

## ARTIGO ORIGINAL

**Correlação entre o pico de torque do dinamômetro isocinético (DI) com o consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) em indivíduos com fatores de risco para doença cardiovascular**

***Correlation between peak torque of the isokinetic dynamometer (DI) with oxygen consumption (VO<sub>2</sub>) in individuals with risk factors for cardiovascular disease***

Rafael Santiago Floriano<sup>1</sup>, Cristiane Passos de Souza<sup>1</sup>, Michel Silva Reis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Recebido em: 28 de outubro de 2024; Aceito: 29 de outubro de 2024.

**Correspondência:** Rafael Santiago Floriano, [rafaelsantiagofloriano@gmail.com](mailto:rafaelsantiagofloriano@gmail.com)

### Como citar

Floriano RS, Souza CP, Reis MS. Correlação entre o pico de torque do dinamômetro isocinético (DI) com o consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) em indivíduos com fatores de risco para doença cardiovascular. Fisioter. Bras. 2024;25(5):1705-1714. doi:[10.62827/fb.v25i5.1025](https://doi.org/10.62827/fb.v25i5.1025)

## Resumo

**Introdução:** As doenças cardiovasculares (DCV) podem ser desencadeadas por fatores de risco. Estes fatores de risco podem diminuir a força muscular, a capacidade funcional e precipitar o processo de fadiga. Avaliar a força desses músculos parece interessante para entender mais sobre este processo de fadiga muscular. **Objetivo:** Correlacionou-se as variáveis obtidas pelo dinamômetro isocinético (DI) com o consumo de oxigênio pico do TECP. **Métodos:** Trata-se de um estudo transversal realizado com 21 indivíduos de ambos os sexos (08 homens e 13 mulheres), com idade média de 50,01±4,5 anos; IMC médio de 32,45±5,9; que realizaram o teste de exercício cardiopulmonar (TECP) incremental no cicloergômetro sintoma limitado ou até a perda da cadência. Realizaram a avaliação da musculatura de coxa bilateral na velocidade angular de 60°/s, 120°/s e 240°/s no modo isométrico e concêntrico/concêntrico através do DI no Biodex®. **Resultados:** Os valores de VO<sub>2pico</sub> (13,0±1,5 mL/kg/min) não tiveram correlação estatisticamente significativa com o pico de torque para extensão de joelho direito (r=0,37; p=0,09) e extensão de joelho esquerdo (r=0,21; p=0,37); entretanto houve uma correlação moderada e significativa entre o VO<sub>2</sub> e o pico de torque para flexão do joelho direito (r=0,60; p=0,003) e também entre o VO<sub>2</sub> e o pico de torque para flexão do joelho esquerdo (r=0,46; p=0,03).

*Conclusão:* Houve correlação entre o  $VO_2$  e o pico de torque para flexão do joelho direito e flexão de joelho esquerdo.

**Palavras-chave:** Dinamômetro de força muscular; consumo de oxigênio; fatores de risco.

## Abstract

*Introduction:* CVD can be triggered by risk factors. These risk factors can reduce muscle strength, functional capacity and precipitate the fatigue process. Assessing the strength of these muscles seems interesting to understand more about this process of muscle fatigue. *Objective:* Correlate the variables obtained by the isokinetic dynamometer (DI) with the CPET peak oxygen consumption. *Methods:* This is an observational, cross-sectional and prospective study, carried out with 21 individuals of both sexes (08 men and 13 women), with a mean age of  $50.01 \pm 4.5$  years; mean BMI of  $32.45 \pm 5.9$ ; who performed incremental CPET on the cycle ergometer had limited symptoms or even loss of cadence. They carried out the assessment of bilateral thigh muscles at angular speeds of  $60^\circ/s$ ,  $120^\circ/s$  and  $240^\circ/s$  in isometric and concentric/concentric modes using the DI on Biodex®. *Results:*  $VO_{2peak}$  values ( $13.0 \pm 1.5$  mL/kg/min) did not have a statistically significant correlation with peak torque for right knee extension ( $r=0.37$ ;  $p=0.09$ ) and extension left knee ( $r=0.21$ ;  $p=0.37$ ); however, there was a moderate and significant correlation between  $VO_2$  and peak torque for flexion of the right knee ( $r=0.60$ ;  $p=0.003$ ) and also between  $VO_2$  and peak torque for flexion of the left knee ( $r=0.46$ ;  $p=0.03$ ). *Conclusion:* There was a correlation between  $VO_2$  and peak torque for right knee flexion and left knee flexion.

**Keywords:** Muscle strength dynamometer; oxygen consumption; risk factor.

## Introdução

As doenças cardiovasculares (DCV) são consideradas maiores causadoras de morte no Brasil e no mundo [1]. As DCV podem ser oriundas de conhecidos fatores de risco como: diabetes, hipertensão arterial, sedentarismo [2-3] obesidade, sono inadequado, dislipidemia, fumo entre outros. Os fatores de risco podem diminuir a força muscular e a capacidade funcional. Por esse motivo devem ser prevenidos para reduzir o risco de morbimortalidade [4].

O dinamômetro isocinético (DI) é considerado o padrão ouro para a avaliação da força muscular (FM) [5]. A FM é uma importante valência clínica, tanto para diagnósticos de patologias, quanto para avaliação e prescrição de exercícios para esta

população de pacientes. Nessa avaliação é possível quantificar diversas variáveis, dentre elas, os valores de torque, trabalho e potência dos grupos musculares, bem como a relação de força muscular agonista-antagonista [6,7].

O Teste de Exercício Cardiopulmonar (TECP) é considerado o padrão ouro na avaliação da capacidade funcional, além de auxiliar no diagnóstico de doenças cardiorrespiratórias, este teste poder orientar os processos de reabilitação e prescrição de exercício físico [8]. A variável mais importante obtida neste teste é o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), utilizada tanto no limiar de anaerobiose ventilatória como no pico do exercício ( $VO_{2pico}$ ) [8-10].

Qual é a relação existente entre as variáveis da dinamometria isocinética (DI) na musculatura de coxas (musculatura envolvida no processo de sentar e levantar, na locomoção e preservação da

capacidade funcional) e o consumo oxigênio no pico do exercício. Avaliou-se a correlação entre as variáveis do DI da musculatura de coxas e o consumo de oxigênio no pico do exercício ( $VO_{2\text{pico}}$ ).

## Métodos

Trata-se de um estudo transversal.

Foram triados 21 voluntários, 8 homens (38%) e 13 mulheres (62%). Critérios de inclusão: idade maior que 18 anos e ter, pelo menos, dois fatores de risco para DCV. Foram excluídos: indivíduos com infarto agudo do miocárdio, insuficiência cardíaca crônica, com doença pulmonar crônica, com doença osteomioarticular que impossibilitasse a execução de exercício físico; estar participando de outro programa de reabilitação nos últimos 6 meses. Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho da UFRJ, sob parecer CAAE 47813415.8.0000.5257 e todos os voluntários assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Na primeira visita, os voluntários foram submetidos a anamnese, exame físico e coleta de dados pessoais e antropométricos. Os voluntários receberam orientações para preparo na véspera e no dia dos testes. Posteriormente foram submetidos ao TECP incremental em cicloergômetro eletromagnético (Inbramed, Porto Alegre, Brasil). Inicialmente permaneceram um minuto em repouso sentado no cicloergômetro e na sequência, iniciaram o período de aquecimento por três minutos, pedalando com uma carga de 15W. Após esta etapa, o protocolo de exercício físico era iniciado com incrementos que variaram entre 10W e 15W de carga a cada minuto, até que algum sinal ou sintoma indicasse que o teste fosse interrompido, ou, se não fossem capaz de

manter a cadência de 60 rotações por minuto. A distribuição da carga foi controlada pelo sistema de ergometria. Por fim, o período de recuperação pós-teste, consistiu em três minutos com a carga de 25W, seguidos de mais 5min e 10min de repouso passivo.

Na segunda visita, foi realizada a avaliação da musculatura de coxa no dinamômetro isocinético (DI) Biodex® modelo número 900-860, série 975; seguindo as recomendações do manual do fabricante. O DI era calibrado antes do início dos testes. O equipamento foi programado no modo isométrico e concêntrico/concêntrico. Foi realizada a familiarização dos voluntários com o equipamento antes dos testes. Um alongamento passivo dos músculos isquiotibiais e quadríceps foi realizado em uma única vez com o tempo de duração de 30 segundos. Em seguida os voluntários realizavam 10 repetições a 300°/s como forma de aquecimento. Na sequência foi realizada a avaliação da velocidade angular de 60°/s, 120°/s e 240°/s; todas essas velocidades angulares com séries de 4 repetições cada. A cada término das séries, era concedido 3 minutos para descanso. Os testes foram todos realizados pelo mesmo avaliador, que durante o movimento estimulava de forma verbal os pacientes a fazerem sua força máxima.

Os dados foram analisados no programa estatístico *Sigmaplot* 11.0. Inicialmente, foram aplicados os testes de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade das variâncias de Levene para a determinação da distribuição da amostra.

Na sequência, foram realizadas Correlações de *Pearson* para avaliar a associação temporal e os valores de  $VO_2$  relativo e (0-0,19 – correlação bem fraca; 0,20-0,39 – correlação fraca; 0,40-0,69 – correlação moderada; 0,70-0,89 – correlação

forte; 0,90-1 correlação muito forte. As variáveis paramétricas foram apresentadas em média e desvio padrão e as não paramétricas em mediana e intervalos interquartis. O nível de significância estabelecido foi  $p < 0,05$ .

## Resultados

A amostra foi composta por 21 voluntários, sendo 8 homens e 13 mulheres; toda a amostra possuía pelo menos 2 ou mais fatores de risco para DCV. A média de idade foi  $50,10 \pm 4,5$  anos; a estatura média foi  $1,67 \pm 0,09$  m e massa corporal média de  $90,60 \pm 12,30$  kg, resultando em um IMC médio de  $32,45 \pm 5,90$ . Os valores de  $VO_{2\text{pico}}$  absoluto e relativo médios foram de  $1,3 \pm 0,4$  L/min e  $13,0 \pm 1,3$  mL/kg/min, respectivamente (Tabela 1).

Os valores de  $VO_{2\text{pico}}$  relativo ( $13,0 \pm 1,5$ ) não tiveram correlação estatisticamente significativa com

o pico de torque para extensão de joelho direito ( $R=0,37$ ;  $P=0,09$ ), como mostra a figura 1. Quando correlacionamos o  $VO_{2\text{pico}}$  com a extensão de joelho esquerdo tivemos os seguintes resultados:  $R=0,21$ ;  $P=0,37$ , conforme mostra a figura 2. Entretanto ao analisarmos o  $VO_{2\text{pico}}$  com a flexão de joelho direito, verificamos que houve uma correlação moderada e significativa ( $R=0,60$ ;  $P=0,003$ ), conforme mostrado na figura 3. Conseguimos ainda verificar uma correlação entre o  $VO_{2\text{pico}}$  e o pico de torque 60/seg para flexão do joelho esquerdo ( $R=0,46$ ;  $P=0,03$ ), conforme disposto na figura 4.

**Tabela 1 - Dados antropométricos em média e desvio padrão**

	número de voluntários=21
Idade (anos)	$50,1 \pm 4,50$
<b>Dados Antropométricos</b>	----
Estatura (cm)	$167 \pm 0,09$
Massa Corporal (kg)	$90,60 \pm 12,30$
Índice de massa corporal (IMC)	$32,45 \pm 5,90$

IMC= índice de massa corporal; cm= centímetro; kg=quilo

**Tabela 2 - Dados do teste cardiopulmonar de exercício em média e desvio padrão**

	número de voluntários=21
<b>Dinamômetro Isocinético (60°/seg)</b>	----
Extensão de coxa direita(N/m)	121,5 ± 77,5
Flexão de coxa direita(N/m)	61,3 ± 28,5
Extensão de coxa esquerda(N/m)	111,3 ± 68,5
Flexão de coxa esquerda(N/m)	64,2 ± 36,5
Gênero (Masculino/Feminino)	8/13
BORG (CR10)	8,05 ± 1,3 (pernas)

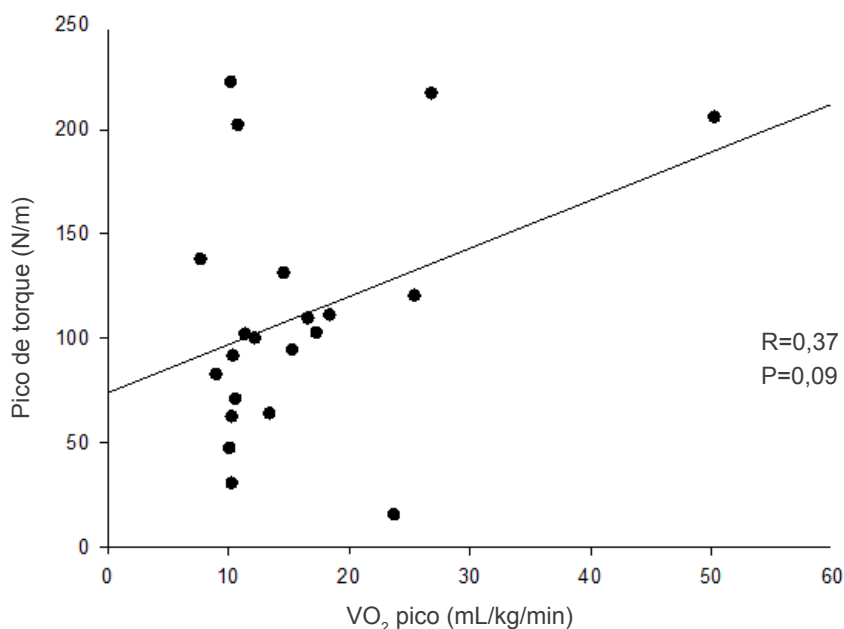
N/m=newtom metro

**Tabela 3 - Dados da dinamometria isocinética em média e desvio padrão**

	número de voluntários=21
<b>Dinamômetro Isocinético (60°/seg)</b>	----
Extensão de coxa direita(N/m)	121,5 ± 77,5
Flexão de coxa direita(N/m)	61,3 ± 28,5
Extensão de coxa esquerda(N/m)	111,3 ± 68,5
Flexão de coxa esquerda(N/m)	64,2 ± 36,5
Gênero (Masculino/Feminino)	8/13
BORG (CR10)	8,05 ± 1,3 (pernas)

VO<sub>2</sub>=consumo de oxigênio; N/m=newtom metro; BORG CR-10=escala subjetiva de esforço

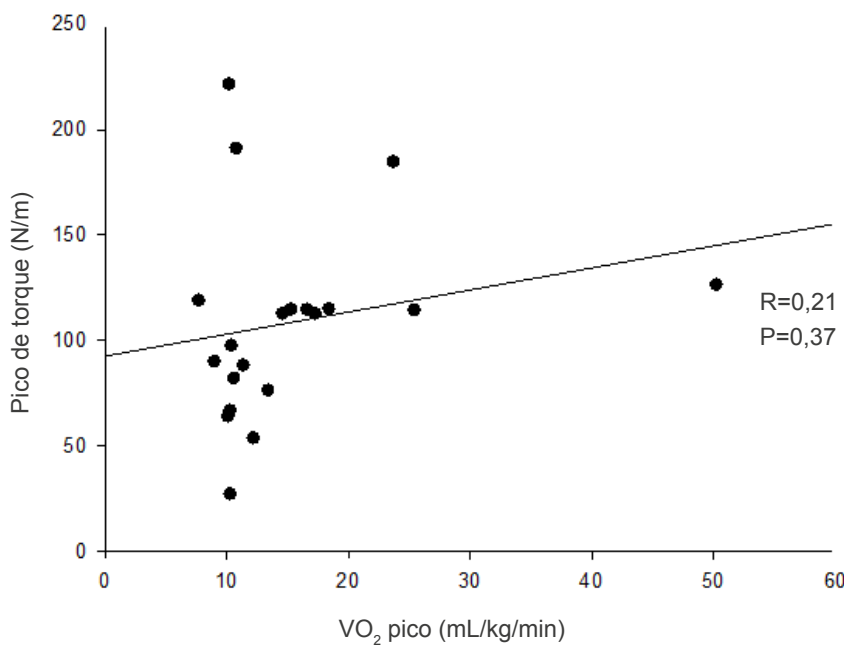
Na figura 1 observamos que os valores de  $VO_2$  não tiveram correlação estatisticamente significativa com o pico de torque para extensão de joelho direito.



N/m=Newton metro.

**Figura 1 - Correlação de Pearson entre o  $VO_{2\text{pico}}$  e o pico de torque a 60°/s a extensão de joelho de perna direita**

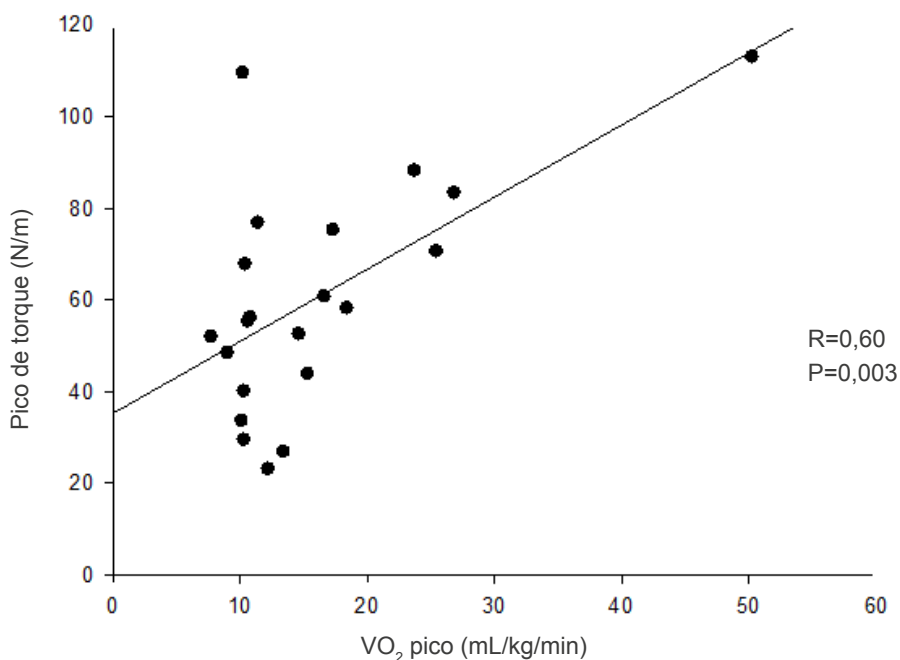
Na figura 2 observamos que os valores de  $VO_2$  não tiveram correlação estatisticamente significativa com o pico de torque para extensão de joelho esquerdo.



N/m=Newton metro

**Figura 2 - Correlação de Pearson entre o  $VO_{2\text{pico}}$  e o pico de torque a 60°/s na extensão de joelho de perna esquerda**

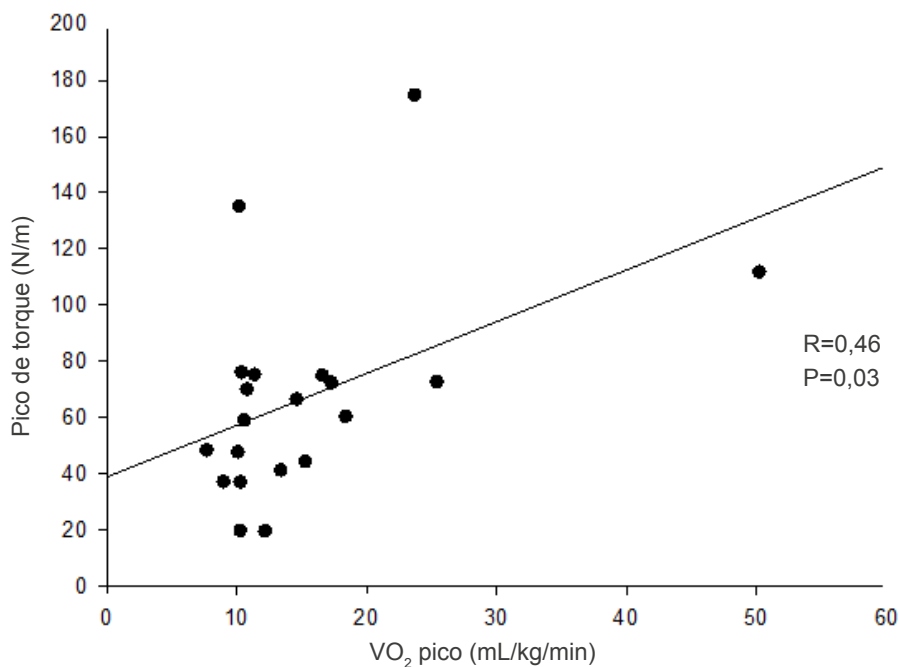
Na figura 3 houve uma correlação moderada quando analisamos os valores de  $VO_2$  com o pico de torque para flexão de joelho direito.



N/m=Newton metro

**Figura 3:** Correlação de Pearson entre o  $VO_{2pico}$  e o pico de torque a 60°/s na flexão de perna direita

Na figura 4 vê-se uma correlação, entretanto fraca, quando analisamos os valores de  $VO_2$  com o pico de torque para flexão de joelho esquerdo.



N/m=Newton metro

**Figura 4 -** Correlação de Pearson entre o  $VO_{2pico}$  e o pico de torque a 60°/s na flexão de perna esquerda

## Discussão

Os principais achados do estudo revelaram que os voluntários apresentaram uma correlação moderada maior entre o  $VO_{2\text{pico}}$  e o Pico de torque, na extensão concêntrica de joelho direito. Mas também mostrou uma correlação moderada, um pouco menor, na extensão do joelho esquerdo. Adicionalmente, parece que esse grupo amostral apresentou um  $VO_{2\text{pico}}$  aparentemente abaixo para a amostra estudada, entretanto podemos imaginar que os fatores de risco possam ter influenciado nesses resultados.

No que se refere a função pulmonar dos voluntários, nenhum indivíduo tinha um diagnóstico prévio de doença obstrutiva ou restritiva, o que poderia justificar ou influenciar os resultados do  $VO_{2\text{pico}}$ . Além disso, os voluntários foram familiarizados previamente com os procedimentos avaliatórios do estudo.

Analisando os resultados do trabalho de Portney *et al.* (1983) [11], sobre o coeficiente de correlação intraclasse do pico de torque, é possível verificar as variações na confiabilidade, envolvendo os movimentos (flexão concêntrica de joelho; extensão concêntrica de joelho e flexão excêntrica de joelho), nas velocidades angulares de  $60^\circ/\text{seg}$ ,  $180^\circ/\text{seg}$  e  $300^\circ/\text{seg}$ . Na interpretação final do estudo constatou-se que a extensão concêntrica de joelho possui uma excelente confiabilidade, chegando aos 92%.

Peñailillo *et al.* (2017) [12] mostraram que o consumo de oxigênio no exercício excêntrico em cicloergômetro foi mais baixo quando comparado com o exercício concêntrico em ciclistas pedalando na mesma carga de trabalho. Isso é explicado pela menor atividade muscular dos músculos agonistas e antagonistas durante o trabalho excêntrico em comparação com o cicloergômetro concêntrico.

Segundo Keir *et al.* (2016) [13], a capacidade de manter a potência de saída durante uma pedalada prolongada em cicloergômetro é limitada pela capacidade de resistir à fadiga. Além disso, a aparência e magnitude do componente lento  $VO_2$  foi positivamente associado à intolerância ao exercício. Esse estudo fornece a primeira evidência direta em humanos de uma associação entre fadiga que se desenvolve dentro do músculo ativo e amplitude do componente lento  $VO_2$ . Na falta de quaisquer mudanças na ativação muscular ao longo do exercício, esses dados indicam que, como o exercício desencadeia a fadiga muscular, ele simultaneamente requer mais  $VO_2$  para sustentar o resultado constante com a mesma energia. Assim, o aparecimento e evolução do componente lento do  $Vo_2$  pode resultar dos mesmos mecanismos que causam o desenvolvimento de fadiga do músculo esquelético.

Noakes *et al.* (1988) [14] têm sugerido que os fatores de força muscular que afetam os corredores de elite estão ligados pela interação de características neuromusculares e anaeróbicas, podendo limitar o desempenho de resistência sendo assim, podem ser considerados melhores preditores de sucesso do que o  $VO_{2\text{max}}$ . Nesse contexto podemos inferir que avaliarmos exatamente a comparação entre as principais características (as neumomusculares, anaeróbicas e também o  $VO_2$ ) ligadas a performance nos trará informações importantes quanto ao processo de avaliação e prescrição de exercícios utilizando os marcadores ligados diretamente neste processo metabólico, assim como a participação de cada um deles.

De acordo com Aagaard *et al.* (1998) [15], a fadiga induz a diminuição da força muscular excêntrica dos isquiotibias, produzindo como



consequência um comprometimento na duração do tempo realizado de exercício e na razão do controle de força dinâmica; que geralmente diminui ao passar do tempo de realização de determinado exercício físico. Essas quedas naturais que ocorrem nas variáveis faz com que se propicie mais o mecanismo de lesões por estiramento segundo Barrack *et al.* (1989) [16]. Pensando por este racional, podemos inferir que quanto maior for o  $VO_2$ , mais lenta será o aparecimento da fadiga e por conseguinte de lesões. Sendo assim comparar o  $VO_2$  com o pico de torque a  $60^\circ/\text{seg}$  pode ser uma boa estratégia para prevenir lesões relacionadas a este mecanismo patognômico.

Favretto *et al.* (2019) [17], desenvolveram um trabalho parecido com o presente estudo, mas o que diferenciou foi o ergômetro utilizado. Favretto utilizou a esteira rolante e percebeu uma forte correlação ( $r=0.83$  e  $p> 0.001$ ) entre o  $VO_{2\text{max}}$  e o pico

de torque a  $60/\text{seg}$  na flexão dos joelhos na perna dominante de atletas de futsal. Constatou ainda uma moderada correlação ( $r=0.65$  e  $p> 0.006$ ) entre o  $VO_{2\text{max}}$  e o pico de torque a  $60/\text{seg}$  na extensão dos joelhos e ainda verificou uma moderada correlação ( $r=0.65$  e  $p> 0.005$ ) entre os extensores de joelho dominante com o trabalho total corrigido para a massa corporal.

### **Limitações/soluções e potencialidades do estudo**

O fato dos voluntários possuírem músculos de indivíduos sedentários no momento da avaliação. Como solução foi desenvolvido um programa de reabilitação para treinar e atenuar os fatores de risco desses indivíduos do presente estudo. A ideia futura é treinar esses indivíduos e testar o índice de fadiga comparando esta variável como o  $VO_{2\text{pico}}$ .

## **Conclusão**

Diante dos achados, pode-se concluir que existe uma correlação moderada entre o  $VO_{2\text{pico}}$  e o Pico de torque, na extensão concêntrica de joelho direito e na extensão do joelho esquerdo.

### **Conflitos de interesse**

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

### **Fontes de financiamento**

Financiamento próprio.

### **Contribuição dos autores**

*Concepção e desenho da pesquisa: Floriano RS, Reis MS; Obtenção de dados: Floriano RS, Souza CP; Análise e interpretação dos dados: Floriano RS, Reis MS, Souza CP; Análise estatística: Floriano RS, Reis MS; Obtenção de financiamento: Reis MS. Redação do manuscrito: Floriano RS, Reis MS, Souza CP; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Floriano RS, Reis MS.*

## **Referências**

1. Albuquerque DC, et al. I Brazilian registry of heart failure: clinical aspects, care quality and hospitalization outcomes. *Arq Bras Cardiol.* 2015;104(6):433-442. doi: 10.5935/abc.20150031
2. Ding D. Surveillance of global physical activity: progress, evidence, and future directions. *Lancet Glob Health.* 2018;6(10). doi: 10.1016/S2214-109X(18)30381
3. Guthold R, et al. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis

of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. *Lancet Glob Health*. 2018;6(10). doi: 10.1016/S2214-109X(18)30357-7

4. Datasus MS. Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM). Recuperado em maio de 2014.
5. Dvir Z. *Isokinetics: Muscle Testing, Interpretation and Clinical Applications*. 2nd ed. Churchill Livingstone; 2004.
6. Cassio R. Avaliação e utilização de isocinéticos em atletas e não atletas. *Profisio Esportiva e Traumatologia-Ortopédica*. 2012;1(3):87-142.
7. Petersen J, Hölmich P. Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *Br J Sports Med*. 2005;39(6):319-323. doi: 10.1136/bjsm.2005.018549
8. Neder JA, Nery LE. *Fisiologia clínica do exercício: teoria e prática*. São Paulo: Artmed; 2003.
9. Powers SK, et al. *Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho*. 2000.
10. Stein R. Teste cardiopulmonar de exercício: noções básicas sobre o tema. *Rev Soc Cardiol Rio Grand Sul*. 2006;9:1-4.
11. Portney LG, Watkins MP. *Foundations of Clinical Research: Applications to Practice*. Norwalk, Conn: Appleton & Lange; 1983.
12. Peñailillo L, Blazeovich AJ, Nosaka K. Factors contributing to lower metabolic demand of eccentric compared with concentric cycling. *J Appl Physiol*. 2017;123(4):884-893.
13. Keir DA, et al. The slow component of pulmonary O<sub>2</sub> uptake accompanies peripheral muscle fatigue during high-intensity exercise. *J Appl Physiol*. 2016;121(2):493-502. doi: 10.1152/jappphysiol.00249.2016
14. Noakes TD. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. *Med Sci Sports Exerc*. 1988;20(4):319-330. doi: 10.1249/00005768-198808000-00001
15. Aagaard P, et al. A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *Am J Sports Med*. 1998;26(2):231-237. doi: 10.1177/03635465980260021201
16. Barrack RL, Skinner HB, Buckley SL. Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. *Am J Sports Med*. 1989;17(1):1-6. doi: 10.1177/036354658901700101
17. Favretto E, et al. Cardiorespiratory fitness and muscular strength of deaf futsal players. *J Exerc Rehabil*. 2019;15(3):424-429. doi: 10.12965/jer.1836504.252



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.