estatística foi fixada em P ≤ 0,05.

3 RESULTADOS

A idade, as características antropométricas e os valores dos índices da VFC no domínio do tempo e da frequência são mostrados na tabela 1. A comparação entre os grupos não mostrou diferença significativa na estatura e nos índices da VFC. No entanto, foram mostradas diferenças em relação à idade onde o grupo Para se mostrou mais velho que o grupo Controle (p<0,05). O grupo Controle apresentou valores maiores de massa MCT (p<0,01) e IMC (p<0,01) do que o grupo Tetra, assim como os paraplégicos tiveram um valor de IMC maior do que os tetraplégicos (p<0,05).

Na tabela 2 mostra a FC de repouso, FC de pico no TCPE, VO₂ de repouso, VO₂ de pico no TCPE, pulso de O₂, o quociente respiratório máximo, a VE máxima, a potência máxima atingida no TCPE e o



tempo total do teste até a exaustão para cada grupo participante do estudo e a comparação entre eles. Foi constatado que não houve diferença significativa entre os grupos quanto ao VO₂ e FC no repouso. O VO₂ pico, tanto absoluto quanto relativo foi maior nos controles quando comparados aos tetraplégicos ($p < 0,001$) e aos paraplégicos ($p = 0,001$). Os mesmos resultados foram mostrados no pulso de O₂ e na VE máx. A FC pico e o % do VO₂ de pico foram maiores nos controles quando comparados aos tetraplégicos. A potência máxima foi maior nos indivíduos sem LM do que nos grupos Para e Tetra.

Vale ressaltar que dois indivíduos tetraplégicos não alcançaram o LV₁, sendo que em um deles também não foi identificado o LiVFC. Em um terceiro indivíduo tetraplégico também não foi identificado o LiVFC. Dessa forma, nosso número de indivíduos tetraplégicos analisados foi de seis participantes.

Tabela 1 – Características de idade, antropométricas e respostas cardíacas autonômicas de repouso dos participantes de acordo com o nível de lesão medular

	Tetraplegia (n=09)	Paraplegia (n=08)	Controle (n=10)
Idade (anos)	34,0 (25 – 47)	44,5 (25 – 50)	31,5^c (22 – 40)
Estatura (cm)	180 (171 – 188,5)	175 (164 – 184)	181,5 (169 – 185)
MCT (kg)	69 (50,7 – 80,1)	80,2 (58,9 – 100,2)	85,6^b (71,5 – 102,0)
IMC (kg/m ²)	21,7 (16,1 – 23,7]	27,0^a (19,9 – 29,6)	27,0^b (21,6 – 31,5)
Intervalo RR	1016 (714 – 1360)	862 (651 – 1015)	951 (771 – 1445)
SDNN (ms)	46,9 (19,5 – 121,2)	34,1 (12,8 – 92,9)	59,4 (23,1 – 96,9)
rMSSD (ms)	28,8 (13,0 – 128,7)	20,8 (12,8 – 97,4)	50,9 (17,0 – 108,8)
PNN50 (%)	4,6 (1,1 – 70,9)	5,8 (0,2 – 59,2)	24,9 (0,8 – 72,9)
Potência total (ms ²)	1472 (324 – 14896)	1332 (148 – 13041)	3478 (517 – 10610)
LF (ms ²)	735 (136 – 5522)	759 (45 – 11402)	2391 (349 – 7394)
HF (ms ²)	327 (31 – 8561)	136 (66 – 2183)	1014 (55 – 6021)
LH:HF	1,02 (0,4 – 6,9)	2,03 (0,5 – 18,6)	2,27 (0,4 – 22,6)
LF (n.u.)	50,4 (28,3 – 87,4)	65,9 (31,5 – 94,9)	69,3 (28,7 – 95,8)
HF (n.u.)	49,4 (12,6 – 71,7)	34,1 (5,1-68,5)	30,7 (4,2 – 71,3)

Dados em mediana (mínimo-máximo); MCT= massa corporal total; IMC= índice de massa corporal; SDNN = Desvio padrão de todos os intervalos R-R normais; rMSSD = Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos R-R normais adjacentes; PNN50 = Porcentagem dos intervalos R-R adjacentes com diferença de duração maior que 50ms; LF = Low frequency component – componente de baixa frequência; HF = High Frequency component – componente de alta frequência; LF/HF = razão LF/HF; ^aDiferença estatisticamente significante entre os grupos Tetra e Para ($p < 0,05$); ^bDiferença estatisticamente significante entre os grupos Tetra e Controle ($p < 0,01$); ^cDiferença estatisticamente significante entre os grupos Para e Controle ($p < 0,05$).



Tabela 2 – Valores medianos das variáveis cardiorrespiratórias no repouso e durante o teste cardiopulmonar em esforço, de acordo com o subgrupo de análise.

	População			P-valor		
	Tetraplegia (n=06)	Paraplegia (n=08)	Controle (n=10)	Tetra vs. Para	Tetra vs. Controle	Para vs. Controle
VO2 repouso	2,7 (2,5-3,9)	2,1 (1,5-4,9)	2,7 (1,8-4,5)	0,114	0,211	0,173
VO2pico (ml.kg-1.min-1)	13,8 (5,7-16,6)	13,9 (9,6-23,7)	31,8 (22,6-38,6)	0,311	< 0,001	0,001
VO2 pico (L.min-1)	0,9 (0,4-1,2)	1,2 (0,9-2,3)	2,6 (2,0-3,6)	0,192	< 0,001	0,001
FC repouso	64 (52-84)	67 (59-92)	64,5 (42-78)	0,200	0,720	0,360
FC pico (bpm)	123,5 (104-167)	159 (128-178)	179 (150-196)	0,422	< 0,01	0,308
Pulso de O2	6,6 (3,5-8,5)	7,5 (5,9-12,8)	17,0 (10,9-27,8)	0,300	< 0,001	0,001
VE Max (L.min-1)	25,3 (8,4-39,8)	32,4 (29,3-72,1)	75,4 (51,6-91,9)	0,067	< 0,001	0,001
Potência máxima (Watts)	40 (22-60)	57,5 (45-120)	110 (85-135)	0,355	< 0,001	0,046
R Max	1,0 (0,7-1,1)	1,0 (1,0-1,2)	1,1 (0,9-1,6)	0,168	0,418	0,051
%VO2 pico no LV ₁	79,0 (70,1-89,0)	62,2 (32,3-95,4)	53,3 (38,2-73,2)	0,076	< 0,01	1,000
Tempo de exaustão (segundos)	501 (103-1115)	519,5 (373-1271)	1108,5 (789-1389)	1,000	0,020	0,018

Valores em mediana (mínimo-máximo); VO₂ = consumo de oxigênio; FC= frequência cardíaca; VE = ventilação; R = razão da troca respiratória; LV₁ = primeiro limiar ventilatório.

A tabela 3 mostra os valores do VO₂, do percentual do VO₂ de reserva (%VO₂), da FC, do percentual da FC de reserva (%FCr) e potência de trabalho alcançados no LV₁ e no LiVFC. O valor de VO₂, no momento do LV₁, foi maior no grupo Controle do que nos outros grupos, assim como a potência. Entretanto, o percentual do VO₂ de reserva foi menor no grupo Controle do que nos tetraplégicos. A FC no LV₁ foi maior nos paraplégicos que nos tetraplégicos. Foram observados ICCs classificados como excelente com significância estatística no grupo com tetraplegia no VO₂ (ICC = 0,908), no %FCr (ICC= 0,836) e na potência (ICC= 0,828). No grupo de paraplégicos, apenas na potência o ICC foi classificado como excelente (ICC=0,823; p=0,018) e no VO₂, FC e %FCr foram classificados como aceitáveis.



Tabela 3 – Mediana, valores mínimos e máximos do VO₂, %VO₂ de reserva, FC, %FC de reserva e da potência de trabalho no LV₁ e no LiVFC para as populações, bem como estatísticas relevantes para

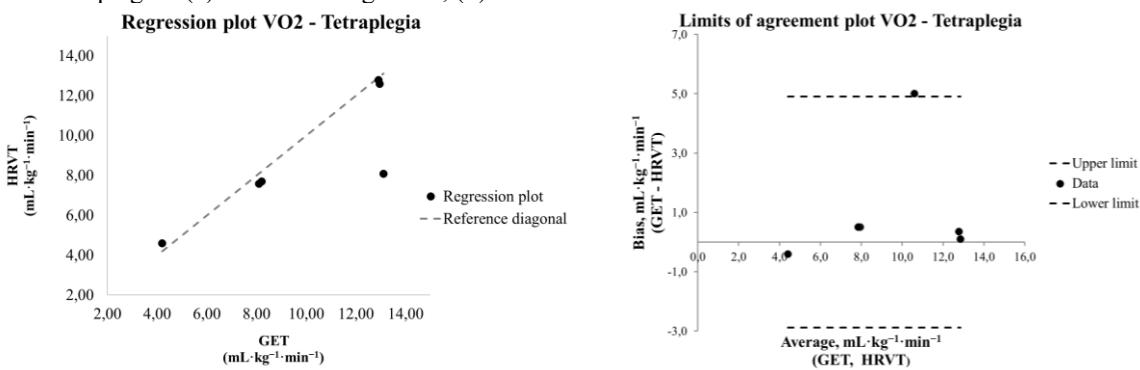
Variável	Mediana (mínimo-máximo) LV1	Mediana (mínimo-máximo) LiVFC	Coeficiente de Correlação Intraclassse (ICC _{2,1}) com intervalo de confiança de 95%	P-valor
VO ₂ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)				
Tetraplegia	12,8 (4,2-13,1)	8,1 (4,6-12,8)	0,908 [0,344; 0,987]	0,010
Paraplegia	10,18 (3,1-14,1)	8,0 (6,0-11,6)	0,411 [-1,940; 0,882]	0,251
Controle	17,0 ^{a,b} (10,5-23,8)	13,0 (6,7-15,9)	0,673 [-0,317; 0,919]	0,056
%VO ₂ reserva				
Tetraplegia	68,5 (50,5-76,5)	60,2 (39,5-73,3)	-0,665 [-10,897; 0,767]	0,705
Paraplegia	54,1 (16,6-94,7)	54,3 (17,5-74,1)	0,354 [-2,226; 0,871]	0,289
Controle	47,9 ^c (34,0-70,8)	30,3 ^a (13,0-51,5)	0,593 [-0,234; 0,924]	0,046
FC (bpm)				
Tetraplegia	108,0 (92,0-130,0)	100,0 (95,0-100,0)	0,357 [-3,593; 0,910]	0,320
Paraplegia	134,5 ^d (111,0-158,0)	118,5 (99,0-135,0)	0,418 [-1,909; 0,883]	0,246
Controle	126,0 (95,0-159,0)	90,5 (79,0-134,0)	0,739 [-0,051; 0,935]	0,029
%FC reserva				
Tetraplegia	58,4 (38,1-87,7)	53,9 (21,0-73,7)	0,836 [-0,174; 0,977]	0,035
Paraplegia	74,8 (56,4-83,3)	55,2 (27,4-85,0)	0,541 [-1,293; 0,908]	0,163
Controle	55,7 ^e (41,1-69,8)	34,3 (13,6-50,4)	0,244 [-2,044; 0,812]	0,342
Potência (watts)				
Tetraplegia	40,0 (24-40)	22,0 (22,0-40,0)	0,828 [-0,232; 0,976]	0,038
Paraplegia	37,5 (30,0-85,0)	27,5 (20,0-50,0)	0,823 [-0,114; 0,964]	0,018
Controle	60,0 ^{b,c} (50,0-80,0)	45,0 ^c (25,0-55,0)	0,136 [-2,480; 0,785]	0,416

Dados em mediana (mínimo-máximo); VO₂ = consumo de oxigênio; FC = frequência cardíaca; ^a diferença significativa entre os grupos Tetraplegia e Controle ($p<0,01$); ^b diferença significativa entre os grupos Paraplegia e Controle ($p<0,01$); ^c diferença significativa entre os grupos Tetraplegia e Controle ($p<0,05$); ^d diferença significativa entre os grupos Tetraplegia e Paraplegia ($p<0,05$); ^e diferença significativa entre os grupos Paraplegia e Controle ($p<0,05$)

Os limites de concordância entre o VO₂ no LV₁ e no LiVFC e a distribuição dos valores encontrados de cada indivíduo do grupo com tetraplegia, de acordo com a abordagem gráfica de Altman e Bland, estão apresentados na figura 1 (a e b). Foi obtido um Bias no VO₂ de 1,010 (mínimo -4,104; máximo 6,124). Na variável analisada, um indivíduo foi encontrado fora dos limites de concordância aceitável.

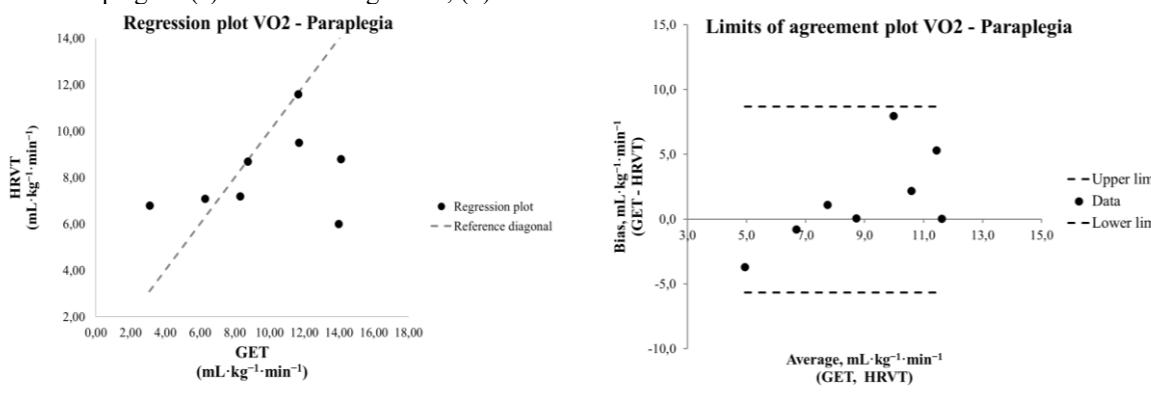


Figura 1: Abordagem de Altman e Bland para a avaliação da confiabilidade entre o LV₁ e o LiVFC, do VO₂ (mL·kg⁻¹·min⁻¹), no grupo com Tetraplegia - (a) Gráfico de regressão; (b) Gráfico dos limites de concordância.



Os limites de concordância entre o VO₂ no LV₁ e no LiVFC e a distribuição dos valores encontrados de cada indivíduo do grupo com Paraplegia, de acordo com a abordagem gráfica de Altman e Bland, estão apresentados na figura 2 (a e b). Foi obtido um Bias no VO₂ 1,508 (mínimo -7,138; máximo 10,154). Na variável analisada os indivíduos foram encontrados dentro dos limites de concordância aceitável.

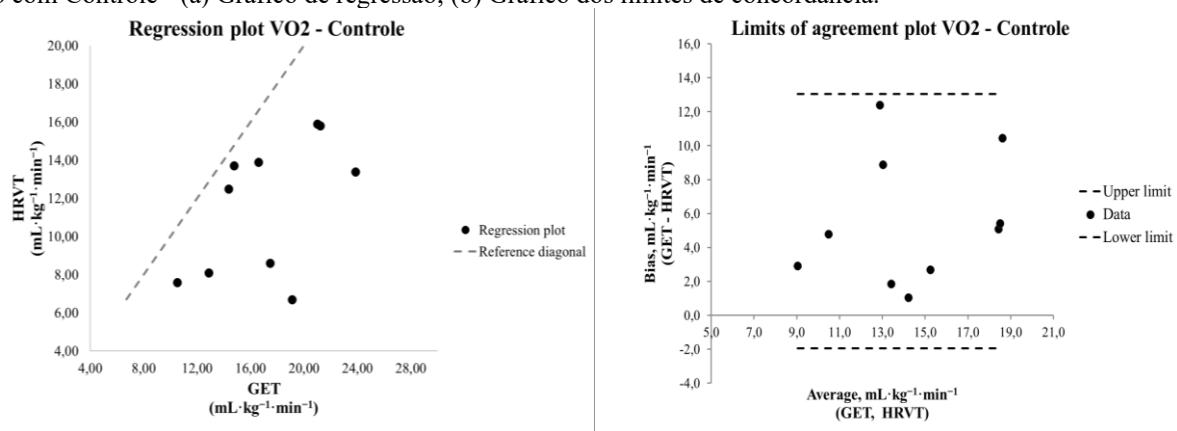
Figura 2: Abordagem de Altman e Bland para a avaliação da confiabilidade entre o LV₁ e o LiVFC, do VO₂ (mL·kg⁻¹·min⁻¹), no grupo com Paraplegia - (a) Gráfico de regressão; (b) Gráfico dos limites de concordância.



Os limites de concordância entre o VO₂ no LV₁ e no LiVFC e a distribuição dos valores encontrados de cada indivíduo do grupo Controle, de acordo com a abordagem gráfica de Altman e Bland, estão apresentados na figura 3 (a e b). Foi obtido um Bias no VO₂ de 3,544 (mínimo -3,110; máximo 14,198). Na variável analisada os indivíduos foram encontrados dentro dos limites de concordância aceitável.



Figura 3: Abordagem de Altman e Bland para a avaliação da confiabilidade entre o LV₁ e o LiVFC, do VO₂ (mL·kg⁻¹·min⁻¹), no grupo com Controle - (a) Gráfico de regressão; (b) Gráfico dos limites de concordância.



4 DISCUSSÃO

O principal objetivo deste estudo foi investigar o nível de concordância entre os métodos do LV₁ e LiVFC em indivíduos tetraplégicos, paraplégicos e sem LM durante o TCPE nas seguintes variáveis: VO₂, %VO₂r, FC, %FCr e potência. Foi comparado também se essas variáveis se diferenciavam entre as populações estudadas. Os principais achados foram que houve uma correlação excelente entre os métodos nos indivíduos tetraplégicos nas variáveis VO₂, %FC reserva e potência. O VO₂ relativo no LV₁ se mostrou maior nos indivíduos sem LM do que nos paraplégicos e tetraplégicos.

Diversos estudos têm mostrado que o LiVFC é um bom preditor do LV₁ (Cunha et al., 2014; Dourado; Guerra, 2013; Paschoal; Fontana, 2011; Sales et al., 2011; Vasconcellos et al., 2015), porém este é o primeiro estudo de concordância entre os métodos em pessoas com LM. Estudos anteriores relatam que o LiVFC é encontrado entre 50 e 60% do VO₂ de pico (Lima; Kiss, 1999; Sales et al., 2011; Tulppo et al., 1996). No nosso trabalho, o LiVFC foi identificado, através da estabilização do índice SD1, com valores de 79, 62 e 53% do VO₂ de pico, nos tetraplégicos, paraplégicos e nos indivíduos sem LM, respectivamente. No entanto, em relação ao percentual de VO₂ de reserva, os valores encontrados foram 53,9, 55,2 e 34,3% no grupo Tetra, Para e Controle, respectivamente.

Dourado e Guerra (2013) observaram, em 40 homens adultos e idosos, que o percentual do VO₂ de pico no LiVFC e no LV₁ apresentaram uma forte correlação ($r=0,84$). Boas correlações também ocorreram em diferentes variáveis no estudo de Cunha et al. (2014) que apresentou correlações entre 0,69 e 0,90, avaliando jovens universitários em diferentes cicloergômetros. No presente estudo foi observado excelente correlação no ($r= 0,908$) ponto do VO₂ em tetraplégicos e correlações aceitáveis nos paraplégicos ($r=0,411$) e em indivíduos sem LM ($r= 0,673$). Em trabalho conduzido por Lima e Kiss (1999) investigou a concordância entre o LV₁ e o limiar de lactato em 16 homens, com idade entre 18 e 31 anos, foi observado uma correlação classificada como “boa” ($r=0,75$) entre a carga do limiar de lactato e do LV₁. A mesma boa concordância foi relatada em jovens moderadamente treinados em relação à carga no LV₁ e LiVFC.



identificado pela estabilização do índice SD1 (Grannell; Vito, 2017).. No mesmo estudo de Grannell e Vito (2017) não houve correlação entre LV₁ e LiVFC identificado pelo índice HF Em nosso trabalho, foi mostrado excelentes correlações na carga de trabalho no grupo Tetra ($r=0,828$; $p=0,038$) e no grupo Para ($r=0,823$; $p=0,018$), assim como no estudo de Cottin et al. (2007) que utilizou o índice HF para estimar o LV₁ em teste incremental. Vasconcellos et al. (2015) encontraram correlações entre o LV₁ e o LiVFC para VO₂ e %VO₂r entre 0,89 e 0,95 ($<0,001$) em estudo com adolescentes obesos utilizando o índice no domínio do tempo rMSSD.

Essa boa associação para o VO₂ entre o LV₁ o LiVFC pode ser explicada pelos ajustes fisiológicos que ocorrem em resposta ao aumento da intensidade do exercício. Sendo o LV₁ é definido como o ponto onde ocorre o aumento da VE de maneira não linear ao aumento do VO₂ (Wasserman et al., 2005). A cinética do O₂, em exercícios com características progressivas, é modificada de acordo com o aumento da acidose metabólica, da hiperventilação, do aumento da demanda muscular e das altas concentrações das catecolaminas circulantes (Mitchell, 1985). Com a instalação da acidose metabólica, os íons hidrogênio produzidos pela decomposição do ácido lático são tamponados pelo bicarbonato de sódio, o que aumenta a formação de CO₂ acima dos níveis normalmente produzidos pelo metabolismo. Esse acúmulo de CO₂ e íons de hidrogênio no músculo e no sangue promovem respostas ventilatórias através dos quimiorreceptores e metaboreceptores, causando um aumento desproporcional da VE e VCO₂ em relação ao aumento do VO₂ (Davis, 1985; Wasserman et al., 1973). Mitchell (1985) relata que quando o CO₂ estimula o centro respiratório, que por sua vez, parece provocar adaptações na dinâmica das atividades parassimpática e simpática do coração. Com essas adaptações é observada uma maior FC e menor VFC, o que representa naquele momento uma redução da atividade cardíaca vagal e aumento da ativação simpática no coração (Perini; Veicsteinas, 2003; Tulppo et al., 1996).

Dado interessante em nosso trabalho foi a comparação da capacidade cardiorrespiratória entre os grupos estudados. Foi observado maiores valores de VO₂ de pico nos indivíduos sem LM ($31,8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) comprados aos sujeitos com LM. Os mesmos resultados, em relação à comparação entre os grupos, foram encontrados em estudos anteriores (Hopman et al., 2004; Leicht; Bishop; Goosey-Tolfrey, 2012). Os participantes do presente estudo mostraram valores semelhantes aos apresentados nas pesquisas de Dallmeijer et al. (1996) com indivíduos tetraplégicos, e Holmlund et al. (2019), com indivíduos tetraplégicos e paraplégicos. Quanto ao LV1 estudos anteriores envolvendo pessoas com LM têm mostrado diferentes valores em relação ao percentual do VO₂ de pico. Trabalho realizado por Au et al. (2018), que contou 38 adultos com LM, 16 paraplégicos e 22 tetraplégicos, relatou que o LV1 ocorria com intensidades relativas de 70% e 78% ao VO₂ de pico, nos paraplégicos e tetraplégicos, respectivamente. Coutts et al. (1995) observou valores de percentual do VO₂ de pico acima de 80% nos tetraplégicos e entre 66 e 74% nos paraplégicos. Esses valores são próximos aos da pesquisa conduzida por Leicht et al. (2014). Os valores



encontrados em nosso estudo que foi de 79, 62 e 53% do VO₂ de pico nos tetraplégicos, paraplégicos e nos indivíduos sem LM, respectivamente. Nesses três trabalhos realizados em pessoas com LM não foi analisado o LV₁ em relação ao percentual do VO₂ de reserva, da FC máxima e da FC de reserva. Estas diferenças podem estar relacionadas aos diferentes protocolos utilizados.

Está estabelecido na literatura que o LV₁ depende do tipo do exercício e do protocolo utilizado (Buchfuhrer et al., 1983; Millet; Vleck; Bentley, 2009). A pouca familiarização do grupo Controle com o ergômetro pode ter influenciado os baixos valores das variáveis no ponto de LiVFC. Músculos menores e menos condicionados podem limitar o exercício, mesmo quando os pulmões e o coração não estejam fadigados (Baumgart; Brurok; Sandbakk, 2020). Uma vez que o cicloergômetro e exercícios com característica de longa duração não seja comum para o grupo controle, isso pode levar à uma fadiga precoce. Podem ocorrer diferenças fisiológicas entre exercícios de membros superiores e inferiores, o que leva a percepções de esforço diferente de indivíduos familiarizados em se exercitar com membros superiores (Kang et al., 1998; Orr et al., 2013). Mesmo com estas possíveis limitações, o LiVFC mostrou concordância aceitável em três das cinco variáveis analisadas.

Vários estudos mostram que o LiVFC é uma ferramenta confiável para identificar o ponto do LV₁ (Cunha et al., 2014; Dourado; Guerra, 2013; Novelli et al., 2019; Vasconcellos et al., 2015). No entanto, outros mostram que não foi possível essa concordância, como foi o estudo de Cassirame et al. (2015) que avaliou corredores de montanha durante uma prova, porém conseguiu identificar o segundo limiar ventilatório utilizando o índice HF. Brunetto et al. (2008) não encontraram relação entre o LiVFC e o LV₁. Essas informações podem ser explicadas através do estudo de McNarry e Lewis (2012), que relatou quanto maior a intensidade do exercício menor é a confiabilidade dos índices da VFC.

O presente estudo apresenta algumas limitações como o pequeno tamanho amostral em cada subgrupo de análise. Porém, em estudos com essa população esse tamanho amostral é comum. Uma outra limitação é que não realizamos um novo teste (teste-reteste) para avaliação da reprodutibilidade da medida.

Como perspectivas futuras espera-se que mais pesquisas sejam desenvolvidas nesta área de conhecimento, a fim de estabelecer se os achados do presente estudo são consistentes na população estudada. A obtenção destas informações pode ser útil para a prescrição e acompanhamento de exercícios físicos, que essenciais para esta população, já que estão associados a um menor risco cardiovascular e melhor prognóstico de saúde (Haennel; Lemire, 2002).

5 CONCLUSÃO

O método LiVFC se mostrou confiável para estimar o VO₂ e a carga de trabalho referente ao LV₁ através de um TCPE em indivíduos com LM, tetraplégicos e paraplégicos. Como esperado, o ponto LV₁ se mostrou maior nos indivíduos sem LM. Os resultados obtidos fornecem informações originais e reforçam



a utilidade da LiVFC para estimar a intensidade do exercício ao prescrever treinamento aeróbico também na população com LM.

AGRADECIMENTOS

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001, the Carlos Chagas Filho Foundation for the Research Support in Rio de Janeiro State (FAPERJ) and Brazilian Council for the Technological and Scientific Development (CNPq).



REFERÊNCIAS

- ACSM. **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição.** 10^a ed. Rio de Janeiro: [S.n.].
- ALMEIDA, Marcos B.; ARAÚJO, Gil S. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a freqüência cardíaca. v. 9, p. 104–112, 2003.
- AU, Jason S. *et al.* Assessing Ventilatory Threshold in Individuals With Motor-Complete Spinal Cord Injury. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 99, n. 10, p. 1991–1997, 2018.
- BAUMGART, Julia Kathrin; BRUROK, Berit; SANDBAKK, Øyvind. Comparison of peak oxygen uptake between upper-body exercise modes: A systematic literature review and meta-analysis. **Frontiers in Physiology**, v. 11, n. May, p. 1–12, 2020.
- BLAND, J. Martin; ALTMAN, Douglas G. Measuring agreement in method comparison Studies. **Statistical Methods in Medical Research**, v. 8, n. 2, p. 135–160, 1999.
- BRUNETTO, Antônio Fernando *et al.* Limiar de variabilidade da freqüência cardíaca em adolescentes obesos e não-obesos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 14, n. 2, p. 145–149, 2008.
- BUCHFUHRER, M. J. *et al.* Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. **Journal of Applied Physiology Respiratory Environmental and Exercise Physiology**, v. 55, n. 5, p. 1558–1564, 1983.
- BUNTEN, David C. *et al.* Heart rate variability is altered following spinal cord injury. **Clinical Autonomic Research**, v. 8, n. 6, p. 329–334, 1998.
- CASSIRAME, Johan *et al.* Heart rate variability to assess ventilatory threshold in ski-mountaineering. **European Journal of Sport Science**, v. 15, n. 7, p. 615–622, 2015.
- COMPHER, Charlene *et al.* Best Practice Methods to Apply to Measurement of Resting Metabolic Rate in Adults: A Systematic Review. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 106, n. 6, p. 881–903, 2006.
- COTTIN, François *et al.* Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 4, p. 287–294, 2007.
- COUTTS, K. D.; MCKENZIE, D. C. Ventilatory thresholds during wheelchair exercise in individuals with spinal cord injuries. **Paraplegia**, v. 33, n. 7, p. 419–422, 1995.
- CRAGG, Jacquelyn J. *et al.* Spinal cord injury and type 2 diabetes Results from a population health survey. **Neurology**, v. 81, n. 21, p. 1864–1868, 2013.
- CUNHA, F. A. *et al.* Influence of exercise modality on agreement between gas exchange and heart rate variability thresholds. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 47, n. 8, p. 706–714, 2014.
- CUNHA, Felipe A. *et al.* How Long Does It Take to Achieve Steady State for an Accurate Assessment of Resting VO₂ in Healthy Men? **Eur J Appl Physiol**, v. 113, n. 6, p. 1441–1447, 2013.



DALLMEIJER, A. J. *et al.* Physical capacity and physical strain in persons with tetraplegia; The role of sport activity. **Spinal Cord**, v. 34, n. 12, p. 729–735, 1996.

DAVIS, J. A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 17, n. 1, p. 6–21, 1985.

DOURADO, V. Z.; GUERRA, R. L. F. Reliability and validity of heart rate variability threshold assessment during an incremental shuttle-walk test in middle-aged and older adults. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 46, n. 2, p. 194–199, 2013.

GASKILL, S. E. *et al.* Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 11, p. 1841–1848, 2001.

GATER, David R. Obesity After Spinal Cord Injury. **Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America**, v. 18, n. 2, p. 333–351, 2007.

GINIS, M. *et al.* Evidence-based scientific exercise guidelines for adults with spinal cord injury: An update and a new guideline. **Spinal Cord**, v. 56, n. 4, p. 308–321, 2018.

GOOSEY-TOLFREY, Victoria L. *et al.* Development of scientific exercise guidelines for adults with spinal cord injury. **British Journal of Sports Medicine**, v. 52, n. 18, p. 1166–1167, 2018.

GRANNELL, Andrew; VITO, Giuseppe De. An investigation into the relationship between heart rate variability and the ventilatory threshold in healthy moderately trained males. p. 1–7, 2017.

GRIGOREAN, Valentin Titus *et al.* Cardiac dysfunctions following spinal cord injury. **Journal of medicine and life**, v. 2, n. 2, p. 133–145, 2009.

GUPTA, N.; WHITE, K. T.; SANDFORD, P. R. Body mass index in spinal cord injury - A retrospective study. **Spinal Cord**, v. 44, n. 2, p. 92–94, 2006.

HAENNEL, Robert G.; LEMIRE, Francine. Physical activity to prevent cardiovascular disease. How much is enough? **Canadian Family Physician**, v. 48, n. JAN., p. 65–71, 2002.

HOLMLUND, Tobias *et al.* Intensity of physical activity as a percentage of peak oxygen uptake, heart rate and Borg RPE in motor-complete para- And tetraplegia. **PLoS ONE**, v. 14, n. 12, p. 1–13, 2019.

HOPMAN, Maria T. *et al.* The Effect of Varied Fractional Inspired Oxygen on Arm Exercise Performance in Spinal Cord Injury and Able-Bodied Persons. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 85, n. 2, p. 319–323, 2004.

HOWLEY, E. T.; BASSETT, D. R.; WELCH, H. G. Criteria for Maximal Oxygen Uptake: Review and Commentary. **Med Sci Sports Exerc**, v. 27, n. 9, p. 1292–1301, 1995.

IWRF. **Manual de classificação da IWRF, 3a edição, revisado 2011.** Disponível em: <https://worldwheelchair.rugby/wp-content/uploads/2022/11/2021-Wheelchair-Rugby-International-Rules-Portuguese-1.pdf>.



KANG, Jie *et al.* Regulating exercise intensity using ratings of perceived exertion during arm and leg ergometry. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 78, n. 3, p. 241–246, 1998.

KARAPETIAN, Gregory K.; ENGELS, H. J.; GRETEBECK, R. J. Use of heart rate variability to estimate LT and VT. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 8, p. 652–657, 2008.

KRAUSE, James S.; CAO, Yue; DIPIRO, Nicole. Psychological factors and risk of mortality after spinal cord injury. **Journal of Spinal Cord Medicine**, v. 0, n. 0, p. 1–9, 2019.

KYRIAKIDES, Athanasios *et al.* The effect of level of injury and physical activity on heart rate variability following spinal cord injury. **Journal of Spinal Cord Medicine**, v. 42, n. 2, p. 212–219, 2019.

LAUGHTON, G. E. *et al.* Lowering body mass index cutoffs better identifies obese persons with spinal cord injury. **Spinal Cord**, v. 47, n. 10, p. 757–762, 2009.

LAVELA, Sherri L. *et al.* Males aging with a spinal cord injury: prevalence of cardiovascular and metabolic conditions. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 93, n. 1, p. 90–95, 2012.

LEICHT, C. A. *et al.* Blood lactate and ventilatory thresholds in wheelchair athletes with tetraplegia and paraplegia. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 8, p. 1635–1643, 2014.

LEICHT, C. A.; BISHOP, N. C.; GOOSEY-TOLFREY, V. L. Submaximal exercise responses in tetraplegic, paraplegic and non spinal cord injured elite wheelchair athletes. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 22, n. 6, p. 729–736, 2012.

LIMA, Jorge Roberto Perout; KISS, Maria Augusta Peduti Dal'Molin. LIMIAR DE VARIABILIDADE DA FREQÜÊNCIA CARDÍACA. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v. 4, n. 1, p. 10, 1999.

MATSUDO, S. *et al.* Questionário Internacional De Atividade Física (Ipaq): Estudo De Validade E Reprodutibilidade No Brasil. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 6, n. 2, p. 5–18, 2012.

MAUNDER, E. *et al.* Exercise intensity regulates the effect of heat stress on substrate oxidation rates during exercise. **European Journal of Sport Science**, v. 0, n. 0, p. 1–23, 2019.

MCNARRY, Melitta A.; LEWIS, Michael J. Heart rate variability reproducibility during exercise. **Physiological Measurement**, v. 33, n. 7, p. 1123–1133, 2012.

MILLET, Gregoire P.; VLECK, V. E.; BENTLEY, D. J. Physiological differences between cycling and running: Lessons from triathletes. **Sports Medicine**, v. 39, n. 3, p. 179–206, 2009.

MITCHELL, Jere H. Cardiovascular control during exercise: Central and reflex neural mechanisms. **The American Journal of Cardiology**, v. 55, n. 10, 1985.

NAKAMURA, Fábio Yuzo; MOREIRA, Alexandre; AOKI, Marcelo Saldanha. Monitoramento da carga de treinamento: a percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável? **Revista da Educação Física/UEM**, v. 21, n. 1, 2010.

NORTON, K.; OLDS, T. **Antropometria**. 1a. ed. São Paulo: [S.n.].



NOVELLI, Fabiola Isoton *et al.* Reproducibility of Heart Rate Variability Threshold in Untrained Individuals. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 2, p. 95–99, 2019.

ORR, J. L. *et al.* Cardiopulmonary exercise testing: Arm crank vs cycle ergometry. **Anaesthesia**, v. 68, n. 5, p. 497–501, 2013.

PASCHOAL, Mário Augusto; FONTANA, Caio Cesar. Método do limiar de variabilidade da frequência cardíaca aplicado em pré-adolescentes obesos e não obesos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 96, n. 6, p. 450–456, 2011.

PERINI, Renza; VEICSTEINAS, Arsenio. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 90, n. 3–4, p. 317–325, 2003.

SALES, Marcelo M. *et al.* Noninvasive method to estimate anaerobic threshold in individuals with type 2 diabetes. **Diabetology and Metabolic Syndrome**, v. 3, n. 1, p. 1–8, 2011.

SHROUT, Patrick E.; FLEISS, Joseph L. Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. **Psychological Bulletin**, v. 86, n. 2, p. 420–428, 1979.

SILVA, Antônio Carlos da; TORRES, Fernando Carmelo. Ergoespirometria em atletas paraolímpicos brasileiros. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 8, n. 3, p. 107–116, 2002.

SIMÕES, Rodrigo P. *et al.* Use of heart rate variability to estimate lactate threshold in coronary artery disease patients during resistance exercise. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 15, n. 4, p. 649–657, 2016.

SOUZA, Lívia Victorino de *et al.* Cardiac autonomic modulation in healthy subjects with a family history of chronic kidney disease. **Jornal brasileiro de nefrologia : 'orgão oficial de Sociedades Brasileira e Latino-Americana de Nefrologia**, v. 35, n. 1, p. 42–47, 2013.

ACSM. **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. 10^a ed. Rio de Janeiro: [S.n.]

ALMEIDA, Marcos B.; ARAÚJO, Gil S. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a freqüência cardíaca. v. 9, p. 104–112, 2003.

AU, Jason S. *et al.* Assessing Ventilatory Threshold in Individuals With Motor-Complete Spinal Cord Injury. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 99, n. 10, p. 1991–1997, 2018.

BAUMGART, Julia Kathrin; BRUROK, Berit; SANDBAKK, Øyvind. Comparison of peak oxygen uptake between upper-body exercise modes: A systematic literature review and meta-analysis. **Frontiers in Physiology**, v. 11, n. May, p. 1–12, 2020.

BLAND, J. Martin; ALTMAN, Douglas G. Measuring agreement in method comparison Studies. **Statistical Methods in Medical Research**, v. 8, n. 2, p. 135–160, 1999.

BRUNETTO, Antônio Fernando *et al.* Limiar de variabilidade da freqüência cardíaca em adolescentes obesos e não-obesos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 14, n. 2, p. 145–149, 2008.



BUCHFUHRER, M. J. *et al.* Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. **Journal of Applied Physiology Respiratory Environmental and Exercise Physiology**, v. 55, n. 5, p. 1558–1564, 1983.

BUNTEN, David C. *et al.* Heart rate variability is altered following spinal cord injury. **Clinical Autonomic Research**, v. 8, n. 6, p. 329–334, 1998.

CASSIRAME, Johan *et al.* Heart rate variability to assess ventilatory threshold in ski-mountaineering. **European Journal of Sport Science**, v. 15, n. 7, p. 615–622, 2015.

COMPHER, Charlene *et al.* Best Practice Methods to Apply to Measurement of Resting Metabolic Rate in Adults: A Systematic Review. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 106, n. 6, p. 881–903, 2006.

COTTIN, François *et al.* Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 4, p. 287–294, 2007.

COUTTS, K. D.; MCKENZIE, D. C. Ventilatory thresholds during wheelchair exercise in individuals with spinal cord injuries. **Paraplegia**, v. 33, n. 7, p. 419–422, 1995.

CRAGG, Jacquelyn J. *et al.* Spinal cord injury and type 2 diabetes Results from a population health survey. **Neurology**, v. 81, n. 21, p. 1864–1868, 2013.

CUNHA, F. A. *et al.* Influence of exercise modality on agreement between gas exchange and heart rate variability thresholds. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 47, n. 8, p. 706–714, 2014.

CUNHA, Felipe A. *et al.* How Long Does It Take to Achieve Steady State for an Accurate Assessment of Resting VO₂ in Healthy Men? **Eur J Appl Physiol**, v. 113, n. 6, p. 1441–1447, 2013.

DALLMEIJER, A. J. *et al.* Physical capacity and physical strain in persons with tetraplegia; The role of sport activity. **Spinal Cord**, v. 34, n. 12, p. 729–735, 1996.

DAVIS, J. A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 17, n. 1, p. 6–21, 1985.

DOURADO, V. Z.; GUERRA, R. L. F. Reliability and validity of heart rate variability threshold assessment during an incremental shuttle-walk test in middle-aged and older adults. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 46, n. 2, p. 194–199, 2013.

GASKILL, S. E. *et al.* Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 11, p. 1841–1848, 2001.

GATER, David R. Obesity After Spinal Cord Injury. **Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America**, v. 18, n. 2, p. 333–351, 2007.

GINIS, M. *et al.* Evidence-based scientific exercise guidelines for adults with spinal cord injury: An update and a new guideline. **Spinal Cord**, v. 56, n. 4, p. 308–321, 2018.



GOOSEY-TOLFREY, Victoria L. *et al.* Development of scientific exercise guidelines for adults with spinal cord injury. **British Journal of Sports Medicine**, v. 52, n. 18, p. 1166–1167, 2018.

GRANNELL, Andrew; VITO, Giuseppe De. An investigation into the relationship between heart rate variability and the ventilatory threshold in healthy moderately trained males. p. 1–7, 2017.

GRIGOREAN, Valentin Titus *et al.* Cardiac dysfunctions following spinal cord injury. **Journal of medicine and life**, v. 2, n. 2, p. 133–145, 2009.

GUPTA, N.; WHITE, K. T.; SANDFORD, P. R. Body mass index in spinal cord injury - A retrospective study. **Spinal Cord**, v. 44, n. 2, p. 92–94, 2006.

HAENNEL, Robert G.; LEMIRE, Francine. Physical activity to prevent cardiovascular disease. How much is enough? **Canadian Family Physician**, v. 48, n. JAN., p. 65–71, 2002.

HOLMLUND, Tobias *et al.* Intensity of physical activity as a percentage of peak oxygen uptake, heart rate and Borg RPE in motor-complete para- And tetraplegia. **PLoS ONE**, v. 14, n. 12, p. 1–13, 2019.

HOPMAN, Maria T. *et al.* The Effect of Varied Fractional Inspired Oxygen on Arm Exercise Performance in Spinal Cord Injury and Able-Bodied Persons. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 85, n. 2, p. 319–323, 2004.

HOWLEY, E. T.; BASSETT, D. R.; WELCH, H. G. Criteria for Maximal Oxygen Uptake: Review and Commentary. **Med Sci Sports Exerc**, v. 27, n. 9, p. 1292–1301, 1995.

IWRF. **Manual de classificação da IWRF, 3a edição, revisado 2011.** Disponível em: <https://worldwheelchair.rugby/wp-content/uploads/2022/11/2021-Wheelchair-Rugby-International-Rules-Portuguese-1.pdf>.

KANG, Jie *et al.* Regulating exercise intensity using ratings of perceived exertion during arm and leg ergometry. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 78, n. 3, p. 241–246, 1998.

KARAPETIAN, Gregory K.; ENGELS, H. J.; GRETEBECK, R. J. Use of heart rate variability to estimate LT and VT. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 8, p. 652–657, 2008.

KRAUSE, James S.; CAO, Yue; DIPIRO, Nicole. Psychological factors and risk of mortality after spinal cord injury. **Journal of Spinal Cord Medicine**, v. 0, n. 0, p. 1–9, 2019.

KYRIAKIDES, Athanasios *et al.* The effect of level of injury and physical activity on heart rate variability following spinal cord injury. **Journal of Spinal Cord Medicine**, v. 42, n. 2, p. 212–219, 2019.

LAUGHTON, G. E. *et al.* Lowering body mass index cutoffs better identifies obese persons with spinal cord injury. **Spinal Cord**, v. 47, n. 10, p. 757–762, 2009.

LAVELA, Sherri L. *et al.* Males aging with a spinal cord injury: prevalence of cardiovascular and metabolic conditions. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 93, n. 1, p. 90–95, 2012.

LEICHT, C. A. *et al.* Blood lactate and ventilatory thresholds in wheelchair athletes with tetraplegia and paraplegia. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 8, p. 1635–1643, 2014.



LEICHT, C. A.; BISHOP, N. C.; GOOSEY-TOLFREY, V. L. Submaximal exercise responses in tetraplegic, paraplegic and non spinal cord injured elite wheelchair athletes. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 22, n. 6, p. 729–736, 2012.

LIMA, Jorge Roberto Perroud; KISS, Maria Augusta Peduti Dal'Molin. LIMIAR DE VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v. 4, n. 1, p. 10, 1999.

MATSUDO, S. *et al.* Questionário Internacional De Atividade Física (Ipaq): Estudo De Validade E Reprodutibilidade No Brasil. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 6, n. 2, p. 5–18, 2012.

MAUNDER, E. *et al.* Exercise intensity regulates the effect of heat stress on substrate oxidation rates during exercise. **European Journal of Sport Science**, v. 0, n. 0, p. 1–23, 2019.

MCNARRY, Melitta A.; LEWIS, Michael J. Heart rate variability reproducibility during exercise. **Physiological Measurement**, v. 33, n. 7, p. 1123–1133, 2012.

MILLET, Gregoire P.; VLECK, V. E.; BENTLEY, D. J. Physiological differences between cycling and running: Lessons from triathletes. **Sports Medicine**, v. 39, n. 3, p. 179–206, 2009.

MITCHELL, Jere H. Cardiovascular control during exercise: Central and reflex neural mechanisms. **The American Journal of Cardiology**, v. 55, n. 10, 1985.

NAKAMURA, Fábio Yuzo; MOREIRA, Alexandre; AOKI, Marcelo Saldanha. Monitoramento da carga de treinamento: a percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável? **Revista da Educação Física/Uem**, v. 21, n. 1, 2010.

NORTON, K.; OLDS, T. **Antropometria**. 1a. ed. São Paulo: [S.n.].

NOVELLI, Fabiola Isoton *et al.* Reproducibility of Heart Rate Variability Threshold in Untrained Individuals. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 2, p. 95–99, 2019.

ORR, J. L. *et al.* Cardiopulmonary exercise testing: Arm crank vs cycle ergometry. **Anaesthesia**, v. 68, n. 5, p. 497–501, 2013.

PASCHOAL, Mário Augusto; FONTANA, Caio Cesar. Método do limiar de variabilidade da frequência cardíaca aplicado em pré-adolescentes obesos e não obesos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 96, n. 6, p. 450–456, 2011.

PERINI, Renza; VEICSTEINAS, Arsenio. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 90, n. 3–4, p. 317–325, 2003.

SALES, Marcelo M. *et al.* Noninvasive method to estimate anaerobic threshold in individuals with type 2 diabetes. **Diabetology and Metabolic Syndrome**, v. 3, n. 1, p. 1–8, 2011.

SHROUT, Patrick E.; FLEISS, Joseph L. Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. **Psychological Bulletin**, v. 86, n. 2, p. 420–428, 1979.

SILVA, Antônio Carlos da; TORRES, Fernando Carmelo. Ergoespirometria em atletas paraolímpicos brasileiros. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 8, n. 3, p. 107–116, 2002.



SIMÕES, Rodrigo P. *et al.* Use of heart rate variability to estimate lactate threshold in coronary artery disease patients during resistance exercise. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 15, n. 4, p. 649–657, 2016.

SOUZA, Lívia Victorino de *et al.* Cardiac autonomic modulation in healthy subjects with a family history of chronic kidney disease. **Jornal brasileiro de nefrologia : 'orgão oficial de Sociedades Brasileira e Latino-Americana de Nefrologia**, v. 35, n. 1, p. 42–47, 2013.

TASK FORCE. Guidelines Heart rate variability. **European Heart Journal**, v. 17, p. 354–381, 1996.

TULPPO, Mikko P. *et al.* Analysis of Heart Rate Dynamics During Exercise. **American Physiological Society**, p. 244–252, 1996.

VASCONCELLOS, F. *et al.* Can Heart Rate Variability be used to Estimate Gas Exchange Threshold in Obese Adolescents? **International Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 8, p. 654–660, 2015.

WASSERMAN, K. *et al.* Anaerobic Threshold and Respiratory Gas Exchange During Exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 35, n. 2, p. 236–43, 1973.

WASSERMAN, K. *et al.* **Prova de Esforço: princípios e interpretação**. 3^a ed. Rio de Janeiro: [S.n.].

WEIR, Joseph P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the sem. **J Strength Cond Res**, v. 19, n. 1, p. 231–240, 2005.