

**DIFERENÇA ENTRE O VO2 PICO AVALIADO AO TESTE DE ESFORÇO
CARDIOPULMONAR PELO PROTOCOLO DE BRUCE E ESTIMADO AO TESTE
ERGOMÉTRICO EM PACIENTES COM CARDIOMIOPATIA CHAGÁSICA**

**DIFFERENCE BETWEEN PEAK VO2 ASSESSED BY CARDIOPULMONARY
EXERCISE TEST USING THE BRUCE PROTOCOL AND ESTIMATED BY
EXERCISE STRESS TEST IN PATIENTS WITH CHAGASIC
CARDIOMYOPATHY**

**DIFERENCIA ENTRE EL VO2 MÁXIMO EVALUADO MEDIANTE LA PRUEBA
DE EJERCICIO CARDIOPULMONAR UTILIZANDO EL PROTOCOLO BRUCE
Y ESTIMADO MEDIANTE LA PRUEBA DE EJERCICIO EN PACIENTES CON
MIOCROPATÍA CHAGÁSICA**



10.56238/sevened2026.001-037

Davi Souza Oliveira

Graduando em Fisioterapia

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

E-mail: davi.oliveira@ufvjm.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-3447-716X>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7713402559424942>

Rafael Oliveira Castro

Graduando em Fisioterapia

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

E-mail: rafael.castro@ufvjm.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-0785-6432>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9540485848255533>

Wallaci Damasceno Barroso

Graduando em Fisioterapia

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

E-mail: wallaci.damasceno@ufvjm.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-4618-6763>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3268549427145107>

Guilherme Henrique Carvalho Estolano

Graduando em Fisioterapia

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

E-mail: guilherme.estolano@ufvjm.edu.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0189571790622759>

Carlos Correia dos Santos Filho

Graduando em Fisioterapia

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

E-mail: carlos.filho@ufvjm.edu.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9435654232313558>**Gustavo Reis Maciel**

Mestrando

Programa de Pós-graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional (PPGReab)

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

E-mail: gustavo.reis@ufvjm.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-2453-6604>Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7401733245878762>**Gabriel Melo Fonseca**

Mestrando

Programa de Pós-graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional (PPGReab)

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

E-mail: gabriel.melo@ufvjm.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-2285-2532> /Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7302260894701719>**Fabício Pinho Madureira**

Graduação em Odontologia

Instituição: Hospital Metropolitano Odilon Behrens

Endereço: Minas Gerais, Brasil

E-mail: fabriciomadureira@hotmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2961024042212197>

RESUMO

A doença de Chagas permanece um importante problema de saúde pública na América Latina, mesmo após mais de um século de sua descoberta. Entre as formas clínicas, a CARDIOMIOPATIA chagásica é a mais comum e a mais grave, cursando com redução da capacidade funcional desde os estágios iniciais, o que reforça a necessidade de avaliação funcional regular. A mensuração do pico do consumo de oxigênio (VO₂pico) pelo Teste de Esforço Cardiopulmonar (TECP) é o padrão-ouro, porém trata-se de um método oneroso e pouco acessível em regiões com escassez de recursos tecnológicos. Nesse contexto, o teste ergométrico surge como alternativa, embora o VO₂pico seja apenas estimado, o que torna necessária a verificação da acurácia das fórmulas de predição nessa população. Assim, o objetivo do estudo foi comparar o VO₂pico avaliado diretamente pelo TECP com o VO₂pico estimado pelo teste ergométrico. Foram avaliados 31 pacientes com cardiomiopatia chagásica (48,3 ± 7,4 anos; NYHA I–III) submetidos ao TECP pelo protocolo de Bruce. O VO₂pico estimado foi calculado pelas fórmulas VO₂pico = (2,9 × tempo em minutos) + 8,33 e, para mulheres, VO₂pico = (2,74 × tempo em minutos) + 8,03. A diferença entre os valores foi analisada por meio de testes paramétricos ou não paramétricos, conforme a distribuição dos dados; a correlação foi avaliada por testes de correlação apropriados, e a concordância foi avaliada pelo diagrama de Bland-Altman. O VO₂pico avaliado diretamente foi de 25,8±8,4 mL·kg·min, enquanto o VO₂pico estimado foi de 33,4±4,8 mL·kg·min,

com diferença significativa ($p < 0,001$). Observou-se superestimação de 29,4% e ausência de correlação entre as medidas ($r = 0,195$; $p = 0,302$). No diagrama de Bland-Altman, a maioria dos valores permaneceu dentro dos limites de concordância, porém, com média elevada da diferença ($7,7 \text{ mL} \cdot \text{kg} \cdot \text{min}$). Conclui-se que, em pacientes com cardiopatia chagásica, a predição do VO_2pico pelo teste ergométrico difere significativamente da medida direta, sem correlação entre os valores, o que indica a necessidade de novas equações em estudos futuros.

Palavras-chave: Doença de Chagas. Cardiomiopatia Chagásica. Teste de Exercício.

ABSTRACT

Chagas disease remains a significant public health problem in Latin America, even more than a century after its discovery. Among the clinical forms, Chagas cardiomyopathy is the most common and severe, presenting with reduced functional capacity from the early stages, which reinforces the need for regular functional assessment. Measuring peak oxygen consumption (VO_2peak) using the Cardiopulmonary Exercise Test (CPET) is the gold standard, but it is an expensive method and not easily accessible in regions with limited technological resources. In this context, the exercise stress test emerges as an alternative, although VO_2peak is only estimated, making it necessary to verify the accuracy of the prediction formulas in this population. Thus, the objective of this study was to compare VO_2peak assessed directly by CPET with VO_2peak estimated by the exercise stress test. Thirty-one patients with Chagas cardiomyopathy (48.3 ± 7.4 years; NYHA I–III) undergoing cardiopulmonary exercise testing (CPET) using the Bruce protocol were evaluated. Estimated peak VO_2 was calculated using the formulas $\text{VO}_2\text{peak} = (2.9 \times \text{time in minutes}) + 8.33$ and, for women, $\text{VO}_2\text{peak} = (2.74 \times \text{time in minutes}) + 8.03$. The difference between the values was analyzed using parametric or non-parametric tests, according to the data distribution; correlation was assessed using appropriate correlation tests, and agreement was assessed using the Bland-Altman plot. The directly assessed peak VO_2 was $25.8 \pm 8.4 \text{ mL} \cdot \text{kg} \cdot \text{min}$, while the estimated peak VO_2 was $33.4 \pm 4.8 \text{ mL} \cdot \text{kg} \cdot \text{min}$, with a significant difference ($p < 0.001$). Overestimation of 29.4% was observed, and there was no correlation between the measurements ($r = 0.195$; $p = 0.302$). In the Bland-Altman plot, most values remained within the limits of agreement, however, with a high average difference ($7.7 \text{ mL} \cdot \text{kg} \cdot \text{min}$). It is concluded that, in patients with Chagas cardiomyopathy, the prediction of peak VO_2 by the exercise stress test differs significantly from the direct measurement, with no correlation between the values, indicating the need for new equations in future studies.

Keywords: Chagas Disease. Chagas Cardiomyopathy. Exercise Test.

RESUMEN

La enfermedad de Chagas sigue siendo un importante problema de salud pública en Latinoamérica, incluso más de un siglo después de su descubrimiento. Entre las formas clínicas, la miocardiopatía chagásica es la más común y grave, presentándose con una capacidad funcional reducida desde las primeras etapas, lo que refuerza la necesidad de una evaluación funcional regular. La medición del consumo máximo de oxígeno (VO_2pico) mediante la Prueba de Ejercicio Cardiopulmonar (PECP) es el método de referencia, pero es un método costoso y difícil de acceder en regiones con recursos tecnológicos limitados. En este contexto, la prueba de esfuerzo surge como una alternativa, aunque el VO_2pico solo se estima, lo que hace necesario verificar la precisión de las fórmulas de predicción en esta población. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue comparar el VO_2pico evaluado directamente mediante la PECP con el VO_2pico estimado mediante la prueba de esfuerzo. Se evaluaron 31 pacientes con miocardiopatía chagásica ($48,3 \pm 7,4$ años; NYHA I-III) sometidos a una prueba de esfuerzo cardiopulmonar (PECP) mediante el protocolo de Bruce. El VO_2 pico estimado se calculó utilizando las fórmulas $\text{VO}_2\text{pico} = (2,9 \times \text{tiempo en minutos}) + 8,33$ y, para mujeres, $\text{VO}_2\text{pico} = (2,74 \times \text{tiempo en minutos}) + 8,03$. La diferencia entre los valores se analizó utilizando pruebas paramétricas o no

paramétricas, según la distribución de los datos; la correlación se evaluó utilizando pruebas de correlación apropiadas y la concordancia se evaluó utilizando el gráfico de Bland-Altman. El VO₂ pico evaluado directamente fue de $25,8 \pm 8,4$ mL·kg·min, mientras que el VO₂ pico estimado fue de $33,4 \pm 4,8$ mL·kg·min, con una diferencia significativa ($p < 0,001$). Se observó una sobreestimación del 29,4% y no hubo correlación entre las mediciones ($r = 0,195$; $p = 0,302$). En el gráfico de Bland-Altman, la mayoría de los valores se mantuvieron dentro de los límites de concordancia, con una diferencia promedio alta (7,7 mL·kg·min). Se concluye que, en pacientes con miocardiopatía chagásica, la predicción del VO₂ máximo mediante la prueba de esfuerzo difiere significativamente de la medición directa, sin correlación entre los valores, lo que indica la necesidad de nuevas ecuaciones en futuros estudios.

Palabras clave: Enfermedad de Chagas. Miocardiopatía Chagásica. Prueba de Esfuerzo.

1 INTRODUÇÃO

A doença de Chagas permanece como um problema relevante de saúde pública na América Latina, mesmo após mais de um século de sua descrição, mantendo elevada prevalência e impacto clínico significativo em populações vulneráveis (RASSI; RASSI; MARIN-NETO, 2010; DIAS et al., 2016). Estima-se que entre 6 e 7 milhões de pessoas estejam infectadas pelo *Trypanosoma cruzi*, com maior concentração em países como o Brasil e a Argentina, embora mudanças no perfil epidemiológico, impulsionadas pela globalização e pelos fluxos migratórios, tenham ampliado sua ocorrência para regiões não endêmicas, incluindo a América do Norte e a Europa (NUNES et al., 2018; BERN et al., 2019; REQUENA-MÉNDEZ et al., 2015). Clinicamente, a doença apresenta evolução crônica heterogênea, podendo permanecer por longos períodos na forma indeterminada ou progredir para a forma determinada, quando há comprometimento orgânico, destacando-se a forma cardíaca como a mais frequente e a mais grave (ROCHA; TEIXEIRA; RIBEIRO, 2007; COURA; BORGES-PEREIRA, 2011). A cardiomiopatia chagásica associa-se a alterações estruturais e funcionais progressivas do miocárdio, com risco aumentado de arritmias, eventos tromboembólicos e morte súbita, além de cursar com sintomas como fadiga e dispneia desde fases iniciais, refletindo comprometimento precoce da capacidade funcional (ROCHA; TEIXEIRA; RIBEIRO, 2007; COSTA et al., 2018).

Nesse contexto, a avaliação da capacidade funcional desempenha papel central no manejo clínico da cardiomiopatia chagásica, por refletir, de forma integrada, o comprometimento cardiovascular e suas repercussões sistêmicas. O pico do consumo de oxigênio (VO_{2pico}) é o principal indicador da aptidão cardiorrespiratória, pois expressa a capacidade do organismo de captar, transportar e utilizar oxigênio durante o exercício máximo (WILMORE; COSTILL, 2010). O VO_{2pico} é amplamente utilizado como desfecho na avaliação funcional e no monitoramento da resposta a intervenções terapêuticas e programas de reabilitação cardíaca, além de constituir um marcador prognóstico bem estabelecido em pacientes com insuficiência cardíaca e outras cardiopatias (SBC, 2009; HERDY et al., 2016). Em indivíduos com doença de Chagas, evidências demonstram que o VO_{2pico} é significativamente reduzido na presença de cardiomiopatia quando comparado tanto a indivíduos saudáveis quanto àqueles na forma indeterminada da doença, apresentando associação com variáveis de reconhecida relevância prognóstica, como a fração de ejeção do ventrículo esquerdo e a classe funcional da New York Heart Association (NYHA) (RIBEIRO et al., 2012; NUNES et al., 2018; SILVA et al., 2021). Além disso, a redução do VO_{2pico} pode ser identificada mesmo em estágios iniciais da cardiomiopatia chagásica, reforçando seu valor como marcador sensível para o acompanhamento clínico e funcional dessa população (COSTA et al., 2018). Estudos longitudinais também demonstram associação entre valores reduzidos de VO_{2pico} e piora da sobrevida em pacientes

com cardiomiopatia dilatada de etiologia chagásica, consolidando sua relevância prognóstica nesse contexto (MADY et al., 1994; RITT et al., 2013).

A mensuração do VO_2pico pode ser realizada por meio de testes de esforço máximo, sendo o Teste de Esforço Cardiopulmonar (TECP) considerado o padrão-ouro por permitir a obtenção direta dessa variável a partir da análise das trocas gasosas durante o exercício (ATS/ACCP, 2003; HERDY et al., 2016). Entretanto, apesar de sua elevada acurácia e valor clínico, o TECP apresenta limitações relacionadas ao alto custo operacional, à necessidade de infraestrutura especializada e à disponibilidade restrita em muitos serviços de saúde, especialmente em regiões endêmicas da doença de Chagas (GUAZZI et al., 2018). Nesse cenário, o teste ergométrico convencional emerge como alternativa amplamente utilizada na prática clínica, por ser mais acessível e permitir a avaliação da tolerância ao exercício, das respostas hemodinâmicas e da ocorrência de arritmias durante o esforço (SBC, 2010). Contudo, diferentemente do TECP, o VO_2pico não é mensurado diretamente no teste ergométrico, mas sim estimado por meio de fórmulas preditivas baseadas principalmente no tempo de exercício, como as propostas para o protocolo de Bruce (FREITAS, 2008; SBC, 2010). A aplicabilidade dessas equações em populações específicas, como pacientes com cardiomiopatia chagásica, permanece incerta, uma vez que fatores clínicos e funcionais próprios dessa condição podem comprometer a acurácia das estimativas.

Diante da relevância clínica e prognóstica do VO_2pico na cardiomiopatia chagásica e das limitações práticas associadas à sua mensuração direta, torna-se fundamental compreender o grau de concordância entre os métodos disponíveis para avaliação da capacidade funcional nessa população. Considerando que o teste ergométrico é amplamente utilizado na prática clínica, especialmente em contextos com restrição de recursos, a avaliação da acurácia das estimativas de VO_2pico obtidas por esse método, em comparação com a mensuração direta pelo Teste de Esforço Cardiopulmonar, assume particular importância. Assim, o presente estudo teve como objetivo comparar os valores de VO_2pico estimados pelo teste ergométrico, utilizando o protocolo de Bruce, com os valores obtidos diretamente pelo TECP em pacientes com cardiomiopatia chagásica.

2 METODOLOGIA

2.1 DELINEAMENTO

Trata-se de estudo clínico de desenho transversal, no qual 31 pacientes com cardiomiopatia chagásica foram selecionados na região de Diamantina/MG por meio de cartazes, panfletos, divulgação eletrônica e/ou rádio e avaliados conforme os critérios de inclusão e exclusão no Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFIEX)/UFVJM.

2.2 ASPECTOS ÉTICOS

Foram consideradas as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, contidas na Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, com o objetivo de salvaguardar os direitos e o bem-estar das pessoas participantes. Os exames foram realizados após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFVJM (CAAE 16379719.5.5108). Antes de iniciar a participação na pesquisa, e após o preenchimento dos critérios de inclusão, avaliados em uma entrevista inicial, os voluntários receberam todas as informações relacionadas aos objetivos e procedimentos metodológicos, e após concordarem em participar, assinaram Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, que foi lido pelo voluntário ou pelo pesquisador habilitado, de forma individual em local reservado, visando a redução de possíveis constrangimentos e possibilitando o esclarecimento de dúvidas. Durante a realização dos exames, foram adotadas todas as medidas possíveis e recomendadas para reduzir qualquer desconforto decorrente dos procedimentos.

2.3 AMOSTRA

Pacientes que atenderam a todos os critérios de inclusão e não apresentaram nenhum dos critérios de exclusão estabelecidos foram convidados a participar do estudo, sendo-lhes oferecido o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O diagnóstico da doença de Chagas foi considerado para indivíduos que apresentaram positividade sorológica em pelo menos dois dos três testes sorológicos disponíveis, incluindo as reações de imunofluorescência indireta (IFI), hemaglutinação indireta e ELISA

2.3.1 Critérios de inclusão

- Apresentar diagnóstico da doença de pelo menos dois dos três testes sorológicos disponíveis;
- Apresentar forma cardíaca da doença, determinada pela presença de sinais eletrocardiográficos compatíveis com a forma clínica;
- Concordância voluntária para participação no estudo.

2.3.2 Critérios de exclusão

- Apresentar doenças pulmonares, pleurais ou renais, limitações musculoesqueléticas ou outras patologias metabólicas ou qualquer outro tipo de condição que afete a capacidade de realizar os testes de esforço;
- Não conseguir executar os procedimentos de avaliação do estudo.

2.3.3 Cálculo amostral

O cálculo amostral foi realizado a posteriori utilizando o software G Power, versão 3.1.7. Considerando a diferença observada no presente estudo entre o VO₂pico estimado e o obtido diretamente, com erro alfa de 0,05 e amostra de 31 pacientes, obteve-se um poder estatístico de 99%.

2.4 AVALIAÇÕES

2.4.1 Avaliação inicial

Os voluntários passaram por anamnese para caracterização da amostra, bem como por seleção, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão do estudo. Em seguida, os voluntários foram classificados conforme a classe funcional da NYHA.

2.4.2 Ecocardiograma

Para investigação da função cardíaca, foi empregado o ecocardiograma, realizado por médico cardiologista habilitado, em clínica especializada. As técnicas de ecocardiografia e os cálculos da dimensão e dos volumes cardíacos foram realizados conforme as recomendações da Sociedade Americana de Ecocardiografia (LANG et al., 2015). A fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE), avaliada pelo método de Simpson, e o diâmetro diastólico final do ventrículo esquerdo (VEd) foram as variáveis de interesse para quantificação do grau de dilatação ventricular. A disfunção sistólica foi definida como FEVE inferior a 54% em mulheres e a 52% em homens.

2.4.3 Teste ergométrico

O teste ergométrico foi realizado em esteira rolante, conforme o protocolo de Bruce. O ECG de 12 derivações foi utilizado para monitoramento do paciente e registrado a cada minuto. A pressão arterial foi registrada manualmente em repouso, na posição ortostática, nos últimos 30 segundos de cada estágio. Para a estimativa do VO₂pico dos pacientes, foram utilizadas as fórmulas para homens: $VO_2pico = (2,9 \times \text{tempo em minutos}) + 8,33$, e para mulheres: $VO_2pico = (2,74 \times \text{tempo em minutos}) + 8,03$ (SBC, 2010).

2.4.4 TECP

O TECP foi realizado em esteira rolante, seguindo o mesmo protocolo do teste ergométrico (protocolo de Bruce), com o sistema de análise metabólica MetaLyzer 3B (Cortex Medical, Leipzig, Germany). O VO₂pico foi obtido diretamente, conforme as diretrizes atuais (GUAZZI et al., 2018).

2.5 PROCEDIMENTO DO ESTUDO

As avaliações aconteceram em dois dias na mesma semana. No primeiro dia, o paciente foi submetido ao ecocardiograma para definição da função cardíaca. No segundo dia, foram submetidos à avaliação clínica e ao teste ergométrico. Os dados do TECP foram disponibilizados a partir de um banco de dados construído com base em um estudo anterior. O ecocardiograma foi realizado em clínica especializada e o teste de esforço no LAFIEX/UFVJM.

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados no software SPSS, versão 23.0. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Dados contínuos foram apresentados como média e desvio padrão (variáveis com distribuição normal) ou como mediana e intervalo interquartil (variáveis com distribuição não normal). As variáveis categóricas foram apresentadas como números absolutos e porcentagens. A diferença entre o VO₂pico avaliado no teste ergométrico e o TECP foi avaliada pelo teste t para amostras pareadas (distribuição normal) ou pelo teste de Wilcoxon (distribuição não normal), conforme apropriado. A correlação entre os valores obtidos e estimados foi avaliada por meio dos testes de Pearson (para distribuição normal) ou de Spearman (para distribuição não normal). Adotou-se o nível de significância de 5%.

3 RESULTADOS

Foram avaliados 31 pacientes com cardiomiopatia chagásica. As características clínicas, demográficas, ecocardiográficas e funcionais são apresentadas na Tabela 1. A maioria era do sexo masculino (67,7%) e encontrava-se na classe funcional NYHA I (61,3%). Dezesesseis pacientes (51,6%) apresentavam disfunção sistólica.

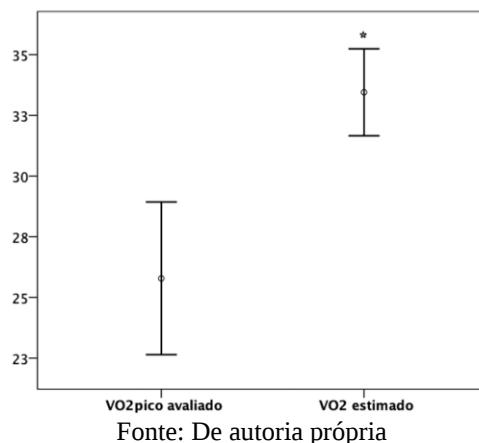
Tabela 1 – Características da amostra (n=31)

Variável	Valor
Idade (anos)	48,3±7,4
Sexo feminino, n (%)	10 (32,3)
Classe funcional NYHA n (%)	
I	19 (61,3)
II	06 (19,4)
III	06 (19,4)
PAS (mmHg)	120,0 (110,0 – 120,0)
PAD (mmHg)	70,0 (60,0 – 80,0)
FC (bpm)	66,9±9,2
IMC (kg/m ²)	25,8±4,3
VO ₂ pico (mL.kg.min)	25,8±8,4
VE/VC0 ₂ slope	31,9±4,7
FC atingida (%)	83,3±13,1
FCrec (bpm)	20,4±10,0
FEVE (%)	58,5 (37,7 – 63,0)
VE _d (mm)	52,0 (45,2 – 66,5)

Fonte: De autoria própria

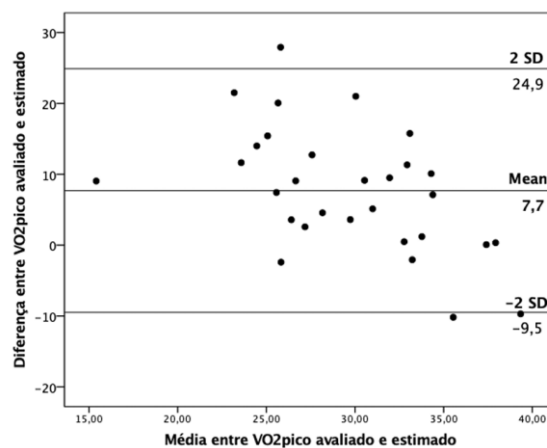
Na avaliação funcional, o VO_2pico avaliado, direta e indiretamente, foi de $25,8 \pm 8,4$ mL·kg·min, enquanto o VO_2pico estimado foi de $33,4 \pm 4,8$ mL·kg·min (Figura 1), com diferença significativa entre os valores ($p < 0,001$). O VO_2pico foi superestimado em 29,4%; não houve correlação entre as medidas ($r = 0,195$; $p = 0,302$).

Figura 1: Média e intervalo de confiança de 95% entre o Vo_2pico estimado e o avaliado diretamente. * p-valor < 0,001.



No diagrama de Bland-Altman (Figura 2), a maioria dos valores permaneceu dentro dos limites de concordância; entretanto, a média da diferença foi elevada (7,7 mL.kg.min). O Índice de Correlação Intraclass foi de 0,190.

Figura 2: Diagrama de Bland-Altman para a análise da concordância entre o VO_2pico avaliado diretamente e o estimado.



4 DISCUSSÃO

O presente estudo demonstrou que o VO_2pico estimado pelo teste ergométrico difere significativamente daquele avaliado diretamente pelo Teste de Esforço Cardiopulmonar em pacientes com cardiomiopatia chagásica, evidenciando superestimação relevante e ausência de correlação entre as medidas. Esses achados indicam que, nessa população, o uso de fórmulas preditivas baseadas exclusivamente no desempenho no teste ergométrico pode não refletir adequadamente a capacidade

funcional real. A magnitude da diferença observada assume relevância clínica, considerando que o $\text{VO}_{2\text{pico}}$ é amplamente utilizado na estratificação funcional e prognóstica de pacientes com cardiopatias, bem como na tomada de decisões terapêuticas, incluindo a indicação para transplante cardíaco (BACAL et al., 2018). Dessa forma, erros sistemáticos na estimativa do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ podem comprometer a avaliação clínica e a interpretação prognóstica, reforçando a necessidade de cautela na utilização do teste ergométrico para esse fim em indivíduos com cardiomiopatia chagásica.

Os achados do presente estudo estão em consonância com evidências prévias que apontam limitações na estimativa indireta do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ em comparação à mensuração direta pelo Teste de Esforço Cardiopulmonar. Rocha Neto et al. (2019), ao avaliarem adultos sedentários, observaram superestimação significativa do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ pelo teste ergométrico em relação ao TECP, ainda que tenham identificado correlação moderada entre os métodos. De forma semelhante, estudos conduzidos em indivíduos saudáveis, ativos ou sedentários, utilizando protocolos incrementais em cicloergômetro, também relataram superestimação do $\text{VO}_{2\text{pico}}$, variando entre 10% e 35%, quando comparada à análise direta das trocas gasosas (FAIRBARN et al., 1994; NEDER et al., 1999; ONG et al., 2002). Embora essas investigações tenham sido realizadas em populações distintas da cardiomiopatia chagásica, a magnitude do erro observada no presente estudo é comparável e, em alguns casos, superior àquela descrita na literatura, o que sugere que a aplicação de equações preditivas generalistas pode ser particularmente problemática em populações com comprometimento cardiovascular estrutural e funcional.

A superestimação do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ observada neste estudo pode ser parcialmente explicada pelo fato de as equações utilizadas no teste ergométrico considerarem um número limitado de variáveis, geralmente restritas ao tempo de exercício e ao sexo. Em populações com cardiomiopatia chagásica, fatores clínicos e funcionais adicionais exercem influência relevante sobre a capacidade funcional e podem não ser adequadamente capturados por modelos preditivos simplificados. Evidências indicam que variáveis como a fração de ejeção do ventrículo esquerdo, a classe funcional NYHA, a idade e o sexo masculino estão associadas à capacidade funcional em indivíduos com doença de Chagas (SILVA et al., 2021). A fração de ejeção e a classe funcional refletem diretamente o grau de comprometimento cardíaco e a limitação ao esforço, enquanto a idade e o sexo estão relacionados a diferenças fisiológicas que afetam o desempenho cardiorrespiratório. A ausência dessas variáveis nas equações de estimativa do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ pode contribuir para discrepâncias sistemáticas entre os valores estimados e os obtidos por mensuração direta, especialmente em populações com alterações estruturais e funcionais do miocárdio.

Diante das limitações observadas na estimativa do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ pelo teste ergométrico, estudos têm buscado alternativas metodológicas mais acessíveis e com desempenho preditivo superior para a avaliação da capacidade funcional em pacientes com cardiomiopatia chagásica. Nesse sentido, testes de campo têm se mostrado opções promissoras, especialmente quando associados a modelos que

incorporam múltiplas variáveis clínicas e funcionais. Costa et al. (2017) demonstraram que a estimativa do VO_2pico a partir do Teste de Caminhada de Seis Minutos, combinada a variáveis como sexo, classe funcional da New York Heart Association, idade e índice de massa corporal, apresentou elevada capacidade preditiva e diferença média mínima em relação à mensuração direta pelo Teste de Esforço Cardiopulmonar. De forma semelhante, Alves et al. (2016) observaram boa acurácia do Incremental Shuttle Walk Test na predição do VO_2pico avaliado pelo TECP em pacientes com cardiomiopatia chagásica. Esses achados reforçam a ideia de que modelos de estimativa que consideram múltiplos determinantes da capacidade funcional tendem a apresentar maior precisão, em contraste com equações baseadas exclusivamente no desempenho em testes ergométricos convencionais. Ainda assim, o teste ergométrico mantém relevância clínica por permitir avaliação em intensidades mais elevadas e monitorização eletrocardiográfica contínua, sendo particularmente útil para a detecção de arritmias induzidas pelo esforço.

O presente estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Observou-se predomínio de pacientes classificados na classe funcional NYHA I, caracterizando indivíduos com função cardíaca relativamente preservada e menor limitação ao esforço, o que pode restringir a extrapolação dos achados para pacientes com maior gravidade clínica. No entanto, esse perfil é frequentemente observado em indivíduos com cardiomiopatia chagásica acompanhados ambulatorialmente, muitos dos quais mantêm atividades laborais que exigem esforço físico regular (DE ALENCAR et al., 2014). Além disso, a amostra relativamente pequena constitui uma limitação metodológica, embora o elevado poder estatístico obtido a posteriori reduza a probabilidade de erro do tipo II. Como ponto forte, destaca-se o fato de este ser o primeiro estudo, até onde se tem conhecimento, a comparar diretamente a estimativa do VO_2pico pelo teste ergométrico com a mensuração direta pelo Teste de Esforço Cardiopulmonar em pacientes com cardiomiopatia chagásica, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre a avaliação funcional nessa população específica.

5 CONCLUSÃO

Em pacientes com cardiomiopatia chagásica, o VO_2pico estimado pelo teste ergométrico apresentou diferença significativa em relação ao VO_2pico avaliado diretamente pelo Teste de Esforço Cardiopulmonar, com diferença média de $7,7 \text{ mL} \cdot \text{kg} \cdot \text{min}$. Esses achados indicam que a estimativa do VO_2pico a partir do teste ergométrico, utilizando equações preditivas convencionais, pode não refletir adequadamente a capacidade funcional real nessa população. O acompanhamento funcional de pacientes com cardiomiopatia chagásica permanece desafiador, especialmente em regiões de baixo nível socioeconômico, onde o método padrão-ouro de avaliação funcional é oneroso e pouco acessível. Nesse contexto, o teste ergométrico mantém relevância clínica como ferramenta amplamente

disponível, porém, seus resultados devem ser interpretados com cautela quando utilizados para estimar o VO_2 pico. Assim, torna-se fundamental o desenvolvimento de novas equações de estimativa, mais específicas e precisas, que ampliem a aplicabilidade clínica do teste ergométrico na avaliação funcional de pacientes com cardiomiopatia chagásica.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R.; LIMA, M. M.; FONSECA, C.; DOS REIS, R. et al. Peak oxygen uptake during the incremental shuttle walk test in a predominantly female population with Chagas heart disease. *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.*, v. 52, n. 1, p. 20–27, 2016.
- AMERICAN THORACIC SOCIETY; AMERICAN COLLEGE OF CHEST PHYSICIANS (ATS/ACCP). ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, v. 167, n. 2, p. 211–277, 2003.
- ANDRADE, J. P.; MARIN-NETO, J. A.; PAOLA, A. A. V.; VILAS-BOAS, F. et al. I Latin American guidelines for the diagnosis and treatment of Chagas cardiomyopathy. *Arq. Bras. Cardiol.*, v. 97, n. 2, supl. 3, p. 1–48, 2011.
- BACAL, F.; MARCONDES-BRAGA, F. G.; ROHDE, L. E. P.; XAVIER JÚNIOR, J. L. et al. Diretriz brasileira de transplante cardíaco. *Arq. Bras. Cardiol.*, v. 111, n. 2, p. 230–289, 2018.
- BERN, C.; MESSENGER, L. A.; WHITMAN, J. D.; MAGUIRE, J. H. Chagas disease in the United States: a public health approach. *Clin. Microbiol. Rev.*, v. 33, n. 1, e00023-19, 2019.
- COSTA, H. S.; LIMA, M. M.; ALENCAR, M. C.; SOUSA, G. R. et al. Prediction of peak oxygen uptake in patients with Chagas heart disease: value of the six-minute walk test. *Int. J. Cardiol.*, v. 228, p. 385–387, 2017.
- COSTA, H. S.; LIMA, M. M. O.; COSTA, F.; CHAVES, A. T. et al. Reduced functional capacity in patients with Chagas disease: a systematic review with meta-analysis. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*, v. 51, n. 4, p. 421–426, 2018.
- COURA, J. R.; BORGES-PEREIRA, J. Chronic phase of Chagas disease: why should it be treated? A comprehensive review. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, v. 106, n. 6, p. 641–645, 2011.
- DE ALENCAR, M. C.; ROCHA, M. O.; LIMA, M. M.; COSTA, H. S. et al. Heart rate recovery in asymptomatic patients with Chagas disease. *PLoS One*, v. 9, n. 6, e100753, 2014.
- DIAS, J. C. P.; RAMOS, A. N. JÚNIOR; GONTIJO, E. D.; LUQUETTI, A. et al. Brazilian consensus on Chagas disease, 2015. *Epidemiol. Serv. Saude*, v. 25, n. esp., p. 7–86, 2016.
- FAIRBARN, M. S.; BLACKIE, S. P.; MCELVANEY, N. G.; WIGGS, B. R. et al. Prediction of heart rate and oxygen uptake during incremental and maximal exercise in healthy adults. *Chest*, v. 105, n. 5, p. 1365–1369, 1994.
- FREITAS, P. E. D. Ergometria: conceitos para o clínico. *Rev. Med. Minas Gerais*, v. 18, n. 1, p. 41–48, 2008.
- GUAZZI, M.; ARENA, R.; HALLE, M.; PIEPOLI, M. F. et al. 2016 focused update: clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Eur. Heart J.*, v. 39, n. 14, p. 1144–1161, 2018.
- HERDY, A. H.; RITT, L. E.; STEIN, R.; ARAÚJO, C. G. S. et al. Cardiopulmonary exercise test: background, applicability and interpretation. *Arq. Bras. Cardiol.*, v. 107, n. 5, p. 467–481, 2016.

LANG, R. M.; BADANO, L. P.; MOR-AVI, V.; AFILALO, J. et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults. *J. Am. Soc. Echocardiogr.*, v. 28, n. 1, p. 1–39.e14, 2015.

MADY, C.; CARDOSO, R. H.; BARRETTO, A. C.; LUZ, P. L. et al. Survival and predictors of survival in patients with congestive heart failure due to Chagas cardiomyopathy. *Circulation*, v. 90, n. 6, p. 3098–3102, 1994.

NEDER, J. A.; NERY, L. E.; CASTELO, A.; ANDREONI, S. et al. Prediction of metabolic and cardiopulmonary responses to maximum cycle ergometry. *Eur. Respir. J.*, v. 14, n. 6, p. 1304–1313, 1999.

NETO, A. M. R.; HERDY, A. H.; SOUZA, P. Comparative analysis of direct and indirect methods for the determination of maximal oxygen uptake in sedentary young adults. *Int. J. Cardiovasc. Sci.*, v. 32, n. 4, p. 362–367, 2019.

NUNES, M. C. P.; DONES, W.; MORILLO, C. A.; ENCINA, J. J. et al. Chagas disease: an overview of clinical and epidemiological aspects. *J. Am. Coll. Cardiol.*, v. 62, n. 9, p. 767–776, 2013.

NUNES, M. C. P.; BEATON, A.; ACQUATELLA, H.; BERN, C. et al. Chagas cardiomyopathy: an update of current clinical knowledge and management. *Circulation*, v. 138, n. 12, p. e169–e209, 2018.

ONG, K. C.; LOO, C. M.; ONG, Y. Y.; CHAN, S. P. et al. Predictive values for cardiopulmonary exercise testing in sedentary Chinese adults. *Respirology*, v. 7, n. 3, p. 225–231, 2002.

PEREZ-MOLINA, J. A.; MOLINA, I. Chagas disease. *Lancet*, v. 391, n. 10115, p. 82–94, 2018.

RASSI JÚNIOR, A.; RASSI, A.; MARIN-NETO, J. A. Chagas disease. *Lancet*, v. 375, n. 9723, p. 1388–1402, 2010.

REQUENA-MÉNDEZ, A.; ALDASORO, E.; DE LAZZARI, E.; SICURI, E. et al. Prevalence of Chagas disease in Latin-American migrants living in Europe. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, v. 9, n. 2, e0003540, 2015.

RIBEIRO, A. L.; NUNES, M. P.; TEIXEIRA, M. M.; ROCHA, M. O. Diagnosis and management of Chagas disease and cardiomyopathy. *Nat. Rev. Cardiol.*, v. 9, n. 10, p. 576–589, 2012.

RIBEIRO, A. L.; ROCHA, M. O. Indeterminate form of Chagas disease. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*, v. 31, n. 3, p. 301–314, 1998.

RITT, L. E.; CARVALHO, A. C.; FEITOSA, G. S.; PINHO-FILHO, J. A. et al. Cardiopulmonary exercise and 6-min walk tests as predictors of quality of life and long-term mortality. *Int. J. Cardiol.*, v. 168, n. 4, p. 4584–4585, 2013.

ROCHA, M. O.; TEIXEIRA, M. M.; RIBEIRO, A. L. An update on the management of Chagas cardiomyopathy. *Expert Rev. Anti Infect. Ther.*, v. 5, n. 4, p. 727–743, 2007.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA (SBC). III Diretriz brasileira de insuficiência cardíaca crônica. *Arq. Bras. Cardiol.*, v. 93, supl. 1, p. 1–71, 2009.

SILVA, W. T.; COSTA, H. S.; FIGUEIREDO, P. H. S.; LIMA, M. M. O. et al. Determinants of functional capacity in patients with Chagas disease. *Arq. Bras. Cardiol.*, v. 117, n. 5, p. 934–941, 2021.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA (SBC). III guidelines of Sociedade Brasileira de Cardiologia on the exercise test. *Arq. Bras. Cardiol.*, v. 95, n. 5, supl. 1, p. 1–26, 2010.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. *Fisiologia do esporte e do exercício*. Barueri: Manole, 2010.