Análise tridimensional da marcha em pacientes com mielopatia cervical submetidos a procedimento cirúrgico.

Thabata Pasquini Soeira, Alexandry Carvalho, Arielli de Souza Maximo, Carlos Fernando Pereira da Silva Herrero.

## Resumo

A mielopatia espondilótica cervical (MEC) é a degeneração da coluna cervical caracterizada pelo estreitamento do canal medular e pela compressão da medula espinal. A progressão da MEC, levando à compressão grave da medula espinal e paraparesia, pode ser evitada pelo tratamento cirúrgico precoce, que visa a descompressão e, frequentemente, a estabilização dos níveis da coluna afetados para prevenir degeneração adicional e evitar a progressão do comprometimento neurológico. Diversos pesquisadores clínicos postularam que a deficiência na marcha constitui a manifestação clínica mais proeminente da MEC, com isso a marcha vem sendo analisada e priorizada em avaliações, como um parâmetro contribuinte da evolução funcional dos indivíduos, enfatizando que a análise da marcha possui a vantagem de fornecer informações detalhadas e quantificáveis sobre os parâmetros da marcha, o que pode contribuir para a detecção de qualquer melhora funcional pós-operatória. O objetivo desse estudo é avaliar e correlacionar o impacto da cirurgia descompressiva na melhora da qualidade da marcha pré e pós procedimento cirúrgico, em indivíduos diagnosticados com MEC. A avaliação tridimensional da marcha foi realizada em indivíduos pré procedimento cirúrgico, 3 meses, 6 meses e 1 ano após o procedimento cirúrgico. Os indivíduos foram avaliados através de um sistema de oito câmeras de emissão infravermelha e duas plataformas de força. Para a captura do movimento, o sistema faz uso de dois tipos de marcadores: os marcadores de referência ou anatômicos e os marcadores de rastreamento, totalizando 17 marcadores. Cada indivíduo avaliado deambula pelo menos cinco vezes em toda a extensão da passarela, realizando entre oito e 12 passadas em cada volta, de acordo com o tamanho do seu passo. Após a análise dos dados, observamos que em relação ao GPS pré-operatório, não houve diferença no GPS no período pós-operatório para as variáveis Total Geral, Tornozelo flexão e extensão, Pelve inclinação, Quadril abdução e adução, Pelve rotação e Pé progressão. Houve diferença do GPS da Pelve Obliquidade aos 3 e 6 meses, em relação ao pré-operatório e do GPS do Quadril flexão e extensão, Joelho flexão e extensão e Quadril rotação no período pós-operatório tardio, em relação ao pré-operatório. A análise tridimensional da marcha em pacientes diagnosticados com MCE é de extrema importância para quantificar a melhora do padrão de marcha e assim traçar o melhor objetivo e conduta de tratamento.

**Palavras-Chave:** mielopatia, miolepatia cervical, análise da marcha, paraparesia espástica, cirurgia, funcionalidade.

#### **Abstract**

Cervical spondylotic myelopathy (ECM) is the degeneration of the cervical spine characterized by narrowing of the medullary canal and compression of the spinal cord. The progression of ECM, leading to severe spinal cord compression and paraparesis, can be prevented by early surgical treatment aimed at decompression and often stabilization of the affected spine levels to prevent further degeneration and to prevent the progression of neurological impairment. Several clinical researchers have postulated that gait deficiency is the most prominent clinical manifestation of ECM, thus gait has been analyzed and prioritized in evaluations as a contributing parameter of individuals functional evolution, emphasizing that gait analysis has the advantage of provide detailed and quantifiable information about gait parameters, which may contribute to the detection of any postoperative functional improvement. The aim of this study is to evaluate and correlate the impact of decompression surgery on the improvement of gait quality before and after surgery in individuals diagnosed with ECM. The three-dimensional gait assessment was performed in individuals before the surgical procedure, 3 months, 6 months and 1 year after the surgical procedure. The individuals were evaluated using a system of eight infrared emission cameras and two force platforms. To capture the movement, the system makes use of two types of markers: the reference or anatomical markers and the tracking markers, totaling 17 markers. Each evaluated individual walks at least five times along the entire length of the catwalk, performing between eight and 12 passes in each lap, according to the size of their step. The data obtained were subjected to appropriate statistical treatments to verify the correlation of the surgical procedure and the quality of gait in individuals diagnosed with ECM. After analyzing the data, we observed that in relation to the preoperative GPS, there was no difference in the GPS in the postoperative period for the variables General Total, Ankle flexion and extension, Pelvis tilt, Hip abduction and adduction, Pelvis rotation and Foot progression. There was a difference in the Pelvis Obliquity GPS at 3 and 6 months, in relation to the preoperative period, and in the GPS of the Hip flexion and extension, Knee flexion and extension and Hip rotation in the late postoperative period, in relation to the preoperative period. Three-dimensional gait analysis in patients diagnosed with MCE is extremely important to quantify the improvement in gait pattern and thus outline the best goal and treatment approach.

**Keywords:** myelopathy, cervical myiolepathy, gait analysis, spastic paraparesis, surgery, functioning.

# Introdução

A mielopatia espondilótica cervical (MEC) é causada pela compressão da medula espinal devido ao estreitamento do canal medular e pode provocar danos ao longo do tempo por ser uma doença degenerativa, resultando em perda de função e redução da qualidade de vida (NOURI et al., 2015; RAY et al, 2000; KING et al., 2003; TRACY, BARTLESON, 2010). A progressão da MEC, leva à compressão grave da medula espinal e paraparesia, e pode ser evitada pelo tratamento cirúrgico precoce (NURICK, 1972), que visa à descompressão e, frequentemente, a estabilização dos níveis da coluna afetados para prevenir degeneração adicional e evitar o aumento do comprometimento neurológico (JUMAH; NYAME, 1994; SIASIOS et al., 2017).

Sua epidemiologia permanece mal caracterizada. Sabemos que na América do Norte, a incidência e a prevalência foram estimadas em um mínimo de 4,1 e 60,5 por 100.000 indivíduos, respectivamente (NOURI et al., 2015). Em Taiwan, um estudo de base populacional relatou uma hospitalização anual de 4,04/100.000 pessoas (WU et al., 2013), e na Holanda, foi relatada uma incidência, baseada em um sistema de referência fixa, de 1,6/100.000 habitantes (BOOGAARTS, BARTELS, 2015).

A ressonância magnética (RM) é o método de imagem padrão ouro para a avaliação da compressão e comprometimento da medula espinal cervical, mas não demonstra todos os fatores relevantes (particularmente os dinâmicos) quando consideramos a etiopatogenia da MEC (BATZDORF, FLANNIGAN, 1991).

Todavia, o exame físico e os achados de imagem nem sempre são representativos da gravidade da condição clínica do indivíduo. Com isso, a marcha de indivíduos diagnosticados com MEC vem sendo analisada e priorizada em suas avaliações, como um parâmetro contribuinte da evolução funcional (CHIKUDA et al., 2001, WOODS et al., 2011), pois a avaliação objetiva da marcha pode detectar o comprometimento precoce.

Diversos pesquisadores clínicos postularam que as alterações nos padrões da marcha constituem a manifestação clínica mais proeminente da MEC, e sua melhora pode trazer um impacto positivo na recuperação da funcionalidade. Enfatizando que, a análise tridimensional da marcha possui a vantagem de fornecer informações detalhadas e quantificáveis sobre os parâmetros da marcha, o que pode contribuir para a detecção de qualquer melhora funcional pós-operatória (MAEZAWA, UCHIDA, BABA, 2001; MOORTHY et al., 2005).

Estudos anteriores de marcha paraespástica analisaram populações heterogêneas e não possuem análise tridimensional da marcha muito detalhada em indivíduos diagnosticados com esta condição de saúde durante as fases de pré e pós o procedimento cirúrgico.

Embora haja na literatura diversos trabalhos relacionados à cirurgia de indivíduos diagnosticados com MEC, existem poucos que avaliam quantitativamente e qualitativamente o desempenho funcional desse indivíduo e que avaliam o impacto da cirurgia descompressiva na sua independência funcional. Assim, o estudo buscou avaliar e correlacionar o impacto da cirurgia descompressiva na melhora da qualidade da marcha pré e pós procedimento cirúrgico, em indivíduos diagnosticados com MEC.

### Materiais e Métodos

Esse estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo – HCRP-USP, junto à Plataforma Brasil (CAAE: 45414615.9.0000.5440), atendendo às prerrogativas da Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, quanto aos parâmetros de pesquisa com seres humanos. Os voluntários que concordaram em participar da pesquisa assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE, após os esclarecimentos sobre o estudo. Trata-se de um estudo metodológico, observacional, longitudinal e prospectivo, com abordagem de análise quantitativa.

O recrutamento de participantes para este estudo ocorreu junto ao Centro de Reabilitação do HCRP (CER), onde foram identificados indivíduos diagnosticados com MCE e que se encontravam em seguimento na reabilitação pré e pós cirurgia descompressiva. A identificação desses participantes ocorreu perante o contato direto dos pesquisadores desse estudo com os fisioterapeutas do CER. As informações demográficas e clínicas relativas à patologia e suas complicações foram extraídas a partir dos registros em prontuário eletrônico do HCRP. Durante a rotina clínica dos pacientes foram colhidas 13 avaliações que foram aproveitadas mediante concordância e assinatura do TCLE. O HCRP é o serviço de referência para o trauma na coluna e para a reabilitação desses pacientes na região de Ribeirão Preto, Franca, Barretos e Araraquara para atendimento de reabilitação multiprofissional, que corresponde a cerca de 4.000.000 de habitantes.

A análise tridimensional da marcha dos indivíduos participantes dessa pesquisa foi realizada no Laboratório de Análise do Movimento (LAM) do CER, seguindo o protocolo de avaliação do LAM, todos os participantes da pesquisa foram submetidos a avaliação

tridimensional da marcha, avaliação de força muscular manual e avaliação da mobilidade articular. Os pacientes foram selecionados por critérios de inclusão e exclusão específicos. Assim os indivíduos que podiam participar da amostra deviam ser de ambos os sexos, acima de 18 anos, com diagnóstico confirmatório de mielopatia cervical espondilótica (MCE), realizado pelo exame de imagem (ressonância magnética dinâmica) e que estivessem em concordância em participar do estudo assinando o TCLE. Os pacientes seriam excluídos do estudo se possuíssem doença respiratória ou cardíaca grave que impedisse a realização da marcha, distúrbios neurológicos coexistentes ou história de doença neurológica com déficit persistente que pudessem influenciar na marcha e problemas musculoesqueléticos sintomáticos que afetam a marcha. Foram realizadas avaliações no período pré-operatório, 3 meses, 6 meses e 1 ano após o procedimento cirúrgico, totalizando 4 avaliações em períodos diferentes e com duração máxima de 1 hora, conforme exemplificado no quadro abaixo.

O Laboratório de Análise do Movimento (LAM) do centro de Reabilitação do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto conta com um sistema de oito câmeras de emissão infravermelha da marca Qualisys modelo Oqus 300 posicionadas e fixadas a aproximadamente 2,6 m do chão para captura do movimento do corpo a partir da colocação de marcadores refletivos na pele. Duas plataformas de força da marca Bortec, modelo FP 4060-08, medindo 60cm x 40cm, sincronizadas com o sistema de câmeras, trabalhando com frequência de aquisição de 100Hz, fornecendo o COP (X e Y), Força (X, Y e Z) e Momento (X, Y e Z). Desta forma, é atribuído ao modelo um sistema de coordenadas para cada segmento, de maneira coerente com a definição de planos e eixos anatômicos. Para a captura do movimento, o sistema faz uso de dois tipos de marcadores: os marcadores de referência ou anatômicos e os marcadores de rastreamento. Os marcadores de referência são necessários para a construção do modelo biomecânico a partir da identificação do comprimento dos segmentos, a localização dos eixos articulares (Perry, 2005, Collins et al., 2009). Os marcadores de referência são esféricos, com 19mm de diâmetro. Os segmentos construídos foram pelve, coxa, perna e pé. As referências anatômicas para a colocação dos marcadores são identificadas por meio da palpação e incluem os seguintes pontos: crista ilíaca ântero-superiores, ponto médio do sacro entre as espinhas ilíacas póstero superiores, epicôndilos laterais femorais, maléolos laterais, tuberosidade dos calcâneos e ponto médio entre II e III metatarsos. Os marcadores de rastreamento têm como objetivo rastrear a trajetória de cada segmento durante o movimento por meio de no mínimo três marcadores por segmento, posicionados de forma não-colinear (Perry, 2005, Collins et al., 2009). Nos segmentos coxa, perna e pé são usados os marcadores de rastreamento, fixados lateralmente no ponto médio de coxa e perna.

Primeiramente, foi obtida a posição de referência, necessária para a identificação dos segmentos pelo sistema. Para isso, os indivíduos foram instruídos a permanecer em posição ortostática, com os pés alinhados, no centro da passarela. A captação desse dado foi realizada por cinco segundos. Após esta coleta, os marcadores de referência foram retirados, permanecendo apenas os marcadores de rastreamento. Em seguida, os indivíduos foram instruídos a caminhar descalços, em uma velocidade confortável, ao longo da passarela emborrachada. Cada indivíduo avaliado deambulou pelo menos cinco vezes em toda a extensão da passarela, realizando entre oito a doze passadas em cada volta, de acordo com o tamanho do seu passo.

Para realizar a análise estatística foi utilizado o *Software SPSS* versão 24 para Windows (ARMONK, NY, USA).

Foram realizadas análises descritivas com medidas de tendência central e dispersão, as variáveis foram avaliadas quanto a normalidade com Teste de Kolmogorov-Smirnov, em seguida as variáveis do GPS e MAP de indivíduos considerados saudáveis foram comparadas com indivíduos diagnosticados com MCE, pelo Teste T de amostras independentes ou Teste Mann-Whitney, por fim a análise inferencial com a comparação de todas as variáveis foram comparadas com o período pré operatório utilizando o Teste T de amostras pareadas.

#### Resultados

A amostra total desse estudo foi composta por 13 indivíduos diagnosticados com MCE, porém ao longo do estudo 1 indivíduo faleceu e o outro optou por abandonar o estudo, sendo assim a amostra foi composta por 11 indivíduos, com média de idade de 63,7 anos, prevalecendo homens (81,3%), média de peso de 78,6 quilos, altura média de 1,70 cm e média de comprimento de MMII de 86,0 cm. Com relação ao nível cirúrgico a predominância foi o procedimento em região de C3-C6, totalizando 6 indivíduos, 100% dos indivíduos tiveram acesso cirúrgico pela via posterior e obtiveram Grau 3 na Escala CFMM. O quadro clínico dos indivíduos foi caracterizado por 3 indivíduos apresentando fraqueza de MMII, 2 com hipoestesia de MMSS, 6 com parestesia de MMSS e 3 de MMII, 1 com urgência miccional, 6 com hiperreflexia, 2 com hiposensibilidade e 3 com clônus, já em relação a espasticidade somente 3 indivíduos apresentaram grau 1+, de acordo com a Escala de Ashworth Modificada, conforme descrito na tabela 1. Os indivíduos foram avaliados em 4 períodos distintos, porém nem todos compareceram às 4 avaliações..

Para a análise tridimensional da marcha foram utilizados o GPS e o MAP de cada um dos momentos avaliados, e comparados com uma amostra de indivíduos considerados

saudáveis, com as mesmas características da amostra deste estudo. As variáveis foram avaliadas quanto à normalidade com Teste de Kolmogorov-Smirnov, descrito abaixo na Tabela 2.

Foram realizados dois gráficos para compor os resultados desse estudo, um gráfico em função do período avaliado e outro considerando todos os períodos avaliados de forma único.

Pode-se observar que a grande maioria dos segmentos avaliados apresentaram diferenças entre a amostra comparada, em todos os tempos, porém os segmentos pelve inclinação, quadril abdução e adução e pelve rotação são os que menos apresentando diferença em relação ao tempo e a amostra comparada (Figura 2).

A comparação entre as variáveis do GPS e MAP de indivíduos considerados saudáveis com indivíduos diagnosticados com MCE, foi realizada pelo Teste T de amostras independentes ou Teste Mann-Whitney, conforme a Tabela 3.

Por fim, foi realizado a comparação dos valores de GPS e MAP em 3 meses, 6 meses e tardio em relação ao período pré-operatório, pelo Teste T de amostras pareadas, sendo utilizada somente a amostra de pacientes diagnosticados com MCE, como demonstrado na Tabela abaixo (Tabela 4).

Após a análise das Tabelas e Figuras, podemos concluir que em relação ao GPS préoperatório, não houve diferença no GPS no período pós-operatório para as variáveis Total Geral, Tornozelo flexão e extensão, Pelve inclinação, Quadril abdução e adução, Pelve rotação e Pé progressão. Houve diferença do GPS da Pelve Obliquidade aos 3 e 6 meses, em relação ao pré-operatório e do GPS do Quadril flexão e extensão, Joelho flexão e extensão e Quadril rotação no período pós-operatório tardio, em relação ao pré-operatório.

### Discussão

Foi observado que o GPS não sofreu alterações ao longo do tempo em relação aos lados direito e esquerdo. No entanto, o hemicorpo esquerdo foi o que apresentou maiores diferenças quando comparado ao hemicorpo direito. As diferenças significativas analisadas pelo MAP, entre as avaliações, evidenciaram uma diferença maior nas extremidades distais do que proximais. Analisando a marcha pós - operatória, os resultados do GPS e MAP mostraram que não houveram diferença do pré - operatório para o pós - operatório no total geral. Benjamin M Davies et. al. descreve que os sintomas da Mielopatia Cervical Degenerativa piora e são contínuos por meses, contudo o tempo de progressão varia em cada paciente, esse declínio funcional pode ser insidioso, mas os próprios pacientes atribuem ao envelhecimento

erroneamente. Assim, a marcha alterada progride ao longo do tempo, mesmo com a intervenção cirúrgica, por se tratar de uma doença degenerativa.

Outra hipótese, é a de que essa doença pode ser desencadeada por fatores genéticos, síndromes como a Síndrome de Down e a Síndrome de Klippel - Feil, e anomalias congênitas. Desse modo, apesar da intervenção cirúrgica a funcionalidade desses pacientes ainda estaria comprometida (ARIA NOURI et al.; 2015).

Em relação às alterações da obliquidade da pelve (no período de 3 e 6 quando comparado ao pré operatório) e a flexão e extensão de quadril e joelho, e rotação da pelve (no período tardio quando comparado ao pré operatório), Kuhtz-Buschbeck JP et. al. também relataram essas diferenças em seu estudo, isso ocorre possivelmente devido a uma compensação que produz um padrão de marcha protetor, associado respectivamente ao comprometimento do equilíbrio desses pacientes.

Como limitações, nosso estudo apresentou um número de amostra relativamente pequeno, isso aconteceu devido à escassez de pacientes com a doença. Também, não avaliamos o protocolo de reabilitação fisioterapêutica utilizado, que pode variar de acordo com cada instituição ou clínica, e de acordo com a progressão de cada paciente. Há estudos em que a fisioterapia foi aplicada antes e após o procedimento cirúrgico, nos pacientes que receberam o tratamento previamente, observando uma melhora maior. Dessa forma, para estudos futuros é interessante detalhar a reabilitação pré e pós operatória.

#### Conclusão

A análise tridimensional da marcha em pacientes diagnosticados com MCE é de extrema importância para quantificar a melhora do padrão de marcha e assim traçar o melhor objetivo e conduta de tratamento, evidenciando a melhora da funcionalidade e da qualidade de vida do indivíduo.

# RERERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMES, C. P.; BLONDEL, B.; SCHEER, J. K., et al. Cervical radiographical alignment: comprehensive assessment techniques and potential importance in cervical myelopathy. Spine. v.38, p.149-60, 2013.

AN, H. S. Cervical root entrapment. Hand Clin. v.12, p.719-730, 1996.

BATISTE, D. C.; FEHLINGS, M. G. Pathophysiology of cervical myelopathy. Spine J. v. 6, p. 190-197, 2006.

BATZDORF, U.; FLANNIGAN, B. D. Surgical decompressive procedures for cervical spondylotic myelopathy: a study using magnetic resonance imaging. Spine. v. 16, p. 123-7, 1991.

BERNHARDT, M.; HYNES, R. A.; BLUME, H. W., et al. Cervical spondylotic myelopathy. J Bone Joint Surg Am. v. 75, p. 119-128, 1993.

BOHANNON, R.W. Manual muscle testing: does it meet the standards of an adequate screening test? Clin Rehabil, v. 19, p. 662-667, 2005.

BOOGAARTS, H.D.; BARTELS, R.H. Prevalence of cervical spondylotic myelopathy. Eur. Spine J. v. 24, p. 139-141, 2015.

BREIG, A.; TURNBULL, I.; HASSLER, O. Effects of mechanical stress on the spinal cord in cervical spondylosis: a study on fresh cadaver material. J Neurosurg. v.25, p.45-56, 1996.

CHAO, E. Y. Justification of triaxial goniometer for the measurement of joint rotation.

CHIKUDA, H., et al. Acute cervical spinal cord injury complicated by preexisting ossification of the posterior longitudinal ligament: a multicenter study. Spine. v.36, p.1453-1458, 2011.

CONRAD, B.; BENECKE, R.; MEINCK, H. M. Gait disturbances in paraspastic patients. In: Delwaide PJ, Young RR, editors. Clinical Neurophysiology in Spasticity. Amsterdam: Elsevier. p.155-74, 1985.

DANIELS, L.; WORTHINGHAM, C. Muscle testing: Techniques of manual examination. 5. ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1986, 14p.

DIETZ, V. Human neuronal control of automatic functional movements: Interaction between central programs and a\_erent input. Physiol. Rev. v.72, p.33-63, 1992.

FEHLINGS, M.; SKAF, G. A Review of the pathophysiology of cervical spondylotic myelopathy with insights for potential novel mechanisms drawn from traumatic spinal cord injury. Spine. v. 23, n. 24, p. 2730-6, 1998.

FENLIN, J. M. J. Pathology of degenerative disease of the cervicalspine. Orthop Clin North Am. v.2, p.371-87, 1971.

- HENDERSON, C. M.; HENESSY, R. G.; SHUEY, H. M. J.; et al. Posterior-lateral foraminotomy as na exclusive operative technique for cervical radilopathy: a review of 846 cnsecutively operated cases. Neurosurgery. v.13, p:504-512, 1983.
- HENDERSON, F. C.; GEDDES, J. F.; VACCARO, A. R., et al. Stecht-associated injury in cervical spondylotic myelopathy: new concept and review. Neurosurgery. v.56, p.1101-1113, 2005.
- HERZOG, R. J.; WIENS, J. J.; DILINGHAM, M. F.; SONTAG, M; J. Normal cervical spine morphometry and cervical spinal stenosis in asymptomatic professional football players: plain film radiography, multiplanar computed tomography, and magnetic resonance imaging. Spine. v. 16, p:178-186, 1991
- JÄGER, H. J.; GORDON-HARRIS, L.; MEHRING, U. M.; GOETZ, G. F.; MATHIAS, K. D. Degenerative change in the cervical spine and load-carrying on the head. Skeletal Radiol.v.26, p.475-81, 1997.
- JAUMARD, N. V.; UDUPA, J. K.; SIEGLER, S. et al. Three-dimensional kinematic stress magnetic resonance image analysis shows promise for detecting altered anatomical relationships of tissue in the cervical spine associated with painful radiculopathy. Med Hypotheses. v.81, n.4, p.738-744, 2013.
- JUMAH, K.B.; NYAME, P. K. Relationship between load carrying on the head and cervical spondylosis in Ghanaians. West Afr J Med. v. 13, n. 3, p. 181-2, 1994.
- KAWAGUCHI, Y.; KANAMORI, M.; ISHIHARA, H., et al. Pathomechanism of mielopathy and surgical results of laminoplasty in elderly patients with cervical spondylosis. Spine. v. 28, p. 2209-2214, 2003.
- KENDALL, F.P., MCCREARY, EK, PROVANCE, PG. Músculos, Provas e Funções. 4. ed. Sao Paulo: Manole, 1995. 179p.
- KERRIGAN, D. C.; GRONLEY, J.; PERRY, J. Stiff-legged gait in spastic paresis. A study of quadriceps and hamstrings muscle activity. Am J Phys Med Rehabil. v.70, p.294-300, 1991.
- KIDD, G.; LAWES, N.; MUSA, I. Understanding Neuromuscular Plasticity: A Basic for Clinical Rehabilitation; Edward Arnolds: London, UK, 1992.
- KING, J.T., JR.; MCGINNIS, K.A.; ROBERTS, M.S. Quality of life assessment with the medical outcomes study short form-36 among patients with cervical spondylotic myelopathy. Neurosurgery. v.52, p.113-120, 2003.
- KRAWETZ, P.; NANCE, P. Gait analysis of spinal cord injured subjects: effects of injury level and spasticity. Arch Phys Med Rehabil. v.77, p.635-8, 1996.
- KUWAZAWA, Y.; BASHIR, W.; POPE, M. H.; TAKAHASHI, K.; SMITH, F. W. Biomechanical aspects of the cervical cord: effects of postural changes in healthy volunteers using positional magnetic resonance imaging. J Spinal Disord Tech. v.19, n.5, p. 348-352, 2006.

KUWAZAWA, Y.; POPE, M. H.; BASHIR, W.; TAKAHASHI, K.; SMITH, F. W. The length of the cervical cord: effects of postural changes in the healthy volunteers using positional magnetic resonance imaging. Spine. v.31, n.17, p.579-583, 2006.

MAEZAWA Y, UCHIDA K, BABA H. Gait analysis of spastic walking in patients with cervical compressive myelopathy. J Orthop Sci. v.6, p.378-384, 2001.

MALONE, A.; MELDRUM, D.; BOLGER, C. Gait impairment in cervical spondylotic myelopathy: Comparison with age- and gender-matched healthy controls. Eur. Spine J. v.21, p.2456-2466, 2012.

MARQUES, A. P., Manual de goniometria. São Paulo: Manole, 3ed, 2014.

MELUZZI, A., et al. Avaliação das técnicas cirúrgicas para tratamento da mielorradiculopatia espondilótica cervical. Coluna/Columna. v.11, n.1, p. 42-51, 2012.

MOORTHY, R. K., et al. Quantitative changes in gait parameters after central corpectomy for cervical spondylotic myelopathy. J Neurosurg Spine. v.2, p.418-424, 2005.

MOORTHY, R. K.; BHATTACHARJI, S.; THAYUMANASAMY, G.; RAJSHEKHAR, V. Quantitative changes in gait parameters after central corpectomy for cervical spondylotic myelopathy. J Neurosurg Spine. v.2, n.4, p.418-24, 2005.

NETTER, Frank H. **Atlas de anatomia humana**. 7<sup>a</sup> ed. RIO DE JANEIRO: Elsevier, 2019. 602 p.

NOURI, A.; CHENG, J. S.; DAVIES, B.; KOTTER, M.; SCHALLER, K.; TESSITORE, E. Degenerative Cervical Myelopathy: A Brief Review of Past Perspectives, Present Developments, and Future Directions. J. Clin. Med. v.9, p.535, 2020.

NOURI, A.; TETREAULT, L.; SINGH, A.; KARADIMAS, S. K.; FEHLINGS, M. G. Degenerative Cervical Myelopathy: Epidemiology, Genetics, and Pathogenesis. SPINE v.40, n.12, p.675-693, 2015.

NOURI, A.; TETREAULT, L.; SINGH, A.; KARADIMAS, S.K.; FEHLINGS, M.G. Degenerative Cervical Myelopathy: Epidemiology, Genetics, and Pathogenesis. Spine. v.40, p.675-693, 2015.

NURICK, S. The natural history and the results of surgical treatment of the spinal cord disorder associated with cervical spondylosis. Brain. v.95, p.101-8, 1972.

ONO, K.; OTA, H.; TADA, K. et al. Cervical myelopathy secondary to multiple spondylotic protrusions: a clinicopathologic study. Spine. v. 2, p.109-125, 1977.

PERRY, J. Análise da marcha. 1 ed. v.3. 2004.

PINTO, R. P., et al. Tratamento cirúrgico por via anterior na mielopatia cervical espondilótica com seguimento mínimo de dez anos. Coluna/columna. v. 9, n.2, p.171-178, 2010.

PRATALI, R. R.; SMITH, J. S.; ANCHESCHI, B. C.; MARANHO, D. A.; SAVARESE, A.; NOGUEIRA-BARBOSA, M. H.; HERRERO, C. F. P. S. A Technique for Dynamic Cervical

- Magnetic Resonance Imaging Applied to Cervical Spondylotic Myelopathy. Spine. v.44, n.1, p.26–32, 2018.
- RAO, R. D.; GOURAD, K.; DAVID, K. S. Operative treatment of cervical spondylotic myelopathy. J Bone Joint Surg Am. v. 88, p:1619-1640, 2006.
- RAY, S.K.; MATZELLE, D.D.; WILFORD, G.G.; HOGAN, E.L.; BANIK, N.L. Increased calpain expression is associated with apoptosis in rat spinal cord injury: Calpain inhibitor provides neuroprotection. Neurochem. Res. v.25, p.1191-1198, 2000.
- REESE, N. B. Testes de função muscular e sensorial. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- RHEE, J. M.; YOON, T.; RIEW, K.D. Cervical radiculopathy. J Am Acad Orthop Surg. v. 15, p. 486-494, 2007.
- ROH, J. S.; TENG, A. L.; YOO, J. U., et al. Degenerative disorders of the lumbar and cervical spine. Orthorp Clin North Am. v.36, p.255-262, 2005.
- ROSE, J.; GAMBLE, J. G. Human Walking. 3. ed. 2005. 273p.
- RYAN, S. K.; RIENMUELLER, A. C.; RIEHM, L.; CHAN, C.; JIN, D.; MARTIN, A. R.; BADHIWALA, J. H.; AKBAR, A. M.; MASSICOTTE, E. M.; FEHLINGS, M. G. Quantitative Assessment of Gait Characteristics in Degenerative Cervical Myelopathy: A Prospective Clinical Study. J. Clin. Med. v.9, p.752, 2020.
- SCHALAMANN, M.; REISCHKE, L.; KLASSEN, D, et al. Dynamic magnetic resonance imaging of the cervical spine using the NeuroSwing System. Spine. v. 32, n. 21, p.2398-2401, 2007.
- SIASIOS, I. D., et al. The Role of Gait Analysis in the Evaluation of Patients with Cervical Myelopathy: A Literature Review Study. World Neurosurgery. v. 101, p. 275-282, 2017.
- SMITH, J. S.; LAFAGE, V.; RYAN, D. J., et al. Association of myelopathy scores with cervical sagittal balance and normalized spinal cord volume: analysis of 56 preoperative cases from the AO Spine North America Myelopathy study. Spine. v.38, p. 161-70, 2013.
- STANLEY, J.H.; SCHABEL, S. I.; FREY, G. D.; HUGENFORD, G. D. Quantitative analysis of the cervical spinal canal by computed tomography. Neuroradiology. v. 28, p:139-143, 1986. TEIXEIRA, F. B.; JÚNIOR, A. R.; FILHO, M. C. M.; SPECIALI, D. S.; KAWAMURA, C. M.; LOPES, J. A. F.; BLUMETTI, F. C. Correlação entre exame físico e análise tridimensional da marcha na determinação dos desvios rotacionais em crianças com paralisia cerebral. Einstein (São Paulo). v.16, n.1, p.1-7, 2018.
- TRACY, J.A.; BARTLESON, J.D. Cervical spondylotic myelopathy. Neurologist. v.16, p.176-187, 2010.
- VAUGHAN, C. L.; DAVIS, B. L.; O'CONNOR, J. C. Dynamics of Human Gait. 2th. ed.
- VENTURINI, C.; ITUASSÚ, N. T.; TEIXEIRA, L. M.; DEUS, C. V. O. Confiabilidade intra e interexaminadores de dois métodos de medida de amplitude ativa de dorsiflexão de tornozelos

em indivíduos saudáveis. Revista Brasileira de Fisioterapia, São Carlos, v. 10, n. 4, out./dez. 2006.

VIOSCA, E.; MARTINEZ, J. L.; ALMAGRO, P. L.; GRACIA, A.; GONZÁLES, C. Proposal and validation of a new functional ambulation classification scale for clinical use. Arch Phys Med Rehabil. v.86, n.6, p.1234-8, 2005.

WHITTLE, M. W. Gait Analysis: An Introduction. 4. ed. 2007.

WIESER, E. S.; WANG, J. C. Surgery for neck pain. Neurosurgery, v. 60, p. 51-56, 2007.

WILDER, F.; FAHLMAN, L.; DONNELLY, R. Radiographic cervical spine osteoarthritis progression rates: a longitudinal assessment. Rheumatol Int. v. 31, p. 45-48, 2011.

WILSON, J. R.; BARRY, S.; FISCHER, D. J., et al. Frequency, timing, and predictors of neurological dysfunction in the nonmyelopathic patient with cervical spinal cord compression, canal stenosis, and/or ossification of the posterior longitudinal ligament. Spine (Phila Pa 1976). v. 38, p.37-54, 2013.

WINTER, D. A. Biomechanics and Motor Control of Human Movement. 2009. 386 p.

WOLFE, B. S.; KHILNANI, M.; MALIS, L. The sagital diameter of the bony cervical spinal canal and its significance in cervical spondylosis. J Mount Sinai Hosp. v. 23, p:283, 1956.

WOODS, B.I., et al. Laminoplasty versus laminectomy and fusion for multilevel cervical spondylotic myelopathy. Clin Orthop Relat Res. v.469, p.688-695, 2011.

WU, J.C.; KO, C.C.; YEN, Y.S.; HUANG, W.C.; CHEN, Y.C.; LIU, L.; TU, T.H.; LO, S.S.; CHENG, H. Epidemiology of cervical spondylotic myelopathy and its risk of causing spinal cord injury: A national cohort study. Neurosurg. Focus. v. 35, p. 10, 2013.

DAVIS, R. B., et. al. A gait analysis data collection and reduction technique. Human Movement Sci. v. 10, p. 575-87, 1991.

BAKER, R., et. al. The gait profile score and movement analysis profile. Gait & Posture. v. 30, p. 265-9, 2009.

SOFUWA, O., et. al. Quantitative gait analysis in Parkinson's disease: comparison with a healthy control group. Arch Phys Med Rehabil. v. 86, p. 1007-13, 2005.

BEYNON, S., et. al. Correlations of the Gait Profile Score and the Movement Analysis Profile relative to clinical judgments. Gait & Posture. v. 32, n. 1, p. 129-32, 2010.

SCHUTTE, L. M., et. al. An index for quantifying deviations from normal gait. Gait & Posture. v. 11, p. 25-31, 2000.

DEVETAK, G. F., et. al. Repetibilidade da pontuação do perfil da marcha (gps) para pacientes pós-ave: resultados preliminares. XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2014.

IBM Corp. Released 2016. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. Armonk, NY: IBM Corp.

# **ANEXOS**

Tabela 1- Informações biodemográficas e aspectos clínicos da amostra

Variável	Característica da amostra
Idade, anos $\pm$ D.P.	$63.7 \pm 8.63$
Sexo, n (%)	Masculino, 9 (81,8%)
Peso (kg), média ± D.P.	$78,6 \pm 10,43$
Altura (cm), média ± D.P.	$1,70 \pm 0,07$
Comprimento MMII (cm), média ± D.P.	$86.0 \pm 3.59$
Nível, (n)	C3-C6, (6)
	C3-C5, (1)
	C3-C7, (1)
	C4-C6, (1)
	C4-C7, (1)
	C5-C7, (1)
Via de acesso, n (%)	Via posterior, 11 (100%)
CFMM, (n)	Grau 3, (11)
Quadro clínico, (n)	Fraqueza de MMII, (3)
	Hipoestesia MMSS, (2)
	Parestesia MMSS, (6)
	Parestesia MMII, (3)
	Urgência miccional, (1)
	Hiperreflexia, (6)
	Hiposensibilidade, (2)

	Clônus, (3)
Escala de Ashworth Modificada, (n)	Grau 0, (8)
	Grau 1+, (3)

<sup>\*</sup>Legenda: n.: número de indivíduos; D.P.: desvio padrão; %: porcentagem.

**Tabela 2** – Teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov.

	Estat.	gl	Sig.
GPS Geral - pré	,211	14	,090
GPS Geral - 3 meses	,275	14	,005
GPS Geral - 6 meses	,402	14	,000,
GPS Geral - tardio	,315	14	,001
Pelve obliquidade - pré	,162	14	,200*
Pelve obliquidade - 3 meses	,191	14	,180
Pel1ve obliquidade - 6 meses	,178	14	,200*
Pelve obliquidade - tardio	,220	14	,065

Quadril flexão e extensão - pré	,105	14	,200*
Quadril flexão e extensão - 3 meses	,151	14	,200*
Quadril flexão e extensão - 6 meses	,177	14	,200*
Quadril flexão e extensão - tardio	,130	14	,200*
Joelho flexão e extensão - pré	,276	14	,005
Joelho flexão e extensão - 3 meses	,120	14	,200*
Joelho flexão e extensão - 6 meses	,183	14	,200*
Joelho flexão e extensão - tardio	,205	14	,116
Tornozelo flexão e extensão - pré	,170	14	,200*
Tornozelo flexão e extensão - 3 meses	,170	14	,200*
Tornozelo flexão e extensão - 6 meses	,127	14	,200*
Tornozelo flexão e extensão - tardio	,122	14	,200*
Pelve inclinação - pré	,251	14	, <mark>017</mark>
Pelve inclinação - 3 meses	,245	14	,022
Pelve inclinação - 6 meses	,132	14	,200*
Pelve inclinação - tardio	,173	14	,200*
Quadril abdução e adução - pré	,186	14	,200*

Quadril abdução e adução - 3 meses	,186	14	,200*
Quadril abdução e adução - 6 meses	,166	14	,200*
Quadril abdução e adução - tardio	,287	14	<mark>,003</mark>
Pelve rotação - pré	,233	14	, <mark>037</mark>
Pelve rotação - 3 meses	,193	14	,165
Pelve rotação - 6 meses	,229	14	<mark>,046</mark>
Pelve rotação - tardio	,183	14	,200*
Quadril rotação - pré	,158	14	,200*
Quadril rotação - 3 meses	,171	14	,200*
Quadril rotação - 6 meses	,198	14	,143
Quadril rotação - tardio	,196	14	,150
Pé - pré	,309	14	<mark>,001</mark>
Pé - 3 meses	,199	14	,138
Pé - 6 meses	,138	14	,200*
Pé - tardio	,115	14	,200*

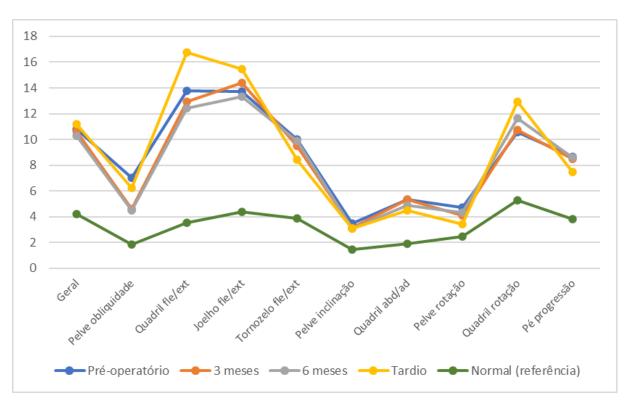
Kolmogorov-Smirnov: distribuição normal se p > 0,05.

Portanto, para o cálculo das diferenças entre as médias (Tabela 1), se no teste Komogorov-Smirnov o valor p for maior que 0,05, será usado teste T; se p < 0,05, será usado teste Mann-Whitney.

**Figura 1** – Comparação das medidas de GPS e MAP de indivíduos saudáveis com indivíduos diagnosticados com MCE, em função do período.



Figura 2 - Comparação das medidas de GPS com a amostra de indivíduos saudáveis.



Legenda: Quadril fle/ext: flexão e extensão de quadril; Joelho fle/ext: flexão e extensão de joelho; Tornozelo fle/ext: flexão e extensão de tornozelo; Quadril abd/ad: abdução e adução de quadril.

**Tabela 3 -** Diferença de GPS e MAP entre indivíduos diagnosticados com MCE e indivíduos saudáveis, nos 4 tempos avaliados.

	Pré operatório vs. normal	Após 3 meses vs. normal	Após 6 meses vs. normal	Tardio vs. normal
Total geral	$6,57 \pm 0,64$ $p < 0,001$	$6,41 \pm 0,77$ $p = 0,022*$	$6.08 \pm 2.11$ p = $0.021$ *	$6,97 \pm 0,47$ $p = 0,025*$
Pelve obliquidade	$5,13 \pm 3,19$ $p = 0,121$	$2,75 \pm 3,14$ $p = 0,392$	$2,62 \pm 3,12$ $p = 0,411$	$4,35 \pm 1,10$ p = 0,002
Quadril flexão/extensão	$10,26 \pm 3,72$ p = 0,011	$9,44 \pm 4,68$ p = 0,057	$8,94 \pm 4,90$ $p = 0,082$	$13,24 \pm 4,59$ $p = 0,012$

Joelho flexão/extensão	$9,36 \pm 3,98$	$10,04 \pm 4,68$	$8,93 \pm 3,88$	11,07 ± 2,44
	p = 0.022*	p = 0,044	p = 0.031	p < 0,001
Tornozelo flexão/extensão	$6,09 \pm 2,38$	$5,62 \pm 2,36$	$6,00 \pm 2,64$	4,52 ± 1,77
	p = 0.018	p = 0.028	p = 0.033	p = 0.023
Pelve inclinação	$2,03 \pm 0,30$	$1,71 \pm 0,27$	$1,66 \pm 0,92$	$1,62 \pm 0,87$
	p = 0,022*	p = 0,022*	p = 0.084	p = 0,084
Quadril abdução/adução	$3,42 \pm 1,76$	$3,39 \pm 0,39$	2,96 ± 1,16	2,58 ± 1,43
	p = 0.065	p < 0,001	p = 0.018	p = 0,026*
Pelve rotação	$2,\!24 \pm 2,\!18$	$1,62 \pm 0,92$	$1,84 \pm 2,10$	$0,94 \pm 1,72$
	p = 0,296*	p = 0.093	p = 0,676*	p = 0,594
Quadril rotação	$5,28 \pm 3,96$	$5,49 \pm 5,25$	$6,37 \pm 3,32$	$7,66 \pm 0,91$
	p = 0.197	p = 0.309	p = 0.068	p < 0,001
Pé progressão	$4,84 \pm 5,12$	$4,69 \pm 4,66$	$4,81 \pm 4,69$	$3,66 \pm 2,50$
	p = 0,144*	p = 0,326	p = 0.317	p = 0,165

Dados são: diferença média ± erro padrão da diferença.

Teste T de amostras independentes ( $H_0$ : não há diferença;  $H_1$ : há diferença)

<sup>\*</sup>Teste Mann-Whitney ( $H_0$ : não há diferença;  $H_1$ : há diferença)

**Tabela 4 -** Comparação dos valores de GPS em 3 meses, 6 meses e tardio em relação ao GPS do período pré-operatório, em pacientes diagnosticados com MCE (Teste T de amostras pareadas).

	Difere			
	Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média	Sig. (bilateral)
Total geral: pré-op vs. 3 meses	,08800	2,31205	,51699	,867
Total geral: pré-op vs. 6 meses	,49091	2,37542	,50644	,343
Total geral: pré-op vs. tardio	-1,58143	3,29551	,88076	,096
Pelve obliq: pré-op vs. 3 meses	2,52350	2,83138	,63312	<mark>,001</mark>
Pelve obliq: pré-op vs. 6 meses	2,51591	3,10990	,66303	<mark>,001</mark>
Pelve obliq: pré-op vs. tardio	,36143	6,49207	1,73508	,838
Quadril fle/ext: pré-op vs. 3 meses	1,05100	3,01128	,67334	,135
Quadril fle/ext: pré-op vs. 6 meses	1,32227	3,44119	,73366	,086
Quadril fle/ext: pré-op vs. tardio	-4,68429	7,53249	2,01314	<mark>,037</mark>
Joelho fle/ext: pré-op vs. 3 meses	-,68500	4,95976	1,10904	,544
Joelho fle/ext: pré-op vs. 6 meses	,42955	4,39588	,93721	,651
Joelho fle/ext: pré-op vs. tardio	-3,85571	6,08056	1,62510	<mark>,034</mark>

Tornozelo fle/ext: pré-op vs. 3 meses	,58700	3,63916	,81374	,479
Tornozelo fle/ext: pré-op vs. 6 meses	,09318	3,29872	,70329	,896
Tornozelo fle/ext: pré-op vs. tardio	,85571	4,17789	1,11659	,457
Pelve inclinação: pré-op vs. 3 meses	,20350	,48870	,10928	,078
Pelve inclinação: pré-op vs. 6 meses	,36727	,94960	,20245	,084
Pelve inclinação: pré-op vs. tardio	-,11429	1,32213	,35335	,752
Quadril abd/ad: pré-op vs. 3 meses	-,37200	2,10605	,47093	,439
Quadril abd/ad: pré-op vs. 6 meses	,45591	2,64082	,56302	,427
Quadril abd/ad: pré-op vs. tardio	,38286	2,76924	,74011	,614
Pelve rotação: pré-op vs. 3 meses	-,05350	1,84137	,41174	,898
Pelve rotação: pré-op vs. 6 meses	,40455	1,89877	,40482	,329
Pelve rotação: pré-op vs. tardio	1,18643	2,17479	,58124	,062
Quadril rotação: pré-op vs. 3 meses	-,56700	4,70607	1,05231	,596
Quadril rotação: pré-op vs. 6 meses	-1,09500	3,49544	,74523	,157

Quadril rotação: pré-op vs. tardio	-3,21214	3,67920	,98331	<mark>,006</mark>
Pé progressão: pré-op vs. 3 meses	-,08100	4,36203	,97538	,935
Pé progressão: pré-op vs. 6 meses	,02818	4,77719	1,01850	,978
Pé progressão: pré-op vs. tardio	,81786	4,78799	1,27964	,534

Legenda: pré-op: pré-operatório; Pelve obliq: pelve obliquidade; Quadril fle/ext: quadril flexão/extensão; Joelho fle/ext: joelho flexão/extensão; Tornozelo fle/ext: tornozelo flexão/extensão; Quadril abd/ad: quadril abdução/adução.

Teste T de amostras pareadas ( $H_0$ : não há diferença entre os valores do GPS;  $H_1$ : há diferença).