

**DESEMPENHO NEUROMUSCULAR DE IDOSOS HOSPITALIZADOS
DURANTE O TESTE FUNCIONAL DE SENTAR E LEVANTAR:
RESULTADOS PRELIMINARES.**

Autora: Joyce Araujo

RESUMO

Análise da função muscular a partir da eletromiografia pode ajudar a elucidar processos de alterações neuromusculares, sobretudo em populações mais vulneráveis. O objetivo foi analisar o desempenho neuromuscular de idosos hospitalizados durante o teste funcional de sentar e levantar e compará-los com não idosos também hospitalizados. Trata-se de um estudo observacional transversal, amostra com 18 participantes, sendo um grupo com participantes idosos e outro não idosos, com 9 em cada grupo. A avaliação foi realizada através do teste físico de sentar levantar de um minuto e durante o teste foi avaliado a atividade elétrica do músculo vasto lateral pela eletromiografia de superfície. O RMS no primeiro movimento foi maior no grupo de idosos e houve menor variação de recrutamento e, na eficiência neuromuscular, apresentaram maior necessidade de recrutamento a cada repetição, porém sem diferença estatística ($p > 0.05$). Idosos tiveram menor frequência mediana no primeiro movimento e maior taxa de fadiga, mas sem diferença estatística ($p > 0.05$). O power index foi maior no grupo não idosos, com diferença estatisticamente significativa ($p < 0.0418$) e efeito (cohen $d > 0.8$). Houve correlação entre o recrutamento de unidades motoras no primeiro movimento e a quantidade de repetições de movimento ($p < 0.0364$) e, entre a eficiência neuromuscular e quantidade de repetições de movimento ($p < 0.0001$). Quanto a correlação do power index com as variáveis eletromiográficas, correlacionaram-se a variação de RMS e a eficiência neuromuscular ($p < 0.0344$). Concluímos que, idosos apresentaram uma tendência a debilidade muscular quando comparado aos não idosos.

Palavras-chave: saúde do idoso; eletromiografia; hospitalização; debilidade muscular; desempenho físico funcional.

**NEUROMUSCULAR PERFORMANCE OF HOSPITALIZED ELDERLY
PEOPLE DURING THE FUNCTIONAL SIT AND STAND TEST:
PRELIMINARY RESULTS.**

ABSTRACT

Analyzing muscle function using electromyography can help elucidate processes of neuromuscular changes, especially in more vulnerable populations. The objective was to analyze the neuromuscular performance of hospitalized elderly people during the functional sit-to-stand test and compare them with non-elderly patients also hospitalized. This is a cross-sectional observational study, a sample with 18 participants, one group with elderly participants and the other with non-elderly participants, with 9 in each group. The evaluation was carried out through the one-minute sit-stand physical test and during the test, the electrical activity of the vastus lateralis muscle was evaluated using surface electromyography. The RMS in the first movement was greater in the elderly group and there was less variation in recruitment and, in neuromuscular efficiency, they presented a greater need for recruitment with each repetition, but without statistical difference ($p > 0.05$). Elderly people had a lower median frequency in the first movement and a higher fatigue rate, but without statistical difference ($p > 0.05$). The power index was higher in the non-elderly group, with a statistically significant difference ($p < 0.0418$) and effect (Cohen $d > 0.8$). There was a correlation between the recruitment of motor units in the first movement and the number of movement repetitions ($p < 0.0364$) and between neuromuscular efficiency and the number of movement repetitions ($p < 0.0001$). Regarding the correlation of the power index with the electromyographic variables, the RMS variation and neuromuscular efficiency were correlated ($p < 0.0344$). We concluded that elderly people showed a tendency to muscle weakness when compared to non-elderly people.

Keywords: Health of the elderly; electromyography; hospitalization; muscle weakness; physical functional performance.

1. INTRODUÇÃO

A internação hospitalar pode incitar o repouso prolongado e a inatividade física, sucedendo em declínio da capacidade funcional e graves perdas musculares, principalmente na população idosa. Cerca de 30 a 55% dos idosos demonstram um declínio nas atividades da vida diária como consequência da hospitalização (GOATES *et al.* 2019; KORTEBEIN *et al.* 2008). Relativo a isto, os resultados clínicos e a recuperação pós-alta podem ser reflexos ocasionados pelas alterações físicas mencionadas, prolongando a internação e induzindo complicações secundárias como trombose venosa profunda, atelectasia, lesões por pressão e até distúrbios de humor (SCHEFOLD *et al.* 2020). A disfunção muscular repercute com um aumento nos custos em saúde e na assistência social, quando comparado aos custos em pacientes hospitalizados com função muscular preservada (PINEDO-VILLANUEVA *et al.* 2019).

Visto que é de grande importância prevenir e tratar o declínio da função muscular em pacientes internados, o diagnóstico precoce torna-se um grande pilar para um tratamento efetivo (SCHEFOLD *et al.* 2020). Instrumentos de avaliação não invasiva são ferramentas importantes para detecção de alterações musculares. A eletromiografia de superfície (EMG) tem sido usada para avaliar a atividade muscular durante o exercício nos últimos sessenta anos (HUG; DOREL, 2009). O desempenho funcional e a tolerância ao exercício podem ser medidos a partir de testes de baixo custo e fácil aplicação no ambiente hospitalar, como o teste de sentar e levantar. A análise eletromiográfica durante o teste de sentar e levantar pode trazer informações sobre o padrão de ativação e propriedades musculares.

Classicamente, as análises de variáveis básicas da EMG são utilizadas para determinar a ativação muscular e grau de fadiga. A análise no domínio do tempo é comumente usada para quantificar o nível de atividade muscular, geralmente pelo valor de *root means square* (RMS), e o domínio da frequência é comumente utilizado para quantificar a fadiga muscular (MCMANUS *et al.*, 2020). Durante um esforço incremental, há um recrutamento sequenciado das unidades motoras das fibras musculares do tipo I e II, de acordo com Hug *et al.*, (2006), havendo aumento da intensidade de ativação (aumento do RMS). Por outro lado, a frequência de disparo das fibras começa a diminuir com o tempo à medida que a fadiga começa a se instalar (HUG *et al.*, 2003).

Analisar a função muscular a partir da eletromiografia pode ajudar a elucidar os processos fisiológicos, sobretudo em populações mais vulneráveis, como idosos e pacientes hospitalizados. Este público apresenta frequentemente patologias do tipo

mialgias e miopatias inflamatórias (HOFMEISTER *et al.*, 2021). Além disto, funções musculares, como por exemplo, a potência muscular, são um forte preditor da função física em adultos mais velhos (PADILLA *et al.*, 2021). Conhecer melhor o funcionamento muscular pode contribuir com melhorias na assistência ao público idoso.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o desempenho neuromuscular de idosos hospitalizados durante o teste funcional de sentar e levantar e compará-los com não idosos também hospitalizados.

2. MÉTODOS

2.1 Desenho do estudo

Trata-se de um estudo observacional com corte transversal, realizado no Hospital Universitário Lauro Wanderley - HULW, entre dezembro de 2022 e outubro de 2023. O presente estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa do hospital sob o parecer número 6.118.487/2023.

2.2 Participantes

Participaram da pesquisa pacientes internados nas enfermarias adulto do HULW, com idade acima de 18 anos, que possuíssem estabilidade hemodinâmica e estado funcional suficiente para realização de um teste de sentar e levantar de 1 minuto. Foram excluídos do estudo pacientes acamados e cadeirantes; indivíduos em isolamento ou em restrição de contato; indivíduos que possuíam patologias cutâneas que impedissem colocação de eletrodos autoadesivos; alterações cognitivas importantes; uso de oxigenoterapia e aqueles que estivessem em alta monitorização e vigilância clínica.

Os indivíduos foram dicotomizados em dois grupos. O grupo 1 foi composto por indivíduos idosos, com idade acima de 60 anos. O grupo 2, denominado grupo controle, foi formado por sujeitos com idade entre 18 e 59 anos. Os grupos foram pareados por sexo, idade e IMC.

2.3 Tamanho da amostra

O tamanho da amostra foi calculado mediante estudo piloto prévio, que foi realizado com um total de 10 participantes. O tamanho da amostra foi calculado baseado

na variável de RMS do primeiro movimento, utilizando uma probabilidade de erro de $\alpha = 0,05$ e poder de 0,80. A análise indicou uma amostra mínima de 74 participantes, dicotomizados em 2 grupos, cada um contendo 37 participantes.

2.4 Avaliações

A coleta foi realizada por profissionais e residentes fisioterapeutas do respectivo hospital. Inicialmente foi realizada uma triagem entre indivíduos internados, para seleção dos participantes. Após a triagem, foram colhidos dados da internação do paciente, dados antropométricos e idade. Na sequência, os voluntários foram bem instruídos quanto a todos os procedimentos e se iniciaram as coletas de dados descritas a seguir.

2.5 Eletromiografia

A análise eletromiográfica aconteceu durante o teste de sentar e levantar de 1 minuto. Para a coleta de dados foi utilizado o equipamento New Miotool USB/Wireless (Miotec, Porto Alegre, Brasil) que funciona associado a uma plataforma de *software Miotec Suite*, na qual expõe os sinais elétricos captados durante os movimentos realizados e também cronometra o tempo. A frequência de amostragem foi ajustada em 1000 Hz, a banda de frequência entre 20-500 Hz e o ganho para 1000 vezes, além disso, o filtro do exame utilizado foi o Butterworth de 40 - 450Hz.

Para realizar o procedimento, o participante esteve sentado em uma cadeira padronizada, com joelhos flexionados. Foi realizado o preparo da pele com assepsia e tricotomia local. Dois eletrodos de superfície autoadesivos bipolares de cloreto de prata (Ag/AgCl) foram utilizados para captação do sinal elétrico muscular, com distância de 20 mm (centro a centro) entre eles. Um outro eletrodo de referência foi posicionado na protuberância óssea da ulna. Os eletrodos foram colocados no membro dominante, sendo posicionados na direção das fibras musculares do vasto lateral (2/3 da distância da espinha ilíaca ântero-superior à face lateral da patela), de acordo com as recomendações internacionais (HERMENS *et al.*, 1999).

A análise dos registros eletromiográficos se deu durante a fase concêntrica de contração muscular (fase de levantar do teste de sentar e levantar). Mediante a captação da atividade elétrica, foi possível determinar o recrutamento de unidades motoras, através dos valores de RMS; variação de RMS do primeiro ao último movimento de sentar e

levantar; eficiência neuromuscular (percentual de variação de RMS a cada repetição de sentar e levantar - %RMS/rep); a frequência mediana do primeiro movimento de sentar e levantar; taxa de fadiga eletromiográfica (variação de frequência mediana ao longo do teste de sentar e levantar).

2.6 Teste de sentar e levantar

O teste de sentar e levantar de 1 minuto consistiu na execução ininterrupta do movimento de sentar e levantar de uma cadeira com encosto e sem apoio dos braços, durante um minuto completo.

Os pacientes foram instruídos previamente sobre a realização do teste, que deveria ser executado de forma mais rápida o possível, de início sentados, sem utilizar apoio dos membros superiores e mantendo os pés firmes no chão. Além disto, orientou-se também a possibilidade de interrupção do teste em casos de intercorrência, fadiga e/ou dispneia excessiva.

Estímulos verbais foram realizados para que os sujeitos atingissem o melhor desempenho. Durante o teste, o pesquisador citou frases de incentivo e informou ao participante sobre o tempo de realização do exame, a fim de incentivar a realização completa do teste. As variáveis funcionais registradas foram a de *power index* (watts), foi calculado utilizando a equação: $P(\text{sentar-levantar}) = (L - 0,4) \times \text{massa corporal} \times g \times 10 / T(\text{sentar-levantar})$, onde 0,4 (m), L (m) e g (m/s^2) representam a altura da cadeira, comprimento das pernas (distância do trocânter maior do fêmur ao maléolo lateral) e aceleração da gravidade ($9,8\text{m/s}^2$), respectivamente (TAKAI *et al*, 2009). Além do número de repetições de movimento.

2.8 Análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. De acordo com a distribuição de normalidade dos dados, os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão ou como mediana e intervalos interquartis. Um teste t não pareado ou teste de Mann-Whitney foi usado para detectar diferenças entre grupo (de acordo com a normalidade dos dados). Um valor de significância estatística de $p < 0,05$ e de tendência à significância $p < 0,10$ foi estabelecido para todas as análises. Para os dados com diferenças significativas, foi calculado o tamanho do efeito. A convenção do tamanho do

efeito foi: pequeno < 0.2, médio < 0.5 e grande > 0.8 (família test-t). Foram utilizados os softwares GraphPad Prism 9.0 e Gpower 3.0.10.

3. RESULTADOS PRELIMINARES

Foram incluídos 9 indivíduos em cada grupo, totalizando 18 participantes. As características dos participantes foram descritas na Tabela 1. A Tabela 2 apresenta a caracterização da amostra em relação ao perfil clínico, mostrando a hipótese diagnóstica por sistema do corpo humano.

Tabela 1 – Caracterização dos participantes.

Variável	Idosos	Não idosos	P valor
Idade (anos)	66,9 ± 5,8	31,7 ± 8,6	< 0,0001
Sexo (M/F)	7/2	7/2	0,9999
Peso (Kg)	69,7 ± 15,3	64,6 ± 11,0	0,4282
Altura (cm)	165 ± 6	165 ± 8	0,8959
Tempo de internação (dias)	11,0 (5,5 a 18,5)	13,0 (6,5 a 18,0)	0,8811

Tabela IARAÚJO; FRAZÃO, 2024. Dados da pesquisa.

Tabela 2 – Perfil clínico (hipótese diagnóstica por sistema).

	Não idosos	Idosos
Neoplasia, n (%)	0	1 (11,11%)
Hepático, n (%)	1 (11,11%)	2 (22,22%)
Autoimune, n (%)	3 (33,33%)	0

Hemático, n (%)	1 (11,11%)	1 (11,11%)
Respiratório, n (%)	1 (11,11%)	1 (11,11%)
Renal, n (%)	2 (22,22%)	2 (22,22%)
Digestório, n (%)	0	1 (11,11%)
Infecioso, n (%)	1 (11,11%)	1 (11,11%)

*Tabela 2*ARAÚJO; FRAZÃO, 2024. *Dados da pesquisa.*

Dados da eletromiografia e do desempenho no teste de sentar e levantar estão descritos na Tabela 3. O recrutamento de unidades motoras - RMS no primeiro movimento foi maior no grupo de idosos e houve menor variação de recrutamento, entretanto não houve diferença estatisticamente significativa. Na análise de eficiência neuromuscular, os idosos apresentaram maior necessidade de recrutamento muscular a cada repetição de movimento, contudo não houve diferença estatística. Os idosos também obtiveram menor frequência mediana no primeiro movimento e maior taxa de fadiga, porém também sem diferença estatística. O *power index* foi maior no grupo não idosos, com diferença estatisticamente significativa e grande tamanho de efeito. O número de repetições foi mais baixo no grupo de idosos, entretanto, sem diferenças estatisticamente significativas.

Tabela 3 - Eletromiografia e desempenho no teste de sentar e levantar.

Variável	Idosos	Não idosos	P valor	Tamanho do Poder efeito
RMS no primeiro movimento	146 ± 71	112 ± 51	0,2684	
Variação de RMS (%)	118 (97 a 133)	123 (111 a 149)	0,3284	
Eficiência neuromuscular (%RMS/rep)	8,2 (4,5 a 12,2)	5,5 (3,9 a 9,1)	0,3401	

Frequência mediana no primeiro movimento (Hz)	113 ± 24	130 ± 42	0,3239		
Taxa de fadiga (%)	15,1 ± 9,6	14,0 ± 16,9	0,8664		
Power index (watts)	65,7 ± 30,1	100,7 ± 36,7	0,0418	1,06	0,69
Número de repetições	17,4 ± 11,2	23,7 ± 7,4	0,1849		

Tabela 3ARAÚJO; FRAZÃO, 2014. Dados da pesquisa.

A Tabela 4 traz os dados de correlação entre as variáveis eletromiográfica e a quantidade de repetições de movimento. Houve correlação entre o recrutamento de unidades motoras no primeiro movimento e a quantidade de repetições de movimento. Houve uma forte correlação entre a eficiência neuromuscular e a quantidade de repetições de movimento. Houve uma tendência de correlação entre a frequência mediana no primeiro movimento e a quantidade de repetições de movimento. As variáveis de RMS no primeiro movimento e taxa de fadiga não mostraram correlação ou relevância estatística.

Tabela 4 - Correlação quantidade de movimentos.

Variável	Valor	P valor
RMS no primeiro movimento	0,30	0,2230
Variação de RMS (%)	0,49	0,0364
Eficiência neuromuscular (%RMS/rep)	-0,79	0,0001
Frequência mediana no primeiro movimento (Hz)	0,43	0,0735
Taxa de fadiga (%)	0,00	0,9966

Tabela 4ARAÚJO; FRAZÃO, 2014. Dados da pesquisa.

A Tabela 5 traz a correlação do *power index* com as variáveis eletromiográficas. Houve correlação com a variação de RMS e a eficiência neuromuscular. Houve ainda uma tendência de correlação com o RMS no primeiro movimento. O *power index* não apresentou correlação ou relevância estatística com a frequência mediana no primeiro movimento e com a taxa de fadiga.

Tabela 5 - Correlação *power index*

Variável	Valor	P valor
RMS no primeiro movimento	0,43	0,0710
Variação de RMS (%)	0,49	0,0388
Eficiência neuromuscular (%RMS/rep)	-0,50	0,0344
Frequência mediana no primeiro movimento (Hz)	0,27	0,2687
Taxa de fadiga (%)	-0,04	0,8748

Tabela 5 SARAÚJO; FRAZÃO, 2014. Dados da pesquisa.

4. DISCUSSÃO

O presente estudo mostrou que os idosos necessitaram de um maior recrutamento de unidades motoras para realizar o teste de sentar e levantar, e também apresentaram maior fadiga, quando comparado ao grupo não idosos, no entanto, devido ao tamanho da amostra, estes valores não foram estatisticamente significativos. O tamanho da amostra não é muito expressivo, pois trata-se de resultados preliminares, porém estes achados iniciais estão em consonância com estudos já publicados, que relacionam a perda de massa muscular ao longo da vida com a redução de neurônios motores (KARA *et al.*, 2021).

Além disto, estudos sugerem que indivíduos saudáveis mais velhos acabam reinervando um número maior de fibras musculares para compensar o declínio do número de neurônios motores (PIASECKI *et al.*, 2018). Semelhante a isto, a eficiência neuromuscular também foi pior no grupo no grupo de idosos, embora sem relevância estatística. Outros autores já mostraram que por volta da quarta década de vida, já é

possível se perceber diminuição da massa e força muscular relacionada à idade (GRANIC *et al.*, 2023).

Estudos recentes analisaram o desempenho do músculo esquelético ao longo do envelhecimento e observaram que além da perda progressiva da massa muscular acontecer naturalmente ao longo da vida, essa perda aumenta substancialmente em períodos de inatividade física, como por exemplo, durante a hospitalização (TIELAND *et al.*, 2018). Adicionalmente, idosos com sarcopenia possuem risco aumentado de hospitalização (ZHANG *et al.*, 2018), bem como uma maior tendência a fadiga durante a internação, caracterizando um sintoma comum em diversas condições clínicas (LATRONICO *et al.*, 2017). Em nosso estudo, a taxa de fadiga também foi maior nos idosos, com menor número de repetições, embora esse dado não tenha revelado uma diferença estatisticamente significativa, evidencia uma tendência a correlação com os dados da literatura comentados.

O power index, que é uma medida de estimativa de potência muscular, foi maior no grupo não idosos, quando comparado com o grupo de idosos. Estudos acerca das mudanças associadas à idade, relataram que a taxa de disparo de unidades motoras tende a diminuir com a idade, como também a desnervação muscular, interferindo diretamente na potência muscular (SIDDIQI, ARJUNAN; KUMAR, 2016; SIDDIQI, ARJUNAN; KUMAR, 2015). Além disso, o número de repetições é um produto da função muscular, e em nosso estudo, os idosos apresentam um menor número de repetições no teste de sentar e levantar de 1 minuto, embora esse dado não tenha revelado significância estatística. O teste realizado remete a uma atividade de vida diária-AVD, e a literatura já relatou que os idosos precisam de maior atividade muscular para realizar suas AVD em comparação com adultos jovens (MARSHALL *et al.*, 2020).

A quantidade de repetições no teste de sentar e levantar teve correlação com a variação de recrutamento de unidades motoras e a eficiência neuromuscular. Consoante com nossos dados, pesquisas anteriores demonstraram que a amplitude eletromiográfica está positivamente relacionada com a força muscular, assim como que idosos do sexo masculino tem maior recrutamento de unidades motoras, sugerindo diferenças no comportamento neuromuscular relacionado ao sexo. (PRADHAN *et al.*, 2020; WATANABE *et al.*, 2018).

Há evidências na literatura de que pacientes com doenças respiratórias têm maior frequência de disparo de unidades motoras a baixas intensidades de esforço. Esta característica estaria relacionada com a gravidade da doença (CASABONA *et al.*, 2021;

BOCCIA *et al*, 2015). 11% de nossa amostra foi composta por indivíduos com doenças respiratórias e houve uma tendência de correção entre a quantidade de movimentos e a frequência mediana no primeiro movimento, o que vai no mesmo sentido de estudos prévios.

A potência muscular, analisada pelo power index, se correlacionou positivamente com a variação de recrutamento de unidades motoras. Esta resposta está dentro do que seria fisiologicamente esperado, ou seja, maior recrutamento de unidades motoras gera maior potência muscular. Interessante observar que também houve uma tendência de correlação da potência muscular com o grau de recrutamento de unidades motoras já no primeiro movimento. Cederbaum, Yoon & Côté, 2023 relataram que o RMS do vasto lateral e do vasto intermédio diminui com a fadiga muscular. Nossos dados são divergentes com esta observação. Houve um aumento de RMS durante as repetições de movimento. Em relação à eficiência neuromuscular, pacientes com maior potência muscular necessitaram de menor variação de recrutamento de unidades por repetição de movimento, o que demonstrou maior eficiência.

5.1 Limitações do estudo

O presente estudo teve uma amostra muito pequena, por se tratar de um estudo com resultados preliminares, o que acabou comprometendo de forma relativa os resultados. Entretanto, embora essa limitação seja relevante, os resultados ainda puderam mostrar informações importantes e pertinentes a respeito da eletromiografia no ambiente hospitalar e na população idosa.

6. CONCLUSÃO

Os idosos apresentaram uma tendência a debilidade muscular quando comparado ao grupo de não idosos, sendo necessário maior recrutamento muscular para fazer o mesmo teste, maior tendência a fadiga, menor eficiência neuromuscular e um menor número de repetições de movimento, entretanto, devido ao pequeno tamanho da amostra, tais resultados não foram estatisticamente significativos. O desempenho neuromuscular se correlacionou com os marcadores funcionais de potência e número de repetições.

7. REFERÊNCIAS

1. BOCCIA, G., DARDANELLO, D., RINALDO N., CORATELLA, G., SCHENA F., RAINOLDI, A. Electromyographic Manifestations of Fatigue Correlate With Pulmonary Function, 6-Minute Walk Test, and Time to Exhaustion in COPD. *Respiratory Care Sep.* Vol.60 (9), p:1295-1302. 2015. <https://doi.org/10.4187/respcare.04138>.
2. CASABONA, A., VALLE, M. S., LAUDANI, L., CRIMI, C., RUSSO, C., MALAGUARNERA, L., CRIMI, N., & CIONI, M. Is the Power Spectrum of Electromyography Signal a Feasible Tool to Estimate Muscle Fiber Composition in Patients with COPD?. *Journal of clinical medicine*, Vol.10(17), p:3815. 2021. <https://doi.org/10.3390/jcm10173815>.
3. CEDERBAUM, L. A., YOON, S., & CÔTÉ, J. N. Males and females have similar neuromuscular coordination strategies of the quadriceps during fatiguing repeated all-out cycling. *Frontiers in sports and active living*, Vol.5, p:1248303. 2023. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1248303>.
4. GOATES S, DU K, ARENSBERG MB, GAILLARD T, GURALNIK J, PEREIRA SL. Economic Impact of Hospitalizations in US Adults with Sarcopenia. *J Frailty Aging*. Vol. 8(2). p: 93-99. 2019. doi: 10.14283/jfa.2019.10. PMID: 30997923.
5. GRANIC, A., SUETTERLIN, K., SHAVLAKADZE, T., GROUNDS, MD, & SAYER, AA. Marcas do envelhecimento no músculo esquelético humano e implicações para a compreensão da fisiopatologia da sarcopenia em mulheres e homens. *Ciência clínica (Londres, Inglaterra: 1979)*, Vol.137 (22), p: 1721–1751. 2023. <https://doi.org/10.1042/CS20230319>.
6. HERMENS, H.J., FRERIKS, B., MERLETTI, R., STEGEMAN, D., BLOK, J., RAU, G., DISSELHORST-KLUG, C., HÄGG, G. European Recommendations for Surface ElectroMyoGraphy. *Roessingh Res. Dev.* 8–11. 1999. [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(00\)00027-4](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00027-4).
7. HOFMEISTER, F., BABER, L., FERRARI, U., HINTZE, S., JARMUSCH, S., KRAUSE, S., MEINKE, P., MEHAFFEY, S., NEUERBURG, C., TANGENELLI, F., SCHOSER, B., & DREY, M. Late-onset neuromuscular disorders in the differential diagnosis of sarcopenia. *BMC neurology*, Vol. 21(1). 2021. <https://doi.org/10.1186/s12883-021-02264-y>.

8. HUG, F., DOREL, S. Electromyographic analysis of pedaling: A review. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 19, 182–198. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.10.010>.
9. HUG, F., FAUCHER, M., KIPSON, N., JAMMES, Y. EMG signs of neuromuscular fatigue related to the ventilatory threshold during cycling exercise. *Clin Physiol Funct Imaging* 23, 208–214. 2003. <https://doi.org/10.1046/J.1475-097X.2003.00497.X>.
10. HUG, F., LAPLAUD, D., LUCIA, A., GRELOT, L. EMG threshold determination in eight lower limb muscles during cycling exercise: a pilot study. *Int. J. Sports Med.* 27, 456–62. 2006. <https://doi.org/10.1055/s-2005-865787>.
11. KARA, M., KAYMAK, B., FRONTERA, W., ATA, A. M., RICCI, V., EKIZ, T., CHANG, K. V., HAN, D. S., MICHAEL, X., QUITTAN, M., LIM, J. Y., BEAN, J. F., FRANCHIGNONI, F., & ÖZÇAKAR, L. Diagnosing sarcopenia: Functional perspectives and a new algorithm from the ISarcoPRM. *Journal of rehabilitation medicine*, Vol. 53(6). 2021. <https://doi.org/10.2340/16501977-2851>.
12. KORTEBEIN, T. P. B. SYMONS., A. FERRANDO., D. PADDON-JONES., O. RONSEN., E. PROTAS., S. CONGER., J. LOMBEIDA., R. WOLFE., W. J. EVANS. Functional Impact of 10 Days of Bed Rest in Healthy Older Adults, *The Journals of Gerontology: Series A*, Vol. 63. p: 1076–1081. 2008. <https://doi.org/10.1093/gerona/63.10.1076>.
13. LATRONICO N, GOSSELINK R. Abordagem dirigida para o diagnóstico de fraqueza muscular grave na unidade de terapia intensiva. *Rev Bras Ter Intensiva.* Vol. 27(3). p: 199–201. 2015. <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20150036>.
14. LATRONICO, N., HERRIDGE, M., HOPKINS, R.O. The ICM research agenda on intensive care unit-acquired weakness. *Intensive Care Med*, Vol.43, p:1270–1281. 2017. <https://doi.org/10.1007/s00134-017-4757-5>.
15. MARSHALL, R. N., MORGAN, P. T., MARTINEZ-VALDES, E., & BREEN, L. Quadriceps muscle electromyography activity during physical activities and resistance exercise modes in younger and older adults. *Experimental gerontology*, Vol. 136. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.110965>.
16. MCMANUS, L., VITO, G. DE, LOWERY, M.M. Analysis and biophysics of surface emg for physiotherapists and kinesiologists : toward a common language

- with rehabilitation engineers. *Front Neurol* 11, p:1–25. 2020. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.576729>.
17. PADILLA, C. J., HARRIGAN, M. E., HARRIS, H., SCHWAB, J. M., RUTKOVE, S. B., RICH, M. M., CLARK, B. C., & ARNOLD, W. D. Profiling age-related muscle weakness and wasting: neuromuscular junction transmission as a driver of age-related physical decline. *GeroScience*, Vol. 43(3), p:1265–1281. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11357-021-00369-3>.
 18. PIASECKI, M., IRELAND, A., PIASECKI, J., STASHUK, D. W., SWIECICKA, A., RUTTER, M. K., JONES, D. A., & MCPHEE, J. S. Failure to expand the motor unit size to compensate for declining motor unit numbers distinguishes sarcopenic from non-sarcopenic older men. *The Journal of physiology*, 596(9), p: 1627–1637. 2018. <https://doi.org/10.1113/JP275520>.
 19. PINEDO-VILLANUEVA R, L, D., WESTBURY H. E., SYDDALL., M. T. SANCHEZ-SANTOS., DENNISON E. M., ROBINSON S. M., COOPER C. Health Care Costs Associated With Muscle Weakness: A UK Population-Based Estimate. *Calcified Tissue International*. Vol 104(2), p: 137-144. 2019. <https://doi.org/10.1007/s00223-018-0478-1104>.
 20. PRADHAN, A., MALAGON, G., LAGACY, R., CHESTER, V., & KURUGANTI, U. Effect of age and sex on strength and spatial electromyography during knee extension. *Journal of physiological anthropology*, Vol. 39(1). 2020. <https://doi.org/10.1186/s40101-020-00219-9>.
 21. SCHEFOLD J. C., WOLLERSHEIM T., GRUNOW J. J., LUEDI M. M., Z'GRAGGEN W. J., WEBER-CARSTENS S. Muscular weakness and muscle wasting in the critically ill, *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, Vol. 11, p:1399–1412. 2020. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12620>.
 22. SIDDIQI A, KUMAR D, ARJUNAN S. Age-related motor unit remodeling in the Tibialis Anterior. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. p:6090-3. 2015. doi: 10.1109/EMBC.2015.7319781.
 23. SIDDIQI, A., ARJUNAN, S. P., & KUMAR, D. K. Age-Associated Changes in the Spectral and Statistical Parameters of Surface Electromyogram of Tibialis Anterior. *BioMed research international*, Vol. 7159701. 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/7159701>.
 24. TAKAI Y, OHTA M, AKAGI R, KANEHISA H, KAWAKAMI Y, FUKUNAGA T. Sit-to-stand test to evaluate knee extensor muscle size and

- strength in the elderly: a novel approach. *J Physiol Anthropol*. Vol. 28(3), p. 123-8. 2009. doi: 10.2114/jpa2.28.123.
25. TIELAND, M., TROUWBORST, I., & CLARK, B. C. Skeletal muscle performance and ageing. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, Vol. 9(1), p: 3–19. 2018. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12238>.
26. WANG, Z., YAN, J., MENG, S., JIAJIA, L., YU, Y., ZHANG T., TSANG C. R., EL-ANSARY., HAN, J., JONES Y. A. Reliability and validity of sit-to-stand test protocols in patients with coronary artery disease. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. Vol. 9. 2022. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.841453>.
27. 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:official journal of the European Group for Research into Elderly and Physical Activity*, Vol.15. 2018. <https://doi.org/10.1186/s11556-018-0192-z>.
28. ZHANG, X., ZHANG, W., WANG, C., TAO, W., DOU, Q., & YANG, Y. Sarcopenia as a predictor of hospitalization among older people: a systematic review and meta-analysis. *BMC geriatrics*, Vol. 18(1), p: 188. 2018. <https://doi.org/10.1186/s12877-018-0878-0>.