

REVISÃO

Papel da ergoespirometria na avaliação de adolescentes atletas: Uma revisão de literatura

Role of cardiopulmonary exercise testing in the assessment of adolescent athletes: A literature review

Alexandre de Mendonça Santos¹, Carlos Henrique dos Santos Ferreira^{1,2}, Cláudia Ribeiro de Andrade¹, Ricardo Reis Dinardi², Cássio da Cunha Ibiapina¹

¹Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil

²Grupo de Estudo e Pesquisa em Condicionamento Físico (GEPCOFI), Pontifícia Universidade Católica (PUC-Minas), Belo Horizonte, MG, Brasil

Recebido em: 15 de Setembro de 2025; Aceito em: 25 de Setembro de 2025.

Correspondência: Carlos Henrique dos Santos Ferreira, chsferreira@yahoo.com.br

Como citar

Santos AM; Ferreira CHS, Andrade CR, Dinardi RR, Ibiapina CC. Papel da ergoespirometria na avaliação de adolescentes atletas: Uma revisão de literatura. Fisioter Bras. 2025;26(5):2547-2555. doi:[10.62827/fb.v26i5.1092](https://doi.org/10.62827/fb.v26i5.1092)

Resumo

Introdução: A ergoespirometria ou teste de esforço cardiorrespiratório estuda de forma global e não invasiva a resposta integral do organismo frente ao exercício, pela análise racional dos sistemas respiratório, cardiovascular, hematopoiético, neuropsicológico e musculoesquelético. **Objetivo:** descreveu-se as indicações, os principais fatores envolvidos na realização e interpretação de testes de ergoespirometria e o papel da ergoespirometria na atividade física em adolescentes. **Métodos:** Revisão de literatura. Buscou-se as bases eletrônicas de dados das Publicações Médicas (PubMed), *Cochrane Library*, Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), *Web of Science* e *Science Direct* e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), foram pesquisadas sem restrição de data, com as seguintes palavras-chave: “*Maximum cardiorespiratory capacity*”, “*Adolescent athletes*”, “*Football*”, “*Ergospirometry test*”, “*Physical exercise*”, “*Exercise test*”, “*Performance*” e “*Sports*”. Foram utilizados os operadores booleanos AND e OR e foram incluídos estudos que investigaram as indicações, os principais fatores envolvidos na realização e interpretação de testes e o papel da ergoespirometria na atividade física em atletas. **Resultados:** A ergoespirometria é o padrão-ouro para avaliar as respostas ao exercício físico em adolescentes porém

enfrenta vários desafios como custo elevado na execução do teste. *Conclusão:* estratégias de conhecimento e entendimento do papel da ergoespirometria na avaliação de adolescentes atletas ajudam profissionais das diferentes áreas da saúde a cada vez mais otimizarem a prescrição adequada de exercícios físicos, além de apresentarem-se como um importante meio para determinar a real capacidade funcional de atletas.

Palavras-chave: Aptidão Cardiorrespiratória; Atletas; Saúde do Adolescente; Desempenho Físico; Teste de Esforço; Exercício Físico.

Abstract

Introduction: Cardiopulmonary exercise testing, also known as ergospirometry, is a global and non-invasive method used to evaluate the body's integrated response to exercise, through the systematic analysis of the respiratory, cardiovascular, hematopoietic, neuropsychological, and musculoskeletal systems.

Objective: was described the indications, main factors involved in the performance and interpretation of the tests ergospirometry and the role of ergospirometry in physical activity among adolescents.

Methods: Literature Review. A search was conducted in the electronic databases of Medical Publications (PubMed), Cochrane Library, Latin American and Caribbean Health Sciences Literature (LILACS), Web of Science, ScienceDirect, and Scientific Electronic Library Online (SciELO) were searched without date restriction, using the following keywords: "Maximum cardiorespiratory capacity," "Adolescent athletes," "Football," "Ergospirometry test," "Physical exercise," "Exercise test," "Performance," and "Sports." The Boolean operators AND OR were used, and studies that investigated the indications, main factors involved in the performance and interpretation of the tests, and the role of ergospirometry in physical activity among athletes were included. *Results:* Ergospirometry is the gold standard for evaluating physical exercise responses in adolescents; however, it faces several challenges, such as the high cost of conducting the test. *Conclusion:* Understanding the role of ergospirometry in the assessment of adolescent athletes helps health professionals from different fields to optimize the proper prescription of physical exercise. Furthermore, it serves as an important tool to determine the actual functional capacity of athletes.

Keywords: Cardiorespiratory Fitness; Athletes; Adolescent Health; Physical Functional Performance; Exercise Test; Exercise.

Introdução

A ergoespirometria ou teste de esforço cardiorrespiratório (TEC) estuda de forma global e não invasiva a resposta integral do organismo frente ao exercício, pela análise racional dos sistemas respiratório, cardiovascular, hematopoiético, neuropsicológico e musculoesquelético [1,2]. O TEC é um método valioso para detectar modificações entre a disponibilidade e a necessidade de oxigênio pelo miocárdio e avaliar arritmias e o comportamento

da pressão arterial com ou sem o uso de medicamentos [3].

O TEC permite, por meio da análise dos gases respiratórios aspirados durante a aplicação de um estresse fisiológico, como é o exercício físico, determinar com exatidão e reprodutibilidade a capacidade funcional do sujeito avaliado, bem como identificar uma provável isquemia miocárdica latente em

outras condições patológicas existentes. E também possibilita prescrever com certeza um programa de exercícios físicos em que se cumpram com rigor os princípios fisiológicos fundamentais que o devem fazer eficaz e livre de riscos [1].

A ergoespirometria é um procedimento que combina a avaliação da função respiratória (espirometria) com a avaliação da capacidade cardiorrespiratória durante o exercício físico [4]. Durante o

teste, o paciente realiza atividades físicas em uma esteira rolante ou bicicleta ergométrica, enquanto são monitorados diversos parâmetros, como frequência cardíaca, pressão arterial, ventilação pulmonar e a troca gasosa. Descreveu-se as indicações, os principais fatores envolvidos na realização e interpretação de testes e o papel da ergoespirometria na atividade física em adolescente através de uma revisão de literatura.

Métodos

As bases eletrônicas de dados PUBMED, *Cochrane Library*, LILACS, *Web of Science*, ScilElo foram pesquisadas sem restrição de data, com as seguintes palavras-chave: “*Maximum cardiorespiratory capacity*”, “*Adolescent athletes*”, “*Football*”, “*Ergospirometry test*”, “*Physical exercise*”, “*Exercise test*”, “*Performance*” e “*sports*”. Foram utilizados os operadores booleanos *AND* e *OR*. A busca foi limitada a estudos publicados nos últimos 20 anos e a seleção dos artigos se deu de forma livre sendo executada após leitura dos títulos, resumo e na íntegra.

Os critérios de inclusão dos artigos respeitaram os seguintes itens:

a) Artigos originais em inglês, espanhol ou português;

b) estudos que investigaram as indicações, os principais fatores envolvidos na realização e interpretação de testes e o papel da ergoespirometria na atividade física em atletas.

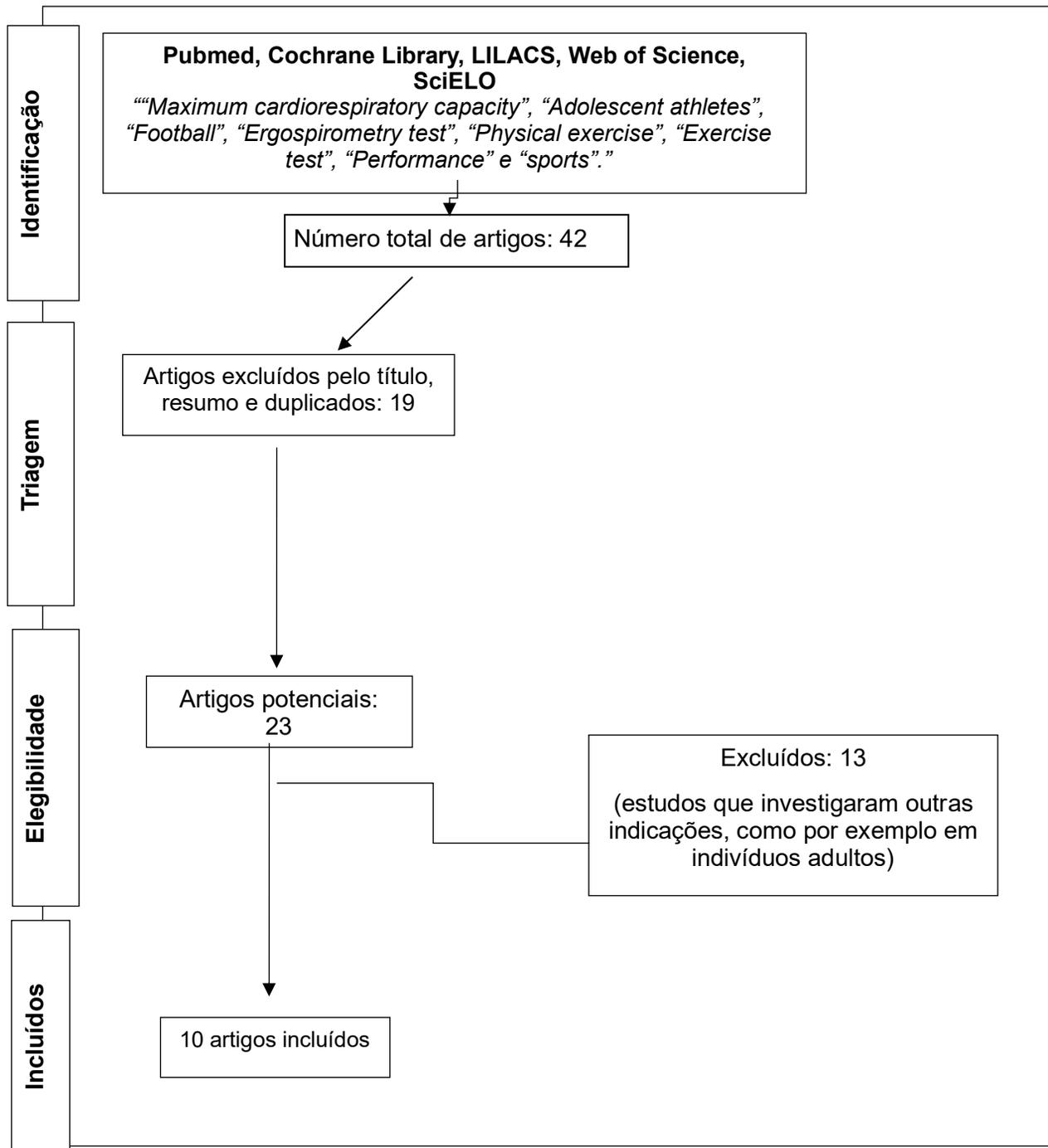
c) estudos com a ergoespirometria como metodologia voltados para esportes coletivos como o futebol.

A estratégia de busca foi planejada para recuperar os estudos que contivessem (pelo menos) um dos termos de cada conceito: aptidão cardiorrespiratória, indicações da ergoespirometria, adolescentes atletas, interpretação de testes. Foram estabelecidos os seguintes critérios de exclusão: estudos que investigaram as indicações, os principais fatores envolvidos na realização e interpretação de testes e o papel da ergoespirometria em indivíduos adultos e em outras aplicações.

Resultados

Inicialmente, foram identificados 42 artigos. Após a leitura dos títulos e resumos, foram excluídos os estudos duplicados e os que não atenderam aos critérios de elegibilidade. Destes, foram selecionados 10 estudos que se enquadravam no tema proposto da revisão.

A análise e seleção final dos artigos da presente revisão foram realizadas por dois pesquisadores. O fluxograma do processo de seleção dos artigos e resultados da identificação, triagem, elegibilidade e estudos incluídos estão apresentados na Figura 1.



Fonte: dados da pesquisa

Figura 1 - Fluxograma de seleção dos artigos, com o processo de seleção dos artigos, desde as pesquisas nas bases de artigos (identificação) até a quantidade final de estudos incluídos na revisão

Discussão

Existem poucos estudos disponíveis na literatura que abordem especificamente o papel da ergoespirometria na avaliação de adolescentes atletas. Apesar da escassez de dados, a ergoespirometria é amplamente reconhecida como o padrão-ouro para a avaliação das respostas fisiológicas ao exercício físico nessa população [1]. No entanto, a sua aplicação enfrenta desafios relevantes, especialmente relacionados ao alto custo e à complexidade na execução dos testes. Nesse contexto, estratégias que promovam o conhecimento e a compreensão do uso da ergoespirometria na prática clínica e esportiva tornam-se fundamentais. Tais estratégias podem contribuir significativamente para que profissionais de diferentes áreas da saúde otimizem a prescrição de exercícios físicos, além de possibilitar uma avaliação mais precisa da capacidade funcional de jovens atletas, favorecendo intervenções mais seguras e eficazes.

O teste ergométrico convencional tem por objetivo submeter o indivíduo a estresse físico programado e personalizado, com a finalidade de avaliar a resposta clínica, hemodinâmica, eletrocardiográfica e metabólica ao esforço [5]. O teste ergométrico convencional se constitui em um dos exames complementares mais solicitados em Medicina. Estatísticas americanas mostram que, em 8,2% das consultas cardiológicas e 0,55% do total de consultas médicas em geral, é solicitado ao paciente que se submeta a esse procedimento [6]. Na atualidade os testes de aptidão física apresentam alguns objetivos, tais como: fornecimento de dados importantes no processo da prescrição de exercício, coleta de dados que permitem a avaliação do progresso dos participantes em programas de exercício, motivação dos indivíduos estabelecendo objetivos de aptidão física a serem

alcançados, orientação aos participantes sobre os conceitos de aptidão física e nível de aptidão individual, além de estratificação de risco proposto pela *American College of Sports Medicine* 2000 (ACSM) [7].

Além disso, o exercício físico é um esforço fisiológico de grande valia para evidenciar alterações cardiovasculares ausentes em situação de repouso [8]. O consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) é um índice objetivo do grau de esforço realizado e de funcionalidade, mesmo assim só foi utilizado nos protocolos de teste de esforço a partir de 1955, quando as técnicas de medidas de gases tornaram-se disponíveis [9]. A introdução do termo “limiar anaeróbio ventilatório” surgiu em 1964 com Wasserman e McIlroy [9].

A medida direta do $VO_{2máx}$ é obtida submetendo o indivíduo a um teste ergoespirométrico com cargas crescentes e analisando as frações expiradas de oxigênio (O_2) e dióxido de carbono (CO_2) durante o esforço, além da ventilação pulmonar. Esse tipo de procedimento é o mais fidedigno e considerado padrão-ouro para esses fins [10]. O limiar anaeróbio (LA) representa o ponto onde a produção de lactato no exercício é aumentada, mas ainda existe equilíbrio entre a produção e a remoção [11]. As fontes aeróbias são predominantes no fornecimento de energia para a atividade. Já o ponto de compensação respiratória representa o ponto onde a produção de lactato é aumentada desproporcionalmente em relação ao que vinha acontecendo nas intensidades inferiores do exercício. E a fonte de energia aeróbia não consegue mais ser predominante, passando a necessitar da ajuda das fontes anaeróbias, que acentuam o acúmulo de lactato, induzindo à fadiga precocemente [11]. Todavia, a ergoespirometria

tem alto custo, são necessários equipamentos sofisticados, mão de obra especializada para a execução dos testes, maior quantidade de tempo com cada indivíduo avaliado e ainda mais motivação, por ser geralmente realizada em ambiente de laboratório [7].

Os custos elevados do teste ergoespirométrico tornam o teste ergométrico convencional mais utilizado que a ergoespirometria na avaliação da capacidade funcional dos indivíduos [12]. No entanto, a determinação do consumo máximo de oxigênio e, conseqüentemente, a prescrição de intensidade de exercício a ser desenvolvida em programa de condicionamento físico são realizadas por métodos indiretos, normalmente baseados nas recomendações do ACSM 2000 [7].

A interpretação de dados obtidos em avaliação cardiopulmonar ao esforço passa inicialmente pela tabela de esforço de Borg [3], pois complementa com dados objetivos a subjetividade declarada do esforço, bem como orienta o examinador na indicação de exercícios adequados. Além disso, o teste fornece dados da ventilação pulmonar (VP), processo pelo qual o ar é movido para dentro e para fora dos pulmões, e durante o exercício o incremento da ventilação por minuto (VE) é proporcional à produção de dióxido de carbono (VCO_2). A VE aumenta progressivamente durante o exercício, atingindo um platô máximo, caracterizando maior produção de CO_2 [3].

Os testes máximos visam avaliar sintomas de tolerância e respostas cardiopulmonares ao exercício de alta intensidade em um ambiente controlado. O exercício físico tem sido reconhecido pela comunidade científica como uma estratégia para melhoria da saúde e da aptidão física. O teste da ergoespirometria é um exame de esforço cuja finalidade é analisar os parâmetros respiratórios quanto à verificação do consumo de oxigênio,

produção de gás carbônico, ventilação pulmonar, circulação, bem como a respiração em nível mitocondrial, que é um processo que ocorre no interior das células [4].

Assim, durante o teste, o paciente realiza atividades físicas em uma esteira ergométrica ou em bicicleta estacionária. Durante toda a realização do exame o paciente é monitorado por meio de eletrodos semelhantes ao que são usados no exame de eletrocardiograma. Contudo, a duração do exame é analisada de acordo com a capacidade física do paciente, cujo tempo de exame varia entre oito e 12 minutos. No teste ergométrico são avaliados de maneira direta o consumo de oxigênio (VO_2) e a produção de dióxido de carbono chamada ergoespirometria ou teste de exercício cardiopulmonar (TECP) [13,14]. Sendo assim, esse exame serve para avaliar de forma ampla as condições do funcionamento cardiovascular, quando o atleta é submetido ao esforço físico gradualmente crescente. Partindo desse princípio, observam-se: os sintomas; os comportamentos da frequência cardíaca e da pressão arterial; eletrocardiograma feito anteriormente, durante e após o esforço físico.

Em crianças e adolescentes atletas vários são os testes que podem ser reproduzidos para avaliação da capacidade funcional, orientando programas de treinamento ou tratamento de doenças. O teste ergométrico (TE) é um método diagnóstico prescrito para inúmeras indicações em crianças e adolescentes, por exemplo, diagnosticar doenças crônicas, desvendar os mecanismos fisiológicos da aptidão aeróbica reduzida, avaliar o condicionamento físico, acompanhar pacientes após infarto do miocárdio ou em caso de angina [15].

Em função da faixa etária, o protocolo a ser utilizado deve ser individualizado, uma vez que

a velocidade e a inclinação da esteira podem ser aplicadas em conformidade com a capacidade do paciente. Para a realização dos testes em crianças e adolescentes atletas, fazem-se necessários conhecimentos específicos de fisiologia do exercício, diferenças de comportamento da frequência cardíaca (FC), da pressão arterial (PA) e do eletrocardiograma (ECG), bem como do uso de esfigmomanômetro de tamanho adequado a cada tipo de paciente, pré-requisito indispensável para a realização do exame nesse grupo de pacientes.

Os testes de esforços para doença cardíaca em crianças e adolescentes diferem em muitos aspectos dos testes realizados em adultos [16]. Sua resposta cardiovascular ao exercício apresenta características diferentes, que são essenciais para a interpretação de dados hemodinâmicos. Além disso, doenças associadas à isquemia miocárdica são muito raras em pacientes jovens, e as principais indicações para o teste de esforço são a avaliação da capacidade de exercício e a identificação de arritmias induzidas pelo exercício.

Conclusão

O teste de exercício cardiopulmonar requer conhecimento técnico para sua correta realização e interpretação, considerando diversos fatores para garantir a precisão. Na prática clínica, é fundamental para a tomada de decisões, prescrição de exercícios, avaliação e prognóstico, além de auxiliar na escolha da atividade física adequada conforme sexo e idade do atleta. Assim, entender o papel da ergoespirometria na avaliação de adolescentes atletas contribui para otimizar prescrições e determinar a capacidade funcional real desses jovens.

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A principal limitação refere-se à escassez de estudos específicos sobre o papel da ergoespirometria em adolescentes atletas, o que restringe a amplitude da revisão e dificulta uma análise mais aprofundada. Além disso, a heterogeneidade metodológica entre os poucos estudos disponíveis pode comprometer a comparabilidade dos achados. Como solução, futuras pesquisas devem focar na padronização dos protocolos de avaliação e ampliar o número de estudos populacionais para consolidar evidências mais robustas.

Apesar dessas limitações, este trabalho destaca o importante potencial da ergoespirometria como ferramenta essencial na avaliação funcional e prescrição de exercícios para adolescentes atletas, oferecendo um caminho promissor para o aprimoramento das práticas clínicas e esportivas. Acredita-se que o aumento do conhecimento e da aplicação prática da ergoespirometria possa contribuir significativamente para a melhoria da saúde e do desempenho dessa população.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse de qualquer natureza.

Fontes de financiamento

Não houve financiamento.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Santos AM, Ferreira CHS, Andrade CR, Dinardi RR, Ibiapina CC; Análise e Interpretação dos dados: Santos AM, Ferreira CHS, Andrade CR, Dinardi RR; Redação do Manuscrito: Santos AM, Ferreira CHS, Andrade CR, Dinardi RR, Ibiapina CC; Análise estatística: Santos AM e Dinardi RR; Revisão do Manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Santos AM, Ferreira CHS, Andrade CR, Dinardi RR, Ibiapina CC.

Referências

1. Weisman IM, Marciniuk D, Martinez FJ, Sciruba F, Sue D, Myers J. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003;167(2):211–77. doi.org/10.1164/rccm.167.2.211. Available from: <https://www.atsjournals.org/doi/10.1164/rccm.167.2.211>
2. Aguiar KB, Anzolin M, Zhang L. Global prevalence of exercise-induced bronchoconstriction in childhood: A meta-analysis. *Pediatr Pulmonol*. 2018 Apr;53(4):412–425. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29364581> doi: 10.1002/ppul.23951. Epub 2018 Jan 24. PMID: 29364581.
3. Yazbek P Jr, Carvalho RT, Sabbag LMS, Rizzo L. Ergoespirometria: Teste de Esforço Cardiopulmonar, Metodologia e Interpretação. *Arq Bras Cardiol*. 1991;71(5). [citado em: Battistella]. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0066-782X1998001100014>
4. Araújo CGS. Importância do teste de exercício cardiopulmonar na prescrição de exercícios para pacientes cardíacos *Rev Soc Cardiol Estado RJ*. 1998;11:38–47. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/200138156>
5. Andrade J, Brito FS, Vilas-Boas F, Castro I, Oliveira JA, Guimarães JI, Stein R. II Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Teste Ergométrico. *Arq Bras Cardiol*. 2002;78(Suppl 2). Available from: <https://www.scielo.br/j/abc/a/ggzxhsSZWxtFpTmKS4MPMfn/?format=html&lang=pt>
6. Cohen MC, Stafford RS, Misra B. Stress testing: national patterns and predictors of test ordering. *Am Heart J*. 1999 Dec;138(6 Pt 1):1019–24. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10577430/> doi: 10.1016/s0002-8703(99)70065-7. PMID: 10577430.
7. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 6th ed. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins; 2000. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21694556/> doi: 10.1249/MSS.0b013e318213fefb. PMID: 21694556.
8. Negrão CE, Forjaz CLM, Barreto MUPB. Adaptação cardiovascular ao treinamento físico dinâmico. In: Socesp Cardiologia. São Paulo: Atheneu; 2005. v. 2. Available from: <https://www.scielo.br/j/abc/a/dfdCPjZWVWkH8pQBsSsZymB/?format=html&lang=pt>
9. Brunetto AF, Silva BM, Roseguini BT, Hirai DM, Guedes DP. Limiar ventilatório e variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes. *Rev Bras Med Esporte*. 2005;11(1). Available from: <https://www.scielo.br/j/rbme/a/TGqWMCgxrCSbHH98xBp7KJG/?lang=pt>
10. Díaz FJ, Montañó JG, Melchor MT, Guerrero JH, Tovar JA. Validación y confiabilidad de la prueba aeróbica de 1,000 metros [Validation and reliability of the 1,000 meter aerobic test]. *Rev Invest Clin*. 2000 Jan-Feb;52(1):44–51. Spanish. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10818810/>. PMID: 10818810.
11. Powers SK, Holley ET. Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. 3. ed. São Paulo: Manole; 2000.
12. Rondon MUPB, Forjaz CLM, Nunes N. Comparação entre a prescrição de intensidade de treinamento físico baseada na avaliação ergométrica convencional e na ergoespirométrica. *Arq Bras Cardiol*. 1998;70(3):159–66. Available from: <https://www.scielo.br/j/abc/a/dfdCPjZWVWkH8pQBsSsZymB/?format=html&lang=pt>

13. Figueira, T. G., Magosso, R. F., de Carli, J. P. C., Campanholi Neto, J., & Robert-Pires, C. M. (2018). Ergoespirometria: interpretação das variáveis para identificação dos limiares metabólicos. *Revista CPAQV - Centro De Pesquisas Avançadas Em Qualidade De Vida*, 10(1). <https://doi.org/10.36692/cpaqv-v10n1-2>.
14. Stein R. Teste cardiopulmonar de exercício: noções básicas sobre o tema. *Rev Soc Cardiol do Rio Gde do Sul* [Internet]. 2006;09(nível 2):1–4. Disponível em: http://sociedades.cardiol.br/sbcrrs/revista/2006/09/Artigo_01_Testes_Cardiopulmonar
15. Takken T, Bongers BC, van Brussel M, Haapala EA, Hulzebos EHJ. Cardiopulmonary Exercise Testing in Pediatrics. *Ann Am Thorac Soc*. 2017 Jul;14(Supplement_1):S123-S128. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28398090/>. doi: 10.1513/AnnalsATS.201611-912FR. PMID: 28398090.
16. Massin MM. The role of exercise testing in pediatric cardiology. *Arch Cardiovasc Dis*. 2014 May;107(5):319-27. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24841496/> doi: 10.1016/j.acvd.2014.04.004. Epub 2014 May 17. PMID: 24841496.
17. Gomes ÉLFD, Da Silva DS, Costa D. Testes de avaliação da capacidade física em Pediatria. *Fisioter Bras*. 2016;13(6). Available from: <https://convergenceseditorial.com.br/index.php/fisioterapiabrasil/article/view/586>.



Este artigo de acesso aberto é distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons (CC BY 4.0), que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.