

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Cesar Valerio Ronquim

Correlação entre a razão I/Q no dinamômetro isocinético e nos equipamentos de musculação



**CURITIBA, PR
2025**

Cesar Valerio Ronquim

Correlação entre a razão I/Q no dinamômetro isocinético e nos equipamentos de musculação

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para a conclusão do Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. Orientador: Prof. Dr. Cássio Mascarenhas.

CURITIBA, PR
2025

Dedico este trabalho aos meus maiores
incentivadores: “Meus avós e meu pais”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus pais, Carlos e Marines, que sempre confiaram em mim e apoiaram a minha profissão.

Agradeço a meus avós, Ildo, Adhemar, Conceição e Catarina, que sempre estiveram presentes nos momentos difíceis e alegres.

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que eu concluísse o Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício.

RESUMO

A relação de força/torque entre os isquiotibiais e o quadríceps é denominada de razão I/Q. Quando se mostra reduzida, consiste em fator de risco para ruptura do ligamento cruzado anterior (LCA). O monitoramento da razão I/Q, portanto, se mostra importante para prevenção de lesões do LCA em atletas de futebol. Entretanto, seu monitoramento tem sido feito somente com o uso de dinamometria isocinética, a qual é considerada padrão-ouro, porém, apresenta custo altíssimo. A análise da razão I/Q por meio dos equipamentos de musculação, poderia facilitar o monitoramento dessa variável e, dessa forma, prevenir lesões de LCA no futebol. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi analisar a correlação estatística entre a razão I/Q no dinamômetro isocinético e a razão I/Q nos equipamentos de musculação, cadeira flexora e cadeira extensora. Foram recrutadas para o estudo, 27 atletas profissionais de futebol, de equipe da elite do campeonato brasileiro. Para determinação do pico de torque e da razão I/Q, as atletas foram submetidas ao teste de dinamometria isocinética (Biodex, USA), nas velocidades angulares de 60°/seg. e 180°/seg., na extensão e na flexão de joelhos. Para determinação do peso de 1RM e da razão I/Q nos equipamentos de musculação, as atletas realizaram o teste de repetições máximas na cadeira flexora e na cadeira extensora (Matrix, USA), com estimativa de 1RM sendo feita pela equação de Eppley (1995). A razão I/Q no dinamômetro isocinético foi de $0,56 \pm 0,07$ e de $0,64 \pm 0,07$ com as pernas direita e esquerda, respectivamente, na velocidade angular de 60°/segundo, e para a velocidade angular de 180°/segundo foram de $0,65 \pm 0,08$ e de $0,65 \pm 0,07$ para as pernas direita e esquerda, respectivamente. Nos equipamentos de musculação, os resultados foram de $0,73 \pm 0,11$ e $0,77 \pm 0,11$ nas pernas direita e esquerda, respectivamente. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os resultados no isocinético e na musculação isoladamente. A análise de correlação mostrou um coeficiente de correlação de Pearson (r) de 0,26 (correlação desprezível) da razão I/Q para ambas as pernas, na comparação entre a razão I/Q nos equipamentos de musculação com a velocidade angular de 180°/seg. e de 0,31 e 0,44 (correlação baixa) para as pernas direita e esquerda, respectivamente, na velocidade angular de 60°/seg. Dessa forma, a razão I/Q nos equipamentos de musculação Matrix, com utilização do teste de repetições máximas, parece não reproduzir os resultados da dinamometria isocinética, comprometendo a análise mais precisa da razão I/Q. São necessários mais estudos, em outros equipamentos e com a realização do teste de 1RM, para melhor entendimento da razão I/Q nos equipamentos de musculação.

Palavras-chave: Razão I/Q; Musculação; Dinamômetro isocinético; Futebol.

ABSTRACT

The strength/torque relationship between the hamstrings and quadriceps is called the I/Q ratio. When it is reduced, it is a risk factor for anterior cruciate ligament (ACL) rupture. Monitoring the I/Q ratio is therefore important for preventing ACL injuries in soccer players. However, its monitoring has only been performed using isokinetic dynamometry, which is considered the gold standard but is very expensive. Analyzing the I/Q ratio using strength training equipment could facilitate monitoring of this variable and, therefore, prevent ACL injuries in soccer. Therefore, the objective of the present study was to analyze the statistical correlation between the I/Q ratio on the isokinetic dynamometer and the I/Q ratio on strength training equipment, leg curls and leg extensions. Twenty-seven professional soccer players from the elite teams of the Brazilian championship were recruited for the study. To determine peak torque and the I/Q ratio, the athletes underwent an isokinetic dynamometry test (Biodex, USA) at angular velocities of 60°/sec. and 180°/sec., in knee extension and flexion. To determine the 1RM weight and the I/Q ratio on the weightlifting equipment, the athletes performed the maximum repetition test on the leg curl and leg extension machine (Matrix, USA), with the 1RM estimated using the Eppley equation (1995). The I/Q ratio in the isokinetic dynamometer was 0.56 ± 0.07 and 0.64 ± 0.07 with the right and left legs, respectively, at an angular velocity of 60°/second, and for an angular velocity of 180°/second they were 0.65 ± 0.08 and 0.65 ± 0.07 for the right and left legs, respectively. In the weight training equipment, the results were 0.73 ± 0.11 and 0.77 ± 0.11 for the right and left legs, respectively. There was no statistically significant difference between the results in the isokinetic and weight training alone. The correlation analysis showed a Pearson correlation coefficient (r) of 0.26 (negligible correlation) for the I/Q ratio for both legs, when comparing the I/Q ratio on the strength training equipment with an angular velocity of 180°/sec, and 0.31 and 0.44 (low correlation) for the right and left legs, respectively, at an angular velocity of 60°/sec. Thus, the I/Q ratio on the Matrix strength training equipment, using the maximum repetition test, does not appear to reproduce the results of isokinetic dynamometry, compromising a more accurate analysis of the I/Q ratio. Further studies are needed, using other equipment and using the 1RM test, to better understand the I/Q ratio on strength training equipment.

Keywords: I/Q ratio; Isokinetic dynamometry; Strength training; Soccer.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
5. CONCLUSÃO.....	11
REFERÊNCIAS.....	12

1- INTRODUÇÃO

As lesões musculares dos isquiotibiais em jogadores de futebol representam cerca de 12% do total das lesões na modalidade e cerca de um terço de todas as lesões (1 e 2). Uma equipe profissional pode estimar de 5 a 6 lesões de isquiotibiais por temporada (1), e essas lesões geralmente apresentam sintomas persistentes (3) e alta recorrência (1). Por ser uma lesão recorrente no futebol e, por consequência, manter os atletas fora de campo, as lesões musculares afetam toda a equipe e os aspectos financeiros de um clube (4). Além disso, o desequilíbrio entre a razão I/Q de membros inferiores em atletas de futebol profissional feminino, aumenta o risco de lesões do ligamento cruzado anterior (LCA) (17). Apesar de as lesões apresentarem causa multifatorial, alguns fatores podem ser apontados como principais causas, como por exemplo a fraqueza e ou desequilíbrio entre as forças do quadríceps e dos isquiotibiais (5,6,7). Outro fator a se considerar é o fato de que as lesões dos isquiotibiais aumentaram na última década (8). As taxas de recorrência variam de 12% a 41% durante o primeiro ano de retorno ao jogo (9, 10, 11).

Existem vários estudos sobre dados normativos de populações não atléticas (12,15), mas faltam dados normativos de força muscular para atletas femininas em diferentes esportes. Lesões agudas nos membros inferiores são mais comumente observadas em esportes de pivotamento, com um risco significativamente aumentado de lesões nos joelhos em atletas do sexo feminino em comparação com atletas do sexo masculino (24,37). Tem sido consistentemente relatado que atletas jovens e adultas do sexo feminino apresentam diferenças no controle neuromuscular dos membros inferiores e na biomecânica associada, bem como na força muscular do quadríceps e isquiotibiais em comparação com seus pares do sexo masculino, com idade e atividade correspondentes, colocando-as em um risco aumentado de lesão musculoesquelética de membros inferiores (13,37). Portanto, é importante estabelecer valores normativos de força muscular para atletas de modalidades esportivas específicas, por idade e sexo.

Um grande estudo de coorte prospectivo em jogadores de futebol profissional mostrou menor força isocinética excêntrica dos isquiotibiais a 60 graus s⁻¹ (OR = 1,4; IC 95%, 1,0–1,9; p = 0,04) e menor força isocinética concêntrica do quadríceps a 60 graus s⁻¹ (OR = 1,4; IC 95%, 1,0–1,9; p = 0,04) como fatores de risco fracos de lesões nos isquiotibiais, enquanto a diferença bilateral nas medidas de força dos isquiotibiais não mostraram relevância para o surgimento das lesões (15). Croisier e colaboradores (5) sugeriram que uma relação Isquiotibiais/ Quadríceps (H/Q) concêntrica (Con 60/Con 60) inferior a 0,55 está associada ao risco de lesão de posteriores de coxa (RR = 2,89, IC 95%, 1,0–8,3, p < 0,05). Fousekis et al. (16) descobriram que assimetrias excêntricas de força isocinética dos isquiotibiais em 60 e 180 graus s⁻¹ correlacionaram-se com risco

medidas de força dos isquiotibiais não mostraram relevância para o surgimento das lesões (15). Croisier e colaboradores (5) sugeriram que uma relação Isquiotibiais/Quadríceps (H/Q) concêntrica (Con 60/Con 60) inferior a 0,55 está associada ao risco de lesão de posteriores de coxa (RR = 2,89, IC 95%, 1,0–8,3, $p < 0,05$). Fousekis et al. (16) descobriram que assimetrias excêntricas de força isocinética dos isquiotibiais em 60 e 180 graus s⁻¹ correlacionaram-se com risco aumentado das lesões musculares, enquanto a relação I/Q (Ecc 180/Con 180) não. O equipamento Isocinético atualmente é o padrão ouro para a mensuração das forças entre o quadríceps e os isquiotibiais e, conseqüentemente, a razão I/Q dos mesmos. Entretanto, o preço para se adquirir este equipamento é uma grande barreira a ser ultrapassada, devido ao seu custo extremamente elevado, além de também necessitar de treinamento para manusear e interpretar os dados coletados nele.

Por outro lado, uma segunda alternativa para mensurar a razão I/Q pode ser a utilização de equipamentos como a cadeira extensora e a cadeira flexora, que não precisam de alta capacitação para manuseá-los, possuem baixo custo financeiro e são facilmente encontrados em academias e na grande maioria dos clubes de futebol profissionais.

Sendo assim, o presente estudo tem por objetivo de analisar a correlação dos valores da razão I/Q obtidos no dinamômetro isocinético com os valores obtidos nos equipamentos cadeira extensora e cadeira flexora, em atletas profissionais de futebol feminino e, a partir daí, verificar a viabilidade da utilização da razão I/Q nos equipamentos cadeira extensora e cadeira flexora.

2- MATERIAL E MÉTODOS

Os voluntários recrutados para o estudo foram atletas profissionais de futebol, do sexo feminino, com idade média de $28,7 \pm 5,5$ anos, estatura média de $165,8 \pm 5,8$ cm e massa corporal média de $61,9 \pm 6,1$ Kg, participantes de equipe profissional que disputa a Série A do Campeonato Brasileiro e a 1ª. Divisão do Campeonato Paulista de Futebol, caracterizando a amostra como de jogadoras da elite do futebol brasileiro.

Para mensuração dos níveis de força máxima, pico de torque e razão I/Q, as atletas foram submetidas aos testes de repetições máximas nos exercícios cadeira flexora e cadeira extensora (Matrix Fitness, Taiwan) e de dinamometria isocinética (Biodex, USA), nas ações concêntricas dos exercícios de extensão e flexão de joelhos, em velocidades angulares de 60°/seg. e 180°/seg.

Nos testes de repetições máximas, as atletas realizaram uma única série em cada exercício, com peso ajustado para execução de 4 a 8 repetições máximas. Foi dado um intervalo de 3 minutos entre os exercícios. Para estimativa do peso de 1RM a partir

das repetições realizadas e do peso adotado no teste de repetições máximas, foi utilizada a equação de Epley (1995), descrita abaixo:

$$\text{Peso de 1RM} = \text{peso do teste} (0,0333 \times \text{número de repetições}) + \text{peso do teste}$$

Para determinação da razão I/Q em ambos os testes, dividiu-se o peso de 1RM do exercício cadeira flexora e o pico de torque na flexão do joelho no dinamômetro isocinético, pelo peso de 1RM do exercício cadeira extensora e pelo pico de torque na extensão do joelho no dinamômetro isocinético, respectivamente. Os testes foram realizados em dias distintos, com intervalo de aproximadamente 30 a 34 horas.

Os resultados foram expressos em valores médios $\pm$ desvio padrão. Para análise da normalidade e da homoscedasticidade dos dados, foram utilizados os testes de Shapiro-Wilk e de Levene, respectivamente. Para análise da correlação dos resultados da razão I/Q nos equipamentos de musculação e no dinamômetro isocinético, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson (r).

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de ambos os equipamentos apresentaram normalidade e homoscedasticidade.

As atletas apresentaram valor médio $\pm$ desvio padrão de razão I/Q no dinamômetro isocinético de $0,56 \pm 0,07$ e de $0,64 \pm 0,07$ com as pernas direita e esquerda, respectivamente, na velocidade angular de $60^\circ/\text{segundo}$. Os valores para a velocidade angular de $180^\circ/\text{segundo}$ foram de $0,65 \pm 0,08$ e de $0,65 \pm 0,07$ para as pernas direita e esquerda, respectivamente. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os resultados da dinamometria isocinética. Nos equipamentos de musculação, os resultados foram de $0,73 \pm 0,11$ e $0,77 \pm 0,11$ nas pernas direita e esquerda, respectivamente. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os resultados nos equipamentos de musculação. A análise de correlação mostrou um coeficiente de correlação de Pearson (r) de 0,26 da razão I/Q para ambas as pernas, na comparação entre a razão I/Q nos equipamentos de musculação com a velocidade angular de $180^\circ/\text{seg.}$ e de 0,31 e 0,44 para as pernas direita e esquerda, respectivamente, na velocidade angular de $60^\circ/\text{seg.}$ Sendo assim, a correlação se mostrou desprezível na velocidade de $180^\circ/\text{seg.}$ e fraca na velocidade angular de $60^\circ/\text{seg.}$

O estudo teve como objetivo, analisar a correlação entre a razão I/Q nos equipamentos de musculação e no dinamômetro isocinético, considerado “padrão-ouro” para análise da razão I/Q. Nossos resultados revelaram, para ambas as pernas, uma correlação fraca entre os equipamentos na velocidade de $60^\circ/\text{seg.}$ e uma

correlação desprezível entre os equipamentos na velocidade de 180°/seg., sugerindo, portanto, que a razão I/Q medida nos equipamentos de musculação pode não ser adequada (confiável) para avaliação das diferenças de força entre isquiotibiais e quadríceps.

Um primeiro aspecto que vale considerar é o fato de que os equipamentos medem variáveis distintas, uma vez que o teste de 1RM no equipamento de musculação mede o peso máximo levantado, e o dinamômetro isocinético mede o torque na velocidade angular específica.

Outro aspecto que merece consideração é o fato de que o teste de repetições máximas pode carecer de maior precisão na estimativa do peso real de 1RM. Alguns estudos demonstram boa reprodutibilidade dos resultados de 1RM utilizando-se equações preditivas a partir dos testes de repetições máximas, principalmente quando se realiza um número baixo de repetições (abaixo de 8 a 10 repetições máximas) (Mayhew et al., 2008). Pereira e Gomes (2003) advertem para o fato de que o nível de precisão das equações preditivas pode ser influenciado pelo exercício realizado e pelo público em que o teste foi aplicado. Entretanto, a equação preditiva utilizada no presente estudo (equação de Epley) apresenta boa confiabilidade nos exercícios cadeira extensora e cadeira flexora, em adultos jovens treinados em força, segundo o estudo de Meneses et al. (2013). Apesar da confiabilidade da predição de 1RM a partir do teste de repetições máximas e das equações preditivas, a utilização do teste de 1RM para comparação da razão I/Q poderia produzir resultados distintos, o que pode vir a ser investigado futuramente.

Quanto aos dados da dinamometria isocinética, Abernethy e Jurimae (1996) demonstraram que as alterações nos valores de pico de torque tendem a refletir as adaptações morfológicas e neurais responsáveis pelos aumentos da força muscular. Os resultados médios apresentados de razão I/Q no dinamômetro isocinético pelas atletas no presente estudo está de acordo com os dados normativos propostos por Zabka et al. (2011), em estudo realizado com jogadores profissionais da elite brasileira.

Vale também ressaltar que o teste de repetições máximas foi realizado com cadência rítmica de 3 a 4 segundos/repetição, o que difere de ambas as velocidades angulares adotadas no dinamômetro isocinético.

5- CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo nos permitem concluir que a utilização dos equipamentos cadeira flexora e cadeira extensora para análise da razão I/Q não apresenta correlação com o dinamômetro isocinético, o que sugere menor acurácia desses equipamentos para essa finalidade. Esse resultado pode ter sido influenciado pela utilização do teste de repetições máximas, o qual levou à estimativa do peso de 1RM, assim como, pelo próprio equipamento utilizado e sua biomecânica específica.

Novos estudos são necessários para melhor compreensão da relação dos dados entre os equipamentos de musculação e o dinamômetro isocinético.

REFERÊNCIAS

Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiologia das lesões musculares no futebol profissional (soccer). *Am J Sports Med* 2011; 39(6):1125–1132.

Lee JW-Y, Mok KM, Chan HC-K et al. Um estudo epidemiológico prospectivo da incidência e padrões de lesões em uma liga profissional masculina de futebol de Hong Kong durante a temporada competitiva. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol* 2014; 1(4):119–125.

Tol JL, Hamilton B, Eirale C, Muxart P, Jacobsen P, Whiteley R. No retorno ao jogo após lesão nos isquiotibiais, a maioria dos jogadores profissionais de futebol apresenta déficits isocinéticos residuais. *Br J Sports Med*. 2014;48(18):1364-9.

Hägglund M, Waldén M, Magnusson H, Kristenson K, Bengtsson H, Ekstrand J. As lesões afectam negativamente o desempenho das equipas no futebol profissional: um acompanhamento de 11 anos do estudo de lesões da UEFA Champions League. *Br J Sports Med*. 2013;47(12):738-42.

Croisier JL, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret JM. Desequilíbrios de força e prevenção de lesões isquiotibiais em jogadores profissionais de futebol: um estudo prospectivo. *Am J Sports Med*. 2008;36(8):1469-75.

Fousekis K, Tsepis E, Poulmedis P, Athanasopoulos S, Vagenas G. Fatores de risco intrínsecos de distensões sem contato do quadríceps e isquiotibiais no futebol: um estudo prospectivo de 100 jogadores profissionais. *Br J Sports Med*. 2011;45(9):709-14.

Timmins RG, Bourne MN, Shield AJ, Williams MD, Lorenzen C, Opar DA. Fascículos curtos do bíceps femoral e fraqueza excêntrica dos flexores do joelho aumentam o risco de lesão nos isquiotibiais no futebol de elite: um estudo de coorte prospectivo. *Br J Sports Med*. 2016;50(24):1524-1535.

Astrand J, Waldén M, Hägglund M. As lesões nos isquiotibiais aumentaram 4%

anualmente no futebol profissional masculino, desde 2001: uma análise longitudinal de 13 anos do estudo de lesões dos Clubes de Elite da UEFA. Br J Sports Med 2016; 8 (janeiro). <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2015-095359>.

Engebretsen AH, Myklebust G, Holme I et al. Fatores de risco intrínsecos para lesões nos isquiotibiais em jogadores de futebol masculino: um estudo de coorte prospectivo. Am J Sports Med 2010; 38(6):1147–1153.

Verrall GM, Slavotinek JP, Barnes PG et al. Fatores de risco clínicos para lesão por distensão muscular dos isquiotibiais: um estudo prospectivo com correlação de lesão por ressonância magnética. Br J Sports Med 2001; 35(6):435–439.

Woods C, Hawkins RD, Maltby S et al. O Programa de Pesquisa Médica da Associação de Futebol: uma auditoria de lesões no futebol profissional – análise de lesões nos isquiotibiais. Br J Sports Med 2004; 38(1):36–41.

Danneskiold-Samsoe, B, Bartels, EM, Bulow, PM, Lund, H, Stockmarr, A, Holm, CC, Watjen, I, Appleyard, M e Bliddal, H. Força muscular isocinética e isométrica em uma população saudável com especial referência à idade e ao sexo. Acta Physiol (Oxf) 197 (Suplemento 673): 1–68, 2009.

Myklebust, G, Maehlum, S, Holm, I, e Bahr, R. Um estudo de coorte prospectivo de lesões do ligamento cruzado anterior em equipes de handebol norueguesas de elite. Scand J Med Ciências Esportivas 8: 149–153, 1998.

Neder, JA, Nery, LE, Shinzato, GT, Andrade, MS, Peres, C, e Silva, AC. Valores de referência para força e potência isocinética concêntrica do joelho em homens e mulheres não atletas de 20 a 80 anos de idade. J Orthop Física Esportiva 29: 116–126, 1999.

Van Dyk N, Bahr R, Whiteley R et al. Os déficits de força isocinética dos isquiotibiais e do quadríceps são fatores de risco fracos para lesões por distensão dos isquiotibiais: um estudo de coorte de 4 anos. Am J Sports Med 2016.

Fousekis K, Tsepis E, Poulmedis P et al. Fatores de risco intrínsecos de distensões sem contato do quadríceps e isquiotibiais no futebol: um estudo prospectivo de 100 jogadores profissionais. Br J Sports Med 2011; 45(9):709–714.

Godinho, Rúbia Anelise Trabach. "A razão isquiotibiais: quadríceps expressa em pico de torque durante protocolo indutor de fadiga muscular em atletas de futebol feminino profissional: um estudo transversal." (2023).

Epley B., Poundage chart., Lincoln, NE: University of Nebraska, 1995.

Menêses, A.S; Santana, F.S; Soares, A.H.G; Souza, B.C.C.; Santos, M.A.M; Cyrino, E.S.; Ritti-Dias, R.M. – Validade das equações preditivas de uma repetição máxima varia de acordo com o exercício realizado em adultos jovens treinados. Rev Bras Ativ Fis e Saúde, 18(1):95-104, 2013

Pereira, M.I.R. e Gomes, P.S.C. - Testes de força e resistência muscular: confiabilidade e predição de uma repetição máxima – Revisão e novas evidências. Rev Bras Med Esporte, 9(5): 325-335, 2003

MAYHEW, J.L.; JOHNSON, B.D.; LAMONTE, M.J.; LAUBER, D.; KEMMLER, W. - Accuracy of prediction equations for determining one repetitium maximum bench press in women before and after resistance training. Journal of Strength and Conditioning Research, 22(5): 1570-1577, 2008.

Zabka, F.F; Valente, H.G.; Pacheco, A.M. - Avaliação Isocinética dos Músculos Extensores e Flexores de Joelho em Jogadores de Futebol Profissional. Rev Bras Med Esporte, 17(3): 189-192, 2011.