

## DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO DA FORÇA MUSCULAR DE PRENSÃO DOS MEMBROS SUPERIORES

F.F. Santos\*, M.P. Kettermann\*\*, J.F. Biazus\*\*, M.I.V. Orselli\* e L.F. Rodrigues Jr\*

\*Curso de Engenharia Biomédica – Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, Brasil

\*\* Curso de Fisioterapia – Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, Brasil

e-mail: luiz.fernando@unifra.br

**Resumo:** Inúmeras patologias, como a fibromialgia, têm o efeito de reduzir a capacidade de o indivíduo gerar força muscular ativamente. A medida da força de preensão pré e pós tratamento é útil para verificar se a intervenção escolhida pelo profissional tem efeito na melhora da produção e manutenção de força. No entanto, os equipamentos tipicamente usados ou são caros, ou tem formato pouco ergonômico. Este trabalho teve como objetivo desenvolver um dispositivo de fácil manuseio pelo paciente, ergonômico e não invasivo para avaliar a força muscular de preensão dos membros superiores. O dispositivo é constituído de um transdutor de pressão conectado a um sistema de aquisição de dados e uma pera de esfigmomanômetro, usada para aplicação da força pelos indivíduos. O equipamento foi, calibrado em uma máquina universal de ensaio (coeficiente de determinação para curva de calibração 0,99) e utilizado para medir a força de preensão pré e pós tratamento em indivíduos com fibromialgia. O desenvolvimento do equipamento vinculado a um sistema de aquisição de dados permitiu a obtenção de gráficos do perfil de força da cada indivíduo e dados de média e desvio padrão para cada um destes. O dispositivo cumpriu todos os objetivos propostos e se mostrou adequado para medir a força muscular de preensão dos membros superiores.

**Palavras-chave:** Dinamometria, transdutor de pressão, fibromialgia.

**Abstract:** Numerous diseases, such as fibromyalgia, affect the individual's ability of generating muscle force actively. Measuring grip strength pre and post treatment is useful to verify if the intervention chosen by the health professional improves muscle force generation and maintenance. However, the equipment generally available for the health professionals are either expensive or little ergonomic. This study aimed at developing an ergonomic and non-invasive device for measuring grip strength pathological groups. The device consists of a pressure transducer connected to a data acquisition system and a sphygmomanometer inflation bulb, where the individuals applied the force. The device was calibrated in an universal testing machine (coefficient of determination for the calibration function: 0.99) and then used to measure grip strength in individuals with fibromyalgia. The development of the equipment together to a data acquisition system allowed to obtain the strength profile of each individual and

*evaluate the progress of the therapy. The device met all of the initial goals and proved to be suitable for measuring grip strength in both, healthy and pathological individuals.*

**Keywords:** Dynamometry, pressure transducer, fibromyalgia.

### Introdução

A fibromialgia é uma síndrome caracterizada por dor difusa e crônica de origem não inflamatória e causa desconhecida, que se manifesta no sistema musculoesquelético, estando frequentemente associada a sintomas em outros aparelhos ou sistemas [1]. Incide sobre 5% da população em geral e sobre 10% da população brasileira compreendida na faixa etária de 30 a 60 anos, sendo que as mulheres são mais afetadas em relação aos homens numa frequência de 15:1 [2]. Além disso, quando comparados a indivíduos sem a doença, sujeitos fibromiálgicos apresentam redução considerável da força e desempenho muscular [3].

A força exercida pelo indivíduo pode ser medida através de um aparelho portátil, envolvendo o emprego desta força sobre um objeto imóvel [4]. No entanto, os equipamentos tipicamente usados para a medida desta força ou são caros, ou tem formato pouco ergonômico. Por isso, deve-se realizar uma apropriada seleção dos instrumentos de medida a fim de se obter resultados confiáveis que permitam o adequado tratamento ao paciente.

A dinamometria é definida como um processo que tem por objetivo a medição de forças, assim como a medição de pressões. A medida destas forças geralmente é realizada por grupos de sensores como transdutores de força piezoelétricos, transdutores de força capacitivos e extensômetros de resistência elétrica [5].

O presente estudo foi realizado em cooperação com o curso de fisioterapia do Centro Universitário Franciscano e teve como objetivo desenvolver um dispositivo ergonômico, de fácil manuseio pelo paciente e não invasivo, capaz de medir a força muscular de preensão dos membros superiores de mulheres portadoras da síndrome de fibromialgia.

### Materiais e métodos

Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética CAAE - nº 25120913.2.0000.5306. Seus objetivos e os

procedimentos foram explicados aos participantes que assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido concordando com a participação voluntária.

Os ensaios foram realizados sempre pelo mesmo operador sob acompanhamento e supervisão de uma estudante e um profissional da área de fisioterapia.

Participaram dos ensaios 9 indivíduos do gênero feminino, na faixa etária de 35 a 55 anos e portadores de fibromialgia. Previamente, também participaram 4 indivíduos saudáveis, de mesma faixa etária e gênero, com o intuito de desenvolver um protocolo de avaliação e compreender as características de operação e funcionamento do dispositivo desenvolvido. Todos os voluntários eram destros.

Durante os testes os sujeitos foram instruídos a permanecer sentados, posicionados com o ombro aduzido, o cotovelo fletido a  $90^\circ \pm 3^\circ$ , o antebraço em posição neutra sobre a mesa e, por fim, o punho em posição fixa, sem realizar flexão, extensão, adução e abdução. A postura dos participantes foi corrigida pelos examinadores quando necessário.

Através de comandos verbais, os indivíduos executaram 3 testes em cada um dos membros superiores, com intervalo de 45 dias entre a avaliação inicial e a reavaliação. O indivíduo deveria apertar e manter apertada a extremidade do dispositivo de medição por 5 s, com 1 minuto de intervalo entre cada uma das medições.

Para a confecção deste dispositivo foram utilizados uma pera de esfigmomanômetro, mangueiras de silicone, um manifold polimérico, conexões metálicas e um transdutor de pressão (Figura 1). O transdutor de pressão foi conectado a um sistema de aquisição de dados da marca HBM, modelo QuantumX MX440A, e acoplado ao restante do dispositivo de medição, formando um sistema hermético e totalmente preenchido por água. Através do deslocamento do fluido contido no interior deste sistema, o transdutor era capaz de obter os valores da pressão exercida por cada indivíduo em cada um dos ensaios. Os dados foram coletados em um computador fazendo uso do software Catman<sup>®</sup>AP desenvolvido pela HBM.

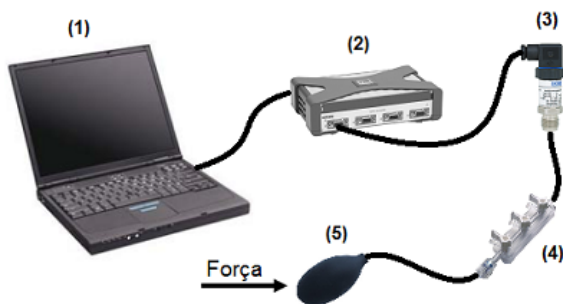


Figura 1: Esquema da construção do dispositivo de medição. (1) computador; (2) sistema de aquisição de dados; (3) transdutor de pressão; (4) manifold polimérico; (5) pera de esfigmomanômetro.

Após o período de aquisição foi realizada a análise dos dados com o software Origin<sup>®</sup> (OriginLab Massachusetts, EUA).

A calibração do dispositivo foi realizada em uma máquina universal de ensaios EMIC modelo DL10000, com uma célula de carga com capacidade de 500 N e utilizando-se ensaios de compressão entre pratos paralelos.

Foram realizadas 2 calibrações estáticas com uma diferença de  $90^\circ$  de rotação entre cada. Primeiramente, aplicou-se uma pré-carga de 0,1 kgf com o intuito de estabelecer o posicionamento inicial da pera entre as placas paralelas do sistema de compressão. Então, zerou-se a célula de carga e o transdutor de pressão. Em seguida, aplicaram-se forças de forma crescente, comprimindo a pera até obter-se um incremento de 0,05 bar no valor do transdutor de pressão e, após 10 s de estabilidade da medida, anotou-se o valor registrado pela célula de carga mostrado no software do equipamento. Visando uma maior acurácia dos resultados provenientes da calibração estática, utilizou-se a média das duas medidas de força realizadas.

## Resultados

Os resultados obtidos no processo de calibração são mostrados na Figura 2, onde se verificou que o dispositivo apresentou um coeficiente de determinação bastante satisfatório entre as medidas de pressão e força ( $r^2 = 0,99$ ). A Equação 1 apresenta a curva de calibração obtida.

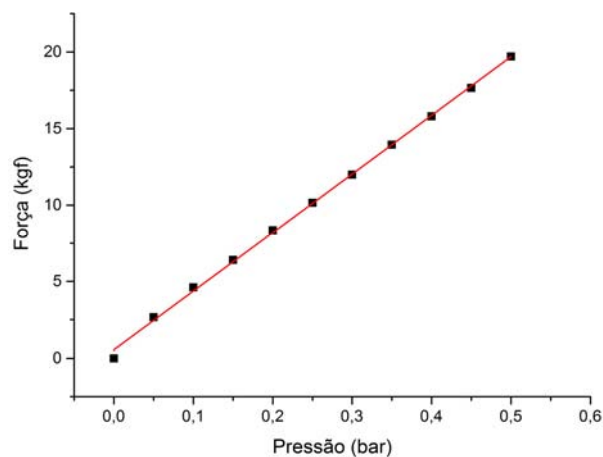


Figura 2: Curva de calibração estática.

$$y = (0,53 \pm 0,12) + (38,34 \pm 0,42)x \quad (1)$$

O intervalo de dados utilizado para análise estatística dos 3 testes (Figura 3) de cada membro superior de cada um dos voluntários foi após o momento de aperto inicial da extremidade do dispositivo, aos 2 s, até o momento do início do comando verbal para finalização do teste, aos 5 s. A determinação se deu deste modo por ser este o período de tempo que melhor representava a força exercida pela grande maioria dos indivíduos. Os dados foram adquiridos a uma taxa de 50 Hz.

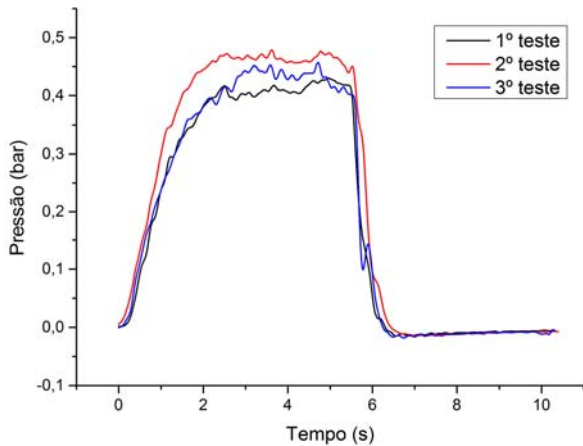


Figura 3: Gráfico contendo os três testes realizados no membro superior direito de um indivíduo.

O valor médio das forças (Tabela 1 e Tabela 3) foi obtido através de uma média aritmética entre a segunda e a terceira medida de cada membro superior de cada sujeito. A primeira medida foi descartada da análise devido ao fato dela ser utilizada apenas para o indivíduo se familiarizar ao dispositivo e melhor compreender o teste a ser realizado.

Conforme dados apresentados na Tabela 1, os indivíduos sadios apresentaram resultados divididos, com 50% deles possuindo uma força média maior no lado dominante e 50% no lado não dominante.

Do mesmo modo, obteve-se o valor de desvio padrão (Tabela 2 e Tabela 4) utilizando-se apenas a segunda e a terceira medida e desprezando-se os valores da primeira. Em ambos, o desvio padrão se mostrou bastante similar.

Tabela 1: Força média de cada indivíduo sadio.

Indivíduo	Força (kgf)	
	Avaliação única	
	Mão direita	Mão esquerda
1	17,7	18,6
2	10,7	12,9
3	12,4	11,7
4	19,1	18,4

Tabela 2: Desvio padrão da força média de cada indivíduo sadio.

Indivíduo	Avaliação única	
	Avaliação única	
	Mão direita	Mão esquerda
1	1,1	1,6
2	1,0	0,8
3	1,3	1,1
4	1,4	0,8

Tabela 3: Força média de cada indivíduo com síndrome fibromiálgica.

Indivíduo	Força (kgf)			
	1ª Avaliação		2ª Avaliação	
	Mão direita	Mão esquerda	Mão direita	Mão esquerda
1	13,7	12,1	12,9	8,5
2	6,2	5,3	8,2	7,4
3	11,2	8,0	17,6	12,8
4	5,3	7,0	10,1	7,6
5	5,3	5,5	6,1	4,9
6	12,0	9,8	16,2	10,3
7	14,3	13,5	12,6	12,5
8	11,0	9,2	10,4	9,9
9	8,3	6,7	12,3	12,6

Tabela 4: Desvio padrão da força média de cada indivíduo com síndrome fibromiálgica.

Indivíduo	1ª Avaliação		2ª Avaliação	
	Mão direita	Mão esquerda	Mão direita	Mão esquerda
	1	1,2	1,3	1,2
2	0,9	0,7	0,8	1,0
3	2,0	1,9	1,0	1,5
4	0,9	0,8	0,9	0,9
5	1,1	1,3	1,0	1,0
6	1,3	1,1	1,2	1,0
7	1,5	1,8	1,9	1,4
8	0,9	1,0	0,9	1,2
9	1,1	0,8	1,0	1,1

A Figura 4 apresenta a força de prensão média e seu respectivo erro padrão para os membros superiores direito e esquerdo, em ambas as avaliações, dos sujeitos acometidos pela síndrome fibromiálgica. Pôde-se verificar uma força de prensão média maior no lado dominante quando comparado ao lado não dominante.

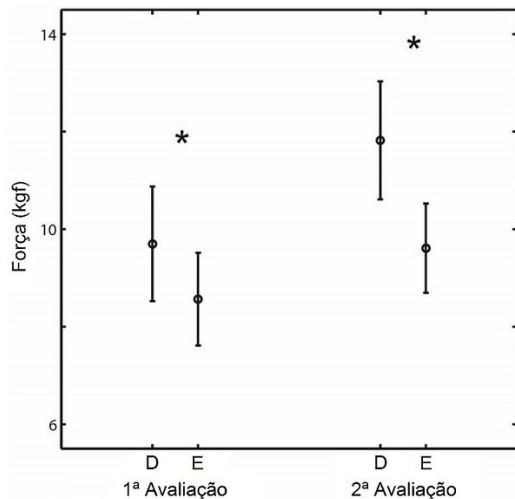


Figura 4: Força de preensão média ( $\pm$  erro padrão) para o grupo de indivíduos com fibromialgia, em cada um dos lados (D, direito; E, esquerdo), durante as duas seções de avaliação. O asterisco indica diferença significativa entre o lado direito e esquerdo ( $p < 0,05$ ).

### Discussão

Os indivíduos portadores da síndrome de fibromialgia, na sua totalidade, conseguiram realizar todas as seções de avaliação sem quaisquer tipos de problemas ou impedimentos relacionados ao dispositivo. Durante os testes o equipamento se mostrou bastante ergonômico, não ocasionando desconforto aos sujeitos que o utilizaram.

Comparando-se as forças médias na primeira e na segunda avaliação entre todos os indivíduos é possível notar que não houve variações sistemáticas entre as seções, ou seja, as forças não aumentaram ou diminuíram sistematicamente da primeira para a segunda seção. Este fato indica que o equipamento não perdeu a calibração ou se danificou de uma seção de avaliação para outra, demonstrando a confiabilidade da metodologia e do dispositivo.

Alguns autores como Ferreira *et al.* [6] investigaram o efeito da dominância lateral na força de preensão, encontrando forças médias superiores para as mãos dominantes, quando comparadas as mãos não dominantes. Comportamento similar pôde ser visto neste estudo, onde o equipamento foi suficientemente sensível para detectar o efeito da dominância lateral no grupo fibromiálgico, que tiveram maior força média no lado direito.

Já no grupo de indivíduos sadios não se pôde verificar esta mesma tendência, pois 50% dos indivíduos apresentaram força maior no lado esquerdo, apesar de todos serem destros. De certo modo essa conclusão é limitada devido ao fato da amostra possuir um número muito pequeno de indivíduos.

A aquisição de dados durante um determinado intervalo de tempo, característica do equipamento desenvolvido, permite obter um valor de desvio padrão para cada um dos indivíduos, ao contrário da

dinamometria comum que só permite a obtenção do desvio padrão de uma amostra como um todo. A análise destes dados pode permitir a visualização da capacidade do indivíduo em manter a força de preensão, pois está relacionada ao patamar observado nas curvas da Figura 3. Quanto menor for este desvio, maior será sua capacidade de manter uma mesma força. Assim, torna-se possível realizar uma melhor e mais específica análise dos sujeitos.

### Conclusão

O equipamento desenvolvido neste trabalho realizou todas as seções de testes sem apresentar complicações na sua operação, falhas de medida ou problemas de calibração. Todos os objetivos propostos inicialmente foram cumpridos e, somando-se aos resultados obtidos, este instrumento se mostrou apropriado para medir a força muscular de preensão dos membros superiores de portadoras da síndrome fibromiálgica. Apesar do elevado custo do sistema de aquisição e da complexidade do software de aquisição de dados, foi possível desenvolver os componentes de medida de força, transdutor de pressão e pera, com baixo custo financeiro. Trabalhos futuros devem ser realizados no intuito de reduzir o custo do sistema e tornar mais amigável o software de aquisição e análise de dados.

### Agradecimentos

Ao Centro Universitário Franciscano pelo apoio e suporte financeiro a este trabalho.

### Referências

- [1] Provenza JR, Pollak DF, Martinez JE, Paiva ES, Helfenstein M, Heymann R, Matos JMC, Souza EJR. Fibromialgia. Revista Brasileira de Reumatologia. 2004; 44(6):433-9.
- [2] Bueno RC, Abreu MF, Pires GN, Roger-Silva D. Exercício físico e fibromialgia. Cadernos de Terapia Ocupacional UFSCar. 2012; 20(2):279-85.
- [3] Cardoso FS, Curtolo M, Natour J, Júnior IL. Avaliação da qualidade de vida, força muscular e capacidade funcional em mulheres com fibromialgia. Revista Brasileira de Reumatologia. 2011; 51(4):338-50.
- [4] Soares AV, Júnior JMC, Fachini J, Domenech SC, Júnior NGB. Correlação entre os testes de dinamometria de preensão manual, escapular e lombar. Revista Acta Brasileira do Movimento Humano. 2012; 2(1):65-72.
- [5] Lazzari CD. Desenvolvimento e estudo de uma plataforma biomecânica 2D aplicada ao ciclismo [trabalho de conclusão de curso]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2010.
- [6] Ferreira ACC, 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 Ortopédica Brasileira. 2011; 19(2):92-7.