

Desenvolvimento e validação do LUD Dinamômetro para medição da força de preensão palmar

Development and validation of the LUD Dynamometer for measuring handgrip strength

Desarrollo y validación del dinamómetro LUD para medir la fuerza de presión manual



Mariana da Palma Valério¹  

Geraldo Canuto¹  

Silvia Regina Matos da Silva Boschi¹  

Silvia Cristina Martini¹  

Terigi Augusto Scardovelli¹  

Alessandro Pereira da Silva¹  

Tipo de Publicação: Artigo Completo

Área do Conhecimento: Área Exatas e Tecnologias

¹ Laboratório de Ambientes Virtuais e Tecnologia Assistiva (LAVITA), Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, SP, Brasil.

RESUMO

Objetivo: Desenvolver um dinamômetro eletrônico, com peso, sensibilidade e confiabilidade adequada para quantificar a força em indivíduos com mobilidade e força reduzida, sem gerar desconforto durante o procedimento de avaliação. **Métodos:** O dinamômetro utilizará um bulbo de borracha como transdutor da força de preensão palmar em pressão, um sensor de pressão e um microcontrolador para converter o sinal elétrico em unidade de força. A informação da força indicada no display será comparada com a força aplicada por uma máquina de ensaio. **Resultados:** O teste de confiabilidade e precisão apresentou resultados que podem ser considerados adequados: erro médio encontrado foi de -0,13kgf ou -0,66 % do fundo de escala (FE), incerteza de $\pm 0,14$ N ou 0,7 % (FE), repetibilidade igual $\pm 0,04$ kgf ou 0,2 % (FE) e ICC de 0,9969. **Conclusão:** Comparando os resultados obtidos com os disponíveis envolvendo o padrão Ouro, apontam para o desenvolvimento de um protótipo leve, com precisão e confiabilidade adequada. As características encontradas no dispositivo desenvolvido nesta pesquisa poderão contribuir com o processo de diagnóstico e na qualidade do tratamento de lesões de membros superiores.

Palavras-chave: Preensão palmar, Dinamômetro, Força de preensão máxima.

ABSTRACT

Objective: Develop an electronic dynamometer, with adequate weight, sensitivity and reliability to quantify strength in individuals with reduced mobility and strength, without generating discomfort during the assessment procedure. **Methods:** The dynamometer will use a rubber bulb as a transducer of handgrip force into pressure, a pressure sensor and a microcontroller to convert the electrical signal into a unit of force. The force information indicated on the display will be compared with the force applied by a testing machine. **Results:** The reliability and precision test presented results that can be considered adequate: average error found was -0.13kgf or -0.66% of full scale (FE), uncertainty of ± 0.14 N or 0.7% (FE), repeatability equal to ± 0.04 kgf or 0.2% (FE) and ICC of 0.9969. **Conclusion:** Comparing the results obtained with those available involving the gold standard, they point to the development of a lightweight prototype, with adequate precision and reliability. The characteristics found in the device developed in this research may contribute to the diagnosis process and the quality of treatment of upper limb injuries.

Keywords: Palm grip, Dynamometer, Maximum grip strength.

RESUMEN

Objetivo: Desarrollar un dinamómetro electrónico, con peso, sensibilidad y confiabilidad adecuados para cuantificar la fuerza en individuos con movilidad y fuerza reducida, sin generar molestias durante el procedimiento de evaluación. **Métodos:** El dinamómetro utilizará una pera de goma como transductor de la fuerza de agarre en presión, un sensor de presión y un microcontrolador para convertir la señal eléctrica en una unidad de fuerza. La información de fuerza indicada en la pantalla se comparará con la fuerza aplicada por una máquina de prueba. **Resultados:** La prueba de confiabilidad y precisión presentó resultados que pueden considerarse adecuados: error promedio encontrado fue -0.13kgf o -0.66% del fondo de escala (FE), incertidumbre de ± 0.14 N o 0.7% (FE), repetibilidad igual a ± 0.04 kgf o 0,2% (FE) y ICC de 0,9969. **Conclusión:** Comparando los resultados obtenidos con los disponibles con el estándar Gold, apuntan al desarrollo de un prototipo ligero, con precisión y fiabilidad adecuadas. Las características encontradas en el dispositivo desarrollado en esta investigación pueden contribuir al proceso de diagnóstico y la calidad del tratamiento de las lesiones del miembro superior.

Palabras clave: Agarre en la palma, Dinamómetro, Fuerza máxima de agarre.

1. INTRODUÇÃO

A mão possui alta complexidade e atua como órgão sensorial, realizando conexão do cérebro com o ambiente externo, combinando força e destreza ¹. A mão também apresenta características importantes, entre elas força e os movimentos de precisão ². A resistência física compreende a capacidade de agir por longo tempo sem cansaço ³. Os movimentos de precisão podem ser definidos com movimentos dígitos manuais onde se utiliza a motricidade nas mais diversas profissões e áreas de atuações ³.

Um dos principais efeitos do comprometimento da mão é a dor durante o movimento e a perda de força ⁴, o que dificulta a realização de atividades da vida diária ⁴. Assim, instrumentos que auxiliam na detecção e reabilitação dos movimentos da mão, se tornam muito importantes ⁵. Nesse sentido, estudos indicam que o uso de tecnologias pode permitir melhorar o planejamento de reabilitação do paciente, contribuindo no processo de busca no aumento da qualidade de vida e das condições de saúde do paciente ^{6,7,8}.

A utilização de instrumentos dedicados à avaliação dos movimentos da mão, possibilita maior confiabilidade no diagnóstico e monitoramento de pacientes e pode ser aplicado por diversos profissionais, tanto na área clínica como na de pesquisa ⁹.

Entretanto, estudos descrevem problemas relacionados aos dinamômetros que utilizam o aperto de duas barras paralelas como elemento sensor de correlação da força de preensão palmar, entre eles o considerado padrão ouro ^{4,10}.

Problemas descritos são, a utilização da medição da força de potência na aplicação da preensão em gancho, sem a inclusão do dedo polegar, preensão pouco utilizada nas atividades diárias e em tarefas profissionais ^{4,10}, sensibilidade dos instrumentos normalmente utilizados não são capazes de detectar uma pequena evolução no quadro do paciente ^{11,12,13}, a rigidez das alças provoca desconforto durante a realização da medição, principalmente em mão com algum tipo de queixa de dor ou deformidade ¹⁴.

Outra característica a ser ressaltada neste tipo de dinamômetro é que em algumas doenças, tais como artrite reumatoide e distrofia muscular de *Duchenne*, o paciente apresenta dificuldade para realizar a medição da força de preensão palmar, mesmo utilizando as duas mãos ¹⁴.

Portanto, o objetivo deste estudo foi desenvolver e validar um dinamômetro eletrônico para medição da força de preensão palmar cilíndrica, com condições anatômicas, peso, precisão e confiabilidade adequada para aplicação em indivíduos com mobilidade reduzida ou com capacidade de gerar baixos níveis de força, sem gerar estresse nas articulações das mãos e desconforto durante o procedimento de avaliação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

No desenvolvimento do dinamômetro (LAVITA UMC Dynamometer - LUD), foi utilizado um bulbo de borracha para dimensionar a força de preensão palmar, também foi utilizado um conduto de borracha para transmitir a força aplicada convertida em pressão até o sensor. Do sensor é feita a transdução e digitalização do sinal, em seguida é feito o processamento do final e apresentada as informações no display do dinamômetro e pelo software IHM desenvolvido em linguagem Python.

O sensor de pressão utilizado é um transdutor piezo resistivo de silício monolítico, que realiza a medição da pressão absoluta. Para identificar apenas a pressão correspondente à força aplicada no instrumento, ao realizar a leitura da pressão atmosférica e acionar o botão “Zerar”, o LUD armazena o valor correspondente e o subtrai durante a realização da leitura de força.

Um microcontrolador (ATMEL Atmega 2560), com conversor digital analógico de 10 bits recebe o sinal analógico de 0 a 5V e converte a informação em unidade de força, um display de cristal líquido, com 16 colunas e duas vias mostra os dados obtidos em unidade de força (kgf).

Para validação do sistema foi aplicado uma força no dinamômetro através uma máquina universal de ensaio de compressão, equipamento DL-200 MF fabricante EMIC, que possui um programa que permite a automação do ensaio. Para garantir o melhor posicionamento do elemento sensor à máquina, no início de cada medição foi aplicado uma carga de 0,1 kgf e visando garantir uma distribuição uniforme da força aplicada pela máquina sobre o bulbo de borracha, foi utilizado uma placa retangular sobre o sensor com dimensões 8x15cm.

A primeira etapa, ensaio de compressão, tinha como objetivo verificar a condição de estanqueidade de todo o sistema, a máquina de ensaio aplica uma força de compressão de 5 kgf por 30 segundos, tempo para identificar se ocorre uma queda no valor indicado no display do LUD.

A segunda etapa visa obter a função de transferência do sensor, equação que correlaciona à força aplicada pela máquina de ensaio e o sinal elétrico gerado pelo sensor de pressão. O teste para obter a função de transferência foi automatizado para garantir a padronização e reprodução dos procedimentos de medição. Uma força conhecida na faixa de 0 a 19 kgf em ordem crescente foi aplicada pela máquina de ensaio. Cinco ciclos medições foram realizados em 06 pontos da escala, em cada ponto a máquina permaneceu parada por 30 segundos.

Ao término do tempo o equipamento emitiu um sinal sonoro autorizando a leitura num período de 20 segundos para garantir um tempo adequado para o processo de registro da informação. Os dados foram inseridos em uma planilha eletrônica e a função de transferência foi obtida através do método de regressão linear.

Na terceira etapa o programa utilizou a função de transferência para calibrar o LUD, desse modo o sinal elétrico foi convertido pelo microcontrolador com mais precisão. O processo de calibração estática do dinamômetro também utilizou a máquina de ensaio aplicando a força em ordem crescente na faixa de 0 a 19 kgf, dividido em 06 pontos, realizando 03 ciclos de medições. Nesta etapa foi comparada a força aplicada pela máquina de ensaio com os valores de força indicada no display do dinamômetro LUD, o registro das medições forneceu informações sobre a precisão e o erro médio do sistema de medição que compõem o LUD.

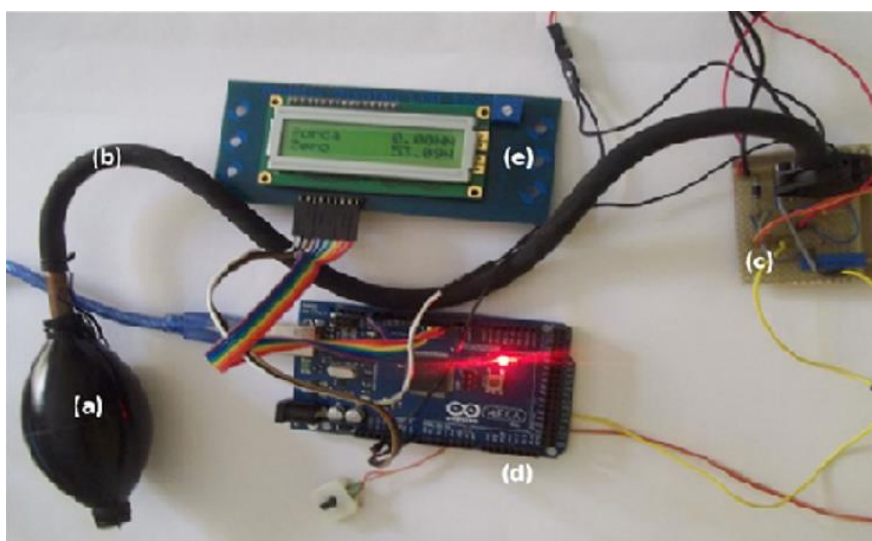
Na quarta etapa o programa do LUD foi ajustado com as informações obtidas no processo de calibração, novamente a máquina aplicou a força em ordem crescente na faixa de 0 a 19 kgf, dividido em 06 pontos, realizando 03 ciclos de medições etapa, as medições foram utilizadas para fornecer as informações finais sobre a precisão, exatidão e confiabilidade do dinamômetro LUD.

Para análise estatística do resultado, foi calculado o erro médio para definição da exatidão e o desvio padrão para definição da precisão do sistema de medição. Para validação da confiabilidade das medições, utilizou-se a correlação de Pearson e o coeficiente de correlação intraclasse (ICC) com grau de confiabilidade de 95%

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No desenvolvimento do dinamômetro LUD foi aplicado um bulbo de borracha leve (figura 1a) para realizar a medição da força de prensão palmar que proporciona sensação de conforto durante o procedimento de medição da força. Também foi utilizado um conduto de borracha (figura 1b) responsável por transmitir a força aplicada convertida em pressão até o sensor, diferente dos sensores de bulbo convencionais que convertem a força em pressão pneumática. Para tornar o LUD mais leve foi implementado uma selagem líquida que substitui o ar por uma selagem hidráulica, isso tornou o LUD leve como os dinamômetros de bulbos pneumáticos e preciso como os hidráulicos (Jamar®). O sistema foi controlado por um Arduino Mega (figura 1d), também foi desenvolvido um sistema para captar os valores do sensor (figura 1c) e por fim implementado um display ilustrando os resultados (figura 1e).

FIGURA 1. Dinamômetro LUD (LAVITA UMC Dynamometer). (a) Bulbo de borracha (b) Condutor (c) Sistema sensorizado (d) Arduino Mega (e) Display.

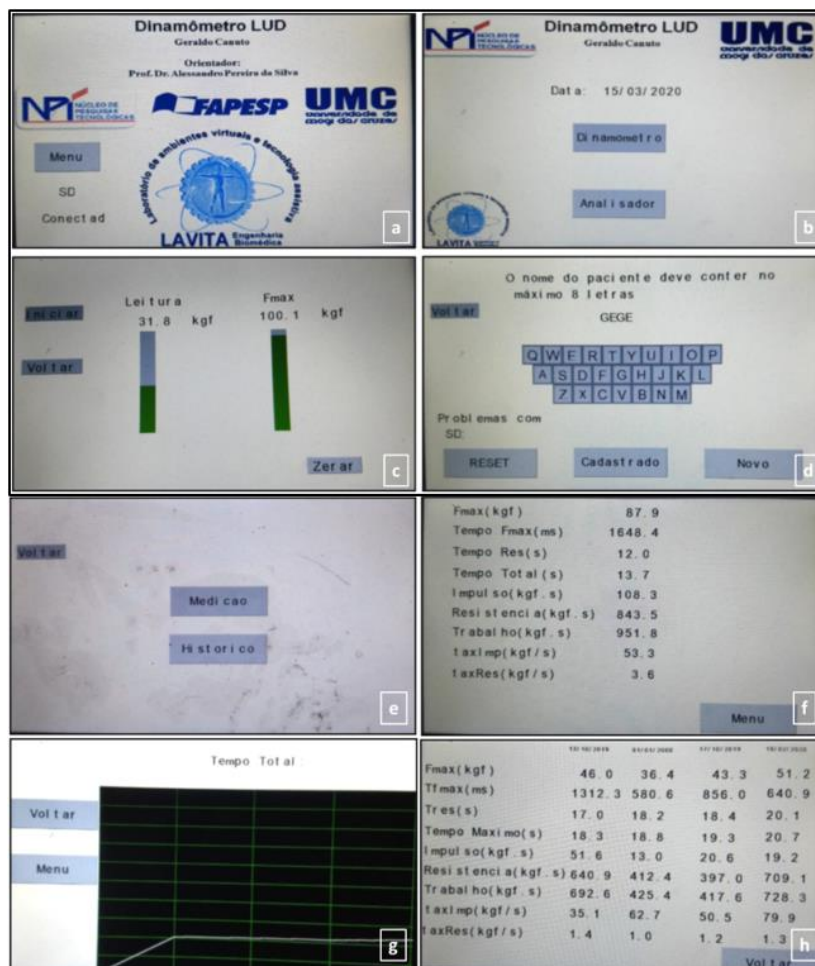


Fonte: Valério et al. (2023)

A literatura considera que instrumentos que utilizam um bulbo de borracha como sensor de força um equipamento adequado para aplicação em indivíduos com mobilidade reduzida ou com capacidade de gerar baixos níveis de força, sem gerar estresse nas articulações das mãos e desconforto durante o procedimento de avaliação^{15,16}. Uma vez que o LUD utiliza como sensor de força um bulbo de borracha, também pode ser considerado adequado para realizar a medição da força de prensão palmar neste tipo de indivíduo. Sem a rigidez das barras o paciente poderá aplicar a força com uma intensidade mais verdadeira e sem a ocorrência de dor durante o processo de avaliação^{17,18,19,20}.

As características apresentadas pelo LUD tais como baixo peso, melhor acomodação na mão, e um formato anatômico que possibilite a análise de mais movimentos de preensão e pinça no mesmo instrumento, indica que poderá colaborar no levantamento de informações importantes para relacionar o resultado da capacidade funcional e evolução clínica do paciente com baixa mobilidade. Como o microcontrolador disponibiliza uma porta serial, apenas utilizando recursos de programação será possível proporcionar uma comunicação com interfaces lúdicas tornando-o LUD mais atrativo na aplicação clínica ^{21,22}. Por isso foi desenvolvido um software IHM em linguagem Python para ilustrar os resultados e registrar dados de futuros usuários, ilustrado na figura 2.

FIGURA 2. Software IHM. (a) Tela Inicial (b) Seleção da função do dinamômetro (c) Leitura do dinamômetro (d) Cadastro ou pesquisa do usuário (e) Seleção entre medição ou histórico (f) Parâmetros na forma de tabela (g) Comportamento da força (h) Consulta do histórico.



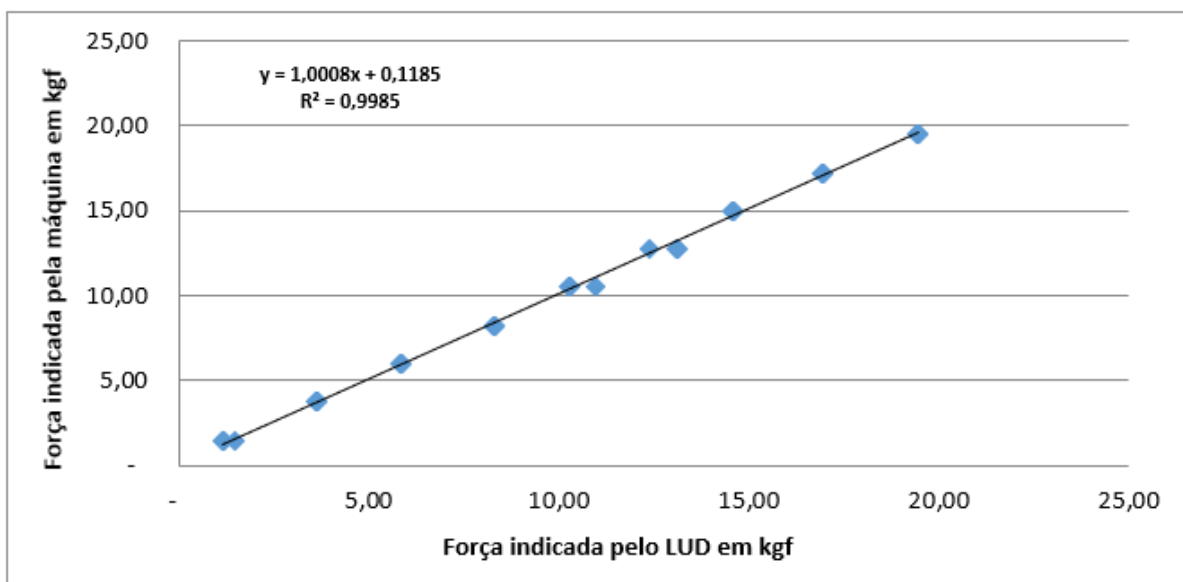
Fonte: Valério et al. (2023)

Nesse software é apresentado a tela inicial (figura 2a) com os financiadores do projeto, em seguida, na próxima tela as opções para selecionar a função do dinamômetro (figura 2b), logo após, inicia a tela de leitura e coleta de dados do dinamômetro (figura 2c). Depois é apresentado a tela de cadastro ou seleção do usuário (figura 2d), em seguida, é possível visualizar a medição realizada ou histórico de medições (figura

2e), por fim são ilustrados os resultados em uma tabela de parâmetros (figura 2f), comportamento da força (figura 2g) e consulta do histórico (figura 2h).

No processo de construção da função de transferência foram realizadas 30 (trinta) medições na faixa de força de 0 a 19 kgf. A função polinomial apresentou um coeficiente de correlação igual a $R^2 = 0,9999$, sendo a função escolhida para ser configurada no programa do microcontrolador para converter o sinal gerado pelo sensor em unidade de força. Portanto o gráfico 1 ilustra as indicações do LUD apresentando uma correlação muito forte, coeficiente de correlação igual a $R^2 = 0,9985$ e a possibilidade de ajuste da sensibilidade da curva utilizando um fator igual a 0,0008, e uma correção de zero igual a +0,1185.

GRÁFICO 1. Curva de calibração do dinamômetro LUD.



Fonte: Valério et al. (2023)

A Tabela 1 apresenta o resultado obtido da força aplicada pela máquina de ensaio com a força indicada no display do dinamômetro LUD, permitindo definir a precisão e confiabilidade do instrumento.

TABELA 1. Dados sobre a confiabilidade e precisão do protótipo no processo de calibração.

Análise de erros para calibração			
			FE*
ES*	- 0,13	kgf	-0,66 %
DP*	0,02	kgf	0,10 %
Re* (95%): = $\bar{x} \pm t \times DP$	0,04	kgf	0,20 %
Incerteza do SM* = $ES \pm Re/\sqrt{n}$	- 0,14	kgf	0,70 %

* ES: Erro Sistemático; DP: Desvio Padrão; Re: Repetibilidade; FE: Fundo de escala; SM: Sistema de medição.

O dinamômetro LUD desenvolvido no presente estudo apresentou um erro médio de -0,13kgf ou -0,66 % do fundo de escala (FE), uma incerteza de $\pm 0,14$ N ou 0,70 % FE, uma repetibilidade 0,04 kgf ou 0,20 % (FE), comparando os resultados de exatidão e precisão disponíveis na literatura, pode-se considerar que o LUD se mostrou preciso para mensuração da força aplicada no sensor ²³.

Autores que também estudaram a confiabilidade entre instrumentos, utilizam o coeficiente intraclasse (ICC) para validar a confiabilidade e reprodutibilidade das informações, encontramos na literatura os seguintes valores de ICC de 0,84 a 0,93 ²⁴, ICC de 0,95 ²⁵, ICC de 0,95 a 0,98 ²⁶, ICC de 0,8 a 0,9 ²⁷. Para obter o ICC do LUD, utilizamos os valores apresentados pelo instrumento e a força aplicada pela máquina de ensaio, o ICC encontrado foi de 0,9969, valor semelhante aos encontrados nos estudos, o que corrobora com a afirmação que o LUD pode ser considerado um equipamento confiável.

Assim as características obtidas no dinamômetro LUD, embasado em estudos já desenvolvidos, indicam a possibilidade que a sua utilização permitirá contribuir na área da saúde com a avaliação da condição e condutas de tratamento em pacientes com mobilidade reduzida de forma precisa e confiável, também abrirá a possibilidade de avaliar os movimentos de preensão e pinça em um mesmo instrumento.

4. CONCLUSÃO

Os dados do processo de caracterização e de calibração do protótipo apresentam uma exatidão e precisão compatível com os resultados divulgados em literatura, utilizando um bulbo de borracha leve e com formato anatômico que poderá gerar conforto durante a realização de avaliações. A configuração atual possibilitará desenvolver melhorias importantes com a característica de baixo investimento, fatores que poderão motivar a sua aplicação, contribuindo com o processo de diagnóstico e na qualidade de tratamento dos pacientes com baixa mobilidade.

AGRADECIMENTOS E FINANCIAMENTO

Agradecimento a Universidade de Mogi das Cruzes (UMC) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo suporte financeiro. Esta pesquisa recebeu apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (The São Paulo Research Foundation #2017/16292-1).

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflitos de interesse. Eles são os únicos responsáveis pelo conteúdo e pela redação do artigo.

REFERÊNCIAS

1. Carvalho, M. S. Participação de receptores serotoninérgicos e noradrenérgicos espinais no efeito antinociceptivo da corrente interferencial em modelo animal de inflamação articular. *Ri. ufs.br.* 2019; <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/12600>.
2. Liu, Y., Jiang, L., Liu, H., & Ming, D. A Systematic Analysis of Hand Movement Functionality: Qualitative Classification and Quantitative Investigation of Hand Grasp Behavior. *Frontiers in Neurobotics.* 2021 June;15, <https://doi.org/10.3389/fnbot.2021.658075>.
3. Mohan, A., Tharion, G., Kumar, R., & Devasahayam, S. R. An Instrumented Object for Hand Exercise and Assessment Using a Pneumatic Pressure Sensor. *Review of Scientific Instruments.* 2018 May;89(5), <https://doi.org/10.1063/1.5020348>.
4. Irie, K., Yokota, J., Takeda, M., Mukaiyama, K., & Nishida, Y. Comparison of Forearm Muscle Activation and Relationship with Pressure Distribution in Various Grip Patterns. *Asian Journal of Occupational Therapy.* 2022;18(1), 31–37, <https://doi.org/10.11596/asiajot.18.31>.
5. Bhuanantanondh, P., Nanta, P., & Mekhora, K. Determining sincerity of effort based on grip strength test in three wrist positions. *Safety and health at work.* 2018;9(1), 59-62.
6. Li Hi Shing, S., Lope, J., Chipika, R., Hardiman, O., & Bede, P. Extra-Motor Manifestations in Post-Polio Syndrome (PPS): Fatigue, Cognitive Symptoms and Radiological Features. *Neurological Sciences.* 2021 Feb;42(11), 4569–4581, <https://doi.org/10.1007/s10072-021-05130-4>.
7. McGillivray, M., Haldane, C., Doherty, C., & Berger, M. Evaluation of Muscle Strength Following Peripheral Nerve Surgery: A Scoping Review. *PM&R.* 2021 May;14(3), 383–394, <https://doi.org/10.1002/pmrj.12586>.
8. Halim, I., Umar, R., Mohamed, M., Ahmad, N., & Padmanathan, V. The Influence of Hand Tool Design on Hand Grip Strength: A Review. *International Journal of Integrated Engineering.* 2019 Sept;11(6), 53–69, publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/ijie/article/view/3802.
9. Luo, K., Huang, B., Ma, Y., Chen, W., & Lai, Z. A Web Service and Embedded System Based Hand Dynamometer for Grip Strength Assessment. *IEEE.* 2019 Nov; 4062-4066, <https://doi.org/10.1109/cac48633.2019.8997021>.
10. Radwan, N., Ibrahim, M., & Mahmoud, W. Evaluating Hand Performance and Strength in Children with High Rates of Smartphone Usage: An Observational Study. *Journal of Physical Therapy Science.* 2020 Jan;32(1)2020, 65–71, <https://doi.org/10.1589/jpts.32.65>.
11. Benfica, P., Aguiar, L., Brito, S., & Bernardino, L. Reference Values for Muscle Strength: A Systematic Review with a Descriptive Meta-Analysis. *Brazilian Journal of Physical Therapy.* 2018;22(5), 355–369, www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6157470/, <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.02.006>.
12. Reeve, T. E., Ur, R., Craven, T., Kaan, J., & Goldman, M. Grip Strength Measurement for Frailty Assessment in Patients with Vascular Disease and Associations with Comorbidity, Cardiac Risk, and Sarcopenia. *Journal of Vascular Surgery.* 2018 May;67(5), 1512–1520, <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2017.08.078>.
13. Cantero-Téllez, R., Naughton, N., Algar, L., & Valdes, K. Outcome Measurement of Hand Function Following Mirror Therapy for Stroke Rehabilitation: A Systematic Review. *Journal of Hand Therapy.* 2019 Apr;32(2), 277-291.e1, <https://doi.org/10.1016/j.jht.2018.01.009>.
14. Patanè, M., Carmisciano, L., Hysa, E., & Gotelli, E. Engineered Glove to Evaluate Hand Disability in Rheumatoid Arthritis: A Pilot-Study. *Joint Bone Spine.* 2022 Jan;89(1), 105272, <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2021.105272>.

15. Mahadi, M., Bani, N. A., Nazmi, N., Usman, S., Rahman, S. A., & Noor, N. M. Effect of body postures on gripping force classification using a multimodal system of Electromyography and Handgrip strength measurement. 4th International Conference on Smart Sensors and Application (ICSSA). 2022; 138-143, doi: 10.1109/ICSSA54161.2022.9870956.
16. Dantas, A., Marchette, C., Collaço, L., Adachi, F., & Roman, A. Disfunção da mão em esclerodermia. Revista Médica Do Paraná. 2022 June;79(2), 1621–1621, <https://doi.org/10.55684/79.2.1621>.
17. Beaudart, C., Rolland, Y., Cruz-Jentoft, A.J. Assessment of Muscle Function and Physical Performance in Daily Clinical Practice. Calcif Tissue Int 105. 2019; 1–14, <https://doi.org/10.1007/s00223-019-00545-w>.
18. Ringold, S., Nigrovic, P., Feldman, B., Tomlinson, G., & Von Scheven, E. The Childhood Arthritis and Rheumatology Research Alliance Consensus Treatment Plans. Arthritis & Rheumatology. 2018 Mar;70(5), 669–678, <https://doi.org/10.1002/art.40395>.
19. Espinoza, F., & Brandon, W. Handgrip as a Measure of Muscle Strength and Its Physiological Dependence on Therapeutic Variables: A Randomized Case. Hand Surgery and Rehabilitation. 2021 Nov; <https://doi.org/10.1016/j.hansur.2021.11.001>.
20. Reis, M. M., & Arantes, P. M. M. Assessment of hand grip strength-validity and reliability of the saehan dynamometer. Fisioterapia e Pesquisa. 2011;18(2), 176-181.
21. Cramer, S. C., Dodakian, L., Le, V., McKenzie, A., & See, J. A Feasibility Study of Expanded Home-Based Telerehabilitation after Stroke. Frontiers in Neurology. 2021 Feb;11, <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.611453>.
22. Goyal, C., Vardhan, V., & Naqvi, W. Virtual Reality-Based Intervention for Enhancing Upper Extremity Function in Children with Hemiplegic Cerebral Palsy: A Literature Review. Cureus. 2022 Jan;14(1), <https://doi.org/10.7759/cureus.21693>.
23. Dobbeleer, L., Beyer, I., & Hansen, Å. M. Grip Work Measurement with the Jamar Dynamometer: Validation of a Simple Equation for Clinical Use. J Nutr Health Aging. 2019; 221–224, <https://doi.org/10.1007/s12603-019-1155-4>.
24. Biasini R. N., Bannon, B., Pellegrino, M., & Qaderi, A. Reliability and Validity of Shoulder and Handgrip Strength Testing. Physiotherapy Canada. 2023 Feb;75(1), 65–71, <https://doi.org/10.3138/ptc-2021-0041>.
25. Tomás, M., & Fernandes, B. Força de preensão—Análise de concordância entre dois dinamômetros: JAMAR vs E Link. Saúde & tecnologia. 2012; 39-43.
26. Chkeir, A., Jaber, R., Hewson, D. J., & Duchêne, J. Reliability and validity of the Grip-Ball dynamometer for grip-strength measurement. In: Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2012 Annual International Conference of the IEEE. 2012;1996-1999.
27. Silva, S. M., Corrêa, F., Silva, P., Silva, D., & Lucareli, P. Validation and reliability of a modified sphygmomanometer for the assessment of handgrip strength in Parkinson's disease. Brazilian journal of physical therapy. 2015 Apr;19(2), 137-145.