

Comparação entre a determinação direta do VO_2 máximo e a determinação indireta do VO_2 máximo pelo dispositivo polar V800 de corredores recreacionais

Comparison between the direct determination of VO_2 max and the indirect determination of VO_2 max by the polar device V800 in recreational runners

V. Silvino, C. Ferreira, D. Prado, M. Santos

ARTIGO ORIGINAL | ORIGINAL ARTICLE

RESUMO

A estimação do consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{max}}$) com o sistema ergoespirométrico, considerado padrão ouro, é de difícil acesso para a população. Portanto, testes indiretos são comumente utilizados. Este estudo comparou o $\text{VO}_{2\text{max}}$ determinado por um sistema ergoespirométrico com valores estimados pelo dispositivo Polar V800. 17 corredores recreacionais do sexo masculino (29.89 ± 6.84 anos) realizaram um teste cardiorrespiratório em uma esteira programável (modelo ATL, Inbramed, Brasil). Trocas gasosas e variáveis ventilatórias foram medidas respiração por respiração, utilizando um sistema analisador metabólico (Ergoestik Geratherm®, Alemanha). O $\text{VO}_{2\text{max}}$ foi indiretamente estimado com o Polar V800. A normalidade dos dados foi analisada com o teste de Shapiro-Wilk. O coeficiente de correlação intraclasse e o erro padrão das medidas (SEM) foram utilizados para verificar a confiabilidade. Foi aplicado o teste coeficiente de correlação de Pearson. A significância estatística foi estabelecida em $p < .05$. O Polar V800 demonstrou baixos níveis de SEM (1.83 mL/kg/min). Houve uma correlação intraclasse moderada-forte entre as repetições para ambos os métodos (ICC = .69; $p = .01$), uma correlação moderada ($r = .54$; $R^2 = .29$; $p = .02$) e uma concordância excelente entre os métodos. O Polar V800 pode ser usado para aferir indiretamente o $\text{VO}_{2\text{max}}$ de corredores recreacionais.

Palavras-chave: aptidão física, consumo de oxigênio, teste de exercício cardiopulmonar

ABSTRACT

The estimation of maximum oxygen consumption ($\text{VO}_{2\text{max}}$) with the ergospirometric system, considered the gold standard, is not easily feasible for the general population. Therefore, indirect tests are commonly used. This study aimed to compare the $\text{VO}_{2\text{max}}$ determined by an ergospirometric system with values estimated by the Polar V800 device. 17 male recreational runners (29.89 ± 6.84 years) performed a cardiorespiratory test on a programmable treadmill (ATL model, Inbramed, Brazil). Gas exchange and ventilatory variables were measured breath by breath, using a metabolic analyzer system (Ergoestik Geratherm®, Germany). $\text{VO}_{2\text{max}}$ was indirectly estimated with the Polar V800. Data normality was analyzed using the Shapiro-Wilk test. The intraclass correlation coefficient and the standard error of measurements (SEM) were used to verify reliability. Pearson's correlation coefficient test was applied. Statistical significance was established at $p < .05$. Polar V800 demonstrated low levels of SEM (1.83 mL/kg/min). There was a moderate-strong intraclass correlation between repetitions for both methods (ICC = .69; $p = .01$), a moderate correlation ($r = .54$; $R^2 = .29$; $p = .02$), and excellent agreement between methods. The Polar V800 can be used to indirectly measure the $\text{VO}_{2\text{max}}$ in recreational runners.

Keywords: physical fitness, oxygen consumption, cardiopulmonary exercise test

Submissão: 13/01/2022 | Aceitação: 16/01/2022

Valmir Oliveira Silvino, Cirley Pinheiro Ferreira, Marcos Antônio Pereira dos Santos. Universidade Federal do Piauí, Brasil.

Danilo Marcelo Leite do Prado. Universidade de São Paulo, Brasil.

e-mail: valmirsilvino@live.com

O consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{max}}$) é considerado padrão-ouro fisiológico na avaliação da aptidão cardiovascular (Schoffelen et al., 2019). A determinação desta variável gera informações imprescindíveis sobre o nível de aptidão física, integridade do sistema cardiorrespiratório, capacidade de fornecimento de O_2 ao músculo em trabalho e da sua utilização durante o exercício sustentado (Kravchychyn et al., 2015). Além disso, pode ser adotado como parâmetro de saúde, pois em níveis elevados apresenta relação inversa com o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e o risco de mortalidade (Araújo et al., 2013; Blair et al., 2001).

Os testes de medição do $\text{VO}_{2\text{max}}$ podem ocorrer através de protocolos de medidas aferidas (diretas) ou estimadas (indiretas) (Sousa et al., 2016). A determinação direta normalmente é realizada através do teste de esforço cardiopulmonar (CPET) em um sistema de ergoespirometria, que analisa as frações expiradas de oxigênio (O_2) e dióxido de carbono (CO_2) durante o esforço e ainda a ventilação pulmonar durante o esforço e no momento de exaustão (Herdy et al., 2016). Devido à sua fidedignidade, o sistema ergoespirométrico é considerado o dispositivo padrão ouro para avaliar a capacidade aeróbia máxima e monitorar não apenas atletas, como também indivíduos ativos, assintomáticos e enfermos. No entanto, nem sempre sua aplicação é viável, pois o equipamento demanda de altos custos para operacionalização, tempo adicional para calibração e de mão de obra especializada (T. M. Santos et al., 2012; Schau-rich et al., 2018).

Diante disso, surgiram estratégias indiretas de estimativa do $\text{VO}_{2\text{max}}$, como testes de pistas, esteira e bancos, que utilizam equações preditivas em testes de esforço máximo e submáximo, baseadas em frequência cardíaca, idade, gênero, nível de condicionamento físico dentre outros fatores (ACSM, 2014). Estes procedimentos, contrários à determinação

direta, se tornam mais atraentes por apresentarem baixo custo operacional e financeiro, podendo ser executado em laboratório ou campo, além de apresentarem uma capacidade preditiva similar às equações dependentes de esforço (Almeida et al., 2010; Miranda et al., 2015). Inúmeros protocolos utilizados para estimar indiretamente o $\text{VO}_{2\text{max}}$ vêm se destacando nos últimos anos, tais como o sistema ErgoPC, os testes do banco e de Cooper, e o dispositivo Polar V800.

O dispositivo eletrônico Polar V800 é amplamente utilizado entre atletas profissionais e recreacionais em vários esportes para monitorar a frequência cardíaca (Parak et al., 2017). O relógio pode ser utilizado com uma cinta compatível, permitindo o registo de dados preliminares como idade, altura, peso corporal, nível de condicionamento físico, entre outros. Com base nesses dados é possível obter informações sobre o status do treinamento, carga de treinamento e tempo de recuperação recomendado (Passler et al., 2019).

Existem, atualmente, diversos protocolos validados para a avaliação direta como indireta da capacidade cardiorrespiratória, no entanto há poucos trabalhos que se propuseram comparar diferentes protocolos de determinação do $\text{VO}_{2\text{max}}$ (Emig & Peltonen, 2020; Wang et al., 2021). O dispositivo Polar V800 já foi validado quanto à mensuração do gasto energético (Roos et al., 2017), intervalo RR em indivíduos em repouso (Giles et al., 2015) e em situação de corrida (Caminal et al., 2018) e na mensuração da altura de saltos verticais em atletas de taekwondo (M. A. P. dos Santos et al., 2021). Portanto, o objetivo do presente estudo foi comparar os valores de $\text{VO}_{2\text{max}}$ determinados de forma direta por uma avaliação de ergoespirometria com valores determinados de maneira indireta a partir do dispositivo Polar V800.

MÉTODOS

Amostra

O presente estudo transversal foi realizado com 17 corredores recreacionais do sexo masculino (29.89 ± 6.84 anos, 70.34 ± 10.57 kg, 170 ± 5.97 cm). Os participantes tiveram que atender os seguintes critérios de inclusão: praticar corrida de rua pelo menos três vezes por semana durante o período de um ano, não apresentar doenças cardíacas ou lesões que dificultassem a execução do teste. Foi aplicada entre os participantes uma ficha de anamnese para identificação, verificação do estado de treinamento, avaliação antropométrica, integridade física e o estado saudável no início do experimento. A participação dos indivíduos foi voluntária e procedida após assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Piauí, Teresina, Brasil, sob o protocolo de número 4.429.909 e foi conduzido de acordo com o código de conduta da Declaração de Helsínquia.

Instrumentos

A determinação do $VO_2\text{max}$ foi realizada a partir de um método direto (ergoespirometria) e um método indireto (Polar V800). Para a determinação direta do $VO_2\text{max}$, os corredores foram submetidos a um teste de exercício cardiorrespiratório (Herdy et al., 2016). Os testes foram realizados entre 9h e 11h em uma esteira programável (modelo ATL, Inbramed, Brasil). As trocas gasosas e as variáveis ventilatórias foram medidas continuamente, respiração a respiração, durante o teste de troca gasosa, utilizando um sistema analisador metabólico (Ergoestik Geratherm®, Alemanha). Para a determinação indireta do $VO_2\text{max}$, foi utilizado o sistema preditivo do dispositivo Polar V800 (Polar Electro OY, Kempele, Finlândia). O sistema utiliza as variáveis sexo, idade, altura e massa corporal e nível de atividade física para a estimação do $VO_2\text{max}$ (Polar, 2016).

Procedimentos

A velocidade inicial no teste de exercício graduado foi de 7 km/h. A carga de trabalho do exercício (velocidade) foi aumentada a cada 1 minuto para completar a parte incremental do teste de exercício, que durou entre 8 e 15 minutos. Os seguintes critérios foram usados para definir o esforço máximo: 1) o participante demonstrou evidência subjetiva de exaustão (Borg, 1982) (esforço percebido, ou seja, escala de Borg acima de 17), e 2) frequência cardíaca de pico (FC) $\geq 90\%$ da idade- máximo previsto, ou 3) razão de troca respiratória máxima (RER) ≥ 1.10 (Howley et al., 1995).

Análise estatística

A normalidade e homogeneidade da variância dos dados foram analisadas com os testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. O teste t de uma amostra foi realizado para verificar se há diferença significativa entre os métodos. O coeficiente de correlação intraclass (ICC) e o erro padrão das medidas (SEM) foram utilizados para verificar a confiabilidade. O coeficiente de correlação de Pearson foi usado para avaliar o quão fortemente os valores se assemelham. A magnitude da correlação adotada foi: “muito baixa” (.00 - .25), “baixa” (.26 - .49), “moderada” (.50 - .69), “forte” (.70 - .89) e “muito forte” (.90 - 1.00) (Portney & Watkins, 2002). O gráfico de Bland-Altman foi usado para verificar a concordância entre os métodos de medição (Bland & Altman, 1986). O nível de significância foi estabelecido em $p < .05$ para todas as análises. Toda a análise estatística foi realizada com o software estatístico SPSS versão 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA).

RESULTADOS

O teste t de uma amostra revelou que não houve diferença significativa entre os métodos ($t(17) = -.997$; $p = .34$). ICC mostrou uma corre-

lação moderada-forte entre as repetições para ambos os métodos (ICC = .69; IC 95% = .16 –

.89; $p = .01$). Além disso, o Polar V800 demonstrou baixos níveis de SEM (1.83 mL/kg/min).

Quadro 1

Média \pm desvio padrão do VO_2 max determinados pelos dois métodos e as diferenças absoluta e relativa em relação ao método padrão ouro (ergoespiometria)

Método	VO_2 max (mL/kg/min)	Diferença absoluta (mL/kg/min)	Diferença relativa (%)
Ergoespiometria	50.93 \pm 1.25	-	-
Polar V800	52.00 \pm .99	- 1.07 \pm 4.53	2.10

Nota. VO_2 max: consumo máximo de oxigênio.

Houve uma correlação moderada entre os valores de VO_2 max obtidos com o dispositivo

Polar V800 e a partir da ergoespiometria. ($r = .54$; $R^2 = .29$; $p = .02$) (Figura 1).

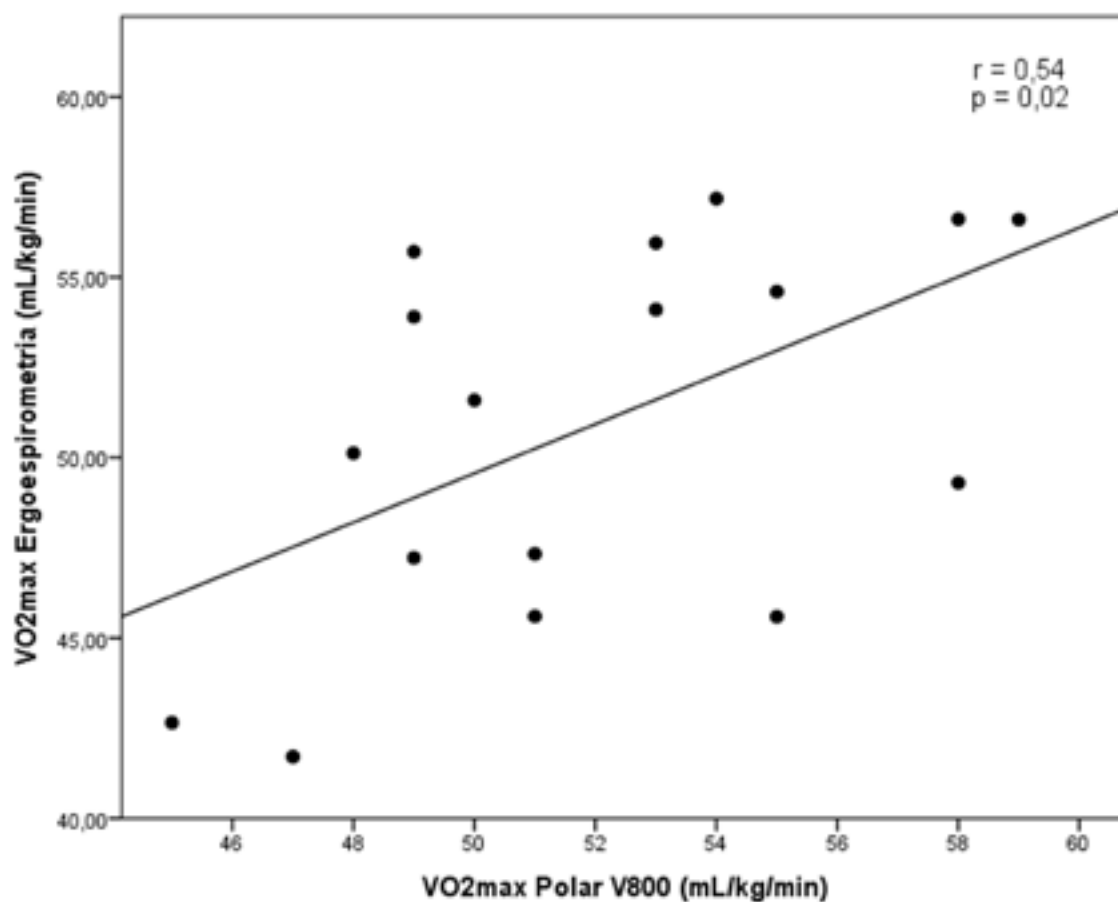


Figura 1. Correlação entre os valores de VO_2 max estimados pelo Polar V800 e o sistema de ergoespirometria.

O gráfico de Bland-Altman mostra que os dados estão distribuídos dentro do intervalo de confiança de 95% (Figura 2), revelando que os métodos concordam entre si. Além disso,

não foi identificado viés de proporção, o que indica que os dados estão distribuídos proporcionalmente, em relação à média ($p = .30$).

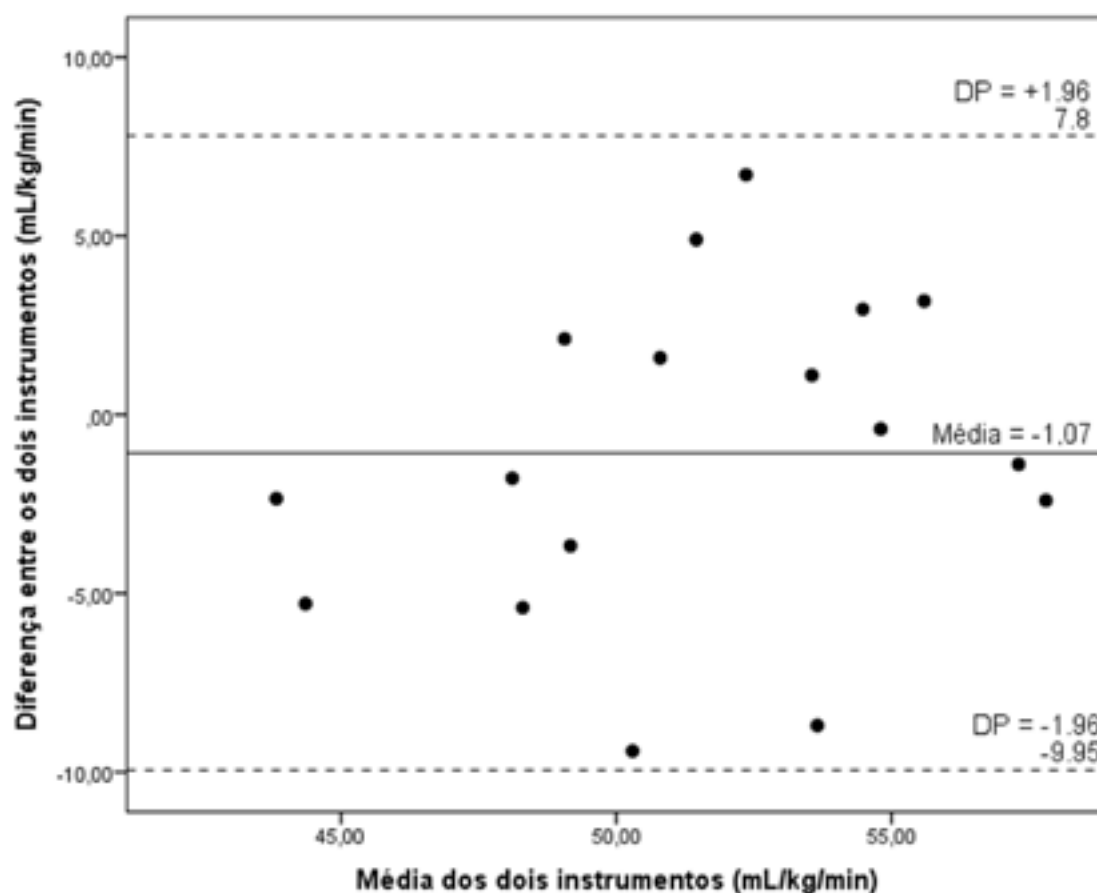


Figura 2. Análise do gráfico de dispersão de Bland-Altman da diferença e média das medidas entre os valores de $VO_2\text{max}$ estimados pelo Polar V800 e o sistema de ergoespirometria. A linha central representa a diferença média entre os instrumentos e as linhas tracejadas representam os limites superior e inferior de concordância de 95%.

DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo é que o valor do $VO_2\text{max}$ determinado pelo método indireto Polar V800 não apresentou diferença estatisticamente significativa quando comparado ao dispositivo padrão ouro. Além disso, foi encontrada uma correlação moderada entre os dois métodos. Em contrapartida, o dispositivo Polar V800 apresentou valores de $VO_2\text{max}$ que superestimaram a medida indireta. Similarmente, Filardo et al. (2008) observaram que os valores determinados pelas equações metabólicas propostas pelo American College of Sports Medicine superestimaram a medida direta.

Estudos similares já compararam métodos indiretos de estimação e métodos diretos de determinação do $VO_2\text{max}$. Kravchychyn et

al. (2015) compararam os valores indiretamente estimados pelas ferramentas ErgoPC, Polar Fitness Test, teste do banco e teste de Cooper com os valores determinados diretamente a partir de uma esteira elétrica multi-programável (INBRAMED ATL, Porto Alegre, Brasil). Porém, diferentemente de nosso estudo, o estudo supracitado utilizou uma amostra de homens e mulheres fisicamente ativos, enquanto nosso estudo utilizou apenas participantes do sexo masculino. Os autores concluíram que o protocolo Polar Fitness Test, desenvolvido pela mesma companhia do dispositivo usado no presente estudo, apresentou valores mais semelhantes aos do padrão ouro em comparação aos demais métodos.

De maneira similar, Peserico et al. (2011) compararam os valores indiretos estimados

pelo sistema ErgoPC com os valores diretos determinados por uma esteira ergométrica, considerada também padrão ouro na determinação do VO_2max (Inbrasport, Porto Alegre, RS, Brasil). Porém, os autores observaram uma diferença estatisticamente significativa entre os valores obtidos pelos métodos. Além disso, o sistema ErgoPC subestimou os valores de VO_2max quando comparados ao padrão ouro. Este achado corrobora com os resultados obtidos em um estudo posterior (Kravchychyn et al., 2015), no qual os autores também observaram a mesma subestimação do VO_2max pelo sistema ErgoPC.

Os resultados do presente estudo observaram limites de concordância estreitos e uma correlação moderada entre os dois métodos de avaliação da capacidade aeróbia. Embora o Polar V800 tenha superestimado os valores do VO_2max , houve uma forte concordância quando comparado ao sistema de ergoespirometria, de acordo com a análise visual do gráfico de dispersão de Bland-Altman. O Polar V800 é, portanto, um dispositivo válido para estimar o desempenho aeróbio em corredores recreacionais. O benefício deste estudo foi a validação de um dispositivo que oferece uma variedade de funções para análise de campo, incluindo a estimativa da altura de saltos verticais, gasto energético e variabilidade da frequência cardíaca. Considerando o papel importante do desempenho aeróbio na performance física de corredores recreacionais, o Polar V800 pode ser usado na avaliação do VO_2max com precisão similar a um sistema de ergoespirometria. Uma limitação do presente estudo foi a utilização de uma amostra populacional pequena. Estudos futuros com um maior número de participantes e outras populações são sugeridos.

CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo mostram que o protocolo indireto do Polar V800 de determinação do VO_2 máximo se asseme-

lharam significativamente dos valores determinados pelo protocolo direto do sistema de ergoespirometria. Portanto, o dispositivo Polar V800 pode ser usado em substituição ao método padrão ouro para a determinação do VO_2max .

Agradecimentos:

Nada declarado.

Conflito de Interesses:

Nada declarado.

Financiamento:

Nada declarado.

REFERÊNCIAS

- ACSM. (2014). *Diretrizes do American College of Sports Medicine para os testes de esforço e sua prescrição* (9th ed.). Guanabara Koogan.
- Almeida, J. A. de, Campbell, C. S. G., Pardono, E., Sotero, R. da C., Magalhães, G., & Simões, H. G. (2010). Validade de equações de predição em estimar o VO_2max de brasileiros jovens a partir do desempenho em corrida de 1.600m. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 16(1), 57–60. <https://doi.org/10.1590/s1517-86922010000100011>
- Araújo, C. G. S. de, Herdy, A. H., & Stein, R. (2013). Maximum oxygen consumption measurement: Valuable biological marker in health and in sickness. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 100(4). <https://doi.org/10.5935/abc.20130085>
- Blair, S. N., Cheng, Y., & Scott Holder, J. (2001). Is physical activity or physical fitness more important in defining health benefits? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6 SUPPL.). <https://doi.org/10.1097/00005768-200106001-00007>
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet*, 327(8476), 307–310. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(86\)90723-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(86)90723-2)

- org/10.1128/AAC.00483-18
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*, 14(5), 377–381. <https://doi.org/10.1249/00005768-198205000-00012>
- Caminal, P., Sola, F., Gomis, P., Guasch, E., Perera, A., Soriano, N., & Mont, L. (2018). Validity of the Polar V800 monitor for measuring heart rate variability in mountain running route conditions. *European Journal of Applied Physiology*, 118(3), 669–677. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3808-0>
- Emig, T., & Peltonen, J. (2020). Human running performance from real-world big data. *Nature Communications*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18737-6>
- Filardo, R. D., Silva, R. C. R. da, & Petroski, E. L. (2008). Validação das equações metabólicas para caminhada e corrida propostas pelo American College of Sports Medicine em homens entre 20 e 30 anos de idade. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 14(6), 523–527. <https://doi.org/10.1590/s1517-86922008000600010>
- Giles, D., Draper, N., & Neil, W. (2015). Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. *European Journal of Applied Physiology*, 116(3), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3303-9>
- Herdy, A. H., Ritt, L. E. F., Stein, R., de Araújo, C. G. S., Milani, M., Meneghelo, R. S., Ferraz, A. S., Hossri, C., de Almeida, A. E. M., da Silva, M. M. F., & Serra, S. M. (2016). Cardiopulmonary exercise test: Background, applicability and interpretation. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 107(5), 467–481. <https://doi.org/10.5935/abc.20160171>
- Howley, E. T., Bassett, D. R., & Welch, H. G. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc*, 27(9), 1292–1301. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8531628/>
- Kravchychyn, A. C. P., Alves, J. C. C., Kravchychyn, T. P., Nogueira, G. Â., & Machado, F. A. (2015). Comparação entre os métodos direto e indireto de determinação do VO2máx de praticantes de corrida. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 21(1), 17–21. <https://doi.org/10.1590/1517-86922015210101412>
- Miranda, A. L. N., Lopes, K. C., Carletti, L., Peres, A. J., Mill, J. G., & Lunz, W. (2015). VO2max estimado por equações preditivas apresenta baixa concordância com o obtido pelo padrão ouro - teste cardiopulmonar. *Revista Da Educação Física/UEM*, 26(1). <https://doi.org/10.4025/reveducfis.v26i1.22603>
- Parak, J., Uuskoski, M., Machek, J., & Korhonen, I. (2017). Estimating heart rate, energy expenditure, and physical performance with a wrist photoplethysmographic device during running. *JMIR MHealth and UHealth*, 5(7). <https://doi.org/10.2196/mhealth.7437>
- Passler, S., Bohrer, J., Blöchinger, L., & Senner, V. (2019). Validity of wrist-worn activity trackers for estimating VO2max and energy expenditure. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(17). <https://doi.org/10.3390/ijerph16173037>
- Peserico, C. S., Mezzaroba, P. V., Nogueira, G. A., Moraes, S. M. F. de, & Machado, F. A. (2011). Comparação entre os métodos direto e indireto de determinação do consumo máximo de oxigênio em mulheres corredoras. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 17(4), 270–273. <https://doi.org/10.1590/s1517-86922011000400012>
- Polar. (2016). *Manual do usuário do Polar V800*. Polar Electro Oy.
- Portney, L. G., & Watkins, M. P. (2002). Foundations of Clinical Research: Applications to Practice. *Survey of Ophthalmology*, 47(6), 598. [https://doi.org/10.1016/s0039-6257\(02\)00362-4](https://doi.org/10.1016/s0039-6257(02)00362-4)
- Roos, L., Taube, W., Beeler, N., & Wyss, T. (2017). Validity of sports watches when estimating energy expenditure during running. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s13102->

017-0089-6

- Santos, M. A. P. dos, Cabido, C. E. T., Silvino, V. O., Mesquita, A. R. de, Nascimento, F. L. S. do, Neto, S. L. de A., Goulart, K. N. de, Szmuchrowski, L. A., & Pena, B. C. (2021). Validity of the Polar V800 to measure vertical jump performance in taekwondo athletes. IDO MOVEMENT FOR CULTURE. *Journal of Martial Arts Anthropology*, 21(1), 1–10. <https://doi.org/10.1111/sms.13324>
- Santos, T. M., Viana, B. F., & Sá Filho, A. S. (2012). Reprodutibilidade do VO2Máx estimado na corrida pela frequência cardíaca e consumo de oxigênio de reserva. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 26(1), 29–36. <https://doi.org/10.1590/s1807-55092012000100004>
- Schaurich, M., Glanzel, M. H., da Rocha, G. G., Nepomuceno, P., Schmidt, L. M., Pohl, H. H., & Reckziegel, M. B. (2018). Utilização de protocolos diretos e indiretos na avaliação do consumo máximo de oxigênio. *RBPfEX - Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 12(78), 879-884. Recuperado de <http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/1531>
- Schoffelen, P. F. M., den Hoed, M., van Breda, E., & Plasqui, G. (2019). Test-retest variability of VO 2max using total-capture indirect calorimetry reveals linear relationship of VO 2 and Power. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 29(2), 213–222. <https://doi.org/10.1111/sms.13324>
- Sousa, N. M. F. de, Couto, M. F. M., Bertucci, D. R., Barbosa, M. R., & Ferreira, F. C. (2016). Método indireto de determinação da intensidade de exercício de corrida por equivalente metabólico: um estudo piloto. *RBPfEX - Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 10(58), 290-297. Recuperado de <http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/935>
- Wang, K., Jiang, H., Zhang, T., Yin, L., Chen, X., & Luo, J. (2021). Comparison of Methods for the Estimation of the Maximum Oxygen Uptake of Men Drug Addicts. *Frontiers in Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.683942>