

## RECONSTRUÇÃO DA CINEMÁTICA DA MÃO EM PACIENTES COM HANSENÍASE

J. Abreu \*, A. P. Fontana \*\* e L. L. Menegaldo \*

\* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Engenharia Biomédica, Rio de Janeiro, Brasil

\*\* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Fisioterapia, Rio de Janeiro, Brasil  
e-mail: jabreu@vialink.com.br

**Resumo:** Este trabalho propõe uma metodologia de reconstrução da cinemática da mão de pacientes com hanseníase e garra ulnar. Foi desenvolvido um modelo cinemático da mão, aplicado para a quantificação de coordenadas angulares das articulações metacarpofalangeanas, interfalangeanas, e do punho. O protocolo de captura adotado incluía a postura estática relaxada, movimentos de flexão/extensão e de pinça em posição neutra. O modelo foi testado com sete sujeitos saudáveis, obtendo resultados coerentes com a expectativa fisiológica. O protocolo foi adotado para avaliação de uma paciente com hanseníase e garra ulnar. Os resultados serão utilizados para quantificar a progressão do quadro clínico após a cirurgia de transferência de tendão.

**Palavras-chave:** Modelagem cinemática, movimento da mão, hanseníase, garra ulnar.

**Abstract:** *This work proposes a hand kinematics tracking methodology applied to Hansen's disease patients with ulnar palsy. A hand kinematic model was developed, calculating metacarpophalangeal, interphalangeal and wrist joint angles. The capture protocol adopted in this work included a static relaxed position, flexion/extension and pinch movements. The model was tested with seven normal subjects, with results according to the physiological expectation. The protocol was used to evaluate the kinematics of a patient with Hansen's disease and ulnar claw. The results will be used to access results obtained from tendon transfer surgery.*

**Keywords:** *kinematics modeling, hand movement, Hansen's disease, ulnar claw.*

### Introdução

Extinta na maior parte do mundo desenvolvido, a hanseníase tem no Brasil números preocupantes. O país apresenta o segundo maior número de novos infectados a cada ano, com 30 mil em 2011, perdendo apenas para a Índia, com uma média de 150 mil infectados ao ano [1].

Um quadro bastante comum em pacientes com hanseníase é o do movimento de “garra”, que ocorre devido ao lesionamento do nervo ulnar [2]. Por ser

responsável pelas inervações do quarto e quinto dedos, uma lesão no nervo ulnar pode levar à hiperextensão das articulações metacarpofalangeanas e à hiperflexão das interfalangeanas proximais. O quadro pode ser revertido, parcialmente, por meio de uma cirurgia de transferência de tendão [3] combinada à fisioterapia. No entanto, a seleção da alternativa cirúrgica a ser empregada, forma de tensionamento do tendão e pontos de inserção é feita de maneira empírica.

O desenvolvimento de um modelo cinemático e sua aplicação para avaliação desta patologia seria de grande valor para a evolução das alternativas de tratamento. A medição da cinemática permite que se avalie a evolução do quadro patológico e a eficácia da terapêutica adotada. Os dados podem ser usados, futuramente, para ajuste de um modelo dinâmico que busque reproduzir a intervenção cirúrgica.

### Materiais e métodos

Para a captura do movimento, foi utilizado o sistema de cinemetria BTS-Smart. Câmeras de infravermelho são posicionadas para tracking da posição de marcadores reflexivos afixionados às superfícies de interesse. Neste trabalho, foi adotado um protocolo de marcação com 23 marcadores [4], como mostra a Figura 1. A sequência de testes se inicia com a captura da mão em postura estática. Em seguida, o sujeito é instruído a realizar movimentos de flexão e extensão, iniciando e finalizando em extensão máxima. Por fim, o sujeito faz o movimento de pinça, para que se avalie a capacidade de adução das articulações comprometidas. Cada etapa foi coletada ao menos três vezes por sujeito, sendo selecionada a captura de maior qualidade reconstrutiva. Foram capturados os movimentos de sete sujeitos saudáveis e uma paciente com hanseníase e comprometimento do nervo ulnar.

O modelo cinemático desenvolvido para estimativa dos ângulos articulares envolve as etapas de: definição de sistemas de referência locais situados em cada centro articular, orientação dos sistemas de referência de acordo com o padrão definido pela ISB [5] e extração de ângulos articulares por ângulos de Euler entre centros articulares proximais e distais. Os ângulos de Euler seguem a convenção ZYX [6], na sequência:

flexão/extensão (Z), pronação/supinação (Y) e adução/abdução (X). Medições realizadas com um paquímetro foram utilizadas para a estimativa dos centros articulares. O modelo cinemático foi implementado no software BTS-Smart Analyser.



Figura 1: Protocolo de marcação adotado no trabalho. Marcadores de 10 mm de diâmetro definem o plano de seção do pulso. Os marcadores restantes têm 4 mm de diâmetro, exceto o da articulação trapézio-metacarpiana, com 6 mm.

As trajetórias angulares foram processadas no software MATLAB. Foi aplicado um filtro passa baixas Butterworth de 4Hz para suavizar as curvas de movimento, excluindo altas frequências provenientes de erros de reconstrução. Trechos anteriores e posteriores ao movimento efetivo foram retirados para que pudesse ser feita a normalização dos dados. O critério adotado para início e final do movimento foi variação do ângulo articular superior a 2,5% da amplitude articular total. Os dados foram normalizados e médias e desvios padrão dos ângulos articulares foram calculados para sujeitos saudáveis ao longo do movimento.

Foram obtidas curvas médias relativas ao movimento de flexão/extensão e de pinça para 13 articulações, incluindo: metacarpofalangeanas, interfalangeanas proximais e interfalangeanas distais de todos os dedos exceto o polegar, além da interfalangeana do polegar. Para o quadro patológico avaliado, o movimento da interfalangeana do polegar é pouco informativo.

## Resultados

A legenda das articulações medidas pode ser vista na Tabela 1. A Tabela 2 mostra amplitudes articulares obtidas pelo modelo para sujeitos saudáveis durante o movimento de flexão/extensão.

A Tabela 3 mostra a comparação entre os ângulos de flexão de sujeitos saudáveis e da paciente com hanseníase em postura estática. A medição do caso patológico mostrou, para o quarto e quinto dedos, hiperflexão acentuada das articulações interfalangeanas proximais, que apresentam flexão em torno de 77° superior à média de sujeitos saudáveis. Para as metacarpofalangeanas, a hiperextensão é superior à média de sujeitos saudáveis em cerca de 23° para o

quarto dedo, e 26° para o quinto. A amplitude de flexão de todas as articulações distais é reduzida em comparação à curva média de sujeitos saudáveis.

Tabela 1: Legenda de siglas adotadas no trabalho. Os números se referem aos dedos onde estão situadas as articulações.

Sigla	Descrição
MCP	Articulações metacarpofalangeanas
PIP	Articulações interfalangeanas proximais
DIP	Articulações interfalangeanas distais

Tabela 2: Amplitudes angulares de flexão/extensão e adução/abdução obtidas para sujeitos saudáveis durante movimento de flexão/ extensão. A flexão é positiva.

Sigla	Flexão/ Extensão (°)	Adução/ Abdução (°)
MCP2	53.16	7.23
MCP3	62.59	12.68
MCP4	66.62	26.92
MCP5	68.74	46.09
PIP2	102.62	13.52
PIP3	101.42	16.67
PIP4	106.99	18.69
PIP5	88.87	25.57
DIP2	53.34	4.63
DIP3	78.56	6.88
DIP4	68.07	5.68
DIP5	64.09	5.52

Tabela 3: Comparação de ângulos de flexão em postura estática. Ângulos negativos indicam extensão.

Sigla	Flexão normal (°)	Flexão patológica (°)	Diferença absoluta (°)
MCP2	-10.63 ± 3.78	-16.14	5.51
MCP3	-11.55 ± 2.23	-24.65	13.10
MCP4	-14.60 ± 1.29	-40.52	25.92
MCP5	-17.29 ± 2.26	-40.35	23.07
PIP2	-0.68 ± 2.68	30.14	30.81
PIP3	-2.59 ± 6.5	44.73	47.31
PIP4	0.85 ± 8.31	77.05	76.20
PIP5	-3.69 ± 10.62	74.02	77.71
DIP2	-0.69 ± 5.08	-2.19	1.50
DIP3	-7.00 ± 5.08	-10.93	3.93
DIP4	2.54 ± 5.81	-28.74	31.28
DIP5	14.95 ± 9.53	-2.63	17.57

No movimento de flexão/extensão, as diferenças mais consideráveis foram vistas em PIP4 e PIP5. Ambas apresentam um quadro acentuado de hiperflexão, com redução pela metade da amplitude angular de PIP5, como mostram as Figuras 2 e 3.

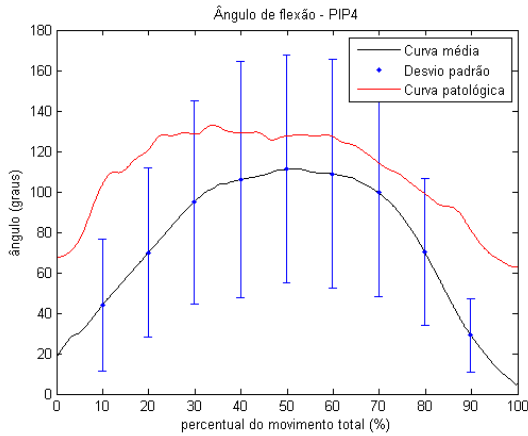


Figura 2: Ângulo de flexão de PIP4 durante o movimento de flexão/ extensão.

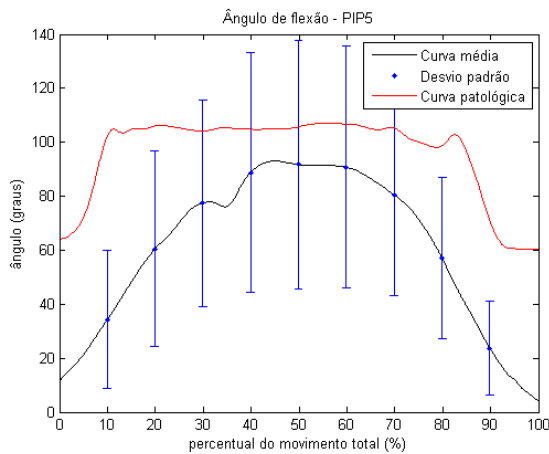


Figura 3: Ângulo de flexão de PIP5 durante o movimento de flexão/ extensão.

As Figuras 4, 5 e 6 mostram as variações angulares das articulações do quarto e quinto dedos ao longo do movimento de pinça. Na Figura 4, a trajetória angular de MCP5 sofre pouca variação, indicando o comprometimento da capacidade de adução desta articulação no caso patológico. É interessante observar a hiperflexão e baixa variação angular de PIP4 e PIP5. Conjuntamente com a ausência de adução de MCP5, os dados indicam que o quarto e o quinto dedos não participam do movimento de pinça, se mantendo hiperflexionados.

**Discussão**

Os resultados de amplitudes angulares obtidos pelo modelo para sujeitos saudáveis estão coerentes com a expectativa fisiológica [7] para quase todas as

articulações. As articulações interfalangeanas proximais apresentam deslocamentos angulares relativos à adução/abdução significativamente acima do esperado, possivelmente devido ao deslocamento da pele ao redor das articulações metacarpofalangeanas .

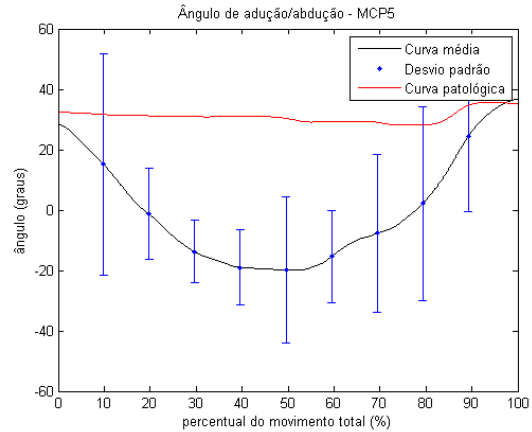


Figura 4: Ângulo de abdução de MCP5 durante o movimento de pinça.

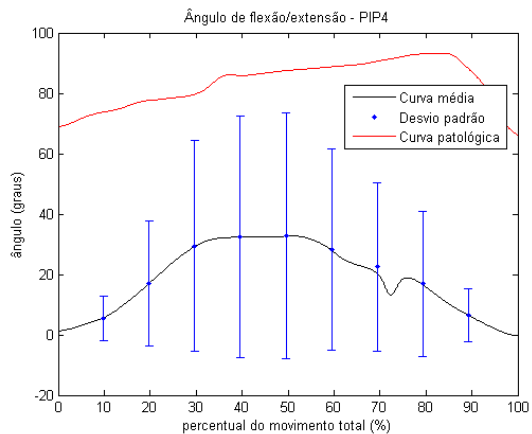


Figura 5: Ângulo de flexão de PIP4 durante o movimento de pinça.

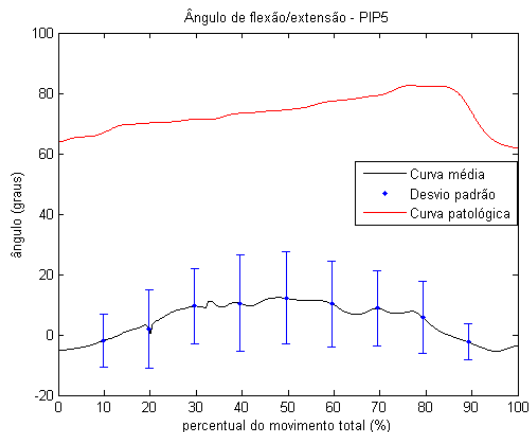


Figura 6: Ângulo de flexão de PIP5 durante o movimento de pinça.

Percebe-se uma variação considerável dos deslocamentos angulares da paciente com relação à curva normal do quarto e quinto dedos, em ambos os movimentos. No entanto, o desvio padrão da curva de sujeitos saudáveis é bastante alto, dificultando a caracterização do quadro patológico. A alta variabilidade pode ser tanto devida ao baixo número de sujeitos, como à flexibilidade do protocolo. Instruções foram dadas apenas com relação à postura inicial e final do movimento, ficando a forma de flexão e extensão à critério do sujeito. Um protocolo mais específico deve ser adotado no futuro do trabalho, bem como a medição com mais sujeitos.

### Conclusão

Um modelo cinemático da mão foi desenvolvido, obtendo resultados satisfatórios em testes com sujeitos saudáveis. A amplitude de adução/abdução das articulações interfalangeanas proximais durante o movimento de flexão/extensão foi superior à expectativa fisiológica [7]. Considerações para redução deste efeito devem ser incluídas no futuro deste trabalho.

O modelo foi adotado na avaliação de uma paciente com hanseníase e garra ulnar. Em postura estática, a paciente apresentou grau de flexão das articulações interfalangeanas proximais do quarto e quinto dedos cerca de 77° superior à média de sujeitos saudáveis. Para as articulações metacarpofalangeanas destes dedos, a hiperextensão supera a média de sujeitos saudáveis em cerca de 25°. A investigação do padrão de movimento mostra comprometimento da capacidade de adução da quinta metacarpofalangeana e de flexão das interfalangeanas proximais e distais do quarto e quinto dedos.

Perspectivas futuras incluem o uso da metodologia para quantificar a progressão do quadro clínico de pacientes com hanseníase após a cirurgia de transferência de tendão. A evolução do trabalho deve incluir a medição de mais sujeitos saudáveis e pacientes, bem como adoção de protocolo mais rígido, para melhor caracterização estatística dos resultados.

### Agradecimentos

Agradecemos à FAPERJ pelo suporte em diversas etapas do projeto e à CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

### Referências

- [1] World Health Organization. Weekly epidemiological record. *Wkly Epidemiol Rec* 2010;35:337–48.
- [2] Cavalvanti C. Forma neurítica pura da hanseníase com acometimento exclusivo do nervo ulnar – Relato de caso. *J Bras Neurocir* 2002:106–8.
- [3] Anderson GA. The surgical management of deformities of the hand in leprosy. *J Bone Jt Surg - Br* Vol 2006;88-B:290–4. doi:10.1302/0301-

620X.88B3.17100.

- [4] Cerveri P, Momi E, Lopomo N, Baud-Bovy G, Barros RML, Ferrigno G. Finger Kinematic Modeling and Real-Time Hand Motion Estimation. *Ann Biomed Eng* 2007;35:1989–2002. doi:10.1007/s10439-007-9364-0.
- [5] Wu G, van der Helm FCT, (DirkJan) Veeger HEJ, Makhsous M, Van Roy P, Anglin C, et al. ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion—Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. *J Biomech* 2005;38:981–92. doi:10.1016/j.jbiomech.2004.05.042.
- [6] Siciliano B, Khatib O, editors. *Springer handbook of robotics*. Berlin: Springer; 2008.
- [7] Kapandji IA. *The physiology of the joints: annotated diagrams of the mechanics of the human joints*. 5th ed. Edinburgh; New York: Churchill Livingstone; 1987.