



Revisão

Review

Relação entre sinal eletromiográfico de superfície e a produção de força em idosos: uma revisão integrativa

Relationship between Surface Electromyographic Signal and Strength Production in Elderly: An Integrative Review

Ezequiel Soares da Silva^{§1,2}; Liebson Henrique Bezerra Lopes^{1,2}; Romeu Holanda da Silva³; Glêbia Alexa Cardoso^{1,2} PhD; Adalberto Veronese da Costa^{1,2} PhD

Recebido em: 15 de fevereiro de 2021. Aceito em: 20 de março de 2021.

Publicado online em: 29 de março de 2021.

DOI: 10.37310/ref.v90i1.2749

Resumo

Introdução: A eletromiografia consiste no estudo, registro e interpretação dos sinais elétricos emitidos pelas fibras musculares ativas durante o processo de contração. Esta técnica abrange aplicações clínicas e em pesquisas científicas. Com o crescimento da população idosa estudos relacionando a produção de força e a técnica da eletromiografia tem sido realizado com o objetivo de quantificar os parâmetros referente a essa capacidade física.

Objetivo: Apresentar uma revisão integrativa acerca da relação entre o sinal eletromiográfico e a produção de força em idosos.

Métodos: Para a seleção dos artigos utilizou-se das bases de dados PubMed, Scopus, Scielo, Web of Science e Lilacs, por meio do uso dos descritores: "elderly AND electromyography AND muscle strenght".

Resultados e Discussão: Na população idosa, os declínios nos parâmetros fisiológicos e anatômicos tendem a se apresentar com maior frequência, tornando mais crítica a comparação quantitativa devido a diferentes respostas, de individuo para individuo e entre musculaturas diferentes o que pode inviabilizar a linearidade entre produção de força e sinal EMG..

Conclusão: De acordo com a literatura, não há uma relação linear entre a eletromiografia de superfície e a produção de força em idosos. Diferenças em fatores fisiológicos, anatômicos e instrumentais podem explicar esse evento.

Palavras-chave: idosos, eletromiografia, força muscular.

Pontos Chave

- O envelhecimento varia de indivíduo para indivíduo.
- Observam-se diferentes respostas fisiológicas e anatômicas em idosos.
- Diferenças nessas respostas podem explicar a ausência de consistência na literatura quanto à linearidade da associação de EMG com força muscular em idosos.

Abstract

Introduction: Electromyography consists of the study, recording and interpretation of electrical signals emitted by active muscle fibers during the contraction process. This technique covers clinical applications and scientific research. With the growth of the elderly population, studies relating the production of strength and the electromyography technique have been carried out with the objective of quantifying the parameters related to this physical capacity.

Objective: To present an integrative review about the relationship between the electromyographic signal and the production of strength in the elderly.

[§] Autor correspondente: Ezequiel Soares da Silva – e-mail: ezequielso8@gmail.com

Afiliações: ¹Programa de Pós-graduação em Saúde e Sociedade da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte; ²Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. ³Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Methods: For the selection of articles, PubMed, Scopus, Scielo, Web of Science and Lilacs databases were used, using the descriptors: “elderly AND electromyography AND muscle strenght”.

Results and Discussion: Initially, a total of 1.859 publications were obtained, after careful evaluation the final sample consisted of 13 articles.

Conclusion: According to literature, there is no linear correlation of surface electromyography with strength production in the elderly. Differences in physiological, anatomical and instrumental factors may explain the event.

Keywords: elderly, electromyography, muscle strength.

Key Points

- *The aging process varies from individual to individual.*
- *Different physiological and anatomical responses are observed in the elderly.*
- *Differences in those responses may explain the lack of consistency in the literature regarding the linearity in the association of EMG with muscle strength in the elderly.*

Relação entre sinal eletromiográfico de superfície e a produção de força em idosos: uma revisão integrativa

Introdução

A eletromiografia (EMG) consiste no estudo, registro e interpretação dos sinais elétricos emitidos pelas fibras musculares ativas durante o processo de contração. Esses sinais são ocasionados pela diferença do fluxo de íons através da membrana das células musculares. Tais sinais são apresentados em forma de potenciais de ação (PA) originados nas unidades motoras (UM), que são unidades básicas de funcionamento do sistema muscular, consistindo em um neurônio motor e nas fibras musculares por ele inervadas(1,2).

A identificação desses sinais pode ser realizada de duas formas, por meio do uso de eletrodos intramusculares ou de superfície. O EMG intramuscular é apontado como um método clássico para averiguar propriedades de UM de forma individualizada. Porém, essa técnica provoca dor e estresse ao avaliado, por ser uma técnica invasiva e tornando difícil a medição da mesma UM de uma mesma pessoa em diferentes ocasiões, e assim é um método de difícil reprodutibilidade(3). O EMG de superfície representa a soma dos potenciais de ação e é uma técnica não invasiva que por meio da malha de eletrodos fixados à pele captam os sinais elétricos de um determinado músculo durante a contração(4).

A técnica da EMG abrange aplicações clínicas e em pesquisas científicas. É

empregada nos estudos cinesiológicos e neurofisiológicos dos músculos superficiais por diversos profissionais da área da saúde para diferentes objetivos como: análise da fadiga muscular, parâmetros de força e resistência dos músculos e identificação de doenças neuromusculares(5).

O envelhecimento é um processo que acomete a todos os seres humanos, ao longo dos anos. Devido aos avanços na medicina, a longevidade tem sido alcançada e, em decorrência, a população de idosos tem aumentado, independentemente da portabilidade ou não de doenças(6). Tal fenômeno pode ocorrer de forma lenta ou rápida, trazendo consigo alterações fisiológicas e funcionais acompanhadas de alterações morfológicas fazendo com que atividades diárias, antes tida como fáceis, se tornem difíceis(7).

Com isso estudos relacionando a produção de força e a técnica da eletromiografia tem sido realizado com o objetivo de quantificar os parâmetros referente a essa capacidade física. Em um estudo realizado anteriormente por Noda et al. (8) que objetivaram realizar uma revisão com estudos que relacionavam a eletromiografia e diferentes variáveis presente no exercício físico, os estudos utilizados apresentavam adultos como amostra. Porém, pouco se sabe sobre essa relação na população

idosa, o que leva a problemática da presente revisão. Dessa forma o presente estudo teve por objetivo apresentar uma revisão da literatura acerca da relação entre sinal eletromiográfico de superfície e a produção de força em indivíduos idosos.

Métodos

Trata-se de um estudo de revisão integrativa da literatura, que tem como objetivo sintetizar estudos primários e divulgá-los de forma abrangente para um maior aprofundamento sobre o tema(9,10). A pergunta científica norteadora do estudo foi: “Em indivíduos idosos, o uso da técnica da eletromiografia apresenta aplicabilidade na análise da produção de força?”. A revisão foi conduzida por cinco pesquisadores, para elaborar o presente artigo de revisão foram acessadas as bases de dados *PubMed*, *Scopus*, *Scielo*, *Web of Science* e *Lilacs*. As buscas ocorreram no período de maio a junho de 2020, não foram aplicados nenhum tipo de filtro durante as buscas nas bases de dados citadas.

Para as buscas foram utilizados os termos: *elderly*, *electromyography* e *muscle strenght*. Foi empregado o operador booleano AND para promover a combinação entre os três termos escolhidos, de maneira que se utilizou a associação “*elderly AND electromyography AND muscle strenght*”. Os termos empregados foram selecionados considerando o vocabulário controlado para indexação de artigos dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e do sistema Medical Subject Headings (MeSH).

Quanto aos critérios de inclusão, foram selecionados artigos científicos primários escritos nas línguas portuguesa, inglesa ou espanhola que tiveram a população idosa como amostra ou como parte da amostra, que fizessem o uso da eletromiografia como um dos instrumentos de coleta de dados, foram incluídos também artigos que utilizaram tanto protocolos de contração isométrica quanto dinâmicas. Foram excluídos da revisão resultados que correspondiam a trabalhos de conclusão de curso (TCC, Dissertações, Teses), duplicatas e aqueles que não estavam dentro do delineamento metodológico desta revisão.

Inicialmente, foi obtido um quantitativo total de 1.859 referências, em seguida foi realizada uma triagem por título e por resumo nessa determinada ordem. Posteriormente a essa triagem foi feita a leitura dos artigos na íntegra para exclusão dos artigos que não estavam de acordo com a proposta. Abaixo segue fluxograma para identificação dos estudos selecionados a partir das buscas nas bases de dados (Figura 1).

Posteriormente à seleção dos artigos, foi feito um resumo organizado de seus conteúdos. O processo de extração de dados dos artigos que passaram por triagem foi guiado por uma ficha de análise padrão, elaborada em caráter prévio e empregada na avaliação dos estudos recrutados em todas as estratégias de busca supracitadas.

Resultados e Discussão

Na presente revisão integrativa, analisou-se treze artigos que atenderam aos critérios de elegibilidade previamente estabelecidos, em relação aos países onde os estudos foram desenvolvidos, dois estudos foram realizados na Austrália, um estudo realizado no Canadá, um estudo realizado na Dinamarca, um estudo na Escócia, dois estudos nos EUA, dois estudos realizados na Inglaterra, um estudo realizado na Irlanda e três estudos realizados no Japão.

Referente às características das amostras dos estudos, sete utilizaram apenas idosos na amostra tanto para grupos controle como intervenção. Seis estudos utilizaram idosos e outros grupos de faixas etárias diferentes. Dentre os estudos apenas dois foram realizados com idosos que apresentavam alguma patologia, as mesmas sendo a doença de Parkinson e a osteoartrite crônica unilateral do quadril.

No quesito da prática experimental, dois estudos utilizaram apenas protocolos de contração dinâmica, dois utilizaram protocolos de contração dinâmica e isométrica e nove utilizaram apenas protocolos de contração isométrica. Quanto ao delineamento constatou-se, apenas um estudo com delineamento do tipo transversal e doze ensaios clínicos randomizados.

A Tabela 1 apresenta a síntese dos artigos incluídos na presente revisão integrativa.

No que concerne ao objetivo desta revisão que analisou a relação do sinal eletromiográfico de superfície e a produção de força em idosos, observou-se que dos 13 casos analisados apenas nos estudos de Bazzucchi et al.(11) e Watanabe et al.(12) foi apontado haver uma relação linear entre a produção de força e o sinal da eletromiografia de superfície. Em divergência a isto, 11 estudos em que não se obteve uma relação diretamente proporcional entre os parâmetros analisados nesta revisão. A relação entre o sinal eletromiográfico e a produção de força muscular tem sido alvo de estudos que a

utilizam como forma de alcançar medidas indiretas de produção de força na musculatura esquelética(13). E alguns estudos já chegaram a relatar alguma linearidade(12,14,15). Porém, afirmar que essa relação é diretamente proporcional, ou seja, que a relação sinal EMG/força observa um aumento da amplitude do sinal EMG na proporção em que a força e/ou velocidade de contração muscular aumenta, não é algo tão simples de descrever. Quando se faz necessário adquirir uma relação quantitativa, diversas dificuldades inviabilizam resultados precisos, visto que o sinal EMG é fruto de fatores fisiológicos, anatômicos e técnicos.

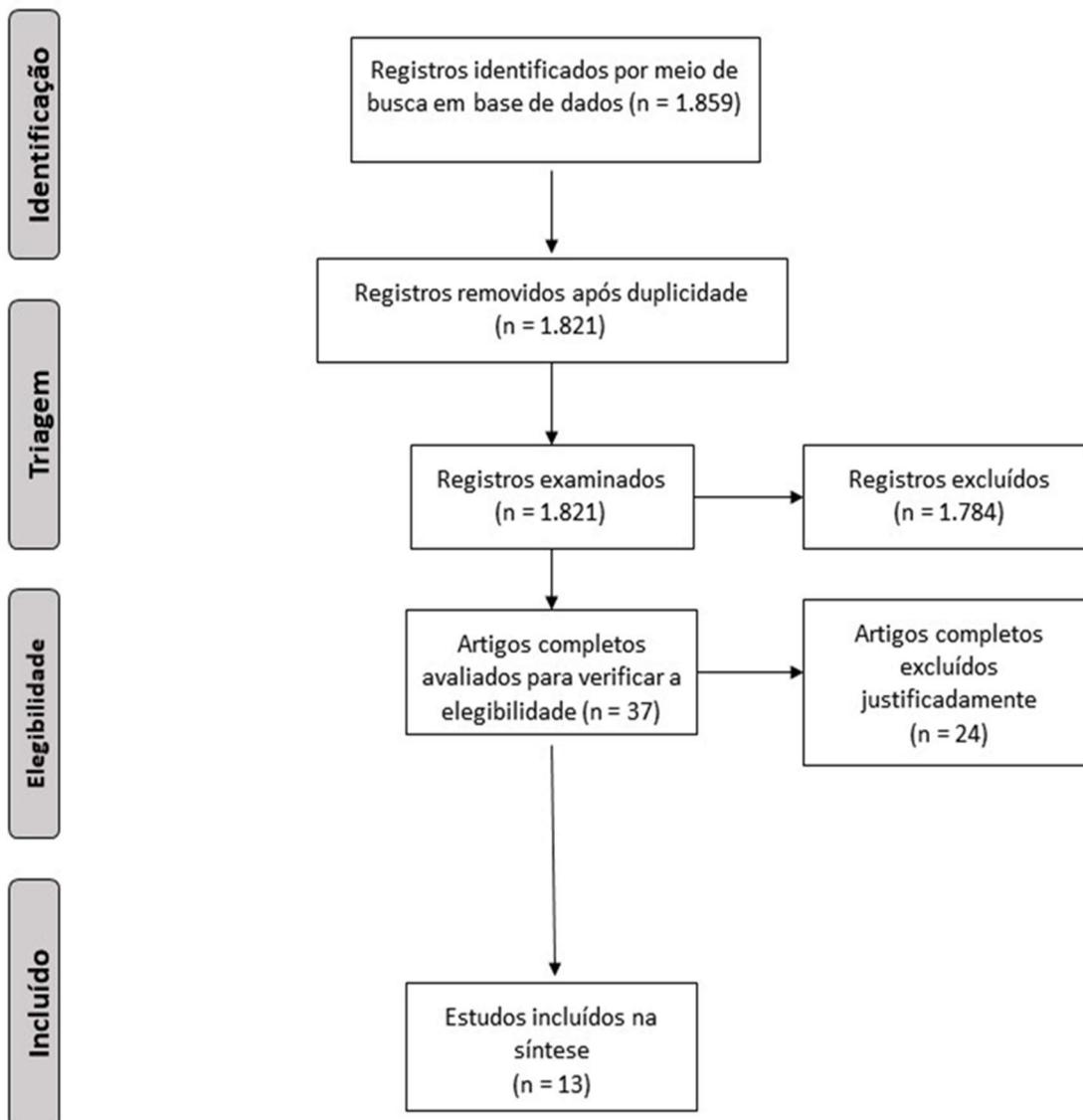


Figura 1 – Fluxograma de seleção dos estudos

Tabela 1: Sínteses dos artigos incluídos na revisão integrativa (n=13)

Autores (Ano)	Objetivos	Parâmetros analisados	Resultados	Conclusões
Lamoureux et al. (2001)	Investigar se houve um agravamento da capacidade neuromuscular de idosos após a sétima década de vida.	Contração voluntária máxima (CVM), força isotônica, ativação muscular dos extensores do joelho.	A análise dos padrões de ativação muscular das LV, FR e VM mostrou que a curva iEMG-tempo inicial foi diferente entre os dois grupos: O grupo antigo produziu iEMG significativamente mais alta ($p < 0,01$) a cada época de 100 milissegundos. início da ativação muscular em até 500 milissegundos em comparação com o grupo mais antigo.	O grupo mais velho mostrou uma atividade iEMG significativamente menor ($p < 0,001$) a cada época de 100 milissegundos da curva iEMG-tempo. As diferenças na iEMG entre os dois grupos variaram de 219% no primeiro intervalo (início da contração a 100 milissegundos) a 379% no último intervalo (401 a 500 milissegundos).
Bazzucchi et al. (2004)	Investigar as diferenças entre oito mulheres (20-31 anos) e oito mulheres (68-76 anos) em contração voluntária máxima flutuações de força, frequência média do eletromiograma de superfície e velocidade de condução das fibras musculares durante a flexão isométrica sustentada do cotovelo e a extensão do joelho, realizadas com intensidade de força moderada a alta.	Torques isométricos, sinais sEMG de BB e VL do membro dominante.	As mulheres mais velhas foram, em média, 26% mais fracas no torque da contração voluntária máxima (CVM) da flexão de cotovelo (EF) ($39,9 \pm 8,4$ Nm vs $54,0 \pm 7,8$ Nm; $P < 0,05$) e 22% mais fracas no torque CVM da extensão de joelho (KE) ($97,1 \pm 19,4$ Nm vs. $125,2 \pm 23,3$ Nm; $P < 0,05$) do que as mulheres jovens. A relação entre EF e KE MVC não diferiu entre as jovens ($0,44 \pm 0,08$) e as mulheres mais velhas ($0,41 \pm 0,04$).	As mulheres mais velhas apresentaram maiores flutuações de força com resistência e alterações na EMGs, apontando para menos fadiga, especialmente em alto nível de força, sem diferenças entre as extremidades superior e inferior.

Autores (Ano)	Objetivos	Parâmetros analisados	Resultados	Conclusões
Ramsey et al. (2004)	Comparar a cinemática, a ativação muscular e a produção de força entre os pacientes de Parkinson e os participantes saudáveis e com a mesma idade durante as transferências de sentar e levantar.	Força ântero-posterior, médio-lateral e vertical, atividade elétrica dos músculos vasto lateral, vasto medial e isquiotibiais mediais.	Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos para a frequência mediana ($LS \pm 4,58$, $p > 0,05$) ou a amplitude de pico rmsEMG ($LS \pm 4,03$, $p > 0,05$) entre os membros direito e esquerdo de qualquer um dos músculos testados. Os resultados não indicaram diferenças significativas ($p > 0,05$) na variabilidade de mfEMG ou rmsEMG entre os grupos.	Pessoas com doença de Parkinson leve a moderada exibem mecânica bilateral moderadamente alterada ao realizar uma transferência de sentar-se em pé em comparação com seus pares saudáveis.
Morse et al. (2005)	Determinar a influência de um programa de treinamento resistido de 12 meses no volume muscular, força, CVM / VOL, ativação agonista e co ativação antagonista dos fatores plantares em homens idosos.	O torque de contração voluntária máxima isométrica, torque específico dos músculos ST foi estimado como a razão entre o torque voluntário máximo de PF (CVM) e o VOL (CVC / VOL). A atividade eletromiográfica (EMG) do tibial anterior foi registrada durante a realização de contrações isométricas máximas.	O torque isométrico da contração voluntária máxima (CVM) na flexão plantar aumentou no grupo de treinamento de resistência de corpo inteiro (TRN) em 20% ($P < 0,01$). A CVM de dorsiflexão não mostrou alteração com o treinamento. A ativação do flexor plantar foi aumentada em 9,2% após o treinamento ($P < 0,05$). A coativação antagonista e o torque de dorsiflexão associado produzido durante a flexão plantar permaneceram inalterados com o treinamento.	O aumento do volume muscular e a ativação do músculo agonista são responsáveis quase inteiramente, e em partes iguais, pelo aumento da força muscular produzida pelo treinamento resistido a longo prazo na terceira idade. No entanto, a magnitude do aumento da ativação pode depender do nível de ativação do agonista antes do início do treinamento.

Autores (Ano)	Objetivos	Parâmetros analisados	Resultados	Conclusões
Suetta et al. (2007)	Examinar o efeito do desuso unilateral a longo prazo dos membros na CVM, área transversal do músculo magro do quadríceps, taxa de desenvolvimento de força contrátil, impulso, déficit de ativação muscular, atividade neuromuscular máxima e coativação muscular antagonista em homens idosos e mulheres com osteoartrite crônica unilateral do quadril.	Torque isométrico voluntário máximo de extensão do joelho, atividade elétrica muscular.	Não houve diferenças entre os sexos.	O desuso leva a uma acentuada perda de força e massa muscular em idosos. Além disso, a ativação neuromuscular e a RFD contrátil são mais afetadas pelo desuso a longo prazo do que pela força muscular máxima, o que pode aumentar o risco futuro de quedas.
Fujita et al. (2011)	Esclarecer como a capacidade de geração de força do quadríceps femoral (QF) está associada à sua atividade EMG de superfície durante um movimento de agachamento com base na massa corporal.	O torque da extensão de joelho, ativação muscular.	A porcentagem do EMGmax do quadríceps femoral (QF% EMGmáx) não foi linearmente relacionado ao KET em relação à massa corporal (KET / BM). A análise de regressão contínua linear por partes mostrou que havia um ponto de interrupção de $1,9 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{kg}^{-1}$ na relação entre as duas variáveis. Em indivíduos com KET / BM inferior a $1,9 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{kg}^{-1}$, QF% EMG máx aumentou rapidamente à medida que o KET / BM diminuiu.	O nível de atividade do QF durante um movimento de agachamento baseado na massa corporal é influenciado por sua capacidade de geração de força.

Autores (Ano)	Objetivos	Parâmetros analisados	Resultados	Conclusões
Gault et al. (2013)	Examinar em adultos mais velhos os efeitos da caminhada em esteira (LTW) e caminhada em declive (DTW) na Força isométrica voluntária máxima (MVIF), estabilidade das contrações isométricas voluntárias submáximas e atividade eletromiográfica (EMG) durante as contrações isométricas máximas e submáximas dos músculos extensores do joelho.	Contrações isométricas dos músculos extensores do joelho, atividade eletromiográfica.	Força isométrica voluntária máxima do quadríceps femoral foi semelhante em todos os momentos para a LTW e a DTW ($F(1,21) = 0,03$, $p = 0,86$, $\eta^2 = 0,002$). A MVIF dos músculos extensores do joelho aumentou apenas após 12 semanas da LTW e DTW ($F(2,44) = 6,44$, $p = 0,003$, $\eta^2 = 0,24$). A LTW resultou em um aumento de $14 \pm 6\%$ (linha de base: 340 ± 112 N, 12 semanas: 395 ± 130 N) no MVIF e DTW provocou um aumento de $5 \pm 6\%$ (linha de base: 368 ± 128 N, 12 semanas: 388 ± 132 N) melhoria ($t(22) = -2,73$, $p = 0,01$).	12 semanas de LTW e DTW, em uma intensidade auto selecionada, aumentaram o MVIF dos músculos extensores do joelho.
Siddiqi et al. (2016)	Relatar a alteração associada à idade na Gaussianidade da eletromiografia de superfície (sEMG) do músculo tibial anterior (AT).	Força isométrica, atividade elétrica muscular.	Os resultados mostram uma diminuição no Sg com o aumento do nível de força, indicando que o EMG é cada vez mais gaussiano em níveis de força mais altos. A diferença entre as duas faixas etárias foi significativa. Ambas as coortes exibem força máxima crescente de sua EMGs com força, mas as coortes mais antigas sempre mantiveram maior potência máxima do que os jovens.	O sEMG das coortes mais antigas apresentou maior amplitude, mas não gaussianidade, o que foi especialmente evidente nas contrações submáximas.

Autores (Ano)	Objetivos	Parâmetros analisados	Resultados	Conclusões
Wu et al. (2016)	avaliar simultaneamente o efeito da idade nas propriedades neuromusculares e mecânicas em 24 jovens e 20 mais velhos do sexo masculino e feminino.	Contração isométrica voluntária máxima dos extensores do joelho e dos flexores de joelho, rigidez músculo-articular da articulação do joelho, arquitetura muscular, atividade elétrica muscular.	Os participantes mais velhos em ambos os sexos grupos apresentaram níveis mais baixos de força muscular do que seus colegas mais jovens para KE e KF com uma diferença mais acentuada observada entre indivíduos mais velho (OM) e indivíduos mais jovens (YM) em relação a OF e YF	O envelhecimento levou a um grande déficit na capacidade de realizar máxima e rápida contração forte na musculatura da articulação do joelho, com déficit mais evidente no sexo masculino.
Ema et al. (2017)	examinar se o treinamento domiciliar de alta velocidade na panturrilha altera a taxa de desenvolvimento de torque (IDT) durante as contrações da flexão plantar e o desempenho do equilíbrio em homens idosos.	Contração voluntária máxima, equilíbrio estático, espessura muscular do tríceps sural, ângulo de torção de MG, arquitetura MG, atividade elétrica muscular.	Descobertas indicam que o treinamento de elevação da panturrilha em casa, realizado sem equipamento ou local especial, induz um aumento substancial na capacidade de geração rápida de força dos flexores plantares e nas ativações do tríceps sural.	A capacidade neuromuscular funcional pode ser aumentada pelo exercício domiciliar de elevação da panturrilha em homens idosos, o que pode proteger contra a perda de mobilidade com o envelhecimento.
Gerstner et al. (2017)	Investigar as diferenças relacionadas à idade na taxa de flexão absoluta e normalizada do desenvolvimento do torque (IDT) nos intervalos de tempo inicial e tardio e examinar as especificidades neurais e musculares. mecanismos que contribuem para essas diferenças.	comprimento do fascículo, força isométrica, sinais eletromiográficos.	Os homens mais velhos foram mais fracos e apresentaram menores valores absolutos e normalizados posteriormente de IDT quando comparados aos homens jovens. Os homens mais velhos também apresentaram maior intensidade do eco (IE), menor ângulo de penetração (PA) e menores valores de amplitude EMG posteriores. No entanto, não houve diferenças nos valores iniciais de amplitude de IDT e EMG, tamanho do	Alterações relacionadas à idade na qualidade muscular, arquitetura e ativação muscular podem influenciar a produção rápida de torque em intervalos de tempo tardios desde o início da contração. Achados destacam fatores neuromusculares específicos que influenciam as reduções relacionadas à idade na IDT, que demonstraram influenciar significativamente a função e o desempenho em adultos mais velhos.

Autores (Ano)	Objetivos	Parâmetros analisados	Resultados	Conclusões
Pion et al. (2017)	Identificar possíveis disparidades nos perfis de força muscular e desenvolvimento de força em homens idosos de alto e baixo funcionamento e investigar fatores musculares e neurofisiológicos que pudessem explicar as diferenças.	Capacidade funcional, massa corporal, estatura, massa magra dos membros inferiores, gasto energético diário, força muscular concêntrica máxima, sinais eletromiográficos.	músculo ou comprimento do fascículo (FL) entre os grupos. Os índices de força e força, declives de força descendente para contração isométrica voluntária máxima (CVM), velocidade da articulação do joelho (KV) e eletromiografia integrada (iEMG) durante a avaliação de sentar e os parâmetros de capacidade funcional (FC) foram todos significativamente ($p < 0,05$) mais baixos no grupo de homens com baixa capacidade funcional (LoFC) do que no grupo de homens com alta capacidade funcional (HiFC). Por outro lado, não foi observada diferença entre os grupos em: massas magras dos membros inferiores (LLM) e massa magra da coxa direita (rTLM), excitabilidade da coluna vertebral (razão H_{max}/M_{max}), velocidade de condução do motoneurônio (CV), parâmetros de contração muscular e fenótipo muscular.	Modificações no sistema nervoso central podem ser responsáveis pelas diferenças no estado funcional de idosos saudáveis. Tarefas mais complexas e exigentes como as que requerem maior intensidade ou coordenação, podem esclarecer ainda mais a diferença entre idosos saudáveis com baixa e alta capacidade funcional.

Autores (Ano)	Objetivos	Parâmetros analisados	Resultados	Conclusões
Watanabe et al. (2018)	Esclarecer a contribuição do padrão de ativação neuromuscular para a força muscular no grupo de idosos.	A força durante a extensão isométrica do joelho, ativação eletromiográfica.	Houve correlação significativa entre força muscular e o quadrado médio da raiz (RMS), ($r = 0,361$, $p = 0,001$) em idosos. Espessura muscular ($r = 0,519$, $p < 0,001$), RMS ($r = 0,288$, $p = 0,001$) e RMS normalizado ($r = 0,177$, $p = 0,047$) foram selecionados como principais determinantes da força muscular na análise de regressão gradual ($r = 0,664$ no modelo selecionado).	A diferença interindividual da força muscular em idosos pode ser parcialmente explicada pela amplitude EMG de superfície. O padrão de ativação neuromuscular também é um dos principais determinantes da força muscular em idosos, além de indicador do volume muscular.
Siddiqi et al. (2016)	Relatar a alteração associada à idade na Gaussianidade da eletromiografia de superfície (sEMG) dos músculos tibial anterior (AT)..	Força isométrica, atividade elétrica muscular.	Os resultados mostram uma diminuição no Sg com o aumento do nível de força, indicando que o EMG é cada vez mais gaussiano em níveis de força mais altos. A diferença entre as duas faixas etárias foi significativa. Ambas as coortes exibem força máxima crescente de sua EMGs com força, mas as coortes mais antigas sempre mantiveram maior potência máxima do que os jovens.	O sEMG das coortes mais antigas apresentou maior amplitude, mas não gaussianidade, o que foi especialmente evidente nas contrações submáximas.
Wu et al. (2016)	Avaliar simultaneamente o efeito da idade nas propriedades neuromusculares e mecânicas em 24 jovens e 20 mais velhos do sexo masculino e feminino.	Contração isométrica voluntária máxima dos extensores do joelho e dos flexores de joelho, rigidez músculo-articular da articulação do joelho, arquitetura muscular, atividade elétrica muscular.	Os participantes mais velhos em ambos os sexos grupos apresentaram níveis mais baixos de força muscular do que seus colegas mais jovens para KE e KF com uma diferença mais acentuada observada entre indivíduos	O envelhecimento levou a um grande déficit na capacidade de realizar máxima e rápida contração forte na musculatura da articulação do joelho, com déficit mais evidente no sexo masculino.

Autores (Ano)	Objetivos	Parâmetros analisados	Resultados	Conclusões
Ema et al. (2017)	Examinar se o treinamento domiciliar de alta velocidade na panturrilha altera a taxa de desenvolvimento de torque (IDT) durante as contrações da flexão plantar e o desempenho do equilíbrio em homens idosos.	Contração voluntária máxima, equilíbrio estático, espessura muscular do tríceps sural, ângulo de torção de MG, arquitetura MG, atividade elétrica muscular.	mais velho (OM) e indivíduos mais jovens (YM) em relação a OF e YF Descobertas indicam que o treinamento de elevação da panturrilha em casa, realizado sem equipamento ou local especial, induz um aumento substancial na capacidade de geração rápida de força dos flexores plantares e nas ativações do tríceps sural.	A capacidade neuromuscular funcional pode ser aumentada pelo exercício domiciliar de elevação da panturrilha em homens idosos, o que pode proteger contra a perda de mobilidade com o envelhecimento.
Gerstner et al. (2017)	Investigar as diferenças relacionadas à idade na taxa de flexão absoluta e normalizada do desenvolvimento do torque (IDT) nos intervalos de tempo inicial e tardio e examinar as especificidades neurais e musculares. mecanismos que contribuem para essas diferenças.	Comprimento do fascículo, força isométrica, sinais eletromiográficos.	Os homens mais velhos foram mais fracos e apresentaram menores valores absolutos e normalizados posteriormente de IDT quando comparados aos homens jovens. Os homens mais velhos também apresentaram maior intensidade do eco (IE), menor ângulo de penetração (PA) e menores valores de amplitude EMG posteriores. No entanto, não houve diferenças nos valores iniciais de amplitude de IDT e EMG, tamanho do músculo ou comprimento do fascículo (FL) entre os grupos.	Alterações relacionadas à idade na qualidade muscular, arquitetura e ativação muscular podem influenciar a produção rápida de torque em intervalos de tempo tardios desde o início da contração. Achados destacam fatores neuromusculares específicos que influenciam as reduções relacionadas à idade na IDT, que demonstraram influenciar significativamente a função e o desempenho em adultos mais velhos.
Pion et al. (2017)	Identificar possíveis disparidades nos perfis de força muscular e desenvolvimento de força em homens idosos de alto e baixo funcionamento e	Capacidade funcional, massa corporal, estatura, massa magra dos membros inferiores, gasto energético diário, força muscular concêntrica máxima, sinais eletromiográficos.	Os índices de força e força, declives de força descendente para contração isométrica voluntária máxima (CVM), velocidade da articulação do joelho (KV) e eletromiografia	Modificações no sistema nervoso central podem ser responsáveis pelas diferenças no estado funcional de idosos saudáveis. Tarefas mais complexas e exigentes como as que requerem maior intensidade ou coordenação, podem

Autores (Ano)	Objetivos	Parâmetros analisados	Resultados	Conclusões
	investigar fatores musculares e neurofisiológicos que pudessem explicar as diferenças.		integrada (iEMG) durante a avaliação de sentar e os parâmetros de capacidade funcional (FC) foram todos significativamente ($p < 0,05$) mais baixos no grupo de homens com baixa capacidade funcional (LoFC) do que no grupo de homens com alta capacidade funcional (HiFC). Por outro lado, não foi observada diferença entre os grupos em: massas magras dos membros inferiores (LLM) e massa magra da coxa direita (rTLM), excitabilidade da coluna vertebral (razão H_{max} / M_{max}), velocidade de condução do motoneurônio (CV), parâmetros de contração muscular e fenótipo muscular.	esclarecer ainda mais a diferença entre idosos saudáveis com baixa e alta capacidade funcional.
Watanabe et al. (2018)	Esclarecer a contribuição do padrão de ativação neuromuscular para a força muscular no grupo de idosos.	A força durante a extensão isométrica do joelho, ativação eletromiográfica.	Houve correlação significativa entre força muscular e o quadrado médio da raiz (RMS), ($r = 0,361$, $p = 0,001$) em idosos. Espessura muscular ($r = 0,519$, $p < 0,001$), RMS ($r = 0,288$, $p = 0,001$) e RMS normalizado ($r = 0,177$, $p = 0,047$) foram selecionados como principais determinantes da força muscular na análise de regressão gradual ($r = 0,664$ no modelo selecionado).	A diferença interindividual da força muscular em idosos pode ser parcialmente explicada pela amplitude EMG de superfície. O padrão de ativação neuromuscular também é um dos principais determinantes da força muscular em idosos, além de indicador do volume muscular.

Na população idosa os declínios nos parâmetros fisiológicos e anatômicos tendem a se apresentar com maior frequência(16-21), tornando mais crítica a comparação quantitativa devido a diferentes respostas, de indivíduo para indivíduo e entre musculaturas diferentes(18,19,22) o que pode inviabilizar a linearidade entre produção de força e sinal EMG.

Em um dos estudos incluídos nesta revisão, Ramsey et al.(23) apontaram que indivíduos acometidos com Parkinson apresentam uma significativa perda de massa muscular e de força, com exibição de uma mecânica bilateral moderadamente alterada, ao realizar uma transferência de sentar para ficar em pé em comparação com seus pares saudáveis. No entanto, mesmo com a capacidade da produção de força acometida não houve diferença significativa na ativação muscular entre os grupos. No estudo de Suetta et al. (24) em que investigaram idosos com osteoartrite crônica, a ativação muscular e a taxa contrátil de desenvolvimento de força foram mais afetadas pelo desuso em longo prazo do que força muscular máxima, acarretando aumento de risco de quedas em idosos.

Outro fator de grande relevância que deve ser levado em consideração durante os estudos relacionados à EMG e à produção de força é o nível de ação sinérgica de outros grupos musculares e a ativação de músculos antagonistas ao movimento realizado, o que podem alterar diretamente os resultados da musculatura a qual está sendo investigada(25,26). Os protocolos envolvidos no estudo da EMG e produção de força também são parâmetros que merecem atenção. Estudos apontam que o protocolo de contração isométrica apresenta uma melhor fidedignidade comparada a um protocolo de contração dinâmica. Isso pode ser explicado pelo fato de que na contração dinâmica o processo de encurtamento e estiramento muscular pode ocasionar o deslizamento das fibras sobre o posicionamento dos eletrodos e, também, o *CrossTalk*, que é o registro e/ou a comunicação de musculaturas vizinhas ou entre os eletrodos(27-29). Isso reforça o porquê da maioria dos estudos incluídos nesta revisão usarem protocolos de contração isométrica em sua metodologia.

Por último, e não menos importante, estão os procedimentos pré e pós-registro da EMG que merecem destaque. Nos procedimentos pré-registro, o de maior relevância é o tratamento da pele através da tricotomia. Esse procedimento visa reduzir a impedância da pele para uma melhor captação do sinal eletromiográfico(30,31). Nos procedimentos pós-registro é quando ocorre o tratamento do sinal eletromiográfico por meio da aplicação de conversores e filtros com intuito de obter um sinal mais limpo e real para posteriormente ser analisado com melhor clareza. A relevância dos procedimentos instrumentais está incorporada à metodologia de todos os estudos incluídos nesta revisão.

De maneira geral, as explicações para os resultados conflitantes dos estudos podem estar relacionadas com a capacidade de recrutamento das UM nos diferentes níveis de força, a velocidade de contração, o comprimento muscular, o volume muscular e da ativação muscular voluntária máxima para se obter uma frequência de disparos considerada satisfatória.

Pontos fortes e limitações do estudo

Um ponto forte do estudo foi a temática relacionada a fisiologia do envelhecimento e seus efeitos ao sistema neuromuscular, sendo que foi encontrada divergências na literatura. Sendo esta, a contribuição do presente estudo para o conhecimento. Uma limitação do estudo foi que uma metanálise poderia identificar com mais precisão a relação entre sinal eletromiográfico e produção de força em idosos.

Conclusão

A relação entre o sinal eletromiográfico de superfície e a produção de força em indivíduos idosos apresenta algumas divergências na literatura. Porém grande parte dos estudos mostram uma tendência a uma relação não linear. Essa não linearidade pode ser explicada por diferenças em fatores fisiológicos, anatômicos e instrumentais. Para estudos futuros faz-se necessária atenção na amostra selecionada, observando se os idosos possuem ou não patologias, se são ou não ativos fisicamente e aplicar os mesmos protocolos de contração em todos os grupos e estudos.

Apesar desses resultados, a eletromiografia de superfície, quando em conjunto com outros meios de avaliação, é uma ferramenta válida quando se pretende realizar estudos referentes aos processos fisiológicos, nas funções biomecânicas que ocorrem na musculatura esquelética, durante o cotidiano da vida diária como na prática de exercícios físicos.

Agradecimentos

Agradecer a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Laboratório de Avaliação do Desempenho Aquático da Faculdade de Educação Física (LADA/FAEF) pelo apoio.

Declaração de conflito de interesses

O estudo não possui nenhum conflito de interesses.

Declaração de financiamento

O presente trabalho foi realizado com financiamento próprio.

Referências

- Merletti R, Holobar A, Farina D. Analysis of motor units with high-density surface electromyography. *Journal Electromyography and Kinesiology* [Online]. 2008;18(6):879–90. Available from: doi: 10.1016 / j.jelekin.2008.09.002
- Tsuda, A.M; Martins, H.M; Pires R. Desenvolvimento de sensores ativos para aquisição e processamento de sinais eletromiográficos. *Sinergia* [Online]. 2016;17(2):91–8. Available from: <https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia/article/view/82>
- Ribeiro A, Mateus-Vasconcelos E, Silva T, Brito L, Oliveira H. Avaliação funcional dos músculos do assoalho pélvico pela eletromiografia: existe a normalização na análise de dados? Uma revisão sistemática. *Fisioterapia e Pesquisa* [Online]. 2018;25(1):88–99. Available from: doi: 10.1590/1809-2950/16559525012018
- Chowdhury RH, Reaz MBI, Ali MABM, Bakar AAA, Chellappan K, Chang TG. Surface electromyography signal processing and classification techniques. *Sensors* [Online]. 2013;13(9):12431–66. Available from: doi:10.3390 / s130912431
- Barbosa FSS, Gonçalves M. Protocolo para a identificação da fadiga dos músculos eretores da espinha por meio da dinamometria e da eletromiografia. *Fisioterapia em Movimento* [Online]. 2005;18(4):77–87. Available from: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/fisio/article/view/18650/18068>
- Willig MH, Lenardt MH, Caldas CP. A longevidade segundo histórias de vida de idosos longevos. *Revista Brasileira de Enfermagem* [Online]. 2015;68(4):697–704. Available from: doi: 10.1590/0034-7167.2015680418i
- Fechine BRA, Trompieri N. O processo de envelhecimento: as principais alterações que acontecem com o idoso com o passar dos anos. *InterSciencePlace* [Online]. 2012;1(20):106–32. Available from: doi: 10.6020/1679-9844/2007
- Noda DKG, Junior GV, Marchetti P. Surface electromyography in studies on the production of force. *Rev CPAQV - Cent Pesqui Avançadas em Qual Vida* [Online]. 2014;6(3):1–26.
- Ercole FF, Melo LS, Alcoforado CLGC. Revisão integrativa versus revisão sistemática. *Rev Min Enferm* [Online]. 2014;18(1):9–12.
- Souza MT de, Silva MD da, Carvalho R de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein* (São Paulo). 2010;8(1):102–6. Available from: doi: 10.1590/S1679-45082010RW1134
- Bazzucchi I, Felici F, Macaluso A, De Vito G. Differences between young and older women in maximal force, force fluctuations, and surface EMG during isometric knee extension and elbow flexion. *Muscle & Nerve* [Online]. 2004;30(5):626–35. Available from: doi: 10.1002 / mus.20151
- Watanabe K, Kouzaki M, Ogawa M, Akima H, Moritani T. Relationships between muscle strength and multi-channel surface EMG parameters in eighty-eight elderly. *European Review of aging and Physical Activity* [Online]. 2018;15(3). Available from: doi: 10.1186 / s11556-018-0192-z
- Zhou P, Rymer WZ. Factors governing the form of the relation between muscle force and the EMG: a simulation study. *Journal of Neurophysiology* [Online]. 2004;92(5):2878–86. Available from: doi: 10.1152 / jn.00367.2004
- Perry J, Bekey GA. EMG-force relationships in skeletal muscle. *Critical Reviews in Biomedical Engineering* [Online]. 1981;7(1):1–22. Available from: <http://europepmc.org/abstract/MED/7042199>

15. Solomonow M, Baten C, Smit J, Baratta R, Hermens H, D'Ambrosia R, et al. Electromyogram power spectra frequencies associated with motor unit recruitment strategies. *Journal of Applied Physiology* [Online]. 1990;68(3):1177–85. Available from: doi: 10.1152 / jappl.1990.68.3.1177
16. Fukunaga T, Miyatani M, Tachi M, Kouzaki M, Kawakami Y, Kanehisa H. Muscle volume is a major determinant of joint torque in humans. *Acta Physiologica Scandinavica* [Online]. 2001;172(4):249–55. Available from: doi: 10.1046/j.1365-201x.2001.00867.x
17. Merletti R, Farina D, Gazzoni M, Schieroni MP. Effect of age on muscle functions investigated with surface electromyography. *Muscle & Nerve* [Online]. 2002;25(1):65–76. Available from: doi: 10.1002/mus.10014
18. Merletti R, Rainoldi A, Farina D. Surface Electromyography for Noninvasive Characterization of Muscle. *Exercise and Sport Science Reviews* [Online]. 2001;29(1):20-21. Available from: doi: 10.1097/00003677-200101000-00005
19. Power GA, Dalton BH, Behm DG, Vandervoort AA, Doherty TJ, Rice CL. Motor unit number estimates in masters runners: use it or lose it?. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [Online]. 2010;42(9):1644–50. Available from: doi: 10.1249/MSS.0b013e3181d6f9e9
20. Roos MR, Rice CL, Vandervoort AA. Age-related changes in motor unit function. *Muscle & Nerve* [Online]. 1997;20(6):679–90. Available from: doi: 10.1002/(sici)1097-4598(199706)20:6<679::aid-mus4>3.0.co;2-5
21. Watanabe K, Holobar A, Kouzaki M, Ogawa M, Akima H, Moritani T. Age-related changes in motor unit firing pattern of vastus lateralis muscle during low-moderate contraction. *Age (Dordr)* [Online]. 2016;38(3):48. Available from: doi: 10.1007 / s11357-016-9915-0
22. Farina D, Cescon C, Merletti R. Influence of anatomical, physical, and detection-system parameters on surface EMG. *Biological Cybernetics* [Online]. 2002;86(6):445–56. Available from: doi: 10.1007/s00422-002-0309-2
23. Ramsey VK, Miszko TA, Horvat M. Muscle activation and force production in Parkinson's patients during sit to stand transfers. *Clinical Biomechanics* [Online]. 2004;19(4):377–84. Available from: doi: 10.1016/j.clinbiomech.2003.08.004
24. Suetta C, Aagaard P, Magnusson SP, Andersen LL, Sipilä S, Rosted A, et al. Muscle size, neuromuscular activation, and rapid force characteristics in elderly men and women: effects of unilateral long-term disuse due to hip osteoarthritis. *Journal of Applied Physiology* [Online]. 2007;102(3):942–8. Available from: doi: 10.1152/jappphysiol.00067.2006
25. Alkner BA, Tesch PERA, Berg HE. Quadriceps EMG/force relationship in knee extension and leg press. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [Online]. 2000;32(2):459-63. Available from: doi: 10.1097 / 00005768-200002000-00030
26. Macaluso A, Nimmo MA, Foster JE, Cockburn M, McMillan NC, De Vito G. Contractile muscle volume and agonist-antagonist coactivation account for differences in torque between young and older women. *Muscle & Nerve* [Online]. 2002;25(6):858–63. Available from: doi: 10.1002 / mus.10113
27. Alberton CL, Silva EM, Tartaruga MP, Cadore EL, Becker ME, Brentano MA, et al. Análise da reprodutibilidade do sinal eletromiográfico durante ações isométricas e dinâmicas realizadas em diferentes meios. *Revista Brasileira de Biomecânica* [Online]. 2007;8(15):83-87. Available from: <http://citrus.uspnet.usp.br/biomecan/ojs/index.php/rbb/article/view/27>
28. Lima C, Kuckartz B, Correa C, Marsico C, Michel R, Pinto R. Análise eletromiográfica do músculo deltoide em diferentes posições de contração isométrica voluntária máxima. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte* [Online]. 2020;34(2):205-14. Available from: doi: 10.11606/1807-5509202000020205
29. Roy SH. The Use of Electromyography for the Identification of Fatigue in Lower Back Pain. *Motriz* [Online]. 2003;9(1):17–23. Available from: <http://www.rc.unesp.br/ib/efisica/motriz/09n1/Roy.pdf>
30. De Aquino CF. Eletromiografia: interpretação e aplicações nas ciências da reabilitação. *Fisioterapia Brasil* [Online]. 2018;6(4):305-310. Available from: doi: 10.33233/fb.v6i4.2012
31. De Paula Rodrigues AL, Banja TL, Feitosa DR-C, Torres IN. Análise eletromiográfica dos músculos bíceps braquial e latíssimo do dorso

- nos exercícios puxador frontal e remada baixa. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício* [Online]. 2018;12(72):5–12. Available from: <http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/1038>
32. Pion CH, Barbat-Artigas S, St-Jean-Pelletier F, Chevalier S, Gaudreau P, Gouspillou G, et al. Muscle strength and force development in high- and low-functioning elderly men: Influence of muscular and neural factors. *Experimental Gerontology* [Online]. 2017;96:19–28. Available from: doi: 10.1016 / j.exger.2017.05.021
 33. Gault ML, Willems MET. Isometric strength and steadiness adaptations of the knee extensor muscles to level and downhill treadmill walking in older adults. *Biogerontology* [Online]. 2013;14(2):197–208. Available from: doi: 10.1007/s10522-013-9423-x
 34. Morse CI, Thom JM, Mian OS, Muirhead A, Birch KM, Narici M V. Muscle strength, volume and activation following 12-month resistance training in 70-year-old males. *European Journal of Applied Physiology* [Online]. 2005;95(2–3):197–204. Available from: doi: 10.1007/s00421-005-1342-3
 35. Wu R, Delahunt E, Ditroilo M, Lowery M, De Vito G. Effects of age and sex on neuromuscular-mechanical determinants of muscle strength. *Age (Dordr)* [Online]. 2016;38(3):57. Available from: doi: 10.1007 / s11357-016-9921-2
 36. Fujita E, Kanehisa H, Yoshitake Y, Fukunaga T, Nishizono H. Association between knee extensor strength and EMG activities during squat movement. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [Online] 2011;43(12):2328–34. Available from: doi: 10.1249 / MSS.0b013e3182207ed8
 37. Siddiqi A, Arjunan SP, Kumar DK. Age-Associated Changes in the Spectral and Statistical Parameters of Surface Electromyogram of Tibialis Anterior. *Biomed Research International* [Online]. 2016;2016:7159701. Available from: doi: 10.1155 / 2016/7159701
 38. Lamoureux EL, Sparrow WA, Murphy A, Newton RU. Differences in the neuromuscular capacity and lean muscle tissue in old and older community-dwelling adults. *Journals of Gerontology: Medical Science* [Online]. 2001;56(6):M381-5. Available from: doi: 10.1093 / gerona / 56.6.m381
 39. Ema R, Ohki S, Takayama H, Kobayashi Y, Akagi R. Effect of calf-raise training on rapid force production and balance ability in elderly men. *Journal of Applied Physiology* [Online]. 2017;123(2):424–33. Available from: doi: 10.1152 / japplphysiol.00539.2016
 40. Gerstner GR, Thompson BJ, Rosenberg JG, Sobolewski EJ, Scharville MJ, Ryan ED. Neural and Muscular Contributions to the Age-Related Reductions in Rapid Strength. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [Online]. 2017;49(7):1331–9. Available from: doi: 10.1249 / MSS.0000000000001231