



## AVALIAÇÃO DO TORQUE DE PREENSÃO PALMAR E MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS: CORRELAÇÃO ENTRE DINAMÔMETRO ANALÓGICO MANUAL E SENSOR DE FORÇA DIGITAL

*EVALUATION OF HANDGRIP TORQUE AND ANTHROPOMETRIC MEASUREMENTS: CORRELATION BETWEEN MANUAL ANALOG DYNAMOMETER AND DIGITAL FORCE SENSOR*

### Autores

Eduardo Elias Vieira de Carvalho<sup>1</sup>  
 Lucas Gouveia Azambuja Gervásio<sup>2</sup>  
 Mariana Silva Novaes Padua<sup>2</sup>  
 Gabriel Dias Monteiro<sup>2</sup>  
 Frederico Venâncio de Senne<sup>2</sup>  
 Rafael Corrêa Salge<sup>2</sup>  
 Pedro Henrique Janoario da Silva<sup>2</sup>  
 Fabiana Bergson Oliveira Lima<sup>2</sup>  
 Henrique Champs Porfírio Carvalho<sup>3</sup>  
 George Kemil Abdalla<sup>4</sup>  
 Marcos Antônio Abdalla Júnior<sup>5</sup>  
 Douglas Reis Abdalla<sup>2,4</sup>

### Resumo

O dinamômetro analógico manual (DAM) tem sido amplamente utilizado para avaliação do torque de preensão palmar (TPP), trata-se de um equipamento de baixo custo e fácil utilização, entretanto, sua aplicação no meio científico é limitada. Por outro lado, a utilização de um dispositivo de registro eletromiográfico (EMG) com sensor de força digital (SFD), fornece uma avaliação mais completa dos músculos, porém de alto custo. Objetivou-se desenvolver um SFD associado ao registro EMG, de baixo custo e que possa ser comparável ao DAM comercial. As adaptações de hardware incluíram a construção de um dispositivo para captação dos sinais, por meio de uma célula de carga em um apoio anatômico para medição do TPP. O software consiste em um sistema de amplificação e filtragem do sinal elétrico. Para avaliação, foram estudados 63 voluntários, 38 mulheres (20,57±0,87anos) e 25 homens (20,24±0,98anos). Foram coletados, no membro dominante, a circunferência do antebraço e o TPP, utilizando o DAM e o SFD. Foi observada uma maior circunferência do antebraço dos homens em relação às mulheres (25±0,46 vs 20±0,42cm; p<0,0001). E diferença significativa na avaliação do TPP, entre os gêneros, tanto pelo DAM (47,15±1,85 vs 29,87±0,67Kgf), quanto pelo SFD (31,61±0,88 vs 28,65±0,62mV). Quando avaliados todos os pacientes, observou-se correlação significativa entre a circunferência do antebraço e o DAM (r=0,62) e o SFD (r=0,44). Foi observada correlação significativa entre o TPP medido pelo DAM e pelo SFD (r=0,65). O SFD desenvolvido demonstrou ser uma ferramenta capaz de aferir o TPP, preservando as diferenças entre os gêneros e comparável com o DAM comercial.

Palavras-chave: Torque, Preensão Palmar, Sensor de Força Digital, Biomecânica

### Filiação

1 Docente do Departamento de Fisioterapia Aplicada – Instituto de Ciências da Saúde – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Brasil  
 2 Curso de Medicina - Universidade de Uberaba, Uberaba, Brasil  
 3 Curso de Medicina - Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Brasil  
 4 Docente Curso de Fisioterapia – Faculdade de Talentos Humanos, Uberaba, Brasil  
 5 Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

### Autor Correspondente

Douglas Reis Abdalla  
 UniFACTHUS, Uberaba, Minas Gerais, Brasil  
 E-mail: drabdalla@facthus.edu.br

### Abstract

In order to evaluate palmar grip torque (PGT), the analog dynamometer (ADM), a low-cost and easy-to-use equipment, is used, however, its application in the scientific environment is limited. On the other hand, use an electromyographic (EMG) recording device with digital strength sensor (DSS), provide a more thorough evaluation of the muscles, but high cost. The aim of this study was to develop an DSS associated to the EMG registry, which is inexpensive and comparable to ADM. The hardware adaptations included the construction of a device for picking up the signals by means of a load cell in an anatomical support for measuring the PGT. The software consists of amplification and filtering system of the electrical signal. For the evaluation, 63 volunteers, 38 women (20.57 ± 0.87 years) and 25 men (20.24 ± 0.98 years) were studied. The forearm circumference and PGT were collected in the dominant limb using ADM and DSS. Largest circumference of the men's forearm was observed in relation to the women (25 ± 0.46 vs 20 ± 0.42cm, p < 0.0001). A significant difference was found in the evaluation of PGT between the genders by both ADM (47.15 ± 1.85 vs 29.87 ± 0.67Kgf) and DSS (31.61 ± 0.88 vs 28.65 ± 0, 62mV). When all patients were evaluated, there was a significant correlation between forearm circumference and ADM (r = 0.62) and DSS (r = 0.44). A significant correlation was observed between TPP measured by ADM and DFS (r = 0.65). The developed DSS has been shown to be a tool capable of assessing PGT, preserving differences between genders and comparable with ADM.

Keywords: Torque, Palmar Hold, Digital Strength Sensor, Biomechanics

Data de submissão: 15 de julho de 2023

Aceito na versão final: 06 de setembro de 2023.

**INTRODUÇÃO**

O torque de prensão palmar (TPP) é um parâmetro que mede não somente a força exercida pelos músculos responsáveis por gerar força na mão, mas também, tem sido amplamente utilizado para avaliar a força total do corpo, bem como a redução fisiológica da força corporal total com o envelhecimento [1,2,3].

Somado a isto, estudos recentes tem documentado a importância do TPP na identificação de distúrbios musculoesqueléticos, assim como na fragilidade e sarcopenia de idosos em geral [4,5].

Atualmente a ferramenta mais amplamente utilizada para avaliação do TPP é o dinamômetro analógico manual (DAM), que consiste em um equipamento de baixo custo, fácil utilização e com resultados bem aceitos no âmbito clínico e científico [6,7,8].

Entretanto, podemos considerar que mesmo sendo bastante utilizado em pesquisas científicas, o DAM apresenta certa limitação devido aos poucos parâmetros fornecidos, por meio de sua utilização [9,10].

Por outro lado, a utilização de um dispositivo de registro eletromiográfico (EMG) com sensor de força digital (SFD), fornece uma avaliação mais completa dos músculos utilizados durante a manobra de prensão palmar, com maior número de parâmetros que podem ser utilizados para comparação com variáveis clínicas, assim como, o registro digital e preciso do TPP. Porém, essa ferramenta apresenta-se com alto custo, necessitando ainda de pessoal devidamente treinado para seu manuseio e, dessa forma, não estando disponível para a maioria das clínicas e laboratórios de pesquisa [9,10].

Portanto, como pode ser apreciado acima, um corpo razoável de evidências tem-se acumulado para demonstrar os benefícios de acompanhar o TPP em ao longo da vida, assim como, a necessidade de desenvolvimento de novas ferramentas que forneçam um maior número de parâmetros do que o DAM, com um custo mais baixo.

Dessa forma, o presente estudo tem por objetivo desenvolver um SFD associado ao registro EMG, de baixo custo e que possa ser comparável ao DAM comercial.

**MÉTODOS**

**Sensor de Força**

O aparelho desenvolvido é capaz de detectar a força aplicada pelo usuário, por meio de duas células de carga de formato circular com capacidade de medição de até 500N. Cada célula de carga utiliza um sensor conhecido como *Strain-gages*. Estes sensores são do tipo resistivo e a detecção da força ocorre quando o sensor é comprimido ou esticado. Ao comprimir ou esticar a célula de carga, a resistência interna do *Strain-gage* varia como um divisor de tensão e essa variação é diretamente proporcional à força aplicada.

Para realizar a medida da força aplicada pelo paciente, as duas células de carga foram colocadas em uma conexão conhecida como ponte de Wheatstone. A Figura 1 mostra a ligação da ponte usando duas células de carga SG1 e SG2. Os resistores variáveis SG1A, SG1B, SG2A e SG2B possuem a mesma resistência inicial e são apresentados para demonstrar a divisão de tensão que ocorre dentro do *Strain-gage*. Ao se comprimir ou esticar o sensor, os valores de SG1A, SG1B, SG2A e SG2B variam. No momento em que uma tensão V é aplicada pela fonte, é medido entre os pontos de MEDIDAS 1 e 2 uma tensão de V/2. Enquanto não for aplicada nenhuma deformação no sensor, essa tensão é mantida constante. No entanto se o sensor for comprimido ou esticado, a força aplicada para realizar a deformação será proporcional à variação da tensão presente nos terminais 1 e 2 de MEDIDAS. No caso do aparelho desenvolvido, a tensão aplicada (V) vale 5 Volts. Assim

quando os sensores não estão sendo pressionados, a tensão medida entre SG1A e SG1B é igual a 2,5 Volts e é igual a tensão medida entre SG2A e SG2B.

Apesar de ter uma tensão relativamente alta (2,5Volts), a variação da tensão medida é bastante baixa, por volta de alguns mV (miliVolts). Logo tal variação de tensão precisa ser amplificada. Uma das várias formas de amplificar este sinal é por meio de um amplificador operacional. Neste caso, foi escolhida uma configuração conhecida como amplificador diferenciador (Figura 2). Nesta configuração, os sinais de MEDIDAS 1 e 2 (Figura 1) são subtraídos um do outro e o resultado multiplicado por uma constante G (ganho).

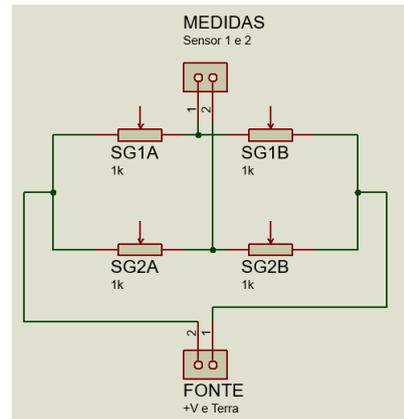


Figura 1: Ponte de Wheatstone para ligação dos sensores de força.

Como a tensão de alimentação do circuito é da ordem de 5 Volts, o maior valor de tensão que pode surgir na SAÍDA é de 5 Volts, tensão máxima que pode ser aplicada no conversor analógico/digital (A/D) utilizado.

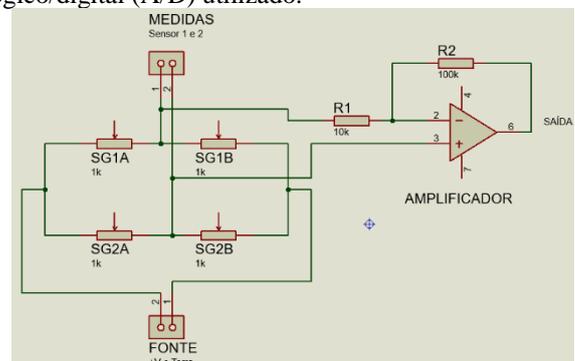


Figura 2: Sensor de força com amplificador de tensão.

Esta configuração apresenta na saída uma tensão dada pela fórmula:

$$SAÍDA = (MEDIDA 2 - MEDIDA 1) \times G$$

$$G = -R2/R1$$

Para apresentar ao operador do sistema a tensão que corresponde à força aplicada, foi utilizado um conversor A/D, incorporado em um microcontrolador. Neste caso optou-se por utilizar um Arduino UNO que possui um conversor A/D de 10 bits. O mesmo microcontrolador foi utilizado para ler os dados do eletromiógrafo.

**Ensaio de validação do Sensor de Força comparado ao Dinamômetro Analógico**

Para avaliação do novo dispositivo desenvolvido, foram estudados 63 voluntários sendo, 38 mulheres (20,57±0,87 anos) e

25 homens (20,24±0,98 anos). Foram coletados, no membro superior dominante, dos voluntários estudados a circunferência do antebraço, o comprimento do antebraço, comprimento da mão e o comprimento da palma da mão, bem como a força de preensão palmar, utilizando o DAM comercial (SAEHAN SH500) e o SFD desenvolvido pelo nosso grupo de pesquisa.

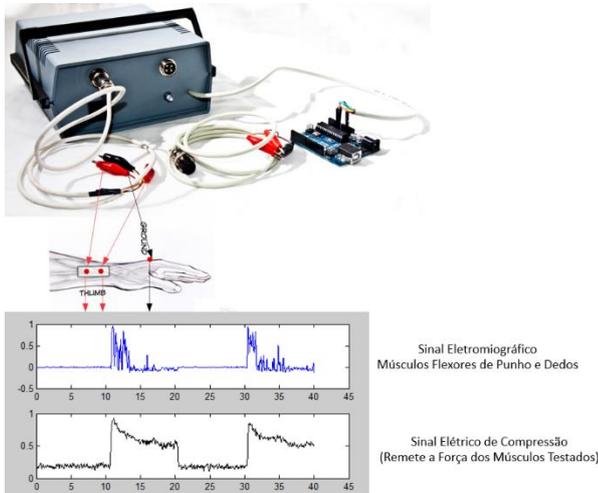


Figura 3: Sensor de força com amplificador de tensão, e representação dos sinais de EMG.

**Análise Estatística**

As diversas informações das variáveis obtidas do banco de dados, foram testadas para verificar a distribuição normal. Quando a distribuição foi considerada normal, foram utilizados testes paramétricos, na comparação entre 2 grupos, foi utilizado o teste “t de Student”. Os resultados foram expressos em média ± erro padrão da média. Para as interações foi utilizado a Correlação de Pearson. As diferenças observadas foram consideradas significantes quando a probabilidade de rejeição da hipótese de nulidade foi menor que 0,05 (5%)..

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foram observadas diferenças significativas na avaliação do torque de preensão palmar, entre os homens e as mulheres, tanto pelo DAM (47,15±1,85 vs 29,87±0,67 Kgf; p<0,0001), quanto pelo SFD (31,61±0,88 vs 28,65±0,62 mV; p<0,007), vide figura 4.

Assim como, maiores circunferência do antebraço, comprimentos do antebraço, mão e palma da mão, dos homens em relação às mulheres, todas com significância estatística, como pode ser visto na tabela 1.

Quando avaliamos todos os voluntários em conjunto, observou-se ainda, correlação positiva e significativa entre as medidas antropométricas do antebraço e mão e as medidas de torque pelo DAM e o SFD, tabela 2.

Por fim, na tabela 2, pode-se observar forte e significativa correlação entre o torque de preensão palmar medido pelo DAM e pelo SFD (r=0,65; p<0,0001).

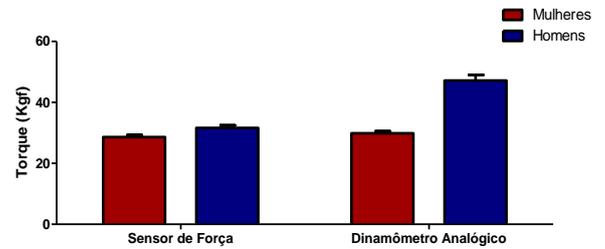


Figura 04 – Representação da média do torque preensão palmar entre os gêneros, utilizando os diferentes métodos, SFD e DAM. Note: p<0,007 para SFD e p<0,0001 para DAM.

Tabela 01 – Representação dos valores para as variáveis antropométricas entre os gêneros.

		Perimetria do Antebraço (cm)	Comprimento do Antebraço (cm)	Comprimento da Mão (cm)	Comprimento da Palma da mão (cm)
Mulheres (n=38)	Média	24,46	25,38	18,36	10,47
	Mediana	24,00	25,25	18,50	10,50
	Erro Padrão da Média	0,42	0,32	0,16	0,12
	Máximo	35,00	29,00	20,00	12,00
	Mínimo	20,50	21,00	16,00	9,00
Homens (n=25)	Média	27,38	27,28	19,40	11,22
	Mediana	25,00	25,00	25,00	25,00
	Erro Padrão da Média	27,00	27,00	19,00	11,00
	Máximo	0,46	0,48	0,22	0,16
	Mínimo	31,50	33,00	21,50	12,50
	Minimum	22,50	23,00	17,00	9,50
	P-value	<0,0001	0,001	<0,0001	<0,0001

Nossos principais resultados demonstraram que o SFD associado ao EMG desenvolvido por nosso grupo de pesquisa foi capaz de realizar medidas de TPP, por meio de uma célula de carga, em um grupo de voluntários, sendo estas comparáveis às encontradas pela aferição realizada com um DAM comercial. Foi ainda possível identificar um maior grau de força muscular em homens do que em mulheres em ambas as ferramentas.

A correta e precisa análise do TPP é um parâmetro clínico essencial para acompanhamento da saúde física e integridade musculoesquelética de pacientes. Os valores encontrados na avaliação do TPP são influenciados por diversos fatores, entre eles o sexo, idade, nível de atividade física e até mesmo a motivação na hora da avaliação [11,12]. Em concordância com achados da literatura, nossos resultados documentaram uma diferença no TPP entre os gêneros, sendo esta maior nos homens [11].

Tabela 02 – Correlação entre as variáveis antro-po-métricas e o TPP no SFD e no DAM.

		Comprimento do Antebraço (cm)	Comprimento da Palma da mão (cm)	Perimetria do Antebraço (cm)	Comprimento da Mão (cm)	Torque Sensor de Força (mV)	Torque Dinamômetro (Kgf)
Comprimento do Antebraço (cm)	R	1,000	0,572	0,453	0,736	0,341	0,488
	P-value	-	0,000	0,003	0,000	0,029	0,001
Comprimento da Palma da mão (cm)	R	0,572	1,000	0,612	0,801	0,485	0,653
	P-value	0,000	-	0,000	0,000	0,001	0,000
Perimetria do Antebraço (cm)	R	0,453	0,612	1,000	0,540	0,440	0,618
	P-value	0,003	0,000	-	0,000	0,004	0,000
Comprimento da Mão (cm)	R	0,736	0,801	0,540	1,000	0,345	0,538
	P-value	0,000	0,000	0,000	-	0,027	0,000
Torque Sensor de Força (mV)	R	0,488	0,653	0,618	0,538	1,000	0,645
	P-value	0,001	0,000	0,000	0,000	-	0,000
Torque Dinamômetro (Kgf)	R	0,488	0,653	0,618	0,538	0,645	1,000
	P-value	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	-

No presente estudo também foram evidenciadas correlações entre a circunferência do antebraço, o comprimento do antebraço e da mão e o TPP tanto em nosso SFD quanto no DAM comercial; dados do estudo de Eichinger e cols (2015) [13], também evidenciaram que indivíduos com maiores valores antropométricos apresentaram maiores medidas de força de preensão palmar. Ainda em nossos resultados obtivemos uma forte e significativa correlação entre a força medida pelo SFD e o DAM. Esse fato sugere que o SFD associada ao EMG desenvolvido por nosso grupo de pesquisa é uma ferramenta válida para avaliação do TPP.

Achados semelhantes foram encontrados por Chang e cols (2015) [14], ao desenvolver um sensor de força digital e compará-lo ao dinamômetro analógico, evidenciaram correlação entre força de preensão com altura (0,793); e peso corporal (0,609); e comprimento da palma da mão (0,715).

## CONCLUSÃO

O SFD desenvolvido por nosso grupo de pesquisa demonstrou ser uma ferramenta capaz de aferir o TPP, preservando as diferenças entre os gêneros e sendo comparável com a ferramenta mais amplamente utilizada atualmente, o DAM comercial.

Na continuidade desta linha de investigação, para progredirmos na validação do sistema de EMG, mais estudos serão desenvolvidos, em uma população mais representativa, para testar não somente a funcionalidade da célula de carga, mas também a captação do sinal eletromiográfico, acoplado ao equipamento.

## REFERÊNCIAS

- [1] Barbosa AR, Souza JMP, Lebrão ML, Laurenti R, Marucci MFN. Functional limitations of Brazilian elderly by age and gender differences: data from SABE Survey. *Cad. Saúde Pública*. 2005;21(4):1177-1185.
- [2] Frederiksen H, Hjelmberg J, Mortensen J, McGue M, Vaupel JW, Christensen K. Age Trajectories of Grip Strength: Cross-sectional and Longitudinal Data Among 8, 342 Danes Aged 46 to 102. *AEP*. 2006;16(7):554-562.
- [3] Ong HL, Abidin E, Chua BY, Zhang Y, Seow E, Vaingankar JA, Chong AS, Subramaniam M. Hand-grip strength among older adults in Sigapore: a comparison with international norms and associative factors. *BMC Geriatrics*. 2017;17:176-187.
- [4] Sayer AA, Syddall H, Martin H, Patel H, Baylis D, Cooper C. The developmental origins of sarcopenia. *J Nutr Health Aging*. 2008;12:427-32.
- [5] Auyeung TW, Lee SW, Leung J, Kwok T, Woo J. Age-associated decline of muscle mass, grip strength and gait speed: A 4-year longitudinal study of 3018 community-dwelling older chinese. *Geriatr Gerontol Int*. 2014;14(1):76-84.
- [6] Haidar SG, Kumar D, Bassi RS, Deshmukh SC. Average versus maximum grip strength: which is more consistente? 2004;29(1):p.82-84.
- [7] Hillman TE, Nunes QM, Hornby ST, Stanga Z, Neal KR, Rowlands BJ, Allison SP, Lobo DN. A practical posture for hand grip dynamometry in the clinical stting. *Clin Nutr*. 2005;24(2)224-228.
- [8] Vermeulen J, Neyens JC, Spreuwenberg MD, van Rossum E, Hewson DJ, de Witte LP. Measuring grip strength in older adults: Comparing the grip-ball with the jamar dynamometer. *J Geriatr Phys Ther*. 2015;38:148-53.

- [9] Irwin CB, Sesto ME. Reliability and validity of the Multiaxial Profile Dynamometer with younger and older participants. *J Hand Ther*. 2010;23:281-289.
- [10] Shechtman O, Hope LM, Sindhu BS. Evaluation of the TorqueVelocity Test of the BTE-Primus as a Measure of Sincerity of Effort of Grip Strength. *J Hand Ther*. 2007;20:326-335.
- [11] Amaral JF, Mancini M, Novo JM. Comparison of three hand dynamometers in relation to the accuracy and precision of the measurements. *Rev Bras Fisioter*. 2012;16(3):216-24.
- [12] Ferreira A CC, Shimano AC, Mazzer N, Barbieri CH, Elui VMC, Fonseca MCR. Força de preensão palmar e pinças em indivíduos sadios entre 6 e 19 anos. *Acta Ortop Bras*. 2011;19(2):92-7.
- [13] Eichinger FLF, Soares AV, de Carvalho Júnior JM, et al. Força de preensão palmar e sua relação com parâmetros antropométricos. *Cad. Ter. Ocup. UFSCar*. 2015; 23(3):525-532.
- [14] Chang H, Chen CH, Huang TS, Tai CY. Development of an integrated digital hand grip dynamometer and norm of hand grip strength. *Bio-Medical Materials and Engineering*. 2015; 26: S611-S617.