

Função muscular de membros inferiores e massa muscular em jogadores de futebol

Muscular function of lower limbs and muscular mass in soccer players

Daniel da Rocha Queiroz^{1,2}; Bruno Remígio Cavalcante¹; Antônio Henrique Germano Soares¹; Bruna Cadengue Coêlho de Souza³; José Raphael Leandro da Costa Silva¹; Breno Quintella Farah⁴; Ademar Lucena Filho¹; Raphael Mendes Ritti Dias⁵; Marcos André Moura dos Santos¹

1 Programa Associado de Pós-graduação em Educação Física UPE/UFPB – Universidade de Pernambuco – UPE. Recife, PE - Brasil.

2 Núcleo de Educação Física e Ciências do Esporte – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Vitória de Santo Antão, PE - Brasil.

3 Programa de Pós-graduação em Hebiatria – Universidade de Pernambuco – UPE. Camaragibe, PE - Brasil.

4 Centro Universitário Tabosa de Almeida – ASCES/UNITA. Caruaru, PE-Brasil.

5 Universidade Nove de Julho – UNINOVE. São Paulo, SP - Brasil.

Endereço para Correspondência:

Marcos André Moura dos Santos.
Escola Superior de Educação Física – Universidade de Pernambuco
Rua Arnóbio Marques, 310, Santo Amaro
50100-130 – Recife – PE [Brasil].
mmoura23@gmail.com

Resumo

Introdução: No futebol a força muscular exerce um papel fundamental nas ações técnicas/táticas realizadas durante uma partida. Objetivo: Investigar a relação entre a função muscular de membros inferiores e a massa muscular total em jogadores. **Métodos:** Dezesesseis jogadores realizaram avaliação isocinética concêntrica na extensão e flexão de joelhos por membro dominante. Foram realizadas avaliações antropométricas e estimativas da massa muscular. **Resultados:** Foi observado que a massa muscular total apresentou uma relação positiva com o pico de torque ($r=0,67$, $p=0,005$; $r=0,62$, $p=0,011$), potência ($r=0,59$, $p=0,017$; $r=0,60$, $p=0,015$) e função global ($r=0,59$; $p=0,017$; $r=0,60$; $p=0,013$) na extensão do joelho em ambos os membros e no trabalho total ($r=0,63$, $p=0,009$) apenas no membro dominante. Nenhuma relação significativa foi encontrada na ação de flexão do joelho. **Conclusão:** A relação entre a massa muscular total e as variáveis da função muscular podem ser utilizados como indicadores da capacidade de produção de força e assimetrias dos membros inferiores em jogadores.

Descritores: Força Muscular; Dinamômetro de Força Muscular; Desempenho Atlético.

Abstract

Introduction: In soccer muscular strength plays a key role in the technical / tactics actions during the game. Objective: To investigate the relationship between lower limb muscle function and total muscle mass in players. **Methods:** Sixteen players performed concentric isokinetic evaluation on extension and knee flexion by dominant member. Anthropometric evaluations and muscle mass estimates were performed. **Results:** It was observed that the total muscle mass presented a positive relation with the peak torque ($r = 0.67$, $p = 0.005$, $r = 0.62$, $p = 0.011$) 0.017, $r = 0.60$, $p = 0.015$) and overall function ($r = 0.59$, $p = 0.017$, $r = 0.60$, $p = 0.013$) on knee extension in both limbs and total work = 0.63, $p = 0.009$) in the dominant limb only. No significant relationship was found in the knee flexion action. **Conclusion:** The relationship between total muscle mass and muscle function variables can be used as indicators of strength capacity and functional asymmetries of lower limbs in players.

Keywords: Muscle Strength; Muscle Strength Dynamometer; Athletic Performance.

Introdução

O futebol é considerado uma modalidade esportiva que solicita dos jogadores, além de, condições técnicas e táticas, diferentes formas de expressão da aptidão física, sobretudo a força muscular¹. No futebol, a força tem um papel decisivo em diferentes ações realizadas durante uma partida, tais como: corridas (sprint), saltos verticais, chutes, passes, desarmes e mudanças de direção, e estas ações dependem, da contribuição eficiente e sinérgica do sistema neuromuscular para produção de força e potência na execução de cada tarefa^{2,3}

A avaliação da força muscular realizada em dinamômetro isocinético vem sendo utilizada como marcador da função e desempenho de diferentes grupos musculares⁴. Os estudos realizados por Fonseca et al.⁵, Zabka, Valente e Pacheco⁶, analisaram a partir das variáveis da função muscular o desempenho em força de jogadores de futebol. A comparação estabelecida entre os membros dominante e não dominante demonstrou a existência de diferenças significativas em diferentes variáveis da função muscular^{5,6}. Estes achados sugerem que, as diferenças na força muscular são provavelmente devido à seleção de um tipo específico de jogador para uma posição, em vez de um desenvolvimento de força mais pronunciado como resultado de jogar em determinadas posições⁷⁻⁹.

Classicamente, sabe-se que a capacidade de produção de força pode ser modulada pela quantidade de massa muscular solicitada em um movimento específico¹⁰. No entanto, este é um aspecto que requer certa parcimônia em suas interpretações ao considerarmos as diferentes ações realizadas por um jogador ao longo de uma partida. Há, portanto, uma limitação interpretativa entre a capacidade de produção de força em um determinado grupo muscular e a sua transferência para ações específicas no futebol.

O melhor entendimento destas relações baseia-se no fato do sistema muscular se alterar estruturalmente com a exposição ao treino, uma vez que este processo é regular e ordenado, de-

veria encontrar-se alguma relação ordenada, e talvez simples, entre a taxa de crescimento de uma parte do corpo e a taxa de crescimento do todo ou de outra parte¹¹.

No entanto, não têm sido reportado na literatura o quanto da massa muscular total pode explicar ou representar na capacidade de produção de força em jogadores de futebol. Esta é uma lacuna que necessita ser melhor investigada, principalmente por a massa muscular estar correlacionada com a capacidade de produção de força máxima e potência^{1,2,12}. Nossa hipótese, é que existem relações entre a massa muscular total e os parâmetros da força muscular expressos isoladamente ou de forma global. Assim, este estudo tem como objetivo investigar a relação entre as variáveis da função muscular de membros inferiores e a massa muscular total em jogadores de futebol.

Material e métodos

Participantes

Dezesseis atletas profissionais de futebol participaram do estudo. Foram incluídos apenas os atletas que estavam desenvolvendo a rotina de treinamentos durante a pré-temporada (Janeiro/2015), participassem de todas as etapas de avaliação, não apresentassem processo inflamatório agudo, histórico de lesão e/ou intervenções cirúrgicas há pelo menos 6 meses. Todos os participantes foram esclarecidos quanto aos procedimentos do estudo e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade de Pernambuco, Recife-PE (CAAE-435590515.5.0000.5192).

Antropometria e determinação da Massa Muscular Total (MMT)

A massa corporal foi medida em uma balança de plataforma (Filizola®, Brasil), com carga máxima de 150 kg e precisão de 0,1 kg. Os sujeitos deveriam estar descalços e usando um

menor número de roupas. Para a medida de estatura foi utilizado estadiômetro de madeira fixado à parede com precisão de 0,1 cm. Em posse dos dados, o índice de massa corporal foi calculado pelo quociente entre a massa corporal (kg) e estatura ao quadrado (m²). Todas as medidas foram realizadas por um único avaliador em acordo com as recomendações descritas pela *International Society for Advancement in Kinanthropometry*¹³.

A massa muscular total (MMT) foi estimada a partir da seguinte equação: Massa Muscular Total = [(0,244*massa corporal, em kg) + (7,8*estatura, em metros) + (6,6*gênero) - (0,098*idade) + cor da pele -3,3]. Sendo, sexo: 1 = homens e 0 = mulheres; etnia: -1,2 = asiáticos; 1,4 = afrodescendentes; 0 = caucasianos¹⁴.

Aptidão Muscular

Inicialmente, para identificação do membro dominante foi considerada a preferência de movimentos técnicos em ações de controle da bola pelos atletas. O membro escolhido pelo jogador era registrado na ficha de coleta como sendo o membro dominante. As variáveis da aptidão muscular foram medidas durante uma avaliação isocinética concêntrica nos movimentos de extensão e flexão dos joelhos através de um dinamômetro isocinético (Biodex System 4 Pro – Biodex Corp. Shirley, NY, USA). Os sujeitos realizaram os testes na posição sentada, com cintos em torno do tronco, pelve e a perna não avaliada foram fixados ao assento a fim de impedir movimentos compensatórios, seguindo as recomendações propostas pelo fabricante.

Inicialmente, os sujeitos realizaram um aquecimento global em uma esteira ergométrica durante cinco minutos numa velocidade fixada em 5,5km/h. Em seguida, os atletas realizaram 10 repetições submáximas a 60°/s no equipamento. O tempo de recuperação entre o aquecimento global e específico e o teste foi de 2 min. O protocolo experimental foi realizado com duas séries de cinco repetições com velocidade angular de 60°/s nos membros avaliados, com

intervalo de 1 min e 5 min entre séries e pernas, respectivamente. As variáveis da função muscular utilizados foram: *i*) pico de torque (maior torque produzido na amplitude de movimento); *ii*) pico de torque/massa corporal; *iii*) trabalho total (energia realizada na ação muscular) e, *iv*) potência muscular (trabalho produzido em função do tempo). O maior valor entre as tentativas foi considerado para análise. Posteriormente, foi estabelecido um escore de função muscular global, considerando o somatório dos Z-escores obtidos nas ações de extensão e flexão dos joelhos nos membros dominante (MD) e membro não dominante (MND) usando uma abordagem da grande média devidamente descrito por Hox, JJ (2010)¹⁵. Consideraram-se as médias e os desvios padrão obtidas no grupo para a determinação dos escores de cada sujeito.

Análise estatística

A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de *Shapiro-Wilk*. Os dados estão apresentados em média ± desvio-padrão e amplitude. Os valores brutos da função muscular nas ações de extensão e flexão foram transformados em Z escore para determinação da função muscular global. A correlação momento-produto de *Pearson* foi utilizada para verificar a relação entre a massa muscular total e as variáveis de função muscular. Todas as análises foram realizadas no pacote estatístico SPSS 17.0, adotando um nível de significância de 5%.

Resultados

A Tabela 1 apresenta as características descritivas dos atletas. Foram avaliados os jogadores das posições: atacante (4 jogadores), meia (5 jogadores), volante (2 jogadores), zagueiro (4 jogadores) e goleiro (1 jogador).

As variáveis da força muscular são apresentadas na tabela 2, segundo a dominância do membro e a ação de flexão/extensão de joelhos.

Tabela 1: Características descritivas da amostra (n= 16)

Variáveis	Média ± DP	Amplitude
Idade (anos)	26 ± 4	19-32
Massa corporal (kg)	78,4 ± 5,0	71-91
Estatura (m)	1,77 ± 0,05	1,69-1,88
Índice de massa corporal (kg/m ²)	24,8 ± 1,4	20,7-27,7
Massa muscular total (kg)	35,2 ± 1,4	33,3-38,6

DP= Desvio-padrão.

Fonte: Os autores.

A Tabela 3 apresenta a relação entre a massa muscular total e a força muscular isocinética. Foi observada uma relação positiva e significativa entre a massa muscular total e o pico de toque (MD: $r=0,67$, $p=0,005$; MND: $r=0,62$, $p=0,011$), potência (MD: $r=0,59$, $p=0,017$; MND: $r=0,60$, $p=0,015$) e trabalho total (MD: $r=0,63$, $p=0,009$), durante a ação de extensão. Nenhuma relação foi observada en-

tre a massa muscular total e as variáveis da função muscular durante a flexão ($p>0,05$).

A Figura 1 mostra a relação entre a massa muscular total e a função muscular global durante a extensão e flexão de joelhos em ambos os membros. Uma relação positiva e significativa foi observada apenas para a fase de extensão tanto no membro dominante ($r= 0,59$; $p= 0,017$), quanto no não dominante ($r= 0,60$; $p= 0,013$).

Discussão

Os resultados do presente estudo demonstraram que a massa muscular total apresentou uma relação positiva e significativa com o pico de torque, potência e função muscular global na extensão do joelho em ambos os membros, e no trabalho total no membro dominante. Nenhuma

Tabela 2: Variáveis da força muscular em jogadores de futebol profissional (n=16)

Variáveis	Flexão		Extensão	
	Média ± DP	Amplitude	Média ± DP	Amplitude
Dominante				
Pico de torque (N)	178,8 ± 40,7	116-292	280,0 ± 36,3	219-351
Pico de torque/massa corporal (%)	194,6 ± 51,9	148-380	357,4 ± 41,1	278-413
Trabalho total (%)	175,5 ± 51,5	127-354	290,5 ± 41,2	235-380
Potência (J)	103,7 ± 18,2	77-146	190,8 ± 28,9	147-243
Não Dominante				
Pico de torque (N)	158,4 ± 43,6	108-300	272,7 ± 38,6	208-327
Pico de torque/massa corporal (%)	191,8 ± 47,5	150-353	348,7 ± 38,6	278-450
Trabalho total (%)	211,4 ± 113,9	109-575	337,1 ± 207,2	235-1099
Potência (J)	103,4 ± 16,5	72-135	190,9 ± 30,2	144-229

DP= Desvio-padrão.

Fonte: Os autores.

Tabela 3: Relação entre massa muscular total e as variáveis musculares no teste isocinético (60°/s)

Variáveis	Massa muscular total			
	Flexão		Extensão	
	Dominante	Não dominante	Dominante	Não dominante
Pico de torque (N)	-0,29	0,45	0,67**	0,62**
Pico de torque/Massa corporal (%)	-0,18	0,29	0,22	0,18
Trabalho total (%)	-0,05	0,39	0,63**	0,40
Potência (J)	0,06	0,36	0,59*	0,60*

*($p<0,05$); **($p<0,01$).

Fonte: Os autores.



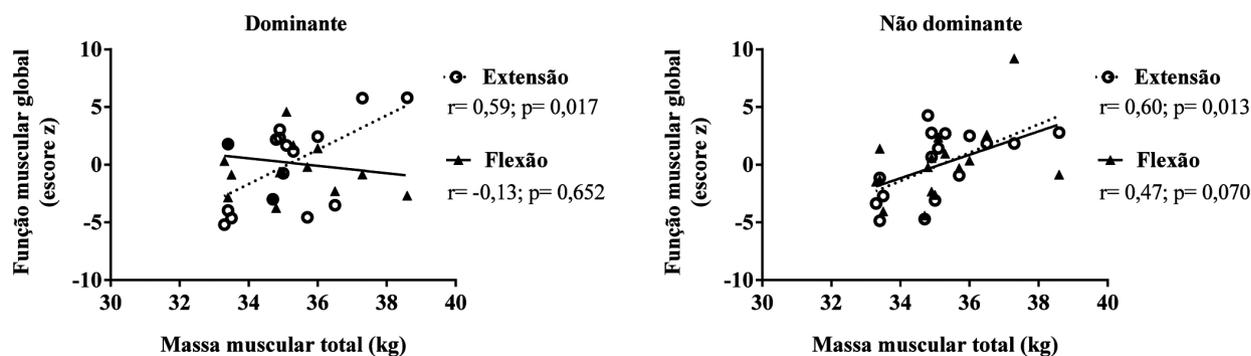


Figura 1: Relação entre a massa muscular total e a função muscular global durante a flexão e extensão de joelhos (60°/s).

Fonte: Os autores.

relação significativa foi encontrada na ação de flexão do joelho.

Ao considerarmos que a ação isocinética exige uma produção de força tanto da musculatura agonista quanto na antagonista, era esperado a existência de relações distintas, seja por segmento corporal, grupo muscular envolvido, ou mesmo a resposta intraindividual. Neste contexto, têm sido reportado que a expressão da força em amplitudes diferentes pode induzir respostas distintas^{16,17}. No presente estudo, as variáveis da função muscular foram avaliadas apenas na velocidade angular 60°/s que em certa medida podem representar angulações mais próximas das ações específicas realizadas no futebol. Este é um aspecto importante a ser considerado, uma vez que, a geração de força em algumas ações do futebol podem ocorrer em velocidades angulares superiores aos limites máximos para a maioria das máquinas isocinéticas^{6,18}.

Neste estudo, foi proposto a análise de componentes da função muscular de forma isolada e conjuntamente de modo a perceber se o valor alcançado em um determinado parâmetro poderia ou não alterar a relação existente com a variável dependente. Neste contexto, Mazuquin et al.¹⁹, destaca, por exemplo, que o pico de torque e a potência podem estar relacionados com a capacidade do quadríceps gerar força em ações como chutes, saltos verticais e corridas. Em oposição a essas ações, a atividade antagonista do quadríceps é essencial para a desaceleração do

movimento, podendo ser avaliada por meio do trabalho total, que combinado ao torque demonstra o comportamento do músculo ao longo das alterações na amplitude do movimento¹⁹. Ou seja, estes aspectos apontam para uma possível assimetria na sinergia em relação ao equilíbrio muscular exigido em cada tipo ou forma de execução de uma tarefa motora.

Em esportes com padrões cinéticos assimétricos o desequilíbrio entre a força produzida no membro dominante e não dominante, ou no músculo agonista e antagonista parecem ser causados pela própria preferência do uso de um dos membros em detrimento do outro^{8,9}, esta preferência pela execução das ações de jogo somente com a perna dominante pode ser a causa de possíveis assimetrias nos membros inferiores⁸ e a maior incidência de lesões no quadríceps e isquiotibiais^{9,20}, e que também podem repercutir no quanto de força pode ser gerado em uma determinada ação²¹.

Contudo, as ações características do futebol parecem exigir uma maior utilização de determinados membros em alguns movimentos. Em geral, os jogadores de futebol raramente usam ambas as pernas com igual ênfase, e normalmente priorizam o uso da perna dominante para atividades específicas do jogo, este parece ser um fator que pode contribuir na existência de possíveis assimetrias¹⁸. Desta forma, a manutenção da estabilidade e o equilíbrio muscular

no movimento dos membros inferiores, é essencial para manter uma melhor ativação muscular.

No entanto, no presente estudo, foi proposto a utilização da função muscular global e os resultados demonstraram uma relação positiva com a massa muscular total no movimento de extensão de joelho em ambos os membros, e desta forma minimizando a existência de assimetrias quando analisada conjuntamente. Um dos aspectos na explicação deste resultado, pode estar associado ao maior volume muscular dos extensores dos joelhos, comparado aos flexores, o que pode ser prejudicial a médio e longo prazo, pois a incidência de lesões pode aumentar quando a razão muscular deste complexo articular não se encontra dentro dos padrões de normalidade^{21,22}. Neste contexto, a frequência de lesões aumenta nos atletas quando existem diferenças em torno de 10% na força do quadríceps esquerdo e direito do fêmur²³.

No entanto, é sensato uma observação detalhada dos valores referentes aos níveis de força de ambos grupamentos musculares, pois podem reduzir os erros de interpretação e julgamentos equivocados a respeito dos riscos associados a lesões em atletas de futebol. Quando avaliado o movimento de flexão do joelho, nenhuma relação foi encontrada, este resultado nos parece esclarecedor e ao mesmo tempo especulativo, quanto a necessidade de prioridades do treinamento, pois durante os movimentos mais utilizados no futebol este grupamento muscular tem uma maior exigência através de contrações excêntricas, e justamente estas contrações são responsáveis por uma parte das lesões no futebol^{9,24}.

Contudo, a utilização apenas desta razão como indicadora de desequilíbrios apresenta limitações, pois a contração concêntrica dos isquiotibiais simultânea à contração concêntrica do quadríceps é uma situação que não ocorre durante a execução de alguns movimentos funcionais^{8-10, 21, 22}. Portanto, deve ser interpretada com devida parcimônia. Por exemplo, no movimento de chutar a bola, ocorre a contração concêntrica dos extensores do joelho e excêntrica dos flexores; desta forma, a comparação dos pi-

cos de torque durante os referidos tipos de contração, seria o mais indicado para a observação dos desequilíbrios na articulação do joelho em jogadores de futebol.

Alguns aspectos precisam ser considerados neste estudo: (1) o delineamento utilizado não permite a interpretação de causalidade nos resultados encontrados, (2) apesar da velocidade utilizada neste estudo (60°/s) representar boa parte das ações específicas do futebol, a análise a 300°/s poderia nos trazer informações importantes sobre a utilização muscular em uma condição de fadiga, (3) não foi medida a ação excêntrica do movimento tendo em vista que déficits neste movimento também podem estar associados a lesões. No entanto, a correlação entre a massa muscular total e a função muscular em atletas de futebol nos traz um indicador importante sobre a participação da massa muscular tanto no pico de torque, quanto na potência na ação de extensão de joelhos. Além disto, a aplicação dos achados deste estudo, podem auxiliar as equipes de preparação física, no estabelecimento de protocolos de treinamento destinados a minimizar possíveis desequilíbrios entre as ações de extensão e flexão dos joelhos, e deste modo diminuir o risco de lesões musculares. De certo, o entendimento destas relações, acrescenta conteúdo ao estado da arte sobre a temática em estudo. Não obstante tais questões, claramente mais estudos com uma amostra maior são necessários para fornecer mais informações sobre essas medidas e associações.

Conclusão

Em jogadores de futebol profissional, os indicadores de função muscular foram positivamente relacionados com a massa muscular total durante a extensão de joelhos, independente do membro avaliado seja de forma isolada como conjuntamente e podem ser utilizados como indicadores da capacidade de produção de força e assimetrias funcionais dos membros inferiores em jogadores de futebol.

Referências

- Barengo NC, Meneses-Echávez JF, Ramírez-Vélez R, Cohen DD, Tovar G, Bautista JEC. The impact of the FIFA 11+ training program on injury prevention in football players: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2014;11(11):11986-2000.
- Faude O, Koch T, Meyer T. Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci*. 2012;30(7):625-31.
- Dauty M, Menu P, Fouasson-Chailloux A, Ferréol S, Dubois C. Prediction of hamstring injury in professional soccer players by isokinetic measurements. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2016;6(1):116.
- Dvir, Z. *Isocinética: avaliações musculares, interpretações e aplicações clínicas*: Manole; 2002.
- Da Fonseca ST, Ocarino JM, Da Silva PL, Bricio RS, Costa CA, Wanner LL. Caracterização da performance muscular em atletas profissionais de futebol. *Rev Bras Med Esporte*. 2007:143-7.
- Zabka FF, Valente HG, Pacheco AM. Isokinetic evaluation of knee extensor and flexor muscles in professional soccer players. *Rev Bras Med Esporte* 2011;17(3):189-92.
- Rahnama N, Lees A, Bambaecichi E. A comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics*. 2005;48(11-14):1568-75.
- Daneshjoo A, Rahnama N, Mokhtar AH, Yusof A. Bilateral and unilateral asymmetries of isokinetic strength and flexibility in male young professional soccer players. *J Hum Kinet* 2013;36(1):45-53.
- McCall A, Carling C, Davison M, Nedelec M, Le Gall F, Berthoin S, et al. Injury risk factors, screening tests and preventative strategies: a systematic review of the evidence that underpins the perceptions and practices of 44 football (soccer) teams from various premier leagues. *Br J Sports Med*. 2015;49(9):583-9.
- Masuda K, Kikuhara N, Takahashi H, Yamanaka K. The relationship between muscle cross-sectional area and strength in various isokinetic movements among soccer players. *J Sports Sci*. 2003;21(10):851-8.
- Nevill AM, Holder RL. Modelling health-related performance indices. *Ann Hum Biol*. 2000;27(6):543-59.
- Coelho DB, Pimenta EM, Veneroso CE, Morandi RF, Pacheco DAS, Pereira ER, et al. Assessment of acute physiological demand for soccer. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2013;15(6):667-76.
- Marfell-Jones MJ, Stewart AD, de Ridder JH. International standards for anthropometric assessment. 2012.
- Lee RC, Wang Z, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield SB. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr*. 2000;72(3):796-803.
- Hox JJ, Moerbeek M, Van de Schoot R. *Multilevel analysis: Techniques and applications*: Routledge; 2010.
- Prebeg G, Cuk I, Suzovic D, Stojiljkovic S, Mitic D, Jaric S. Relationships among the muscle strength properties as assessed through various tests and variables. *J Electromyogr Kinesiol*. 2013;23(2):455-61.
- Bellumori M, Jaric S, Knight CA. The rate of force development scaling factor (RFD-SF): protocol, reliability, and muscle comparisons. *Exp Brain Res*. 2011;212(3):359-69.
- Iga J, George K, Lees A, Reilly T. Cross-sectional investigation of indices of isokinetic leg strength in youth soccer players and untrained individuals. *Scand J Med Sci Sports*. 2009;19(5):714-9.
- Mazuquin BF, Pereira LM, Dias JM, Batista Junior JP, Silva MAC, Finatti ME, et al. Isokinetic evaluation of knee muscles in soccer players: discriminant analysis. *Rev Bras Med Esporte*. 2015;21(5):364-8.
- Beijsterveldt AMC, Port IGL, Vereijken AJ, Backx FJG. Risk factors for hamstring injuries in male soccer players: a systematic review of prospective studies. *Scand J Med Sci Sports*. 2013;23(3):253-62.
- Croisier JL, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret JM. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players a prospective study. *Am J Sports Med* 2008;36(8):1469-75.
- Ardern CL, Pizzari T, Wollin MR, Webster KE. Hamstrings strength imbalance in professional football (soccer) players in Australia. *J Strength Cond Res*. 2015;29(4):997-1002.
- Worrell TW, Perrin DH, Gansneder BM, Gieck JH. Comparison of isokinetic strength and flexibility measures between hamstring injured and noninjured athletes. *J Orthop Sports Phys Ther* 1991;13(3):118-25.
- Aagaard P, Simonsen EB, Magnusson SP, Larsson B, Dyhre-Poulsen P. A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *Am J Sports Med*. 1998;26(2):231-7.