



20º POSMEC

SIMPÓSIO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Desenvolvimento de um Sistema para Reabilitação de Dedos

Ana Luiza SILVA

João Carlos M. CARVALHO

O membro superior é caracterizado por sua mobilidade e capacidade de segurar, golpear e realizar atividades motoras finas (manipulação). Essas características são especialmente acentuadas na mão ao realizar atividades manuais (MOORE; DALLEY, 2007). Assim, a capacidade motora normal dos dedos é crucial e importante para a vida diária.

Mãos, no entanto, são aptas a sofrerem diversos tipos de ferimentos em acidentes ou lesões causadas por doenças tais como AVC e artrose. Para recuperar a capacidade motora, a reabilitação da mão é fundamental na abordagem terapêutica.

Estudos recentes têm mostrado que a incorporação de dispositivos mecatrônicos e realidade virtual ao processo de reabilitação da mão são viáveis e eficazes (FISCHER et al., 2007).

Os sistemas propostos na literatura são denominados “exoesqueletos” visto que são utilizados como “complemento” na movimentação, algumas vezes aumentando a capacidade de carga do membro movimentado.

O dispositivo mecatrônico para reabilitação deve permitir a aplicação de forças em todos os dedos, simultaneamente com a realização de movimentos de flexão/extensão e adução/abdução; deve ser leve a fim de evitar fadiga do usuário; ser seguro; deve preservar ao máximo o movimento natural tanto da mão/dedos e do braço; fácil de manipular e controlar as forças envolvidas na reabilitação bem como a variação dos movimentos dentro dos limites específicos previstos para cada paciente, e capaz de acomodar diferentes faixas de tamanho de mãos/dedos.

O presente trabalho propõe desenvolver um novo sistema, com estrutura mais simples que os encontrados na literatura, para reabilitação levando-se em consideração o maior número de características desejáveis para o adequado funcionamento do equipamento e do processo de reabilitação. A simplicidade está relacionada com a facilidade de operação do dispositivo, tanto do ponto de vista do controle de forças e movimento como da manipulação, seja pelo paciente ou pelo terapeuta.

Os dedos, com exceção do polegar, possuem três articulações: MCF (metacarpofalângica), IFP (interfalângica proximal) e IFD (interfalângica distal) e quatro graus de liberdade; cada articulação possui um grau de liberdade para realizar flexão/extensão, e a articulação MCF possui mais um grau de liberdade para realizar movimentos de abdução/adução. Desta forma, a análise do dedo, com exceção do polegar, é similar, sendo escolhido o dedo indicador para a definição e modelagem de sua estrutura e da estrutura do dispositivo.

O desenho esquemático de um dedo genérico é apresentado na Fig. 1 e as Tabelas 1 e 2 fornecem os dados para o estudo.

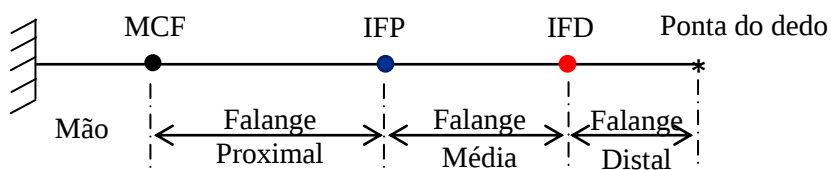


Figura 1: Posições esquemáticas das articulações de um dedo genérico.

Tabela 1: Amplitude de movimento (KAPANJI, 2000; FLOYD et al., 2002; LEVANGIE e NORKIN, 2005) e força de movimento para flexão (FU,Y.; WANG, P.; e WANG, S., 2008).

Dedo Indicador	Articulação		MCF	IFP	IFD
	Movimento (graus)	Flexão	0 – 90	0 – 110	0 – 80
		Hiperextensão	0 – 40	inexistente	0 – 5
	Força Motriz (N)	Máxima	35,0	20,0	16,1
		Mínima	11,0	9,0	7,0

Tabela 2: Dimensões das seções falângicas em mm (Adaptado de WU et al., 2009).

Dedo Indicador	Falange	Proximal	Média	Distal
	Comprimento	43,4	25,3	17,0
	Largura	17,8	16,8	15,2
	Espessura	17,4	14,8	12,6

A fronteira exterior de todos os pontos que o dedo pode alcançar com sua ponta define seu espaço de trabalho. Este espaço depende somente dos comprimentos das falanges do dedo e das amplitudes de movimentação de cada articulação. Para a determinação do espaço de trabalho do dedo analisado, a movimentação foi considerada apenas em um plano, ou seja, flexão e extensão para as três articulações. O espaço de trabalho obtido está apresentado na Fig. 2.

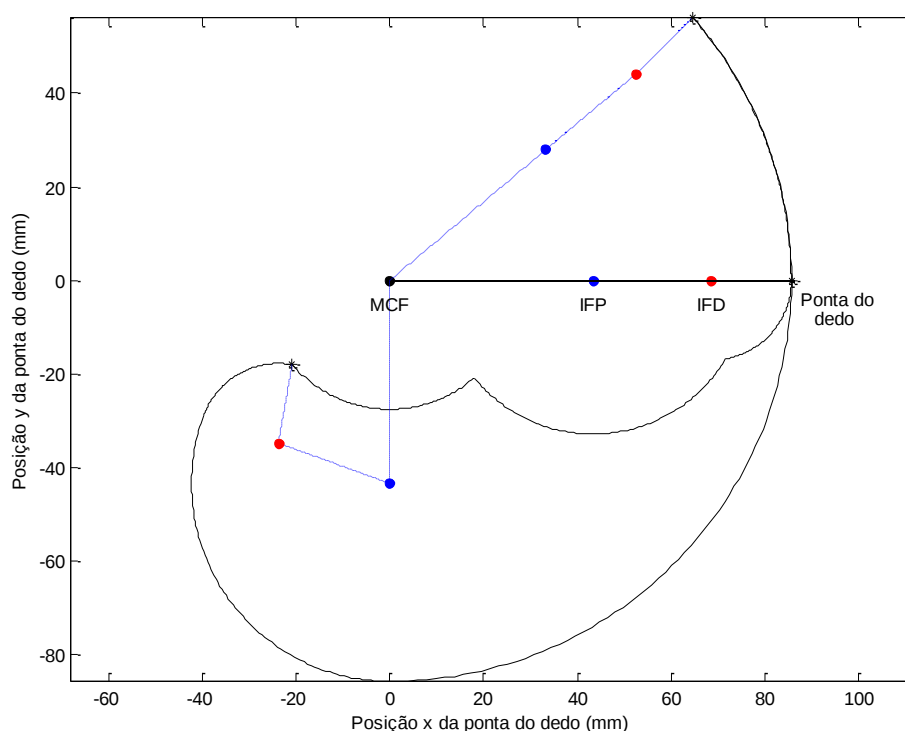


Figura 2. Espaço de trabalho do dedo indicador.

Para promover a completa amplitude de movimentação do dedo e prevenir interferências com outros dedos, o exoesqueleto foi projetado para ser montado no dorso da mão.

A estrutura mecânica escolhida foi um mecanismo articulado de seis barras com cursor, sendo o movimento do cursor fornecido por um cilindro pneumático que é fixo e inclinado.

O mecanismo escolhido tem como vantagens permitir completa flexão e extensão (ação e retorno) do dedo e ser capaz de mover cada falange independentemente. Cada articulação recebe um mecanismo completo para movimentação, sendo então necessárias três montagens do mesmo mecanismo variando-se apenas as dimensões de seus componentes de acordo com a falange a ser movimentada. As Figuras 3 e 4 apresentam a estrutura do dispositivo. O mecanismo não realiza hiperextensão.

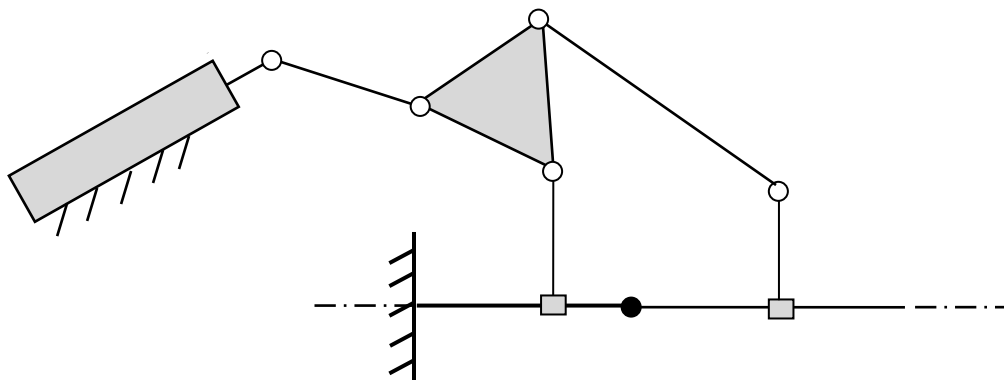


Figura 3. Desenho esquemático do dispositivo na posição neutra do dedo para movimento da articulação MCF.

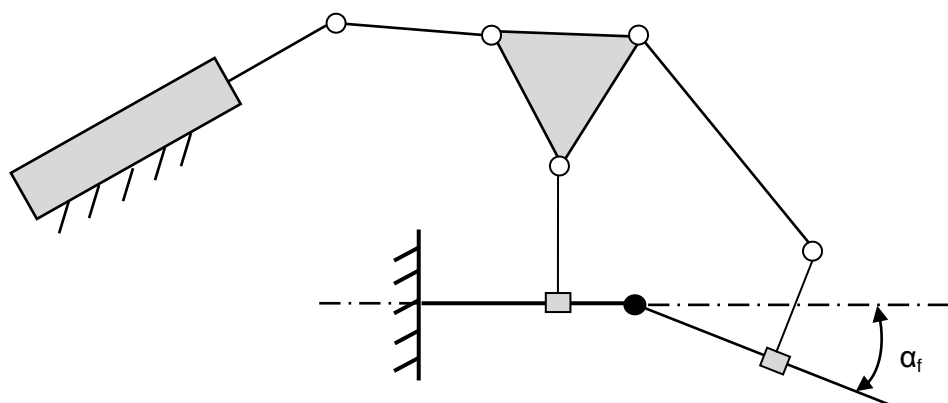


Figura 4. Desenho esquemático do dispositivo em flexão da articulação MCF.

A partir dos desenhos esquemáticos foram feitas as modelagens geométrica e estática do dispositivo. O cilindro pneumático utilizado terá curso máximo de $1\frac{1}{2}''$, o que abrange o curso dos três mecanismos.

A montagem do dispositivo está sendo desenvolvida em SolidWorks® em que a estrutura geral está apresentada nas Figs. 5 e 6. O detalhamento e sensoramento do sistema estão em estudo.

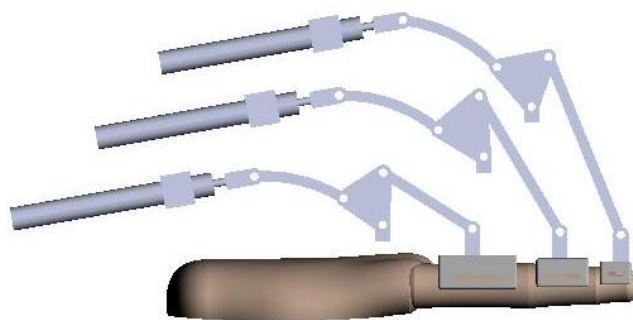


Figura 5. Montagem em SolidWorks®, dedo em extensão.

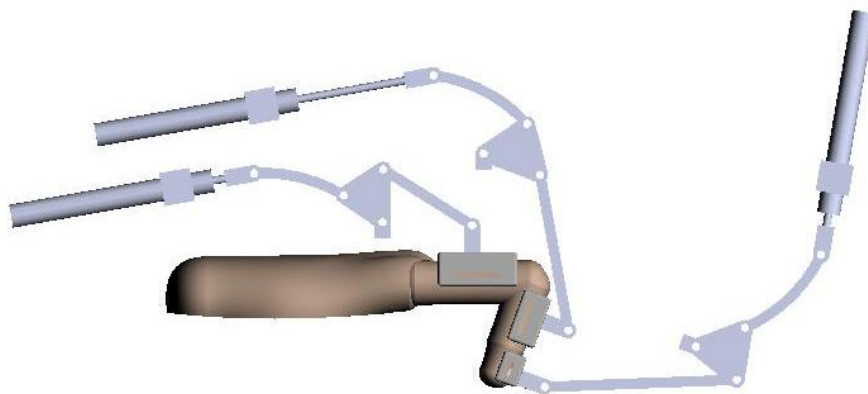


Figura 6. Montagem em SolidWorks®, flexão da articulação IFP.

REFERÊNCIAS

- FISCHER, H.C., STUBBLEFIELD, K., KLINE, T., LUO, X., KENYON, R. V., and KAMPER, D. G., 2007, “Hand Rehabilitation Following Stroke: A Pilot Study of Assisted Finger Extension Training in a Virtual Environment”, *Topics in Stroke Rehabilitation*, Vol. 14, No. 1, pp. 1–12.
- FLOYD, R.T.; THOMPSON, C. W., 2002. *Manual de Cinesiologia Estrutural*. 14 ed. Barueri, SP: Editora Manole LTDA.
- FU, Y., WANG, P., WANG, S., 2008, “Development of a Multi-DOF Exoskeleton Based Machine for Injured Fingers”, 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Acropolis Convention Center Nice, France.
- LEVANGIE, P.K., NORKIN, C.C., 2005. *Joint Structure and Function: A Comprehensive Analysis*. 4. ed. Philadelphia: F.A. Davis Company.
- MOORE, K.L.; DALLEY, A.F., 2007. *Anatomia Orientada para a Clínica*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- WU, J. Z.; DONG, R. G.; MCDOWELL, T. W. WELCOME, D. E., 2009. Modeling the Finger Joint Moments in a Hand at the Maximal Isometric Grip: The Effects of Friction. *Medical Engineering and Physics*. v. 31, issue 10, p. 1214-1218.