

## BIOMECÂNICA DO PUNHO EM CRIANÇAS COM PARALISIA CEREBRAL: COMPARAÇÃO ENTRE O LADO AFETADO E O NÃO AFETADO

P.N. Barroso\*, L.F. Oliveira\*, G.M. Amaral\*\*, M. Pinotti\*\*, L.M.S. Almeida\*\*, L.L. Menegaldo\*

\*Programa de Engenharia Biomédica – COPPE/UFRJ, Brasil

\*\*Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

e-mail: patriciabarroso@recuperarte.com.br

**Resumo:** A proposta deste estudo foi comparar o volume muscular, a rigidez passiva, força muscular e habilidade manual nos antebraços não afetados e afetados de nove crianças com paralisia cerebral (PC) hemiparéticas por meio de ultrassom (US), dinamômetro isocinético (DI) e manual (DM). As crianças participantes foram analisadas e classificadas de acordo com 'the Manual Ability Classification System' em níveis I e II, idade  $8 \pm 13$  ( $10,44 \pm 1,81$ ). Os resultados mostraram diferenças nos parâmetros de espessura muscular. Exceto para a área da seção transversal do extensor ulnar do carpo, todas as medidas foram menores nos antebraços afetados comparados com os antebraços não afetados. A rigidez passiva (medida em Nm/rad) mostrou aumento nos antebraços afetados. O torque flexor, como medida da força muscular, foi significativamente maior nos movimentos de punho dos antebraços não afetados. Durante a execução do torque extensor apenas a posição de  $0^\circ$  não demonstrou diferença significativa entre os antebraços avaliados. Conclui-se que a combinação metodológica de US, DI, DM foi capaz de avaliar eficientemente diferenças morfofuncionais entre os antebraços não afetados e afetados em crianças com PC.

**Palavras-chave:** Paralisia cerebral, biomecânica, dinamometria.

**Abstract:** *This paper aims at comparing, between affected and unaffected forearm of nine cerebral palsy hemiparetic children, muscle volume, passive stiffness, muscle force and hand dexterity. The measurements were carried out, respectively, by ultrasound, isokinetic dynamometer, hand dynamometer and 'the Manual Ability Classification System'. For the last, inclusion criteria was levels I and II, age  $8 \pm 13$  ( $10.44 \pm 1.81$ ). All parameters have shown significant differences between both sides, with exception to the cross-sectional area of the extensor carpi ulnaris and extension torque at neutral position. It can be concluded that the applied methodology can be used to effectively evaluate functional and morphological differences between affected and unaffected sides of children with cerebral palsy.*

**Keywords:** *Cerebral palsy, biomechanics, dynamometry.*

### Introdução

A paralisia cerebral (PC) é uma encefalopatia não progressiva com etiologia pré, peri ou pós-natal. Essa patologia ocorre no período em que a criança encontra-se num ritmo acelerado de desenvolvimento, podendo comprometer o processo de aquisição de habilidades. Tal comprometimento pode interferir no seu desempenho funcional, dificultando a realização de tarefas e atividades normalmente realizadas por crianças com desenvolvimento típico [1]. É uma disfunção predominantemente sensoriomotora, apresentando distúrbios no tônus muscular, postura e movimentação voluntária [2]. De um modo geral, as alterações do tônus muscular manifestam-se variando entre hipotonicidade e hipertonicidade. A imobilização por desuso, denervação, traumas ortopédicos e outros levam ao desenvolvimento de atrofia e/ou degeneração muscular total ou parcial, em função da gravidade da lesão e do tempo de acometimento do processo. Progressivamente ocorre substituição do tecido muscular pelo tecido fibroso e/ou adiposo, de caráter irreversível. Porém, a imobilização parcial, por meio do uso de órteses, é um recurso terapêutico indicado para minimizar danos articulares e musculares causados pelo padrão hipertônico da PC [3].

O artigo propõe medir a função e a arquitetura dos músculos extensores e flexores de punho em crianças com PC espástica de topografia hemiparética, utilizando ultrassom de imagem e dinamometria, e comparando as medidas do lado comprometido com o não comprometido. Realizou-se a comparação entre os lados afetados e não afetados com o objetivo conhecer possíveis alterações consequentes dos efeitos da paralisia cerebral no músculo.

### Materiais e métodos

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais em 07 de outubro de 2013, (CAAE – 13683513.4.0000.5149). A amostra foi constituída de 9 crianças com paralisia cerebral (atendendo a compatibilidade da população descrita em publicações anteriores) do tipo hemiplegia espástica de ambos os sexos, sendo 7 meninos e 2 meninas, com idade entre 8 e 13 anos – não há diferença funcional entre os sexos

nessa faixa etária - (10,44±1,81), usuários de instituições de reabilitação da região metropolitana do município de Belo Horizonte, MG. Foi solicitada a assinatura dos termos de aceite elaborados das instituições participantes e dos responsáveis pelas crianças abordadas na amostra.

Para a comparação entre os grupos (membro não afetado versus membro afetado) utilizou-se o teste T. Os resultados foram considerados significantes para  $p < 0.05$ .

Os critérios de inclusão foram: diagnóstico médico documentado de PC do tipo hemiplegia espástica; idade entre 8 e 14 anos; capacidade cognitiva para a compreensão de ordens simples; estar em atendimento terapêutico ocupacional e/ou fisioterápico durante o período mínimo de um ano; apresentar graus 1 e 2 do Sistema de Classificação da Função Manual (The Manual Ability Classification System -MACS) **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Neste estudo o critério de exclusão foi definido pela presença de patologias associadas à coordenação de movimentos, como coréia e atetose. Os testes de força muscular e o posicionamento das crianças para os testes de rigidez muscular durante o estudo foram realizados sempre pela mesma examinadora, o que garantiu a consistência nos procedimentos de coleta de dados.

Como instrumentos da pesquisa foram utilizados o ultrassom para analisar os músculos, na região anterior do antebraço, o Flexor Ulnar do Carpo (FUC) e na região posterior do antebraço, o Extensor Ulnar do Carpo (EUC), em ambos os dimídios.

Para quantificação da rigidez passiva muscular passiva dos flexores e extensores do punho o estudo utilizou um dinamômetro isocinético Biodex System 3 Pro (Biodex Medical System, USA). A atividade da musculatura flexora e extensora desta articulação foi monitorada por meio de eletromiografia de superfície. Posteriormente, os dados de registro da rigidez passiva por meio do dinamômetro Biodex foram processados, em ambiente MatLab®, no programa desenvolvido especialmente para este estudo, que calculava a rigidez articular (Nm/rad) desconsiderando as influências da alavanca e normalizando os dados a partir do peso corporal.

Para o registro da força exercida, em direção à flexão ou extensão, foi utilizado um dinamômetro manual Microfet (Hoggan Health Industries, USA). A sensibilidade do aparelho pode ser regulada para o registro de variações de até 0,4 N, com amplitude de 3,6- 660 N.

Foram realizados testes de força muscular dos flexores e extensores de punho a 0° de flexão/extensão, a 30° de flexão e a 30° de extensão. As posições incluídas na amplitude média de 60° de flexo-extensão do punho foram escolhidas com o intuito de que representassem as posições articulares utilizadas em atividades cotidianas por indivíduos assintomáticos [5] (Kuo et al., 2013). Dessa forma, foram realizados testes isométricos nos dois extremos da amplitude média de 60° (30° de flexão e 30° de extensão) e na posição

intermediária (0° de flexão/extensão) registrando torques flexores e extensores.

Para os testes de força de flexores o suporte para apoio da mão foi posicionado contra a face palmar da mão e a criança foi solicitada a realizar força na direção da flexão de punho. A examinadora ofereceu resistência contra o movimento, posicionando o dinamômetro manual contra o apoio da mão, sempre no mesmo local identificado por um adesivo para evitar variações nos registros do dinamômetro devido a alterações no braço de alavanca do aparelho. A criança realizou três contrações isométricas máximas do grupo flexor de punho por 10 segundos [6] em cada uma das três posições. Posteriormente, calculou-se a média dos três resultados. Para testar a força dos extensores de punho o suporte para a aplicação de força foi posicionado de forma a fazer contato com o dorso da mão. A criança era solicitada a fazer força contra o suporte, na direção da extensão de punho.

## Resultados

A metodologia empregada foi capaz de medir alguns parâmetros da arquitetura muscular, a força muscular e a rigidez passiva dos músculos Flexor Ulnar do Carpo (FUC) e Extensor Ulnar do Carpo (EUC) em membros superiores de crianças com paralisia cerebral hemiparéticas.

Por meio do ultrassom foram medidos parâmetros morfofuncionais dos músculos FUC e EUC do antebraço afetado (A) e não afetado (N) (FIG. 1 A-C e 2 A-C). A média da área (cm<sup>2</sup>) do flexor ulnar do carpo (FUC) (FIG. 1) dos antebraços não afetados foi 1,2±0,16, enquanto os valores dos antebraços afetados foram 0,81±0,09 ( $p < 0,05$ ), conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros morfofuncionais do músculo Flexor Ulnar do Carpo (N=9) medidos com ultrassom

Parâmetro	Não Afetado	Afetado	(P<)
Área (cm <sup>2</sup> )	1,20 ± 0,16	0,81 ± 0,09	P < 0,05
Distância Ântero-posterior (mm)	7,82 ± 0,40	6,59 ± 0,33	P < 0,05
Perímetro (mm)	46,56 ± 2,65	38,73 ± 2,64	P < 0,05

Para o extensor ulnar do carpo (EUC) (FIG. 2.A) os valores dos não afetados foram 1.38±0.11 versus 0.98±0.1 ( $p < 0.02$ ). Exceto para a distância ântero-posterior de ASTA do músculo EUC, todas as medidas foram menores nos antebraços afetados das crianças participantes comparados com os braços não afetados. Os gráficos mostram que as medidas espessura do FUC (FIG.1.A), distância ântero-posterior (FIG 1.B) e perímetro (FIG 1.C) da ASTA foram significativamente menores no membro afetado em relação ao não afetado.

Os resultados mostrados nos gráficos abaixo indicam que as medidas referentes ao músculo extensor ulnar do carpo (EUC) de área (FIG.2.A), distância ântero-posterior (FIG 2.B) e perímetro (FIG 2.C) da ASTA foram também significativamente menores no membro

afetado em relação ao não afetado.

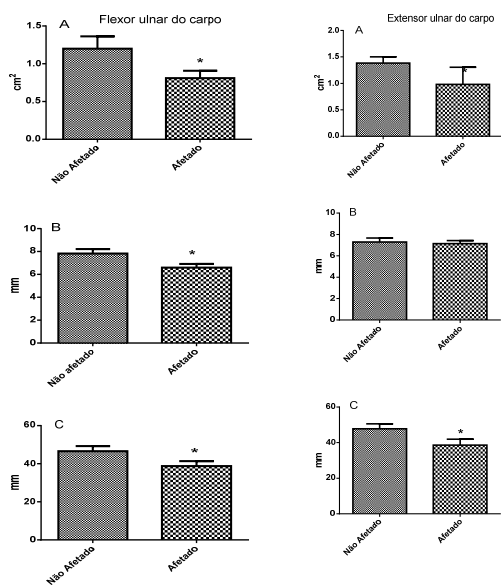


FIGURA 1 - Parâmetros morfofuncionais do músculo Flexor Ulnar do Carpo.  
1.A Área de maior secção do FUC;  
1.B Comprimento entre a porção anterior e a porção posterior da ASTA; 1.C Perímetro da ASTA.

FIGURA 2 - Parâmetros morfofuncionais do músculo Extensor Ulnar do Carpo.  
2.A Área de maior secção do EUC;  
2.B Comprimento entre a porção anterior e a porção posterior da ASTA; 2.C Perímetro da ASTA.

A força muscular medida com o dinamômetro manual nas mãos afetada e não afetada foi utilizada como um indicador do torque flexor a 30 graus extensão do punho (TF30ExN), torque flexor a zero grau do punho (TF0N), torque flexor a 30 flexão do punho (TF30FN), mostrados na Tabela 3 e Figura 3. Os valores obtidos foram significativamente diferentes. O torque de extensão a 30 graus de flexão (TE30FN) e o torque de extensão a 30 graus flexão (TE30FN) foram significativamente diferentes. As medidas do torque de extensão a 0 grau (TE0N) não foram diferentes (Tabela 4 e FIG. 4).

Tabela 3: Torque dos músculos flexores e extensores de punho dos antebraços não afetados e antebraços afetados pela paralisia cerebral executando torque flexor (N = 9)

Posicionamento da articulação do punho	Não Afetado	Afetado	(P<)
30° Flexão (N.m)	6,85 ± 0,92	2,05 ± 0,47	P < 0,05
0° (N.m)	6,31 ± 1,10	2,37 ± 0,49	P < 0,05
30° Extensão (N.m)	6,24 ± 1,26	3,22 ± 0,56	P < 0,05

As medidas de rigidez passiva dos músculos do punho por meio do dinamômetro isocinético (Biodex) mostrou diferenças significativas entre o membro afetado e o não afetado, (FIG. 5). A média (Nm/rad) dos antebraços não afetados foi 0.0103±0.002 versus antebraços afetados 0.056±0.02 (p<0.03) (Fig. 5).

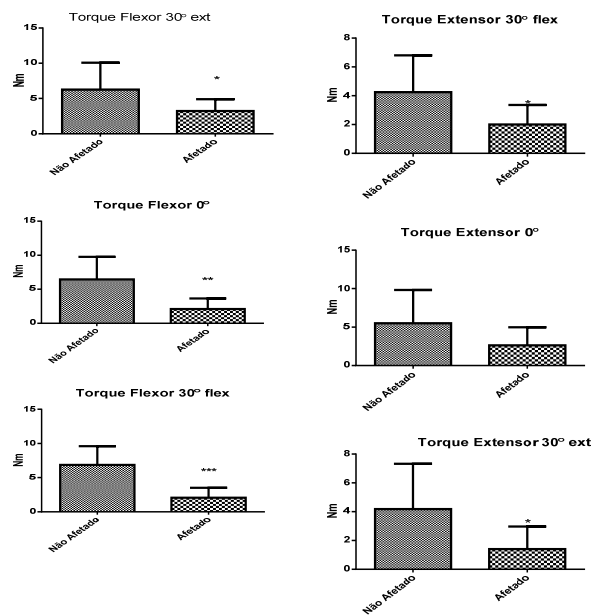


FIGURA 3 - Torque dos músculos flexores e extensores de punho dos antebraços não afetados e antebraços afetados pela paralisia cerebral executando torque flexor.

FIGURA 4 - Torque dos músculos flexores e extensores de punho dos antebraços não afetados e afetados pela paralisia cerebral executando torque extensor.

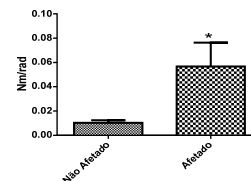


FIGURA 5 – Rigidez passiva dos antebraços afetado e não afetado pela paralisia cerebral.

Tabela 4: Torque dos músculos flexores e extensores de punho dos antebraços não afetados e antebraços afetados pela paralisia cerebral executando torque extensor. (N = 9)

Posicionamento da articulação do punho	Não Afetado	Afetado	(P<)
30° Flexão	4,24 ± 0,90	2,05 ± 0,47	P < 0,05
0°	5,50 ± 1,44	2,61 ± 0,79	P < 0,05
30° Extensão	4,17 ± 1,10	1,40 ± 0,56	P < 0,05

## Discussão

Os resultados mostraram que, das seis medidas, apenas a área da seção transversal do EUC não foi significativamente menor no membro afetado, em relação ao não afetado, indicando a ocorrência de adaptações teciduais em crianças com PC. Já foi mostrado que crianças com PC usam o punho predominantemente em flexão durante a execução de atividades cotidianas gerando alterações e adaptações em suas características estruturais e funcionais [7], [8] que descrevem a atrofia muscular existente neste grupo. Nossos resultados também sinalizaram atrofia dos músculos nos antebraços afetados, mesmo em crianças com PC hemiparética incluídas na classificação MACS I e II, com níveis mais leves de espasticidade e funcionalidade bimanual preservada.

A partir da análise dos torques de resistência oferecidos pela articulação, em relação ao deslocamento angular percorrido durante o movimento passivo, diversos estudos têm demonstrado aumento da rigidez passiva de músculos dos membros inferiores de indivíduos com PC e de membros superiores em hemiplégicos adultos [9], [10]. Nossos resultados também mostraram esse aumento. Além disso, verificou-se uma associação negativa entre o volume dos músculos e as medidas de rigidez passiva. Ou seja, ocorre um decréscimo do volume dos músculos e um aumento da rigidez passiva. Estes resultados estão de acordo com os resultados de Lieber et al.[11]. Esses autores descreveram como as mudanças estruturais do tipo tamanho da fibra, distribuição do tipo de fibra, rigidez e matriz extracelular, contribuem para a espasticidade. Nossos resultados entraram em conflito com os relatos de Ohata et al. (2008), que não encontraram relação entre espasticidade e espessura muscular. Contudo, diferenças na metodologia utilizada para medir rigidez passiva (Escala Modificada de Ashworth versus dinamômetro isocinético) podem ter contribuído para estes resultados conflituosos.

As medidas de força muscular, avaliadas por meio do dinamômetro manual, foram efetuadas em posições incluídas na amplitude média de 60° de flexo-extensão do punho. Estas posições foram definidas com o intuito de representar as posições articulares mais utilizadas em atividades cotidianas por indivíduos assintomáticos [12]. Os resultados encontrados aqui demonstraram a diminuição da força muscular nas três diferentes posições articulares avaliadas durante a execução de torque flexor. Apenas no torque extensor em 0° este resultado não foi encontrado. Este perfil de execução de força reforça a interpretação de ocorrência de remodelação tecidual dos músculos do punho de crianças com PC[13]. Estes resultados reforçam achados da literatura como Vaz et al.[13], em seu estudo comparando a força muscular exercida pelo punho entre crianças de desenvolvimento normal e crianças com PC, relatou que estas últimas apresentaram-se significativamente mais fracas com o punho em extensão em comparação as outras posições, tanto para flexores quanto para extensores.

### Conclusão

A metodologia deste estudo foi eficaz em mensurar a arquitetura muscular, a rigidez passiva e a força muscular e dos músculos flexores e extensores do punho em crianças com PC hemiparéticas. Nossos resultados mostraram uma associação negativa entre o volume dos músculos e a rigidez passiva. Cinco dos seis parâmetros medidos durante a execução de força muscular mostraram que os antebraços não afetados executaram força superior à executada pelos antebraços afetados.

### Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro do CNPq, FAPERJ, CAPES e FINEP.

### Referências

- [1] Lima, C.L.A.; Fonseca, L.F. Paralisia cerebral. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2004.
- [2] Wilton, J. Casting, splinting, and physical and occupational therapy of hand deformity and dysfunction in cerebral palsy. *Hand Clinical*, v. 19, p. 573-584, 2003.
- [3] Lannin, N.A.; Horsley, S.A.; Herbert, R.; Mccluskey, A.; Cusick, A. Splinting the hand in the functional position after brain impairment: a randomized, controlled trial. *Arch Physical Med Rehab*, v. 84, p. 297-302, 2003.
- [4] Arner, M.; Eliasson, A.C.; Nicklasson, S.; Sommerstein, K.; Hagglund, G. Report of 367 children in a population-based longitudinal health care program. *J Hand Surgery*, v. 33, p. 1337-1347, 2008.
- [5] Ko, I.H.; Kim, J.H.; Lee, B.H. Relationships between lower limb muscle architecture and activities and participation of children with cerebral palsy. *J ExercRehabil*, v.9, p. 368-374. 2013.
- [6] Bohannon,R.W.Test-retest reliability of hand-held dynamometry during a single session of strength assessment. *Phys Ther*, v. 66, p. 206-209, 1986.
- [7] Fournier,M. Is limb immobilization a model of muscle disuse? *Experimental Neurology*, v. 80, p. 147-156, 1983.
- [8] Castle,M.E.; Reyman,T.A.; Schneider,M. Pathology of spastic muscle in cerebral palsy. *Clinical Orthopaedics*, v.142, p. 223-232, 1979.
- [9] Tardieu,G.; Tardieu,C.Cerebral palsy. Mechanical evaluation and conservative correction of limb joint contractures. *Clin Orthop*, v. 219, p. 63-69, 1987.
- [10] Lin,J.P.; Brown,J.K.Peripheral and central mechanisms of hindfoot equinus in childhood hemiplegia. *Develop Med Child Neur*, v. 34, p. 949-965, 1992.
- [11]Lieber, R. Skeletal Muscle, Structure, Function, And Plasticity: The Physiological Basis of Rehabilitation. 3ªed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2010.
- [12]Schieber, M.H.; Santello, M. Hand function: peripheral and central constraints on performance. *J Apply Physiol*, v. 96, p.2293-2300, 2004.
- [13]Goubier, J.N.; Devin, L.; Miltom, D.; Lavaste, F.; Papageorgou, E. Normal range-of-motion. *Chirur. Main*, v.28, p. 297-300, 2009.
- [14]Vaz, D.V.; Mancini, M.C.; Fonseca, S.T.; Vieira, D.S.; Pertence, A.E.M. Muscle stiffness and strength and their relation to hand function in children with hemiplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, v. 48, p. 728-733, 2006.