

A UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES TESTES INDIRETOS PARA AVALIAR A FORÇA MUSCULAR DINÂMICA E A PROPORÇÃO DE FIBRAS MUSCULARES: UMA REVISÃO NARRATIVA

Guilherme Pereira Saborosa^{1,2}, Wesley Marçal Santos^{2,3}, Osvaldo Costa Moreira^{1,2,4}
Sandro Fernandes da Silva^{1,2}

RESUMO

Introdução: Obter informações da força muscular e da proporção de fibras musculares são determinantes para o processo de planejamento e prescrição do treinamento físico. Para mensurar a força muscular e a predominância individual das fibras musculares, são utilizados diferentes tipos de testes, sejam eles considerados padrão ouro ou aqueles que estimam as variáveis indiretamente, apresentando uma validade e confiança aceitáveis na literatura. **Objetivo:** Explorar e apresentar os métodos e/ou testes indiretos propostos na literatura para estimar a força muscular dinâmica e a predominância de fibras musculares. **Materiais e Métodos:** Foram utilizadas as bases de dados: US National Library of Medicine National Institutes of Health (PubMed) e Google Acadêmico. Não foram utilizados métodos de busca específicos, apenas estudos que tratavam do tema de pesquisa. **Discussão:** Diferentes tipos de testes e/ou métodos indiretos são propostos na literatura que apresentam resultados positivos quando comparados aos testes diretos. Determinando que a utilização destes testes e/ou métodos possam ser úteis na prática de treinadores, atletas e pesquisadores. **Conclusão:** Considera-se que o teste de uma repetição máxima (1RM) possa ser a melhor alternativa para estimar a força muscular dinâmica. Enquanto para a predominância de fibras musculares, o teste de resistência muscular tem sido apresentado como um potencial método para estimar a proporção de fibras musculares. No entanto, mais estudos são necessários para obtenção de informações concretas acerca da predominância de fibras musculares por meio deste teste.

Palavras-chave: Treinamento Físico. Fibras Musculares. Força Muscular.

1 - Programa de Pós-graduação em Nutrição e Saúde, Universidade Federal de Lavras, Brasil.

2 - Grupo de Estudo e Pesquisa em Respostas Neuromusculares (GEPREN), Universidade Federal de Lavras, Brasil.

ABSTRACT

The use of different indirect tests to evaluate dynamic muscle strength and the proportion of muscle fibers: a narrative review

Introduction: Obtaining information on muscle strength and the proportion of muscle fibers are crucial for the process of planning and prescribing physical training. Different types of tests are used to measure muscle strength and the individual predominance of muscle fibers, whether considered gold standard or those that estimate variables indirectly, with acceptable validity and reliability in the literature. **Objective:** To explore and present the methods and/or indirect tests proposed in the literature to estimate dynamic muscle strength and the predominance of muscle fibers. **Materials and Methods:** The following databases were used: US National Library of Medicine National Institutes of Health (PubMed) and Google Scholar. No specific search methods were used, only studies dealing with the research topic. **Discussion:** Different types of tests and/or indirect methods are proposed in the literature that present positive results when compared to direct tests. Determining that the use of these tests and/or methods may be useful in the practice of coaches, athletes and researchers. **Conclusion:** It is considered that the test of one repetition maximum (1RM) can be the best alternative to estimate the dynamic muscular strength. While for muscle fiber predominance, muscle resistance test has been presented as a potential method for estimating the proportion of muscle fibers. However, more studies are needed to obtain concrete information about the predominance of muscle fibers through this test.

Key words: Physical Training. Muscle Fibers. Muscle strength.

3 - Laboratório de Avaliação da Carga (LAC), Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional - EEFETO, Universidade Federal de Minas Gerais.

4 - Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Viçosa, Campus Florestal, Brasil.

INTRODUÇÃO

A constante busca pelo aumento do desempenho físico se baseia principalmente na melhora das respostas fisiológicas, morfológicas e neuromusculares.

A força muscular é uma capacidade física responsável por sustentar o desempenho motor (e.g.; saltos, corridas, condicionamento anaeróbico, etc).

Sabendo-se disso, esta capacidade tem um papel fundamental no desempenho dessas tarefas (Suchomel, Nimphius e Stone, 2016).

Paralelamente à força, a predominância de fibras musculares pode ser considerada um fator determinante no desempenho da força dinâmica, visto que as fibras musculares apresentam diferentes especificidades, permitindo desta forma, serem estimuladas de distintas maneiras, considerando suas características e necessidades (Suchomel, Nimphius e Stone, 2016).

Adicionalmente, obter informações acerca da força muscular dinâmica e a variabilidade individual da proporção das fibras musculares pode ajudar treinadores e profissionais a planejar e prescrever o treinamento para que ocorra adaptações fisiológicas específicas e positivas (Hughes, Ellefsen e Baar, 2018; Suchomel, Nimphius e Stone, 2016).

Comumente, para que possa ser obtido informações sobre essas variáveis, são utilizados testes e/ou métodos, específicos e diretos, que nos permitem análises coerentes e fidedignas sobre essas variáveis, por exemplo, análise de biopsia muscular para predominância de fibras musculares, considerado um método padrão ouro.

No entanto, estes testes e/ou métodos geralmente apresentam procedimentos invasivos e um alto custo financeiro, tornando-os inacessíveis para grande parte da população (Hall e colaboradores, 2021).

Por outro lado, a utilização de testes indiretos tem sido considerado uma boa alternativa para avaliação dessas variáveis, visto seu baixo custo, validade ecológica e aplicabilidade quando comparados aos testes diretos (Baguet e colaboradores, 2011; Hall e colaboradores, 2021; Karp, 2001; Semenova e colaboradores, 2019).

No entanto, para que um teste indireto seja considerado confiável, é necessário que o

mesmo seja suficientemente sensível para detectar mudanças significativas a níveis individuais ou coletivos, quando comparado aos métodos padrão ouro (Paul e Nassis, 2015).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo descrever os diferentes métodos e/ou testes indiretos utilizados para estimar a força muscular dinâmica e a predominância de fibras musculares.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo trata-se de uma revisão narrativa, construído com base na revisão de literatura acerca do tema. Para a elaboração do mesmo, foram utilizadas as seguintes bases de dados: US National Library of Medicine National Institutes of Health (PubMed) e Google Acadêmico.

No entanto, não foram utilizados métodos de busca específicos, como ano de publicação, idioma ou descritores previamente determinados.

Desta forma, foi realizada uma busca aberta para a captação de artigos com abordagem acerca do tema analisado, buscando trazer como ponto chave estudos que compararam os testes indiretos com os testes padrão ouro.

Força muscular

A força muscular pode ser entendida como a capacidade de exercer força sobre um objeto externo ou resistência (Suchomel, Nimphius e Stone, 2016).

Adicionalmente, a força muscular é um importante componente da saúde e aptidão física, visto seu papel no desempenho de atividades diárias, gestos esportivos, além de ser um importante preditor de funções.

Por fim, uma maior produção de força muscular também está associada a menores taxas de lesões esportivas (Suchomel, Nimphius e Stone, 2016).

A força muscular pode ser gerada como resultado de uma variedade de velocidade de contração, dependendo da resistência a ser superada (força dinâmica), ou em velocidade zero, ou seja, força isométrica.

A força dinâmica pode ser gerada em ações concêntricas e excêntricas (Kozinc, Smajla e Šarabon, 2022).

Durante uma ação muscular concêntrica, a força se dá através do

encurtamento do músculo, de forma que a tensão se desenvolve gerando movimento da articulação.

Para a ação muscular excêntrica, a tensão é gerada a partir do alongamento, controlado, dos principais músculos envolvidos no movimento. Já a força muscular isométrica, representa uma ação muscular estática, onde a força é gerada pelo músculo, ao tentar encurtar-se, não superando a resistência externa.

Embora neste último tipo de ação não seja perceptível movimento muscular ou articular, considera-se significativa a tensão resultante deste tipo de ação (Skurvydas e colaboradores, 2019).

Por fim, para esses tipos de ações musculares pode-se ser gerada a força máxima, que é entendida como a quantidade máxima de força gerada, dentro de um mesmo padrão de movimento ou velocidade específica, por um músculo ou grupo muscular (Suchomel e colaboradores, 2018).

Fibras musculares

O músculo esquelético humano é um tecido composto por dois principais tipos de fibras musculares, sendo elas classificadas em Fibras do Tipo I e Fibras do Tipo II.

Esta classificação é realizada de acordo com sua velocidade de contração, sendo classificadas em fibras de contração lenta e rápida (Hall e colaboradores, 2021).

A proporção de fibras musculares do Tipo I e Tipo II em um indivíduo é determinada geneticamente. No entanto, esta proporção pode sofrer alterações decorrentes das adaptações ao treinamento, as demandas funcionais, ao processo de envelhecimento e fatores hormonais (Hughes, Ellefsen e Baar, 2018).

As Fibras do Tipo I são consideradas fibras de contração lenta, dessa forma, desempenhando função determinante nas atividades aeróbicas e em contrações submáximas repetitivas (Bottinelli e Reggiani, 2000).

Estruturalmente, são compostas pela cadeia pesada de miosina do tipo I (MHC I), apresentam grande concentração de enzimas oxidativas e mitocôndrias, além da presença de mioglobinas, caracterizando sua coloração vermelha (Ahmetov, Vinogradova e Williams, 2012; Karp, 2001).

As fibras do tipo II são determinadas como fibras de contração rápida. No entanto, essas fibras apresentam baixa resistência a fadiga.

Além disso, as fibras do Tipo II são subdivididas em fibras do tipo IIa e fibras do tipo IIx (Hill e colaboradores, 2021).

As fibras do Tipo IIa são constituídas pela MHC IIa e estruturalmente apresentam uma concentração moderada de mitocôndrias e baixas concentrações de mioglobinas. Funcionalmente são estimuladas em exercícios anaeróbios de média duração.

Consequentemente, as fibras tipo IIa são caracterizadas como fibras intermediárias, considerando-se sua resistência moderada à fadiga, quando comparada as fibras do tipo I e tipo IIx.

Quanto a concentração de enzimas, são compostas tanto por glicolíticas, quanto oxidativas, realizando trabalho com ou sem a presença de oxigênio (Bottinelli e Reggiani, 2000; Karp, 2001).

Já as fibras do tipo IIx são caracterizadas pela alta velocidade de contração, determinadas como as fibras mais rápidas do músculo esquelético (Schiaffino e Reggiani, 2011).

Consideravelmente, são fibras que produzem maior potência e apresentam maior índice de fadiga. Este tipo de fibra é predominantemente recrutada em atividades de curta duração, que exigem altas taxas de produção de força.

As fibras tipo IIx são compostas pela MHC IIx e apresentam concentrações elevadas de enzimas glicolíticas e glicogênio muscular, com baixas quantidades de mitocôndrias e mioglobinas (Karp, 2001).

Adicionalmente, o padrão de velocidade de contração das fibras musculares é dependente do perfil da Cadeia Pesada de Miosina (MHC).

A MHC é formada por isoformas de proteínas que hidrolisam a molécula de ATP em diferentes velocidades, movendo os filamentos de actina para o centro do sarcômero em maior ou menor velocidade, dessa forma, sendo determinante no processo de contração muscular (Ahmetov, Vinogradova e Williams, 2012).

Testes para avaliar a força muscular

A força muscular pode ser avaliada de diferentes formas, por diferentes testes, sendo

estes realizados dinamicamente ou em contração isométrica.

No entanto, no presente estudo foram abordados somente os testes dinâmicos para avaliação da força muscular.

A Dinamometria Isocinética é um dos principais métodos/testes para avaliação da força muscular, sendo considerado um método padrão ouro (De Ste Croix, Deighan e Armstrong, 2003; Paul e Nassis, 2015).

A Dinamometria Isocinética promove uma velocidade reduzida durante todo movimento, permitindo ao músculo sua máxima produção de força durante todo o tempo, fornecendo variáveis como pico e torque médio, ângulo articular do pico de torque, trabalho e potência muscular (De Ste Croix, Deighan e Armstrong, 2003; Walmsley e Szybbo, 1987).

O dinamômetro isocinético é comumente utilizado para avaliar a força dos grupos musculares quadríceps e isquiotibiais. Além disso, o equipamento também permite mensurar a força dos músculos bíceps braquial e tríceps (Van Beijsterveldt e colaboradores, 2013).

Entretanto, embora o dinamômetro seja considerado um método padrão ouro, ele apresenta um alto custo, tornando-se inacessível para grande parte da população. Dessa forma, testes e/ou métodos alternativos são utilizados para avaliação da força muscular.

Como forma mais acessível para avaliação da força muscular, o teste de uma Repetição Máxima (1RM) tem sido utilizado para estimar a força máxima muscular dinâmica (Dias e colaboradores, 2013).

1RM pode ser definida como o peso máximo que um indivíduo consegue levantar em um determinado exercício, realizando apenas uma repetição completa, onde o segundo movimento se torna impossível devido à uma falha muscular na fase concêntrica (Grgic e colaboradores, 2020).

Além de ser amplamente acessível, o teste de 1RM apresenta grande aplicabilidade, reprodutibilidade e alta validade ecológica, sendo utilizado tanto no âmbito científico quanto nas práticas esportivas (Benton, Raab e Waggener, 2013; Ellis e colaboradores, 2019; Faigenbaum e colaboradores, 2012).

Nesta perspectiva, com o objetivo de avaliar a validade do teste de 1RM, o estudo de Verdijk e colaboradores (2009), verificaram a correlação entre o teste de 1RM para os exercícios de extensão de joelhos e leg press e

o método de Dinamometria Isocinética em jovens e idosos.

Os resultados demonstraram uma correlação significativa entre o pico de torque e o teste de 1RM para extensão de joelhos ($r=0,78$ a $0,88$; $p<0,001$) e leg press ($r=0,72$ a $0,77$; $p<0,001$) em ambos os grupos.

Dessa forma, os autores concluíram que o teste de 1RM se apresenta como válido para avaliar a força muscular de membros inferiores em indivíduos jovens e idosos.

Não muito diferente, Lesnak e colaboradores (2020), investigaram se a carga de 1RM poderia ser estimada a partir do pico de torque alcançado no dinamômetro isocinético. Os resultados mostraram uma correlação significativa ($r=0,92$; $p<0,001$) entre os valores de pico de torque e a carga de 1RM no exercício de extensão de joelhos.

No entanto, a equação de predição superestimou as cargas ($2,3\pm 9,1$ kg; IC 95%: -15,6 a 20,1). Com isso, os autores concluíram que, embora o pico de torque possa ser usado para estimar o valor de 1RM para extensores de joelhos, os resultados devem ser analisados com cautela.

Por fim, considerando os estudos mencionados acima, é possível sugerir que o teste de 1RM seja uma ferramenta válida como alternativa para avaliação da força muscular dinâmica, quando comparada ao dinamômetro isocinético.

Testes para avaliar a proporção de fibras musculares

Para a avaliação direta da composição de Fibras Musculares, a Biópsia Muscular é considerada um método padrão ouro (Staron e colaboradores, 2000).

Neste método, a proporção de fibras musculares é determinada pelas análises imunohistoquímica e coloração histoquímica para miosina ATPase (Schiaffino e Reggiani, 2011).

Considerando as limitações da utilização da Biópsia Muscular, diversos métodos e/ou testes indiretos tem sido utilizados para estimar a proporção de fibras musculares. Dentre esses, destaca-se a análise eletromiográfica (Merletti e Lo Conte, 1992).

A Eletromiografia (EMG) é uma técnica não invasiva de monitoramento da atividade elétrica das unidades motoras ativas.

Com isso, é possível estimar a velocidade de condução das fibras musculares a partir dos sinais eletromiográficos detectados durante a contração muscular, sugerindo que menores disparos são referentes a fibras lentas tipo I, e maiores disparos estão relacionados a uma maior proporção de fibras rápidas tipo IIa e IIx.

Considerando-se a utilização da EMG para determinar indiretamente a proporção de fibras musculares, Pozzo e colaboradores (2004), com o objetivo de investigar a possibilidade de estimar a velocidade de condução das fibras musculares por meio da EMG de superfície durante ações dinâmicas. Os autores encontraram correlações significativas ($r=0,75$; $p<0,001$) entre um exercício isométrico e contrações explosivas, considerando assim, que a velocidade das fibras musculares pode ser estimada utilizando a EMG em exercícios dinâmicos devido a velocidade de condução dos disparos elétricos.

Considerado também como um método de avaliação não invasivo, a Tensiomiografia (TMG) tem como função medir a velocidade de contração e a rigidez muscular (Rodrigues-Ruiz e colaboradores, 2012).

É ressaltado que o tempo de contração muscular determinado pelo teste está correlacionado com a proporção das fibras musculares.

Partindo deste pressuposto, Dahmane e colaboradores (2001), realizaram um estudo preliminar para verificar o uso da TMG como um método indireto para obter informações da estrutura muscular de diferentes músculos. Os autores observaram uma correlação significativa ($r=0,93$; $p<0,05$) entre a porcentagem de fibras do tipo I medidas por técnica histoquímica e o parâmetro biomecânico (tempo de contração) obtido por TMG.

Em um outro estudo realizado por Dahmane e colaboradores (2005), os autores investigaram o uso da TMG como método para prever as proporções de tipos de fibras musculares. Os resultados das análises histoquímicas (autopsia) demonstraram uma predominância de fibras do tipo II na superfície e fibras do tipo I na região mais profunda dos músculos analisados.

Além disso, o tempo de contração medido na intensidade do estímulo 10% acima do máximo foi significativamente menor ($p<0,05$) que o tempo de contração para intensidade do estímulo 50% acima do máximo.

Por fim, foi observado uma correlação significativa ($r=0,90$; $p<0,001$) entre a porcentagem de fibras do tipo I medida na região profunda do músculo e o tempo de contração medido a uma intensidade 50% acima do estímulo máximo.

Com isso, os autores concluíram que o tempo de contração obtido pela TMG pode ser usado para mensurar a proporção do tipo de fibras musculares.

A Mecanomiografia (MMG) também tem sido proposta como um possível método indireto e não-invasivo para estimar a composição das fibras musculares. A MMG é a avaliação das propriedades de vibração do músculo esquelético durante a contração muscular (Dahmane, Djordjević e Smerdu, 2006).

Sendo assim, Fry e colaboradores (2017), investigaram o uso da MMG para avaliar a proporção das fibras musculares.

Foi realizada a MMG do quadríceps durante o exercício de extensão de joelhos. Adicionalmente, foram retiradas amostras de tecido muscular do vasto lateral, para análise da expressão da MHC.

Os resultados da análise de regressão múltipla demonstraram alta capacidade de precisão (79-80%) da MMG para prever as proporções de fibras musculares através da expressão da MHC em indivíduos treinados e sedentários.

Um outro método indireto que pode ser utilizado, é a Espectroscopia de Ressonância Magnética de Prótons com a função de medir a carnosina (ERMPc).

Este metabólito é um dipeptídeo que está presente em altas concentrações no músculo esquelético. Adicionalmente, o tipo de fibra muscular é determinante na concentração dos níveis de carnosina.

Considera-se que em fibras do tipo II os níveis de carnosina são duas vezes maiores que em fibras do tipo I.

Com o intuito de desenvolver um novo método não invasivo para estimação da composição de fibras musculares utilizando a ERMPc, (Baguet e colaboradores, 2011) verificaram a associação entre as concentrações de carnosina e a proporção de fibras do tipo II.

Os resultados demonstraram uma correlação significativa entre as concentrações de carnosina muscular e a porcentagem de fibras do tipo II em sujeitos destreinados.

Além disso, foi observado que atletas de modalidades de característica explosiva apresentaram concentrações de carnosina ~30% maiores que indivíduos destreinados, enquanto atletas de modalidades de endurance apresentaram concentrações de carnosina ~20% menores, quando comparados aos indivíduos destreinados.

Com isso, os autores concluíram que o método de ERMPc pode ser uma alternativa válida para mensuração da composição de fibras musculares.

Embora sejam procedimentos não invasivos, indiretos e aplicáveis para estimar a proporção de fibras musculares, os métodos mencionados anteriormente podem não ser acessíveis a todos, considerando a necessidade de equipamentos relativamente caros.

Dessa forma, são propostos pela literatura a utilização de métodos e/ou testes ainda mais aplicáveis, destacando entre eles, o teste de resistência muscular.

O teste consiste em realizar o maior número de repetições com uma carga de 80% de 1RM (Karp, 2001).

Com isso, as diferenças encontradas a partir do número de repetições realizadas de acordo com a porcentagem de 1RM, está diretamente associada com a proporção das fibras musculares devido sua heterogeneidade entre indivíduos (Hall e colaboradores, 2021).

No entanto, pouco ainda são os estudos que compararam o teste de resistência muscular com o teste padrão ouro, ou seja, a biópsia muscular.

Com o objetivo investigar a associação entre a proporção de fibras musculares e o número máximo de repetições realizadas, Terzis e colaboradores (2008) submeteram 12 voluntários a um teste de resistência muscular no exercício leg press e biópsia muscular do vasto lateral.

Os resultados não demonstraram correlação significativa entre o número de repetições e a proporção de fibras musculares, embora os indivíduos que realizaram um número maior de repetições apresentavam maior proporção de fibras do tipo I, o que poderia ser explicado pelo número de voluntários (n=12).

Além disso, foi encontrado uma correlação significativa ($r=0,70$; $p<0,01$) entre a densidade capilar e o número de repetições realizadas, sugerindo uma capacidade de resistência do tecido muscular.

Em um estudo recente, Hall e colaboradores (2021) verificaram se o teste de resistência muscular realizado a 80% de 1RM poderia ser utilizado para estimar a predominância de fibras musculares.

Os voluntários foram submetidos ao teste de resistência no exercício agachamento e biópsia muscular do vasto lateral.

Os resultados mostraram que os voluntários que realizaram entre 5 e 8 repetições, apresentaram maior proporção de fibras de contração rápida comparado aos voluntários que realizaram entre 11 e 15 repetições ($57,5 \pm 9,5$ vs $44,4 \pm 11,9\%$, $p=0,013$).

Adicionalmente, para os voluntários que realizaram entre 9 e 10 repetições, apresentaram proporção igual dos tipos de fibras.

Por fim, os autores concluíram que o número de repetições realizadas com carga de 80% de 1RM está moderadamente relacionada com a proporção de fibras musculares.

CONCLUSÃO

A utilização dos testes indiretos para avaliar a força muscular e a proporção de fibras musculares se mostrou eficaz quando comparados a testes considerados padrão ouro, permitindo a aplicação deles em diferentes contextos, proporcionando uma análise que estima indiretamente suas respostas.

Alguns testes, como o de 1RM para avaliar a força máxima já são bem estabelecidos na literatura, mostrando assim a eficiência da utilização destes métodos.

Portanto, para avaliar a proporção de fibras musculares ainda existe uma lacuna, ou seja, poucos métodos utilizam testes indiretos, portanto, se torna necessário que mais estudos sejam elaborados e executados para validar concretamente suas análises, quando comparados ao teste padrão ouro.

REFERÊNCIAS

1-Ahmetov, I.I.; Vinogradova, O.L.; Williams, A.G. Gene Polymorphisms and Fiber-Type Composition of Human Skeletal Muscle. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 22. Num. 4. 2012 p. 292-303.

- 2-Benton, M.J.; Raab, S.; Waggener, G.T. Effect of Training Status on Reliability of One Repetition Maximum Testing in Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 27. Num. 7. 2013. p. 1885-1890.
- 3-Baguet, A.; e colaboradores. A New Method for Non-Invasive Estimation of Human Muscle Fiber Type Composition. *PLoS ONE*. Vol. 6. Num. 7. 2011. p. e21956.
- 4-Bottinelli, R.; Reggiani, C. Human Skeletal Muscle Fibres: Molecular and Functional Diversity. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*. Vol. 73. Num. 2-4. 2000. p. 195-262.
- 5-Dahmane, R.; e colaboradores. Evaluation of the Ability to Make Non-invasive Estimation of Muscle Contractile Properties on the Basis of the Muscle Belly Response. *Medical & Biological Engineering & Computing*. Vol. 39. Num. 1. 2001. p. 51-55.
- 6-Dahmane, R.; e colaboradores. Spatial Fiber Type Distribution in Normal Human Muscle: Histochemical and Tensiomyographical Evaluation. *Journal of Biomechanics*. Vol. 38. Num. 12. 2005. p. 2451-2459.
- 7-Dahmane, R.; Djordjevič, S.; Smerdu, V. Adaptive Potential of Human Biceps Femoris Muscle Demonstrated by Histochemical, Immunohistochemical and Mechanomyographical methods. *Medical & Biological Engineering & Computing*. Vol. 44. Num. 11. 2006. p. 999-1006.
- 8-De Ste Croix, M.B.A.; Deighan, M.A.; Armstrong, N. Assessment and Interpretation of Isokinetic Muscle Strength During Growth and Maturation. *Sports Medicine*. Vol. 33. Num. 10. 2003. p. 727-743.
- 9-Dias, R.M.R.; e colaboradores. Segurança, Reprodutibilidade, Fatores Intervenientes e Aplicabilidade de Testes de 1-RM. *Motriz: Revista de Educação Física*. Vol. 19. Num. 1. 2013. p. 231-242.
- 10-Ellis, R.; e colaboradores. Reliability of One-repetition Maximum Performance in People with Chronic Heart Failure. *Disability and Rehabilitation*. Vol. 41. Num. 14. 2019. p. 1706-1710.
- 11-Faigenbaum, A.D.; e colaboradores. Reliability of the One-Repetition-Maximum Power Clean Test in Adolescent Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 26. Num. 2. 2012. p. 432-437.
- 12-Fry, A.C.; e colaboradores. Noninvasive Assessment of Skeletal Muscle Myosin Heavy Chain Expression in Trained and Untrained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 31. Num. 9. 2017. p. 2355-2362.
- 13-Grgic, J.; e colaboradores. Test-Retest Reliability of the One-Repetition Maximum (1RM) Strength Assessment: a Systematic Review. *Sports Medicine - Open*. Vol. 6. Num. 1. 2020. p. 31.
- 14-Hall, E.C.R.; e colaboradores. Prediction of Muscle Fiber Composition Using Multiple Repetition Testing. *Biology of Sport*. Vol. 38. Num. 2. 2021. p. 277-283.
- 15-Hill, C.; e colaboradores. Myosin-based Regulation of Twitch and Tetanic Contractions in Mammalian Skeletal Muscle. *eLife*. Vol. 10. 2021. p. 1-26.
- 16-Hughes, D.C.; Ellefsen, S.; Baar, K. Adaptations to Endurance and Strength Training. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*. Vol. 8. Num. 6. 2018. p. a029769.
- 17-Karp, J.R. Muscle Fiber Types and Training. *Strength and Conditioning Journal*. Vol. 23. Num. 5. 2001. p. 21.
- 18-Kozinc, Ž.; Smajla, D.; Šarabon, N. The Rate of Force Development Scaling Factor: A Review of Underlying Factors, Assessment Methods and Potential for Practical Applications. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 122. Num. 4. 2022. p. 861-873.
- 19-Lesnak, J.B.; e colaboradores. Ability of Isokinetic Dynamometer to Predict Isotonic Knee Extension 1-Repetition Maximum. *Journal of Sport Rehabilitation*. Vol. 29. Num. 5. 2020. p. 616-620.
- 20-Merletti, R.; Lo Conte, L.R. Electrically Evoked Surface Myoelectric Signals. *Functional Neurology*. Vol. 7. Num. 4 Suppl. 1992. p. 153-158.

21-Paul, D.J.; Nassis, G.P. Testing Strength and Power in Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 29. Num. 6. 2015. p. 1748-1758.

22-Pozzo, M.; e colaboradores. Muscle-fiber Conduction Velocity Estimated from Surface EMG Signals During Explosive Dynamic Contractions. *Muscle and Nerve*. Vol. 29. Num. 6. 2004. p. 823-833.

23-Rodríguez Ruiz, D.; e colaboradores. Tensiomiografia Utilizada para a Avaliação de Jogadores de Vôlei de Praia de Alto Nível. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 18. Num. 2. 2012. p. 95-99.

24-Schiaffino, S.; Reggiani, C. Fiber Types in Mammalian Skeletal Muscles. *Physiological Reviews*. Vol. 91. Num. 4. 2011. p. 1447-1531.

25-Semenova, E.A.; e colaboradores. The Variability of DNA Structure and Muscle-Fiber Composition. *Human Physiology*. Vol. 45. Num. 2. 2019. p. 225-232.

26-Staron, R.S.; e colaboradores. Fiber Type Composition of the Vastus Lateralis Muscle of Young Men and Women. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*. Vol. 48. Num. 5. 2000. p. 623-629.

27-Terzis, G.; e colaboradores. Fiber Type Composition and Capillary Density in Relation to Submaximal Number of Repetitions in Resistance Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 22. Num. 3. 2008. p. 845-850.

28-Van Beijsterveldt, A.M.C.; e colaboradores. Risk Factors for Hamstring Injuries in Male Soccer Players: A Systematic Review of Prospective Studies. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. Vol. 23. Num. 3. 2013. p. 253-262.

29-Verdijk, L.B.; e colaboradores. One-repetition Maximum Strength Test Represents a Valid Means to Assess Leg Strength in Vivo in Humans. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 27. Num. 1. 2009. p. 59-68.

30-Walmsley, R.P.; Szybbo, C. A Comparative Study of the Torque Generated by the Shoulder Internal and External Rotator Muscles in Different Positions and at Varying Speeds.

Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. Vol. 9. Num. 6. 1987. p. 217-222.

31-Skurvydas, A.; e colaboradores. What are the Best Isometric Exercises of Muscle Potentiation?. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 119. Num. 4. 2019. p. 1029-1039.

32-Suchomel, T.J.; Nimphius, S.; Stone, M.H. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports medicine*. Vol. 46. Num. 10. 2016. p. 1419-1449.

E-mail dos autores:

guisaborosa08@gmail.com
wesley-santos1000@hotmail.com
osvaldo.moreira@ufv.br
sandrofs@ufla.br

Autor correspondente:

Guilherme Pereira Saborosa.
guisaborosa08@gmail.com
Departamento de Educação Física, Campus
Universitário da UFLA, s/n.
Lavras, Minas Gerais, Brasil.
CEP: 37200-000.

Recebido para publicação em 20/06/2022

Aceito em 26/08/2022