ISSN 1808-1851

COLUNA

Periodicidade: trimestral

Volume 18• Número 4 • Out/Dez 2019

Órgão oficial da

SOCIEDADE BRASILEIRA DE COLUNA

Sociedade Brasileira de Coluna
Sociedade Portuguesa de Patologia da Coluna Vertebral
Asociación Mexicana de Cirujanos de Columna
Capítulo de Columna de la Sociedad Ecuatoriana de Ortopedia y Traumatología
Capítulo de Columna de la Sociedad Colombiana de Ortopedia y Traumatología
Capítulo de Columna de la Sociedad Venezolana de Cirugía Ortopédica y Traumatología
Sociedad Iberolatinoamericana de Columna Vertebral
Sociedade Brasileira de Neurocirurgia
Capítulo de Columna de la Federación Latinoamericana de Sociedades de Neurocirugía
Capítulo de Columna da Sociedad Latinoamericana de Ortopedia y Traumatología
Sociedad Argentina de Patologia de la Columna Vertebral
Federação Mundial de Quiropraxia
Capítulo de Coluna do México – Columna en linea
Associação Paraguaia de Cirurgia de Coluna
Associação Cazaquistanesa de Neurocirurgiões
Associação Russa de Neurocirurgiões de Coluna Vertebral

- AÇÃO DA PROTEÍNA SERICINA NO REPARO NERVOSO INICIAL, ASSOCIADA OU NÃO À NATAÇÃO, EM RATOS WISTAR
- AVALIAÇÃO DE PACIENTES COM FRATURA CERVICAL SUBAXIAL POR MEIO DA NOVA CLASSIFICAÇÃO AOSPINE
- *GAIT DISORDERS IN PATIENTS WITH INSTRUMENTED NEUROMUSCULAR SCOLIOSIS*
- AVALIAÇÃO DO TRIÂNGULO DE SEGURANÇA LOMBAR POR MEIO DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA
- *SYMPTOMATIC INTRADISCAL VACUUM PHENOMENON*
- *MODIFICATION OF THE SPINOPELVIC PARAMETERS WITH SURGICAL POSITIONING AND THE ROLE OF THE HIP*
- *THE ROLE OF DIFFUSION-WEIGHTED MRI OF PATIENTS WITH SPINE METASTASES*
- *EFFICACY OF THE CLINICAL-INSTRUMENTAL ALGORITHM IN THE TREATMENT OF SPINAL TANDEM STENOSIS*
- *COMPARATIVE RESULTS BETWEEN OPEN AND MINIMALLY INVASIVE FUSION IN LUMBAR DEGENERATIVE DISEASE*
- AVALIAÇÃO COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES PSICOMÉTRICAS DE ESCALAS ORTOPÉDICAS PARA DOR LOMBAR
- *PROPHYLACTIC OF STRESS FRACTURES OF VERTEBRAE ADJACENT TO TRANSPEDICULAR SCREW FIXATION FOR OSTEOPOROSIS*
- MELHORA NA PONTUAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS ODI E SF-36 APÓS UM ANO DE PLIF OU TLIF
- *THE USE OF TITANIUM MESH FOR DEFECT CLOSURE AFTER POSTERIOR SPINAL DECOMPRESSION*
- *SERRATIA MARCESCENS* COMO CAUSA DE MIELOPATÍA CERVICAL

COLUNA/COLUMNA

Coluna/Columna v18, n4 Out/Dez 2019

ISSN 1808-1851

Indexada nas Bases de Dados SCIELO, SCOPUS e LILACS (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde)

Filiada à Associação Brasileira de Editores Científicos

ISSN 1808-1851

Editor Científico

Helton L.A. Defino, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (Ribeirão Preto, SP, Brasil)

Editor Executivo

Sérgio Daher, Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da UFG (Goiânia, GO, Brasil).

Editores Associados

Alvaro Dawling, Instituto de Ensino e Pesquisa CK, (São Paulo, SP, Brasil); CK Internacional, (Santiago,Chile); Clinica Kennedy, (Santiago/Chile).
Byvaltsev Vadim, Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology (Irkutsk Russia)
Eduardo Barros Puertas, Universidade Federal de São Paulo (São Paulo, SP, Brasil)
Ivan Ferrareto, Universidade Federal de São Paulo (Ribeirão Preto, SP, Brasil)
José María Jiménez Avila, Centro Médico Nacional de Occidente. IMSS. TEC de Monterrey campus Guadalajara. Facultad de Medicina (Guadalajara, Jalisco, México)
Kolesov Sergey, Priorov N.N Central Institute of Traumatology and Orthopaedics (Moscow. Russia)
Mauro dos Santos Volpi, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Botucatu, SP, Brasil)
Osmar Avanzi, Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo (São Paulo, SP, Brasil)
Sérgio Zylbersztejn, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (Porto Alegre, RS, Brasil)
Tarcisio Eloy Pessoa de Barros Filho, Instituto de Ortopedia e Traumatologia do HC/FMUSP (São Paulo, SP, Brasil)

Conselho Editorial

Akshulakov Serik (Astana,Cazaquistão)
Aleinikov Viktor, National Center for Neurosurgery (Astana,Cazaquistão)
Andres Edgar Rodriguez Fuentes, Univ. de São Paulo (Ribeirão Preto, SP, Brasil)
Andres Rodriguez Munera, Fundacion Sta Fé de Bogotá (Bogotá, Colombia)
Asdrubal Falavigna, Universidade de Caxias do Sul, (Caxias do Sul, RS, Brasil).
Asdrúbal Silveri, Centro de Deformidades de Columna (Montevidéo, Uruguai)
Bartolomé Marré, Hosp. Trabajador Santiago (Santiago, Chile)
Carlos Eduardo Algaves Soares de Oliveira, Hospital do Servidor (São Paulo, SP, Brasil)
Carlos Henrique Maçaneiro, Univ. da Região Joinville (Joinville, SC, Brasil)
Carlos Henrique Ribeiro, Hospital Quinta D'or (Rio de Janeiro, RJ, Brasil)
Carlos Umberto Pereira, Univ. Federal de Sergipe (Aracaju, SE, Brasil)
Carlos Tello, Sociedad Ibero Latinoamericana de Columna (Buenos Aires, Argentina)
Carlos Villanueva Leal, Vall D'Hebron Hosp. Traumatologia Rehabilitación (Barcelona, Espanha)
Carolina Kolberg, Federación Latino Americana de Quiropráctica (Brasilia, DF, Brasil)
Délio Eulálio Martins, Univ. Federal de São Paulo (São Paulo, SP, Brasil)
Elcio Landim, Univ. Estadual de Campinas (Campinas, SP, Brasil)
Enguer Beraldo Garcia, Santa Casa de Belo Horizonte (Belo Horizonte, MG, Brasil)
Enrique Izquierdo Nuñez, Univ. Complutense de Madrid (Madri, Espanha)
Enrique Jimenez Hakim, Fundacion Santa Fé de Bogotá (Bogotá, Colombia)
Enrique Osorio Fonseca, Univ. El Bosque Bogotá (Bogotá, Colômbia)
Ernesto Bersusky, Hosp. Nacional de Pediatria Juan P. Garrahan (Buenos Aires, Argentina)
Erasmo de Abreu Zardo, Pontifícia Univ. Católica (Porto Alegre, RS, Brasil)
Fernando Antonio Mendes Façanha Filho, Univ. Federal do Ceará (Fortaleza, CE, Brasil)
Fernando Helo Yamhure, Clínica Reina Sofia (Bogota, Colombia)
Francisco Limeira dos Santos Neto, Univ. Federal de Pernambuco (Recife, PE, Brasil)
Francisco Javier Sánchez Pérez-Grueso, Hosp. La Paz (Madri, Espanha)
Gabriel Virgilio Ortiz García, Centro Médico Puerta de Hierro (Zapopan, Jalisco, México)
Geraldo de Sá Carneiro Filho, Hosp. da Restauração (Recife, PE, Brasil)
Gushcha Artem, Research center of Neurology Volokolamskoe (Moscow Russia)
Guy Broch Haro, Issste Hospital Lopez Mateos (México, Distrito Federal)
Herman Michael Dittmar Johnson, Centro Médico Puerta de Hierro (Zapopan, Jalisco, México), Universidad de Guadalajara (Guadalajara, México)
Jorge Felipe Ramirez, Clínica Reina Sofia (Bogotá-Colombia)
Jorge Manuel A. Draper Mineiro, Hosp. Cuf Descobertas (Lisboa, Portugal)
José Castro Guimarães Consciência, Hosp. de Egas Moniz (Lisboa, Portugal)
José Gabriel Rugeles Ortiz, Cecimin Organizacion Sanitas (Bogota, Colombia)
Juan Silva, Univ. Nacional de Asuncion (Assunção, Paraguai)
Karen Weissman (Clínica Fundácion Médica San Cristóbal, Santiago, Chile)
Kerimbayev Talgat, National Center for Neurosurgery (Astana,Cazaquistão)
Luciano Miller Reis Rodrigues, Faculdade de Medicina do ABC (Santo André, SP, Brasil)
Luis Carlos Ramíres, Instituto de Seguros Sociales (Bogotá,Colombia)
Luis Eduardo Munhoz da Rocha, Hosp. Pequeno Príncipe (Curitiba, PR, Brasil)
Luiz Roberto Gomes Vialle, Pontifícia Univ. Católica (Curitiba, PR, Brasil)
Marcelo Gruenberg, Hosp. Italiano de Buenos Aires (Buenos Aires, Argentina)
Marcelo Wajchenberg, Univ. Federal de São Paulo (São Paulo-SP-Brasil)
Marcello H. Nogueira-Barbosa, Univ. de São Paulo (Ribeirão Preto, SP, Brasil)
Marcos Masini, Univ. Planalto Central (Brasília, DF, Brasil)
Mario Augusto Taricco, Univ. de São Paulo (São Paulo, SP, Brasil)
Mario Herrera (Bogotá-Colombia)
Mauricio Pagy de Calais Oliveira, Centro Mineiro de Cirurgia da Coluna (Belo Horizonte, Brasil)
Mihailovsky Michai, Cuvyan Institute of Traumatology and Orthopaedics (Novosibirsk, Russia)
Murilo Tavares Daher, Departamento de Ortopedia da Universidade Federal de Goiás (Goiânia, GO, Brasil)
Nicolás J. Macchiavello Cornejo, Hospital Clínico de la Universidad de Chile (Santiago, Chile)
Óscar Luís Alves, Hospital Lusíadas Porto e Centro Hospitalar Vila Nova de Gaia/Espinho EPE (Porto, Portugal)
Ptashnikov Dmitriy, Institute of Traumatology and Orthopaedics (St Petersburg, Russia)
Renato Tavares Daher, Centro de Reabilitação e Readptação Dr. Henrique Santillo (Goiânia, Goiás)
Roberto Chapa Sosa, Hosp. de Alta Especialidad Christus Muguerza (Monterrey, Nuevo Leon, México)
Roberto Sakamoto Falcon, Hospital Ortopédico-Lifecenter (Belo Horizonte, MG, Brasil)
Rodrigo Amaral, Instituto de Patologia da Coluna – IPC (Sao Paulo, SP, Brasil)
Ruy Vaz, Hosp. de São João (Porto, Portugal)
Sérgio Afonso Hennemann, Hosp. Mãe de Deus (Porto Alegre, RS, Brasil)
Victor Paul Miramontes, CNR/O-Centro Nacional de Rehabilitación (Cidade do México, México)
Washington Bermúdez Santos, Montevideo Spine Center (Montevideo, Uruguai)
Xavier Soler I Graells, Univ. Federal do Paraná (Curitiba, PR, Brasil)

Correspondentes Estrangeiros

Jack Zigler, Texas Back Institute (Dallas, Texas, USA)
Marek Szpalski, Hôpitaux Iris Sud (Bruxelles, Belgica)
Robert Gunzburg, Belgium and Eeuwfeest Kliniek (Antwerpen, Belgica)
Steven R. Garfin (San Diego, CA, Estados Unidos)

Editor Consultivo

Arthur Tadeu de Assis - São Paulo - SP - Brasil

Editora Gerente

Flávia M. S. Pires - São Paulo - SP - Brasil

Coluna/Columna é uma Publicação Oficial Sociedade Brasileira de Coluna e das Sociedades afiliadas: Asociación Mexicana de Cirujanos de Columna – AMCICO; Associação Paraguaia de Cirurgia de Coluna; Associação Cazaquistanesa de Neurocirurgiões; Associação Russa de Neurocirurgiões de Coluna Vertebral; Capítulo de Columna de la Federación Latinoamericana de Sociedades de Neurocirugía – FLANC; Capítulo de Columna de la Sociedad Ecuatoriana de Ortopedia y Traumatologia - SEOT; Capítulo de Columna de la Sociedad Colombiana de Ortopedia y Traumatología – SCCOT; Capítulo de Columna da Sociedad Latinoamericana de Ortopedia y Traumatología – SLAOT; Capítulo de Columna de la Sociedad Venezolana de Cirugía Ortopédica y Traumatologia – SVCOT; Capítulo de Coluna do México- Columna en linea; Federação Mundial de Quiropraxia (WFC); Sociedad Argentina de Patologia de la Columna Vertebral – SAPCV; Sociedad Iberolatinoamericana de Columna Vertebral – SILACO; Sociedade Brasileira de Neurocirurgia – SBN; ; Sociedade Portuguesa de Patologia da Coluna Vertebral – SPPCV.

Atha Comunicação e Editora: Coordenação editorial, criação, diagramação e produção gráfica
Rua Machado Bittencourt, 190 - 4° andar - conj. 410 - CEP: 04044-903 - São Paulo - SP
Tel/Fax: (11) 5087-9502/5579-5308 - 1atha@uol.com.br

Órgão oficial da Sociedade Brasileira de Coluna

Al. Lorena, 1304, 14°, cj. 1406/07
Jd. Paulista - São Paulo - SP - Brasil
Cep: 01424-001 - Tel.: 11 3088-6615

Secretária Administrativa: Ana Maria Cella - coluna@coluna.com.br

• Periodicidade: Trimestral

Informações: coluna.columna@uol.com.br

Visite o site da Sociedade Brasileira de Coluna
portalsbc.org

Revista disponível eletronicamente
www.revistacoluna.org

COLUNA/COLUMNA

VOLUME 18 - Nº 4 - 2019 - Sumário/Contents/Contenido

Artigos Originais/*Original Articles/Artículos Originales*

CIÊNCIAS BÁSICAS/BASIC SCIENCES/CIENCIAS BÁSICAS

AÇÃO DA PROTEÍNA SERICINA NO REPARO NERVOSO INICIAL, ASSOCIADA OU NÃO À NATAÇÃO, EM RATOS WISTAR 262
THE ACTION OF SERICIN PROTEIN ON INITIAL NERVE REPAIR, ASSOCIATED OR NOT WITH SWIMMING IN WISTAR RATS
ACCIÓN DE LA PROTEÍNA SERICINA EN LA REPARACIÓN NERVIOSA INICIAL, ASOCIADA O NO A LA NATACIÓN, EN RATONES WISTAR
Jean Carlos Debastiani, André Junior Santana, Alana Ludemila de Freitas Tavares, Juliana Roncini Gomes da Costa, Luiz Gustavo Vasconcelos Machado, Regina Inês Kunz, Lucinéia de Fátima Chasko Ribeiro, Rose Meire Costa, Gladson Ricardo Flor Bertolini
*http://dx.doi.org/10.1590/S1808-18512019180418192*4

COLUNA CERVICAL/CERVICAL SPINE/COLUMNA CERVICAL

AVALIAÇÃO DE PACIENTES COM FRATURA CERVICAL SUBAXIAL POR MEIO DA NOVA CLASSIFICAÇÃO AOSPINE 268
EVALUATION OF PATIENTS WITH SUBAXIAL CERVICAL FRACTURES BY THE NEW AOSPINE CLASSIFICATION
EVALUACIÓN DE PACIENTES CON FRACTURA CERVICAL SUBAXIAL POR MEDIO DE LA NUEVA CLASIFICACIÓN AOSPINE
Pedro Augusto Celestino de Oliveira, Alberto Gotfryd, Maria Fernanda Cafaro, Nelson Astur, Rodrigo Mendonça, Eduardo Hideyuki Akamine, Osmar Avanzi, Robert Meves
*http://dx.doi.org/10.1590/S1808-18512019180419363*1

DEFORMIDADES/DEFORMITIES/DEFORMIDADES

GAIT DISORDERS IN PATIENTS WITH INSTRUMENTED NEUROMUSCULAR SCOLIOSIS 272
DISTÚRBIOS DA MARCHA EM PACIENTES COM ESCOLIOSE NEUROMUSCULAR INSTRUMENTADA
DISTURBIOS DE LA MARCHA EN PACIENTES CON ESCOLIOSIS NEUROMUSCULAR INSTRUMENTADA
Carlos Duncan, Sebastian Maenza, Cecilia Schmid, Eduardo Segal, Juan Couto
*http://dx.doi.org/10.1590/S1808-18512019180422279*1

DIAGNÓSTICO POR IMAGENS/DIAGNOSTIC IMAGING/DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES

AVALIAÇÃO DO TRIÂNGULO DE SEGURANÇA LOMBAR POR MEIO DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA 276
EVALUATION OF THE LUMBAR SAFETY TRIANGLE THROUGH MAGNETIC RESONANCE IMAGING
EVALUACIÓN DEL TRIÁNGULO DE SEGURIDAD LUMBAR POR MEDIO DE LA RESONANCIA MAGNÉTICA
Fernando Augusto Dannebrock, Erasmo de Abreu Zardo, Marcus Sofia Ziegler, Carlos Marcelo Donazar Severo, Joel Abramczuk, Emiliano Vialle, Graciane Radaelli, Carla Helena Augustin Schwanke, Ricardo Bernardi Soder
*http://dx.doi.org/10.1590/S1808-18512019180419693*5

SYMPTOMATIC INTRADISCAL VACUUM PHENOMENON 280
FENÔMENO DE VÁCUO INTRADISCAL SINTOMÁTICO
FENÓMENO DE VACÍO INTRADISCAL SINTOMÁTICO
Pedro Luis Bazán, Richard Alejandro Avero González, Nicolás Maximiliano Ciccioli, Álvaro Enrique Borri, Martín Medina
*http://dx.doi.org/10.1590/S1808-18512019180422278*7

MODIFICATION OF THE SPINOPELVIC PARAMETERS WITH SURGICAL POSITIONING AND THE ROLE OF THE HIP 283
MODIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS ESPINOPÉLVICOS COM O POSICIONAMENTO CIRÚRGICO E PAPEL DO QUADRIL
MODIFICACIÓN DE PARÁMETROS ESPINOPÉLVICOS CON EL POSICIONAMIENTO QUIRÚRGICO Y ROL DE LA CADERA
Orosco David, Ortiz Pablo Nicolás, Cristiani Mauro, Aguirre Gerardo, Robles Cristian, Guimbard Joint
*http://dx.doi.org/10.1590/S1808-18512019180422278*3

THE ROLE OF DIFFUSION-WEIGHTED MRI OF PATIENTS WITH SPINE METASTASES 289
O PAPEL DA RM PONDERADA POR DIFUSÃO DE PACIENTES COM METÁSTASES DA COLUNA VERTEBRAL
EL PAPEL DE LA RM PONDERADA POR DIFUSIÓN DE PACIENTES CON METÁSTASIS DE LA COLUMNA VERTEBRAL
Vadim Anatol'evich Byvaltsev, Ivan Andreevich Stepanov, Alexander Ivanovich Kichigin
*http://dx.doi.org/10.1590/S1808-18512019180422538*2

DOENÇAS DEGENERATIVA/DEGENERATIVE DISEASE/ENFERMEDAD DEGENERATIVA INTERVERTEBRAL

EFFICACY OF THE CLINICAL-INSTRUMENTAL ALGORITHM IN THE TREATMENT OF SPINAL TANDEM STENOSIS.....294
EFICÁCIA DO ALGORITMO CLÍNICO-INSTRUMENTAL NO TRATAMENTO DA ESTENOSE ESPINHAL EM TANDEM
EFICACIA DEL ALGORITMO CLÍNICO-INSTRUMENTAL EN EL TRATAMIENTO DE LA ESTENOSIS ESPINAL EN TÁNDEM
Vadim Anatol'evich Byvaltsev, Andrei Andreevich Kalinin, Valerii Vladimirovich Shepelev, Yurii Yakovlevich Pestryakov
http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804225383

COMPARATIVE RESULTS BETWEEN OPEN AND MINIMALLY INVASIVE FUSION IN LUMBAR DEGENERATIVE DISEASE.....301
RESULTADOS COMPARATIVOS ENTRE A FUSÃO ABERTA E MINIMAMENTE INVASIVA NA DOENÇA DEGENERATIVA LOMBAR
RESULTADOS COMPARATIVOS ENTRE FUSIÓN ABIERTA Y MÍNIMAMENTE INVASIVA EN ENFERMEDAD DEGENERATIVA LUMBAR
Ezequiel Gimenez, Montaño Marcelo, Santivañez Raul, Ommi Acosta Sero
http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804222785

DOR/PAIN/DOLOR

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES PSICOMÉTRICAS DE ESCALAS ORTOPÉDICAS PARA DOR LOMBAR 308
COMPARATIVE EVALUATION OF THE PSYCHOMETRIC PROPERTIES OF ORTHOPEDIC SCALES FOR LOW BACK PAIN
EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS PROPIEDADES PSICOMÉTRICAS DE ESCALAS ORTOPÉDICAS PARA DOLOR LUMBAR
Gabriel Justi Schmidt, Ana Paula Bonilauri Ferreira, Ricardo Pietrobon, João Ricardo Nickenig Vissoci, Ricardo André Acácio dos Santos, Rodrigo Fetter Lauffer, Carlos Henrique Maçaneiro
http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804177650

OSTEOPOROSE E DOENÇAS OSTEOMETABÓLICAS/OSTEOPOROSIS AND BONE/OSTEOPOROSIS Y ENFERMEDADES OSTEOMETABÓLICAS

PROPHYLACTIC OF STRESS FRACTURES OF VERTEBRAE ADJACENT TO TRANSPEDICULAR SCREW FIXATION FOR OSTEOPOROSIS.....313
PROFILAXIA DAS FRATURAS POR ESTRESSE DE VÉRTEBRAS ADJACENTES À FIXAÇÃO COM PARAFUSO TRANSPEDICULAR EM OSTEOPOROSE
PROFILAXIA DE LAS FRACTURAS POR ESTRÉS DE VÉRTEBRAS ADYACENTES A LA FIJACIÓN DE TORNILLO TRANSPEDICULAR EN OSTEOPOROSIS
Igor Basankin, Vladimir Porkhanov, Karapet Takhmazyan, Asker Afaunov, Dmitrii Ptashnikov, Olga Ponkina, Marina Tomina, Sergey Malakhov, Vladimir Shapovalov
http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804225726

TÉCNICA CIRURGICA/SURGICAL TECHNIQUE/TÉCNICA QUIRÚRGICA

MELHORA NA PONTUAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS ODI E SF-36 APÓS UM ANO DE PLIF OU TLIF 318
IMPROVEMENT OF ODI AND SF-36 QUESTIONNAIRES SCORE AFTER ONE YEAR OF PLIF OR TLIF
MEJORA DE LA PUNTUACIÓN DE LOS CUESTIONARIOS ODI Y SF-36 DESPUÉS DE UN AÑO DE PLIF O TLIF
Fabiano Caumo,Carlos Henrique Maçaneiro, Ricardo Kiyoshi Miyamoto, Rodrigo Fetter Lauffer, Ricardo André Acácio dos Santos
http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804197070

THE USE OF TITANIUM MESH FOR DEFECT CLOSURE AFTER POSTERIOR SPINAL DECOMPRESSION.....322
USO DE MALLA DE TITANIO PARA EL CIERRE DE DEFECTO DESPUÉS DE LA DESCOMPRESIÓN POSTERIOR DE LA COLUMNA
USO DE MALHA DE TITÂNIO PARA FECHAMENTO DE DEFEITO APÓS A DESCOMPRESSÃO POSTERIOR DA COLUNA
Abakirov Medetbek, Alekhin Alexander, Nurmuhametov Renat, Semenistyy Anton
http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804225594

Relato de Caso/*Case Report/Reporte de Caso*

COLUNA CERVICAL/CERVICAL SPINE/COLUMNA CERVICAL

***SERRATIA MARCESCENS* COMO CAUSA DE MIELOPATÍA CERVICAL 327**
SERRATIA MARCESCENS COMO CAUSA DE MIELOPATIA CERVICAL
SERRATIA MARCESCENS AS A CAUSE OF CERVICAL MYELOPATHY
Mireles Cano José Nicolás, García Gonzalez Oscar Guillermo, Romero Conejo Luis Benito, Colin González Christian Gerardo, Reyes Velasco Esteban, Kala-García Linaloe Atenas, Martínez-Pérez Ricardo
http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804192964

AD HOC 330

ISSN 1808-1851

INSTRUÇÕES AOS AUTORES/NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

Revisado em Outubro de 2019

ESCOPO E POLÍTICA

A Revista COLUNA/COLUMNA é uma revista de acesso aberto, que publica contribuições da comunidade científica nacional e internacional. Seu objetivo é divulgar artigos que contribuam para o aperfeiçoamento e o desenvolvimento da prática, da pesquisa e do ensino dos temas relacionados à Coluna Vertebral, Patologias da Coluna Vertebral, Ortopedia e Traumatologia, Reabilitação e áreas afins.
A Coluna/Columna publica, preferencialmente, artigos originais de interesse internacional, e não apenas os de relevância regional. O Corpo Editorial é composto por membros nacionais e internacionais, que trabalham gratuitamente para aprimorar a qualidade do periódico, visando torná-la atraente não só para a pesquisa regional/nacional mas também para a comunidade científica internacional.
A Revista Coluna/Columna é uma publicação trimestral que circula nos meses de janeiro/fevereiro/março, abril/maio/junho, julho/agosto/setembro, outubro/ novembro/dezembro, em duas versões uma com os textos em seu idioma original (português, inglês ou espanhol) e outra versão em inglês. Os conceitos e declarações contidos nos trabalhos são de total responsabilidade dos autores.
Os artigos publicados na revista seguem os requisitos uniformes propostos pelo Comitê Internacional de Editores de Revistas Médicas, disponíveis no endereço eletrônico www.icmje.org.
A revista recebe para publicação artigos para as seguintes seções: Artigos Originais, Artigo de Revisão, Artigo de Atualização e Relato de Caso. Os artigos poderão ser escritos em Português, Espanhol ou Inglês.
Não há taxa para artigos de submissão e avaliação.

PREPARAÇÃO DO MANUSCRITO

Peer Review
O *peer review*, ou revisão por pares, é um dos fatores que sustentam a qualidade de um veículo científico. O corpo editorial da Coluna/Columna é formado, em sua maioria, por professores universitários, que permite um *peer review* criterioso e rigoroso. Todos os manuscritos, após aprovação dos editores, serão analisados por dois ou mais revisores, sendo o anonimato garantido em todo o processo de julgamento (duplo cego). Os artigos que não apresentarem mérito e não se enquadrarem na política editorial da revista serão rejeitados não cabendo recurso. Os comentários dos revisores serão devolvidos aos autores para modificações no texto ou justificativa de sua conservação. Após aprovação dos revisores, os artigos serão encaminhados para os editores associados para aprovação final. Somente após as aprovações finais, os manuscritos serão encaminhados para publicação.

Copyright
As declarações publicadas nos artigos são de inteira responsabilidade dos autores. Entretanto, todo material publicado se torna propriedade da Revista Coluna/Columna, que passa a reservar os direitos autorais. Os autores devem anexar como documento suplementar no sistema Scielo de publicação e submissão *on line*: a) Declaração de Conflito de Interesses; b) Certificado de Aprovação do Trabalho pela Comissão de Ética em Pesquisa da Instituição quando a investigação envolver experimentação em seres humanos ou animais; c) Documentação referente as eventuais fontes de financiamento do trabalho; d) Declaração de que os participantes assinaram documento de Consentimento Livre Informado, quando se tratar de pesquisa clínica com seres humanos; e) Carta de transferência dos direitos autorais assinada por todos os autores e declaração de que é inédito, não tendo sido submetido à publicação em outro periódico ou livro.

Bioética de experimentos com seres humanos
A realização de experimentos envolvendo seres humanos deve seguir a resolução específica do Conselho Nacional de Saúde (nº 196/96) disponível em http://www.conselho.saude.gov.br, incluindo a assinatura de um Termo de Consentimento Informado e a proteção da privacidade dos voluntários. Nos trabalhos experimentais envolvendo seres humanos, os autores devem indicar se os procedimentos seguiram os padrões éticos do comitê responsável por experimentação humana (institucional e nacional) e da Declaração de Helsinki de 1975, revisada em 2008. Deve ser enviada a declaração de aprovação do comitê de ética local realizada por meio da Plataforma Brasil. Estudos realizados em humanos devem estar de acordo com os padrões éticos e com o devido consentimento livre e esclarecido dos participantes conforme Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde (Brasil), que trata do Código de Ética para Pesquisa em Seres Humanos e, para autores fora do Brasil, devem estar de acordo com Comittee on Publication Ethics (COPE).

Bioética de experimentos com animais
O trabalho descrito no artigo deve ter sido realizado de acordo com os princípios éticos em experimentação animal, de acordo com a Lei 11.794/08, que estabelece os procedimentos para o uso científico de animais e trata da obrigatoriedade de submissão dos projetos de pesquisa aos comitês de ética em pesquisa das instituições (http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11794.htm). Para mais informações, consulte o Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) (http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/310553.html) e o Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) (http://www.cobea.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=1).

Ensaios clínicos
A Revista Coluna/Columna apoia a políticas de registro de ensaios clínicos da Organização Mundial de Saúde (OMS) e do International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE), reconhecendo a importância destas iniciativas para o registro e divulgação internacional de informação sobre estudos clínicos em acesso aberto. Sendo assim, somente serão aceitos para publicação os artigos de pesquisas clínicas que tenham recebido um número de identificação em um dos Registros de Ensaios Clínicos validados pelos critérios estabelecidos pela OMS e ICMJE [http://www.icmje.org/about-icmje/faqs/clinical-trials-registration/], cujos endereços eletrônicos estão disponíveis na página do ICMJE.

Plágio
A revista adota sistema de detecção de plágio, porém todo conteúdo publicado nos artigos é de inteira responsabilidade dos autores. Em caso de detecção de qualquer forma de plágio, os autores que submeteram o artigo serão notificados pela revista com questionamento de conduta para o direito de manifestação e justificativa. Sob ocorrência de publicação de plágio no periódico, o artigo publicado não será retirado da edição, sendo aposto à publicação um adendo informativo de plágio com identificação explicita na folha de rosto por tarja de tamanho integral sobre o conteúdo. O periódico não se responsabiliza por notificar os autores do conteúdo original.

APRESENTAÇÃO E SUBMISSÃO DO MANUSCRITO

O artigo enviado deverá ser submetido, acompanhado de:
Folha de rosto: título do trabalho (conciso e informativo), em português, espanhol e inglês; o nome completo de cada autor (sem abreviações); e a instituição (As unidades hierárquicas devem ser apresentadas em ordem decrescente, por exemplo, universidade, faculdade e departamento; a que pertence cada um deles (Os nomes das instituições e programas deverão ser apresentados preferencialmente por extenso e na língua original da instituição ou na versão em inglês quando a escrita não é latina [p.ex. árabe, mandarim, grega]); com indicação numérica e sequencial, utilizando números arábicos sobrescritos. Se houver mais de uma afiliação institucional, indicar apenas a mais relevante; local de realização do trabalho e/ou da pesquisa; nome do autor correspondente com endereço completo, telefone, e-mail. O número ORCID de cada um dos autores deve ser informado na folha de rosto. http://orcid.org/

APRESENTAÇÃO DO TEXTO

Resumo e Descritores: resumo, em português, inglês e espanhol com, no máximo 250 palavras. Os Artigos Originais, deverão ser estruturados (Objetivo, Métodos, Resultados, Conclusões) ressaltando os dados mais significativos do trabalho. Para Artigos de Revisão, Atualização ou Relato de Caso o resumo não deverá ser estruturado. Abaixo do resumo, especificar no mínimo três e no máximo seis descritores que definam o assunto do trabalho. Os descritores deverão ser baseados no DECS - Descritores em Ciências da Saúde - disponível no endereço eletrônico http://decs.bvs.br/; ou MeSH (Medical SubjectHeadings) em/ou *MeSH* - www.nlm.nih.gov/mesh/MBrowser.html. com as versões português, inglês e espanhol para cada um dos descritores.
Ademais, nos resumos devem ser incluídos o Nível de Evidência e o Tipo de Estudo, conforme tabela de classificação anexada ao final deste texto.
Introdução: deverá conter o objetivo do trabalho e resumir os fundamentos lógicos do mesmo. Apresentar somente as citações estritamente pertinentes e não incluir dados ou conclusões do trabalho que está sendo relatado.
Métodos: deverá descrever claramente a seleção dos indivíduos que intervieram na pesquisa (pacientes ou animais de laboratório, incluindo os controles). Identificar idade, sexo e outras importantes características do indivíduo. A definição e relevância da raça ou etnia são ambíguas. Os autores devem ser particularmente cuidadosos quando usarem estas categorias. Identificar os métodos, equipamentos (apresentar o nome e endereço do fabricante entre parênteses) e os procedimentos em detalhes suficientes para permitir a reprodução dos resultados por outros pesquisadores. Citar se o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Instituição (Instituição de afiliação de pelo menos um dos autores) e informar o respectivo número de identificação. Também deve informar se o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi assinado por todos os participantes.
Resultados: deverão ser apresentados em uma sequência lógica no texto, nas tabelas e figuras. Não deverão ser repetidos no texto todos os dados das tabelas ou ilustrações, devendo ser enfatizadas ou resumidas somente as observações importantes.
Discussão: deverá enfatizar os novos e mais importantes aspectos do estudo e as conclusões que se seguem. Não deverão ser repetidos os dados apresentados na introdução ou nos resultados. Deverão ser estabelecidas novas hipóteses apenas quando elas estiverem claramente justificadas.
Conclusões: deverão ser vinculadas aos objetivos do estudo evitando-se afirmações não qualificadas e não completamente comprovadas pelos dados. Deverão apresentar argumento conclusivo detalhado dos dados comprobatórios.
Agradecimentos: quando necessário agradecer brevemente as pessoas que tenham colaborado intelectualmente, mas cuja contribuição não justifica coautoria, ou para aquelas que tenham provido apoio material, técnico, assessoria. O autor deve garantir que as pessoas, nomes, concordem em serem assim chamados. O apoio financeiro para a pesquisa e bolsas de estudo deve ser reconhecido nesta seção agência e número de concessão).
Conflitos de interesse: devem ser reproduzidos objetivamente quando houver, e quando não houver, apresentar a declaração: «Os autores declaram inexistência de conflito de interesses na realização deste trabalho.”
Declaração da contribuição de autores: deve ser expressa no final do artigo, com a utilização de dois critérios mínimos de autoria: a) participação ativa na discussão dos resultados; b) revisão e aprovação da versão final do trabalho.
Cada autor contribuiu individual e significantemente para o desenvolvimento deste artigo. AF (0000-0000-0000-0000)*: redação, revisão e realização das cirurgias; GR (0000-0000-0000-0000)*: cirurgias, análise dos dados e redação; FP (0000-0000-0000-000x)*: análise estatística, cirurgias e revisão; MAC (0000-0000-0000-0000)*: análise das lâminas e revisão; MSC (0000-0000-0000-0000)*: redação, revisão e conceito intelectual; ATA (0000-0000-0000-0000)*: cirurgia, redação, análise estatística, conceito intelectual e confecção de todo o projeto de pesquisa. *ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).”
Referências: devem estar rigorosamente de acordo com as instruções: *Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals*, do International *Committeeof Medical Journal Editors*, atualizada em Outubro de 2007. Ou no site do Pubmed. Todos os autores e trabalhos citados no texto devem constar nas referências e vice-versa. A numeração das referências deverá ser de acordo com a ordem em que forem mencionadas pela primeira vez no texto, utilizando-se números arábicos, para o texto e para as referências. Citar todos os autores até no máximo seis; se existirem mais, citar os seis primeiros seguidos de et al. Os títulos dos periódicos deverão ser abreviados de acordo com a lista de periódicos do *Index Medicus*. Todas as referências do ano atual ou cinco anos anteriores devem estar em negrito.

Exemplos:

Artigos de periódicos
Okashi OA, Du H, Al-Assam H. Automatic spine curvature estimation from X-ray images of a mouse model. Comput Methods Programs Biomed. 2017;140:175-84.
Butler JS, Lui DF, Malhotra K, Suarez-Huerta ML, Yu H, Selvadurai S, et al. 360-Degree Complex Primary Reconstruction Using Porous Tantalum Cages for Adult Degenerative Spinal Deformity. Global Spine J. 2019;9(6):613-18

Livros
Pudles E, Defino HLA. A Coluna Vertebral. São Paulo: Artmed; 2013.

Capítulos de livros
Zardo E, Abramczuk J, Ziegler MS. Embriologia da Coluna Vertebral . In: Pudles E, Defino HLA. A Coluna Vertebral. São Paulo: Artmed; 2013. p. 17-22.

Dissertações e Teses:
Giglio CA. Caracterização funcional e histológica de modelos experimentais de estudo do trauma raquimedular [tese]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo; 2000.

Material eletrônico
Autor(es). Título do artigo. Título do periódico abreviado [suporte]. Data de publicação [data de acesso com a expressão "acesso em"]; volume(número):páginas inicial-final ou [número de páginas aproximado]. Endereço eletrônico com a expressão "Disponível em:" Pavezi N, Flores D, Perez CB. Proposição de um conjunto de metadados para descrição de arquivos fotográficos considerando a Nobrade e a Sepiades. Transinf. [Internet]. 2009 [acesso em 2010 nov 8];21(3):197-205. Disponível em: http://revistas.puc-campinas.edu.br/transinfo/search.php?op=search&query=metadados&limit

Figuras: as ilustrações (fotografias, desenhos, gráficos etc) deverão ser citadas como figuras devendo ser numeradas em algarismos arábicos, consecutivamente, de acordo com a ordem em que foram citadas pela primeira vez no texto. As figuras deverão ser enviadas em formato *tif* ou *jpg* com 300 DPI de resolução, em formato grande. As figuras deverão ser enviadas em arquivo editável (World ou Excel), juntamente com os originais. As fotos serão publicadas em preto/branco. Para publicações coloridas o custo adicional será de responsabilidade dos autores.
Por favor, note que é de responsabilidade do autor (s) obter permissão do detentor dos direitos autorais para reproduzir figuras (ou tabelas) que tenham sido previamente publicados em outros lugares. Para todos os valores de acesso aberto, os autores devem ter permissão do detentor dos direitos, caso desejem incluir imagens que tenham sido publicados em outros lugares em periódicos de acesso não-aberto. A permissão deve ser indicada na legenda da figura, e a fonte original deve incluída na lista de referências.
Tabelas: as tabelas devem ser numeradas por ordem de aparecimento no texto com números arábicos. Cada tabela deve ter um título e, se necessário, uma legenda explicativa. Os quadros e tabelas deverão ser enviados através dos arquivos originais (p.ex. Excel) e não como imagem. Tabelas e quadros que ocupem mais de uma página devem ser evitados. Não usar elementos de imagem, caixas de texto, ou tabulações.
Abreviaturas e siglas: devem ser precedidas do nome completo quando citadas pela primeira vez no texto. Nas figuras e tabelas devem conter seu significado abaixo da figura ou tabela.
Vídeos: O envio de vídeo é opcional, e irá acompanhar a versão *on line* do artigo. Deve ser encaminhado junto com o artigo em arquivo separado e acompanhado de legenda. Os vídeos devem ser enviados em MP4.

ENVIO DO MANUSCRITO

O periódico Coluna/Columna adota o Sistema SciELO de Publicação e Submissão online disponível em http://submission.scielo.br/index.php/coluna/index. Os autores deverão seguir as instruções de cadastro e inclusão de artigo no próprio sistema.

- A responsabilidade por conceitos emitidos nos artigos é da inteira responsabilidade de seus autores.
- Permitida a reprodução total ou parcial dos artigos, desde que mencionado a fonte.
- Todo o conteúdo do periódico, exceto onde identificado, está licenciado sob uma Licença *Creative Commons* Atribuição-tipo BY-NC.

Níveis de evidência de perguntas de pesquisa primária[a]

(Este quadro foi adotado de material publicado pelo Centro de Medicina baseada em Evidência, Oxford, Reino Unido. Para obter mais informações, visite www.cebm.net.)

Tipos de estudo

Nível	Estudos terapêuticos - Investigação dos resultados do tratamento	Estudos prognósticos – Investigação do efeito de característica de um paciente sobre o desfecho da doença	Estudos diagnósticos – Investigação de um exame para diagnóstico	Análises econômicas e de decisão – Desenvolvimento de modelo econômico ou de decisão
I	• Estudo clínico randomizado de alta qualidade com ou sem diferença estatisticamente significante, mas com intervalos de confiança estreitos • Revisão sistemática[b] de ECRC (Estudos clínicos randomizados e controlados) de Nível 1 (e resultados do estudo foram homogêneos[c])	• Estudo prospectivo de alta qualidade[d] (todos os pacientes foram inscritos no mesmo estágio da doença, com > 80% dos pacientes inscritos) • Revisão sistemática [b] de Estudos de Nível I	• Teste de critérios diagnósticos desenvolvidos anteriormente em pacientes consecutivos (com padrão de referência "ouro" aplicado) • Revisão sistemática [b] de Estudos de Nível I	• Custos e alternativas lógicos; valores obtidos de muitos estudos; com análises de sensibilidade de múltiplas vias • Revisão sistemática [b] de Estudos de Nível I
II	• ECRC de menor qualidade (por exemplo, < 80% de acompanhamento, sem mascaramento do código de randomização ou randomização inadequada) • Estudo[c] prospectivo comparativo[d] • Revisão sistemática[b] de Estudos de Nível II ou Nível I com resultados discrepantes	• Estudo retrospectivo [f] • Controles não tratados de um ECRC • Estudo prospectivo de menor qualidade (por exemplo, pacientes inscritos em diferentes estágios da doença ou <80% de acompanhamento) • Revisão sistemática[b] de Estudos de Nível II	• Desenvolvimento de critérios diagnósticos em pacientes consecutivos (com padrão de referência "ouro" aplicado) • Revisão sistemática[b] de Estudos de Nível II	• Custos e alternativas lógicos; valores obtidos de muitos estudos; com análises de sensibilidade de múltiplas vias • Revisão sistemática[b] de Estudos de Nível II
III	• Estudo de caso-controle[g] • Estudo retrospectivo[f] comparativo[e] • Revisão sistemática[b] de Estudos de Nível III	• Estudo de caso-controle[g]	• Estudo de pacientes não-consecutivos; sem padrão de referência "ouro" aplicado uniformemente • Revisão[b] sistemática de Estudos de Nível III • Estudo de caso-controle • Padrão de referência ruim	• Análises baseadas em alternativas e custos limitados; e estimativas ruins • Revisão sistemática[b] de Estudos de Nível III
IV	• Série de casos[h]	• Série de casos	• Estudo de caso-controle • Padrão de referência ruim	• Análises sem análises de sensibilidade
V	Opinião do especialista	Opinião do especialista	Opinião do especialista	Opinião do especialista

[a]Avaliação completa da qualidade de cada estudo requer aquilatação de todos os aspectos do desenho do estudo.
[b]Combinação de resultados de dois ou mais estudos anteriores.
[c]Estudos proporcionaram resultados coerentes.
[d]Estudo iniciou antes de o primeiro paciente ser inscrito.
[e]Pacientes tratados de um modo (por exemplo, artroplastia cimentada de quadril) comparada com um grupo de pacientes tratados de outra maneira (por exemplo, artroplastia não-cimentada de quadril) na mesma instituição.
[f]O estudo iniciou depois da inscrição do primeiro paciente.
[g]Os pacientes identificados para o estudo com base em seu desfecho clínicos, chamados de "casos", por exemplo falha da artroplastia total, são comparados com os pacientes que não tiveram desfechos, chamados "controles", por exemplo, artroplastia total do quadril bem-sucedida.
[h]Pacientes tratados de uma maneira sem grupo de comparação de pacientes tratados de outro modo.

AÇÃO DA PROTEÍNA SERICINA NO REPARO NERVOSO INICIAL, ASSOCIADA OU NÃO À NATAÇÃO, EM RATOS WISTAR

THE ACTION OF SERICIN PROTEIN ON INITIAL NERVE REPAIR, ASSOCIATED OR NOT WITH SWIMMING IN WISTAR RATS

ACCIÓN DE LA PROTEÍNA SERICINA EN LA REPARACIÓN NERVIOSA INICIAL, ASOCIADA O NO A LA NATACIÓN, EN RATONES WISTAR

Jean Carlos Debastiani,[1] André Junior Santana,[1] Alana Ludemila de Freitas Tavares,[1] Juliana Roncini Gomes da Costa,[1] Luiz Gustavo Vasconcelos Machado,[1] Regina Inês Kunz,[1] Lucinéia de Fátima Chasko Ribeiro,[1] Rose Meire Costa,[1] Gladson Ricardo Flor Bertolini[1]

1. Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Laboratório de Estudo das Lesões e Recursos Fisioterapêuticos, Laboratório de Biologia Estrutural e Funcional, Cascavel, PR, Brasil.

RESUMO

Objetivo: Analisar os efeitos do tratamento da sericina, associada ou não ao exercício de natação com sobrecarga, sobre o reparo inicial do nervo isquiático após compressão em ratos Wistar. Métodos: Foram separados 40 animais em cinco grupos, sendo eles: controle; lesão; lesão-sericina; lesão-natação e lesão-sericina-natação. Durante o procedimento de axonotmese, a sericina foi aplicada sobre a lesão nos grupos lesão-sericina e lesão-sericina-natação. Os grupos lesão-natação e lesão-sericina-natação realizaram o exercício de natação com sobrecarga durante cinco dias, iniciando no terceiro dia pós-operatório (PO), sendo avaliados quanto à função, nocicepção e alodinia. A eutanásia foi realizada no oitavo dia PO, sendo que dois fragmentos do nervo foram coletados e preparados para análise quantitativa e descritiva em relação a quantidade total de fibras nervosas viáveis, não viáveis, diâmetro da fibra nervosa, do axônio e espessura da bainha de mielina. Resultados: No índice funcional isquiático não houve melhora significativa até o oitavo dia. O teste de Von Frey na cicatriz cirúrgica e fáscia plantar indicaram redução do quadro álgico e alodinia para os grupos lesão-natação e lesão-sericina-natação. A análise morfológica apresentou características semelhantes nos grupos lesão-sericina, lesão-natação e lesão-sericina-natação, porém houve diferença significativa das fibras nervosas não viáveis menores nos grupos lesão-natação e lesão-sericina-natação em relação aos demais. Conclusões: A proteína sericina isolada apresentou características pró-inflamatórias. Houve melhora da alodinia e diminuição do quadro álgico no local da incisão cirúrgica relacionadas a possível efeito aquático. Não houve aceleração do reparo nervoso no oitavo dia após a lesão. ***Nível de Evidência I; Estudo clínico randomizado de alta qualidade com ou sem diferença estatisticamente significante, mas com intervalos de confiança estreitos.***

Descritores: Materiais biocompatíveis; Compressão nervosa; Natação; Seda.

ABSTRACT

Objective: To analyze the effects of sericin treatment, associated or not with swimming with load exercise, on initial sciatic nerve repair after compression in Wistar rats. Methods: Forty animals were divided into five groups: control, injury, injury-sericin, injury-swimming and injury-sericin-swimming. During the axonotmesis procedure, the sericin was applied to the injury-sericin and injury-sericin-swimming groups. The injury-swimming and injury-sericin-swimming groups performed the swimming with load exercise for five days, beginning on the third postoperative day (PO), and were evaluated for function, nociception and allodynia. Euthanasia was performed on the 8th PO day and fragments of the nerve were collected and prepared for quantitative and descriptive analysis in relation to the total amount of viable nerve fibers and non-viable nerve fibers, nerve fiber diameter, axon diameter and myelin sheath thickness. Results: There was no significant improvement in the sciatic functional index up to the eighth day. The Von Frey test of the surgical scar and plantar fascia indicated a reduction in pain and allodynia for the injury-swimming and injury-sericin-swimming groups. The morphological analysis presented similar characteristics in the injury-sericin, injury-swimming and injury-sericin-swimming groups, but there was a significant difference in the number of smaller non-viable nerve fibers in the injury-swimming and injury-sericin-swimming groups as compared to the others. Conclusions: Isolated sericin protein presented proinflammatory characteristics. There was improvement of allodynia and a decrease in the pain at the site of the surgical incision, possibly linked to an aquatic effect. There was no acceleration of nerve repair on the eighth day after the injury. ***Level of Evidence I; High quality randomized clinical trial with or without statistically significant difference, but with narrow confidence intervals.***

Keywords: *Biocompatible materials; Nerve crush; Swimming; Silk.*

RESUMEN

Objetivo: Analizar los efectos del tratamiento de la sericina, asociada o no al ejercicio de natación con sobrecarga, sobre la reparación inicial del nervio isquiático después de compresión, en ratones Wistar. Métodos: Se separaron 40 animales en cinco grupos, siendo: control; lesión; lesión-sericina; lesión-natación y lesión-sericina-natación. Durante el procedimiento de axonotmesis, la sericina fue aplicada sobre la lesión en los grupos lesión-sericina y lesión-sericina-natación. Los grupos lesión-natación y lesión-sericina-natación realizaron el ejercicio de natación con sobrecarga durante cinco días, iniciándose en el tercer día postoperatorio (PO), siendo evaluados cuanto a la función,

Estudo realizado na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Cascavel, PR, Brasil.
Correspondência: Gladson Ricardo Flor Bertolini. Laboratório de Estudo das Lesões e Recursos Fisioterapêuticos da Unioeste. Rua Universitária, 2069, Jardim Universitário 85819-110, Cascavel, PR, Brasil. gladsonricardo@gmail.com

CC BY

http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804181924

Recebido em 27/06/2017 aceito em 07/06/2019

nocicepción y alodinia. La eutanasia fue realizada en el octavo día PO, siendo que dos fragmentos del nervio fueron recolectados y preparados para análisis cuantitativo y descriptivo, con relación a la cantidad total de fibras nerviosas viables, no viables, diámetro de la fibra nerviosa, del axón y espesor de la vaina de mielina. Resultados: En el índice funcional isquiático no hubo mejoría significativa hasta el octavo día. La prueba de "Von Frey" en la cicatriz quirúrgica y la fascia plantar indicaron reducción del cuadro álgico y alodinia, para los grupos lesión-natación y lesión-sericina-natación. El análisis morfológico presentó características similares en los grupos lesión-sericina, lesión-natación y lesión-sericina-natación, pero hubo diferencia significativa de las fibras nerviosas no viables menores en los grupos lesión-natación y lesión-sericina-natación con relación a los demás. Conclusiones: La proteína sericina aislada presentó características proinflamatorias. Hubo mejora de la alodinia y disminución del cuadro álgico en el lugar de la incisión quirúrgica, relacionadas al posible efecto acuático. No hubo aceleración de la reparación nerviosa en el octavo día después de la lesión. ***Nivel de Evidencia I; Ensayo clínico aleatorizado de alta calidad con o sin diferencia estadísticamente significativa, pero con intervalos de confianza estrechos.***

Descriptores: *Materiales biocompatibles; Compresión nerviosa; Natación; Seda.*

INTRODUÇÃO

Lesões nervosas periféricas (LNPs) são frequentes principalmente as traumáticas, como compressão, esmagamento e estiramento, o que implica em alterações na função motora voluntária, levando a morbidades, incapacidades nas atividades de vida diária e laborais. O tratamento geralmente é longo, com consequente aumento dos custos para os sistemas de saúde público e previdenciário,[1] tendo maior incidência em adultos jovens.[2]

Diversas abordagens terapêuticas são utilizadas no tratamento de LNPs,[3] havendo benefícios do exercício físico na regeneração nervosa periférica, como o aumento da força, resistência e mobilidade,[4,5] além da melhora na mielinização e desenvolvimento das fibras nervosas.[6]

Dentre os exercícios, os em ambiente aquático apresentam bom prognóstico, revelando melhora na recuperação funcional após lesão do nervo isquiático,[5,6] favorecem a remoção de mielina degenerada,[7] a recuperação do diâmetro axonal,[8] além de estimular o crescimento e desenvolvimento de novas células e aumentar a presença de fatores de crescimento neuronais.[9] Teodori et al.,[5] relatam que a natação aplicada nas fases agudas e tardias, em modelos de compressão nervosa, revelou uma aceleração no processo de regeneração do nervo isquiático.

Contudo, outras pesquisas demonstraram atrasos na recuperação funcional com este tipo de exercício,[8] ou nenhum efeito sobre a força muscular,[10] e pelo processo de regeneração lento, problemas como a reinserção nervosa inadequada e ineficiência da função nervosa são possíveis, gerando impactos diretos no resultado final.[1] Isto denota a necessidade de investigação sobre o efeito do exercício físico no reparo nervoso, bem como a associação deste com substâncias auxiliares do processo.

Nesse sentido, o biopolímero da seda sericina, apresenta potencial uso em biomedicina. Esta proteína, produzida pela lagarta bicho-da-seda (*Bombyx mori*) e, juntamente com a fibroína, compõem o casulo de seda.[11] A sericina demonstrou influência na regeneração de tecido cartilaginoso, favorecendo a proliferação celular,[12] acelerando a regeneração de tecido cutâneo,[13] atuando no processo de cicatrização e podendo levar a menores níveis de mediadores inflamatórios.[14,15] No reparo neuronal Wang et al.,[16] demonstraram seu efeito neuroprotetor, promovendo o crescimento *in vitro* de neurônios. Além disso, outros potenciais efeitos tornam a sericina foco de interesse em diversos segmentos, visto as possibilidades de uso.

Desta maneira, a sericina apresenta amplas possibilidades de aplicações, como no reparo de LNPs, e assim, este estudo objetivou analisar os efeitos do tratamento da sericina, associada ou não a exercício de natação, com sobrecarga, sobre o reparo do nervo isquiático após compressão, em ratos Wistar no período inicial do reparo nervoso.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da amostra

A pesquisa seguiu todos os procedimentos experimentais e foi aprovada pelo Comitê de Ética em Uso Animal. Foram utilizados 40 ratos da linhagem *Wistar*, com 8 $\pm$ 2 semanas de idade e peso entre 200 e 300 gramas, mantidos em ambiente controlado, ciclo claro-escuro de 12 horas, temperatura ambiente de 25 + 1ºC, água e ração ad libitum. Estes animais foram separados, equitativa e aleatoriamente em cinco grupos: controle (CON), não realizou nenhum tipo de procedimento; lesão (LES), realizado protocolo de lesão nervosa isquiática e não recebeu nenhum tipo de tratamento; lesão-sericina (LSER), protocolo de lesão nervosa isquiática e tratado com sericina; lesão-natação (LNAT), lesão nervosa isquiática e tratamento com natação; e lesão-sericina-natação (LSRNT), submetido à lesão nervosa, tratamento com sericina e posteriormente natação.

Todos os animais foram submetidos às mesmas avaliações ao longo do período experimental.

Lesão nervosa isquiática e aplicação da proteína sericina

Prévio ao procedimento cirúrgico, os animais foram pesados e anestesiados com cloridrato de quetamina (95 mg/Kg) e cloridrato de xilazina (12 mg/Kg) via intraperitoneal. Na sequência, o animal foi posicionado em decúbito ventral, com abdução dos quatro membros, e preparada a região cirúrgica do membro pélvico direito. A incisão foi realizada paralelamente às fibras musculares do bíceps femoral, possibilitando a exposição do nervo isquiático. A axoniotmese foi realizada com auxílio de uma pinça hemostática, onde o nervo isquiático foi comprimido durante 30 segundos, utilizando-se como referência de pressão o segundo dente da cremalheira.[17] A compressão nervosa de todos os animais foi realizada, pelo mesmo pesquisador. Em seguida foi feita sutura epineural na região lesionada, com fio de nylon 10.0, possibilitando a localização exata da lesão e coleta dos segmentos do nervo no momento da eutanásia.[3]

Após, os animais de LSER e LSRNT receberam a aplicação de 100 μL de sericina hidrolisada, por animal, por meio de uma única aplicação.[18] Em seguida, foi realizado o fechamento cirúrgico por camadas, e realocação do nervo nas mesmas condições pré-cirúrgicas.

A sericina foi obtida diretamente de casulos de *B. mori*, fornecidos pela indústria sericícola BRATAC Silk do Brasil (Londrina, Paraná, Brasil). Os casulos foram cortados em fragmentos de aproximadamente 1 cm^2 e submetidos ao processo de extração por alta pressão e alta temperatura em autoclave (CS 30 – Prismatec, Itu, SP, Brasil), a 120º C e pressão de 1 kgf/cm^2, por 1 hora.[19] Não houve adição de produtos químicos durante a extração e foi utilizado 100 mL de água destilada para cada 6 g de casulo. A fibroína foi separada utilizando-se uma peneira de 18 malhas, a solução de sericina foi congelada (-20ºC) e utilizada na forma hidrolisada durante o experimento.

Natação

O exercício de natação foi realizado com sobrecarga de 10% do peso corporal do animal, durante 15 minutos. A carga foi composta por pesos de chumbo, fixados na região abdominal com cinta de velcro, visando não interferir na mobilidade durante o exercício. O protocolo iniciou no 3º dia após a realização da axoniotmese e mantido diariamente até o 7º dia, sendo realizada a eutanásia dos animais no 8º dia. A carga foi determinada diariamente pela pesagem prévia dos animais.

Nos dez dias que antecederam o procedimento cirúrgico, todos os animais foram aclimatados ao protocolo de natação e aos testes. Os animais de CON, LES e LSER, não realizaram o protocolo de

exercício, porém foram submetidos ao ambiente aquático por 10 segundos, nos mesmos dias do treino estabelecido de LNAT e LSRNT, simulando o estresse do ambiente aquático.[20] Foi utilizado um tanque oval, com 60 cm de profundidade e capacidade para 200 L, e temperatura de 32 ± 1ºC.

Índice funcional do isquiático (IFC)

Para mensurar o índice funcional do isquiático, foi utilizada uma esteira acoplada a um sistema de imagem (Insight®), que obteve dados das pegadas dos animais. As medidas de: comprimento da pata (distância entre os dois pontos extremos da pegada longitudinalmente); espalhar total dos dedos (distância entre os dois pontos mais extremos da pegada transversalmente); espalhar dos dois dedos intermediários, tanto do lado experimental, quanto do contralateral, foram submetidos à fórmula específica, apresentados em percentual negativo, sendo 0 (zero) representativo de função normal e -100 (menos 100) representativo de perda total da função.[21]

Foram realizadas cinco avaliações, sendo a primeira (AV1) 24 horas antes do procedimento cirúrgico, a segunda (AV2) no 3º dia do pós-operatório, antes de iniciar o protocolo de natação e a terceira (AV3) também no 3º dia, porém após o término da natação, a quarta avaliação (AV4) foi realizada no 7º dia após o tratamento por natação e, a quinta (AV5) realizada previamente à eutanásia, no 8º dia de pós-operatório. A ordem dos testes foi estabelecida e seguida durante todo o experimento, sendo primeiro o teste do IFC, em seguida o teste com analgesímetro digital de "*Von Frey*", porém a ordem de realização foi randomizada a fim de diluir a influência do tempo e fadiga dos avaliadores.

Teste tipo filamento de "*Von Frey*" Digital

O analgesímetro digital tipo filamento de "*Von Frey*" (Insight®), consistiu na aplicação de um filamento na região do procedimento cirúrgico, com o animal contido, sendo posicionada a ponteira de polipropileno perpendicularmente a área, com aumento gradativo da pressão exercida até que o animal realizasse o movimento de retirada do membro pélvico. Em seguida foi realizado o mesmo estímulo na face plantar do membro pélvico direito, com o animal em uma caixa elevada com piso de tela, possibilitando o acesso e posicionamento perpendicular e o aumento gradativo da pressão do filamento, sendo interrompido o teste assim que o animal elevasse o membro, ficando registrado o valor da força necessária para retirada. Foram realizadas três medidas por avaliação, em cada região, e adotada a média entre elas para análise estatística.[22]

Coleta e eutanásia

No 8º dia após o procedimento de lesão nervosa, os animais foram pesados e anestesiados. O nervo isquiático direito foi coletado e seccionado no sentido distal em dois fragmentos de 1 cm cada. O primeiro (fragmento proximal) foi obtido imediatamente após o ponto de lesão, identificado pelo fio de nylon 10.0, e o segundo (fragmento distal) foi coletado na sequência. Após este procedimento, os animais ainda sob o efeito do anestésico foram eutanasiados.

Análise morfológica

Os fragmentos do nervo isquiático foram fixados em paraformoldeído tamponado, por 24 horas, sendo que o fragmento distal foi pré-corado com tetróxido de ósmio 2%. Posteriormente, foram processados para emblocamento em parafina histológica e cortados transversalmente em 5 μm de espessura. As lâminas obtidas do fragmento proximal foram coradas em hematoxilina e eosina (H/E),[23] para as análises descritivas do nervo, enquanto o distal foi submetido às análises morfométricas. Na sequência, as lâminas foram fotomicrografadas em microscópio Olympus BX 50.

Para as análises morfométricas foi utilizado o programa Image-Pro-Plus 6.0, no qual foram observados os seguintes parâmetros: quantidade total de fibras nervosas viáveis (FNV), quantidade total de fibras nervosas não viáveis (FNNV), diâmetro do axônio (DAX), diâmetro da fibra nervosa (DFN), e espessura da bainha de mielina (EBM), sendo consideradas FNNV, aquelas que não apresentassem contornos definidos, passíveis de mensuração. As fibras nervosas foram analisadas com relação ao diâmetro, em menores e maiores que 4 μm. Para tanto, foi utilizado como base os estudos de Mazzer et al.,[24] e Mandelbaum-Livnat et al.,[25] que descreveram a presença de fibras nervosas de diâmetros menores e maiores em lesões do nervo isquiático. Foram efetuadas quatro imagens de cada corte, sendo no quadrante superior esquerdo, superior direito, inferior esquerdo e inferior direito, em aumento de 1.000 vezes. A análise foi feita de forma cega com relação aos grupos, sendo analisadas 25 fibras maiores e 25 menores de 4 μm de diâmetro, por quadrante, totalizando 200 fibras por nervo, ou até sua totalidade.

Análise estatística

Os resultados foram expressos por meio de estatística descritiva e analisados quanto à sua normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Verificada a normalidade dos dados, procedeu-se a análise por Anova unidirecional, com pós-teste LSD (teste *t*), sendo o nível de significância de $\alpha = 0,05$, para tanto utilizou-se o programa Bioestat 5.0.

RESULTADOS

Índice funcional isquiático

O CON não demonstrou diferenças significativas entre as cinco avaliações realizadas neste grupo (p=0,870). Já LES, LSER, LNAT e LSRNT apresentaram comportamento idêntico, havendo diferença significativa da AV1, realizada previamente a lesão, para as demais avaliações (AV2, AV3, AV4 e AV5) efetuadas após a lesão (p<0,001).

Na comparação entre os grupos, no momento das avaliações, em AV1 não houve diferença significativa entre os grupos (p=0,274). Nos momentos AV2, AV3, AV4 e AV5, houve diferenças entre CON e todos os demais grupos (p<0,001). (Tabela 1)

Teste com analgesímetro tipo filamento de "*Von Frey*" digital

Diante do teste de filamento tipo "*Von Frey*" digital, na região da cicatriz cirúrgica, o CON não demonstrou diferenças significativas (p=0,530). Já o LES e LSER se comportaram de forma idêntica, apresentando diferença da AV1 para as demais (p<0,001). LNAT obteve diferença da AV1 para as demais (p<0,001), e da AV2 para AV4 (p=0,018) e AV5 (p=0,023), tendo LSRNT comportamento idêntico, com diferença da AV2 para AV4 (p=0,006) e AV5 (p=0,002), indicando uma redução do quadro álgico no decorrer tempo.

Ainda em referência à cicatriz cirúrgica, na comparação entre os grupos, não houve diferença significativa na AV1 entre os grupos (p=0,383). Nos momentos AV2 e AV3, foram observadas diferenças entre CON e todos os demais grupos (p<0,001). Em AV4 houve diferença entre CON e os demais (p<0,001), e de LSER para LES (p=0,015), e LSRNT (p=0,011). Para AV5 identificou-se diferença entre CON e os demais (p<0,001), do LSER para o LES (p=0,020) e LSRNT (p<0,001), e LNAT para o LSRNT (p=0,030). (Tabela 2)

Na região da fáscia plantar, o CON não demonstrou diferenças entre as avaliações (p=0,77). Já LES e LSER apresentaram similaridades, mostrando diferença da AV1 para as demais (p<0,001). No LNAT houve diferenças entre a AV1 e as demais (p<0,001) e, entre a AV2 para AV4 (p=0,015) e AV5 (p<0,001), e da AV3 para a AV5 (p=0,004), já o LSRNT apresentou diferença da AV1 para as demais (p<0,001) e de AV2 para AV4 (p=0,001).

Tabela 1. Média e desvio padrão do IFC referente a eutanásia do oitavo dia, e diferenças estatísticas.

	CON	LES	LSER	LNAT	LSRNT
AV1	-12,1±24,0^{aA}	3,07±21,4^{aA}	-17,2±16,2^{aA}	-7,0±7,1^{aA}	-13,5±19,8^{aA}
AV2	-10,1±14,9^{bA}	-60,02±19,2^{bB}	-66,0±9,5^{bB}	-67,5±7,6^{bB}	-63,7±16,7^{bB}
AV3	-5,1±25,3^{bA}	-62,64±10,8^{bB}	-67,2±11,8^{bB}	-50,6±34,3^{bB}	-71,6±19,5^{bB}
AV4	-0,7±11,6^{bA}	-55,40±12,5^{bB}	-61,6±16,9^{bB}	-61,5±19,0^{bB}	-58,9±36,3^{bB}
AV5	-9,3±27,8^{bA}	-57,58±22,8^{bB}	-68,2±8,0^{bB}	-62,3±19,3^{bB}	-64,0±15,6^{bB}

Obs.: Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa no grupo quando comparado suas avaliações (coluna), letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre os grupos no momento da avaliação (linha).

Na comparação entre os grupos, referente a fáscia plantar, não houve diferença no momento da AV1 (p=0,1014). Já em AV2, AV3 e AV4, foram observadas diferenças entre CON e os demais grupos (p<0,001). A AV5 mostrou diferença entre CON e os demais grupos (p<0,001) e de LNAT para LSER (p=<0,0241) e LSRNT (p=0,0181). (Tabela 2)

Análise morfológica

O nervo isquiático do CON revelou características teciduais e celulares normais, formado por fibras nervosas de diferentes diâmetros, mielínicas e amielínicas, com presença das células de Schwann. (Figuras 1A e A1) As bainhas conjuntivas, endoneuro, perineuro e epineuro também estavam com características dentro da normalidade. No grupo LES a maioria das fibras nervosas se apresentaram alteradas, diâmetros e formas diferenciadas do CON, aumento no número de células de Schwann, infiltrado inflamatório, formando aglomerados de células gigantes e macrófagos. (Figuras 1B e B1)

Nos grupos SER, LNAT e LSRNT, (Figuras 1C-1E e C1-E1) os aspectos morfológicos estavam semelhantes entre si, com alteração axonal, hiperceluralidade, decorrente do aumento no número de células de Schwann e da presença de infiltrado inflamatório.

A contagem do número total de FNV, tanto as fibras de diâmetro maior, quanto as menores de 4 μm, mostraram diferença estatística de todos os grupos em relação ao CON (p<0,001). Já os valores de FNNV maiores, mostrou diferença do CON em relação aos demais grupos (p<0,010). Na variável FNNV menores, foram observadas diferenças entre CON e os demais grupos (p<0,001), de LES entre todos os grupos (LSER p=0,028, LNAT p<0,001 e LSRNT p<0,001), e de LSER para todos (LNAT p=0,038 e LSRNT p=0,006).

Na análise da média dos DFN dos grupos maiores que 4 μm, foram observadas diferenças somente de CON para os demais grupos (p<0,001). Já a média do DFN menores, não houve diferença (p=0,860), o mesmo ocorreu na avaliação da media dos DAX das fibras maiores (p=0,200) e menores (p=0,630). Na avaliação da EBM maiores, houve diferença do CON para os demais (p<0,001) não sendo observado diferença nas fibras menores (p=0,086). (Tabela 3)

DISCUSSÃO

A localização periférica do nervo isquiático o expõe a lesões nervosas, principalmente aquelas que produzem como sintoma a ciatalgia, o que interfere na transmissão dos impulsos nervosos e podem implicar em incapacidade funcional, com potencial impacto socioeconômico negativo afetando, sobretudo, indivíduos jovens e produtivos.[2,26]

O modelo de lesão abordado nesta pesquisa foi proposto por Bridge et al.[18] produzindo uma compressão, em que ocorre rompimento de axônios e desencadeia um processo de degeneração Walleriana, no sentido distal à lesão, e que ocorreu em todos os grupos que foram submetidos a lesão neste estudo. Este processo afeta a estrutura das fibras nervosas em um espaço de tempo de cerca de dois a três dias, sendo que uma cascata de eventos é disparada a partir do local da lesão e envolve, entre outros fatores, a migração de macrófagos, proliferação de células de Schwann, mudanças nos constituintes da matriz extracelular e reorganização do espaço endoneural, como verificado no presente estudo, além da produção de citocinas e aumento de neurotrofinas.[26]

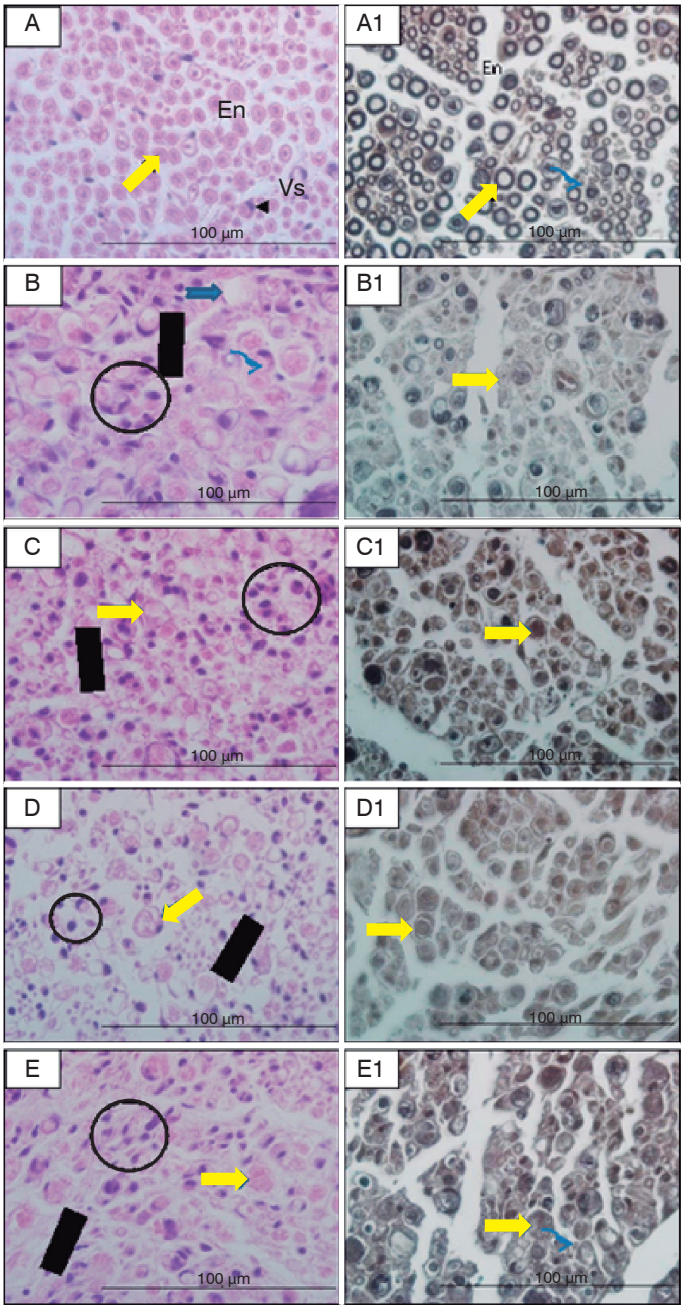


Figure 1. Fotomicrografias do nervo isquiático de ratos Wistar no 8º dia pós-lesão, corte transversal, hematoxilina-eosina (A - E) e tetróxido de ósmio (A1 – E1). A e A1, grupo controle, fibras nervosas íntegras, com axônio e bainha de mielina (seta fina), núcleo de células de Schwann (ponta de seta), vaso sanguíneo (Vs) e endoneuro (En). B e B1, grupo lesão com fibras nervosas degeneradas (seta azul), infiltrado inflamatório (circulo pontilhado) e células de Schwann. C e C1, grupo sericina; D e D1, grupo natação; e E e E1, grupo sericina e natação com fibras nervosas degeneradas, núcleo de células de Schwann, hipercelularidade, infiltrado inflamatório, fibras de pequeno diâmetro (seta curva) e vasos sanguíneos.

Tabela 2. Média e desvio padrão do teste de "Von Frey" da cicatriz cirúrgica, e da fáscia plantar referente a eutanásia do oitavo dia, e diferenças estatísticas significativas.

		CON	LES	LSER	LNAT	LSRNT
Cicatriz Cirúrgica	AV1	145,4±10,1^{aA}	137,2±13,6^{aA}	136,3±13,5^{aA}	130,1±10,9^{aA}	139,6±19,7^{aA}
	AV2	143,4±13,2^{aA}	48,4±8,6^{bB}	38,1±15,5^{bB}	39,9±9,5^{bB}	38,9±14,0^{bB}
	AV3	144,7±15,9^{aA}	49,0±12,2^{bB}	36,6±15,0^{bB}	48,3±4,7^{bcB}	48,8±9,5^{bcB}
	AV4	150,0±13,5^{aA}	57,7±6,9^{bB}	44,2±11,6^{bC}	51,0±8,1^{cBC}	58,4±6,6^{cB}
	AV5	153,8±10,3^{aA}	54,5±9,3^{bB}	43,7±7,4^{bC}	50,5±6,9^{cBC}	60,6±6,8^{cD}
Fáscia Plantar	AV1	68,1±11,5^{aA}	68,4±13,0^{aA}	55,3±13,1^{aA}	68,0±10,0^{aA}	70,9±7,1^{aA}
	AV2	66,0±9,9^{aA}	32,6±11,3^{bB}	31,9±10,1^{bB}	23,6±6,7^{bB}	24,0±4,7^{bB}
	AV3	68,3±10,8^{aA}	35,1±11,3^{bB}	29,4±11,4^{bB}	30,5±5,3^{bcB}	31,4±8,9^{bcB}
	AV4	74,1±15,2^{aA}	39,5±7,6^{bB}	32,5±8,8^{bB}	36,0±5,6^{cdB}	36,7±8,2^{cB}
	AV5	69,7±11,9^{aA}	39,0±11,0^{bBC}	31,0±6,8^{bB}	41,6±3,6^{dC}	30,5±4,4^{bcB}

Obs.: Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa no grupo quando comparado suas avaliações (coluna), letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre os grupos no momento da avaliação (linha).

Tabela 3. Comparativo das médias, maiores e menores de 4 μm, no oitavo dia de pós-operatório, de fibras nervosas viáveis (FNV), fibras nervosas não viáveis (FNNV), diâmetro das fibras nervosas (DFN), diâmetro dos axônios (DAXN) e espessura da bainha de mielina (EBM).

		CON	LES	SER	LNAT	LSRNT
FNV	> 4 μm	590,1±40,5^{A}	15,5±8,0^{B}	14,5±19,3^{B}	7,0±4,5^{B}	6,1±3,2^{B}
	< 4 μm	18,5±12,0^{A}	5,0±3,8^{B}	3,6±1,6^{B}	4,66±3,61^{B}	4,3±2,8^{B}
FNNV	> 4 μm	17,8±4,3^{A}	411,1±11,2^{B}	487,6±51,0^{B}	449,5±84,9^{B}	438,8±48,0^{B}
	< 4 μm	0,0±0,0^{A}	56,5±23,3^{B}	93,1±24,1^{C}	127,6±20,4^{D}	139,8±46,6^{D}
DFN	> 4 μm	9,0±0,4^{A}	6,7±1,1^{B}	6,5±0,2^{B}	6,7±1,1^{B}	6,5±1,4^{B}
	< 4 μm	3,4±0,1^{A}	3,4±0,3^{A}	3,3±0,3^{A}	3,3±0,5^{A}	3,3±0,3^{A}
DAXN	> 4 μm	4,0±0,4^{A}	3,2±0,5^{A}	3,1±0,3^{A}	3,4±0,8^{A}	3,3±1,0^{A}
	< 4 μm	1,5±0,1^{A}	1,57±0,2^{A}	1,4±0,1^{A}	1,52±0,2^{A}	1,5±0,1^{A}
EBM	> 4 μm	2,5±0,1^{A}	1,7±0,2^{B}	1,6±0,1^{B}	1,6±0,2^{B}	1,5±0,2^{B}
	< 4 μm	0,9±0,1^{A}	0,9±0,1^{A}	0,9±0,1^{A}	0,9±0,2^{A}	0,8±0,1^{A}

Obs. Letras diferentes indicam diferença estatística significativa entre os grupos (linha).

A hipercelularidade verificada nos grupos lesionados resulta de diversos tipos celulares voltados à reorganização tecidual e funcional; como os macrófagos, presentes no coto distal, que removem os restos mielínicos em degeneração, entre o segundo e o sétimo dia após a lesão. Com a extrusão inicial da bainha de mielina, em até três dias após a lesão do axônio, se inicia a divisão e proliferação das células de Schwann, o que explica a grande quantidade de células observadas no oitavo dia após a lesão. As células de Schwann também realizam fagocitose e estão associadas à produção de substâncias quimiotáxicas, elas se alinham ao longo da lâmina basal, formando as bandas de Büngner, e auxiliam na orientação do crescimento axonal.[26]

A regeneração axonal periférica depende de uma resposta inflamatória rápida e eficiente, visto que as células de Schwann e macrófagos comunicam-se por meio de redes de citocinas, controlando a fagocitose e fatores de crescimento. Em roedores, a liberação de citocinas pró-inflamatórias, inicia de três a cinco horas após a lesão e o número de macrófagos, tanto endógenos quanto sistêmicos, atinge seu máximo de quatro a sete dias após a lesão. Explicando assim a hipercelularidade observada no oitavo dia após a lesão. É importante ressaltar que atrasos nesse processo podem levar a perda da capacidade regenerativa.[26]

Para fins de comparação, não foram encontrados estudos similares do uso da sericina em LNP's, sendo estes os primeiros dados morfológicos e funcionais advindo da aplicação deste biomaterial, seja tratado diretamente ou não sobre a lesão. No entanto, a perspectiva em relação a aplicação da sericina em outros tecidos se mostrou promissora,[12-16] levantando a expectativa de sua ação no reparo nervoso periférico.

Quanto aos resultados obtidos no IFC, existiu diferença somente entre o CON e os demais grupos, quando comparado intergrupos, e individualmente houve diferença somente da AV1, realizada previamente a lesão. Dessa forma, o modelo de lesão apresentou-se eficaz em causar alterações significativas na função motora dos animais e perdurou em todos os grupos de intervenção, até o oitavo dia após a lesão nervosa.

Oliveira et al.,[8] relataram que a natação com sobrecarga na fase inicial da regeneração nervosa causou danos à recuperação funcional, e a associação com estimulação elétrica, não teve efeito sobre o reparo nervoso, propondo que os protocolos de intervenção evitem sobrecarga. Contudo, Lós et al.,[27] colocaram que a intervenção precoce em meio aquático, após reparo cirúrgico de uma lesão nervosa periférica completa, não compromete o processo regenerativo e estimula a neovascularização fisiológica. De forma concordante Teodori et al.,[5] citaram que o exercício de natação, na fase aguda e tardia da lesão nervosa periférica do nervo isquiático, em ratos Wistar, por esmagamento, acelera a regeneração nervosa e melhora a transmissão sináptica. Porém, os dados obtidos neste estudo, não revelaram melhora funcional nos grupos lesionados, no oitavo dia após a lesão.

Alterações álgicas relacionadas às intervenções, evidenciadas por meio do teste com o analgesímetro digital, realizado na região da incisão cirúrgica, encontrou na comparação por grupo, que o CON não demostrou alterações, já nos demais grupos a AV1 se mostrou diferente das avaliações seguintes, o que se deve a AV1 ter sido realizada previamente ao procedimento cirúrgico, porém no grupo LNAT e no LSRNT ocorreu um aumento do limiar nociceptivo no decorrer do tempo, relacionado a um efeito do exercício aquático, pois somente os grupos com intervenção por exercício demonstraram esse comportamento, o que sustenta estudos que citam exercícios como estratégia eficaz para o controle do processo inflamatório e da dor, pois alteram os níveis de citocinas inflamatórias, neurotrofinas, neurotransmissores e opioides endógenos.[28]

Nas AV2 e AV3, houve diferença entre o CON e os demais grupos, e na AV4, denota-se diferença entre o LSER para o LES e LSRNT, sendo que o LSER teve o pior desempenho, denotando que a sericina, usada de forma isolada, se mostrou com ação pró-inflamatória, quando administrada na fase inicial de reparo. Bhattacharjee et al.[29] citam que o uso de sericina aumenta a resposta inflamatória por causar hipersensibilidade, decorrentes de respostas imunitárias exacerbadas. No entanto, Svennigsen e Dahlin[26] colocam que o aumento da resposta inflamatória é um quesito importante a ser considerado na regeneração nervosa. Aramwit et al.[14] destacaram que a sericina não é tóxica e pode promover cicatrização de feridas cutâneas, sendo que os níveis de mediadores inflamatórios IL-1β e TNF-α, observados sete dias após a lesão, são significativamente inferiores em feridas tratadas sem a sericina. Em estudo comparativo nas fibras de seda, com e sem a sericina, observou-se que nas fibras com sericina houve a ativação de células inflamatórias, como polimorfonucleadas, leucócitos, eosinófilos e macrófagos.[30]

O teste realizado na região da fáscia plantar com o analgesímetro digital, buscou identificar alterações por alodinia, com referência ao trajeto nervoso isquiático. Na comparação individual, LES e LSER, se comportaram de forma idêntica. No LNAT houve diferença da AV2 para a AV4 e AV5, e no LSRNT da AV2 para AV4, mostrando uma melhora da sensibilidade em ambos os grupos, podendo estar associada ao tratamento em meio aquático, visto que somente os grupos submetidos ao tratamento por exercício de natação, mostraram melhora no decorrer do tempo. Este resultado corrobora que os estudos de Kami, Tajima e Senba,[28] em que sugerem o exercício de natação como fator para melhorar a alodinia em modelos de dor neuropática, mas os mecanismos não são completamente compreendidos.

No momento da AV5, o LNAT foi diferente de LSER e LSRNT, tendo melhor desempenho, porém não foi diferente do LES, sendo as piores médias associadas ao uso da sericina, evidenciando novamente, um efeito pró-inflamatório.

Em relação aos achados morfométricos, observou-se que a quantidade de FNV, tanto as menores quanto as maiores, mostraram diferença do CON para todos os demais grupos, comprovando que até o oitavo dia, a lesão nervosa ainda era significativa. Já a quantidade de FNNV menores de 4 μm, mostraram diferença do LES para todos os demais e do LSER também para todos os demais, porém com os menores valores observados, já NAT e SRNT foram diferentes de todos os grupos, obtendo os maiores valores, porém não é possível afirmar se estas FNNV estão em processo de regeneração ou degradação. A tendência é que fibras maiores alteradas estejam em processo de degeneração e fibras menores,

estejam em regeneração. Sendo assim, o processo de regeneração ainda em fase inicial, não evidenciou sinais de viabilidade, justificando a falta de funcionalidade adequada observada, porém a diferença numérica entre os grupos, que foi significativamente maior em LNAT e LNTSR, pode indicar que houve regulação da ação pró-inflamatória da proteína sericina pelo exercício de natação.

Já o DFN maiores de 4 μm apresentaram diferença do CON para os demais grupos, não havendo diferença entre as menores, também não havendo diferença significativa no DAX, tanto maiores quanto menores. A EBM das fibras maiores de 4 μm mostrou diferença do CON, já nas menores não houve diferença, revelando pouca influência nessas variáveis, no oitavo dia.

Considerando que o processo inflamatório é fundamental para regeneração nervosa,[26] estudos mostraram que a sericina induz citocinas pró-inflamatórias e aumenta a fagocitose, além de estimular o fator de transcrição NF-Kb e p38 quinase, que estão amplamente envolvidos na regulação de vias pró-inflamatórias.[29] Ainda Teodori et al.,[5] relatam que o exercício de natação realizado na fase aguda após lesão do nervo isquiático por esmagamento em ratos Wistar, acelera a regeneração nervosa e melhora a transmissão sináptica. Assim, com base nos resultados do presente estudo, parece que o exercício de natação regula a ação pró-inflamatória da proteína sericina, no entanto se faz necessário estudos com tempos prolongados de tratamento para analisar o comportamento desta relação em uma fase mais tardia no reparo nervoso.

CONCLUSÃO

A proteína sericina, aplicada diretamente sobre a lesão nervosa isquiática, apresentou características pró-inflamatórias que parecem ser moduladas quando associada ao exercício de natação. Já a natação isolada mostrou melhora da hipernocicepção em relação as demais intervenções, vinculado a um possível efeito aquático. Não houve sinais morfológicos significativos de aceleração do processo de reparo nervoso no oitavo dia após a lesão em nenhum dos tratamentos.

Todos os autores declaram não haver nenhum potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significantemente para o desenvolvimento deste artigo. JCD (0000-0001-8845-6333)*: redação, revisão, realização das cirurgias para lesão nervosa; realização dos tratamentos, produção e análise de lâminas histológicas; AJS (0000-0003-1282-0746)*: revisão do texto final, realização das cirurgias para lesão nervosa; realização dos tratamentos, auxílio na produção e análise de lâminas histológicas; ALFT (0000-0002-8687-1231): revisão do texto final, realização das cirurgias para lesão nervosa; realização dos tratamentos, auxílio na produção e análise de lâminas histológicas; JRGC (0000-0001-5145-5935)*: revisão do texto final, realização das cirurgias para lesão nervosa; realização dos tratamentos, auxílio na produção e análise de lâminas histológicas; LGVM (0000-0002-1786-5073)*: revisão do texto final, realização das cirurgias para lesão nervosa; realização dos tratamentos, auxílio na produção e análise de lâminas histológicas; RIK (0000-0003-1510-7022)*: revisão do texto final, auxílio na produção e análise de lâminas histológicas; LFCR (0000-0001-5174-7399)*: revisão do texto final, auxílio na produção e análise de lâminas histológicas; RMC (0000-0002-5344-5076)*: revisão do texto final, auxílio na produção e análise de lâminas histológicas; GRFB (0000-0003-0565-2019)*: revisão do texto final auxílio na cirurgia, redação, realização da análise estatística, conceito intelectual e confecção de todo o projeto de pesquisa. *ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).

REFERÊNCIAS

1. Brull R, Hadzic A, Reina MA, Barrington MJ. Pathophysiology and etiology of nerve injury following peripheral nerve blockade. Reg Anesth Pain Med. 2015;40(5):479-90.
2. Miranda GE, Torres RY. Epidemiology of traumatic peripheral nerve injuries evaluated with electrodiagnostic studies in a tertiary care hospital clinic. P R Health Sci J. 2016;35(2):76-80.
3. Savastano LE, Laurito SR, Fitt MR, Rasmussen JA, Polo VG, Patterson SI. Sciatic nerve injury: A simple and subtle model for investigating many aspects of nervous system damage and recovery. J Neurosci Methods. 2014;227:166-80.
4. Nijs J, Kosek E, Oosterwijck JV, Meeus M. Dysfunctional endogenous analgesia during exercise in patients with chronic pain: to exercise or not to exercise? Pain Physician. 2012;15(3 Suppl):ES205-13.
5. Teodori RM, Betini J, Oliveira LS, Sobral LL, Takeda SYM, Montebelo MIL. Swimming exercise in the acute or late phase after sciatic nerve crush accelerates nerve regeneration. Neural Plast. 2011; 2011(1):1-8.
6. Jang S, Lee J. Effects of physical exercise on the functional recovery of rat hindlimbs with impairments of the sciatic nerve as assessed by 2D video analysis. J Phys Ther Sci. 2015;27(3):935-8.
7. Sarikcioglu L, Oguz N. Exercise training and axonal regeneration after sciatic nerve injury. Intern J Neurosci. 2001;109(3-4):173-1.
8. Oliveira LS, Sobral LL, Takeda SYM, Betini J, Guirro RRJ, Somazz MC, et al. Estimulación eléctrica y natación en la fase aguda de la axonotmesis: influencia sobre la regeneración nerviosa y la recuperación funcional. Rev Neurol. 2008;47(1):11-5.
9. Dishman RK, Berthoud H, Booth FW, Cotman CW, Edgerton VR, Fleshner MR, et al. Neurobiology of exercise. Obesity (Silver Spring). 2006;14(3):345-56.
10. Coradini JG, Kakihata CMM, Kunz RI, Errero TK, Bonfleur ML, Bertolini GRF. Avaliação da força de preensão em ratos Wistar, normais e obesos, submetidos à natação com sobrecarga após compressão do nervo mediano. Rev Bras Reumatol. 2015;5(1):43-7.
11. Barajas-Gamboa JA, Serpa-Guerra AM, Restrepro-Osorio A, Álvarez-López C. Sericin applications: a globular silk protein. Ing Compet. 2016;18(2):193-206.
12. Dinescu S, Galateanu B, Albu M, Lungu A, Radu E, Hermenean A, et al. Biocompatibility assessment of novel collagen-sericin scaffolds improved with hyaluronic acid and chondroitin sulfate for cartilage regeneration. Biomed Res Int. 2013;2013:598056 .
13. Ersel M, Uyanikgil Y, Akarca FK, Ozcete E, Altunci YA, Karabey F, et al. Effects of silk sericin on incision wound healing in a dorsal skin flap wound healing rat model. Med Sci Monit. 2016;22(1):1064-78.
14. Aramwit P, Kanokpanont S, De-Eknamkul W, Srichana T. Monitoring of inflammatory mediators induced by silk sericin. J Biosci Bioeng. 2009;107(5):556-61.
15. Padol AR, Jayakumar K, Mohan K, Manochaya S. Natural biomaterial silk and silk proteins: Applications in tissue repair. International Journal of Materials and Biomaterials Applications. 2012;2(4):19-24.
16. Wang Z, Wang J, Yang J, Luo Z, Yang W, Xie H, et al. A neuroprotective sericin hydrogel as an effective neuronal cell carrier for the repair of ischemic stroke. ACS Appl Mater Interfaces. 2015;7(44):1-34.
17. Bridge PM, Ball DJ, Mackinnon SE, Nakao Y, Brandt K, Hunter DA, et al. Nerve crush injuries - A model for axonotmesis. Exp Neurol. 1994;127(2):284-90.
18. Dias FJ, Issa JPM, Coutinho-Netto J, Fazan VPS, Sousa LG, Iyomasa MM, et al. Morphometric and high resolution scanning electron microscopy analysis of low-level laser therapy and latex protein (Hevea brasiliensis) administration following a crush injury of the sciatic nerve in rats. J Neurol Sci. 2015;349(1-2):129-37.
19. Gimenes ML, Silva VR, Vieira MGA, Silva MGC, Scheer AP. High molecular sericin from Bombyx mori coccons: Extraction and recovering by ultrafiltration. International journal of Chemical Engineering and Applications. 2014;5(3):226-71.
20. Peretti AL, Rosa CT, Errero TK, Baretta V, Schneider SCS, Bertolini GRF. Avaliação comportamental de ratos treinados em natação forçada. Scientia Medica. 2015;25(1):1-13.
21. Monte-Raso VV, Barbieri CH, Mazzer N, Fazan VPS. Os efeitos do ultra-som terapêutico nas lesões por esmagamento do nervo ciático de ratos: análise funcional da marcha. Rev Bras Fisioter. 2006;10(1):113-9.
22. Vivancos GG, Verri Jr WA, Cunha TM, Schivo IRS, Parada CA, Cunha FQ, et al. An electronic pressure-meter nociception paw test for rats. Braz J of Med Biol Res. 2004;37(1):391-9.
23. Junqueira LC, Junqueira LMMS. Técnicas básicas de citologia e histologia.1th ed. São Paulo: Santos;1983.
24. Mazzer PYCN, Barbieri CH, Mazzer N, Fazan VPS. Avaliação qualitativa e quantitativa das lesões agudas por esmagamento do nervo isquiático do rato. Acta Ortop Bras. 2006;14(6):220-5.
25. Mandelbaum-Livnat MM, Almog M, Nissan M, Loeb E, Shapira Y, Rochkind S. Photobiomodulation triple treatment in peripheral nerve injury: nerve and Muscle Response. Photomed Laser Surg. 2016;34(12):638-45.
26. Svennigsen AF, Dahlin LB. Repair of the peripheral nerve – Remyelination that Works. Brain Sci. 2013;3(3):1182-97.
27. Lós DB, Silva IB, Lira KDS, Andrade RF, Moraes SRA. Efeito da natação na regeneração do nervo ciático após neurotmese experimental. Rev Fisioter S Fun. 2016;5(1):23-9.
28. Kami K, Tajima F, Senba E. Exercise-induced hypoalgesia: potential mechanisms in animal models of neuropathic pain. Anat Sci Int. 2017;92(1):79-90.
29. Bhattacharjee M, Schultz-Thater E, Trella E, Miot S, Das S, Loparic M, et al. The role of 3D structure and protein conformation on the innate and adaptive immune responses to silk-based biomaterials. Biomaterials. 2013;34(33):8161-71.
30. Liu H, Ge Z, Wang Y, Toh SL, Sutthikhum V, Goh JC. Modification of sericin-free silk fibers for ligament tissue engineering application. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2007;82(1):129-38.

AVALIAÇÃO DE PACIENTES COM FRATURA CERVICAL SUBAXIAL POR MEIO DA NOVA CLASSIFICAÇÃO AOSPINE

EVALUATION OF PATIENTS WITH SUBAXIAL CERVICAL FRACTURES BY THE NEW AOSPINE CLASSIFICATION

EVALUACIÓN DE PACIENTES CON FRACTURA CERVICAL SUBAXIAL POR MEDIO DE LA NUEVA CLASIFICACIÓN AOSPINE

Pedro Augusto Celestino de Oliveira,[1] Alberto Gotfryd,[1] Maria Fernanda Cafaro,[1] Nelson Astur,[1] Rodrigo Mendonça,[1] Eduardo Hideyuki Akamine,[1] Osmar Avanzi,[1] Robert Meves[1]

1. Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

RESUMO

Objetivo: Avaliar o perfil dos pacientes com fratura e/ou luxação da coluna cervical subaxial por meio da nova classificação AOSpine e correlacionar com o mecanismo de trauma e o tipo de déficit neurológico. Métodos: Foram realizadas análises dos prontuários médicos dos pacientes admitidos em um hospital terciário com fratura e/ou luxação cervical subaxial entre o período de 2009 a 2016. Para a avaliação da associação entre as duas variáveis categóricas, utilizou-se o teste Qui-quadrado com nível de significância de $p<0,05$. Resultados: Foram analisados 67 prontuários, em que se obteve maior prevalência para as fraturas do tipo C (49,3%). A subclassificação neurológica N4 (35,8%) foi o tipo mais prevalente encontrado, seguido pelo subtipo N0 (26,9%). Entre os principais mecanismos de lesão encontrados, o mais prevalente foi o acidente motociclístico (29,9%). Não foi observada associação estatisticamente significativa entre o mecanismo de lesão com a classificação morfológica AOSpine ($p > 0,05$) ou com o déficit neurológico ($p > 0,05$). Conclusão: As fraturas cervicais do tipo C, devido a acidentes automobilísticos, foram as mais prevalentes. Não foi possível obter associação entre o grau de acometimento neurológico e a morfologia da lesão. ***Nível de evidência II; Estudo Retrospectivo.***

Descritores: Traumatismos da Coluna Vertebral; Coluna Vertebral; Fraturas da Coluna Vertebral; Medula Cervical.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the profile of patients with fracture and / or dislocation of the subaxial cervical spine using the new AOSpine classification and to correlate it with the trauma mechanism and the type of neurological deficit. Methods: Analyses were performed of the medical records of patients admitted to a tertiary hospital with fracture and / or subaxial cervical dislocation during the period from 2009 to 2016. For the evaluation of the association between the two categorical variables, the Chi-square test was used with a significance level of $p <0.05$. Results: A total of 67 medical records were analyzed, in which a higher prevalence of type C fractures (49.3%) was observed. The neurological subclassification N4 (35.8%) was the most prevalent type found, followed by subtype N0 (26.9%). Among the main injury mechanisms found, the most prevalent was the motorcycle accident (29.9%). There was no statistically significant association between the injury mechanism and the AOSpine morphological classification ($p> 0.05$) or neurological deficit ($p> 0.05$). Conclusion: Cervical fractures of type C, due to automobile accidents were the most prevalent. It was not possible to determine an association between the degree of neurological involvement and the morphology of the injury. ***Level of Evidence II; Retrospective study.***

Keywords: *Spinal Injuries; Spine; Spinal Fractures; Cervical Cord.*

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el perfil de los pacientes con fractura y / o luxación de la columna cervical subaxial por medio de la nueva clasificación AOSpine y correlacionar con el mecanismo de trauma y el tipo de déficit neurológico. Métodos: Se realizaron análisis de los historiales médicos de los pacientes admitidos en un hospital terciario con fractura y/o luxación cervical subaxial entre el período de 2009 a 2016. Para la evaluación de la asociación entre dos variables categóricas, se utilizó el test Chi-cuadrado, con nivel de significancia de $p <0,05$. Resultados: Se analizaron 67 historiales, en que se obtuvo mayor prevalencia para las fracturas del tipo C (49,3%). La subclasificación neurológica N4 (35,8%) fue el tipo más prevalente encontrado, seguido del subtipo N0 (26,9%). Entre los principales mecanismos de lesión encontrados, el más prevalente fue el accidente motociclístico (29,9%). No se observó asociación estadísticamente significativa entre el mecanismo de lesión con la clasificación morfológica AOSpine ($p> 0,05$) o con el déficit neurológico ($p> 0,05$). Conclusión: Las fracturas cervicales del tipo C, debido a accidentes automovilísticos, fueron las más prevalentes. No fue posible obtener asociación entre el grado de afectación neurológica y la morfología de la lesión. ***Nivel de evidencia II; Estudio retrospectivo.***

Descriptores: *Traumatismos Vertebrales; Columna Vertebral; Fracturas de la Columna Vertebral; Médula Cervical.*

Estudo realizado na Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
Correspondência: Pedro Augusto Celestino de Oliveira. Rua Ivan Mariane, 17, Três Lagoas, MS , Brasil. 79622-041. pedrooliveira.coluna@gmail.com

CC BY

http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804193631

Recebido em 30/03/2018 aceito em 24/05/2019

INTRODUÇÃO

Lesões da coluna cervical baixa (C3 a C7), apresentam gravidade de importante, pois com frequência causam danos à medula espinhal levando a déficit neurológico associado. Sequelas da função motora decorrentes do traumatismo da coluna cervical pode ser uma comorbidade definitiva, que afeta, principalmente, a população jovem e ativa. O prognóstico de sobrevida e recuperação funcional tem melhorado, assim como tem sido observada queda na taxa de mortalidade por esse tipo de lesão (21,8%).[1-5]

Diversos métodos para classificar lesões traumáticas da coluna cervical subaxial foram propostas, porém, a complexidade das lesões dificultou o êxito de um sistema ideal. Classificação amplamente utilizada é a proposta pelo grupo AO (*Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen*) que foi recentemente atualizada na tentativa de aumentar o grau de concordância, baseada em modificadores para mecanismos de trauma, acometimento da coluna anterior e/ou posterior e grau de lesão neurológica. Desse modo, foram classificadas em três tipos (A, B e C), seis subtipos e 22 modificadores.[6-8] No presente estudo, a hipótese é de que, quanto mais complexo o modificador de mecanismo da fratura da classificação AOSpine, maior o grau de acometimento neurológico. Para o conhecimento dos autores, não há na literatura atual associação estatística entre esses dois modificadores da classificação AOSpine.

O objetivo deste estudo é avaliar o perfil dos pacientes com fratura e/ou luxação da coluna cervical subaxial por meio da nova classificação AOSpine atualizada e avaliar a associação dos mecanismos de trauma e dos tipos morfológicos da fratura.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo retrospectivo por meio de análise de prontuários e de exames de imagens de pacientes admitidos no serviço de cirurgia da coluna de um hospital terciário, referência em trauma, com diagnóstico de fratura e/ou luxação cervical subaxial entre o período de 2009 a 2016, tratados de maneira conservadora ou cirúrgica. A pesquisa teve autorização do Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE 64369716.6.0000.5479) havendo a isenção da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Foram considerados critérios de inclusão pacientes de qualquer idade com diagnóstico de fratura e/ou luxação cervical subaxial (C3 a C7), que apresentam prontuário médico completo incluindo avaliação física primária de pronto socorro ou ambulatorial descrevendo mecanismos de trauma, exame neurológico antes e após o tratamento e exames de radiografia e tomografia computadorizada (TC) da coluna cervical.

Pacientes com fraturas patológicas ou vítimas de ferimento por arma de fogo, foram considerados excluídos do estudo.

Os pacientes incluídos tiveram seus prontuários avaliados e exames de imagem classificados pelo sistema AOSpine recém modificado para lesões da coluna cervical por dois ortopedistas certificados e com expertise em cirurgia de coluna. A análise de prontuário se baseou na extração de dados epidemiológicos completos, como: idade no evento do trauma, sexo, mecanismo de trauma e grau do déficit neurológico na admissão do paciente no hospital.

Os pacientes incluídos tiveram a lesão cervical classificada pelo sistema AOSpine proposto em 2016.[7] A nova classificação AOSpine divide-se em três tipos principais: A, B e C. Fraturas do tipo A estão relacionadas com o mecanismo de compressão, enquanto as do tipo B por distração das vértebras cervicais. Lesões do tipo C resultam de mecanismo complexo onde há perda do alinhamento (luxação) no nível cervical envolvido. (Tabela 1)

Adicionalmente, a classificação permite avaliar o comprometimento facetário (F), subdivididos em 4 níveis, (Tabela 2) e o acometimento neurológico (N), variando de 0-4. (Tabela 2) Existem ainda modificadores que apontam condições relevantes do paciente, sendo subdividido em 4 níveis:

- M1: as estruturas ósseas estão teoricamente estáveis, porém existe uma lesão ligamentar importante potencialmente instável;
- M2: possuem herniação discal volumosa no nível comprometido;

Tabela 1. Classificação AOSpine para fraturas cervicais subaxiais (C3-C7).

	Subtipos
Tipo A – Compressão	A0 – Fraturas não estruturais
	A1 – Impactação
	A2 – *Split* (separação)
	A3 – Explosão parcial
	A4 – Explosão total
Tipo B – Distração	B1 – Lesão da banda de tensão posterior, onde a linha de fratura passa apenas por estruturas ósseas
	B2 – Lesão da banda de tensão posterior completa envolvendo estruturas capsulo-ligamentares juntamente com o corpo e disco vertebral e/ou faceta
	B3 – Lesão da banda de tensão anterior
Tipo C – Translação	C – Lesões com deslocamento ou translação de um corpo vertebral em relação ao outro adjacente em qualquer direção

Tabela 2. Classificação AOSpine – Comprometimento facetário e acometimento neurológico.

	Subtipos
Lesão/ Comprometimento facetário	F1 – Lesões/comprometimentos facetários sem desvios.
	F2 – Lesões/comprometimentos facetário com potencial instabilidade. Desvios maiores que 1 cm e/ou mais de 40% de comprometimento da massa lateral
	F3 – Massa lateral flutuante separadas do pedículo e da lâmina
	F4 – Luxações em relação às vértebras adjacentes
Estado neurológico	N0 – Neurológico intacto
	N1 – Déficit neurológico transitório
	N2 – Déficit radicular
	N3 – Lesão neurológica incompleta
	N4 – Lesão neurológica completa
	NX – Quando não foi possível a avaliação neurológica

- M3: fraturas que comprometem pacientes portadores de patologias metabólicas, como ossificação do ligamento longitudinal posterior, espondilite anquilosante; entre outras;
- M4: lesões da artéria vertebral;

A análise estatística consistiu da avaliação por meio de média e desvio padrão, quando se tratava de variáveis contínuas e por frequências absolutas e relativas nos casos de variáveis categóricas. Para a avaliação da associação entre duas variáveis categóricas foi utilizado o teste Qui-quadrado, com nível de significância de $p < 0,05$. A análise dos dados foi realizada utilizando o software estatístico *SPSS Statistics* 21.

RESULTADOS

Inicialmente, identificaram-se 77 pacientes internados entre os anos 2009 – 2016, com diagnóstico de fratura e/ou luxação da coluna cervical subaxial (C3-C7). Destes, 10 foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão estabelecidos. Ao final, 67 pacientes foram incluídos no estudo, sendo 82,1% homens e 17,9% mulheres, com média de idade de 34,7 anos (desvio padrão ±15,9).

Observou-se maior prevalência de lesões tipo C (49,3%), seguido pelo tipo A (38,8%) e, por último, o tipo B (11,9%). (Tabela 3)

Em relação aos subtipos da classificação (A0, A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3), encontramos dentro do tipo A maior prevalência para o subtipo A2 (34,6%), seguido pelo subtipo A4 (30,8%). Já, para o tipo B, o subtipo que apresentou maior prevalência foi o B2 (75%), seguido do subtipo B1 (25%). (Tabela 4)

A subclassificação neurológica N4 (35,8%) foi o tipo mais prevalente encontrado, seguido do subtipo N0 (26,9%) e N3 (23,9%). Em relação ao modificador de comprometimento neurológico, agrupados pelos tipos principais de fratura cervical subaxial (A, B e C), o tipo A apresentou em maior quantidade a subclassificação N0 (42,3%), seguido do N3 (26,9%). O tipo B apresentou

em maior quantidade a subclassificação N3 (50%), seguido do N4 (25%). Já o tipo C apresentou em maior quantidade a subclassificação N4 (48,5%), seguido do N0 (18,2%). (Tabela 5) Não foi observada associação estatisticamente significativa entre a classificação morfológica AOSpine (A, B e C) com o estado de comprometimento neurológico (Qui-quadrado= 15,174, p= 0,056). (Tabela 5)

Ao observar o grau de lesão e comprometimento facetário (F1, F2, F3 e F4) dentro de cada tipo principal, observou-se que, para o tipo A, a principal subclassificação foi F1 (60%), seguido de F2 (30%), sendo unilaterais em sua totalidade. O tipo B apresentou a subclassificação F1 (62,5%) como principal, não havendo fraturas facetarias bilaterais, enquanto o tipo C apresentou a subclassificação F2 (66,7%) como principal encontrada para essa fratura, com quatro casos com fraturas facetarias bilaterais para a subclassificação F2 e uma para F3. (Tabela 6)

Quanto ao nível cervical mais acometido de acordo com o tipo da fratura, de forma isolada ou em pares, notou-se que, para o tipo A, o acometimento de C5 (38,5%) foi prevalente, seguido do nível C6 (19,2%). O tipo B apresentou maior acometimento do nível C5 de forma isolada (37,5%), seguido de C7 (25%). Já o tipo C apresentou maior acometimento do intervalo entre C5-C6 (51,5%). (Tabela 7)

Dentre os principais mecanismos de lesão encontrados, o mais prevalente foi o acidente motociclístico (29,9%), seguido de episódio de quedas (28,4%). (Tabela 8) Não foi observada associação estatisticamente significativa entre o mecanismo de lesão com a classificação morfológica AOSpine (A, B e C) (Qui-quadrado= 7,797, p= 0,253) e com o estado de comprometimento neurológico (Qui-quadrado= 6,618, p= 0,882).

Tabela 3. Classificação em relação aos tipos AOSpine.

	Frequência	Porcentual (%)
Tipo A	26	(38,8%)
Tipo B	8	(11,9%)
Tipo C	33	(49,3%)
Total	67	(100,0%)

Tabela 4. Classificação AOSpine e seus respectivos subtipos.

		Classificação AOSpine					
		A		B		C	
		Contagem	%	Contagem	%	Contagem	%
Subtipos AOSpine	0	1	(3,8%)	0	(0,0%)	0	(0,0%)
	1	5	(19,2%)	2	(25,0%)	0	(0,0%)
	2	9	(34,6%)	6	(75,0%)	0	(0,0%)
	3	3	(11,5%)	0	(0,0%)	0	(0,0%)
	4	8	(30,8%)	0	(0,0%)	0	(0,0%)

Tabela 5. Classificação morfológica das fraturas e associação do estado neurológico.

		Frequência	Porcentual (%)	Valor de P
Classificação estado neurológico	0	18	(26,9%)	P>0,05
	1	3	(4,5%)	
	2	6	(9,0%)	
	3	16	(23,9%)	
	4	24	(35,8%)	
	Total	67	(100%)	

* Test of association (Chi-squared).

Tabela 6. Classificação AOSpine em relação a lesão/comprometimento facetário.

		Classificação AOSpine					
		A		B		C	
		Contagem	%	Contagem	%	Contagem	%
Classificação lesão/ Comprometimento facetário	F1	12	(60,0%)	5	(62,5%)	0	(0,0%)
	F2	6	(30,0%)	3	(37,5%)	22	(66,7%)
	F3	0	(0,0%)	0	(0,0%)	3	(9,1%)
	F4	2	(10,0%)	0	(0,0%)	8	(24,2%)

Ao considerar os movimentos intra-articulares dos pares de vértebras cervicais subaxiais adjacentes envolvidos na classificação do tipo C, as vértebras inferiores desses níveis apresentaram fraturas que foram divididas no subtipo A da classificação AOSpine. Assim, os níveis C6-C7 e C5-C6 apresentaram maior acometimento da vértebra inferior no subtipo A1 e A2. O nível C3-C4 apresentou maior acometimento para fraturas do tipo A1. O nível C4-C5 para o subtipo A2 e o nível C2-C3 apresentou maior acometimento da vértebra inferior classificada em A3. (Tabela 9)

Tabela 7. Distribuição dos níveis cervicais acometidos pela classificação AOSpine.

		Classificação AOSpine					
		A		B		C	
		Contagem	(%)	Contagem	(%)	Contagem	(%)
Níveis Cervicais	C6-C7	0	(0,0%)	0	(0,0%)	5	(15,2%)
	C7	3	(11,5%)	2	(25,0%)	0	(0,0%)
	C5-C6	0	(0,0%)	0	(0,0%)	17	(51,5%)
	C3-C4	0	(0,0%)	0	(0,0%)	2	(6,1%)
	C4-C5	0	(0,0%)	0	(0,0%)	2	(6,1%)
	C2-C3	0	(0,0%)	0	(0,0%)	1	(3,0%)
	C4	3	(11,5%)	2	(25,0%)	2	(6,1%)
	C3	4	(15,4%)	0	(0,0%)	1	(3,0%)
	C5	10	(38,5%)	3	(37,5%)	2	(6,1%)
	C6	5	(19,2%)	1	(12,5%)	1	(3,0%)
	C8	1	(3,8%)	0	(0,0%)	0	(0,0%)

Tabela 8. Distribuição dos mecanismos de lesão.

Mecanismos de lesão	Frequência	Porcentual (%)
Acidente automobilístico (carro)	18	(26,9%)
Queda	19	(28,4%)
Acidente automobilístico (moto)	20	(29,9%)
Mergulho	10	(14,9%)
Total	67	(100,0%)

DISCUSSÃO

Lesões traumáticas da coluna cervical vêm sendo cada vez mais estudadas, uma vez que, acompanhadas ou não de alterações neurológicas, possuem altos índices de comprometimentos funcionais severos, podendo levar à morte desses pacientes em muitos casos. De acordo com Oliveira e Avanzi, pode haver alta taxa de mortalidade durante o período de internação, tendo os 10 primeiros dias como o período de maior risco.[2] Assim, da-se a grande importância na capacidade de tomada de decisões a curto prazo para esses tipos de pacientes, em que muitas das intervenções se basearão em classificações bem estabelecidas, sendo no caso a AOSpine.[9]

A classificação AOSpine é considerada a principal a ser utilizada nos casos de fraturas cervicais. Estudos envolvendo comparações e graus de reprodutibilidade entre outras classificações mostram o favorecimento para subdivisão apresentada pela AOSpine.[7,9] A classificação de Allen, desenvolvida em 1982, possui tradicional relevância entre ortopedistas. A comparação inter e intra- avaliador entre as subdivisões propostas por ambas, vem mostrando o favorecimento ao uso da classificação AOSpine, sendo, assim, sugerida como a principal a ser utilizada.[9-11] Como possível limitação dessa classificação, o estudo de Jorge et al. sugere que, no envolvimento de fraturas em cervicais baixas, o grau de reprodutibilidade inter e intra-avaliador acabou sendo menor, justificada pelo uso recente nestes acometimentos.[12]

Em relação ao mecanismo de trauma, Koch et al., concluiu que, em uma amostra de 502 casos, episódios de quedas e acidentes de trânsito foram os principais responsáveis para este tipo de lesão,[10] dados semelhantes aos encontrados no presente estudo. Vasconcelos e Riberto, assim como o estudo que apresentou mais de 50% das lesões envolvendo acidentes automobilísticos, também

Tabela 9. Distribuição da classificação AOSpine para vértebras cervicais inferiores fraturadas no tipo C.

		Classificação AOSpine							
		A1		A2		A3		A4	
		Contagem	(%)	Contagem	(%)	Contagem	(%)	Contagem	(%)
Níveis Cervicais	C6-C7	2	(22,2%)	2	(22,2%)	1	(16,7%)	0	(0,0%)
	C5-C6	5	(55,6%)	5	(55,6%)	4	(66,7%)	3	(100,0%)
	C3-C4	2	(22,2%)	0	(0,0%)	0	(0,0%)	0	(0,0%)
	C4-C5	0	(0,0%)	2	(22,2%)	0	(0,0%)	0	(0,0%)
	C2-C3	0	(0,0%)	0	(0,0%)	1	(16,7%)	0	(0,0%)

apontam esse mecanismo como a principal causa para possíveis fraturas em níveis cervicais.[11]

No presente estudo, houve acometimento do componente facetário em aproximadamente 90% dos casos, fato que grande energia de trauma.[7] Por esse componente exercer papel fundamental como estabilizador articular, evitando principalmente forças rotacionais e axiais, a evolução e prognóstico a longo prazo, cerca de 1 ano pós lesão, é mais danosa quando comparado as fraturas sem envolvimento dessas estruturas.[7,13]

A associação entre as classificações dos tipos de fraturas em nível morfológico com o neurológico, mesmo não apresentando valores estatisticamente significativos, trouxe em maior grau de acometimento neural o subtipo N4 para as fraturas do tipo C. Esse tipo de fratura, consideradas potencialmente mais "explosivas", possui como principal mecanismo de lesão uma ação considerada complexa estando associada a perda do alinhamento (luxação) entre os níveis cervicais envolvidos, sendo, então, um dos principais motivos para o maior grau de acometimento neurológico desse tipo frente às outras.[7-9]

Pode-se considerar limitações do presente estudo o reduzido número de casos, resultando em dificuldade nas obtenções das variáveis previamente selecionadas e a composição dos procedimentos por análises retrospectivas dos documentos selecionados.

CONCLUSÃO

As fraturas cervicais do tipo C, em pacientes vítimas de acidente automobilístico foram as mais prevalentes nos prontuários analisados pela classificação AOSpine. Não houve, associação entre essas variáveis com o grau de acometimento neurológico.

Todos os autores declaram não haver nenhum potencial conflito de interesses referente a este artigo.

ONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. Os autores, PACO (0000-0001-7536-806X)*, AG (0000-0003-3143-2845)*, MFC(0000-0002-2823-8534)*, NA (0000-0002-2608-2118)*, RM (0000-0003-1486-5569)*, EHA (0000-0002-0323-2830)*, OA (0000-0003-2462-6422)*, RM (0000-0002-8695-3982)* participaram ativamente na coleta de dados, discussão dos resultados e contribuiram na revisão e na aprovação da versão final do trabalho. *ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).

REFERÊNCIAS

1. Riska EB, Von Bonsdorff H, Hakkinen S, Jaroma H, Kiviluoto O, Paavilainen T. Primary operative fixation of long bone fractures in patients with multiple injuries. J Trauma. 1977;17(2):111-21.
2. Oliveira AR, Avanzi O. Estudo sobre a mortalidade de pacientes com fratura da coluna cervical durante o período de hospitalização. Rev Bras Ortop. 2002;37(3):89-96.
3. McGrory B, Klassen R, Chao E, Staeheli J, Weaver A. Acute fractures and dislocations of the cervical spine in children and adolescents. J Bone Joint Surg Am. 1993;75(7):988-95.
4. Sherk HH, Nicholson JT, Chung S. Fractures of the odontoid process in young children. J Bone Joint Surg Am. 1978;60(7):921-4.
5. Alker Jr G, Oh YS, Leslie E. High cervical spine and craniocervical junction injuries in fatal traffic accidents: a radiological study. Orthop Clin North Am. 1978;9(4):1003-10.
6. DeVivo MJ. Causes and costs of spinal cord injury in the United States. Spinal Cord. 1997;35(12):809-13.
7. Vaccaro AR, Koerner JD, Radcliff KE, Oner FC, Reinhold M, Schnake KJ, et al. AOSpine subaxial cervical spine injury classification system. Eur Spine J. 2016;25(7):2173-84.
8. Moore TA, Vaccaro AR, Anderson PA. Classification of lower cervical spine injuries. Spine (Phila Pa 1976). 2006;31(11 Suppl):S37-43.
9. Urrutia J, Zamora T, Campos M, Yurac R, Palma J, Mobarec S, et al. A comparative agreement evaluation of two subaxial cervical spine injury classification systems: the AOSpine and the Allen and Ferguson schemes. Eur Spine J. 2016;25(7):2185-92.
10. Koch A, Graells X, Zaninelli EM. Epidemiologia de fraturas da coluna de acordo com o mecanismo de trauma: análise de 502 casos. Coluna/Columna. 2007;6(1):18-23.
11. Vasconcelos ECLM, Riberto M. Caracterização clínica e das situações de fratura da coluna vertebral no município de Ribeirão Preto, propostas para um programa de prevenção do trauma raquimedular. Coluna/Columna. 2011;10(1):40-3.
12. Jorge RM, Jorge GM, Karoleski MS. Reprodutibilidade da classificação de Allen versus classificação AO para fraturas da coluna cervical baixa. Coluna/Columna. 2008;7(4):340-3.
13. Nadeau M, McLachlin SD, Bailey SI, Gurr KR, Dunning CE, Bailey CS. A biomechanical assessment of soft-tissue damage in the cervical spine following a unilateral facet injury. J Bone Joint Surg Am. 2012;94(21):e156.

GAIT DISORDERS IN PATIENTS WITH INSTRUMENTED NEUROMUSCULAR SCOLIOSIS

DISTÚRBIOS DA MARCHA EM PACIENTES COM ESCOLIOSE NEUROMUSCULAR INSTRUMENTADA

DISTURBIOS DE LA MARCHA EN PACIENTES CON ESCOLIOSIS NEUROMUSCULAR INSTRUMENTADA

Carlos Duncan,[1] Sebastian Maenza,[1] Cecilia Schmid,[1] Eduardo Segal,[1] Juan Couto[1]

1. Department of Neuro Orthopaedics, FLENI, Buenos Aires, Argentina. FLENI (Fundación para la Lucha contra las Enfermedades Neurológicas de la Infancia). Montañeses 2325, Buenos Aires, Argentina.

ABSTRACT

Introduction: The effect of spinal fusion on gait in patients with neuromuscular scoliosis continues to be a controversial issue, especially in patients where the spinal fusion extends to the pelvis. Objective: To evaluate the effect of spinal instrumentation in these patients. Methods: We evaluated 34 patients in a retrospective study. The mean age at surgery was 14±3 years and only ambulatory patients who presented neuromuscular scoliosis and non-progressing neurogenic pathology were included. The patients were surgically treated by posterior spinal fusion with or without extension to the pelvis. Preoperative (PRE) and postoperative (POP) Rx were measured. Ambulatory potential was clinically examined in all the patients, and 10 patients were assessed by full-gait analysis. Results: The minimum POP follow-up was 2 years (2006-2016). Nine patients were instrumented to the pelvis when the obliquity was greater than 15°; the remaining patients were treated using the same fusion-level criteria as those applied for idiopathic scoliosis. All patients maintained their gait, with improvements in coronal and sagittal balance, transfers and sitting skills, physical appearance, and in some cases, gait speed. Conclusions: Spinal instrumentation in ambulatory patients with neuromuscular scoliosis, including procedures with extension to the pelvis, provides adequate correction and preserves ambulatory function. ***Level of evidence III; Retrospective case control study.***

Keywords: Cerebral palsy; Scoliosis; Brain diseases.

RESUMO

Introdução: O impacto da fusão de coluna vertebral sobre a marcha de pacientes com escoliose neuromuscular continua sendo uma questão controversa, especialmente, em pacientes nos quais a fusão espinhal se estende até a pelve. Objetivo: Avaliar o efeito da instrumentação espinhal nesses pacientes. Métodos: Avaliamos 34 pacientes em estudo retrospectivo, com média de idade de 14±3 anos à cirurgia; somente pacientes deambulatórios com escoliose neuromuscular e patologia neurogênica não progressiva foram incluídos. Os pacientes foram tratados cirurgicamente com fusão posterior da coluna com ou sem extensão até a pelve. Foram feitas radiografias pré-operatórias (PRE) e pós-operatórias (POP). O potencial deambulatório foi clinicamente examinado em todos os pacientes e 10 pacientes foram avaliados com análise completa em laboratório de marcha. Resultados: O acompanhamento mínimo do POP foi de 2 anos (2006-2016). Em nove pacientes foi realizada a instrumentação até a pelve quando a obliquidade era maior que 15°; os demais pacientes foram tratados pelos mesmos critérios de nível de fusão aplicados à escoliose idiopática. Todos os pacientes mantiveram a marcha, com melhoras do balanço coronal e sagital, e transferências e capacidade para sentar, aparência física e, em alguns casos, na velocidade da marcha. Conclusões: A instrumentação da coluna vertebral em pacientes deambulatórios com escoliose neuromuscular, incluindo procedimentos com extensão até a pelve, proporciona correção adequada e preserva a função deambulatória. ***Nível de evidência III; Estudo retrospectivo de caso-controle.***

Descritores: *Paralisia cerebral; Escoliose; Encefalopatias.*

RESUMEN

Introducción: El impacto de la fusión de columna vertebral sobre la marcha de pacientes con escoliosis neuromuscular continúa siendo una cuestión controversia, especialmente, en pacientes en los que la fusión espinal se extiende hasta la pelvis. Objetivo: Evaluar el efecto de la instrumentación espinal en esos pacientes. Métodos: Evaluamos 34 pacientes en estudio retrospectivo, con promedio de edad de 14±3 años en el momento de la cirugía; fueron incluidos solamente pacientes ambulatorios con escoliosis neuromuscular y patología neurogénica no progresiva. Los pacientes fueron tratados quirúrgicamente con fusión posterior de la columna con o sin extensión hasta la pelvis. Fueron hechas radiografías preoperatorias (PRE) y postoperatorias (POP). El potencial ambulatorio fue clínicamente examinado en todos los pacientes y 10 pacientes fueron evaluados con análisis completo en laboratorio de marcha. Resultados: El acompañamiento mínimo del POP fue de 10 años (2006-2016). En nueve pacientes fue realizada la instrumentación hasta la pelvis cuando la oblicuidad era mayor que 15°; los demás pacientes fueron tratados por los mismos criterios de nivel de fusión aplicados a la escoliosis idiopática. Todos los pacientes mantuvieron la marcha, con mejoras del balance coronal y sagital, y transferencias y capacidad para sentarse, apariencia física y, en algunos casos, en la velocidad de la marcha. Conclusiones: La instrumentación de la columna vertebral en pacientes ambulatorios con escoliosis neuromuscular, incluyendo procedimientos con extensión hasta la pelvis, proporciona corrección adecuada y preserva la función ambulatoria. ***Nivel de evidencia III; Estudio retrospectivo de caso-controle.***

Descriptores: *Parálisis cerebral; Escoliosis; Encefalopatías.*

Study conducted at: FLENI - Fundación para la Lucha contra las Enfermedades Neurológicas de la Infancia, Buenos Aires, Argentina.
Correspondence: FLENI -Fundación para la Lucha contra las Enfermedades Neurológicas de la Infancia. Montañeses 2325, Buenos Aires, Argentina. carlos_duncan@hotmail.com

CC BY

http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804222791

Received on 04/16/2019 accepted on 04/23/2019

INTRODUCTION

Spinal deformity is a common disease in patients with Non-Progressive Chronic Encephalopathy (NPCE). Its incidence is proportional to the neurological involvement, affecting around 5% of diparetic patients and 64% to 74% of quadriparetic patients. These types of scoliosis are of usually early onset, with longer, less flexible and progressive curves that do not respond to conservative orthotic treatment. Patients may develop progressive decompensation of the trunk and pelvis, affecting standing position and gait and also compromising sitting when it is associated with pelvic obliquity.[1-4]

Spinal fusion depends on multiple issues; it is recommended when there is a progressive curve of 50° or more in a patient ideally over 10 years of age. Extension to the pelvis is usually indicated when the obliquity is greater than 15°.[3,4]

The effect of spinal fusion on gait in patients with neuromuscular scoliosis continues to be a controversial issue, especially when the procedure involves extension to the pelvis.[1] The purpose of this study is to evaluate the effect of spinal instrumentation in these patients.

METHODS

In this retrospective study (Level of evidence III), 34 ambulatory patients were evaluated; all the patients presented neuromuscular scoliosis, and were treated surgically by the same team between 2006 and 2016.

The mean age at surgery was 14±3 years (10 to 20 years); 25 patients were female and 9 male. All patients were ambulatory, with a "non-progressive" neurological diagnosis: 29 with Non-Progressive Chronic Encephalopathy (NPCE), 2 (sisters) with DiGeorge Syndrome, 2 with a history of Chiari type 1 malformation and Syringomyelia initially treated by neurosurgery, and 1 with spastic paraplegia as a consequence of a neuroblastoma resection at 4 months of age.

The curve patterns were divided into two groups using the classification of Lonstein and Akbarnia[5] (Figure 1). Group I (Figures 1 A and B) (Figure 2) are thoracic curves or double thoracic/lumbar curves affecting the pelvis, for which the fusion criteria are similar to those for idiopathic scoliosis. These curves are more common in ambulatory patients with less severe neurologic involvement. Group II (Figures 1 C and D) (Figure 3) are long "C" shaped lumbar or thoracolumbar curves, associated with pelvic obliquity, and are frequent in non-ambulatory patients, and with fusion extending to the pelvis.

Using Surgimap Spine Software (Copyright 2013-2018), preoperative (PRE) and postoperative (POP) radiographs were evaluated.

The gait was clinically recorded in all the patients; additionally 10 of the patients were assessed pre- and post surgery by full-gait analysis. The data were recorded using BTS Bioengineering motion analysis software in the Gait lab, with a DX7000 capture system, 10 4M pixel infrared cameras, 6 P6000 force platforms, wireless surface electromyography, EMG with 10 wireless channels, and Pwalk BTS baropodometer.

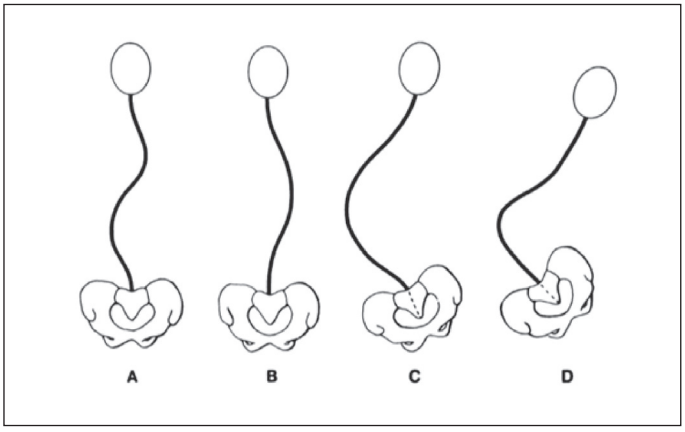


Figure 1. Curve patterns in Neurological Scoliosis according to Lonstein and Akbarnia.

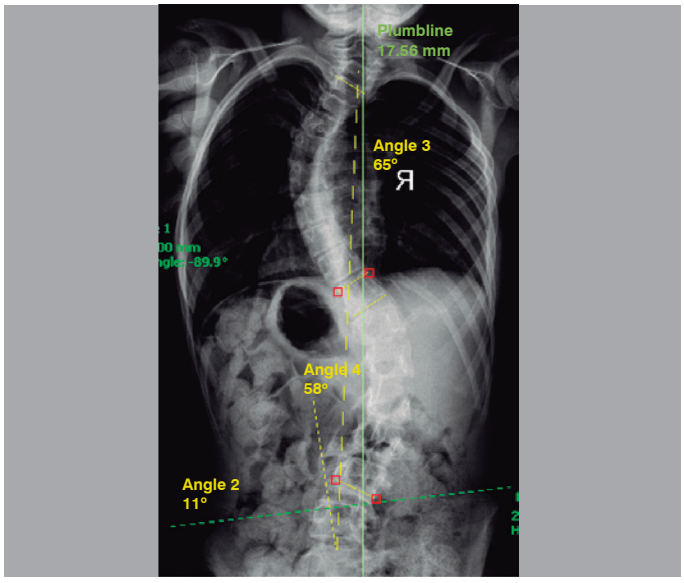


Figure 2. Group I Curve.

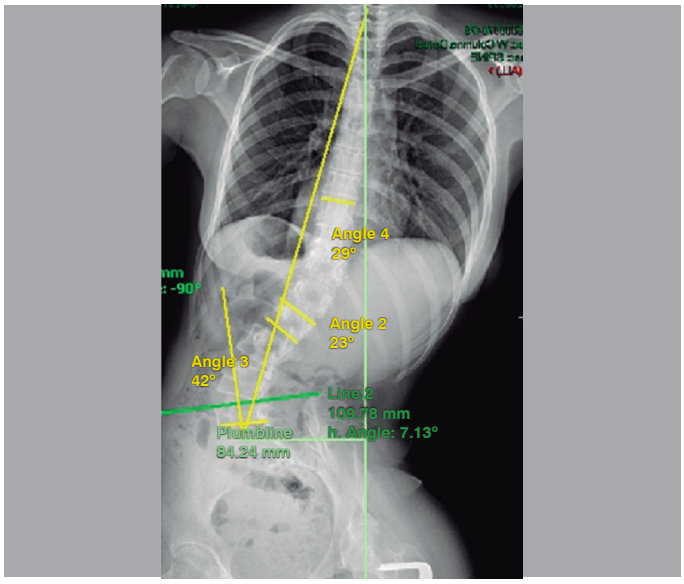


Figure 3. Group II Curve.

Intra- and postoperative complications were recorded.

The inclusion criteria were: ambulatory patients who presented neuromuscular scoliosis with a "non-progressive" diagnosis, surgically treated by posterior spinal fusion with or without extension to the pelvis, with a minimum postoperative follow-up of 24 months.

The exclusion criteria were non-ambulatory patients (i.e. wheelchair-dependent), with an underlying diagnosis of a progressive disease (e.g. Duchenne Muscular Dystrophy), those with myelomeningocele, and those with incomplete clinical history, follow-up or images.

The study participants signed the Free and Informed Consent Form. The work was not presented to the Ethics Committee of the Institution.

RESULTS

The minimum POP follow-up was 2 years (2006-2016).

Of the 34 patients, 25 (74%) were in Group I (Figure 4) (18 with thoracic curves and 7 with double thoracic/lumbar curves) and had spinal fusion that did not extend to the pelvis, and 9 (26%) were in Group II (Figure 5) with instrumentation extending to the pelvis.

The mean preoperative (PRE) and postoperative (POP) Scoliosis

(Cobb angles) were 67° and 21° respectively; the mean pelvic obliquity (reference curves Group II) values were 21° PRE and 3° POP. This represents a Cobb angle correction of 68.7% and Pelvic Obliquity of 85%.

There were complications in 4 cases (11.8%): 1 early infection (2.9%) and 3 reoperations (8.8%) (1 distal "adding on" progression, 1 shoulder level difference, and 1 due to insufficient pelvic de-rotation in the axial plane).

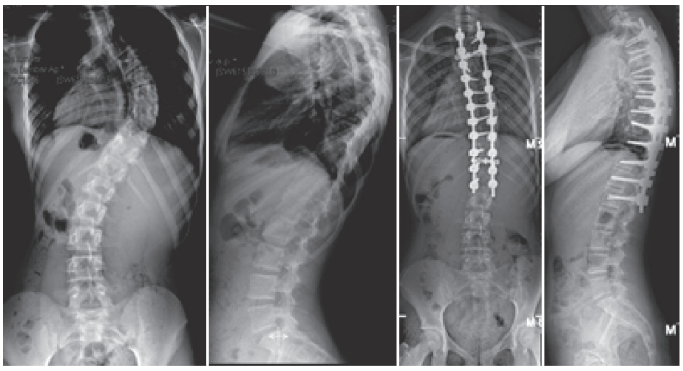


Figure 4. Example of curve treatment Group I. 12 year-old female patient with scoliosis secondary to Chiari malformation and syringomyelia.

All the patients maintained their gait, with improvements in coronal and sagittal spinopelvic balance, transfer skills, sitting, physical appearance, and in some cases, gait speed. In 10 patients, a pre- and postoperative gait analysis was performed (Figure 6).

DISCUSSION

The purpose of surgical treatment in idiopathic scoliosis is to obtain spinal correction and stabilization by fusing as few levels as possible. In neuromuscular scoliosis, these principles vary, with

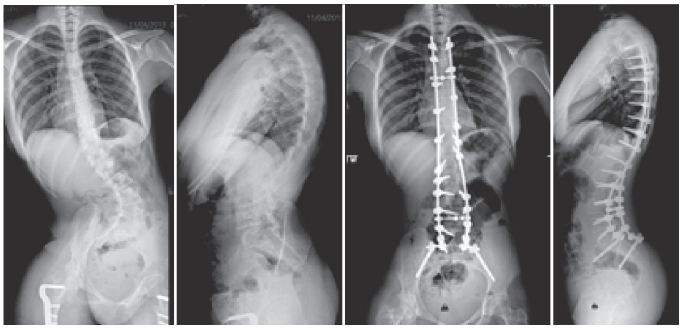
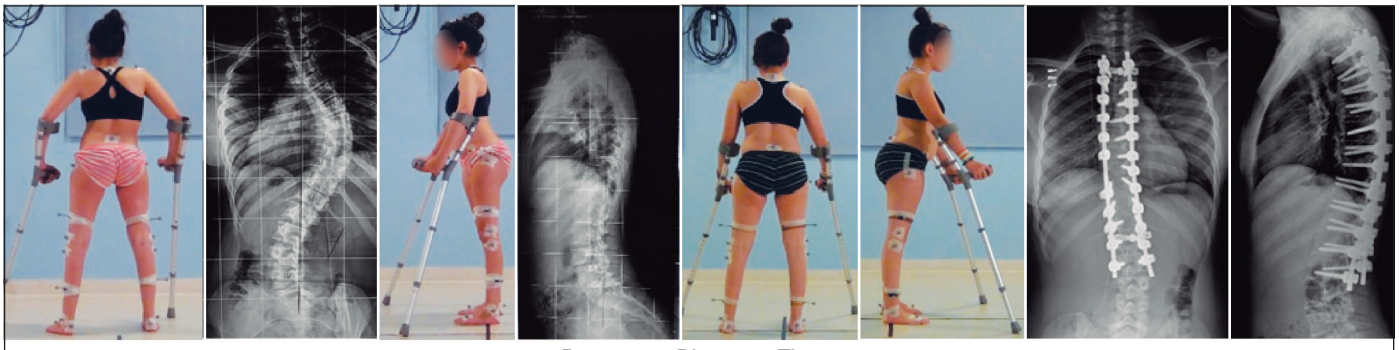
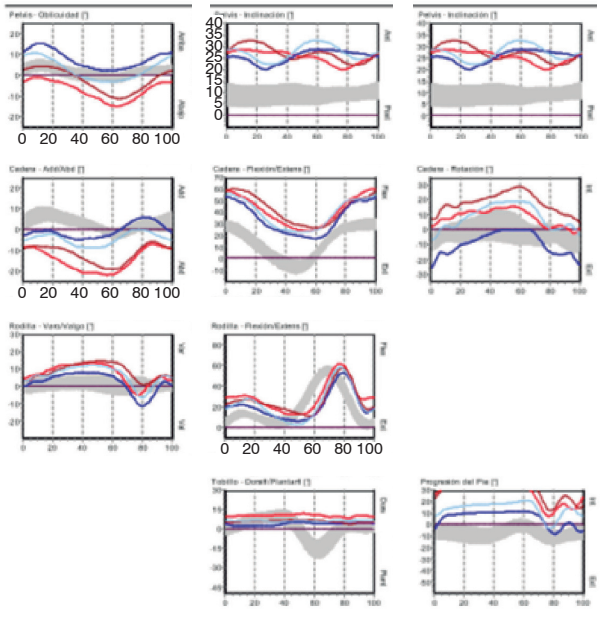


Figure 5. Example of curve treatment Group II. 16 year-old female patient with neurological scoliosis secondary to non-progressive chronic encephalopathy.



Parameters Distance - Time
Muños, Agustina

Condition 1: 11/04/2014 Barefoot with elbow crutches 2014
Condition 2: 11/04/2014 Orthosis with elbow crutches 2014
Condition 3: 08/22/2013 Barefoot with elbow crutches 2013
Condition 4: 08/22/2103 Orthosis with elbow crutches 2013



	Ref. Children	Condition 1		Condition 2		Condition 3		Condition 4	
		Right	Lef	Right	Lef	Right	Lef	Right	Lef
Loading response time (ms)	458-605	100±58.5	978±65	943±66.8	997±60.2	1085±67.2	1023±37.8	1302±326.2	1272±268.7
Swing time (ms)	355-433	397±13.7	418±17.2	465±34.5	437±28	402±11.7	460±47.7	518±65.5	582±68.5
Loading response time (% of cycle)	56-63	72±1.3	70±2.1	67±1.2	70±2.1	73±1.2	69±2.7	71±2.6	68±3.2
Swing time (% of cycle)	37-47	28±1.3	30±2.1	33±1.2	30±2.1	27±1.2	31±2.7	29±2.6	32±3.2
Cycle time (ms)	853-987	1398±65.9	1393±55.7	1406±96	1433±61.2	1487±67.7	1483±50.1	1820±389.1	1855±323.1
Cadence (steps/min)	122-139	86±3.6	86±3.6	85±4.4	85±4.4	81±3	81±3	67±13.1	67±13.1
Bipedal loading response (ms)	40-100	255±28.1	322±33.1	193±17.5	330±33.5	252±44.5	362±36.6	332±76.8	425±174.1
Bipedal loading response (% of cycle)	4-11	18±1.9	23±1.7	14±1.3	23±1.4	17±3	24±2.1	18±0.6	22±5.7
Step length (mm)	407-777	387±15.7	374±6.1	443±34.4	358±39.4	358±18.9	349±22.9	397±27.1	363±59.6
Speed (m/s)	0.94-1.71	0.54±0.03	0.54±0.03	0.57±0.07	0.57±0.06	0.48±0.03	0.48±0.02	0.43±0.13	0.43±0.12
Cycle length (mm)	858-1584	750±17.1	754±19.4	800±71.2	813±60.9	707±30	711±23.4	755±74.3	777±88.1
Step width (mm)	80-152	196±10.1	196±10.1	213±9.4	213±9.4	187±18.7	187±18.7	202±9.9	202±9.9
Mean speed (m/s)	0.97-1.66	054±0.003	0.54±0.03	0.57±0.06	0.57±0.06	0.48±0.02	0.48±0.02	0.43±0.13	0.43±0.13
Normal speed		0.02	0.2	0.21	0 21	0.18	0.18	0.16	0.16
Normal cadence		23.94	23.94	23.66	23.66	22.47	22.47	18.59	18.59
Stride		0.51	0.49	0.58	0.47	0.47	0.46	0.53	0.48

Figure 6. Summary of the Gait Lab in a 13 year-old female patient with a diagnosis of Non-Progressive Chronic Encephalopathy GMFCS III, comparing the pre- and post-scoliosis surgery results. The result of the study reports: similar gait pattern maintained, speed increased, lumbar hyperlordosis decreased, and better trunk alignment.

severe and progressive curves requiring longer fusions, extending to the pelvis in many cases, especially in non-ambulatory patients with pelvic obliquity.

There is a myth that fusions involving the pelvis compromise gait in ambulatory patients with neuromuscular scoliosis, and this issue remains controversial even today. This concept is probably associated with an instrumentation technique that was formerly used to treat these curves, which included Harrington rods that hindered sagittal balance, generating flat back and further complications. But these procedures were not rigid enough and required the use of casts, corsets and bed rest, all of which further compromised the patient's ability to stand and walk.[6-12]

There are few current bibliographic references related to this topic. Tsirikos et al.[1] published a comparable study in 2003, reporting a similar conclusion to ours. However, in their paper, all patients were fused to the pelvis, even in cases without pelvic obliquity, in order to obtain better correction and prevent a distal (adding on) progression. In our study, only patients with curves belonging to Group II of Lonstein and Akbarnia, and with pelvic obliquity greater than 15°, were fused to the pelvis. Patients belonging to Group I were treated similarly to idiopathic scoliosis; only one patient presented distal progression of the lumbar curve, probably due to an error in the choice of the distal fusion limit, with the initial instrumentation extending from T3-L2 to L4.

Clinical evaluation and the possibility of using a gait lab study, comparing the pre- and postoperative results in patients who also underwent single event multilevel surgery (SEMLS) to the lower limbs, provides excellent information on their walking ability and allows adequate documentation of the results.

CONCLUSIONS

Our experience is based on the global neuro-orthopedic approach of the patient. Based on the evaluation of the results, we consider that those ambulatory patients with a "non-progressive" diagnosis who have developed neuromuscular scoliosis classified as Group I of Lonstein and Akbarnia, and with pelvic obliquity less than 15°, may be treated surgically with similar fusion limit criteria to those of idiopathic scoliosis. However, for patients in Group II, the instrumentation should include the pelvis. Following these criteria, in both cases, gait was not affected. Furthermore, based on kinematic, kinetic and neurophysiological records, the patient's functionality was optimized.

We consider that spinal fusion in ambulatory patients with neuromuscular scoliosis, with a "non-progressive" diagnosis; whether extending to the pelvis or not, provides correction, alignment, and balance of the coronal and sagittal planes, facilitating daily activities, preserving, and even optimizing the patients functional ability to walk.

All authors declare no potential conflict of interest related to this article.

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS: Each author made significant individual contributions to this manuscript. CD (0000-0001-5689-0653)*, ES (0000-0002-1935-5536)*, and JC (0000-0003-0797-7781)* were the main contributors in writing the manuscript, performed the surgery and revised the manuscript and contributed to the intellectual concept of the study. SM (0000-0002-4867-0500)* and CS (0000-0002-9380-3130)* monitored the patients, collected clinical data, and carried out bibliographic research. *ORCID (Open Researcher and Contributor ID).

REFERENCES

1. Tsirikos AI, Chang WN, Shah SA, Dabney KW, Miller F. Preserving ambulatory potential in pediatric patients with cerebral palsy who undergo spinal fusion using unit rod instrumentation. Spine (Phila Pa 1976). 2003;28(5):480-3.
2. Banta JV, Drummond DS, Ferguson RL. The treatment of neuromuscular scoliosis. Instruct Course Lect. 1999;48:551–61.
3. Lonstein JE. Spine deformities due to cerebral palsy. In: Weinstein SL, ed. The Pediatric Spine: Principles and Practice. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001. p. 797–807.
4. McCarthy RE. Management of neuromuscular scoliosis. Orthop Clin North Am. 1999;30(3):435–49.
5. Lonstein JE, Akbarnia BA. Operative treatment of spinal deformities in patients with cerebral palsy or mental retardation. J Bone Joint Surg. 1983;65(1):43–55.
6. Dias RC, Miller F, Dabney K, Lipton GE. Revision spine surgery in children with cerebral palsy. J Spinal Disord. 1997;10(2):132–44.
7. Tokala DP, Lam KS, Freeman BJ, Webb JK. Is there a role for selective anterior instrumentation in neuromuscular scoliosis? Eur Spine J. 2007;16(1):91-6.
8. Basobas L, Mardjetko S, Hammerberg K, Lubicky J. Selective anterior fusion and instrumentation for the treatment of neuromuscular scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 2003;28(20):S245-8.
9. Canavese F, Rousset M, Le Gledic B, Samba A, Dimeglio A. Surgical advances in the treatment of neuromuscular scoliosis. World J Orthop. 2014;5(2):124-33.
10. Maitra S, Roberto RF, McDonald CM, Gupta MC. Treatment of spine deformity in neuromuscular diseases. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2012;23(4):869-83.
11. Sussman MD, Little D, Alley RM, McCoig JA. Posterior instrumentation and fusion of the thoracolumbar spine for treatment of neuromuscular scoliosis. J Pediatr Orthop. 1996;16(3):304-13.
12. Whitaker C, Burton DC, Asher M. Treatment of selected neuromuscular patients with posterior instrumentation and arthrodesis ending with lumbar pedicle screw anchorage. Spine (Phila Pa 1976). 2000;25(18):2312–8.

AVALIAÇÃO DO TRIÂNGULO DE SEGURANÇA LOMBAR POR MEIO DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

EVALUATION OF THE LUMBAR SAFETY TRIANGLE THROUGH MAGNETIC RESONANCE IMAGING

EVALUACIÓN DEL TRIÁNGULO DE SEGURIDAD LUMBAR POR MEDIO DE LA RESONANCIA MAGNÉTICA

Fernando Augusto Dannebrock,[1] Erasmo de Abreu Zardo,[1] Marcus Sofia Ziegler,[1] Carlos Marcelo Donazar Severo,[1] Joel Abramczuk,[1] Emiliano Vialle,[2] Graciane Radaelli,[3] Carla Helena Augustin Schwanke,[4] Ricardo Bernardi Soder[3]

1. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Instituto Gaúcho de Cirurgia da Coluna Vertebral, Hospital São Lucas, Porto Alegre, RS, Brasil.
2. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Hospital Universitário Cajuru, Curitiba, PR, Brasil.
3. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Instituto do Cérebro do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
4. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Escola de Medicina, Instituto de Geriatria e Gerontologia, Porto Alegre, RS, Brasil.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a zona triangular de segurança lombar, seus limites e sua relação com o gânglio da raiz dorsal por meio da ressonância magnética (RM). Métodos: Foram estudados os limites, o formato e as dimensões de 303 zonas triangulares de segurança no corte coronal de RM 3.0 Tesla de L2 a L5, incluindo o gânglio da raiz dorsal. Resultados: A amostra foi composta por 101 pacientes com média de idade de 32 anos. A altura da zona triangular de segurança era formada pela borda lateral da dura-máter; a largura, pelo platô superior da vértebra inferior; e a hipotenusa, pela raiz nervosa correspondente. A média das dimensões, assim como a área, variaram conforme o nível estudado. O gânglio da raiz dorsal invadiu as dimensões do triângulo em todas as imagens estudadas. Conclusão: Baseados nos dados e nas análises realizadas, concluímos que o conhecimento dos limites da zona triangular de segurança, por meio da imagem da RM, aumenta a segurança dos procedimentos minimamente invasivos na coluna lombar. ***Nível de evidência I; Estudos diagnósticos–Investigação de um exame para diagnóstico.***

Descritores: Coluna Vertebral; Anatomia; Procedimentos Cirúrgicos Minimamente Invasivos; Gânglios Espinais; Imagem por Ressonância Magnética.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the lumbar triangular safety zone, its boundaries and its relationship with the dorsal root ganglion through Magnetic Resonance Imaging (MRI). Methods: The boundaries, shape and dimensions of 303 triangular safety zones were analyzed in Tesla 3.0 Magnetic Resonance Imaging (MRI) coronal sections from L2 to L5, including the dorsal root ganglion. Results: The sample consisted of 101 patients with a mean age of 32 years. The height of the triangular safety zone was formed by the lateral edge of the dura mater, the width by the upper plateau of the lower vertebra and the hypotenuse by the corresponding nerve root. The mean dimensions and the area varied according to the level studied. The dorsal root ganglion invaded the dimensions of the triangle in all the images studied. Conclusion: Based on the data and the analyses performed, we concluded that knowledge of the boundaries of the triangular safety zone through MRI increases the safety of minimally invasive procedures in the lumbar spine. ***Level of evidence I; Diagnostic studies – Investigation of a diagnostic test.***

Keywords: *Spine; Anatomy; Minimally Invasive Surgical Procedures; Ganglia, Spinal; Magnetic Resonance Imaging.*

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la zona triangular de seguridad lumbar, sus límites y su relación con el ganglio de la raíz dorsal a través de la Resonancia Magnética (RM). Métodos: Se estudiaron los límites, el formato y las dimensiones de 303 zonas triangulares de seguridad en el corte coronal de RM 3.0 Tesla de L2 a L5, incluyendo el ganglio de la raíz dorsal. Resultados: La muestra fue compuesta por 101 pacientes, con promedio de edad de 32 años. La altura de la zona triangular de seguridad estaba formada por el borde lateral de la duramadre, el ancho por la meseta superior de la vértebra inferior y la hipotenusa por la raíz nerviosa correspondiente. El promedio de las dimensiones, así como el área, variaron según el nivel estudiado. El ganglio de la raíz dorsal invadió las dimensiones del triángulo en todas las imágenes estudiadas. Conclusión: Basándose en los datos y análisis realizados, concluimos que el conocimiento de los límites de la zona triangular de seguridad a través de la imagen de RM aumenta la seguridad de los procedimientos mínimamente invasivos en la columna lumbar. ***Nivel de evidencia I; Estudios diagnósticos - Investigación de un examen para diagnóstico.***

Descriptores: *Columna Vertebral; Anatomía; Procedimientos Quirúrgicos Mínimamente Invasivos; Ganglios Espinales; Imagen por Resonancia Magnética.*

Estudo realizado no Instituto do Cérebro do Rio Grande do Sul da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (InsCer-PUCRS), Porto Alegre, RS, Brasil.
Correspondência: Fernando Augusto Dannebrock. Rua Gabriel Miró, 256, Canoas, RS, Brasil. 92.025-660. fdannebrock@gmail.com.

CC BY

http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804196935

Recebido em 29/04/2018 aceito em 22/03/2019

INTRODUÇÃO

O constante avanço das técnicas e opções terapêuticas minimamente invasivas para as doenças da coluna vertebral gera uma crescente necessidade de estudo de alguns conceitos em relação às abordagens cirúrgicas. Essas abordagens têm por vantagem mínimos danos teciduais e menor tempo cirúrgico, menor tempo de internação hospitalar, preservação da musculatura, menor índice de infecção, além de retorno mais rápido às atividades. Entretanto, exigem um conhecimento acurado das estruturas neurais e suas relações com os demais componentes da coluna, permitindo a realização segura desses procedimentos.[1,2]

Em 1983, Kambin e Gellmann[3] descreveram um triângulo de segurança chamado "triângulo de Kambin" para a abordagem transforaminal. Definido como um triângulo anatômico tridimensional localizado sobre o disco intervertebral dorsolateral da coluna lombar, tem seu conceito utilizado não apenas para a utilização em procedimentos minimamente invasivos como também para técnicas de fusão lombar. Mirkovic, Schwartz e Glazier[4] reforçam esses conceitos e descrevem a dura-máter como limite medial do triângulo, o platô vertebral superior como limite inferior e a hipotenusa como o nervo espinhal correspondente. A relação do gânglio da raiz dorsal com o triângulo de segurança não é descrita em nenhum desses estudos.

O tamanho dos gânglios da raiz dorsal varia conforme o nível vertebral. A maioria dos gânglios está diretamente abaixo dos pedículos vertebrais, e um terço sobrepõe uma parte do disco intervertebral lateral. Essas relações podem auxiliar na compreensão dos transtornos neurocompressivos e lombossacrais e devem ser observadas durante a inserção dos materiais de trabalho nas cirurgias.[5,6]

Em vista da escassa literatura sobre a descrição do triângulo de segurança na imagem de Ressonância Magnética (RM) 3.0 Tesla, os autores realizaram um estudo descritivo de imagem do triângulo de segurança na coluna lombar, com o objetivo de determinar seus limites e suas medidas correspondentes, além da sua área em diferentes níveis lombares.

A RM foi escolhida como método de imagem a ser utilizado por obter algumas vantagens em relação aos outros métodos de imagem, como a não utilização da radiação ionizante, a obtenção de uma gama muito maior de contraste disponível para os tecidos moles e a retratação da anatomia com mais detalhes.[7]

O estudo visa ainda descrever a localização do gânglio da raiz dorsal em relação ao triângulo de segurança, auxiliando os procedimentos minimamente invasivos na coluna lombar.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo caracteriza-se por ser de coorte retrospectiva observacional. Foram incluídos no estudo imagens de RM 3.0 Tesla de 101 pacientes sem evidência de anomalias da coluna lombar ao exame de imagem. Todos os exames foram realizados no Instituto do Cérebro da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (InsCer-PUCRS) no período de novembro de 2016 a setembro de 2017.

O projeto de pesquisa foi apreciado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (CEP/PUCRS) sob parecer n. 2.538.975 e CAAE n. 84253418.9.0000.5336. Uma vez que foram revisadas as RNM de pacientes que já tinham sido submetidos a este exame, não foram obtidos termos de consentimento livre e esclarecido. Porém, todos os pesquisadores envolvidos no estudo assinaram um termo de confidencialidade para utilização dos dados.

Os pacientes foram submetidos ao exame num aparelho GE de 3.0 Tesla, Signa HDXT com bobina de coluna. Com o paciente em decúbito dorsal foi realizada a sequência no plano oblíquo/coronal com seus respectivos parâmetros: Coronal T2 FSE-XL, utilizando-se os parâmetros de FOV = 32 cm, espessura de corte = 2mm, com espaçamento de 10% = 0,2 mm, matriz = 448 X320, número de cortes = 22, TE = 80 e TR = 3.700 us.

Estudaram-se 303 zonas triangulares de segurança da segunda vértebra lombar (L2) à quinta vértebra lombar (L5). As medições das zonas triangulares de segurança foram realizadas nos cortes coronais realizados, (Figura 1) utilizando-se régua digital disponível no *software* de interpretação de imagens do InsCer. Foram feitas as seguintes medições de L2-L5: altura, base e hipotenusa do triângulo de segurança. (Figura 2) O segmento L5-S1 não foi estudado em virtude da limitação técnica das imagens obtidas.

Todas as RMs foram avaliadas por dois pesquisadores em dois momentos distintos, com intervalo de tempo de aproximadamente um mês entre cada avaliação.

Legenda:
1. Limites dos corpos vertebrais.
2. Espaço discal.
3. Pedículos.
4. Distância interpedicular.
5. Gânglio da raiz dorsal com seus respectivos diâmetros.
6. Área triangular de vermelho: zona triangular de segurança (A, B, H).

A. Altura do TS: borda lateral da dura-máter com extensão perpendicular do platô vertebral da vértebra inferior até a axila da raiz nervosa emergente superior

B. Base do TS: platô vertebral superior da vértebra inferior, estendendo-se, medialmente, da dura-máter à borda medial do nervo espinal emergente, lateralmente.

H. Hipotenusa do TS: comprimento do nervo espinal, estendendo-se da axila da raiz nervosa emergente ao platô vertebral superior da vértebra inferior.

Os dados foram armazenados em planilha Excel e analisados com o pacote estatístico SPSS 21.0. A normalidade da distribuição das variáveis quantitativas foi verificada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov. As variáveis foram descritas na forma de média, desvio padrão, erro padrão e valores mínimo e máximo.

O projeto de pesquisa foi apreciado e aprovado pelo Comitê

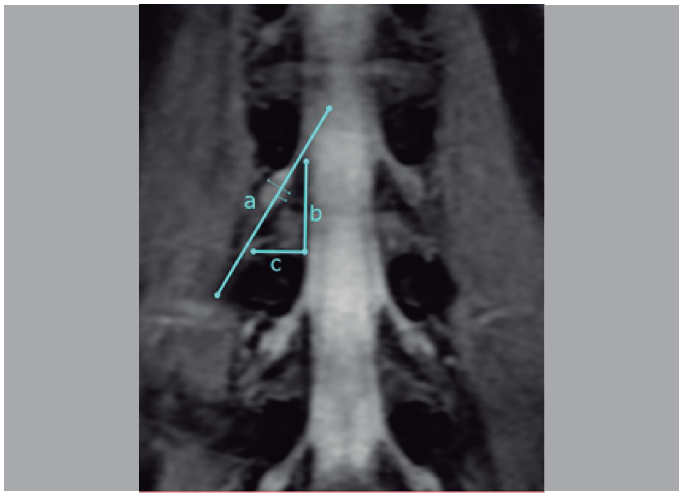


Figura 1. Aspecto anatômico do corte coronal da coluna lombar com os respectivos limites do triângulo de segurança e sua relação com o gânglio da raiz dorsal.

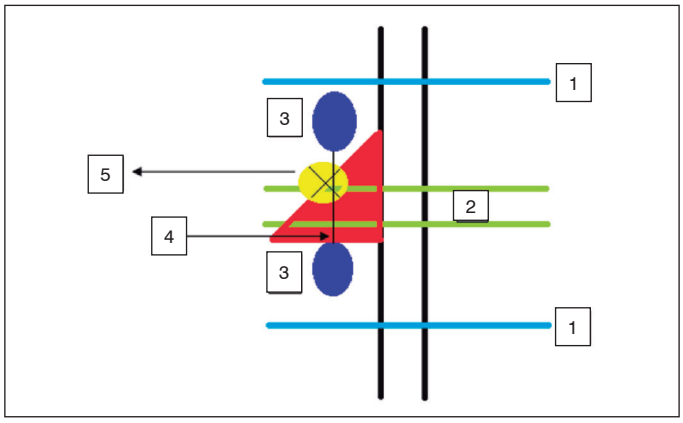


Figura 2. Aspecto esquemático do triângulo de segurança (TS) com as respectivas mensurações realizadas no estudo.

de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (CEP/PUCRS) sob parecer n. 2.538.975 e CAAE n. 84253418.9.0000.5336.

RESULTADOS

A idade da amostra variou de 20 a 40 anos, sendo que a maioria dos pacientes era do sexo masculino.

Os resultados obtidos na avaliação das 303 zonas triangulares de segurança estão descritos nas Tabelas 1 a 7, apresentadas na sequência. Estas destacam o número de medidas (N), os valores da média, do mínimo e máximo em milímetros, o desvio padrão (DP) e o erro padrão (EP).

Tabela 1. Medida da base do triângulo de segurança.

Nível	N	Média	Mínimo	Máximo	DP	EP
L2-L3	101	12,79	9,80	16,00	2,23	0,22
L3-L4	101	14,59	9,60	10,80	2,59	0,26
L4-L5	101	12,89	8,20	18,60	2,93	0,29

Tabela 2. Medida da altura do triângulo de segurança.

Nível	N	Média	Mínimo	Máximo	DP	EP
L2-L3	101	22,37	18,50	26,10	2,06	0,21
L3-L4	101	23,55	16,60	28,0	3,61	0,36
L4-L5	101	24,82	20,20	26,30	1,34	0,13

Tabela 3. Medida da hipotenusa do triângulo de segurança.

Nível	N	Média	Mínimo	Máximo	DP	EP
L2-L3	101	23,77	21,60	26,40	1,49	0,15
L3-L4	101	28,38	19,50	34,50	4,33	0,43
L4-L5	101	28,71	23,00	32,90	2,83	0,28

Tabela 4. Medida do maior diâmetro do gânglio do triângulo de segurança.

Nível	N	Média	Mínimo	Máximo	DP	EP
L2-L3	101	10,98	9,00	12,70	1,34	0,13
L3-L4	101	12,72	10,80	15,70	0,97	0,10
L4-L5	101	12,81	10,90	16,30	1,30	0,13

Tabela 5. Medida do menor diâmetro do gânglio do triângulo de segurança.

Nível	N	Média	Mínimo	Máximo	DP	EP
L2-L3	101	8,30	7,40	9,20	0,61	0,06
L3-L4	101	7,30	6,30	8,0	0,61	0,06
L4-L5	101	7,82	7,00	8,40	0,38	0,04

Tabela 6. Área do triângulo de segurança.

Nível	N	Média	Mínimo	Máximo	DP	EP
L2-L3	101	142,58	98,98	197,60	25,57	2,54
L3-L4	101	173,06	79,68	233,80	43,90	4,37
L4-L5	101	160,34	82,82	244,59	38,42	3,82

Tabela 7. Medida da distância interpedicular do triângulo de segurança.

Nível	N	Média	Mínimo	Máximo	DP	EP
L2-L3	101	23,17	19,40	26,90	2,16	0,22
L3-L4	101	23,34	19,40	27,00	2,19	0,22
L4-L5	101	23,40	19,40	26,90	2,18	0,22

DISCUSSÃO

A complicação mais temida em relação aos procedimentos minimamente invasivos da coluna sempre foi o dano à raiz nervosa, em especial ao gânglio da raiz dorsal.[8,9] Além disso, o dano arterial radicular também pode ocorrer causando hematoma ou isquemia medular.

A incidência de lesão da raiz nervosa foi relatada variavelmente de 1,0% a 8,9%.[10-12] Sairyo et al.,[13] numa série de casos, descrevem 2% de irritação nervosa e 1% de hematoma epidural. Essas complicações podem decorrer de dificuldades técnicas na abordagem, utilização de material inadequado ou até da variação anatômica do triângulo de segurança. Conforme os autores, a lesão nervosa poderia ocorrer na inserção da agulha e/ou cânula ou pela irritação do gânglio da raiz dorsal devido à compressão pela cânula.[13] A literatura também enfatiza que a agulha guia deve tocar o pedículo caudal antes de adentrar a zona triangular de segurança.[14]

Ozer et al.,[15] em um estudo anatômico, descrevem e classificam seus achados em três diferentes tipos de triângulos, variando conforme os ângulos obtidos entre suas medidas. O primeiro tipo é um triângulo fechado sem qualquer espaço disponível entre seus elementos; o segundo tipo é um triângulo estreito; e o terceiro tipo é o triângulo normal, como descrito por Kambin.[3] Citam ainda que, aproximadamente, 82% dos pacientes apresentavam espaço estreito ou nenhum espaço no triângulo. Os autores não fazem qualquer menção da posição do gânglio da raiz em relação ao triângulo.[15]

No presente estudo, realizado por meio de análise de imagem, observamos que a maioria dos pacientes apresentava triângulos do tipo III, ao contrário dos dados descritos por Ozer et al.[15] Em contrapartida, verificamos que, em todas as imagens analisadas, o gânglio da raiz dorsal invadia o triângulo de segurança.

Apesar de o triângulo do tipo III ser descrito como normal e seguro, deve-se levar em conta a posição do gânglio da raiz em relação a ele. Assim sendo, a análise pré-operatória do triângulo de segurança na RM torna-se importante e aliada na tomada de decisão.[15]

No que diz respeito aos limites da zona triangular de segurança obtidos nas imagens, constatamos que estão de acordo com os relatos da literatura.[4] Observamos que as dimensões obtidas dos lados do triângulo aumentaram progressivamente, com exceção da medida da base.

Em relação à altura do triângulo, em L2-L3 obteve-se uma média de 10,9 mm contra 22,37 no nosso trabalho. Em L3-L4, cita-se uma média de 11,7 mm contra 23,55. Já em L4-L5, relata-se uma média de 12,4 contra 24,82 nos nossos achados.[4]

No que se refere à medida da base, em L2-L3 obteve-se uma média de 16,9 mm contra 12,79 no nosso trabalho. Em L3-L4, cita-se uma média de 17,4 mm contra 14,59. Já em L4-L5, relata-se média de 19,9 mm contra 12,89 nos nossos achados.[4]

Quando tomamos como parâmetro as medidas referentes à hipotenusa, observamos que, em L2-L3, obteve-se uma média de 20,7mm contra 23,77 no nosso trabalho. Em L3-L4, cita-se uma média de 21,2 mm contra 28,38. Já em L4-L5, relata-se uma média de 23,6 mm contra 28,71 nos nossos achados. Observamos que apesar da diferença, as medidas da hipotenusa são as que mais se aproximam da literatura.[4]

Apesar de as características anatômicas descritas com base em nossos triângulos não estarem de acordo com o estudo de Mirkovik, Schwartz e Glazier,[4] nossos achados estão de acordo com os dados descritos por Choi e Basile[16] em seu estudo anatômico. Vialle et al.,[17] em seu estudo anatômico, relatam números que se aproximam aos nossos.

Observou-se que a área medida dos triângulos variou conforme o nível, sendo maior no nível de L3-L4. Hoshide, Feldman e Taylor[18] descrevem aumento progressivo das áreas dos triângulos medidos de L1-L2 a L4-L5.[18] Em contrapartida, Hardenbrook et al.[19] citam que a área dos triângulos variou conforme o nível, o que está de acordo com os nossos achados. Esses autores concluíram que o triângulo de segurança era uma área relativamente grande e segura para procedimentos minimamente invasivos, ao contrário dos dados apresentados por Ozer et al.[15]

Uma das possíveis razões que pode explicar essa incompatibilidade de achados entre os estudos seria o formato dos triângulos propostos. Mirkovic, Schwartz e Glazier[4] descrevem seu triângulo com a largura maior que a altura; já Choi e Basile[16] descrevem o triângulo com a altura maior que a largura. Vialle et al.[17] descrevem o triângulo com a presença do gânglio da raiz dorsal presente, propondo uma zona retangular de segurança. (Figura 3)

Lertudomphonwanit et al.,[20] em um estudo anatômico cadavérico de 2016, demonstram e sugerem que a verdadeira zona de trabalho seria de formato trapezoidal em vez do típico triângulo de ângulo reto.[20,21] Esses pesquisadores consideram a altura discal como sendo o limite de altura medial do trapézio. Descrevem também que a

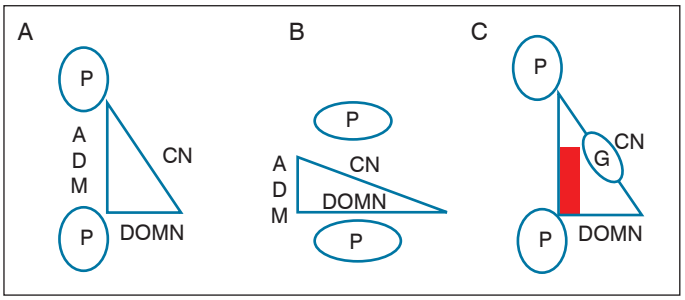


Figura 3. Aspecto esquemático comparativo das zonas de segurança do nervo espinal. Fonte: adaptado de Vialle et al.[17]

área trapezoidal variou conforme o nível estudado, o que está de acordo com os nossos relatos. Segundo este estudo, a altura discal pode ser aumentada pela distração do disco – o que aumentaria a altura do trapézio –, bem como a base do triângulo pode ser ampliada pela capacidade de tração da raiz nervosa em procedimentos endoscópicos. Contudo, a pesquisa não faz qualquer menção à posição do gânglio da raíz dorsal. Subentende-se pela sua descrição que o gânglio da raíz dorsal estaria dentro dos limites do trapézio, o que aumentaria a chance de complicações cirúrgicas.[20]

O uso da RM como ferramenta de avaliação pré-operatória em pacientes submetidos a procedimentos minimamente invasivos demonstra ter excelente detecção da anatomia do nervo e suas relações,[22] podendo suprimir o sinal vascular e/ou de gordura para criar imagens seletivas.[23]

O uso de cadáveres no estudo da zona triangular de segurança pode mudar relações anatômicas, visto que diminui a tensão dentro dos tecidos, especialmente saco tecal e raiz nervosa. Estudos demonstram que para cada 10% de fixação de formalina, a média linear de encolhimento foi de 4,5%.[24] Além disso, a manipulação e dissecção cirúrgica podem gerar deslocamento de algumas estruturas.

Guan et al.[25] descrevem sua análise morfométrica das zonas de segurança lombares em discectomias endoscópicas, baseadom em exames de RM. Detalham ainda a análise das imagens nos planos coronal e sagital de 32 pacientes.[25] Em suas conclusões, obtêm resultados parecidos com os nossos, especialmente no que diz respeito ao tamanho da base da zona de segurança. Contudo, não fazem menção ao estudo da áera do triângulo, mas, sim, da angulação formada pela raíz nervosa com a base dele. Por fim, não descrevem a localização do gânglio da raíz dorsal em relação à zona de segurança.[25]

Aponta-se, como ponto forte do presente estudo, a inclusão do gânglio da raíz dorsal em todas as medições realizadas. Como limitação, pode-se mencionar a não medição da zona triangular no corte sagital, bem como a comparação com as medidas do corte coronal. Isso pode interferir, de alguma maneira, nos resultados apresentados, visto que se trata de estrutura tridimensional.

Este estudo teve o intuito de estudar a anatomia da zona triangular de segurança em pacientes vivos, bem como sua relação com o gânglio da raíz dorsal.

CONCLUSÕES

A RM é um método não invasivo e seguro para avaliar as dimensões anatômicas da zona triangular de segurança em procedimentos minimamente invasivos, uma vez que permite acurada avaliação da anatomia tridimensional, aumentando a segurança do procedimento.

Os limites anatômicos da zona triangular de segurança encontrados nas imagens de RM estão de acordo com os trabalhos descritos na literatura. As dimensões dos lados dos triângulos, bem como sua área, variam conforme o nível estudado. Em todas as medidas realizadas, o gânglio da raíz dorsal invadiu os limites do triângulo de segurança. O trabalho reforça a hipótese de que uma zona retangular de segurança teria menor índice de complicações neurológicas.

Todos os autores declaram não haver nenhum potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Todos os autores contribuíram individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. FAD (0000-0002-7640-8956)*, RBS (0000-0002-1445-0737)*, EAZ (0000-0002-4922-6962)*, MSZ (0000-0002-6051-0147)*, JA (0000-0002-4122-804X)*, CMDS (0000-0002-5944-7750)* e EV (0000-0003-1157-4889)* contribuíram para o conceito intelectual do estudo e realizaram a pesquisa bibliográfica. FAD, GR (0000-0002-1208-362X)*, RBS, JA e CMDS reuniram os dados clínicos. FAD, GR, CHAS (0000-0002-0397-771X)* e EV avaliaram os dados da análise estatística. FAD, EAZ e MSZ elaboraram a primeira versão do manuscrito. RBS, JA, CMDS, EV e CHAS revisaram o manuscrito e contribuíram intelectualmente para a elaboração da sua versão final. *ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).

REFERÊNCIAS

1. Oppenheimer JH, De Castro I, McDonnell DE. Minimally invasive spine technology and minimally invasive spine surgery: a historical review. Neurosurg Focus. 2009;27(3):E9.
2. Kazemi N, Crew LK, Tredway TL. The future of spine surgery: New horizons in the treatment of spinal disorders. Surgl Neurol Int. 2013;4(Suppl 1):15-21.
3. Kambin P, Gellmann H. Percutaneous lateral discectomy of the lumbar spine: a preliminary report. Clin Orthop Relat Res. 1983;174:127-32.
4. Mirkovic SR, Schwartz DG, Glazier KD. Anatomic considerations in lumbar posterolateral percutaneous procedures. Spine (Phila Pa 1976). 1995;20(18):1965-71.
5. Cohen MS, Wall EJ, Brown RA, Rydevik B, Garfin SR. AcroMed Award in basic science. Cauda equina anatomy. II: Extrathecal nerve roots and dorsal root ganglia. Spine (Phila PA 1976). 1990;15(12):1248-51.
6. Shen J, Wang HY, Chen JY, Liang BL. Morphologic analysis of normal human lumbar dorsal root ganglion by 3D MR imaging. AJNR Am J Neuroradiol. 2006;27(10):2098-103.2.
7. Takashima H, Takebayashi T, Shishido H, Yoshimoto M, Imamura R, Akatsuka Y, et al. Comparison with Magnetic Resonance Three-Dimensional Sequence for Lumbar Nerve Root with Intervertebral Foramen. Asian Spine J. 2016;10(1):59-64.
8. Ahn Y, Lee SH, Park WM, Lee HY, Shin SW, Kang HY. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for recurrent disc herniation: surgical technique, outcome, and prognostic factors of 43 consecutive cases. Spine (Phila Pa 1976). 2004;29(16):E326-32.
9. Ruetten S, Komp M, Merk H, Godolias G. Full endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study. Spine (Phila Pa 1976). 2008;33(9):931-9.
10. Ahn Y, Lee SH, Lee JH, Kim JU, Liu WC. Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy for upper lumbar disc herniation: clinical outcome, prognostic factors, and technical consideration. Acta Neurochir (Wien). 2009;151(3):199-206.
11. Yeung AT, Tsou PM. Posterolateral endoscopic excision for lumbar disc herniation: Surgical technique, outcome, and complications in 307 consecutive cases. Spine (Phila Pa 1976). 2002;27(7):722-31.
12. Ahn Y, Lee SH, Park WM, Lee HY, Shin SW, Kang HY. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for recurrent disc herniation: surgical technique, outcome, and prognostic factors of 43 consecutive cases. Spine (Phila Pa 1976). 2004;29(16):E326-32.
13. Sairyo K, Matsuura T, Higashino K, Sakai T, Takata Y, Goda Y, et al. Surgery related complications in percutaneous endoscopic lumbar discectomy under local anesthesia. J Med Invest. 2014;61(3-4):264-9.
14. Sakane M. Anatomical relationship between Kambin's triangle and exiting nerve root. Mini-invasive Surg. 2017;1:99-102.
15. Ozer AF, Suzer T, Falsafi M, Aydin M, Sasani M, Oktennoglu T. Anatomic assessment of variations in Kambin's triangle: a surgical and cadaveric study. World Neurosurg. 2017;100:498-503.
16. Choi PS, Basile R. Estudo anatômico da zona triangular de segurança aplicada aos procedimentos percutâneos póstero laterais. Coluna/Columna. 2003;2(1):19.
17. Vialle E, Vialle LR, Contreras W, Jacob Junior C. Estudo anatômico da relação do gânglio da raiz dorsal com o disco intervertebral da coluna lombar. Rev Bras Ortop. 2015;50(4):450-4.
18. Hoshide R, Feldman E, Taylor W. Cadaveric analysis of the Kambin's triangle. Cureus. 2016;8(2):e475.
19. Hardenbrook M, Lombardo S, Wilson MC, Telfeian A. The anatomical rationale for transforaminal endoscopic interbody fusion: a cadaveric analysis. Neurosurg Focus. 2016;40(2):E12.
20. Lertudomphonwanit T, Keorochana G, Kraiwattanapong C, Chanplakorn P, Leelapattana P, Wajanavisit W. Anatomic Considerations of Intervertebral Disc Perspective in Lumbar Posterolateral Approach via Kambin's Triangle: Cadaveric Study. Asian Spine J. 2016;10(5):821-7.
21. Min JH, Kang SH, Lee JB, Cho TH, Suh JK, Rhyu IJ. Morphometric analysis of the working zone for endoscopic lumbar discectomy. J Spinal Disord Tech. 2005;18(2):132-5.
22. Chhabra A, Zhao L, Carrino JA, Trueblood E, Koceski S, Shteriev F, et al. MR neurography: advances. Radiol Res Pract. 2013;809568.
23. Chhabra A, Lee PP, Bizzell C, Soldatos T. 3 Tesla MR neurography – technique, interpretation, and pitfalls. Skeletal Radiol. 2011;40(10):1249-60.
24. Quester R, Schroder R. The shrinkage of the human brain stem during formalin fixation and embedding in paraffin. J Neurosci Methods. 1997;75(1):81-9.
25. Guan X, Gu X, Zhang L, Wu X, Zhang H, He S, et al. Morphometric analysis of the working zone for posterolateral endoscopic lumbar discectomy based on magnetic resonance neurography. J Spinal Disord Tech. 2015;28(2):E78-84.

SYMPTOMATIC INTRADISCAL VACUUM PHENOMENON

FENÔMENO DE VÁCUO INTRADISCAL SINTOMÁTICO

FENÓMENO DE VACÍO INTRADISCAL SINTOMÁTICO

Pedro Luis Bazán,[1,2] Richard Alejandro Avero González,[1,2] Nicolás Maximiliano Ciccioli,[1,2] Álvaro Enrique Borri,[1,2] Martín Medina[1,2]

1. HIGA San Martín La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina.
2. Hospital Italiano La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

ABSTRACT

Objective: Intradiscal vacuum phenomenon (IVP) is a common finding in the study of degenerative disc disease. Discogenic low back pain can be manifested in different ways, including irradiation to the lower limbs. This study aims to acknowledge the complementary studies used to diagnose IVP, determine their sensitivity, and assess the correlation between clinical and imaging findings. Methods: This is a descriptive, observational and prospective study involving clinical and imaging evaluation of 100 patients with IVP, using dynamic and plain radiographs, computed tomography and magnetic resonance imaging. The factors of analysis include sex, age, reason for consultation, visual analogue scale, irradiation and topography of the pain, the existence of sciatica and claudication, smoking status, and body mass index. Results: The overall average age of the patients was 64.6 years, who particularly evidence degenerative pathology. IVP was observed in 99 CT, 85 dynamic radiographs, 80 plain radiographs and 65 nuclear magnetic resonance images (MRI). Conclusion: The most useful studies for diagnosing the vacuum disc phenomenon are plain and dynamic radiographs, tomography, and magnetic resonance. The CT is the most sensitive imaging study for IVP detection, followed by dynamic radiographs obtained during extension. A correlation was observed between older age, overweight, and IVP. ***Level of evidence IV; Case-series.***

Keywords: Intervertebral disc degeneration; Intervertebral disc; Low back pain.

RESUMO

Objetivo: O fenômeno do vácuo intervertebral (FVI) é um achado comum no estudo da doença degenerativa do disco. A dor lombar discogênica pode se manifestar de diferentes formas, incluindo a irradiação para os membros inferiores. O presente estudo pretende reconhecer os estudos complementares utilizados para diagnosticar o FVI, determinar sua sensibilidade e avaliar a correlação entre os achados clínicos e de imagem. Métodos: Estudo descritivo, observacional e prospectivo envolvendo a avaliação clínica e por imagem de 100 pacientes com FVI, utilizando radiografias simples e dinâmicas, tomografia computadorizada e ressonância magnética. Os fatores da análise incluem sexo, idade, motivo da consulta, escala visual analógica, irradiação e topografia da dor, existência de ciatalgia e claudicação, tabagismo e índice de massa corporal. Resultados: A idade média geral dos pacientes foi de 64,6 anos, evidenciando particularmente a patologia degenerativa. O FVI foi observado em 99 tomografias computadorizadas, 85 radiografias dinâmicas, 80 radiografias simples e 65 ressonâncias magnéticas nucleares (RM). Conclusão: Os estudos mais úteis para detectar FVI são as radiografias simples e dinâmicas, a tomografia e a ressonância magnética. A tomografia computadorizada é o exame de imagem mais sensível para a detecção do FVI, seguido pelas radiografias dinâmicas obtidas durante a extensão. Observou-se uma correlação entre a idade avançada, sobrepeso e o fenômeno do vácuo intervertebral. ***Nível de evidência IV; Série de casos.***

Descritores: *Degeneração do disco intervertebral; Disco intervertebral; Dor lombar.*

RESUMEN

Objetivo: El fenómeno del vacío intervertebral (FVI) es un hallazgo común en el estudio de la enfermedad degenerativa del disco. El dolor lumbar discogénico puede manifestarse de diferentes maneras, incluyendo la irradiación para los miembros inferiores. El presente estudio pretende reconocer los estudios complementarios utilizados para diagnosticar el FVI, determinar su sensibilidad y evaluar la correlación entre los hallazgos clínicos y de imagen. Métodos: Estudio descriptivo, observacional y prospectivo involucrando la evaluación clínica y por imagen de 100 pacientes con FVI, utilizando radiografías simples y dinámicas, tomografía computarizada y resonancia magnética. Los factores de análisis incluyen sexo, edad, motivo de consulta, escala visual analógica, irradiación y topografía del dolor, existencia de ciatalgia y claudicación, tabaquismo e índice de masa corporal. Resultados: La edad promedio general de los pacientes fue de 64,6 años, evidenciando particularmente la patología degenerativa. El FVI fue observado en 99 tomografías computadorizadas, 85 radiografías dinámicas, 80 radiografías simples y 65 resonancias magnéticas nucleares (RM). Conclusión: Los estudios más útiles para diagnosticar FVI son las radiografías simples y dinámicas, la tomografía y la resonancia magnética. La tomografía computadorizada es el estudio de imagen más sensible para la detección de FVI, seguido por las radiografías dinámicas obtenidas durante la extensión. Se observó una correlación entre la edad avanzada, sobrepeso y el fenómeno de vacío intervertebral. **Nivel de evidencia IV; Serie de casos.**

Descriptores: *Degeneración del disco intervertebral; Disco intervertebral; Dolor de la región lumbar.*

Study conducted at: HIGA San Martín La Plata and Hospital Italiano La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina.
Correspondence: Pedro Luís Bazán. Address 51 Nro 1725 (1900) La Plata, Buenos Aires – Argentina. Email pedroluisbazan@gmail.com

CC BY

http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804222787

Received on 04/16/2019 accepted on 04/23/2019

INTRODUCTION

Intervertebral vacuum phenomenon is a common finding in the study of degenerative disc disease.[1] Considered the last stage of disc degeneration,[2] it is often the cause of low back pain.[3] Low back pain associated with disc degeneration can present with a wide variety of symptoms ranging from benign to unbearable low back pain, and may include radicular pain in the lower limbs.[4]

A classic study by Gershon-Cohen[5] found the vacuum phenomenon in radiographs of 21% of 130 asymptomatic elderly patients (Figure 1).

Larde et al.[6] report that at least one disc-level degenerative disease is observed in 12% of plain radiographs and 40% of computed tomography (Figure 2) scans of the lumbar spine in patients aged over 40 years.

In a study of patients with degenerative spinal disease, intervertebral vacuum phenomenon (IVP) remains grossly underreported.[7]

The aims of the present study are to acknowledge the complementary studies used to diagnose IVP, determine their sensitivity, and assess the correlation between clinical and imaging findings.

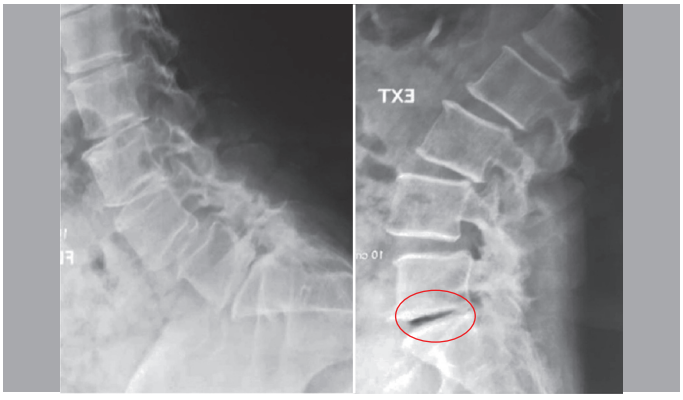


Figure 1. X-rays in flexion and extension, in the areas where the vacuum phenomenon is evidenced in the fifth disc space by increasing the space, with the difference of the annulus fibrosis.



Figure 2. Sagittal section of the Multi Slice Tomography showing vacuum phenomenon in the first 4 lumbar discs.

METHODS

A descriptive, observational and prospective study was designed for all patients who attended consultations at the two hospitals where this study was conducted due to degenerative lumbar pathology. Among 100 patients studied, vacuum disc phenomenon was observed in at least one study.

The exclusion criteria comprised sacralization of the fifth lumbar vertebra, traumatic and infectious pathology, and previous lumbar surgery.

The data were collected considering sex, age, reason for consultation, visual analogue scale, irradiation and topography of the pain, the existence of sciatica and claudication, smoking status, and body mass index.

The imaging studies requested for the patients with IVP were AP view radiographs and maximum extension-flexion radiographs of the lumbosacral spine, MRI and CT. A digital imaging record was kept for subsequent analyses.

The analysis of 500 lumbar disc segments found multi- and mono-segmental degenerative disc disease in 100 patients. The analysis also helped to determine the presence of Modic type changes in the studied segments.[8]

All patient data were gathered in a table specially designed for this purpose, and analyzed using statistical data collection software (Microsoft Excel®).

RESULTS

Of the total patients, 64 were women and 36 were men. The average age was 64.6 years (ranging from 33 to 92 years).

In 99 out of the 100 patients, IVP was observed in the CT (221 disc spaces). The IVP was mono-segmental in 42 patients and multi-segmental in 57 patients. Consequently, CT is the most sensitive study for diagnosing vacuum disc phenomenon. Among the other studies, IVP was observed in plain radiographs (131 disc spaces), 85 dynamic radiographs (158 disc spaces in extension) and 65 MRI scans (Figure 3) of 80 patients.

Considering the reasons for consultation, 49 patients presented lumbosciatic pain (36 with unilateral pain), 43 presented low back pain without irradiation to the lower limbs, and 5 presented lumbocrural pain.

Claudication pain was present in 40 patients, and the number of patients who were current or former smokers was also 40. The average body mass index was 29.15. Scoliosis was diagnosed in 35 patients. Of the 64 patients with pain of 6 points or higher on the visual analogue scale (VAS), 39 presented multiple IVP (60.91%). In the present study, it was determined that T2 in MRI provides better information compared to the T1 relaxation parameter, as it shows the IVP with greater precision (Hypointensity marked).

DISCUSSION

Fick[9] first observed the presence of gas within the intervertebral disc space while he was studying joints under traction. It was first named "vacuum phenomenon" by Magnusson[10] in 1937, without attributing any clinical significance. In 1942, Knutsson[11] correlated vacuum phenomenon with disc degeneration for the first time. In 1946, Gershon-Cohenil[5] referred to the phenomenon as "the phantom nucleus pulposus" when observing radiolucent areas within the interbody space found in lumbar plain radiographs.

The vacuum phenomenon is a gas collection that may originate in the intervertebral disc (Figure 3). It is relatively frequent in radiographs of patients with lumbar degenerative disease.[12,13] This phenomenon is considered the last stage of disc degeneration, and is often the cause of low back pain.[3] The vacuum is composed of approximately 90% nitrogen and small amounts of oxygen or carbon dioxide.[14]

Since the introduction of CT scans, this method has become

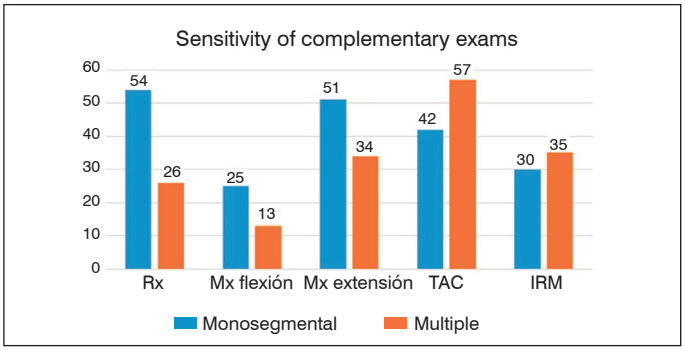


Figure 3. Diagnosis of Vacuum Disc Phenomenon.

popular due to its sensitivity.[6] It is the most sensitive study for detecting IVP, followed by dynamic radiographs obtained during extension.[15] The least sensitive study is the radiograph in flexion, due to the reduced disc space height and the lesser fiber strain on the annulus fibrosus.

MRI provides better information on disc pathology by showing a more precise delineation of the anatomy.[1,16,17]

The intervertebral disc undergoes age-related changes, resulting in disc degeneration over the course of lifetime.[4,18]

Degenerative disc disease is usually considered a sign of intervertebral instability, and requires treatment.[19] Hence the importance of a precise diagnosis.

Many authors mention the endplates as one of the components of the intervertebral disc, due to the important role they play in disc disease.[3,4]

The pathogenesis of IVP is debatable and is most likely multifactorial. The prevailing hypothesis for gas formation in a degenerative disc is based on the endplate-degeneration theory. The endplates provide nutrition for the disc through a porous surface, while preventing disc protrusion into the vertebral bodies. As the vertebral endplates degenerate, the hyaline cartilage becomes calcified, and inflammatory cytokines are produced. This combination blocks the nutritional pathways, which results in metabolic imbalance and decreased synthesis of structural matrix proteins. As a result, the structural integrity of the disc becomes unstable, and the continuous compression-and--distraction motion creates a cleft that is gradually filled with gas.[3]

Some publications present a relationship between IVD and weather changes, e.g. that of Morishita et al., who associate IVP with low back pain in the mornings and when standing up. Low back pain may also be influenced by changes in the weather.[20, 21]

Kasai et al. report that patients with IVP in the lumbar intervertebral disc experienced a worsening of low back pain when the atmospheric pressure was decreased.[13]

Many publications associate the presence of IVP with compression radiculopathy, as the gas occupies the space created by the clefts in the nucleus pulposus within the intervertebral disc, causing disc protrusion.[22-27]

CONCLUSION

The most useful studies for the diagnosis of vacuum disc phenomenon in patients with lumbar degenerative disc disease are plain and dynamic radiographs, computed tomography, and magnetic resonance.

Computed tomography with sagittal reconstruction is the most sensitive imaging study for IVP detection, followed by dynamic radiographs during extension.

A correlation was observed between advanced age, overweight, and IVP.

All authors declare no potential conflict of interest related to this article.

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS: Each author made significant individual contributions to this manuscript. BPL (0000-0003-0060-6558)*: work planning, bibliographic support control, results control, discussion of conclusions and final edition. AGR (0000-0001-9489-5615)*: bibliographic review, data management, discussion of conclusions and final draft. BAE (0000-0002-5568-867X)* and MM (0000-0002-5281-5645)*: discussion of conclusions and primary edition. CNM (0000-0002-5851-2821)*: technical details, discussion of the conclusions and primary edition. *ORCID (Open Researcher and Contributor ID).

REFERENCES

1. D'Anastasi M, Birkenmaier C, Schmidt GP, Wegener B, Reiser M, Baur-Melnyk A. Correlation Between Vacuum Phenomenon on CT and Fluid on MRI in Degenerative Disks. AJR Am J Roentgenol. 2011;197(5):1182–9.
2. Fardon DF, Milette PC. (2001) Nomenclature and Classification of Lumbar Disc Pathology: Recommendations of the Combined Task Forces of the North American Spine Society, American Society of Spine Radiology, and American Society of Neuroradiology. Spine (Phila Pa 1976). 2001;26(5):E93-113.
3. Li FC, Zhang N, Chen WS, Chen QX. Endplate degeneration may be the origination of the vacuum phenomenon in intervertebral discs. Med Hypotheses. 2010;75(2):169-71.
4. Madigan L, Vaccaro AR, Spector LR, Milam RA. Management of Symptomatic Lumbar Degenerative Disk Disease. J Am Acad Orthop Surg. 2009;17(2):102-11.
5. Gershon-Cohen J. The phantom nucleus pulposus. Am J Roentgenol Radium Ther. 1946;55:43-8.
6. Larde D, Mathieu D, Frija J, Gaston A, Vasile N. Spinal vacuum phenomenon: CT diagnosis and significance. J Comput Assist Tomogr. 1982;6(4):671-6.
7. Yen CP, Beckman JM, Vivas AC, Bach K, Uribe JS. Effects of intradiscal vacuum phenomenon on surgical outcome of lateral interbody fusion for degenerative lumbar disease. J Neurosurg Spine. 2017;26(4):419-25.
8. Modic MT, Steinberg PM, Ross JS, Masaryk TJ, Carter JR. (1988). Degenerative disk disease: Assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging. Radiology. 1988;166(1 Pt 1):193-9.
9. Fick R. Handbuch del' anatomie und Mechanik der Gelenke. Berlin: Verlag der Wissenschaften;1910.
10. Magnusson W. Uber die bendingungen des Hervortretens der wirklichenGelenkspalte auf demrontgenbilde. Acta Radiol. 1937;18:733-41.
11. Knutsson F. The vacuum phenomenon in the intervertebral discs. Acta Radiol. 1942;23:173-9.
12. An KC, Kong GM, Park DH, Baik JM, Youn JH, Lee WS. Comparison of Posterior Lumbar Interbody Fusion and Posterolateral Lumbar Fusion in Monosegmental Vacuum Phenomenon within an Intervertebral Disc. Asian Spine J. 2016;10(1):93-8.
13. Kasai Y, Takegami K, Uchida A. Change of barometric pressure influences low back pain in patients with vacuum phenomenon within lumbar intervertebral disc. J Spinal Disord Tech. 2002;15(4):290–3.
14. Ford LT, Gilula LA, Murphy WA, Gado M. Analysis of gas in vacuum lumbar disc. Am J Radiol. 1977;128(6):1056–7.
15. Coulier B. The spectrum of vacuum phenomenon and gas in spine. JBR-BTR. 2004;87(1):9–16.
16. Schweitzer ME, El-Noueam KI. Vacuum disc: frequency of high signal intensity on T2-weighted MR images. Skeletal Radiol. 1998;27(2):83-6.
17. Grenier N, Grossman R, Schiebler M, Yeager B, Goldberg H, Kressel H. Degenerative lumbar disk disease: pitfalls and usefulness of MR imaging in detection of vacuum phenomenon. Radiology. 1987;164(3):861-5.
18. Christian WA, Pfirrmann AM, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic Resonance Classification of Lumbar Intervertebral Disc Degeneration. Spine (Phila Pa 1976). 2001;26(17):1873–8.
19. Yoshiiwa T, Miyazaki M, Notani N, Ishihara T, Kawano M, Tsumura H. Analysis of the relationship between ligamentum flavum thickening and lumbar segmental instability, disc degeneration, and facet joint osteoarthritis in lumbar spinal stenosis. Asian Spine J. 2016;10(6):1132-40.
20. Morishita K, Kasai Y, Uchida A. Clinical symptoms of patients with intervertebral vacuum phenomenon. Neurologist. 2008;14(1):37–9.
21. Ayberk G, Özveren M, Yildrim T. Spinal gas accumulation causing lumbar discogenic disease: a case report. Acta Orthop Traumatol Turc. 2015;49(1):103-5.
22. Belfquih H, El Mostarchid B, Akhaddar A, Gazzaz M, Boucetta M. Sciatica caused by lumbar epidural gas. Pan Afr Med J. 2014;18:162.
23. Yun SM, Suh BS, Park JS. Symptomatic Epidural Gas-containing Cyst from Intervertebral Vacuum Phenomenon. Korean J Spine. 2012;9(4):365-8.
24. Lee C, Cho J, Hyun S, Yoon S, Kim K, Kim H. Symptomatic gas containing herniated disc with the vacuum phenomenon: mechanism and treatment. Neurol Med Chir (Tokyo). 2012;52(2):106-8.
25. Choi K, Kim J, Lee S. Surgical experience of gas containing disk herniation. Neurol Med Chir (Tokyo). 2010;50(10):905-9.
26. Sasani M, Ozer F, Oktenoglu T, Cosar M, Karaarslan E, Sarioglu A. Recurrent Radiculopathy Caused by Epidural Gas After Spinal Surgery. Spine (Phila Pa 1976). 2007;32(10):E320–5.
27. Pierpaolo L, Mastronardi L, Puzzilli F, Missori P. Gas-containing lumbar disc herniation. Spine (Phila Pa 1976). 1993;18(16):2553–36.

MODIFICATION OF THE SPINOPELVIC PARAMETERS WITH SURGICAL POSITIONING AND THE ROLE OF THE HIP

MODIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS ESPINOPÉLVICOS COM O POSICIONAMENTO CIRÚRGICO E PAPEL DO QUADRIL

MODIFICACIÓN DE PARÁMETROS ESPINOPÉLVICOS CON EL POSICIONAMIENTO QUIRÚRGICO Y ROL DE LA CADERA

Orosco David,[1] Ortiz Pablo Nicolás,[1] Cristiani Mauro,[1] Aguirre Gerardo,[1] Robles Cristian,[1] Guimbard Joint[1]

1. Sanatorio Allende, Córdoba, Argentina.

ABSTRACT

Post-operative lumbar pain is related to alterations in the sagittal and spinopelvic parameters. A lumbar fusion that fails to maintain, or that worsens the physiological lordosis alters the sagittal balance. Objective: To analyze spinopelvic variation in different surgical positions. Methods: A prospective, analytical and comparative study of spinograms, lumbosacral radiographs in the surgical position over a 4-pole quadratus lumborum, and lumbosacral radiographs with quadratus lumborum and support in the knees. A sample of 129 patients, of both sexes, aged between 18 and 60 years, and presenting with lower back pain. Lumbar Lordosis (LL), Pelvic Tilt (PT), Pelvic Incidence (PI) and Sacral Slope (SS) were measured. Results: PI was the most stable parameter. With quadratus lumborum, a slight increase in PT, a decrease in SS and a significant reduction in LL were found. With quadratus lumborum and support in the knees, a decrease in PT and a slight increase in SS were found, while the LL value remained similar to that of the spinogram. Conclusion: The intraoperative position with hip flexion of between 40º and 45º over quadratus lumborum reduced LL to 10.52º in men and 16.21º in women, increased PT, and decreased SS. The intraoperative position with hip flexion of between 0º and 10º showed the same values as the reference spinogram. ***Level of Evidence II; Prospective comparative study.***

Keywords: Postural Balance; Lordosis; Patient Positioning.

RESUMO

A dor lombar pós-operatória está relacionada a alterações nos parâmetros sagitais e espinopélvicos. Uma fusão lombar que não mantém ou piora a lordose fisiológica altera o equilíbrio sagital. Objetivo: Analisar a variação espinopélvica em diferentes posições cirúrgicas. Métodos: Estudo prospectivo, analítico e comparativo de espinogramas, radiografias lombossacrais na posição cirúrgica em um quadrado lombar de quatro pólos e radiografias lombossacrais com quadrado lombar e apoio para os joelhos. Foi feito um estudo com 129 pacientes, de ambos os sexos, entre 18 e 60 anos que apresentavam dor lombar. A lordose lombar (LL), a inclinação pélvica (PT), a incidência pélvica (PI) e a inclinação sacral (SS) foram medidas. Resultados: A PI foi o parâmetro mais estável. Com o quadrado lombar, um pequeno aumento na PT, uma diminuição na SS e uma redução significativa na LL foram observados. Com o quadrado lombar e o apoio para os joelhos, houve diminuição na PT e um leve aumento na SS, enquanto o valor da LL permaneceu semelhante ao valor do espinograma. Conclusão: A posição intraoperatória com flexão do quadril entre 40º e 45º no quadrado lombar reduziu a LL para 10,52º nos homens e 16,21º nas mulheres, aumentou a PT e diminuiu a SS. A posição intraoperatória com flexão do quadril entre 0º e 10º apresentou os mesmos valores do espinograma de referência. ***Nível de Evidência II; Estudo prospectivo comparativo.***

Descritores: *Equilíbrio Postural; Lordose; Posicionamento do Paciente.*

RESUMEN

El dolor lumbar postoperatorio está relacionado con alteraciones de los parámetros sagitales y espinopélvicos. Una fusión lumbar que no mantiene o empeora la lordosis fisiológica altera el balance sagital. Objetivo: Analizar la variación espinopélvica en diferentes posiciones quirúrgicas. Métodos: Estudio prospectivo, analítico, comparativo, de espinogramas, radiografías lumbosacras en posición quirúrgica sobre cuadrado lumbar de 4 postes y lumbosacra con cuadrado lumbar y soporte para las rodillas. Fue hecho un estudio con 129 pacientes, de ambos sexos, entre 18 y 60 años que presentaban dolor lumbar. Fueron medidas la lordosis lumbar (LL), la inclinación pélvica (PT), la incidencia pélvica (PI) y la inclinación sacral (SS). Resultados: La PI fue el parámetro más estable. Con el cuadrado lumbar, se observó pequeño aumento en la PT, una disminución en la SS y una reducción significativa en la LL. Con cuadrado lumbar y soporte para las rodillas hubo disminución en la PT y ligero aumento en la SS, mientras que el valor de la LL se mantuvo similar al valor del espinograma. Conclusión: La posición intraoperatoria con flexión de cadera entre 40º y 45º sobre el cuadrado lumbar, redujo la LL para 10,52º en hombres y 16,21º en mujeres, aumentó la PT y disminuyo la SS. La posición intraoperatoria con flexión de cadera entre 0º y 10º presentó los mismos valores del espinograma de referencia. ***Nivel de Evidencia II. Estudio prospectivo comparativo.***

Descriptores: *Balance Postural; Lordosis; Posicionamiento del Paciente.*

Study conducted at Sanatorio Allende, Córdoba, Argentina.
Correspondence: davidoroscofalcone@gmail.com

http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804222783

CC BY

Received on 04/16/2019 accepted on 04/23/2019

INTRODUCTION

The spinal cord is the main axis for maintaining the correct standing position in humans, with Sagittal Balance (SB) being one of the most important factors. Lumbar degeneration results in a loss of lumbar lordosis, with the subsequent activation of compensatory mechanisms in order to maintain the capacity to walk, but which create greater muscular tension and stress on the static subsystems, causing them to become exhausted. Clinical consequences are lumbar pain and loss of quality of life.[1-5]

Postoperative lumbar pain is also closely related to alterations in sagittal parameters and spinopelvic angulation.[6-8]

In recent decades, the increase in vertebral instrumentations has led to a clear increase in the rate of instrumented lumbar arthrodesis. Current technology has brought several benefits for surgeons, although it has also led to the appearance of a greater incidence of flat black syndrome.

The term "flat back syndrome", also known as lumbar kyphosis, was initially described by Doherty (1973), based on a case of forward tilt of the core due to loss of normal lumbar lordosis. This can be caused by many factors, but the most common origin is iatrogenic, based on lumbar attachments in hypolordosis.[9]

Incorporating the spinopelvic parameters in the surgical planning is of great importance, and is considered essential for a good postoperative result.[1-10] It is well established that the spinal cord adapts itself to the pelvic parameters, hence the importance of a spinopelvic analysis.[11] A lumbar fusion that fails to maintain, or that worsens physiological lumbar lordosis results in accelerated wear on the adjacent musculature and loss of the sagittal balance.[12]

Many works have shown the importance of the study of spinal sagittal balance and spinopelvic angulation, not only in healthy individuals, but also in spinal cord surgery.[6-7-13-14]

The aim of this work is to analyze spinopelvic variation in different surgical positions.

METHODS

Following approval by the Ethics Committee of Sanatorio Allende, we conducted a prospective, analytical and comparative study, with two independent observers, of spinograms in the standing position, lumbosacral radiographies simulating surgical position in ventral decubitus over a 4-pole quadratus lumborum (30 centimeters high) with hip flexion of between 40º to 45º, and lumbosacral radiography with quadratus lumborum with extra knee support (40 centimeters high) and hip flexion of between 0º and 10º. The sample consisted of 129 patients who presented with lower back pain between April 2017 and February 2018, at the Orthopedic and Trauma Service of our institution. All the patients who participated in the study signed an Informed Consent Form. The inclusion criteria were: patients who had previously presented with lower back pain in their first appointment, patients of both sexes, aged between 18 to 60 years. The exclusion criteria were: patients who had previously undergone spinal cord surgery and had chronic lumbar symptomatology or the existence of a structural pathology of the spinal cord. There was no conflict of interest in relation to this study.

Radiological Studies

This work was conducted in the Diagnostic Imaging Service, which was given an explanatory protocol that included the inclusion and exclusion criteria and the rules to follow in order to simulate intraoperative positions. The imaging studies used for the analysis were: spinogram in the standing position (side projection) (Figure 1), lumbosacral radiography (side) in the surgical position with quadratus lumborum (hip flexion) (Figure 2) and lumbosacral radiography (side) in the surgical position with additional support in the knees (extended hip) (Figure 3).

The variables analyzed were as follows:

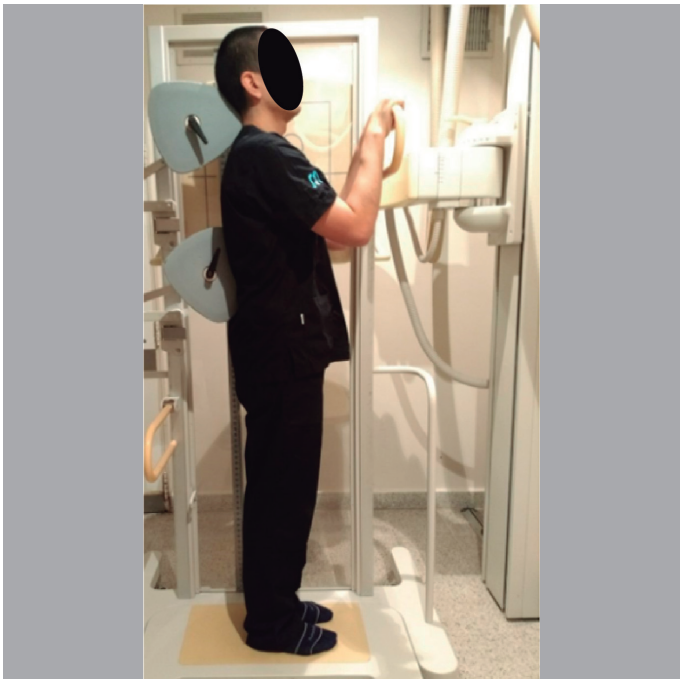


Figure 1. Spinogram in the standing position (side projection).



Figure 2. Lumbosacral radiography in surgical position over 4-pole quadratus lumborum.



Figure 3. Lumbosacral radiography in the surgical position with 4-pole quadratus lumborum with extended hips.

Lumbar Lordosis (LL)

Physiological lumbar lordosis is an important parameter that must be considered in spinal cord surgeries, as it maintains normal sagittal balance and is related to Pelvic Incidence.

This ratio can be used to determine the ideal LL in a given patient using the following formula LL=PI +/- 10º.[15]

Pelvic Parameters

In the side projection, the three parameters that determine pelvic configuration were measured. First, Pelvic Incidence (PI), which

determines the width of the pelvis using an anatomically fixed angle, which is specific to each individual and does not vary after adolescence. Second, Pelvic Tilt (PT), which shows the rotation of the pelvis around the femoral heads: in retroversion, PT increases, while in anteversion, PT decreases, and lastly, Sacral Slope (SS), which is a compensatory angle of PT and is characterized by the position of the base of the sacrum (S1).

Mathematically, the pelvic parameters are expressed by the expression PI= PT+SS. These four parameters were measured in each patient, with the aid of the software program SurgiMap. Figure 4 shows how they were measured and how the observations of each indicator were obtained. This measurement software can be applied not only in research but also in clinical fields. Its high reliability was recently demonstrated; consequently, it can be incorporated as a tool for sophisticated sagittal alignment.[16]

RESULTS

The patient's average age was comparable for both sexes (p=0.949), with average ages (standard deviations) of 31.7 (9.4) years for men and 31.5 (9.9) for women. This was not associated with the lumbopelvic parameters evaluated (PT, p=0.356; IP, p=0.401; LL, p=0.694; SS, p=0.791), in any of the rehearsed positions. The estimated rates of correlation were below 0.18 in all cases, except for the position that included the surgical quadratus, in which a slight tendency towards lordosis (LL, r=0.24, p=0.091) was observed. However, noticeable differences were found between sexes in the measured parameters in the side spinogram. Table 1 presents the statistical summaries for each characteristic under the reference position (spinogram) and by sex, reflecting values that are significantly greater for lumbar lordosis and sacral slope in women, apart from the smaller value obtained for pelvic tilt when being compared to the other parameters at a general level (both sexes).

To complement this, Figure 5 illustrates the empirical distribution for each variable used in the reference evaluation (spinogram), compared to the two innovated positions (with quadratus lumborum and additional support in the knees), and shows the lack of adhesion among the three series and in each parameter. This lack of adhesion, as mentioned previously, was closely associated with sex (p-global value 0.0107), as can be seen in Tables 2 and 3, with distinctive features in the female group.

Pelvic incidence, a parameter considered an invariant quality of each individual, was measured and also mathematically calculated by adding PT and SS. In the adopted positions (spinogram, with quadratus lumborum and quadratus lumborum plus support in the knees), the pelvic incidence calculated by both procedures was statistically similar, with estimated correlations of 0.983, 0.998 and 0.997, respectively, indicating a highly satisfactory pairing. This is illustrated in Figures 6 (spinogram) and 7 (quadratus lumborum), by means of scatter diagrams showing the PI measurements performed, and the calculations produced by summation.

As described earlier, the consistency among the measures

Table 1. Descriptive statistics of lumbar pelvic parameters (spinogram) for both sexes.

Sex	Variable	Average	Margin of error	IC 95%	p-value
Male	Pelvic Tilt	14.04	1.14	[11.73, 16.36]	0.004
	Pelvic Incidence	50.88	1.85	[47.14, 54.63]	0.827
	Lordosis	58.77	1.95	[54.80, 62.77]	0.016
	Sacral Slope	37.19	1.52	[34.13, 40.26]	0.0017
Female	Pelvic Tilt	7.93	1.19	[5.50, 10.34]	
	Pelvic Incidence	51.41	1.52	[48.33, 54.49]	
	Lordosis	65.06	1.62	[61.77, 68.37]	
	Sacral Slope	43.59	1.24	[41.06, 46.11]	

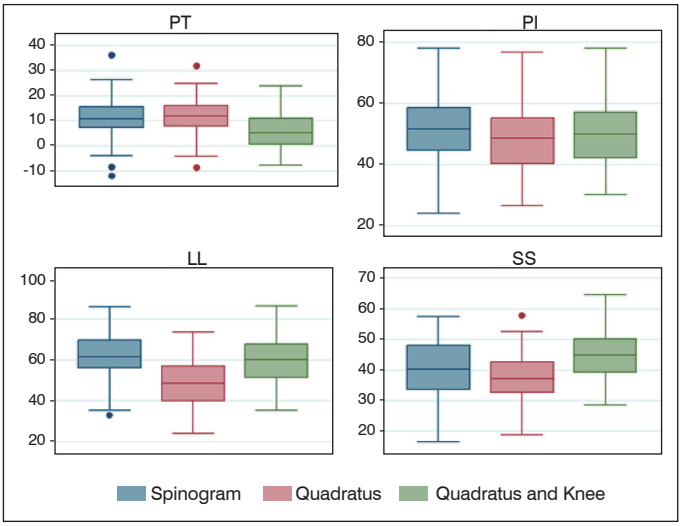


Figure 5. Box diagram of pelvic tilt (Pt), pelvic incidence (PI), lordosis (LL) and sacral slope (SS) obtained in the positions: reference (spinogram, blue), with quadratus lumborum (red) and with the addition of support in knees (green).

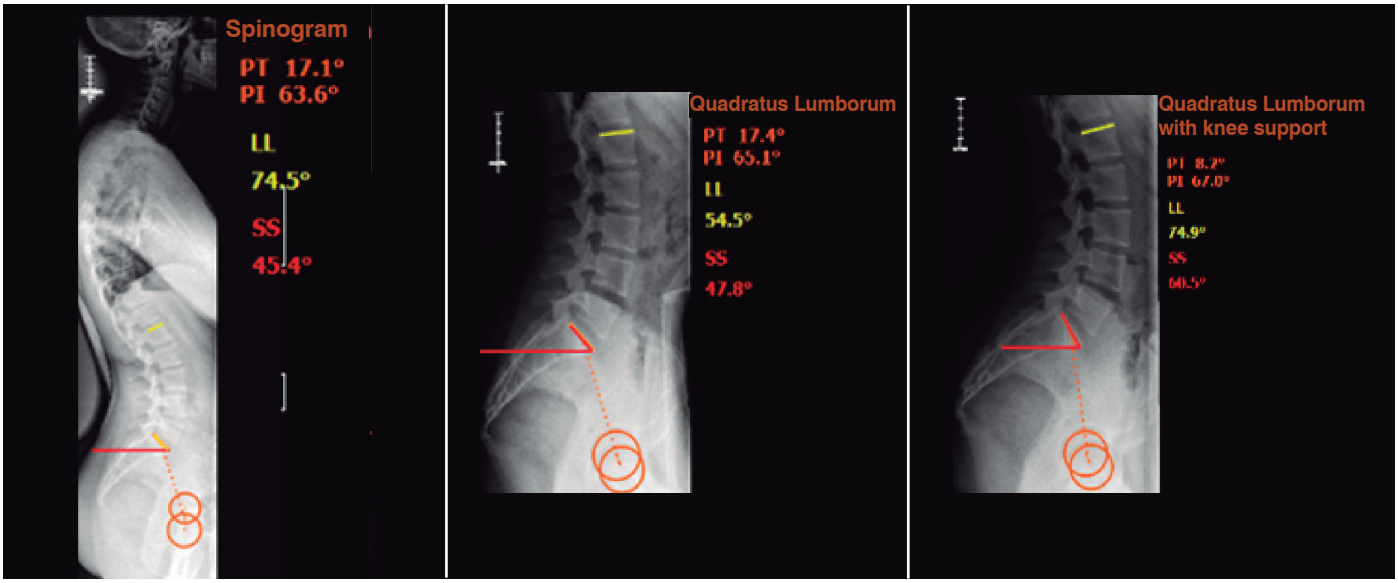


Figure 4. Measuring the spinopelvic parameters in SurgiMap of spinogram and the two rehearsed positions.

Table 2. Descriptive statistics of lumbar pelvic parameters obtained under assisted position with quadratus lumborum, by sex.

Sex	Variable	Average	Standard deviation	Minimum	Maximum
Male	Pelvic Tilt	1275	6.88	-1.2	32
	Pelvic Incidence	47.99	11.04	26.6	77
	Lordosis	48.25	10.2	28	66.4
	Sacral Slope	35.67	8	19	57.7
Female	Pelvic Tilt	10.70	7.25	-8.7	25
	Pelvic Incidence	48.88	9.09	31.8	68
	Lordosis	49.31	10.13	24.11	73.8
	Sacral Slope	38.29	7.46	22.1	52.6

Table 3. Descriptive statistics of lumbar pelvic parameters obtained in patients under assisted position with quadratus lumborum and support in knees, by sex.

Sex	Variable	Average	Standard deviation	Minimum	Maximum
Male	Pelvic Tilt	7.14	7.60	-5	23.9
	Pelvic Incidence	49.87	11.85	30.2	78.2
	Lordosis	58.88	11.47	35.4	80.6
	Sacral Slope	42.86	8.65	28.7	64.7
Female	Pelvic Tilt	4.52	6.11	-7.8	13.7
	Pelvic Incidence	50.66	8.85	35.5	67
	Lordosis	61.82	10.22	43.1	86.4
	Sacral Slope	46.21	7.34	32.7	60.5

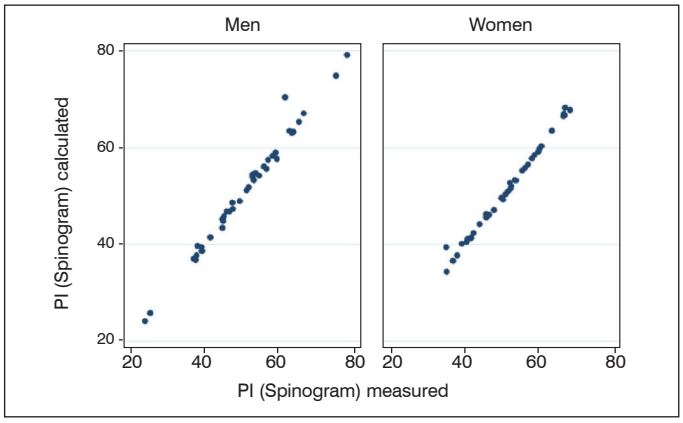


Figure 6. Scatter diagram comparing the values for pelvic incidence measured in the spinogram, with and without the addition of PT and SS.

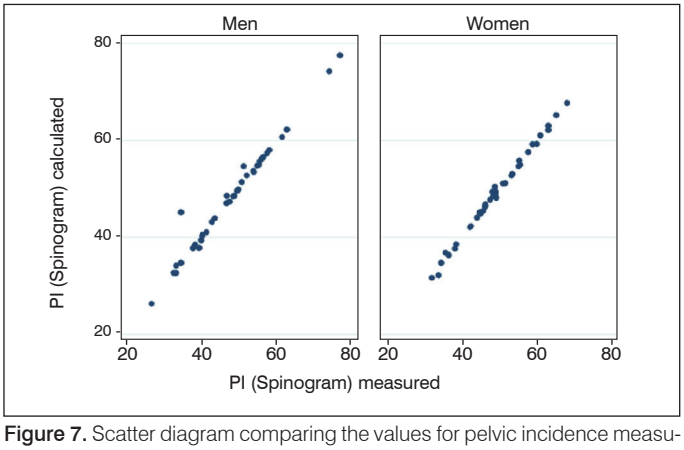


Figure 7. Scatter diagram comparing the values for pelvic incidence measured under assisted position with quadratus lumborum, with and without the addition of PT and SS.

obtained from the three positions depended largely on the patient's sex, and not on the patient's age. This is why the following description is only related to that biological factor. This adhesion was not proportional, but has a particular behavior for each sex. In order to obtain reference values and predictions by sex, several regression models were performed. Intercepts and linear coefficients of those models were estimated to describe the relationship between pelvic parameters, considering the different positions, and using the spinogram as a baseline.

Table 4 shows the estimated coefficients for each sex. It can be observed that for each parameter, the y-intercepts (expressed as subscript 1 and 2 for the relation with quadratus lumborum and quadratus lumborum plus support in the knees, respectively) interpreted as discharges in absolute terms in relation to the reference value (spinogram), are significantly different between sexes. For example, the model between PT (quadratus lumborum) and PT (spinogram) is estimated as

$$PT_1 = A_1 + B_1.PT\ (spinogram)$$
$$= 2.80 + 0.71.PT(spinogram),$$

indicating that for each unit of increase in PT (spinogram), the PT to be obtained in an assisted position with quadratus lumborum does not increase in the same proportion, but increases by 0.70 compared to the former, with a discharge of 2.80. This means that the lack of adherence between both measurements could not be described as a small degree of change, but maintains a model of linear regression with positive and significant slope. These models obtained for each parameter were all significant and depended on sex (except for PI), with more extreme (and significant) estimates in lordosis and sacral slope. The exhaustive analysis of these estimates would indicate the existence of alterations to the parameters in the first and second positions, incorporating quadratus lumborum and support, and the reference values could only be recovered via the spinogram through those functional ratios. Figures 4-8 illustrate, for some of the parameters, the satisfying performance of these predictive models.

In practical terms, for both sexes, the ratio PT (quadratus lumborum):PT (spinogram) was 1.38, this ratio being arrived at by averaging 0.91 for men and 1.85 for women (opposite ratio). When the position with support in the knees is considered, the ratio PT(C+R):PT was 0.32 for men and 0.48 for women.

For pelvic incidence (quadratus lumborum), this ratio was estimated at 0.95, and with support in the knees, 0.98, this being the most stable parameter of the studies carried out in this work. For lordosis, these ratios were also significantly different from 1: under the quadratus lumborum position: 0.83 and 0.71 for men and women, respectively, and with the addition of support in the knees: 1.06 and 0.95 for men and women, respectively. This behavior was similar

Table 4. Values and estimates of the coefficients of the linear regression model (y-intercept and slope) for each pelvic parameter and for both sexes, considering a spinogram as reference (independent variable) and quadratus lumborum (1) and quadratus lumborum with support in the knee (2) as a variable answer (to be predicted or dependent).

Sex	Variable	Degree	p-value
Male	Pelvic Tilt	A_1=2.80, B_1=0.71 A_2=-8.8, B_2=0.82	<0.001, <0.001 0.011, <0.001
	Pelvic Incidence[§]	A_1=3.33, B_1=0.88 A_2=3.57, B_2=0.92	0.001, 0.114 0.101, 0.001
	Lordosis	A_1=13.11, B_1=0.60 A_2=13.34, B_2=0.79	0.021, <0.001 0.001, 0.032
	Sacral Slope[§§]	A_1=11.91, B_1=0.64	<0.001, 0.02
Female	Pelvic Tilt	A_1=6.31, B_1=0.55 A_2=0.60, B_2=0.49	<0.001, <0.001 0.61, 0.001
	Lordosis	A_1=8.56, B_1=0.63 A_2=19.82, B_2=0.60	0.314, <0.001 <0.001, <0.001
	Sacral Slope[§§]	A_1=15.12, B_1=0.53	<0.001, 0.013

[§]There was no difference between sexes. A single pair of coefficients is shown for both sexes. [§§]Similar degrees of the positions with quadratus lumborum, with respect to the spinogram.

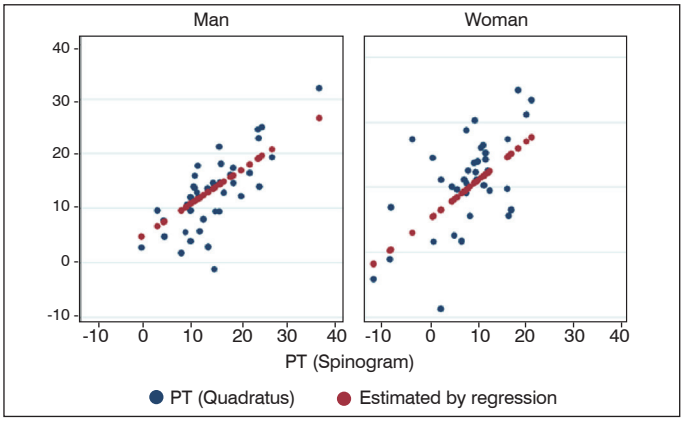


Figure 8. Scatter diagram comparing the values for pelvic tilt (PT) under the assisted position with quadratus lumborum, and the spinogram, for each sex.

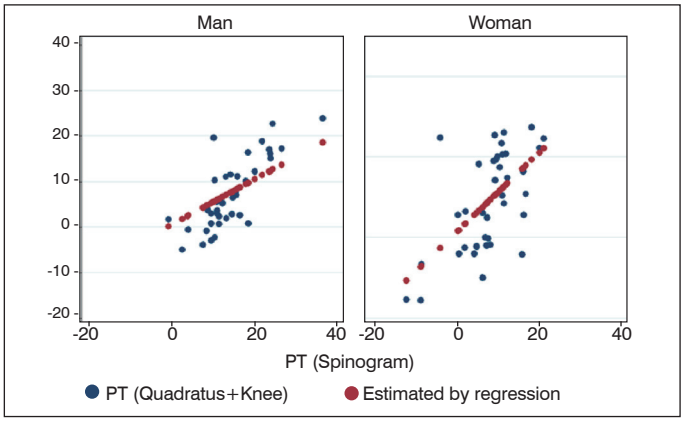


Figure 9. Scatter diagram comparing the values for pelvic tilt under the assisted position with quadratus lumborum and with support in the knees, and the spinogram, for each sex.

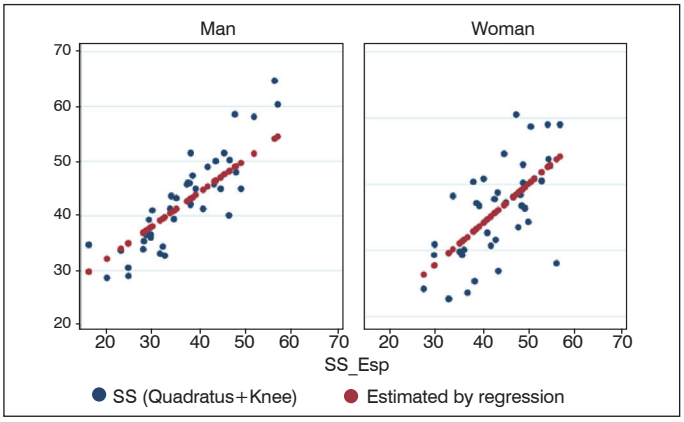


Figure 10. Scatter diagram comparing the values for sacral slope under the assisted position and with support in the knees and the spinogram, for each sex.

for the evaluation of sacral slope, with 0.98 and 0.89 (quadratus lumborum), 1.12 and 1.07 (quadratus lumborum plus support) for men and women, respectively.

DISCUSSION

Spinopelvic sagittal balance, and in particular, lumbar lordosis, must be maintained through correct intraoperative positioning; otherwise, changes will occur that will result in a reduction in lumbar lordosis and a positive balance at the postoperative sagittal level. This positive balance has been reported in the literature as

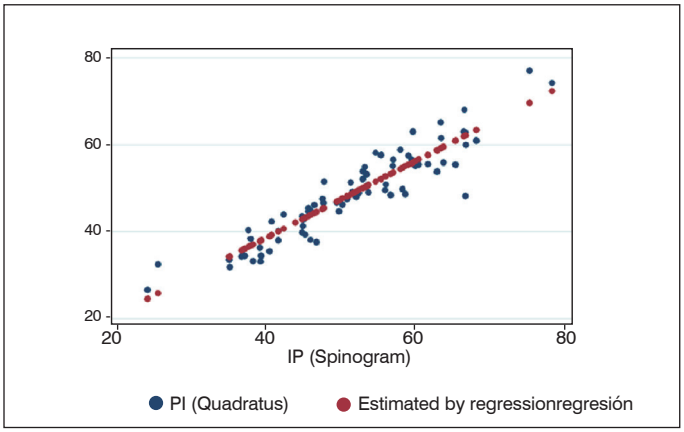


Figure 11. Scatter diagram comparing the values for pelvic incidence under the assisted position with quadratus lumborum, and the spinogram, for both sexes.

the beginning of lumbar pain.[17] When planning a lumbar fusion, positions should be used that maintain this spinopelvic physiological balance.

Therefore, two surgical positions were tested in this work, taking the spinogram in the standing position as reference. Significant differences were found when the surgical position with 4-pole quadratus lumborum was simulated (hip flexion between 40º to 45º), with a slight increase in PT, a decrease in SS and a significant reduction in LL. In the simulation of the surgical position with quadratus lumborum and additional support in the knees (hip flexion 0º to 10º), less accentuated differences were found, with a reduction in PT and a slight increase in SS, while the value of LL remained similar to that of the spinogram. This last position was the one that was most similar to reference values. This work contributes valuable additional information for future practice, as it obtains and estimates models that can be used for predictive purposes to analyze changes that would be obtained in different clinical situations in relation to the reference values obtained from the spinogram.

Many authors have carried out research on normal physiological lordosis. Anderson and Cols showed average lumbar lordosis from L1 of 59.8. Other authors such as Tan and Cols, obtained an average of 55.6º and a range of 38º to 70º.

Our results demonstrate an average lordosis of 58.77º in men and 65.06º in women for the spinogram in the standing position.[18,19] LL was the most variable parameter found in women, but did not vary significantly with age. Some publications state that the degenerative process reduces this variability. PI was the most stable parameter found in different clinical trials, with average values of 50.88º and 51.41º for men and women, respectively, which is in agreement with the literature.[20,21]

There have been some studies on the behavior of lumbar lordosis in instrumented surgeries. Works such as those of Guanciale's et al. and Stephens et al. show a variation in lumbar lordosis between the Jackson and the Andrews positions (hip flexion between 60º and 90º), which explains the importance of hips at the moment of surgical positioning.[22,23] Different works compare the variation in lordosis using four different surgical supports, but none of the analyses examines the change in pelvic parameters as separate from lumbar lordosis, in simulated surgical positions in relation to the reference spinogram.

Our predictive model of adjustable parameters with surgical decubitus could be of great use for preoperative planning especially in deformity pathologies, in which the priority is to restore the sagittal balance.

A weakness of our work is its relatively small sample and the age of the patients, who were mainly young. This is because at older ages, the degenerative process may influence the degree of variation in the studied parameters.

CONCLUSION

The intraoperative position with hip flexion between 40º and 45º over four-pole quadratus lumborum used in spinal cord surgeries not only reduces lumbar lordosis to 10.52º in men and 16.21º in women, but also modifies pelvic parameters, with a slight increase in PT and a decrease in SS, compared to the spinogram in the standing position. But the intraoperative position with hip flexion between 0º and 10º shows the same values as the reference spinogram.

We believe that a precise knowledge of these changes is very important when planning the surgical strategy.

All authors declare no potential conflict of interest related to this article.

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS: Each author made significant individual contributions to this manuscript. CM (0000-0001-6444-9921)* and DO (0000-0003-0988-305X)* were the main contributors to the writing, design and discussion of the results of the manuscript. These two authors, together with AG (0000-0002-9480-2906)* and RC (0000-0001-9176-074X)*, contributed to the acquisition, analysis and interpretation of the data. ON (0000-0001-7461-3879)* and GJ (0000-0002-8887-8947)* contributed to the review and approval of the final version of the work. All authors carried out the bibliographic research and contributed to the intellectual concept of the study. *ORCID (Open Researcher and Contributor ID).

REFERENCES

1. Bayerl SH, Pöhlmann F, Finger T, Onken J, Franke J, Czabanka M, et al. Sagittal Balance Does not Influence the 1 Year Clinical Outcome of Patients With Lumbar Spinal Stenosis Without Obvious Instability After Microsurgical Decompression. Spine (Phila Pa 1976). 2015;40(13):1014-21.
2. Le Huec JC, Charosky S, Barrey C, Rigal J, Aunoble S. Sagittal imbalance cascade for simple degenerative spine and consequences: algorithm of decision for appropriate treatment. Eur Spin J. 2011;20(Suppl 5):699–703.
3. Barrey C, Roussouly P, Le Huec JC, D'Acunzi G, Perrin G. Compensatory mechanisms contributing to keep the sagittal balance of the spine. Eur Spine J. 2013;22(Suppl 6):S834–41.
4. Jackson R ,McManus A. Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size: a prospective. Spine (Phila Pa 1976). 1994;19(14):1611–8.
5. Korovessis P, Dimas A, Iliopoulos P, Lambiris E. Correlative analysis of lateral vertebral radiographic variables and medical outcomes study short-form health survey: a comparative study in asymptomatic volunteers versus patients with low back pain. J Spinal Disord Tech. 2002;15(5):384–90.
6. Le Huec JC, Faundez A, Dominguez D, Hoffmeyer P, Aunoble S. Evidences howing the relationship between sagittal balance and clinical outcomes in surgical treatment of degenerative spinal diseases: a literature review. Int Orthop. 2015;39(1):87-95.
7. Lazennec JY, Ramare S, Arafati N, Laudet CG, Gorin M, Roger B, et al. Sagittal alignment in lumbosacral fusion: relations between radiological parameters and pain. Eur Spine J. 2000;9(1):47-55.
8. Tribus CB, Belanger TA, Zdeblick TA.1999 The effect of operative position and short-segment fusion on maintenance of sagittal alignment of the lumbar spine. Spine (PhilaPa 1976). 1999;24(1):58–61.
9. Boody BS, Rosenthal BD, Jenkins TJ, Patel AA, Savage JW, Hsu WK. Iatrogenic Flatback and Flatback Syndrome: Evaluation, Management, and Prevention. Clin Spine Surg. 2017;30(4):142-9.
10. Roussouly P, Nnadi C. Sagittal planed eformity: an overview of interpretation and management. Eur Spine J. 2010;19(11):1824–36.
11. Legaye J, Duval-Beaupère G, Hecquet J, Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. Eur Spine J. 1998;7(2):99-103.
12. Ekman P, Möller H, Shalabi A, Yu YX, Hedlund R. A prospective randomized study on the long-term effect of lumbar fusion on adjacent disc degeneration. Eur Spine J. 2009;18(8):1175–86.
13. O'Shaughnessy BA, Ondra SL. Measuring, preserving, and restoring sagittal spinal balance. Neurosurg Clin N Am. 2007;18(2):347–56.
14. Vedantam R, Lenke LG, Keeney JA, Bridwell KH. Comparison of standing sagittal spinal alignment in asymptomatic adolescents and adults. Spine (Phila Pa 1976). 1998;23(2):211–5.
15. Protopsaltis T, Cruz DL. Realignment Planning in Adult Spinal Deformity: Formulas and Planning Tools. Instr Course Lect. 2017;66:361-6.
16. Lafage R, Ferrero E, Henry JK, Challier V, Diebo B, Liabaud B, et al. Validation of a new computer-assisted tool to measure spino-pelvic parameters. Spine J. 2015;15(12):2493-502.
17. Mac-Thiong JM, Roussouly P, Berthonnaud E, Guigui P. Age- and sex-related variations in sagittal sacropelvic morphology and balance in asymptomatic adults. Eur Spine J. 2011;20(Suppl 5):572-7.
18. Plater P. Lordosis lumbar: Comparación de diferentes soportes de cirugía para la obtención de la lordosis deseada. Rev Asoc Arg Ortop Traumatol. 2000;65(3):191-5.
19. Harimaya K, Lenke LG, Mishiro T, Bridwell KH, Koester LA, Sides BA. Increasing Lumbar Lordosis of Adult Spinal Deformity Patients via Intraoperative Prone Positioning. Spine (Phila Pa 1976). 2009;34(22):2406-112.
20. Ellingson AM, Mehta H, Polly DW, Ellermann J, Nuckley DJ. Disc degeneration assessed by quantitative T2 (T2 star) correlated with functional lumbar mechanics. Spine (PhilaPa 1976). 2013;38(24):E1533–40.
21. Muriuki MG, Havey RM, Voronov LI, Carandang G, Zindrick MR, Lorenz MA, et al. Effects of motion segment level, Pfirrmann intervertebral disc degeneration grade and gender on lumbar spine kinematics. J Orthop Res. 2016;34(8):1389–98.
22. Guanciale AF, Dinsay JM, Watkins RG. Lumbar Lordosis in Spinal Fusion. Spine (Phila Pa 1976). 1996;21(8):964-9.
23. Stephens GC, Yoo JU, Wilbur G. Comparison of Lumbar Sagittal Alignment Produced by Different Operative Positions. Spine (Phila Pa 1976). 1996;21(15):1802-7.

THE ROLE OF DIFFUSION-WEIGHTED MRI OF PATIENTS WITH SPINE METASTASES

O PAPEL DA RM PONDERADA POR DIFUSÃO DE PACIENTES COM METÁSTASES DA COLUNA VERTEBRAL

EL PAPEL DE LA RM PONDERADA POR DIFUSIÓN DE PACIENTES CON METÁSTASIS DE LA COLUMNA VERTEBRAL

Vadim Anatol'evich Byvaltsev,[1,2,3,4] Ivan Andreevich Stepanov,[1,2] Alexander Ivanovich Kichigin[1]

1. Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russia.
2. Railway Clinical Hospital, Irkutsk, Russia.
3. Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology, Irkutsk, Russia.
4. Irkutsk State Medical Academy of Continuing Education, Irkutsk, Russia.

ABSTRACT

Objective: The role of diffusion-weighted MRI in differential diagnostics and predicting the survival of patients with spine metastases was studied. Methods: The study included data from MRI and morphological studies of 23 patients with spine metastases. Results: The values obtained for the apparent diffusion coefficient (ADC) of tumors were compared with their histological type, cell density and Ki-67 proliferation index. The effect of ADC values on overall patient survival was also assessed. A reliable inverse correlation was established between ADC values and Ki-67 proliferation index for various types of spine metastases (r=-0.753, p=0.017). The dependence of ADC values and overall survival of patients with metastases in the spine is shown. Conclusion: The technique of diffusion-weighted MRI can be used as part of a comprehensive assessment in the preoperative planning of surgical treatment, and as a prognostic factor of overall survival for this group of patients. ***Level of Evidence II. Prognostic retrospective study,***

Keywords: Spine; Neoplasm Metastasis; Diffusion Magnetic Resonance Imaging; Cell Proliferation; Survival.

RESUMO

Objetivos: O papel da RM ponderada por difusão nos diagnósticos diferenciais e na previsão da sobrevida dos pacientes com metástases da coluna vertebral foram analisados. Métodos: O estudo incluiu dados da RM e estudos morfológicos de 23 pacientes com metástases da coluna vertebral. Resultados: Os valores obtidos para o coeficiente de difusão aparente (ADC) dos tumores foram comparados com seu tipo histológico, densidade celular e índice de proliferação Ki-67. Além disso, avaliou-se o efeito dos valores de ADC na sobrevida global dos pacientes. Foi estabelecida uma correlação inversa confiável entre os valores de ADC e o índice de proliferação Ki-67 para diversos tipos de metástases da coluna vertebral (r =-0,753, p=0,017). A dependência dos valores de ADC e a sobrevida global dos pacientes com metástases na coluna vertebral é demostrada. Conclusão: A técnica da RM ponderada por difusão pode ser utilizada como parte de uma avaliação abrangente do planejamento pré-operatório do tratamento cirúrgico e como fator prognóstico da sobrevida global para esse grupo de pacientes. ***Nível de Evidência II. Estudo retrospectivo prognóstico.***

Descritores: *Coluna Vertebral; Metástase Neoplásica; Imagem de Difusão por Ressonância Magnética; Proliferação de Células; Sobrevida.*

RESUMEN

Objetivos: Fueron analizados el papel de la RM ponderada por difusión en los diagnósticos diferenciales y en la previsión de la sobrevida de los pacientes con metástasis de la columna vertebral. Métodos: El estudio incluyó datos de RM y estudios morfológicos de 23 pacientes con metástasis de la columna vertebral. Resultados: Los valores obtenidos para el coeficiente de difusión aparente (ADC) de los tumores se compararon con su tipo histológico, densidad celular e índice de proliferación Ki-67. Además, se evaluó el efecto de los valores de ADC en la sobrevida global de los pacientes. Se estableció una correlación inversa confiable entre los valores de ADC y el índice de proliferación Ki-67 para diversos tipos de metástasis de la columna vertebral (r =-0,753, p=0,017). Es demostrada la dependencia de los valores de ADC y la sobrevida global de los pacientes con metástasis en la columna vertebral. Conclusión: La técnica de RM ponderada por difusión puede utilizarse como parte de una evaluación integral de la planificación preoperatoria del tratamiento quirúrgico y como un factor pronóstico de la sobrevida global para este grupo de pacientes. ***Nivel de Evidencia II. Estudio retrospectivo pronóstico.***

Descriptores: *Columna Vertebral; Metástasis de Neoplásica; Imagen de Difusión por Resonancia Magnética; Proliferación Celular; Sobrevida.*

INTRODUCTION

Metastases to the spine and paravertebral tissues affects 40% of cancer patients. Due to the development of methods for the treatment of cancer, the life expectancy of patients is increasing steadily. However, as the life expectancy of cancer patients increases, so too will the number of patients with spinal metastases.[1]

The treatment of patients with spinal metastases usually includes pain management, radiation, surgery and medical, radiation therapy and/or surgical treatment. New types of the targeted chemotherapy based on bisphosphonate or denosumab are also emerging. Treatment options may include total percutaneous thermal ablation, stereotactic spine radiosurgery, vertebroplasty and kyphoplasty.

Study conducted at the Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russia.
Correspondence: Byvaltsev Vadim Anatol'evich. Irkutsk PO, Box number 62, Russia. 664082. byval75vadim@yandex.ru.

http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804225382

CC BY

Received on 06/19/2019 accepted on 06/19/2019

Nevertheless, despite its high incidence, tumors of spinal metastases continue to present a problem for modern neuro-oncology due to the lack of uniform clinical guidelines for the management of this group of patients, and the limited possibilities of chemotherapy, radiotherapy and targeted therapy.[2]

Careful visualization of the distribution process is required to determine a patient management strategy that includes a proper preliminary assessment of the possibility of surgical treatment, as well as the planning of radiation therapy.

Of the available diagnostic methods for diseases of the spine, MRI scan is the most appropriate tool in the daily practice of the physician. This method has a high resolution and is able to visualize both bone and soft tissue structures of the vertebral canal, enabling the extent of the metastasis to be accurately determined. Regardless of the histogenesis of metastatic tumors, the MR-signal does not show any significant differences in the T1 and T2-WI.[2] The standard examination protocol includes native and postcontrast study. During MRI scanning for the purpose of differential diagnosis, STIR and FLAIR are commonly used sequences. Methods of diffusion-weighted MRI with the construction of ADC maps enables visualization of restriction of diffusion of water molecules associated with proliferative activity and high cell density, which is typical for the tumor process. The use of ADC maps enables the nature of the lesion to be differentiated. In particular, the research shows that the ADC value of vertebral hemangiomas is significantly higher than that of malignant lesions. High priority is given to MRI tractography is a method of visualizing the course of nerve fibers, based on a programmatic analysis of the orientation of diffusion ellipsoids in neighboring voxels, which allows reconstructing the pathways of the spinal cord in axial, frontal and sagittal projections, assist in the differential diagnosis of intramedullary formations and determine the nature of the neoplastic process (infiltrative or expansive growth), which plays an important role in the preoperative planning.[3] Clear visualization of the metastases in the MRI can be used for high-precision radiation therapy. Researchers have reported, in particular, on the possibility of integrating a 1.5T MRI scanner with a linear accelerator.[4,5] Multislice computed tomography (MSCT) enables the identification of areas of lytic destruction of the vertebrae with violation of the integrity of the cortical layer and soft-tissue component in the paravertebral soft tissues or spinal canal with bolus contrast enhancement. A bone scan is a screening technique that reveals the presence of metastases in the bones. It has the advantages of the ability to diagnose metastatic lesions in the early stages, a relatively low radial load, speed, and the ability to study the entire skeleton. Single photon emission computed tomography (SPECT) creates 3D-images, in contrast to isotope scanning (scintigraphy), using the same principle of creating gamma photons but creating a two-dimensional projection only. Positron emission tomography (PET) is used in cases where there are difficulties in interpreting formations in the spine and spinal cord, as it allows the neoplastic nature of the disease to be determined based on its increased metabolic activity.[6,7] Early diagnosis and surgical intervention can improve both the outcome and survival of patients.[8] The median survival of patients with detected metastases to the spine is less than 5.1 months. The quality of life of these patients is reduced due to progressively increasing pain. Overall survival is one of the most important criteria in modern neuro-oncology, and increasing it is one of the main goals of clinical research.[8-11]

The purpose of this study was to evaluate the role of diffusion-weighted magnetic resonance imaging (DW-MRI) in the differential diagnosis and prediction of survival of patients with metastatic tumors of the spine by matching received values of ADC' tumors with their histological type, cell density and Ki-67 proliferation index.

METHODS

A single-center retrospective non-randomized cohort study.

The study includes cases of single metastases to the spine confirmed by pathomorphological studies.

Exclusion criteria were cases of multiple metastatic lesions.

The study was performed in the Neurosurgical Center of the Road Clinical Hospital at St. Irkutsk-Passenger (Irkutsk, Russia).

The study was conducted between July 2015 and August 2017.

MRI of the spine was performed on all patients in the preoperative period, in various modes. In all cases, the removal of tumors was performed by a single surgical team with the highest possible degree of radicalism, using microneurosurgical techniques and under magnification with an OPMI Pentero 900 surgical microscope (Carl Zeiss, Germany). Excised tumors were submitted to pathomorphological examination. The data from the MRI studies and pathomorphological findings were compared. The overall patient survival was estimated, from the moment the patient was enrolled in the research until death by any cause.

The values of ADC, Ki-67 indices and cell density for different histological types of metastatic tumors of the spine were defined, and the correlation between these parameters was set. The result of the study revealed that ADC is a reliable predictor of survival for patients with metastases in the spine.

MRIs (T1-, T2-WI and DWI) for all patients estimated in the research were obtained using a Siemens Magnetom Essenza 1.5 T (Germany) MRI scanning device (Figures 1A, B, C, D). For the study in the sagittal plane, the following parameters were used: T2-WI — matrix 363 × 363, TR (time repetition) – 3500, TE (time of echo) — 100, NA (number of excitations) 1, slice thickness — 4 mm, FOV — 48×49. Data for T1-WI: matrix 358×358, TR – 400, TE — 7.8, NA — 2, slice thickness — 4 mm, FOV — 48×49. For the study in the axial plane, the parameters used were: T2-WI – matrix 180×180, TR (time repetition) — 3500, TE (time to echo) is 120, NA (number of excitations) — 3, slice thickness — 4 mm, FOV (field of view) — 20×25. To obtain a DWI, the following set of parameters of options DW MRI with spin-echo EPI was used: matrix 384×384, TR — 591, TE — 76, NA — 1, slice thickness – 7 mm, FOV of 20×25. B factor values of 1000 sec/mm^2 are used. The average scanning time was 12 minutes.

ADC was calculated for several DWI with the largest diameters of the tumor. Cystic and necrotic areas of the tumors were not included in the area of interest. The calculation of ADC was performed using the program Inobitec DICOM viewer.

All excised tumors were investigated by experienced pathologists. During the morphological study of metastatic tumors of the spine, the following parameters were evaluated: the histological type of tumor, the Ki-67 proliferation index based on monoclonal antibodies MIB-1 (DakoCytomation, Denmark), and the cellular density of the tumor tissue (Figures 1D, E). Cell density was determined using the program "Image J" with total x 400 magnification under an AxioLab (Carl Zeiss, Germany) microscope, using the method of M. Abercrombie.[12] The density value was expressed in cells/mm^3.

The study was approved by the ethical committee of Irkutsk State Medical University (No. 7 of 10.02.2017). The study was conducted in accordance with the principles of good clinical practice and the Helsinki Declaration. Before the study, patients provided written informed consent.

The statistical data were processed using the software program Microsoft Excel 2010. All measurements are checked for accuracy by the test of Kolmogorov-Smirnov. The data were then estimated using descriptive statistics (absolute and relative values). Categorical variables are expressed as percentages. The analysis of overall survival was performed using the Cox unadjusted proportional hazards regression model to estimate the 95% confidence intervals (95% CI). Kaplan-Meier curves were used to estimate overall survival. The comparative analysis of ADC values, Ki-67 labeling indices and cell density was performed using the Mann-Whitney test. Spearman's coefficient was used to evaluate the correlation between ADC values of the tumors, cell density and Ki-67 labeling index. A threshold level of significance of $p = 0.05$ was selected.

RESULTS

The study included MRIs with DWI of 23 patients with metastatic tumors in the spine who were operated in the in the Neurosurgical Center of the Road Clinical Hospital at St. Irkutsk-Passenger (Irkutsk, Russia) in the period July 2015 to August 2017. The patients included

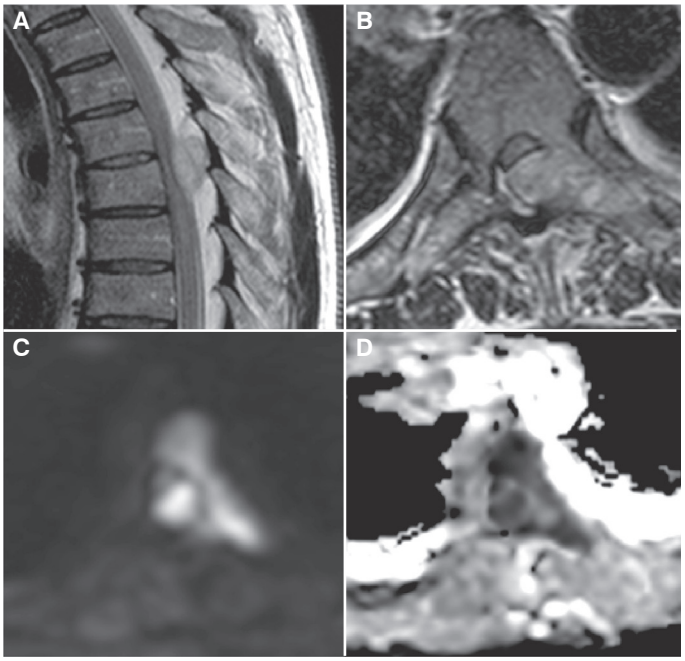


Figure 1. MRIs of lung adenocarcinoma metastasis in the body and left shank ThX vertebrae with compression of the spinal cord and nerve root on the left: A — T2 sagittal, B — T2 axial; C — DWI b-1000 mm2/s, D — ADC-map (compare ADC in the pathological process zone = 671 mm2/s).

12 women and 11 men, aged from 31 to 75 years (average age 54.9±11.6 years). The histological tumor types are shown in Table 1.

The mean ADC values for the different types of metastatic tumors were compared, and showed significant difference ($p<0.01$) (Figure 2). Meanwhile, the highest average ADC values were found for metastases from the kidney, colon and sarcoma of the ovary (1053.5±79.3, 1015±89.1 and 1035.3±68.7 mm^2/sec, respectively). The lowest average values of the ADC were found for metastases to the spine from prostate adenocarcinoma, breast adenocarcinoma and non-small cell lung cancer (NSCLC) (720.2±56.7, 891.5±173.4 and 880.6±79.1 mm^2/sec respectively).

The mean cell density values in metastatic brain tumors of different histologic types were as follows: metastases from malignant tumors of the breast — 972.7±73.8 cells/mm^3, adenocarcinoma of the prostate, 1203±223.1 cells/mm^3, easy — 1164.5±of 404.3 cells/mm^3, metastatic renal cell carcinoma — 1285.7±432.5 cells/mm^3, adenocarcinoma of the colon – 1403±210.8 cells/mm^3 and metastasis from ovarian sarcoma – 954±336.8 cells/mm^3. There were no statistically significant differences in the compared average cell density values for different types of spine metastasis ($p>0.05$) (Figure 3).

The mean values for the Ki-67 proliferative activity index for various types of metastatic tumors varied widely: metastases from malignant lung tumors — 41.6±3.5%, breast cancer 43.5±8.8%, kidney cancer and 23±2 cells/mm^3, adenocarcinoma of the colon — 24±4.2 %, adenocarcinoma of the prostate 39.4 %±3.5 cells/mm^3 and ovarian sarcoma — 29.3±13.6%. Comparison of the mean values of the Ki-67 proliferative index for various types of spine metastases also showed no significant differences ($p>0.05$) (Figure 4).

The correlation between ADC values and cellular density of the various types of metastatic spinal tumors showed no statistically significant relationships ($r=0.477$, $p=0.367$). The correlation between ADC and the Ki-67 proliferation index showed a significant inverse relationship ($r=-0.756$, $p=0.017$).

The evaluation of the effect of ADC values on the overall patient survival showed that if the ADC value for metastatic spinal tumors was greater than 964.8 mm^2/sec, then the average overall survival was 10.2 months (95% CI: 9.5-12.4); if the ADC value was at least 964.8 mm^2/sec, the average overall survival was significantly lower, at 7.3 months (95 % CI: 4.1-10.5, $p=0.021$). The correlation between the ADC of metastatic tumors and overall survival is shown in Figure 5.

Table 1. Histological types of metastatic spine tumors.

Histological type	N	Source of metastasis
Small cell carcinoma	1	Lung
Papillary adenocarcinoma	1	Lung
Non-small cell carcinoma	1	Lung
Tubular adenocarcinoma	4	Breast
Squamous cell carcinoma	3	Breast
Renal cell carcinoma	2	Kidney
Clear cell adenocarcinoma	1	Kidney
Mucinous adenocarcinoma	4	Ascending Colon
Stromal sarcoma	1	Ovary
Acinar adenocarcinoma	5	Prostate

DISCUSSION

The data from different authors confirm that the ADC values correlate with cellular density and histologic type of various tumors.[13-15] For metastatic tumors, there is also a connection between high cell density and low differentiation in tumors with low ADC values.[16,17] A significant negative correlation between ADC values and the Ki-67

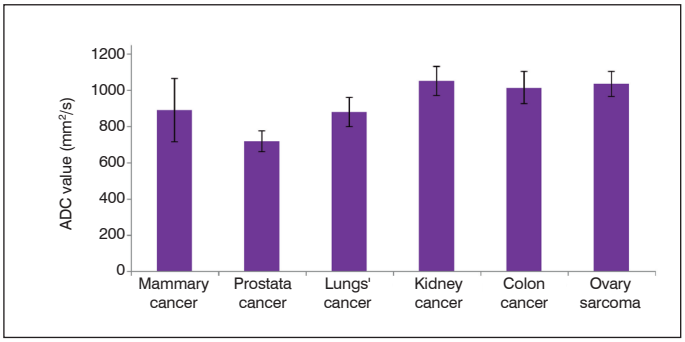


Figure 2. Mean ADC in various types of metastatic spine tumors.

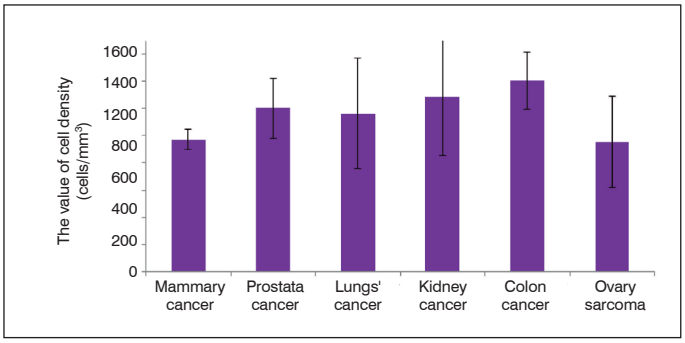


Figure 3. Mean cell density in different types of metastatic spine tumors.

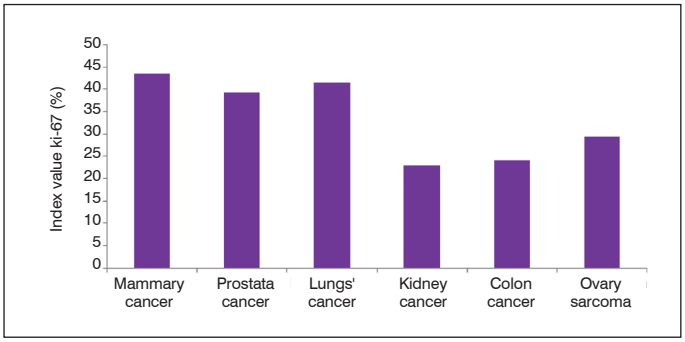
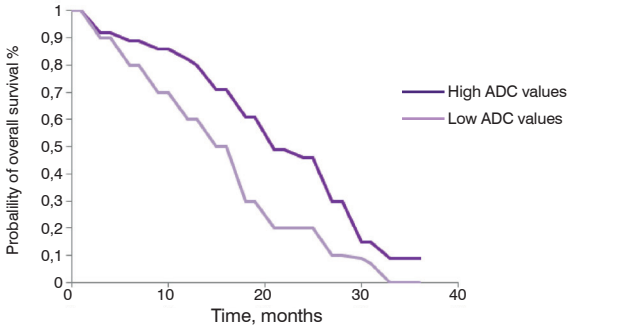


Figure 4. Mean Ki-67 proliferation index in different types of metastatic spine tumors.



Note: high ADC > 964.8mm2/sec: median 10.2 months. (9.5-12.4); low ADC < 964.8mm2/sec: median 7.3 months (4.1-10.5), p=0.021.

Figure 5. The Kaplan-Meier curves for low and high ADC values show the overall survival of patients with metastatic spine tumors.

index was also noted in the studies.[18,19,20] Based on these studies, we came to the conclusion that low ADC values in the areas of neoplastic process are related to peculiarities of pathophysiology and microstructural properties of the tumor tissue. The collagen-rich tumor stroma and argentophilic fibers significantly restrict the diffusion of free water molecules, which is reflected in low ADC values. Other researchers share this opinion.[20-23] According to our data, there was a significant inverse correlation between ADC values and the Ki-67 proliferation index (r =-0.756, p =0.017) for spine metastases. Most authors in the literature report a correlation between aggressive growth of the tumor and high Ki-67 proliferation index, with a poor prognosis for patient survival time.[24]

There have been several studies focusing on the correlation between ADC values of metastatic tumors and overall patient survival.[25-27]

It was clearly demonstrated in a study by R. Zakaria et al.[26] that if the ADC value of metastatic brain tumors is greater than 919.4 mm^2/sec, a significant increase in overall survival is noted (9.7 months (95% CI: 8.5-11.0) versus 6.2 months (95% CI: 3.7-8.8), p=0.049). C.-C. Lee et al.[27] in his clinical series of 42 patients with brain metastases, did not observe any significant differences in overall survival of patients with different ACD values following a course of radiosurgery. In our study, there was a statistically significant correlation between ADC values and overall survival in patients with spine metastases that correlates with some literature data. However, the overall survival of patients with ADC value greater than 964.8 mm^2/s was 10.2 months (95% CI: 9.5-12.4), while that of patients with ADC brain metastases less than 964.8 mm^2/s was 7.3 months (95% CI: 4.1-10.5, p=0.021).

The management of patients with metastatic spinal tumor depends on a number of factors. The most important predictor of patient survival is the ability to walk after treatment. The choice of conduct should be based on an assessment of the stability or instability of the lesion. The Spinal Instability Neoplastic Score (SINS),[10] which is linked to the characteristics of the metastasis, has been developed for this purpose. Thus, patients with a SINS score of >7 require the advice of the surgeon. There have been a number of recent studies on the clinical predictive value of the SINS score. In cases with multiple bone metastases, surgery is always palliative. Pathological fractures of the vertebrae and spinal cord compression by the paravertebral component of the tumor will inevitably cause pain, neurological deficit, impaired function and reduced quality of life, and are indications for early surgical intervention to prevent permanent neurological deficits and disability and maintain function and quality of life. Hibberd and other researchers recommend prophylactic or therapeutic decompressive and stabilization surgery in patients with osteolytic spinal metastases with lesions more than 25% of the vertebral body and involvement of the vertebral end plates of the vertebral bodies or all three vertebral discs.[5] In rare cases, surgical decompression of the spinal cord in the context of metastatic tumors is complicated by neurological disorders and neurological complications, which occur mainly during the resection of tumors located in the thoracic spine.[9] Surgical treatment is indicated for patients with an estimated life expectancy of more than 3 months, and should provide them the optimum quality of life. Life expectancy can be evaluated using the scoring system proposed by Tokuhashi et al.[4] This scale includes criteria for evaluating the patient's condition, the degree of neurological deficit, the nature of the tumor, the presence of myelopathy and the number of secondary lesions in the spine and other organs. A system of prognostic factors proposed by Bollen performs better than other models. According to data from various studies, the patient's life expectancy is mainly determined by the histology of the primary tumor. The proposed rating system also takes into account the Karnofsky performance status scale and the presence of visceral metastases. As a rule, patients with metastatic lesions of the spinal cord undergo palliative operations to provide decompression at the level of the affected segment. More complex reconstructive surgeries, replacing vertebral bones by bone grafts or their substitutes, are conducted for patients with single metastases without neurological deficits. Generally, these surgical procedures are more radical, and further radiation and chemotherapy are required, depending on the histological characteristics of the primary tumor. According to the recommendations[11] based on data from a systematic literature review, a patient with neurological deficit from metastatic epidural spinal cord compression (MESCC) leading to loss of ability to walk (without any medical or oncological contraindications) requires urgent surgical decompression. Rapid diagnosis and operative surgery are recommended, to increase the likelihood of neurological recovery.

Limitations of the study

This research has several limitations that should be identified. The study is retrospective, based on data obtained at a single center with a small number of examined patients that was insufficient to affect the power of statistical analysis. Also, it was difficult to calculate the ADC values defined in our clinical series with results of other studies, due to the use of different MRI systems and programs for calculating this value.

CONCLUSION

The high rate of spinal metastatic lesions, the emergence of new possibilities of chemotherapy, radiotherapy and surgery, and the improvements in new diagnostic methods demand more effective results of treatment of cancer patients. In the surgical decision making process, the physician should take specific criteria into account, and should consider the estimated quality of life after surgery. MRI is a highly specific diagnostic method for metastatic lesions of the spine that enables a differential diagnosis, and allows the extent of the pathological process to be determined. Also, the ADC values can be a statistically significant prognostic factor for overall survival of patients with spinal metastases.

All authors declare no potential conflict of interest related to this article.

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS: Each author made significant individual contributions to this manuscript. VAB (0000-0003-4349-710) was the main contributor in the drafting of the manuscript. IAS (0000-0001-9039-9147) performed the surgery and patient follow-up and gathered clinical data. AIK (0000-0001-8763-2905) evaluated the data from the statistical analysis. IAS (0000-0001-9039-9147) and VAB (0000-0003-4349-710) performed the literature search and review of the manuscript, and contributed to the intellectual concept of the study. *ORCID (Open Researcher and Contributor ID).

REFERENCES

1. Bollen L, van der Linden YM, Pondaag W, Fiocco M, Pattynama BP, Marijnen CA, et al. Prognostic factors associated with survival in patients with symptomatic spinal bone metastases: a retrospective cohort study of 1,043 patients. Neuro Oncol. 2014;16(7):991-8.
2. Kornienko VN, Pronin IN. Diagnostic Neuroradiology. Switzerland: Springer; 2006.
3. Egger K, Hohenhaus M, Van Velthoven V, Heil S, Urbach H. Spinal diffusion tensor tractography for differentiation of intramedullary tumor-suspected lesions. Eur J Radiol. 2016;85(12):2275-80.
4. Tokuhashi Y, Matsuzaki H, Oda H, Oshima M, Ryu J. A revised scoring system for preoperative evaluation of metastatic spine tumor prognosis. Spine (Phila Pa 1976). 2005;30(19):2186-91.
5. Hibberd CS, Quan GMY. Risk Factors for Pathological Fracture and Metastatic Epidural Spinal Cord Compression in Patients With Spinal Metastases. Orthopedics. 2018;41(1):e38-45.
6. Raaymakers BW, Jürgenliemk-Schulz IM, Bol GH, Glitzner M, Kotte ANTJ, van Asselen B, et al. First patients treated with a 1.5 T MRI-Linac: clinical proof of concept of a high-precision, high-field MRI guided radiotherapy treatment. Phys Med Biol. 2017;62(23):L41-50.
7. Winfield JM, Poillucci G, Blackledge MD, Collins DJ, Shah V, Tunariu N, et al. Apparent diffusion coefficient of vertebral haemangiomas allows differentiation from malignant focal deposits in whole-body diffusion-weighted MRI. Eur Radiol. 2018;28(4):1687-91.
8. Hill M, Richards MA, Gregory WM, Smith P, Rubens RD. Spinal cord compression in breast cancer: a review of 70 cases. Br J Cancer. 1993;68(5):969–73.
9. Biega P, Guzik G, Pitera T. Neurological Complications after Surgical Treatment of Metastatic Tumours of the Spine. Ortop Traumatol Rehabil. 2017;19(3):239-47.
10. Fisher CG, DiPaola CP, Ryken TC, Bilsky MH, Shaffrey CI, Berven SH, et al. A novel classification system for spinal instability in neoplastic disease: an evidence-based approach and expert consensus from the Spine Oncology Study Group. Spine (Phila Pa 1976). 2010;35(22):E1221-9.
11. Laufer I, Zuckerman SL, Bird JE, Bilsky MH, Lazáry Á, Quraishi NA, et al. Predicting neurologic recovery after surgery in patients with deficits secondary to MESCC: systematic review. Spine (Phila Pa 1976). 2016;41(Suppl 20):S224-30.
12. Abercrombie M. Estimation of nuclear population from microtome sections. Anat Rec. 1946;94:239–47.
13. Sugahara T, Korogi Y, Kochi M, Ikushima I, Shigematu Y, Hirai T, et al. Usefulness of diffusion-weighted MRI with echo-planar technique in the evaluation of cellularity in gliomas. J Magn Reson Imaging. 1999;9(1):53–60.
14. Nakajo M, Kajiya Y, Kaneko T, Kaneko Y, Takasaki T, Tani A, et al. FDG PET/CT and diffusion-weighted imaging for breast cancer: prognostic value of maximum standardized uptake values and apparent diffusion coefficient values of the primary lesion. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2010;37(11):2011–20.
15. Ohno Y, Koyama H, Yoshikawa T, Matsumoto K, Aoyama N, Onishi Y, et al. Diffusion-weighted MRI versus 18F-FDG PET/CT: performance as predictors of tumor treatment response and patient survival in patients with non-small cell lung cancer receiving chemoradiotherapy. AJR Am J Roentgenol. 2012;198(1):75–82.
16. Duygulu G, Ovali GY, Calli C, Kitis O, Yünten N, Akalin T, et al. Intracerebral metastasis showing restricted diffusion: correlation with histopathologic findings. Eur J Radiol. 2010;74(1):117–20.
17. Hayashida Y, Hirai T, Morishita S, Kitajima M, Murakami R, Korogi Y, et al. Diffusion-weighted imaging of metastatic brain tumors: comparison with histologic type and tumor cellularity. AJNR Am J Neuroradiol. 2006;27(7):1419–25.
18. Zheng G, Cheng X, Wang L, Xu Z, Gao X, Yu P, et al. Correlation of MRI apparent diffusion coeffcient with molecular marker Ki-67 in gastric cancer. Zhonghua Wei Chang Wai Ke Za Zhi. 2017;20(7):803–8.
19. Huang Z, Xu X, Meng X, Hou Z, Liu F, Hua Q, et al. Correlations between ADC values and molecular markers of Ki-67 and HIF-1 in hepatocellular carcinoma. Eur J Radiol. 2015;84(12):2464–9.
20. Byvaltsev VA, Stupak VV, Stepanov IA, Kichigin AI. pplication of the apparent diffusion coefficient in preoperative assessment of the proliferative potential of spinal tumors. Spine Surgery. 2017;14(3):93-9.
21. Langley RR, Fidler IJ. The seed and soil hypothesis revisited–the role of tumor-stroma interactions in metastasis to different organs. Int J Cancer. 2011;128(11):2527-35.
22. Moorman AM, Vink R, Heijmans HJ, van der Palen J, Kouwenhoven EA. The prognostic value of tumour-stroma ratio in triple-negative breast cancer. Eur J Surg Oncol. 2012;38(4):307-13.
23. Byvaltsev VA, Stepanov IA, Kichigin AI, Antipina SL. Diffusion-weighted MRI in the differential diagnosis of brain meningiomas. Siberian Journal of Oncology. 2017;16(3):19-26.
24. Tian Y, Ma Z, Chen Z, Li M, Wu Z, Hong M, et al. Clinicopathological and Prognostic Value of Ki-67 Expression in Bladder Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. PLoS One. 2016;11(7):e0158891.
25. Byvaltsev VA, Stepanov IA, Kichigin AI, Kanigin VV, Stupak VV. The role of diffusion-weighted MRI in differential diagnosis and prediction of survival in patients with brain metastases. Annals of the Russian academy of medical sciences. 2017;72(6):442-9.
26. Zakaria R, Das K, Radon M, Bhojak M, Rudland PR, Sluming V, et al. Diffusion-weighted MRI characteristics of the cerebral metastasis to brain boundary predicts patient outcomes. BMC Med Imaging. 2014;14:26.
27. Lee CC, Wintermark M, Xu Z, Yen CP, Schlesinger D, Sheehan JP. Application of diffusion-weighted magnetic resonance imaging to predict the intracranial metastatic tumor response to gamma knife radiosurgery. J Neurooncol. 2014;118(2):351–61.

EFFICACY OF THE CLINICAL-INSTRUMENTAL ALGORITHM IN THE TREATMENT OF SPINAL TANDEM STENOSIS

EFICÁCIA DO ALGORITMO CLÍNICO-INSTRUMENTAL NO TRATAMENTO DA ESTENOSE ESPINHAL EM TANDEM

EFICACIA DEL ALGORITMO CLÍNICO-INSTRUMENTAL EN EL TRATAMIENTO DE LA ESTENOSIS ESPINAL EN TÁNDEM

VADIM ANATOL'EVICH BYVALTSEV,[1,2,3,4] ANDREI ANDREEVICH KALININ,[1,2] VALERII VLADIMIROVICH SHEPELEV,[1,5] YURII YAKOVLEVICH PESTRYAKOV[1]

1. Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russia.
2. Railway Clinical Hospital on the station Irkutsk-Passenger of Russian Railways Ltd., Irkutsk, Russia.
3. Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology, Irkutsk, Russia.
4. Irkutsk State Medical Academy of Continuing Education, Irkutsk, Russia.
5. 1477 Naval Clinical Hospital, Vladivostok, Russia.

ABSTRACT

Objective: To conduct a multicenter analysis of the effectiveness of surgical tactics for treating patients with symptomatic tandem stenosis of the cervical and lumbar spine, based on a differentiated clinical-instrumental algorithm. Methods: The study included 97 patients with symptomatic tandem stenosis of the cervical and lumbar spine. The patients were allocated into 2 groups. The main prospective follow-up group (Group I) consisted of patients (n=46) who had undergone staged decompression/stabilization surgery according to the surgical tactics developed based on the differential clinical-instrumental algorithm. The clinical comparison group (Group II) (n=51) consisted of retrospectively recruited patients who, depending on the prevailing clinical condition, underwent primary surgery at the cervical level (29 cases) or at the lumbar level (22 cases). Results: The comparative analysis in Group I revealed significantly better parameters in the clinical and instrumental data. The total rates of postoperative surgical complications in the cervical and lumbar spine were 15% in Group I and 68% in Group II (p=0.0014). Conclusion: The multicenter analysis of the clinical-instrumental algorithm based on differential application of decompression/stabilization techniques enabled more rational and radical surgery, with less adverse outcomes, leading to earlier start of rehabilitation in the prospective group of patients (Group I), and an objective improvement in long-term clinical and functional outcomes. ***Level of Evidence II; Prognostic Studies - Investigating the Effect of a Patient Characteristic on Disease Outcome.***

Keywords: Spinal stenoses; Chronic disease; Diagnosis; Decompression; Spinal fusion.

RESUMO

Objetivo: Realizar uma análise multicêntrica da eficácia das táticas cirúrgicas no tratamento de pacientes com estenose sintomática em tandem da coluna cervical e lombar com base em um algoritmo clínico-instrumental diferenciado. Métodos: O estudo incluiu 97 pacientes com estenose sintomática em tandem da coluna cervical e lombar. Os pacientes foram divididos em 2 grupos. O grupo de acompanhamento prospectivo principal (Grupo 1) incluiu pacientes (n = 46) submetidos à cirurgia de descompressão/estabilização estagiada de acordo com as táticas cirúrgicas desenvolvidas com base no algoritmo clínico-instrumental diferencial. O grupo de comparação clínica (Grupo II) (n = 51) incluiu pacientes recrutados retrospectivamente que, dependendo do quadro clínico vigente, foram submetidos à cirurgia primária em nível cervical (29 casos) ou em nível lombar (22 casos). Resultados: A análise comparativa no Grupo I revelou parâmetros significativamente melhores nos dados clínicos e instrumentais. As taxas totais de complicações cirúrgicas pós-operatórias na coluna cervical e lombar foram de 15% no Grupo I e 68% no Grupo II (p = 0,0014). Conclusão: A análise multicêntrica do algoritmo clínico-instrumental baseada na aplicação diferencial das técnicas de descompressão/estabilização permitiu uma cirurgia mais racional e radical com menos desfechos adversos, levando a um início mais precoce de reabilitação no grupo prospectivo de pacientes (Grupo I) e uma melhora concreta nos desfechos clínicos e funcionais a longo prazo. ***Nível de Evidência II; Estudos prognósticos - Investigação do efeito de característica de um paciente sobre o desfecho da doença.***

Descritores: Estenose espinal; Doença crônica; Diagnóstico; Descompressão; Fusão espinhal.

RESUMEN

Objetivo: Realizar un análisis multicéntrico de la eficacia de las tácticas quirúrgicas en el tratamiento de pacientes con estenosis sintomática en tándem de la columna cervical y lumbar con base en un algoritmo clínico-instrumental diferenciado. Métodos: El estudio incluyó a 97 pacientes con estenosis sintomática en tándem de la columna cervical y lumbar. Los pacientes fueron divididos en 2 grupos. El grupo de acompañamiento prospectivo principal (Grupo I) incluyó a pacientes (n = 46) sometidos a cirugía de descompresión/estabilización por etapas de acuerdo con las tácticas quirúrgicas desarrolladas basadas en el algoritmo clínico-instrumental diferencial. El grupo de comparación clínica (Grupo II) (n = 51) incluyó a pacientes reclutados retrospectivamente que, dependiendo del cuadro clínico vigente, fueron sometidos a cirugía primaria en nivel cervical (29 casos) o en nivel lumbar (22 casos). Resultados: El análisis comparativo en el Grupo I reveló parámetros significativamente mejores en los datos clínicos e instrumentales. Las tasas totales de complicaciones

Study conducted at Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russia.
Correspondence: Byvaltsev Vadim Anatol'evich Irkutsk, PO, Russia. Box number 62. 664082. byval75vadim@yandex.ru.

CC BY

http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804225383

Received on 06/19/2019 accepted on 06/19/2019

quirúrgicas postoperatorias en la columna cervical y lumbar fueron de 15% en el Grupo I y 68% en el Grupo II (p = 0,0014). Conclusión: El análisis multicéntrico del algoritmo clínico-instrumental basado en la aplicación diferencial de las técnicas de descompresión/estabilización permitió una cirugía más racional y radical con menos resultados adversos, llevando a un inicio más precoz de rehabilitación en el grupo prospectivo de pacientes (Grupo I), y una mejora concreta en los resultados clínicos y funcionales a largo plazo. ***Nivel de Evidencia II; Estudios pronósticos - Investigación del efecto de característica de un paciente sobre el desenlace de la enfermedad.***

Descriptores: *Estenosis espinal; Enfermedad crónica; Diagnóstico; Descompresión; Fusión vertebral.*

INTRODUCTION

Degenerative spine diseases, particularly vertebrogenic compression syndromes, and their surgical treatment still remain ones of the most topical issues in neurosurgery, spinal surgery, traumatology, and orthopedics.[1-3]

The multicomponent clinical symptoms and various pathophysiological manifestations of the degenerative process at the cervical and lumbar level occur as isolated or more complex combined tandem stenoses,[4,5] which is a pathological narrowing of the central spinal canal, lateral recess or intervertebral foramen.[6-8] Surgical treatment of degenerative spinal stenosis traditionally uses isolated decompression and decompression combined with stabilization of spinal motion segments (SMSs) using implants.[2,9,10] Conservative treatment of stenosis provides some improvement only in the early stages of the disease.[11,12] The introduction of minimally invasive microsurgical techniques undoubtedly brought a more positive perspective for the treatment of these patients.[13,14]

A comprehensive clinical evaluation of neurological symptoms directly arising from the degree of narrowing of the vertebral canal and intervertebral foramen combined with tandem stenoses is used to determine the dominant role in the surgical tactics, and the effectiveness of the intervention.[4,10,15] Neuroimaging techniques have significantly expanded the diagnostic capabilities for early verification of degenerative spinal diseases, which in turn, has led to an increase in the number of surgical interventions for spinal stenosis.[16,17]

However, certain difficulties still remain in diagnosing the disease and choosing objective indications for surgery. The criteria for comparison of clinical neurological symptoms and pathomorphological compression factors of combined tandem stenosis, which are visualized by radiographic techniques, are not fully presented.[18,19] The course of degenerative spinal disease with a prolonged adaptation response of SMS biomechanics often predetermines surgical failure, due to decompensation of the patient's condition and circulatory disorders in the area of compressed nerve trunks or spinal cord, during surgery. The rate of unsatisfactory outcomes of surgery for degenerative spinal diseases is 28.3–53%. The rate of disease recurrence due to failed back surgery syndrome is 25%, and in such cases, a new surgical intervention is required.[20, 21] This scenario calls for more in-depth study of the formation of tandem stenoses of the vertebral canal of degenerative genesis, and for the development of objective criteria for preoperative diagnosis and surgical tactics.

A detailed study of the unsatisfactory outcomes of retrospectively diagnosed vertebral canal tandem stenoses was conducted at the Neurosurgery Center of the "Railway Clinical Hospital" at the Irkutsk-Passenger Railway station of the Russian Railways (Irkutsk, Russian Federation). A direct correlation was revealed between unfavorable long-term clinical outcomes and the primary operative intervention on the lumbar spine, the time interval between the stages of surgical interventions, the severity of intracanal scarring, and the development of pseudoarthrosis in the operated segments.[22]

In order to optimize surgical outcomes and eliminate potential adverse effects, assessed retrospectively, we proposed a surgical tactic based on a differential clinical-instrumental algorithm for treating patients with symptomatic tandem stenosis of the cervical and lumbar spine. This study is devoted to analyzing the efficacy of the proposed therapeutic-diagnostic tactics.

Thus, the purpose of this study was to perform a multicenter analysis of the efficacy of the surgical tactics based on the differential of a clinical-instrumental algorithm in patients with symptomatic tandem stenosis of the cervical and lumbar spine.

METHODS

We performed an open, observational, controlled, nonrandomized, multicenter, prospective study.

We developed inclusion and exclusion criteria to form homogeneous study groups.

The inclusion criteria were as follows*:* symptomatic multiregional stenosis of the cervical (less than 12 mm in diameter) and lumbar (less than 15 mm in diameter) spinal canal, foraminic orifice (less than 4 mm in diameter) in two or more segments due to ossified disc herniation, yellow ligament hypertrophy, and facet joint arthrosis, without taking into account the number of affected segments.

The exclusion criteria were as follows: asymptomatic stenosis of the cervical and lumbar canals, spondylolisthesis, revision decompression/stabilization surgery at the cervical and lumbar levels, and a significant reduction in bone mineral density (osteoporosis).

The study was carried out at the Neurosurgical Center of the Railway Clinical Hospital of the Irkutsk-Passenger Railway Station (Irkutsk, Russian Federation), Neurosurgical Department of the Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology (Irkutsk, Russian Federation), and Department of Neurosurgery of the Naval Clinical Hospital 1477 of the Ministry of Defense of the Russian Federation (Vladivostok, Russian Federation).

A surgical approach and direct decompression of nerve structures were performed according to the established neurosurgical standards, using optical magnification, under intraoperative neurophysiological control. In the cervical spine, the left retropharyngeal approach was used to perform discectomy or corpectomy and decompression of the spinal cord and its roots, followed by interbody spondylodesis with placement of a cage, or transbody spondylodesis with a telescopic prosthesis, in some cases supplemented with fixation of the anterior cervical plate. A number of patients underwent posterior decompressive laminectomy with screw fixation via the lateral masses or laminotomy with laminoplasty in the area of stenosis. In the lumbar spine, all patients underwent reconstruction of the spinal canal and interbody spondylodesis: laminectomy with unilateral or bilateral facetectomy, foraminotomy, posterior interbody spondylodesis, and open transpedicular fixation; in a number of cases, the spinal canal was reconstructed through the paramedian approach in volume of facetectomy with or without contralateral foraminotomy; transforaminal interbody spondylodesis was performed with combined transpedicular fixation.

Group I (main group (MG); n = 46) consisted of operated patients on the use of developed surgical tactics. Which was based on a preoperative clinical and instrumental algorithm for the treatment of tandem stenosis of the cervical and lumbar spine. In this case, the primary operation was performed on the cervical spine and the minimum time between stages was no more than 16 days. During anterior compression with the presence of a myelopathic focus, a corpectomy was performed with the installation of a telescopic prosthesis and a discectomy with interbody fusion in the absence of clinical and instrumental signs of myelopathy. With back compression of the spinal cord, a laminectomy with screw fixation was performed for the lateral masses or a laminotomy with laminoplasty with laminoplasty. In the lumbar spine, a laminectomy was performed with bilateral foraminotomy in cases of bilateral symptomatic foraminal stenosis and minimally invasive bilateral foraminotomy from unilateral access in the case of monoradicular symptoms in the presence of radiological signs of bilateral stenosis of the foraminal openings with subsequent interbody fusion according to the TLIF technique and transpedicular stabilization."

Group II (clinical comparison group (CCG); n=51) consisted of patients in whom the results of decompression/stabilization surgery were retrospectively evaluated. The patients met all the inclusion and exclusion criteria, and had been operated on previously for the same indications. In the study group, primary decompression/stabilization surgery was performed at the cervical level in 29 patients, with the use of discectomy with interbody spondylodesis and corpectomy with interbody fusion, without taking into account the presence of the myelopathic lesion; surgery was performed at the lumbar level in 22 patients, with a predominantly extended reconstruction of the vertebral canal through the medial access, and interbody fusion according to the PLIF technique.

In all cases, surgery was performed under intravenous anesthesia and artificial ventilation. The surgical stages were performed under fluoroscopic control, with a C-arc and Video recording.

In group I, the clinical parameters were evaluated before surgery, at discharge, and at follow-up examinations at 3, 6, 12, and 24 months after surgery. In group II, clinical data were analyzed before surgery and in the long-term postoperative period after 24 months. The median follow-up was 26 (24%; 30%) months in group I and 40 (34%; 50%) months in group II.

The efficacy of the developed surgical tactics based on the preoperative clinical-instrumental algorithm for treating patients with symptomatic tandem stenosis of the cervical and lumbar spine was assessed using the following parameters:

- pain severity in the cervical and lumbar spine and upper and lower extremities according to the visual analogue scale (VAS);
- indices for assessing disabilities associated with neck pain (Neck Disability Index (NDI)) and low back pain (Oswestry Disability Index (ODI)), subjective satisfaction with the outcomes of surgical treatment according to the Macnab scale, and objective dynamics of the neurological outcome according to the Nurick scale.
- degree of spondylodesis at the operated level according to the Bridwell scale.
- degenerative changes in the adjacent intervertebral disc (Pfirrmann scale).

The severity of pain in the cervical and lumbar spine and upper and lower extremities, patients quality of life, subjective satisfaction with the surgery, and objective dynamics of neurological symptoms were evaluated by analyzing the patient-reported data.

The above-mentioned study outcomes were recorded in all group 1 patients before surgery, in the early postoperative period, and during control visits at 3, 6, 12, and 24 months after surgery.

Degeneration of adjacent intervertebral discs was assessed using standard T2-weighted MRI scans obtained on a 1.5 T MRI device according to the Pfirrmann scale with co-workers.[23]

The degree of spondylodesis formation was assessed according to the Bridwell scale with co-workers, using MSCT scans obtained on an MSCT device.[24]

The changes in the operated segments were assessed based on neuroimaging data in the long-term postoperative period.

We analyzed patients' sex, age, height, and weight, based on their medical records. The number and type of complications were studied in both the intra- and in postoperative periods.

The study was approved by the ethical committee of the Scientific Center of Reconstructive and Restorative Surgery of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences (protocol no. 3 of March 13, 2012). Each of the patients enrolled in the study provided written informed consent.

Statistical analysis

The statistical data were processed using Microsoft Excel and Statistica 8.0. The significance of differences in sample populations was estimated with nonparametric statistical tests; a level of $p<0.05$ was considered as the lower confidence limit. The data were presented as median and interquartile range in the form of Me (25%; 75%). The following nonparametric statistics criteria were used: the Mann-Whitney (MW) test for intergroup comparison, Friedman's criterion for dependent samples, and Pearson chi-square test (χ^2) for binomial parameters.

RESULTS

General information on the patients of the studied groups is given in Table 1: mainly males, two periods of adulthood (35-60 yrs), and high nutritional status (body mass index> 25 kg/m2).

Intergroup comparison of the studied clinical parameters revealed no significant differences in preoperative indicators (Table 2).

After surgical treatment, all patients experienced a significant decrease in the pain intensity both in the cervical spine, from 71 mm (66; 80) to 8 mm (8; 12) ($p=0.002$), and in the upper extremities, from 85 mm (80; 87) to 8 mm (8; 10) ($p=0.004$) (Figure 1).

VAS assessment of pain in the lumbar spine and lower extremities showed a significant decrease in the pain severity after surgery ($p<0.001$) both in the early postoperative period and in the long-term period from 68 mm (64; 78) to 8 mm ($p=0.003$). The same was observed in the lower extremities: from 82 mm (78; 85) to 6 mm (5; 6) ($p=0.006$) on average (Figure 2).

Intergroup comparison of long-term surgical outcomes (pain intensity) in patients with symptomatic tandem stenosis of the cervical and lumbar spine in 24 months after surgery revealed a statistically significant decrease in the pain level in the prospective group of patients operated on using the developed surgical tactics, based on the preoperative clinical–instrumental algorithm ($p<0.05$) (Table 3).

The analysis of NDI values revealed an improvement in the parameters after surgery, compared to the preoperative level, with the NDI score decreasing from 48 (44; 48) to 12 (8; 14) ($p=0.003$) (Figure 3).

The analysis of NDI values revealed a positive improvement in functional state after surgery compared to the preoperative

Table 1. Distribution of study patients by sex, age, and body weight.

Criteria		Group I (n = 46)	Group II (n = 51)	p*
Age, years, Me		51 (48; 56)	55 (47; 59)	0.36
Sex	Males, n (%)	31 (67%)	36 (70%)	0.54
	Females, n (%)	15 (33%)	15 (30%)	
Body weight index, kg/m^2, Me		26.4 (23.9; 29.2)	26.9 (23.6; 29.8)	0.22

Note: p* is the confidence probability.

Table 2. Preoperative clinical parameters in the study group patients.

Criteria	Group I (n = 46)	Group II (n = 51)	p*
VAS, cervical spine, mm, Me	71 mm (66; 80)	75 mm (68; 86)	0.24
VAS, upper extremities, mm, Me	85 mm (80; 87)	80 mm (72; 83)	0.65
VAS, lumbar spine, mm, Me	68 mm (64; 78)	68 mm (60; 72)	0.82
VAS, lower extremities, mm, Me	82 mm (78; 85)	67,5 mm (66; 72)	0.14
Quality of life, ODI, score, Me	74 (76; 78)	68 (66; 74)	0.36
Disability degree, NDI, score, Me	48 (44; 48)	48 (46; 48)	0.78

Note: p* is the confidence probability.

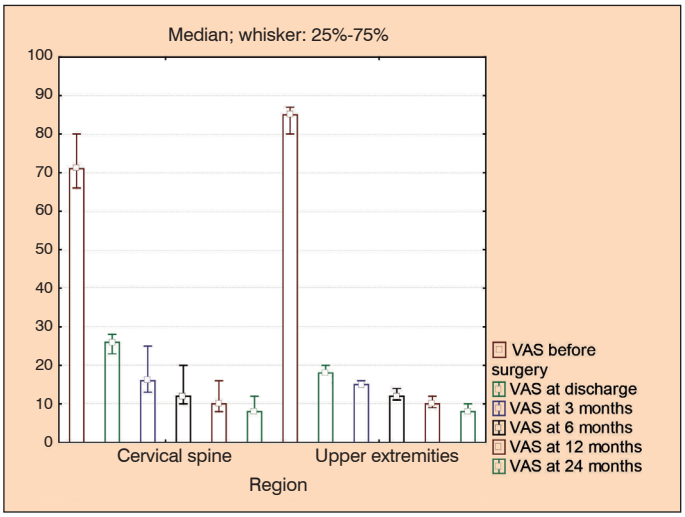


Figure 1. Changes in the pain level (VAS) in the cervical spine and upper extremities of group 1 patients.

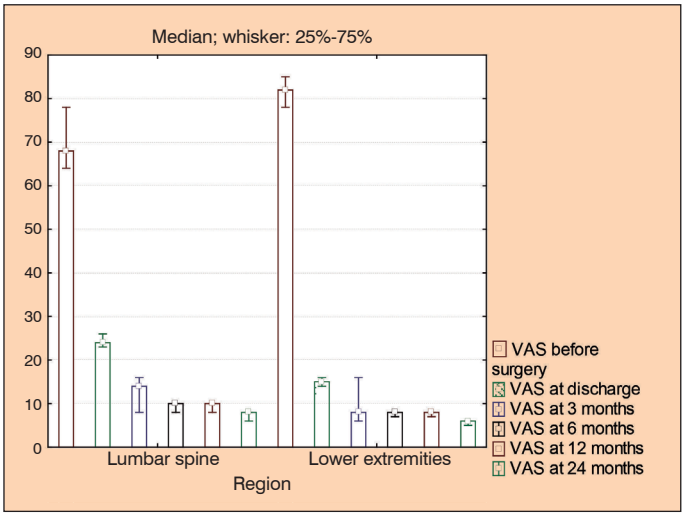


Figure 2. Changes in the pain level (VAS) in the lumbar spine and lower extremities of group 1 patients.

Table 3. Intergroup comparison of long-term surgical outcomes using VAS (mm).

Region	Group I (n = 46)	Group II (n = 51)	p*
Cervical spine	8 (8; 12)	16 (14; 22)	0.01
Upper extremities	8 (8; 10)	12 (12; 16)	0.02
Lumbar spine	8 (6; 8)	14 (14; 16)	0.02
Lower extremities	6 (5; 6)	15 (12; 18)	0.01

Note: p* is the confidence probability.

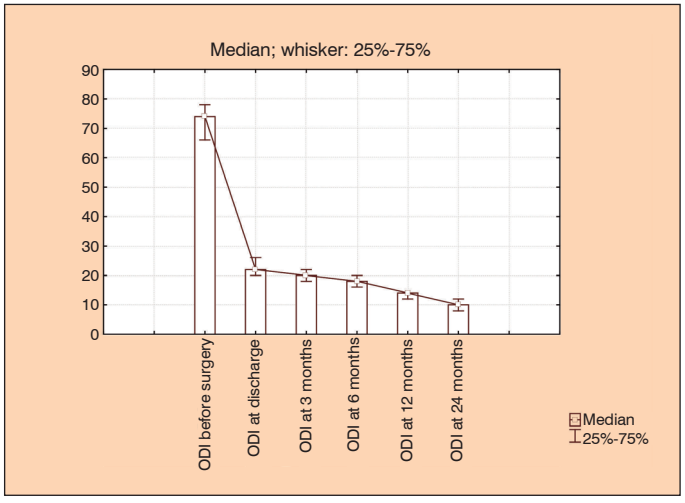


Figure 3. Changes in the functional state (ODI) of group 1 patients.

value ($p<0.001$), and this improvement remained throughout follow-up period, with the NDI score decreasing from 74 (76; 78) to 10 (8; 12) ($p=0.003$) (Figure 4).

In the intergroup comparison of indices of disability associated with neck pain (NDI) and the lumbar spine (ODI) in the 24 months after surgical treatment, a statistically significant improvement was revealed in the functional state of group I operated on using the developed surgical approach to the treatment of patients with symptomatic tandem stenosis of the cervical and lumbar spine based on the preoperative clinical-instrumental algorithm ($p<0.05$) (Table 4).

Patients' subjective evaluation of surgical outcomes (Macnab scale) in 24 months (on average) after staged surgery gave predominantly excellent and good postoperative outcomes (Figure 5); there were no unsatisfactory outcomes marked. Satisfactory treatment outcomes were associated with incomplete regression of a neurologic deficit in the postoperative period and with concomitant minor neuropathic pain.

Comparative analysis of the long-term surgical outcomes (Macnab scale) at 24 months revealed statistically significantly greater satisfaction with the result of surgery in the prospective group of patients operated on using the developed surgical tactics based on the preoperative clinical-instrumental algorithm for treating patients with symptomatic tandem stenosis of the cervical and lumbar spine $p<0.05$) (Table 5).

Evaluation of the neurological outcome of surgery (Nurick scale) demonstrated complete regression or improvement of symptoms in most cases (Figure 6); no deterioration in the neurological status was detected.

Intergroup comparison of the long-term surgical outcomes (Nurick scale) at 24 months revealed a statistically significant improvement in the neurological status of patients operated on using the developed surgical tactics based on the preoperative clinical-instrumental algorithm for treating patients with symptomatic tandem stenosis of the cervical and lumbar spine ($p<0.05$) (Table 6).

A comparative analysis revealed no statistically significant differences between the study groups by sex ($p=0.54$), age ($p=0.36$) and constitutional features ($p=0.22$) (Table 1).

During the study, the patients in both groups had no adverse effects during placement of stabilizing structures. The comparative analysis showed a significantly higher number of postoperative complications in group II ($p=0.0014$) (Table 7).

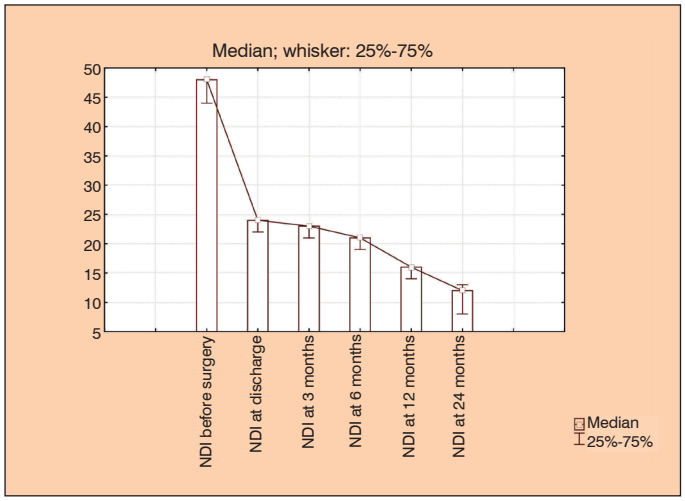


Figure 4. Changes in the extent of movement limitations (NDI) in the cervical spine in group 1 patients.

Table 4. Intergroup comparison of long-term surgical outcomes based on quality of life (ODI) and degree of movement limitation (NDI) (scores).

Index	Group I (n = 46)	Group II (n = 51)	p*
ODI	10 (8; 12)	18 (16; 20)	0.03
NDI	12 (8; 14)	20 (14; 20)	0.02

Note: p* is the confidence probability.

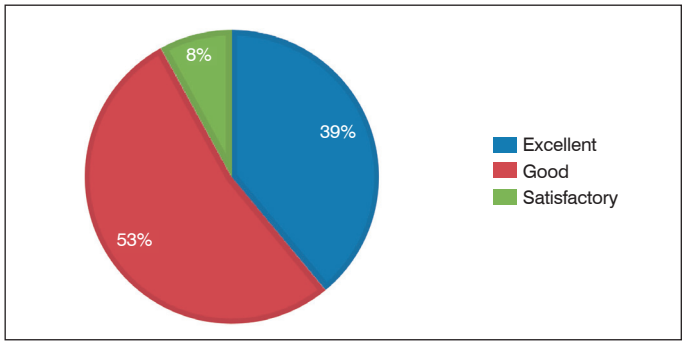


Figure 5. Subjective satisfaction with surgery (Macnab scale) in group 1 patients in the long-term postoperative period.

In group I, seven (15%) complications were verified. One (2%) patient had injury of the dura mater of the dural sac during the transforaminal approach; in this case, the microsurgical technique enabled restoration of the anatomical integrity of the injured area. In the early postoperative period, 2 (4%) patients were diagnosed with an intermuscular hematoma, drainage of which promoted healing of the postoperative wound within standard terms. Four (8.5%) patients developed delayed complications; of them, two patients were verified with significant progression of the degenerative process in a segment adjacent to the surgery site without clinical data indicating compression of neural structures; in this case, conservative treatment improved the patients' condition. Two patients developed pseudarthrosis in the operated spine region, which required the implementation of revision of decompression/stabilization interventions from an anterior approach for the lumbar segment and a posterior approach for the cervical segment.

In group II, 16 (31%) complications associated with cervical spine surgery and 19 (37%) complications associated with lumbar spine surgery were registered. In six (11%) intraoperative cases, there was iatrogenic injury to the dura mater of the dural sac or spinal root, which required microsurgical suturing of a defect with additional application of fibrin glue. In the early postoperative period, six (11%) patients developed a hematoma in the postoperative wound area with soft tissue infection being detected in three cases – drainage and local antiseptics facilitated elimination of the infectious process. Delayed postoperative complications occurred in 23 (45%) patients; of these, 19 (37%) patients underwent revision surgery for disc herniation in adjacent segments in the setting of degenerative process progression, pseudarthrosis in the operated segments, clinically significant inadequate primary decompression, and fixing structure instability. In four (8%) cases, relapse of neurological symptoms was caused by the formation of postoperative epidural fibrosis in the absence of radiologic signs of spinal canal and intervertebral foramen narrowing as well as signs of pathological mobility according to multispiral computed tomography with myelography. In these cases, courses of conservative therapy significantly reduced the pain level.

Table 5. Intergroup comparison of long-term surgical outcomes using the Macnab scale.

Outcome	Group I (n = 46)	Group II (n = 51)	p*
Excellent	18 (39%)	5 (10%)	<0.001
Good	24 (53%)	24 (46%)	
Satisfactory	4 (8%)	21 (42%)	
Unsatisfactory	–	1 (2%)	

Note: p* is the confidence probability.

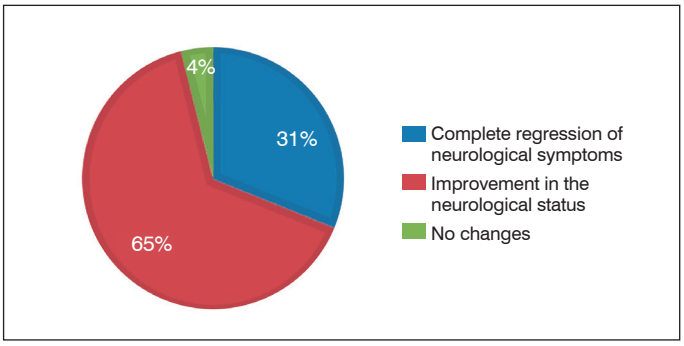


Figure 6. Changes in neurological symptoms (Nurick scale) in group 1 patients in the long-term postoperative period.

Table 6. Intergroup comparison of long-term surgical outcomes using the Nurick scale.

Condition	Group I (n = 46)	Group II (n = 51)	p*
Complete regression of symptoms	14 (31%)	4 (8%)	<0.001
Improvement of neurological status	30 (65%)	34 (67%)	
No changes	2 (4%)	12 (23%)	
Worsening of symptoms	–	1 (2%)	

Note: p* is the confidence probability.

DISCUSSION

The developed surgical tactics based on the preoperative clinical-instrumental algorithm for the treatment of the patients with symptomatic tandem stenosis of the cervical and lumbar spine significantly improved the functional state of patients. This is confirmed by the minimal ODI and NDI scores and a low pain level (VAS) in the cervical and lumbar spine, as well as in the upper and lower extremities in the long-term postoperative period.

The differentiated and personalized use of standard surgical techniques for staged decompressive-stabilizing surgical interventions enabled effective anterior and posterior decompression, depending on the location of the pathomorphological substrate in the cervical spine and minimally invasive stabilization of the operated segments at the lumbar level with a smaller number of formations of pseudoarthrosis and epidural fibrosis. This was confirmed by a smaller number of postoperative complications in group I - 15%, compared to group II - 68% ($p = 0.0014$).

Therefore, precise elimination of the pathological substrate

Table 7. Characterization of identified complications in the study group patients.

Condition	Retrospective group (n = 51)		Prospective group (n = 46)		p*
	Cervical spine surgery	Lumbar spine surgery	Cervical spine surgery	Lumbar spine surgery	
Intraoperative complications, n, %	3 (6%)	3 (6%)	0 (0%)	1 (2%)	0.01
DM injury	3	1	–	1	
Root injury	–	2	–	–	
Early postoperative complications, n, %	2 (4%)	4 (8%)	1 (2%)	1 (2%)	
Postoperative hematoma	1	2	1	1	0.02
Postoperative wound infection	1	2	–	–	
Venous thrombosis, PATE	–	–	–	–	
Long-term postoperative complications, n, %	11 (22%)	12 (24%)	2 (4%)	2 (4%)	<0.001
Disc herniation adjacent to the surgery level	1	2	1	1	
Pseudarthrosis	3	4	1	1	
Instability of fixation device	1	–	–	–	
Persistence of symptoms due to insufficient decompression	2	2	–	–	
Deterioration of neurological symptoms due to a cicatricial-adhesive process	2	2	–	–	
Deterioration of neurological symptoms due to foraminal stenosis	2	2	–	–	

Note: DM is the dura mater; PATE is pulmonary artery thromboembolism; p* is the confidence probability.

primary in the cervical spine and early implementation of the second surgical stage in patients with symptomatic tandem stenosis of the cervical and lumbar spine, as well as the combination of optimal decompression of the neural structures with minimally invasive decompressive-stabilizing techniques, enables a significant reduction in neurological symptoms, a decrease in pain level, an improvement in patients' quality of life, and a reduced risk of intra- and postoperative complications.

Combined stenotic degenerative diseases of two or more spinal regions are diagnosed in 5–25% of cases; at the same time, despite the presence of neuroimaging signs, tandem stenoses are often asymptomatic.[5,10,19]

Simultaneous stenosis of several spinal segments causes the development of various neurological symptoms, such as myelopathy, radiculopathy, and caudogenic intermittent claudication.[25] This leads to the problems in diagnosing and choosing the treatment tactics.[7,18] Combined stenosis of the spinal canal has a reciprocal clinical complication both before surgery and in the postoperative period, due to prolonged positioning on the operating table.[26]

Approaches to surgical treatment of patients with tandem stenoses are currently not sufficiently studied due to the symptom polymorphism and the multifactorial pathomorphological substrate, which cause narrowing of the spinal canal at several levels. Thus, some authors recommend decompression on clinically significant levels but indicate high risks of simultaneous surgery in several regions of the spinal column, which are associated with the duration of surgical intervention, significant intraoperative trauma of soft tissues and blood loss, and aggravation of neurological manifestations due to the forced position.[4,7,27] For this reason, the concept of staged surgery in patients with tandem stenoses of the spinal canal has been suggested, which is aimed at primary manipulations in the area of the predominant clinical symptoms.[10,19,28]

Currently, there are no studies devoted to the dynamic assessment of clinical symptoms, surgical treatment tactics, and methods for post-operatively recording outcomes in patients with tandem stenoses of the cervical and lumbar spine in the Pubmed database and Russian-language literature are also absent.

We performed a prospective analysis of surgical treatment outcomes in patients with symptomatic tandem stenosis of the cervical and lumbar spine who were operated on using the developed surgical tactics based on the differential clinical-instrumental algorithm. The algorithm involves factors affecting the clinical outcome: medical history (disease duration), and features of the chosen surgical tactics (the spinal region to be operated first, the volume of decompression, and the time interval between surgical stages).[22]

According to the ODI and NDI scores, changes in postoperative pain intensity and functional state of patients in the study group did not significantly differ from the published data on surgical treatment of isolated stenoses of the spinal canal.[1,3,13] Comparative analysis of retrospective group revealed the best clinical outcomes (according to the VAS, ODI, NDI, and the Macnab and Nurick scales) in the long-term period, which confirmed the efficacy of the developed differential surgical tactics for treating patients with tandem stenoses of the cervical and lumbar spine. In addition, the comparative intergroup analysis confirmed a smaller number of adverse outcomes in the prospective study group due to the optimal volume of decompression at the cervical level in the presence of a myelopathic lesion, and effective minimally invasive stabilization of the operated segments in the lumbar spine.

The surgical techniques used in the study group patients are standard and have been widely used by various groups of authors in the surgical treatment of patients with isolated stenoses of the spinal canal at the cervical and lumbar levels.[14,15] However, approaches to the step-by-step implementation of surgical interventions and the timing of their implementation, the personified use of ventral and dorsal surgical techniques, as well as the priority of applying decompressive techniques before decompressive-stabilizing techniques in patients with tandem stenosis, were absent.

Our findings are promising for further improvement of the complex therapeutic and diagnostic tactics in patients with degenerative diseases of the spinal column.

Limitations of the study

Limitations of this study is the small sample of analyzed patients, due to the rare occurrence of symptomatic tandem stenoses of the cervical and lumbar spine, and the heterogeneity of the surgical techniques used for decompression and stabilization of the structures of the spinal canal; and an insufficient mean follow-up time (24 months) associated with the follow-up protocol stated in the study. Undoubtedly, it is necessary to continue multicenter studies in a larger number of respondents, and to perform a detailed study of long-term clinical-instrumental outcomes with a follow-up period of 5 years or more to investigate the long-term efficacy of the developed surgical tactics and the use of various decompressive and decompressive-stabilizing techniques of surgical interventions.

CONCLUSION

The multicenter analysis of the efficacy of the surgical tactics based on the differential clinical-instrumental algorithm in patients with symptomatic tandem stenosis of the cervical and lumbar spine revealed its high clinical and radiological efficacy. The differentiated use of decompression/stabilization techniques enabled rational and radical surgery associated with a reduced number of adverse outcomes, which allowed an early onset of active rehabilitation measures in the prospective group of patients, which objectively improved the long-term clinical and functional outcomes.

All authors declare no potential conflict of interest related to this article.

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS: Each author made significant individual contributions to this manuscript. VAB (0000-0003-4349-7101)* and AAK (0000-0001-9039-9147)* were the main contributors to the drafting of the manuscript. VAB, AAK, VVS (0000-0001-5135-8115)* performed the surgery and patient follow-up, and gathered clinical data. AAK, YYP (0000-0003-2633-7149)* evaluated the data from the statistical analysis. AAK, VVS and YYP performed the literature search and review of the manuscript, and contributed to the intellectual concept of the study. *ORCID (Open Researcher and Contributor ID).

REFERENCES

1. Byvaltsev VA, Kalinin AA, Okoneshnikova AK, Kerimbayev TT, Belykh EG. [Facet fixation in combination with interbody spondylodesis: comparative analysis and clinical experience of a new method of surgical treatment of patients with degenerative diseases of the lumbar spine]. Annals of the Russian Academy of Medical Sciences. 2016;71(5):375-83. [Article in Russian]
2. Dreval' MD, Gushcha AO. [Surgical treatment of cervical spondylogenous myelopathy by laminoplasty: a literature review]. Spine Surgery. 2015;2:44-50. [Article in Russian]
3. Belykh EG, Kalinin AA, Patel AA, Miller EJ, Bohl MA, Stepanov IA et al. Apparent diffusion coefficient maps in the assessment of surgical patients with lumbar spine degeneration. PLoS ONE. 2017;12(8): e0183697.
4. Overley SC, Kim JS, Gogel BA, Merrill RK, Hecht AC. Tandem Spinal Stenosis: A Systematic Review. JBJS Rev. 2017;5(9):e2.
5. Ghobrial GM, Oppenlander ME, Maulucci CM, Viereck M, Prasad S, Sharan AD, et al. Management of asymptomatic cervical spinal stenosis in the setting of symptomatic tandem lumbar stenosis: a review. Clin Neurol Neurosurg. 2014;124:114-8.
6. Bajwa NS, Toy JO, Young EY, Ahn NU. Is congenital bony stenosis of the cervical spine associated with congenital bony stenosis of the thoracic spine? An anatomic study of 1072 human cadaveric specimens. J Neurosurg Spine. 2012;17(1):24-9.
7. Matsumoto Y, Harimaya K, Doi T, Kawaguchi K, Okada S, Inoguchi A, et al. Clinical characteristics and surgical outcome of the symptomatic ossification of ligamentum flavum at the thoracic level with combined lumbar spinal stenosis. Arch Orthop Trauma Surg. 2012;132(4):465-70.

8. Krishnan A, Dave BR, Kambar AK, Ram H. Coexisting lumbar and cervical stenosis (tandem spinal stenosis): an infrequent presentation. Retrospective analysis of single-stage surgery (53 cases). Eur Spine J. 2014;23(1):64–73.
9. Eskander MS, Aubin ME, Drew JM, Eskander JP, Balsis SM, Eck J, et al. Is there a difference between simultaneous or staged decompression for combined cervical and lumbar stenosis. J Spinal Disord Tech. 2011;24(6):409–13.
10. Miyazaki M, Kodera R, Yoshiiwa T, Kawano M, Kaku N, Tsumura H. Prevalence and distribution of thoracic and lumbar compressive lesions in cervical spondylotic myelopathy. Asian Spine J. 2015;9(2):218-24.
11. Costandi, S, Chopko B, Mekhail M, Dews T, Mekhail N. Lumbar spinal stenosis: therapeutic options review. Pain Pract. 2015;15(1):68–81.
12. Kreiner DS, Shaffer WO, Baisden JL, Gilbert TJ, Summers JT, Toton JF, et al. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spinal stenosis (update). Spine J. 2013;13(7):734–43.
13. Arnold PM. Minimally invasive spinal surgery and spinal stenosis. J Neurosurg Spine. 2015;22(4):337-8.
14. Jacobson RE, Granville M, Berti A. Minimally invasive anterior cervical discectomy without fusion to treat cervical disc herniations in patients with previous Cervical Fusions. Cureus. 2017;9(4):e1131.
15. Lebedev VB, Epifanov DS, Kostenko GV, Ghodivala TS, Nurmukhametov RM, Pedyash NV, et al. [Minimally invasive reconstruction of the spinal canal with degenerative lumbar stenosis]. Spine Surgery. 2017;14(3):67-73. [Article in Russian]
16. Nagata K, Yoshimura N, Hashizume H, Ishimoto Y, Ishimoto Y, Muraki S, et al. The prevalence of tandem spinal stenosis and its characteristics in a population-based MRI study: The Wakayama Spine Study. Eur Spine J. 2017;26(10):2529-35.
17. Menon VK, Raniga SB, Al Busaidi AQ. MRI morphology of surgically treated lumbar canal stenosis: a retrospective study. J Spinal Disord Tech. 2015;28(1):12-8.
18. Lau YYO, Lee RKL, Griffith JF, Chan CLY, Law SW, Kwok KO. Changes in dural sac caliber with standing MRI improve correlation with symptoms of lumbar spinal stenosis. Eur Spine J. 2017;26(10):2666-75.
19. Yamada T, Yoshii T, Yamamoto N, Hirai T, Inose H, Kato T, et al. Clinical outcomes of cervical spinal surgery for cervical myelopathic patients with coexisting lumbar spinal canal stenosis (tandem spinal stenosis) a retrospective analysis of 297 cases. Spine (Phila Pa 1976). 2018;43(4):E234-41.
20. Baikov ES, Baikalov AA. [Relationship between biomechanical and biochemical parameters of spinal motion segments and recurrent lumbar disc herniation]. Spine Surgery. 2017;4(14):61-8. [Article in Russian]
21. Afaunov AA, Basankin IV, Kuzmenko AV, Shapovalov VK. [Analysis of reasons for revision surgery in patients treated for degenerative lumbar spinal stenosis]. Kuban Research Medical Gazette. 2013;(7):173-6. [Article in Russian]
22. Byvaltsev VA, Krutko AV, Shepelev VV, Kalinin AA. [Results of stage surgical treatment of patients with tandem-stenoses of the cervical and lumbosacral spine]. Spine Surgery. 2017;14(2):50-62.
23. Pfirrmann C, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. Spine (Phila Pa 1976). 2001;26(17):1873–8.
24. Bridwell KH, Lenke LG, McEnery KW, Baldus C, Blanke K. Anterior structural allografts in the thoracic and lumbar spine. Do they work if combined with posterior fusion and instrumentation in adult patients with kyphosis or anterior column defects? Spine (Phila Pa 1976). 1995;20(12):1410-8.
25. Rahmanian A, Minagar S, Rakei SM, Taghipoor M, Mehrabani G, Razm kon A. A Survey of Tandem Spinal Stenosis in Shiraz, Southern Iran. Neurosurgery Quarterly. 2014;25(2):1-4.
26. Adamova B, Bednarik J, Andrasinova T, Kovalova I, Kopacik R, Jabornik M, et al. Does lumbar spinal stenosis increase the risk of spondylotic cervical spinal cord compression? Eur Spine J. 2015;24(12):2946-53.
27. Hu PP, Yu M, Liu XG, Liu ZJ, Jiang L. Surgeries for Patients with Tandem Spinal Stenosis in Cervical and Thoracic Spine: Combined or Staged Surgeries? World Neurosurg. 2017;107:115-23.
28. Molinari RW, Flanigan R, Yaseen Z. Tandem spinal stenosis (TSS): literature review and report of patients treated with simultaneous decompression. Curr Orthop Pract. 2012;23(4):356-63.

COMPARATIVE RESULTS BETWEEN OPEN AND MINIMALLY INVASIVE FUSION IN LUMBAR DEGENERATIVE DISEASE

RESULTADOS COMPARATIVOS ENTRE A FUSÃO ABERTA E MINIMAMENTE INVASIVA NA DOENÇA DEGENERATIVA LOMBAR

RESULTADOS COMPARATIVOS ENTRE FUSIÓN ABIERTA Y MÍNIMAMENTE INVASIVA EN ENFERMEDAD DEGENERATIVA LUMBAR

Ezequiel Gimenez,[1] Montaño Marcelo,[1] Santivañez Raul,[1] Ommi Acosta Sero

1. Sanatorio Modelo de Caseros, Buenos Aires, Argentina.

ABSTRACT

Objective: Lumbar spine fusion is indicated in patients who are refractory to traditional treatment for degenerative disc disease. The aim of this study was to compare the perioperative and postoperative results of conventional open surgery versus minimally invasive surgery (MIS) in posterior 360° lumbar fusion with pedicle screw instrumentation. Methods**:** A total of 25 patients underwent MIS and 40 underwent open surgery between 2015 and 2017. Perioperative variables and lumbar and radicular pain values were compared using a visual analogue scale (VAS) and the Oswestry disability index (ODI) until 12 months after surgery. Results: The MIS cohort presented less blood loss (140 vs 345 ml; p=0.001), shorter hospital stay (1.1 vs 2.2 days; p=0.001), longer operative time (113 vs 94 minutes; p=0.001) and greater X-ray exposure (80 vs 6 seconds; p=0.001), compared to the open surgery group. The MIS cohort showed better results in the ODI and lumbar VAS scores. No significant differences were observed in radicular VAS. Conclusion: MIS surgery showed advantages over the open surgery technique; however, the learning curve should be improved in order to reduce operative time. ***Level of Evidence III; Retrospective descriptive observational study.***

Keywords: Intervertebral Disc Degeneration; Diskectomy, Percutaneous; Spinal Fusion.

RESUMO

Objetivo: A fusão espinhal lombar é indicada para pacientes refratários ao tratamento tradicional da doença degenerativa do disco. O objetivo do presente estudo consistia em comparar os resultados peri- e pós-operatórios da cirurgia aberta convencional versus a cirurgia minimamente invasiva (MIS) na fusão lombar de 360º por via posterior com instrumentação de parafuso pedicular. Métodos: Foram estudados 25 pacientes submetidos à técnica de MIS e 40 submetidos à cirurgia aberta entre 2015 e 2017. As variáveis perioperatórias e os valores da dor lombar e dor radicular foram comparados com a escala visual analógica (EVA) e Oswestry Disability Index (ODI) até 12 meses após a cirurgia. Resultados: O grupo MIS apresentou menores índices de perda sanguínea (140 vs 345 ml; p = 0,001) e menor permanência hospitalar (1,1 vs. 2,2 dias; p = 0,001), maior tempo de cirurgia (113 vs. 94 minutos; p = 0,001) e maior exposição às radiografias (80 vs 6 seg; p = 0,001) em relação ao grupo de cirurgia aberta. O grupo MIS apresentou melhores resultados nos escores de ODI e EVA lombar. Na EVA radicular não foram observadas diferenças significativas. Conclusão: A cirurgia minimamente invasiva apresentou vantagens em relação à técnica da cirurgia aberta, embora a curva de aprendizagem deva ser otimizada para reduzir o tempo de cirurgia. ***Nível de Evidência III; Estudo retrospectivo descritivo observacional.***

Descritores: *Degeneração do Disco Intervertebral; Discotomia Percutânea; Fusão vertebral.*

RESUMEN

Objetivo: La fusión espinal lumbar es indicada para pacientes refractarios al tratamiento tradicional de la enfermedad degenerativa del disco. El objetivo del presente estudio consistía en comparar los resultados peri y postoperatorios de la cirugía abierta convencional versus la cirugía mínimamente invasiva (MIS) en la fusión lumbar de 360º por vía posterior con instrumentación de tornillo pedicular. Métodos: Se estudiaron 25 pacientes sometidos a la técnica MIS y 40 sometidos a la cirugía abierta entre 2015 y 2017. Se compararon las variables perioperatorias y los valores del dolor lumbar y dolor radicular con la escala visual analógica (EVA) e índice de incapacidad de Oswestry (ODI) hasta los 12 meses post cirugía. Resultados: El grupo MIS presentó menores índices de pérdida sanguínea (140 vs 345 ml; p=0,001) y menor permanencia hospitalaria (1,1 vs 2,2 días; p=0,001), mayor tiempo de cirugía (113 vs 94 minutos; p=0,001) y exposición a las radiografías (80 vs 6 seg; p=0,001) con relación al grupo de cirugía abierta. El grupo MIS presentó mejores resultados en las puntuaciones de ODI y EVA lumbar. En la EVA radicular no se observaron diferencias significativas. Conclusión: La cirugía mínimamente invasiva presentó ventajas con relación a la técnica de la cirugía abierta, aunque la curva de aprendizaje deba ser optimizada para reducir el tiempo de cirugía. ***Nivel de Evidencia III; Estudio retrospectivo descriptivo observacional.***

Descriptores: *Degeneración del Disco Intervertebral; Discectomía Percutánea; Fusión vertebral.*

Study conducted at Sanatorio Modelo de Caseros, Buenos Aires, Argentina.
Correspondence: Dr. Ezequiel Gimenez. Av Del Barco Centenera 540 11 A, Ciudad de Buenos Aires (1424), Argentina. drezequielgimenez@gmail.com

http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804222785

CC BY

Received on 04/16/2019 accepted on 04/23/2019

INTRODUCTION

Lumbar spine fusion is an established technique for the treatment of different spinal pathologies.[1] As the number of adults in the general population increases,[2] demand for such procedures, especially those indicated to treat degenerative conditions, is also on the rise. Conventional spinal fusion techniques may expose these patients to an increase in perioperative morbidity secondary to the main rates of complications,[3] such as significant blood loss[4] and prolonged hospital stay.[5] Thus, there is a current trend towards the development of surgical techniques that can minimize perioperative and postoperative risks.

During the initial phase of the transpedicular instrumentation, King[6] described an approach using small facet screws as a spinal fixation method in order to achieve the fusion of the segments involved. Later, Boucher[7] modified this technique using a longer screw driven through the pedicle with additional spongy bone grafting, which resulted in a reduction of the pseudoarthrosis rate.

This system with transpedicular screws provides greater fixation of the spine, since it involves the three spinal structures (anterior, medium and posterior), which spine to resist movements in every plane. Gaines[8] specified, in a subsequent study, that these screws can be used for short segments of the lumbar spine, where segmental fusion should be enhanced, with effective and safe results following specific placement instructions.

In recent years, minimally invasive surgical procedures have shown optimal clinical outcome and a reduction in perioperative morbidity, especially in the fields of general surgery, gynecology and urology.[9,10] In the treatment of degenerative disc pathologies, although the conventional open surgical approach still remains the gold standard, MIS techniques have increased in popularity.

Magerl[11] first published a study describing the technique of percutaneous screw fixation using an external fixation device to treat fractures and infections of the spine. Later, Mathews and Long[12] described the use of plates as external longitudinal connectors that were fixed with transpedicular screws placed percutaneously.

Wiltse et al.[13] were pioneers in describing the paraspinal sacrospinalis-splitting approach to the lumbar spine. They found out that this technique reduced bleeding and enabled more direct access to the pedicles. This method has been used in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) surgeries as the only procedure.

This advance in techniques, together with the advent of new surgical instruments for this type of surgery has led to the application of minimally invasive surgery (MIS) approaches to spinal fusion. Nevertheless, before using this technique as the first choice, further studies should be conducted to assess its efficacy, and to compare spinal fusion with conventional techniques.

The aim of the present study was to determine whether there are differences in perioperative results, pain scale scores, functional postoperative findings and complications between minimally invasive surgery and conventional open surgery used for posterolateral 360° spinal arthrodesis (posterolateral TLIF) in patients with lumbar degenerative disc disease.

METHODS

This is an observational, comparative, prospective study for all the variables analyzed. For the assessment of the perioperative results, a cross-sectional approach was used, and for the functional results a longitudinal analysis of repeated measures was performed.

All the patients were notified of this study prior to the surgery, and signed an Informed Consent Form.

This study was approved by the Ethics Committee of Sanatorio Modelo de Caseros, Buenos Aires, Argentina.

Consecutive non-probability sampling was used to collect data on patients who underwent surgery in 2016 and 2017 at two surgical centers. Both surgical techniques – MIS and open surgery – were performed by the same surgical team.

The inclusion criteria were:

1. Age: 25 to 70 years; 2. Presence of recurrent lumbar disc herniation with neurologic compromise; 3. Presence of only one level of lumbar degenerative disc disease with discogenic low back pain that did not respond to conservative treatment (after 4-8 weeks) including rest, painkillers (nonsteroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) and opioids) and physical therapy; 4. Neurologic deficit related to the level of degenerative disc disease; 5. Presence of grades I and II spondylolisthesis, with instability; 6. Monosegmental degenerative lumbar spinal stenosis.

The exclusion criteria were:

1. Age: younger than 25 or older than 70 years old; 2. Patients who did not complete all of the data collection tools used; 3. Presence of multiple levels of lumbar degenerative disc disease; 4. Presence of grades III and IV spondylolisthesis; 5. Presence of associated vertebral fracture; 6. Presence of infection; 7. History of previous lumbar surgery.

The patients were divided into two groups: one group underwent a MIS technique (posterior transpedicular screw fixation) and the other, a conventional open technique (posterior lumbar surgery for arthrodesis).

In relation to the MIS technique, the ROMEO MIS® system of transforaminal interbody fusion (PLIF/TLIF) was used (Figures 1 and 2). In the case of the conventional open surgery, transpedicular screws with interbody cages (PLIF/TLIF) were used.

Prior to surgery, the patients' data including sex, age and level of fusion segment were collected. During the preoperative period, lumbar and radicular pain were evaluated using the visual analogue scale (VAS) of pain intensity, reported by the patient. The resulting score was expressed as 0 to 10, where 0 corresponded to "no pain at all" and 10 to "maximum intensity pain". In addition, an objective post-surgery score of ≤3 points was proposed. The lumbar and radicular VAS measurements were repeated 24 hours after surgery and during the follow-up controls at 1 month, 3 months, 6 months and 12 months postoperatively.

The Oswestry disability index (ODI) score was also determined. In this study the current version, 2.1a, was used. This validated tool consists of giving the patients 10 questions with 6 possible answers each. The questions refer to intensity of pain, sexual activity, social life and capacity to remain standing, carry out personal care, sleep, lift weight, walk, remain seated, and travel, all of which the patients reported. The resulting value was expressed as a percentage of disability. The American Food and Drug Administration has proposed



Figure 1. Case I fusion L4 L5 MIS + PLIF.

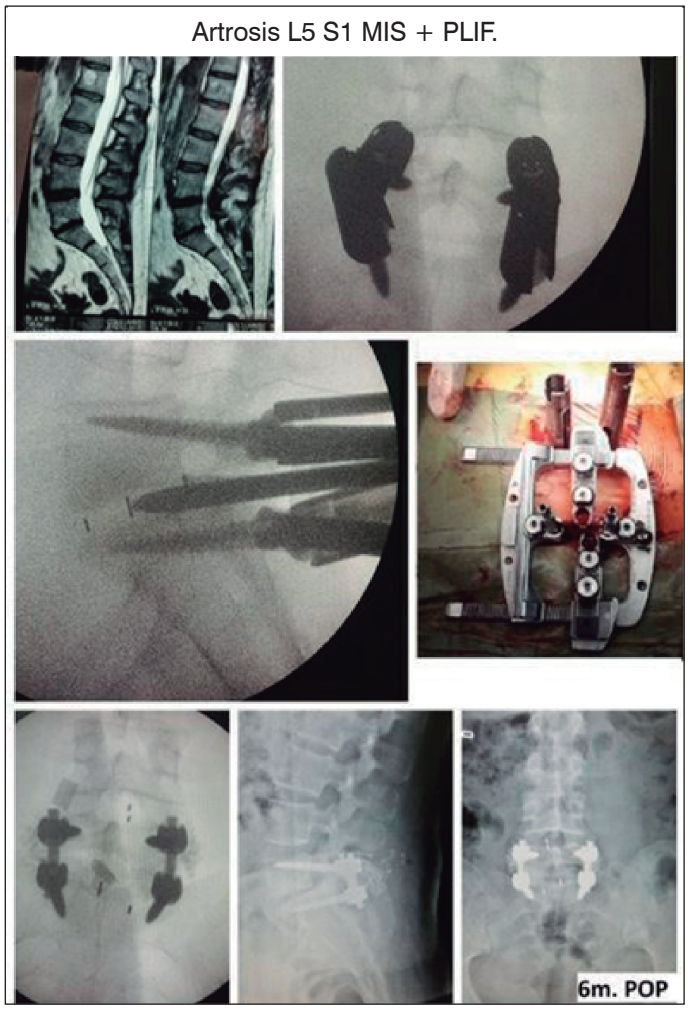


Figure 2. Case II fusion L5 S1 MIS + PLIF.

a minimal difference of 15 points between the preoperative and postoperative evaluations as an indicator of clinical change. In the present series, ODI measurements were also repeated during the follow-up controls at 1 month, 6 months and 12 months after surgery.

During the perioperative stage, data on operative time, hospital stay, time of exposure to X-rays and estimated blood loss were collected. In the case of the conventional open surgery, blood loss during surgery was determined together with the loss recorded during drainage. In the MIS approach, blood loss was only recorded during surgery, since this technique does not require the placement of drainage in patients after surgery.

Statistical Analysis

The data were analyzed using the statistics package SPSS version 24.0 (Armonk, NY, IBM Corp.). For the categorical variables of patients' characteristics (sex, surgical technique, level of fusion segment) the distribution of frequencies was calculated considering the number of cases and the percentage in relation to the total number of patients.

In order to report the results of numerical variables, the mean value and standard deviation were calculated for those variables with normal distribution, and the median value and interquartile range (IQR) were calculated for those variables that did not present normal distribution. The minimum and maximum values recorded were also reported. The variables sex and age were analyzed by surgical technique using Pearson's Chi-squared test and the student's t-test, respectively.

To determine whether there were any differences between hospital stay and operative time for the surgical techniques used, the student's t-test was used, since these variables presented normal distribution. To analyze the differences in relation to blood loss and time of exposure to X-rays by the surgical technique, the non-parametric Mann-Whitney test was used.

The size of the sample population was calculated taking into account the four repeated measurements of the variable "ODI scores" for both groups of surgical techniques, considering a power value of 80% and effect size of 0.3. A minimum of 48 total cases, and 24 cases in each cohort (MIS versus open) was required. The value considered for statistical significance was $\alpha = 0.05$.

Furthermore, the student's t-test was used to compare the scores obtained from the visual analogue scales of lumbar and radicular pain (lumbar VAS and radicular VAS, respectively) for each surgical technique at six moments (preoperative, and at 24 hours, 1 month, 3 months, 6 months and 12 months postoperative). Finally, the ANOVA test was used with repeated measures to determine whether there were any differences in the values of ODI at different times: preoperative, at 1 month, 6 months and 12 months postoperative, by surgical approach.

RESULTS

Sample characteristics

A total of 65 patients were included in the sample: 38% (n=25) underwent minimally invasive surgery (MIS) and 62% (n=40) underwent conventional open surgery. Concerning the demographic variables, the MIS group had a mean age of 49 years (SD 5.6) and the open surgery cohort had a similar mean age: 51 years (SD 7.9). The sex distribution was as follows: 41% (n=17) female patients and 33% (n=8) male patients underwent MIS (Table 1).

Only 1 patient underwent MIS technique for L3-L4 and 2 patients underwent open surgery for the same segment. For level L4-L5, the technique used was MIS in 46% of patients (n=11), and for L5-S1, 34% (n=13) underwent the same technique (Table 1).

No statistically significant differences were observed between surgical groups in relation to age or sex (Table 2).

Perioperative results

The mean operative time for MIS was 113 minutes (SD 18); CI 95%: 106–120, minimum 90 and maximum 150 minutes. In the case of the open surgery, the mean operating time was 94 minutes (SD 11); CI 95%: 91–98, minimum 70 and maximum 120 minutes. A statistically significant difference between groups was observed (t= 5.256; p=0.0000) (Figure 3).

In relation to hospitalization time, the patients who underwent the MIS technique presented a mean hospital stay of 1.1 days (SD

Table 1. Variables of Patients' Characteristics by Surgical Technique.

	MIS	OPEN
Number of patients (%)	25 (38%)	40 (62%)
Mean age (SD)	49 (5.6)	51 (7.9)
Sex N (%)		
Female	17(41%)	24 (59%)
Male	8 (33%)	16 (67%)
Level of fusion segment N (%)		
L3-L4	1 (33%)	2 (67%)
L4-L5	11 (46%)	13 (54%)
L5-S1	13 (34%)	25 (66%)

SD=standard deviation.

Table 2. Sex and Age by Surgical Technique.

Variable	MIS	OPEN	Statistical test	p Value
Age (years)	49 (SD 5.6) CI 95%: 47-51	51 (SD 7.9) CI 95%: 49-54	t=-1.228	0.2
Sex (F/M)	41% vs 33%	59% vs 67%	Pearson's Chi2= 0.4228	0.516

SD= standard deviation. CI= confidence interval.

0.3); CI 95%: 0.9-1.2, minimum 1 and maximum 2 days, which was significantly lower than that of the patients who underwent open surgery: mean hospitalization time: 2.2 days (SD 0.4); CI 95%: 2.1-2.4, minimum 2 and maximum 3 days (t=-11.04; p=0.0000) (Figure 4).

In the case of blood loss, the median value for the individuals who underwent the MIS technique was 140 ml (IQR 120–150 ml), minimum 100 and maximum 200 ml; for the patients who underwent the open surgery, blood loss was significantly greater, with a median value of 345 ml (IQR 300–380 ml), minimum 240 and maximum 500 ml (z=6.782; p=0.0000) (Figure 5).

Regarding exposure to X-rays, the subjects who received MIS surgery presented a median exposure time of 80 seconds (IQR 76–96 seconds), minimum 60 and maximum 120 seconds, and those who underwent open surgery had a median exposure value significantly lower: 6 seconds (IQR 5–8 seconds), minimum 4 and maximum 10 seconds (z=6.782; p=0.0000) (Figure 6).

Summary of the Perioperative Results is show in Table 3.

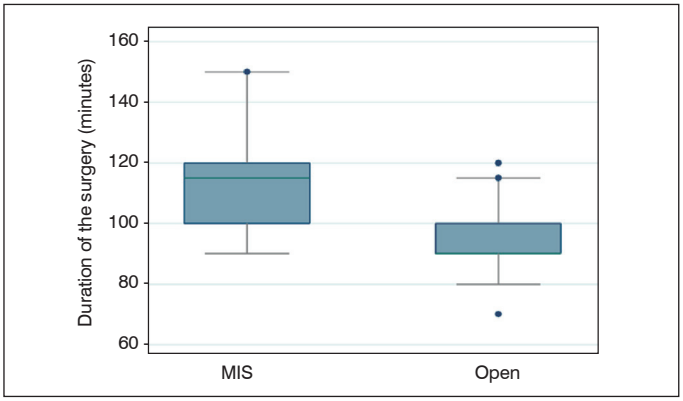


Figure 3. Operative Time by Surgical Technique.

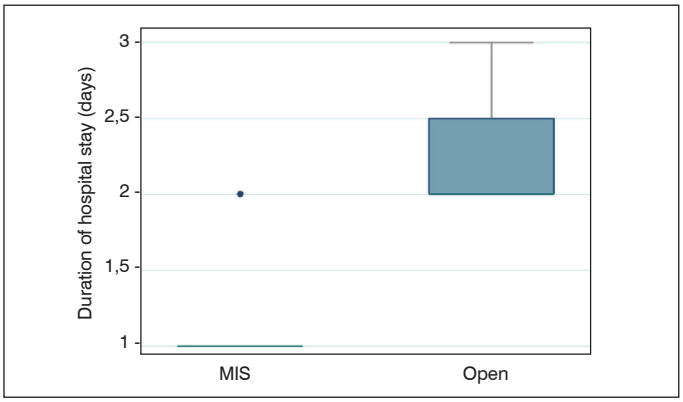


Figure 4. Hospitalization time by Surgical Technique.

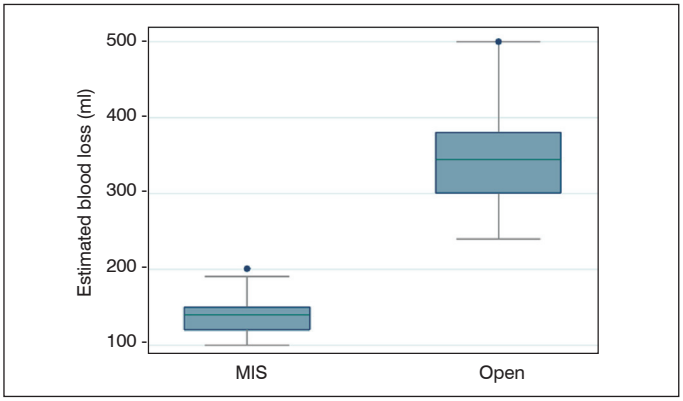


Figure 5. Blood Loss by Surgical Technique.

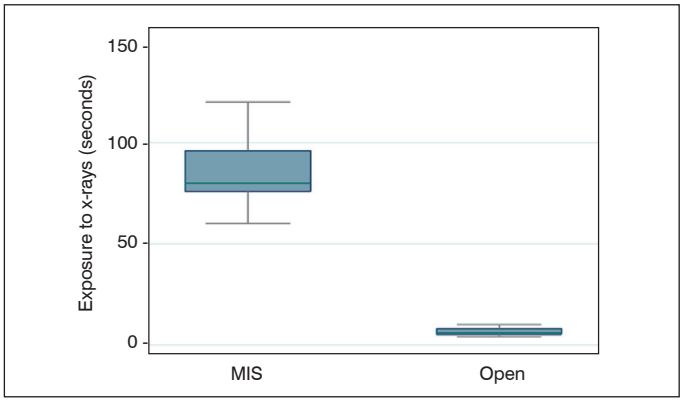


Figure 6. Exposure to X-rays by Surgical Technique.

Table 3. Summary of the Perioperative Results.

	MIS	OPEN	p Value
Operative time (minutes) Mean value (SD)	113 (18)	94 (11)	<0.001*
Hospitalization time (days) Mean value (SD)	1.1 (0.3)	2.2 (0.4)	<0.001*
Estimated blood loss (ml) Median value (IQR)	140 (120-150)	345 (300-380)	<0.001ǂ
X-ray exposure (seconds) Median value (IQR)	80 (76-96)	6 (5-8)	<0.001ǂ

*Student's t-test. ǂ Mann-Whitney test.

Results of the visual analogue scale for lumbar pain (lumbar VAS)

No statistically significant differences were observed in the preoperative lumbar VAS scores obtained for each surgical technique. In the MIS group the mean value was 6 points (SD 1.5); (CI 95%: 5.4–6.7), and in the open surgery cohort the mean value was 6.3 points (SD 1); (CI 95%: 6–6.6) (t= -0.862; p=0.39).

Twenty-four hours after surgery, the MIS cohort presented a mean lumbar VAS value of 2.3 points (SD 0.7); (CI 95%: 1.9–2.5), and the open surgery group had a mean value of 3 points (SD 0.7); (CI 95%: 2.8–3.2). We observed a statistically significant difference between both groups, with a lower value for lumbar pain in the MIS cohort (t= -4.055; p=0.0001).

One month after surgery, the MIS group showed a significantly lower lumbar VAS value compared to the patients in the open surgery group: mean value: 1.4 points (SD 0.5); (CI 95%: 1.2–1.6), versus mean value of 2 points (SD 0.8); (CI 95%: 1.7–2.2) (t=- 3.264; p=0.0018).

At month 3 postoperative, the same findings were observed, with significantly lower values in the MIS cohort compared to the values for the open surgery cohort: mean value 1 point (SD 0.7); (CI 95%: 0.7–1.3) versus mean value of 1.9 points (SD 0.6); (CI 95% 1.7–2.1) (t= -4.873; p=0.0000).

Finally, the lumbar VAS scores were significantly different between the surgical groups at 6 and 12 months postoperative, with lower values in the MIS group: at 6 months the MIS cohort showed a mean value of 1 point (SD 0.5); (CI 95%: 0.7–1.2) versus the open surgery cohort, which presented 1.8 points (SD 0.6); (CI 95%: 1.6–2) (t = -4.847; p=0.0000). Twelve months after surgery the values were: for the MIS group, mean of 0.8 points (SD 0.8); (CI 95%: 0.5–1.1), and for the open surgery cohort, 1.4 points (SD 0.5); (CI 95%: 1.2–1.5) (t =-3.433; p=0.001).

Results of the visual analogue scale for radicular pain (radicular VAS)

No statistically significant differences were observed in the radicular VAS scores obtained before the surgery, considering each surgical technique. In the MIS cohort we observed a mean value of 6.5 points (SD 1.5); (CI 95%: 5.8–7.1), and in the open surgery group, the mean value was 6.7 points (SD 1); (CI 95%: 6.4–7) (t= -0.859; p=0.393).

At 24 hours after surgery, no significant differences were found

between the groups: the MIS group showed a mean value of 1.6 points (SD 0.6); (CI 95%: 1.3–1.8), and the mean value for the open surgery cohort was 1.3 points (SD 0.9); (CI 95%: 1–1.5) (t = 1.434; p=0.15).

One month and 3 months after surgery, we did not find any significant differences either with regard to the radicular VAS scores: at 1 month, the MIS group showed a mean value of 1.2 points (SD 0.7); (CI 95%: 0.9–1.4), and the open cohort presented 1.1 points (SD 0.8); (CI 95%: 0.8–1.3) (t= 0.507; p=0.61). Three months after surgery, the mean value was 0.72 points (SD 0.6); (CI 95%; 0.5–0.9) in the MIS cohort, and 0.87 points (SD 0.7), (CI 95%; 0.6–1.1) in the open surgery cohort.

Conversely, 6 months after surgery, there were significant differences between both groups: the MIS cohort presented a mean of 0.4 points (SD 0.5); (CI 95%: 0.2–0.6), and the open group presented 0.8 points (SD 0.6); (CI 95%: 0.6–1) (t= -2.631; p=0.01).

Finally, we did not find any significant differences between the MIS and the open surgery cohorts at 12 months after surgery: 0.4 points (SD 0.2–0.6), (CI 95%: 0.2–0.6), and 0.6 points (SD 0.6), (CI 95%: 0.4–0.8), respectively (t= 1.355; p=0.18).

Although it was not possible to perform a statistical analysis of the differences between the scores over time, since the variables did not meet the necessary statistical requirements, in Figure 5 and 6 the pattern of the lumbar and radicular pain scale scores by surgical technique can be seen: there is a trend towards a greater reduction in the lumbar pain score with the MIS approach. In contrast, the lines showing intensity of radicular pain by technique meet at several time points, except for 6 months after surgery, when a difference in favor of the MIS technique can be observed; however, this difference decreases at 12 months after surgery, although the scores for the MIS approach continue to be lower than those of the open surgery (Figure 7 and 8).

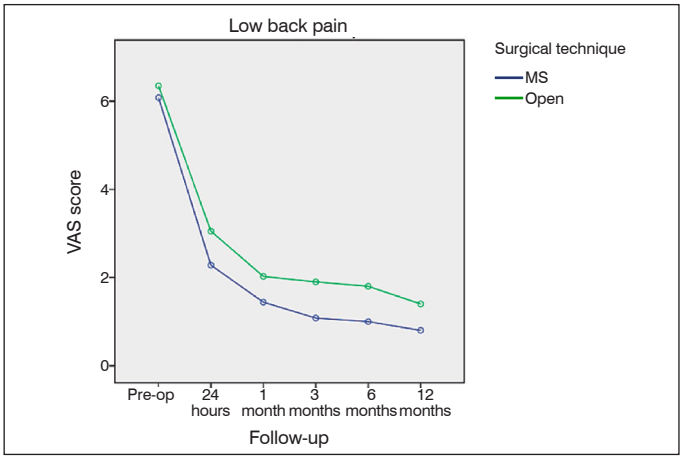


Figure 7. Lumbar VAS Pattern.

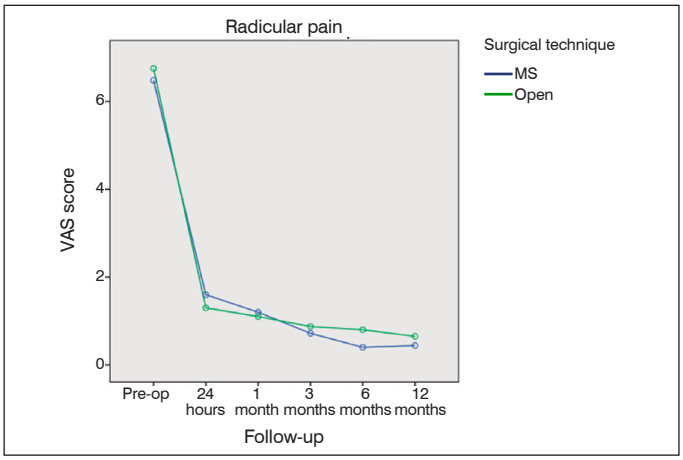


Figure 8. Radicular VAS Pattern.

Results of the Oswestry disability index (ODI)

The following conclusion was based on the multivariate analysis carried out to contrast the null hypotheses related to the effects where the within-subject factor is involved (ODI scores) without assuming sphericity, since the sphericity assumption was not met, according to the Mauchly's test (W=0.392; p=0.000).

Thus, after applying the repeated measures ANOVA test, we observed that although the mean values of the disability indices decreased over time with both surgical techniques, this reduction proved to be significantly greater in the MIS cohort (F=7.111; p=0.01) (Figure 7). The latter group of patients presented an average reduction in the disability index of 23.8 points 1 month after surgery, 27 points 6 months after surgery, and 30.1 points 12 months after surgery, exceeding the expected difference of 15 points between the pre- and post-surgery evaluations. In the case of the open surgery cohort, we also observed a decrease in the disability scores, albeit smaller, with an average reduction of 16.4 points at month 1, 21 points 6 months after surgery and 22.6 points 12 months after surgery (Figure 9).

Lastly, multiple comparisons were performed to evaluate the within-subject effects, and adjustments to the P-values, and the confidence intervals were determined using Bonferroni correction (Table 4).

It can be observed that prior to surgery, the differences in mean ODI scores between the two techniques did not reach statistical significance (p=0.224). Conversely, at 1, 6 and 12 months after surgery, significant differences were found, with lower ODI values in the MIS cohort (p=0.000; p=0.004 and p=0.000, respectively) (Table 4).

Complications

One case of implant displacement (PLIF) was observed in the MIS group, and one case of malpositioned implant was found in the open surgery cohort.

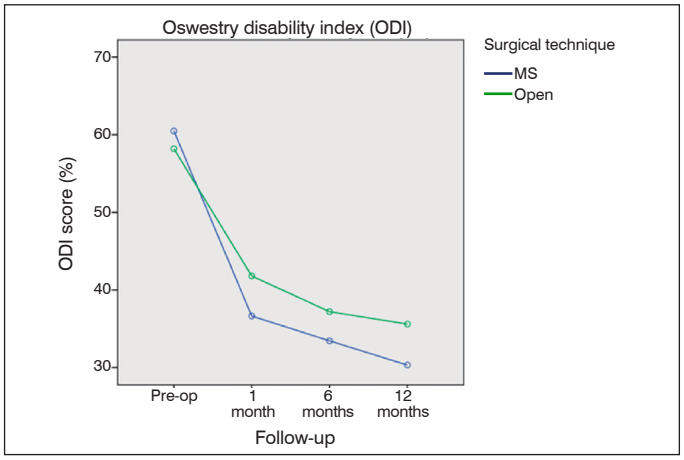


Figure 9. ODI Pattern by Surgical Technique.

Table 4. ODI Statistical Values.

ODI (%)	Surgical technique	N	Mean	SD	CI 95%	p value
Preoperative	Mis	25	60.4	5.2	57.5–63.3	0.224
	Open	40	58.2	8.3	55.8–60.0	
1 month after surgery	Mis	25	36.6	3.6	34.4–38.7	0.000
	Open	40	41.8	6.2	40–43.5	
6 months after surgery	Mis	25	33.4	6	31.4–35.4	0.004
	Open	40	37.2	4.1	35.6–38.7	
12 months after surgery	Mis	25	30.3	5.1	28.4–32.2	0.000
	Open	40	35.6	4.4	34.1–37	

DISCUSSION

Lumbar spine fusion is an effective method for the treatment of spondylolisthesis, lumbar degenerative disc disease and lumbar spinal stenosis. There are several surgical approaches to spinal fusion, such as posterior lumbar fusion, posterior lumbar interbody fusion (PLIF), transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF), and anterior lumbar interbody fusion (ALIF). At present, the use of MIS surgeries applied to lumbar fusion is increasing. Among its benefits, a reduction in blood loss and duration of hospital stay has been observed. However, the MIS procedures have a steep learning curve for surgeons.

In literature reviews on the perioperative results of MIS TLIF and transpedicular fusion with TLIF using conventional open surgery, different authors found significantly better outcomes in patients who underwent MIS TLIF compared to those who underwent open surgery. In a retrospective study that included 139 patients (76 in the MIS cohort and 63 in the open surgery cohort), Villavicencio et al.[14] found a reduced estimated blood loss rate and shorter hospitalization times in the MIS group (163 ml; 3 days), compared to the cohort who received open fusion with TLIF (366.8 ml; 4.2 days). Nevertheless, the operative time was shorter in the conventional open surgery cohort.

Dhall et al.[15] published a retrospective study with 21 patients in the MIS cohort and 21 in the open surgery cohort and compared lumbar fusion using both techniques. They observed a lower blood loss rate (194 vs 505 ml; p=0.000) and shorter hospital stay (3 vs 5.5 days; p=0.000) in the MIS TLIF group, compared to the results with fusion and TLIF using open surgery.

Schizas et al.[16] studied 18 patients undergoing a MIS technique and 18 patients undergoing conventional open surgery. They also found that the MIS TLIF group presented shorter hospital stay (6.1 vs 8.2 days; p= <0.05), less blood loss (550 vs 1,400 ml; p= < 0.01), and a reduction in pain, but a steeper learning curve.

In the present series, in concordance with the findings of Villavicencio et al. and Dhall et al., the results of the comparison between the MIS and the open surgery cohorts were more favorable in the former group with regard to the estimated blood loss (140 vs 345 ml; p=0.001) and hospitalization time (1.1 vs 2.2 days; p=0.001).

Peng et al.[17] compared the clinical and radiological results of patients who underwent a MIS technique (n=29) with patients who underwent a conventional open surgery (n=29). They observed that the MIS cohort presented a longer operating time (216 vs 170 min; p=<0.05), shorter hospitalization time (4 vs 6.7 days; p=<0.005) and reduced blood loss (150 vs 681 ml; p=<0.05).

In short, the results for hospitalization time and rates of blood loss were more optimal in the MIS group in all the above mentioned studies, including the present series. In relation to operative time, our study, similar to that of Peng et al., showed shorter duration in the MIS cohort compared to the open surgery group (113 vs 94 min, respectively; p= 0.000). Conversely, in a study including 53 patients, Scheufler et al.[18] found that operating time was equivalent in the MIS and open surgery cohorts, with no significant differences (132 vs 104 min, respectively; p= <0.05).

Wong et al.[19] were the first to describe the MIS TLIF technique, in early 2002, in 100 procedures. They found that operative time was longer in comparison to the group of open surgery. In a series published between 2006 and 2008, where 144 MIS TLIF procedures and 54 open surgeries were analyzed, the same authors observed that the patients who underwent MIS TLIF presented shorter operative time (2.5 hs) than the cohort undergoing open surgery (3.5 hs). This was due to the fact that the surgeons who performed the procedures had already overcome the initial learning curve required for the MIS TLIF technique.

In the same study, Wong et al. also observed that the MIS TLIF procedures were associated with a significant increase in X-ray exposure for patients, the surgeon, and the operating room staff. There was a 2.5-fold increase in millisievert (mSv) in the MIS TLIF group: 1.90 versus 0.75 mSv for the open TLIF surgery cohort (p= <0.01). Even though in the present series, the surgical team's exposure to X-ray was measured in seconds, not in millisieverts, our findings are in agreement with those of Wong: the subjects involved in the MIS procedure were subjected to greater X-ray exposure than those involved in the conventional open surgery (80 vs 6 seconds; P= 0.001).

Concerning postoperative pain, Jang and Lee[20] published a study showing a significant reduction in ODI scores (33 to 7.6; p=0.0001) in a sample population of 23 patients undergoing MIS TLIF without a control group.

Wong et al.[19] found an average preoperative lumbar VAS of 6.3 in the MIS cohort and 6.72 in the open surgery cohort. These scores decreased one year after surgery, to 1.05 in the MIS group and 1.7 in the open surgery cohort, but the difference was not significant (p= <0.01). The authors did not find any significant differences between both groups in the radicular VAS scores either, since the MIS cohort presented a preoperative score of 8.9, which decreased to 1.15, and in the case of the open surgery group, the preoperative value was 8.82 points which decreased to 1.3 one year after surgery (p= <0.01). One year after surgery both techniques showed a reduction in the VAS scores below the 3 points initially proposed as a postoperative goal.

In our series, lumbar pain was significantly reduced one year after surgery, compared to the preoperative values: the preoperative scores were 6 points for the MIS cohort and 6.5 points for the open surgery group. The after surgery lumbar pain values one year later dropped to 0.8 points in the MIS cohort and 1.4 points in the open surgery cohort, which shows that for both surgical techniques, lumbar pain scores are significantly reduced below the 3 points initially set. Furthermore, pain reduction was significantly greater in the MIS group in our series (p= 0.001).

It is worth noting that the pain reduction was observed early in our series, because 24 hours after surgery, the pain decreased to a mean value of 2.3 (CI 95%: 1.9–2.5) in the MIS group, with lesser decrease in the open surgery cohort, reaching 3 points (CI 95%: 2.8–3.2), and this reduction continued during the follow-up period.

Villavicencio et al.[14] did not find any significant differences in the lumbar VAS scores between both techniques 24 months after surgery: 3.4 points in the MIS cohort versus 3.2 points in the open surgery group (p= 0.8).

In relation to the functional results evaluated through the ODI scores, in the present series the preoperative value for the MIS cohort was 60.4, decreasing to 30.3 one year after surgery. In the conventional open group, the preoperative ODI score was 58.2, which dropped to 35.6 one year after surgery. The reduction in the ODI value in the MIS cohort was significantly greater compared to that of the open surgery value during the 12 month follow-up (p=0.01). In a prospective study of 23 patients, Jang and Lee[20] also observed a significant reduction in the mean ODI score from 33.1 to 7.6 in patients who had undergone MIS TLIF.

In Wong et al.'s study,[19] the preoperative ODI values for the MIS and open surgery cohorts (52.8 and 51.2, respectively) presented reduction to 18 and 21 in a year, respectively without statistically significant difference between the groups (p= >0.05).

In agreement with these findings, Deutsch and Musacchio[21] found, in a prospective study of 20 subjects, that 85% of patients undergoing MIS TLIF presented a reduction of 20 points in the ODI score. In our study, the mean reduction was 30.3 points for the MIS group and 22.6 for the open surgery cohort. The difference between MIS and open fixation was more than the 15 expected points, following the recommendations. This may be due to a shorter hospital stay in the case of the patients who underwent the MIS technique, which leads to earlier recovery, thus affecting this score.

CONCLUSION

The aim of the present study was to study the functional results of lumbar fusion as a treatment for degenerative disc disease using 360° MIS arthrodesis compared to the conventional open surgery. These findings were assessed by means of the VAS pain and ODI scales. The perioperative results were also evaluated considering

estimated blood loss, hospital stay, operative time and complications, with the following conclusions:

The use of a MIS technique presented less blood loss and a shorter hospital stay, compared to the group that underwent conventional open surgery; however, we observed longer operating times and greater X-ray exposure associated with a steeper learning curve than in the conventional surgery.

Both surgical techniques showed a significant reduction in lumbar and radicular pain scores, and in the case of the MIS cohort, the reduction in lumbar pain was significantly greater.

The ODI score was significantly lower in the MIS cohort compared to the open surgery group during the 12-month follow-up.

Immediate complications (dural tear, excessive bleeding), infection and postoperative neurologic lesion were not related to the type of surgery used.

There was 1 case of implant displacement in the MIS group (PLIF) and 1 case of implant malpositioning in the open surgery group.

All authors declare no potential conflict of interest related to this article.

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS: Each author made significant individual contributions to this manuscript. EG (0000-0003-49359711)*, MM (0000-0003-0001-8801)* and RS (0000-0003-3505-1584)* were the main contributors in writing the manuscript. EG, MM and RS performed the surgery, MM monitored the patients and RS collected the clinical data. OAS (0000-0001-7633-9164)* evaluated the data from the statistical analysis. EG and RS carried out the bibliographic research and revision of the manuscript and contributed to the intellectual concept of the study. *ORCID (Open Researcher and Contributor ID).

REFERENCES

1. Weinstein JN, Lurie JD, Tosteson TD, Zhao W, Blood EA, Tosteson ANA, et al. Surgical compared with nonoperative treatment for lumbar degenerative spondylolisthesis: four-year results in the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) randomized and observational cohorts. J Bone Joint Surg Am. 2009;91(6):1295–304.
2. Martin BI, Deyo RA, Mirza SK, Turner JA, Comstock BA, Hollingworth W, et al. Expenditures and health status among adults with back and neck problems. JAMA. 2008;299(6):656–64.
3. Bagan B, Patel N, Deutsch H, Harrop J, Sharan A, Vaccaro AR, et al. Perioperative complications of minimally invasive surgery (MIS): comparison of MIS and open interbody fusion techniques. Surg Technol Int. 2008;17:281–6.
4. Carreon LY, Puno RM, Dimar JR 2nd, Glassman SD, Johnson JR. Perioperative complications of posterior lumbar decompression and arthrodesis in older adults. J Bone Joint Surg Am. 2003;85(11):2089–92.
5. Thomsen K, Christensen FB, Eiskjaer SP, Hansen ES, Fruensgaard S, Bunger CE. 1997 Volvo Award winner in clinical studies. The effect of pedicle screw instrumentation on functional outcome and fusion rates in posterolateral lumbar spinal fusion: a prospective, randomized clinical study. Spine (Phila Pa 1976). 1997;22(24):2813–22.
6. King D. Internal fixation for lumbosacral fusion. J Bone Joint Surg Am. 1948;30A(3):560-5.
7. Boucher HH. A method of spinal fusion. J Bone Joint Surg Br. 1959;41-B(2):248–59.
8. Gaines RW Jr. The use of pedicle-screw internal fixation for the operative treatment of spinal disorders. J Bone Joint Surg Am. 2000;82(10):1458–76.
9. Pace KT, Dyer SJ, Stewart RJ, Honey RJ, Poulin EC, Schiachta CM, et al. Health-related quality of life after laparoscopic and open nephrectomy. Surg Endoscopy. 2003;17(1):143–52.
10. Topcu O, Karakayali F, Kuzu MA, Ozdemir S, Erverdi N, Eihan A, et al. Comparison of long-term quality of life after laparoscopic and open cholecystectomy. Surg Endoscopy. 2003;17(2):291-5.
11. Magerl FP. Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation. Clin Orthopod Relat Res. 1984;(189):125–49.
12. Mathews HH, Long BH. Endoscopy assisted percutaneous anterior interbody fusion with subcutaneous suprafascial internal fixation: Evolution of technique and surgical considerations. Orthop Int Ed. 1995;3:496–500.
13. Wiltse LL, Bateman JG, Hutchinson RH, Nelson WE. The paraspinal sacrospinalis-splitting approach to the lumbar spine. J Bone Joint Surg Am. 1968;50(5):919–26.
14. Villavicencio AT, Burneikiene S, Roeca CM, Nelson EL, Meson A. Minimally Invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion. Surg Neurol Int. 2010;1:12.
15. Dhall SS, Wang MY, Mummaneni PV. Clinical and radiographic comparison of mini-open transforaminal lumbar interbody fusion with open transforaminal lumbar interbody fusion in 42 patients with long-term follow-up. J Neurosurg Spine. 2008;9(6):560–5.
16. Schizas C, Tzinieris N, Tsiridis E, Kosmopoulos V. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion: Evaluating initial experience. Int Orthop. 2009;33(6):1683–8.
17. Peng CW, Yue WM, Poh SY, Yeo W, Tan SB. Clinical and radiological outcomes of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion. Spine (Phila Pa 1976) 2009;34(13):1385–9,
18. Scheufler KM, Dohmen H, Vougioukas VI. Percutaneous transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of degenerative lumbar instability. Neurosurgery. 2007;60(4 Suppl 2):203–12.
19. Wong AP, Smith ZA, Stadler JA 3rd, Hu XY, Yan JZ, Li XF, et al. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MI-TLIF): Surgical technique, long-term 4-year prospective outcomes, and complications compared with an open TLIF cohort. Neurosurg Clin N Am. 2014;25(2):279–304.
20. Jang JS, Lee SH. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion with ipsilateral pedicle screw and contralateral facet screw fixation. J Neurosurg Spine. 2005;3(3):218–23.
21. Deutsch H, Musacchio MJ. Minimally invasive transforaminal interbody fusion with unilateral pedicle screw fixation. Neurosurg Focus. 2006;20(3):E10.

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES PSICOMÉTRICAS DE ESCALAS ORTOPÉDICAS PARA DOR LOMBAR

COMPARATIVE EVALUATION OF THE PSYCHOMETRIC PROPERTIES OF ORTHOPEDIC SCALES FOR LOW BACK PAIN

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS PROPIEDADES PSICOMÉTRICAS DE ESCALAS ORTOPÉDICAS PARA DOLOR LUMBAR

Gabriel Justi Schmidt,[1] Ana Paula Bonilauri Ferreira,[2] Ricardo Pietrobon,[3] João Ricardo Nickenig Vissoci,[4] Ricardo André Acácio dos Santos,[5] Rodrigo Fetter Lauffer,[5] Carlos Henrique Maçaneiro[1]

1. Ortopedia e Traumatologia no Instituto de Ortopedia e Traumatologia de Joinville/ Hospital Municipal São José - Joinville, SC, Brasil
2. Departamento de Pesquisa Científica, Instituto de Ortopedia e Traumatologia de Joinville (IOT), Joinville, SC, Brasil
3. Universidade de Maryland, College Park, MD, EUA
4. Universidade de Duke, Departamento de Cirurgia, Divisão de Medicina de Emergência, Durham, Carolina do Norte, EUA

RESUMO

Objetivo: Avaliar a confiabilidade, capacidade de resposta e validade de quatro escalas para dor lombar e correlacionar essas escalas entre si e com a escala Self-Administered Comorbidity Questionnaire (SACQ). Métodos: Foram avaliadas as propriedades psicométricas de quatro escalas para dor lombar previamente selecionadas: Roland-Morris Disability Questionnaire (RMDQ), Quebec Back Pain Disability Scale (QBPDS), Waddell Disability Index (WDI) e Back Pain Functional Scale (BPFS) e a escala de comorbidades Self-Administered Comorbidity Questionnaire. Foram realizadas análises fatoriais exploratória e confirmatória, a confiabilidade e consistência interna foram medidas através de alfa de Cronbach e a validade através da correlação de escalas com a escala de comorbidades Self-Administered Comorbidity Questionnaire e através da análise das equações estruturais entre elas. Resultados: As escalas apresentaram indicadores adequados com base na estrutura fatorial e mostraram valores Kaiser-Meyer-Olkin acima de 0,90. Após a análise fatorial exploratória, todas as escalas apresentaram indicadores de aptidão adequados para um modelo de fator seguindo o mesmo padrão que as validações originais. Do mesmo modo, apresentaram boa consistência interna (alfa de Cronbach superior a 0,78). A única escala que apresentou cargas fatoriais que sugeriam a exclusão de algum item foi a Roland-Morris. Em relação à validade, as escalas apresentaram coeficientes de correlação positiva semelhantes à escala Self-Administered Comorbidity Questionnaire e entre si. Conclusão: Quanto às escalas avaliadas, essas apresentaram indicadores de confiabilidade e consistência interna semelhantes, de modo que não encontramos evidências suficientes para indicar uma escala sobre a outra. ***Nível de Evidência I; Estudos diagnósticos–Investigação de um exame para diagnóstico.***

Descritores: Lombalgia; Confiabilidade (Epidemiologia); Análise fatorial.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the reliability, response capacity and validity of four scales for low back pain and correlate these scales with each other and the Self-Administered Comorbidity Questionnaire (SACQ). Methods: We evaluated the psychometric properties of four previously selected scales for low back pain: the Roland-Morris Disability Questionnaire (RMDQ), the Quebec Back Pain Questionnaire (QBPDS), the Waddell Disability Index (WDI) and the Back Pain Functional Scale (BPFS) and Self-Administered Comorbidity Questionnaire (SACQ) comorbidity scale. Exploratory and confirmatory factor analyses were conducted. Reliability and internal consistency were measured by Cronbach's alpha. Validity was measured through correlation of the scales with the Self-Administered Comorbidity Questionnaire comorbidity scale and an analysis of the structural equations between them. Results: The scales showed adequate indicators based on the factor structure and showed Kaiser-Meyer-Olkin values above 0.90. After the exploratory factor analysis, all scales showed fit indicators suited to a factor model, following the same pattern as the original validations. Similarly, they showed good internal consistency (Cronbach's alpha greater than .78). The only scale that showed factor loadings suggesting the exclusion of any item was the Roland-Morris. In terms of validity, the scales showed positive correlation coefficients similar to the Self-Administered Comorbidity Questionnaire and between them. Conclusion: Regarding the scales evaluated, they showed similar indications of reliability and internal consistency, such that we did not find sufficient evidence to indicate one scale over another. ***Level of Evidence I; Diagnostic studies – Investigation of a diagnostic test.***

Keywords: *Low back pain; Reliability; Factor analysis.*

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la confiabilidad, capacidad de respuesta y validez de cuatro escalas para dolor lumbar y correlacionar estas escalas entre sí y con la escala Self-Administered Comorbidity Questionnaire (SACQ). Métodos: Fueron evaluadas las propiedades de cuatro escalas para dolor lumbar previamente seleccionadas: Roland-Morris Disability Questionnaire (RMDQ), Quebec Back Disability Scale (QBPDS), Waddell Disability Index (WDI) y Back Pain Functional Scale (BNPFS) y la escala de comorbilidades Self-Administered Comorbidity Questionnaire. Fueron realizados análisis factoriales exploratorio y confirmatorio, fueron medidas la confiabilidad y consistencia interna a través de

Estudo realizado no Instituto de Ortopedia e Traumatologia (IOT), Joinville, Brasil.
Correspondência: Ana Paula Bonilauri Ferreira. Departamento de Odontologia, Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE). Rua Paulo Malschitzki, 10, Joinville, SC, Brasil. 89219-501.
apbonilauri@gmail.com, ana.p@univille.net

CC BY

http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804177650

Recebido em 27/03/2017 aceito em 28/03/2019

alfa de Cronbach y la validez a través de la correlación con la escala de comorbilidades Self-Administered Comorbidity Questionnaire, y a través del análisis de las ecuaciones estructurales entre ellas. Resultados: Las escalas presentaron indicadores adecuados con base en la estructura de factorial y mostraron valores Kaiser-Meyer-Olkin por encima de 0,90. Después del análisis factorial exploratorio, todas las escalas presentaron indicadores de aptitud adecuados para un modelo de factor siguiendo el mismo patrón que las validaciones originales. Del mismo modo, presentaron buena consistencia interna (alfa de Cronbach mayor que 0,78). La única escala que presentó cargas factoriales que sugerían la exclusión de algún ítem fue la Roland-Morris. Con relación a la validez, las escalas presentaron coeficientes de correlación positiva similares a la escala Self-Administered Comorbidity Questionnaire y entre sí. Conclusión: Cuanto a las escalas evaluadas, éstas presentaron indicadores de confiabilidad y consistencia interna semejantes, por lo que no encontramos evidencias suficientes para indicar una escala sobre otra. ***Nivel de evidencia I; Estudios diagnósticos - Investigación de un examen para diagnóstico.***

Descriptores: *Dolor de la región lumbar; Fiabilidad; Análisis factorial.*

INTRODUÇÃO

Atualmente, a lombalgia é um problema de saúde internacional. Estima-se que 70% da população nos países desenvolvidos apresentarão este sintoma em algum momento da vida.[1-3] Dor lombar é a segunda causa mais frequente de atendimento médico, atrás somente das afecções do trato respiratório superior.[4,5] É a causa mais comum de incapacidade no trabalho nos Estados Unidos, em pessoas com idade inferior a 45 anos.[6,7] Segundo estatística americana existe um custo individual de U$ 8,000 por pessoa com lombalgia, e o custo total anual com esta patologia é de 38 a 50 bilhões de dólares.[8]

Questionários de auto-relato de lombalgia como, *Roland-Morris Disability Questionnaire* (RMDQ),[9] *Quebec Back Pain Disability Scale* (QBPDS),[10] *Waddell Disability Index* (WDI)[11] e *Back Pain Functional Scale* (BPFS)[12] são rotineiramente utilizados em ambulatórios médicos e em estudos clínicos, pois permitem avaliar condições dos pacientes antes e após determinado tratamento, monitorizando o curso da doença, além de permitir a comparação de resultados em estudos multicêntricos.[13-15] Estas escalas para dor lombar já tiveram suas propriedades psicométricas testadas e publicadas com pacientes ambulatoriais. Porém, pelo nosso atual conhecimento, este é o primeiro estudo que compara as propriedades psicométricas destas escalas com a população geral dos EUA que apresentam sintomas de dor lombar, através da plataforma online *Amazon's Mechanical Turk* (MTurk). O MTurk é um *website* que contém um desenho de estudo simplificado de coleta de dados e amplo recrutamento de participantes, ou seja, os principais requisitos para conduzir pesquisa.[16]

O objetivo de trabalho é comparar as propriedades psicométricas de quatro questionários auto aplicados para dor lombar através da plataforma *Mechanical Turk* e normalizar os resultados comparando as escalas entre si e com o *Self Administered Comorbidity Questionnaire* (SACQ).

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade Uningá (Maringá - PR), número do protocolo FR 489024. O consentimento informado foi apresentado na primeira página do questionário *on-line* com uma descrição do estudo e do seu propósito. Na sequência, havia duas alternativas "*Yes, I accept*" ou "*No, I don't accept*". Os participantes do trabalho concordaram em assinar o termo de consentimento livre e esclarecido. Caso o respondente não concordasse com os termos do consentimento informado, ele/ela era levado automaticamente para o fim da pesquisa.

A coleta dos dados foi realizada através do *website* MTurk (http://www.mturk.com), o qual permite a obtenção de dados de pesquisa em um curto intervalo de tempo e baixo custo. Seu funcionamento se dá através das HITs (*human intelligence tasks*)[17] que são tarefas criadas por pesquisadores (*requesters*) a serem completadas pelos *workers* (*paid task workers*).[16] Após completar o questionário o trabalhador recebe uma compensação financeira, geralmente abaixo de um dólar americano.[18]

Estudos realizados pelo MTurk sugerem que os participantes são internamente motivados a participar das *tasks*, e não pela recompensa monetária. A qualidade dos dados obtidos através do MTurk vai de encontro ou excede os padrões psicométricos associados a pesquisas publicadas.[16]

Um total de 395 participantes preencheram um questionário demográfico, quatro questionários específicos para dor lombar e um de comordidades, os quais serão descritos abaixo. Utilizamos um programa de computador de pesquisa na internet chamado Qualtrics (http://www.qualtrics.com/) para inserir os questionários do MTurk. Os participantes acessaram um *link* que os direcionou direto ao Qualtrics. Foi programado um filtro para que somente os participantes com dor lombar pudessem participar. Nós também informamos que os resultados seriam utilizados em pesquisa médica e sugerimos que as respostas fossem honestas. O Qualtrics coleta as respostas e formata os dados em uma planilha do Excel.

QUESTIONÁRIOS DE DOR LOMBAR

Roland-Morris Disability Questionnaire

Esta escala consiste em 24 perguntas tipo sim/não relacionados a funções físicas para avaliar especificamente a disfunção causada pela dor lombar e quanto isso acomete o indivíduo nas últimas 24 horas. É um questionário auto-aplicado pelo paciente e pode ser completado em no máximo 5 minutos. Na escala, 1 ponto é atribuído a cada resposta positiva e o score final pode variar de 0 (sem disfunção) a 24 (disfunção severa).[9]

Quebec Back Pain Disability Scale

Uma escala de condição específica com 20 itens, que avalia o grau de disfunção em atividades diárias em pacientes com lombalgia. É uma escala auto-aplicada pelo paciente e pode ser respondida em 5 a 10 minutos. Cada uma de 20 atividades da vida diária recebe uma escala de pontuação variando de 0 ("sem qualquer dificuldade") a 5 ("incapaz de fazer"). Os pontos são somados de modo a obter o escore de disfunção, que varia de 0 a 100.[10]

Waddell disability index

escala com 9 perguntas tipo sim/não, que avaliam as atividades da vida diária comumente restritas pela lombalgia. O resultado final é calculado pela soma dos itens positivos e varia de 0 a 9. O questionário é fácil de ser aplicado e preenchido em cerca de 5 minutos.[11]

Back Pain Functional Scale

Questionário de 12 itens que avalia atividades da vida diária relacionadas a dor lombar. Cada item é pontuado de acordo com uma escala de 6 pontos, onde 0 significa inabilidade em realizar a atividade e 5 sem dificuldade. O escore final varia de 0, representando o pior nível funcional a 60, representando o melhor nível funcional.[12]

Self Administered Comorbidity Questionnaire

Questionário auto-aplicado, curto e compreensível para aferir comorbidades. É altamente reproduzível e possui uma correlação moderadamente forte com o Índice de Charlson,[19] um índice médico padrão de comorbidades.[20]

Análise estatística

Análise descritiva e as características de todos os sujeitos da pesquisa foram aplicadas através de médias e percentuais com intervalo de confiança de 95%.

Propriedades psicométricas

Confiabilidade (Consistência Interna)

A consistência interna é a inter-relação entre os itens de uma escala.[21] Itens diferentes em um questionário podem fazer as mesmas perguntas de uma forma um pouco diferente para obter de forma confiável a opinião do entrevistado ou nível de função. Usamos alfa de Cronbach para determinar a consistência interna, com coeficientes acima de 0,70 indicando boa consistência interna.

Validade

Validade diz respeito ao grau ao qual um instrumento mede o que se pretende medir.[22] A validade constructa refere-se à quão bem um instrumento mede quando comparado com instrumentos de propósitos e dimensões semelhantes ou diferentes.[23] Usamos a validade constructa para encontrar a correlação com cada resultado. A correlação entre as escalas de lombalgia e SACQ foi feita pela correlação ajustada para distribuição normal dos dados.

Análise Fatorial (Análise Fatorial Exploratória e Análise Fatorial Confirmatória)

Para investigar a estrutura interna das escalas utilizamos a análise fatorial exploratória (AFE) de modo a reduzir as variáveis a fatores de variância. O número de fatores testados foi determinado pelo Eigen-values (números maiores que 1.00), análise de enredo, comunalidade e fator de interpretabilidade (modelo com fundamentação teórica). A AFE foi feita com o método Principal Axis de extração e rotação Promax (oblíqua) e o ponto de corte de 0.40 foi definido por cargas fatoriais.

Modelos desenvolvidos pela AFE foram testados pela análise fatorial confirmatória (AFC) na forma de um modelo de medida composto pelos modelos variáveis latentes. Este procedimento avaliou o modelo de ajuste e adequação pelos indicadores de aptidão, cargas fatoriais e confiabilidade individual de cada item. Máxima verossimilhança foi o método de estimação, devido a normalidade multivariada. Indicadores modelo de aptidão foram: qui-quadrado, raiz quadrada média do erro de aproximação (RMSEA) (valores inferiores a 0,05 são considerados como ajuste adequado); *Comparative Fit Index* (CFI) (valores superiores a 0,95 são aceitos como bom ajuste); *Goodness-of-fit Index* e *Adjusted Goodnes of fit index* (GFI/AGFI) (valores superiores a 0,90 são interpretados como ajuste aceitável); Índice Tucker-Lewis (TLI) (ajuste aceitável, com valores superiores a 0,97) e critério de informação de Akaike, critérios de informação Bayesian e índice de validação cruzada esperado (AIC/BIC/MECVI) (valores mais baixos indicam melhor modelo quando comparado a outros).[24]

RESULTADOS

A maioria dos participantes foi do sexo masculino (n = 256, 64%), asiáticos (n = 229, 57%), solteiros (n = 213, 53%) e com nível superior completo (n = 269, 68%). (Tabela 1)

Todas as escalas apresentaram indicadores adequados com base na sua estrutura fatorial e mostraram valores Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) acima de 0,90. A análise fatorial exploratória (AFE) confirmou a estrutura fatorial original para todas as escalas, avaliando apenas um constructo latente - dor. Somente a BPFS mostrou Eigen-values acima de 1, o que sugere a possibilidade de mais de um fator a ser retido na AFE para todas as outras escalas. No entanto, os resultados de screeplot e KMO confirmaram a hipótese de apenas um fator para todas as escalas. A estrutura fatorial da BPFS apresentou maior quantidade de produto de variância explicada, no entanto, foi o único com valores de comunalidade que sugeriam problema. A única escala que apresentou cargas fatoriais que sugeriam a exclusão (comunalidade acima de 0,50 ou nenhum fator de carga abaixo de 0,40) foi o RMDQ no item 2, que mostrou uma pequena carga fatorial (<0,40). Após a análise do comportamento de itens em AFE todas as escalas apresentaram indicadores de aptidão adequados para um modelo de fator, seguindo o mesmo modelo que as validações originais. (Tabela 2)

Tabela 1. Demografia.

Demografia	n = 395 (%)
Idade (média ± dp)	31,89±11,22
Sexo	
Masculino	256 (64,8)
Feminino	139 (35,2)
Raça	
Caucasiano	120 (30,3)
Afro-Americano	8 (2)
Asiático	229 (57,9)
Nativo-Americano	6 (1,5)
Oceânico	2 (0,5)
Outros	29 (7,3)
Estado civil	
Solteiro	213 (53,9)
Casado	172 (43,5)
Separado	8 (2)
Viúvo	1 (0,3)
Escolaridade	
Ensino Básico Incompleto	1 (0,3)
Ensino Básico Completo	2 (0,5)
Ensino Fundamental Incompleto	1 (0,3)
Ensino Fundamental Completo	3 (0,7)
Ensino Médio Incompleto	5 (1,2)
Ensino Médio Completo	39 (9,8)
Ensino Superior Incompleto	74 (18,7)
Ensino Superior Completo	269 (68,1)

Todas as escalas apresentaram boa consistência interna (alfa de Cronbach superior a 0,78), indicando alta consistência no padrão de resposta. Considerando a validade, todas as escalas apresentaram coeficientes de correlação positiva moderada semelhantes (0,45-0,47), com correlações positivas SACQ e forte entre os escores das escalas. (Tabela 3)

DISCUSSÃO

Para o nosso conhecimento, este é o primeiro estudo comparando as propriedades psicométricas de quatro questionários utilizados para auto-avaliação de dor lombar em uma população genérica através do Mechanical Turk e normalizando os resultados, comparando as escalas entre si e com a SACQ. De uma maneira geral, as quatros escalas avaliadas demonstraram adequada consistência interna, confiabilidade e validade para avaliar pacientes com lombalgia.

Todas as escalas estudadas apresentaram indicações para a mesma estrutura fatorial original, ou seja, um único constructo. Entretanto, as análises fatoriais realizadas no nosso estudo apontaram que todas as escalas apresentaram indicadores de que poderiam ter mais fatores. O mesmo foi relatado em estudos sobre a WDI, onde a análise dos componentes não conseguiu demonstrar uma única construção satisfatória. Conforme o autor, quatro medidas de movimento poderiam ser combinadas, porém, a estrutura fatorial para 4 fatores apresentou-se fraca.[11-25] A escala QBPDS validada para os idiomas húngaro[26] e grego[27] tiveram as AFE realizadas e encontrou-se quatro e seis fatores, respectivamente. Não encontramos na literatura artigos que tenham realizado a AFE das escalas RMDQ e BPFS. E nenhum artigo cita a realização da CFA, a qual foi realizada para todas as escalas em nosso estudo.

A confiabilidade das escalas foi medida pelo coeficiente alfa de Cronbach, sendo considerada adequada para valores acima de 0.7. Os resultados obtidos no nosso estudo variaram de 0.78 (WDI) a 0.93 (BPFS). Um estudo prévio que avaliou as propriedades psicométricas da escala RMDQ encontrou valor semelhante (0.96).[28] Da mesma,

Tabela 2. Valores de Análise Fatorial Exploratória e Análise Fatorial Confirmatória.

	Roland Morris Disability Questionnaire	***Quebec Back Pain Disability Scale***	***Waddell Disability Index***	***Back Pain Functional Scale***
EFA				
KMO	0,939	0,943	0,834	0,935
Eigen-Values*	8,23, 1,51, 1,19	8,05, 1,22, 1,18	3,30, 1,02	6,86
*ScreePlot***	1	1	1	1
Commonalities	0,43 - 0,13	0,49 - 0,23	0,36 - 0,18	0,65 - 0,32
Variância Explicada	0,32	0,37	0,29	0,53
Carga Fatorial	Q2 excluído	Sem exclusões	Sem exclusões	Sem exclusões
AFC				
X2 (Df)	562,97 (230), p=6,4329e-30	508,36 (170) p=1,976e-35	106,84 (27) p=1,8904e-11	383,17 (54) p=3,9378e-51
GFI/AGFI	0,877 / 0,853	0,875 / 0,846	0,939 / 0,898	0,845 / 0,776
RMSEA	0,060	0,071	0,086	0,124
TLI	0,876	0,874	0,842	0,861
CFI	0,888	0,887	0,881	0,886
SRMR	0,050	0,052	0,056	0,054

* Valores maiores que 1. ** Número relacionado a virada da trama *Scree*. AFE= Analise Fatorial Exploratória; KMO=Kaiser-Meyer-Olkin; AFC= Análise Fatorial Confirmatória; Df=Degree of Freedom; GFI=Goofness-of-fit Index; AGFI=Adjusted Goodness of fit Index; RMSEA=Raiz do Erro Quadrático Médio; TLI=Índice de Tucker-Lewis; CFI=Comparative Fit Index; SRMR=Raiz do Resíduo Quadrático Médio.

Tabela 3. *Validade e Confiabilidade das quatro escalas de dor lombar.*

	Alfa de Cronbach	**Correlação com SACQ**
	α (IC)	**R (P-value)**
Roland Morris Disability Questionnaire	0,91 (0,89;0,92)	0,45 (0,001)
Quebec Back Pain Disability Scale	0,92 (0,91;0,93)	0,51 (0,001)
Waddell Disability Index	0,78 (0,74;0,81)	0,47 (0,001)
Back Pain Functional Scale	0,93 (0,91;0,94)	0,47 (0,001)

IC= Intervalo de confiança; R=Confiabilidade.

forma, estudos que traduziram e validaram a escala de RMDQ para outros idiomas obtiveram valores próximos ao nosso (0.91), na tradução ao persa, o valor encontrado foi de 0.83;[29] (para o alemão, 0.81);[30] espanhol, 0.84;[31] turco, 0.85;[32] grego, 0.88[33] e japonês 0.86.[34] Confirmando assim, a homogeneidade dos itens dessa escala. Artigos que traduziram a escala QBPDS para os idiomas holandês,[35] turco[36] e árabe[37] encontraram valores entre 0.92 e 0.95, ou seja, valores próximos ao nosso (0.92). Quanto à escala WDI, foi a que obteve o menor valor de consistência interna (0.78), comparada às outras. Esse achado corrobora com um estudo anterior que encontrou 0.86 a 0.98 de alfa de Cronbach.[25] Uma vez que esta escala não leva em consideração atividades laborais, físicas e cuidados pessoais e as perguntas não estão relacionadas a um determinado período de tempo, isso pode ser uma explicação para menores valores de consistência interna. E por fim, a escala BPFS apresentou um valor alto de consistência interna (0.93), indo de encontro ao resultado de um estudo prévio, que também encontrou o valor de 0.93.[12]

Quando consideramos a propriedade psicométrica de validade comparando as escalas investigadas com a escala de comorbidades SACQ, nossos resultados indicam que todas as escalas mostraram padrões de correlação diferentes entre dor lombar e algumas comorbidades. Já, fazendo as correlações entre as próprias escalas, estas foram de moderadas a altas. Em um estudo anterior de validação da escala QBPDS para o idioma árabe correlacionou a QBPDS com a escala *Oswestry Disability Index* (ODI) e *Numeric Pain Rating Scale* (NPRS) e apresentou alta correlação.[37] Essa mesma escala traduzida para o idioma persa foi correlacionada com RMDQ e apresentou excelente correlação QBPDS = 0.92 e RMDQ = 0.83.[29]

As escalas de RMDQ e QBPDS frente a análise estatística de Mousavi et al.[29] em sua tradução ao Persa de ambas as escalas encontrou, assim como nós, uma relação entre a dor lombar e graus de incapacidade, este mesmo autor também encontrou uma relação significante entre essas escalas e a mensuração da dor do paciente.

No entanto não podemos assegurar que haja relação direta entre a dor que o paciente sente e sua real incapacidade física. Fato também observado por Maaroufi et al.[28] e Stratford, Binkley, Riddle[12] que conseguiram estabelecer boa correlação entre a escala de RMDQ e a aferição de dor (r = 0.32, p=0.005); no entanto, houve falha em associar a escala com outras variáveis como a duração da dor por exemplo.

Quanto à escala BPFS, esta mostrou se correlacionar na mesma direção que a variável incapacidade.[12]

CONCLUSÃO

Todas as escalas apresentaram bons indicadores de confiabilidade e consistência interna, com destaque à escala WDI que apresentou pior valor de confiabilidade, apesar de ainda ser um valor aceitável. Portanto, uma vez que a confiabilidade foi semelhante, não podemos indicar uma escala sobre a outra baseado na magnitude de valores absolutos de consistência interna.

Uma das limitações deste trabalho foi a dificuldade de encontrar artigos na literatura que exploraram a estrutura fatorial das escalas. No entanto, isso não interferiu em nossos resultados.

Um aspecto positivo foi a utilização do MTurk, o que nos permitiu agrupar uma amostra heterogênea de participantes de modo rápido. Isso reforça o MTurk como um meio eficaz de coleta de dados para novos estudos.

Novas pesquisas obtidas com nossa amostragem serão realizadas no sentido de equalizar os valores das escalas.

Todos os autores declaram não haver nenhum potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Concepção e design foi realizado por GJS (0000-0002-7055-6018)*. A coleta e montagem de dados foram realizadas por APBF (0000-0002-9885-5183)*, RP (0000-0003-2996-2193)*, JRNV (0000-0001-7276-0402)*. A análise e interpretação de dados foram realizadas por CHM (0000-0003-4838-3031)*, RFL (0000-0002-1105-486X)*, RAAS (0000-0003-2901-5583)*, GJS (0000-0002-7055-6018)* e RP (0000-0003-2996-2193)*. A escrita manuscrita foi realizada por GJS, APBF, JRNV. Todos os autores leram e aprovaram o manuscrito final. *ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).

REFERÊNCIAS

1. Jarvik JG, Comstock BA, Bresnahan BW, Nedeljkovic SS, Nerenz DR, Bauer Z, et al. Study protocol: The back pain outcomes using longitudinal data registry. BMC Musculoskelet Disord. 2012;13:64.
2. Seon-Yu K, Lee IS, Kim BR, Lim JH, Lee J, Koh SE, et al. Magnetic Resonance Findings of Acute Severe Lower Back Pain. Ann Rehabil Med. 2012;36(1):47-54.
3. Chanda ML, Alvin MD, Schnitzer TJ, Apkarian AV. Pain characteristic differences between subacute and chronic back pain. J Pain. 2011;12(7):792–800.
4. Casazza BA. Diagnosis and treatment of acute low back pain. American Family Physician. 2012;85(4):343-50.
5. Cruz RM, Sardá Junior JJ. Diagnóstico de Aspectos Emocionais Associados á Lombalgia e á Lombociática. Aval Psicol. 2003;2(1):29-33.
6. Bradley Junior WG. Low Back Pain. Am J Neuroradiol. 2007;28:990-2.
7. Deyo RA, Weinstein JN. Low Back Pain. N Engl J Med. 2001;344(5):363-70.
8. Atlas SJ, Deyo RA. Evaluating and Managing Acute Low Back Pain in the Primary Care Setting. J Gen Intern Med. 2001;16(2):120-31.
9. Roland MO, Morris RW. A study of the natural history of back pain. Part 1: Development of a reliable and sensitive measure of disability in low back pain. Spine (Phila Pa 1976). 1983;8(2):141-4.
10. Kopec JA, Esdaile JM, Abrahamowicz M, Abenhaim L, Wood-Dauphinee S, Lamping DL, et al. The Quebec Back Pain Disability Scale: Conceptualization and Development. J Clin Epidemiol. 1996;42(2):151-61.
11. Waddell G, Main CJ. Assessment of Severity in Low-Back Disorders. Spine (Phila Pa 1976). 1984;9(2):204-8.
12. Stratford PW, Binkley JM, Riddle DL. Development and Initial Validation of the Back Pain Functional Scale. Spine (Phila Pa 1976). 2000;25(16):2095-102.
13. Stratford PE, Binkley JM, Riddle DL. Development and Initial Validation of the Back Pain Functional Scale. Spine (Phila Pa 1976). 1999;25(16):2095–102.
14. de Groot V, Beckerman H, Lankhorst GJ, Bouter LM. How to measure comorbidity: a critical review of available methods. J Clin Epidemiol. 2003;56(3):221-9.
15. Longo UG, Loppini M, Denaro L, Maffulli N, Denaro V. Rating scales for low back pain. Br Med Bull. 2010;94:81-144.
16. Buhrmester M, Kwang T, Gosling S. Amazon's Mechanical Turk A New Source of Inexpensive, Yet High-Quality. Perspectives on Psychological Science. 2011;6(1):3-5.
17. Mason W, Suri S. Conducting behavioral research on Amazon's Mechanical Turk. Behav Res Methods. 2012;44(1):1-23.
18. Rand DG. The promise of Mechanical Turk: How online labor markets can help theorists run behavioral experiments. J Theor Biol. 2012;299:172–9.
19. Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. J Chronic Dis. 1987;40(5):373-83.
20. Sangha O, Stucki G, Liang MH, Fossel AH, Katz JN. The Self-Administered Comorbidity Questionnaire: A New Method to Assess Comorbidity for Clinical and Health Services Research. Arthritis Rheum. 2003;49(2):156–63.
21. Mokkink LB, Terwee CB, Patrick DL, Alonso J, Stratford PW, Knol DL, et al. The COSMIN study reached international consensus on taxonomy, terminology, and definitions of measurement properties for health-related patient-reported outcomes. J Clin Epidemiol. 2010;63(7):737-45.
22. Polit DF, Hungler BP. Nursing research: Principles and methods. 3rd edition. Philladelphia: Lippincott; 1993.
23. Michener LA, Leggin BG. A review of self-report scales for the assessment of functional limitation and disability of the shoulder. J Hand Ther. 2001;14(2):68-76.
24. Schermelleh-Engel K, Moosbrugger H, Müller H. Evaluating the fit of structural equation models: Test of significance and descriptive goodness-of-fit measures. MPR- Online. 2003;8(2):23-74.
25. Waddell G, Somerville D, Henderson I, Newton M. Objective Clinical Evaluation of Physical Impairment in Chronic Low Back Pain. Spine (Phila Pa 1976). 1992;17(6):617-28.
26. 26. Valasek T, Varga PP, Szoverfi Z, Kumin M, Fairbank J, Lazary A. Reliability and validity study on the Hungarian versions of the oswestry disability index and the Quebec back pain disability scale. Eur Spine J. 2013;22(5):1010-8.
27. Christakou A, Andriopoulou M, Asimakopoulos PJ. Validity and reliability of the Greek version of the Quebec Back Pain Disability Scale. J Back Musculoskelet Rehabil. 2011;24(3):145-54.
28. Mâaroufi H, Benbouazza K, Faïk A, Bahiri R, Lazrak N, Abouqal R, et al. Translation, Adaptation, and Validation of the Moroccan Version of the Roland Morris Disability Questionnaire. Spine (Phila Pa 1976). 2007;32(13):1461–5.
29. Mousavi JS, Parnianpour M, Mehdian H, Montazeri A, Mobini B. The Oswestry Disability Index, the Roland-Morris Disability Questionnaire, and the Quebec Back Pain Disability Scale: Translation and Validation Studies of the Iranian Versions. Spine (Phila Pa 1976). 2006;31(14):E454–9.
30. Weisinger GF, Nuhr M, Quittan M, Ebenbichler G, Wölfl G, Fialka-Moser V. Cross-cultural adaptation of the Roland-Morris questionnaire for German-speaking patients with low back pain. Spine (Phila Pa 1976). 1999;24(11):1099–103.
31. Kovacs FM, Liobera J, Gil del Real MT, Abraira V, Gestoso M, Fernández C, et al. Validation of the Spanish version of the Roland-Morris questionnaire. Spine (Phila Pa 1976). 2002;27(5):538–42.
32. Kueukdevec AA, Tennant A, Elhan AH, Niyazoglu H. Validation of the Turkish version of the Roland-Morris Disability Questionnaire for use in low back pain. Spine (Phila Pa 1976). 2001;26(24):2738–43.
33. Boscainos PJ, Sapkas G, Stilianessi E, Prouskas K, Papadakis SA. Greek versions of the Oswestry and Roland-Morris Disability Questionnaires. Clin Orthop Relat Res. 2003;(411):40–53.
34. Fujiwara A, Kobayashi N, Saiki K, Kitagawa T, Tamai K, Saotome K. Association of the Japanese Orthopaedic Association score with the Oswestry Disability Index, Roland-Morris Disability Questionnaire, and short-form 36. Spine (Phila Pa 1976). 2003;28(14):1601–7.
35. Schoppink LEM, van Tulder MW, Koes BW, Beurskens SA, de Bie RA. Reliability and Validity of the Dutch Adaptation of the Quebec Back Pain Disability Scale. Phys Ther. 1996;76(3):268–175.
36. Melikoglu AM, Kocabas H, Sezer I, Bilgilisoy M, Tuncer T. Validation of the Turkish Version of the Quebec Back Pain Disability Scale for Patients With Low Back Pain. Spine (Phila Pa 1976). 2009;34(6):E219–24.
37. Alnahhal A, May S. Validation of the Arabic Version of the Back Pain Disability Scale. Spine (Phila Pa 1976). 2012;37(26):E1645-50.

PROPHYLACTIC OF STRESS FRACTURES OF VERTEBRAE ADJACENT TO TRANSPEDICULAR SCREW FIXATION FOR OSTEOPOROSIS

PROFILAXIA DAS FRATURAS POR ESTRESSE DE VÉRTEBRAS ADJACENTES À FIXAÇÃO COM PARAFUSO TRANSPEDICULAR EM OSTEOPOROSE

PROFILAXIA DE LAS FRACTURAS POR ESTRÉS DE VÉRTEBRAS ADYACENTES A LA FIJACIÓN DE TORNILLO TRANSPEDICULAR EN OSTEOPOROSIS

Igor Basankin,[1] Vladimir Porkhanov,[1] Karapet Takhmazyan,[1] Asker Afaunov,[2] Dmitrii Ptashnikov,[3] Olga Ponkina,[1] Marina Tomina,[2] Sergey Malakhov,[1] Vladimir Shapovalov[1]

1. Research Institute Krasnodar Regional Hospital 1, Krasnodar, Russia.
2. Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia.
3. Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R. R. Vreden, Saint-Petersburg, Russia

ABSTRACT

Objective: To assess the efficacy and use of vertebroplasty as a prophylactic measure to prevent stress fractures of vertebrae adjacent to transpedicular screw fixation with augmentation for osteoporosis. Methods: An experimental cadaveric study was performed to assess the overall strength of 10 cadaveric blocks of T10-L4 vertebral segments with simulation of L1 fracture and T12-L2 transpedicular 4-screw system with augmentation. T11 and L2 vertebroplasty cranial and caudal to the transpedicular system was performed in 5 blocks in the main group. Stress testing of the blocks was performed by placing them under a vertically directed load until destruction. Results: Vertically directed load on the blocks in the main group (0.84 ± 0.39831 kN) resulted in T11 vertebrae fractures. Vertebrae with augmentation were resistant to the load in the main group. T10 vertebrae fractures in the blocks of the main group occurred at a load of 1.91 ± 0.40566 kN. Conclusion: 1. The adjacent T11 vertebra is the weakest vertebra in the anatomical blocks of T10-L4 vertebral segments with simulation of L1 fracture (type A according to the AO/MagerI classification) and the T12-L2 4-screw transpedicular system with augmentation. 2. Bone cement injection into the T11 cranial vertebra adjacent to the level of fixation increases the overall strength of the blocks 3. Vertebroplasty of the overlying vertebra is an effective way to prevent its fracture and in case of osteoporosis. 4. Prophylactic vertebroplasty of the vertebra caudal to the level of fixation is unnecessary due to the insignificant risk of a fracture. ***Level of Evidence III; Experimental – Quasi experiments***

Keywords: Spine; Spinal Fracture; Osteoporosis.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a eficácia e o uso da vertebroplastia como medida profilática para prevenir fraturas por estresse das vértebras adjacentes à fixação com parafuso transpedicular com o aumento da osteoporose. Métodos: Foi realizado um estudo cadavérico experimental para avaliar a resistência global de 10 blocos cadavéricos dos segmentos T10-L4 com simulação de fratura de L1 e sistema com 4 parafusos transpediculares em T12-L2 com aumento. A vertebroplastia de T11-L2 cranial e caudal ao sistema transpedicular foi realizada em 5 blocos no grupo principal. Os testes de estresse nos blocos foram realizados aplicando-se carga vertical até ocorrência de fratura. Resultados: A carga vertical sobre os blocos no grupo principal (0,84 ± 0,39831 kN) resultou em fratura da vértebra T11. As vértebras com aumento foram resistentes à carga no grupo principal. As fraturas da vértebra T10 nos blocos do grupo principal ocorreram com carga de 1,91 ± 0,40566 kN. Conclusão: 1. A vértebra adjacente à T11 é a mais fraca nos blocos anatômicos dos segmentos vertebrais T10-L4 com simulação de fratura de L1 (tipo A de acordo com a classificação AO/MagerI) e do sistema transpedicular com 4 parafusos T12-L2 com aumento. 2. A injeção de cimento ósseo na vértebra adjacente à T11 em sentido cranial ao nível de fixação aumenta a resistência global dos blocos. 3. A vertebroplastia da vértebra sobrejacente é uma forma eficaz de prevenir a fratura nos casos de osteoporose. 4. A vertebroplastia profilática da vértebra caudal ao nível de fixação é desnecessária devido ao risco insignificante de fratura. ***Nível de Evidência III; Experimental - Quase experimentos.***

Descritores: *Coluna Vertebral; Fraturas da Coluna Vertebral; Osteoporose.*

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la eficacia y el uso de la vertebroplastia como medida profiláctica para prevenir fracturas por estrés de las vértebras adyacentes a la fijación con tornillo transpedicular con aumento de la osteoporosis. Métodos: Se realizó un estudio cadavérico experimental para evaluar la resistencia global de 10 bloques cadavéricos de los segmentos T10-L4 con simulación de fractura de L1 y sistema con 4 tornillos transpediculares en Th12-L2 con aumento. La vertebroplastia de T11-L2 craneal y caudal al sistema transpedicular se realizó en 5 bloques en el grupo principal. Los tests de estrés en los bloques fueron realizados aplicándose carga vertical hasta la ocurrencia de fractura. Resultados: La carga vertical sobre los bloques en el grupo principal (0,84 ± 0,39831 kN) resultó en fractura de la vértebra T11. Las vértebras con aumento fueron resistentes a la carga en el grupo principal.

Study conducted at Krasnodar Regional Hospital 1, Krasnodar, Russia.
Correspondence: Igor Basankin Krasnodar, Russia. 1 may str. 167. 350086. basankin@rambler.ru

http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804225726

CC BY

Received on 06/27/2019 accepted on 06/27/2019

Las fracturas de la vértebra T10 en los bloques del grupo principal ocurrieron con carga de 1,91 ± 0,40566 kN. Conclusión: 1. La vértebra adyacente a T11 es la más débil en los bloques anatómicos de los segmentos vertebrales T10-L4 con simulación de fractura de L1 (tipo A según la clasificación AO/Magerl) y del sistema transpedicular con 4 tornillos T12-L2 con aumento. 2. La inyección de cemento óseo en la vértebra adyacente a la T11 em sentido craneal al nivel de fijación aumenta la resistencia global de los bloques 3. La vertebroplastia de la vértebra suprayacente es una forma efectiva de prevenir la fractura en los casos de osteoporosis. 4. La vertebroplastia profiláctica de la vértebra caudal al nivel de fijación es innecesaria debido al riesgo no significativo de fractura. ***Nivel de evidencia III; Experimental - Cuasi experimentos.***

Descriptores: *Columna Vertebral; Fracturas de la Columna Vertebral; Osteoporosis.*

INTRODUCTION

Osteoporosis-related vertebral fractures are a serious problem. Longer life expectancy among the population has led to a steady increase in the number of the patients with this problem.[1] Pedicle screw fixation (PSF) with augmentation is the main method used to treat thoracic and lumbar spine fractures with significant compression of vertebral bodies and deformity.

It is known that PSF with augmentation provides significantly greater strength compared to PSF without augmentation [2-4]. It also prevents transpedicular system instability over a long-term period. However, the use of two- and more segment PSF with augmentation for the surgical treatment of osteoporosis-related vertebral fractures has shown that the load on adjacent vertebrae increases, sometimes leading to fractures.[5-7] Cadaveric and clinical studies of patients with extended PSF showed vulnerability of the vertebrae cranial to the transpedicular system to stress fracture in activities of daily living.[8,9] The search for optimal measures to prevent such complications is a challenge for modern vertebrology.

Objective: The study was performed to assess the efficacy and use of vertebroplasty as a prophylactic measure to prevent stress fractures of vertebrae adjacent to PSF with augmentation for osteoporosis.

METHODS

The cadaveric material for this study was obtained from ten females aged over 66 years, who had died from various somatic diseases. Blocks of T10-L4 vertebral segments (7 vertebrae) were used. A Protocol of acceptance was granted by the Ethics Committee under no. 46. An Informed Consent Form was signed by relatives of all the participants.

The vertebrae with intervertebral discs and capsular-ligament apparatus were intact. The paravertebral muscles were completely removed.

All the blocks were submitted to 2D X-ray radiography, CT and CT-densitometry before the experiment. CT and CT-densitometry of the blocks were performed using a 128-slice "ST SOMATOM SENSATION 24 OPEN" CT scanner. Inclusion criteria for the study were: no destructive changes in the spine, no significant coronal or sagittal deformities, no signs of ankylosing spondylitis, and the presence of signs of osteoporosis in the X-ray and densitometry (T-score < -2.5).

Simulation of unstable L1 fracture (type A according to the AO/Magerl classification) with up to 40%–50% vertebral body destruction in the cranial part was performed in all the blocks. This was achieved by resection of the cranial part of the L1 vertebral body with the T12-L1 intervertebral disc. Thus, experimental conditions were created that were as close as possible to real cases where there is kyphotic deformation with loss of support ability of the ventral part of the vertebra. The L1 vertebra body was chosen as according to statistics, this is the vertebra that is fractured more often.[10]

T12-L2 4-screw transpedicular fixation with augmentation was simulated in all the blocks after L1 fracture. To strengthen the screws, 7-8 ml of bone cement was injected into each vertebra. Correct placement of the screws was monitored with a "Siemens Arcadis" -arm and "Philips Duo Diagnost" X-ray upon completion of the fixation. Thus, two vertebrae above and below the transpedicular system remained intact in each block.

Next, all the blocks were divided in 2 groups of 5 blocks each.

Group 1, the control group, included the blocks with simulated L1 fracture and T12-L2 4-screw PSF with augmentation. Two vertebrae above and below the transpedicular system remained intact.

Group 2, the main group, included the same blocks but with vertebroplasty of T11 and L3. A 13G needle was used to inject 7-8 ml of bone cement (25% of the vertebra) into each vertebra.[11] Occupation density was controlled by X-ray.

The anatomical blocks of the vertebral segments from the main and control groups prepared in this way were subjected to a vertically directed mechanical load to determine the overall strength. The experiments were performed in the test laboratory of the Central Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopedics (Moscow) using a universal servo-hydraulic testing machine "Walter + bay ag" LFV-10-T50 (Switzerland).

The tested blocks of vertebral segments were fixed on the special platforms between converging plates of the testing machine. The proximal platform assembly, fastening the cranial vertebra of the tested block, was attached to the compression sensor, which was rigidly attached to the movable plate of the testing machine. The distal platform assembly, fastening the caudal vertebra of the tested block, was fixed in a three-jaw chuck, which was attached to the axis of the motor rigidly fixed on the immovable plate. The distance between the plates was set in accordance with the vertical dimensions of the tested blocks (Figure 1). The zero position was set on the sensor before the experiment started. The testing machine was turned on in Compression Mode. Vertically directed increasing load was then applied. The plates converged at speed of 5 mm/min. The compression rate was from 0 to 3-5 kN.

Visual observation initially indicated the appearance of insignificant kyphotic deformation cranial to the level of PSF under the influence of increasing load. After that, there was a gradual destruction of the tested blocks accompanied by the typical sound and further increasing deformation without a proportional increase of the load. The data obtained were processed on a computing unit of the testing machine. The deformation parameters, depending on the load applied to the blocks, were recorded in the form of diagrams with the line of vertical load (N) and the line of compression deformation (mm).

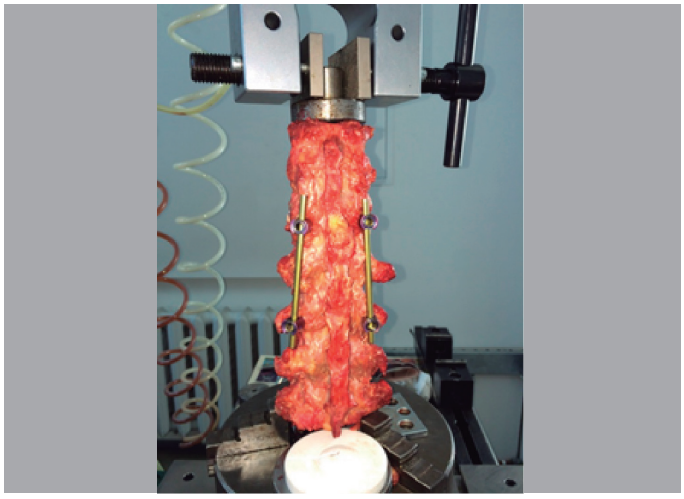


Figure 1. The anatomical block of vertebral segments before the experiment.

The experiment revealed the force of vertical load on the blocks required to cause initial fractures. The fractures were presented in the diagrams as graphical line oscillations, showing dependence of compression deformation on the applied load. These parameters characterize the overall strength of the tested anatomical blocks of the vertebral segments. The angular deformations of the vertebral segments were digitally photographed and also video recorded. The diagrams obtained were used to compile tables for further analysis. The discreteness of the load in the tables was 20 N. The quantitative characteristics of the experiment results were subjected to statistical processing to determine the standard error of the mean values.

When the experiment was completed, all the blocks were submitted to control X-ray radiography and CT scanning to visualize the fractures. Placement of the transpedicular system was controlled to identify signs of instability and find fractures in the blocks with implanted screws and fractures of the vertebrae cranial or caudal to the transpedicular system. The data from the X-ray radiography were compared with the diagrams showing the fracture.

RESULTS

X-ray radiography and CT scanning of the blocks did not show signs of transpedicular system instability in any of 10 experiments in both groups. Also, fractures of the vertebrae with implanted screws and fractures or instability of transpedicular system elements were not revealed.

In group 1 (control), initial graphic oscillations indicating the fracture were detected in the range of 0.78-0.94 (0.84 ± 0.39831) kN (Figure 2). A further increase of the load up to 1.24-1.6 (1.47 ± 0.39831) kN was accompanied by graphic imaging of some more oscillations and the appearance of visual kyphotic deformation, indicating more severe destruction of the blocks.

X-ray radiography and CT scanning performed after the testing revealed a fracture of the T11 vertebra body adjacent to the transpedicular system in all the blocks of the control group. There were no radiographic signs of a fracture of the other vertebrae in the control group. CT-scans before and after the experiment in the control group are shown in Figure 3.

The same experiment was performed in group 2 (main) and the data obtained differed significantly from those in group 1 (control). The first graphical oscillations indicating the appearance of fracture were detected in the range of 1.78-2.05 (1.91 ± 0.40566) kN. Signs of more severe destruction of the vertebra were recorded in the range of 2.12-2.88 (mean 2.51 ± 0.40566) kN.

The diagram in Figure 4 shows how tested block deformation depends on the applied vertical load and shows appearance of a T10 vertebral body fracture above the vertebra with augmentation.

The diagram shows that the gradual increase of the load up to 2.05 kN does not lead to any oscillations. The first graphical oscillation indicating appearance of the first microfracture of the vertebra body is recorded when the level of load is 2.05-2.05 kN. Then, after a minor increase of the load, a greater graphical dip in the range of 2.14-1.94 kN is recorded. A further increase of the load shows more severe destruction of the vertebral trabecular bone.

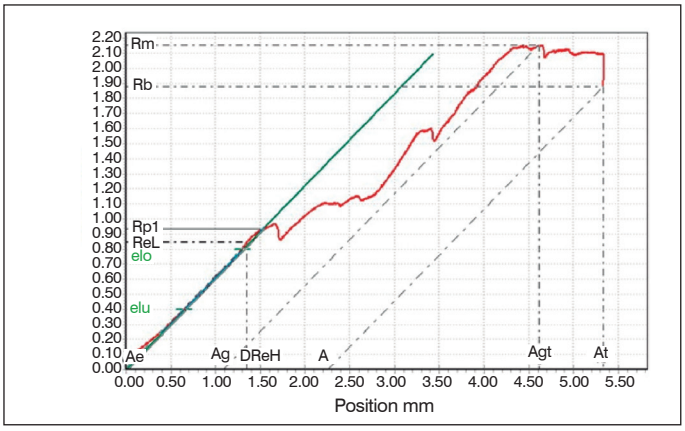


Figure 2. The diagram of the tested block deformation dependency on the applied vertical load in the control group.

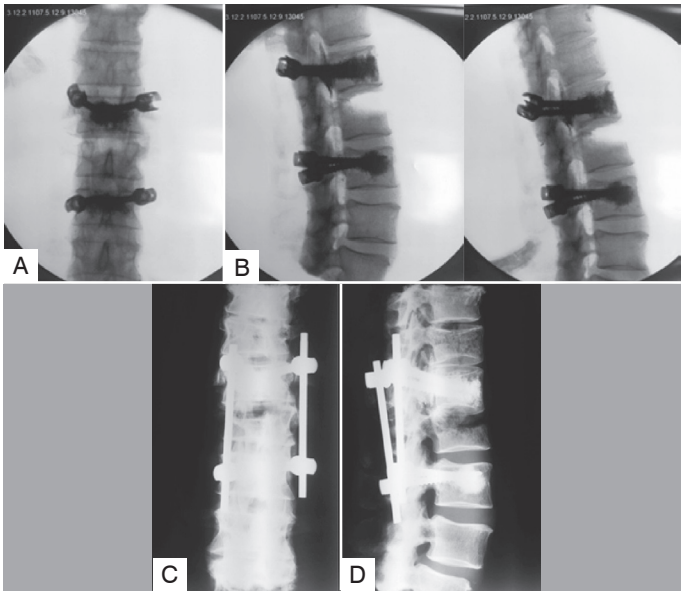


Figure 3. CT scans of the blocks in the control group (non-augmented T11 and L3 adjacent to the fixed blocks). (A,B) CT scans of the blocks in the control group before the experiment. T12 and L2 with augmentation, L1 cranial part with the overlying disk resection. (C,D) CT scans of the blocks in the control group after the experiment. T11 fracture is diagnosed as the loss of vertical height of the vertebra and presence of fracture lines in the lateral plane. (D) loss of vertical height of the vertebra on its left side in the anterior plane (C).

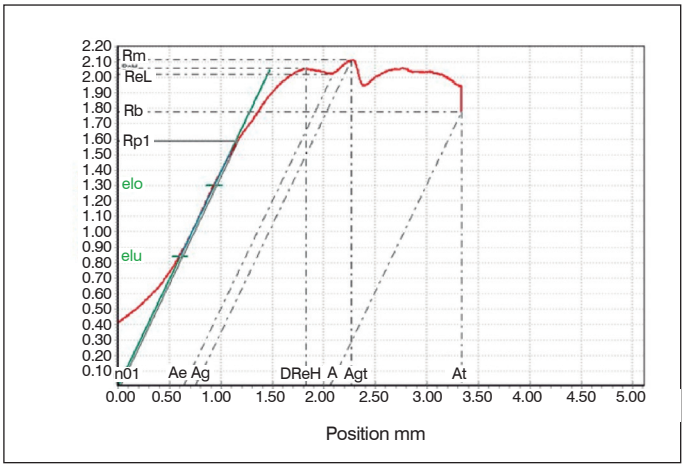


Figure 4. The diagram of the tested block deformation dependency on the applied vertical load in the main group.

Subsequent X-ray radiography showed that T11 and L3 vertebrae with augmentation, which were adjacent to the transpedicular system, were resistant to the mechanical load. Fractures did not occur in any of these vertebrae. A fracture of the T10 vertebra, located above the T11 vertebra with augmentation, was diagnosed in all five blocks of the main group.

CT-scans of the vertebral bodies with augmentation adjacent to the transpedicular system made before and after the experiment in the main group are presented in Figure 5.

Data obtained after the testing are presented in Table 1.

The indicators of the overall resistance of the tested blocks to vertically directed mechanical load in both groups necessary for the appearance of fractures are shown graphically in Figure 6.

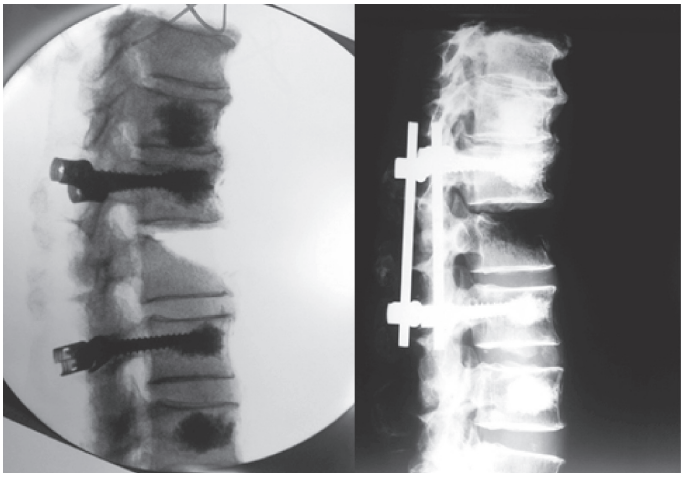


Figure 5. CT scans of the blocks in the main group (augmented T11 and L3 adjacent to the fixed blocks). (A) CT scans of the blocks with T11 and L3 augmentation before the experiment. (B) CT scans of the blocks in the main group after the experiment. Augmented T11 is resistant to the load. A fracture of the cranial T10 overlying the vertebra with augmentation.

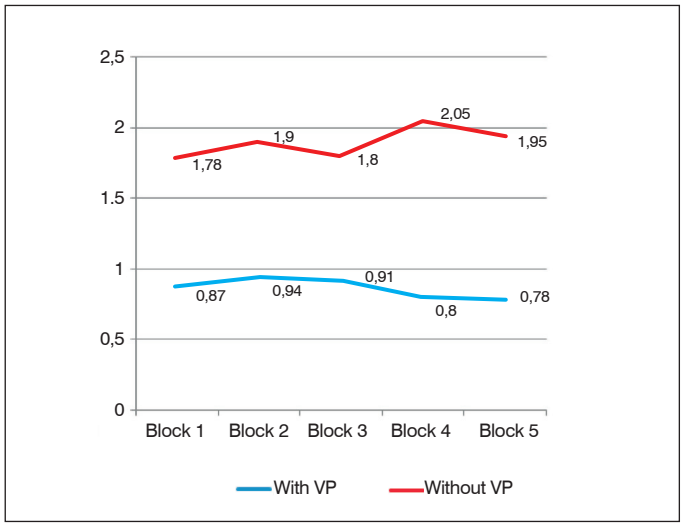


Figure 6. The indicators of the overall resistance of the tested blocks to vertically directed mechanical load in the control and main groups.

Table 1. Groups of the tested blocks of vertebra segments. Load indicators for a vertebra fracture.

Group	Tested blocks	Gender, Age	T-score	Fracture signs	Severe deformation	Fractured vertebra
Group 1 (without prophylactic vertebroplasty)	block 1	Fem. 66 y.	2.47	0.87	1.52	T11
	block 2	Fem. 71 y.	2.87	0.94	1.6	T11
	block 3	Fem. 75 y.	3.48	0.91	1.45	T11
	block 4	Fem. 68 y.	2.49	0.8	1.32	T11
	block 5	Fem. 80 y.	3.40	0.78	1.24	T11
	average	0.84 ± 0.39831 kN			1.47 ± 0.39831 kN	
Group 2 (with prophylactic vertebroplasty)	block 1	Fem. 63 y.	2.51	1.78	2.12	T10
	block 2	Fem. 78 y.	2.39	1.91	2.46	T10
	block 3	Fem. 81 y.	3.89	1.8	2.51	T10
	block 4	Fem. 79 y.	3.36	2.05	2.78	T10
	block 5	Fem. 67 y.	2.67	1.95	2.74	T10
	average	1.91±0.40566 kN			2.51 ± 0.40566 kN	

DISCUSSIONS

Analysis of the data obtained shows that gradually increasing the vertically directed load on the anatomical blocks of the vertebral segments in the control group initially leads to the appearance of an insignificant kyphotic deformation. This is mainly due to the compression at the T11-T12 level. The ventral side of T11 is biomechanically the most resistant to further increase of the vertically directed load. As a result, a fracture of the ventral side of T11 occurs at the load of 0.78-0.94 kN. A further increase of the load results in a more severe destruction of the vertebral trabecular bone, which is shown in the diagram in the form of dips indicating further fractures that increase and cause significant kyphotic deformation. Thus, the testing of the blocks in the control group showed that the ventral part of T11 vertebra located directly above the transpedicular system is the least resistant to the vertically directed load.

The blocks in the main group underwent the same testing and no fractures occurred in T11 vertebra with augmentation. The blocks resisted the load up to 1.78-2.05 kN, which was as 1.7-2.3 times higher as in the control group. There were fractures of non-cemented T10 vertebrae that were above the vertebrae with augmentation (T11). Thus, vertebroplasty of the overlying T11 vertebrae is an effective way to prevent its fracture and it can be considered a preventive measure against a stress fracture and proximal kyphosis over the blocks of vertebral segments.

CONCLUSIONS

1. The adjacent T11 vertebra is the weakest vertebra in the anatomical blocks of T10-L4 vertebral segments with simulation of L1 fracture (type A according to the AO/Magerl classification) and T12-L2 4-screw transpedicular system with augmentation; 2. Bone cement injection into T11 cranial vertebra adjacent to the level of fixation increases the overall strength of the blocks of T10-L4 vertebral segments with the simulation of L1 fracture (type A according to the AO/Magerl classification) and T12-L2 4-screw transpedicular fixation with augmentation 1.7-2.3-fold; 3. Vertebroplasty of the overlying vertebra is an effective way to prevent its fracture and in the case of osteoporosis, it can be considered a preventive measure against a stress fracture and proximal kyphosis over fixed vertebral segments; 4. Prophylactic vertebroplasty of the vertebra caudal to the level of fixation is unnecessary due to the insignificant risk of a fracture.

All authors declare no potential conflict of interest related to this article.

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS: Each author made significant individual contributions to this manuscript. IB (0000-0003-3549-0794)* and VP (0000-0003-2732-2133)* were the main contributors to the drafting of the manuscript. IB, AA (0000-0001-7976-860X)*, KT (0000-0003-4146-6790)*, DP (0000-0001-5765-3158), VS (0000-0003-4556-251X)* and SM (0000-0002-5315-1713) performed the surgery, followed up the patients, and gathered clinical data. VS and MB (0000-0001-9388-5220) evaluated the data from the statistical analysis. AA, DP and OP (0000-0002-2918-8129) performed the literature search and review of the manuscript, and contributed to the intellectual concept of the study. *ORCID (Open Researcher and Contributor ID).

REFERENCES

1. Yang Z, Griffith JF, Leung PC, Lee R. Effect of Osteoporosis on Morphology and Mobility of the Lumbar. Spine (Phila Pa 1976). 2009;34(3):115-21.
2. Afaunov A, Basankin I, Takhmazyan K, et.al. Outcomes analysis of transpedicular instrumentation with augmentation for the treatment of osteoporotic thoracolumbar fractures. IV Interregional conference Future development of vertebrology: innovative technologies to treat spine and spinal marrow related diseases and fracture. Novosibirsk; 2013. 10-6.
3. Basankin I, Takhmazyan K, Afaunov A, Ptashnikove DA, Ponkina NS, Gavryushenko4 NS, et.al. Method for preventing fractures of adjacent vertebrae during transpedicular fixation in osteoporosis. Hirurgia pozvonochnika. 2016;13(3):8-14.
4. Burval DJ, McLain RF, Milks R, Inceoglu S. Primary Pedicle Screw Augmentation in Osteoporotic Lumbar Vertebrae: Biomechanical Analysis of Pedicle Fixation Strength. Spine (Phila Pa 1976). 2007;32(10):1077-83.
5. Byvaltsev V, Kalinin A. Analysis of results of reduction of kiphotic deformation by minimally invasive transpedicular stabilization in patients with traumatic compression fractures of thoracolumbar localization. Vestnik Hirurgii. 2017;176(5):64-71.
6. Lau D, Clark AJ, Scheer JK, Daubs MD, Coe JD, Paonessa KJ, et.al. Proximal Junctional Kyphosis and Failure After Spinal Deformity Surgery: A Systematic Review of the Literature as a Background to Classification Development. Spine (Phila Pa 1976). 2014;39(25):2093-102.
7. Fernández-Baíllo N, Sánchez Márquez JM, Pérez-Grueso FJS, García Fernández A. Proximal Junctional Vertebral Fracture-subluxation after Adult Spine Deformity Surgery. Does vertebral augmentation avoid this complication? A case report. Scoliosis. 2012;7:16.
8. Hassanzadeh H, Jain A, El Dafrawy MH, Ain MC, Mesfin A, Skolasky RL, et al. Three-Column Osteotomies in the Treatment of Spinal Deformity in Adult Patients 60 Years Old and Older: Outcome and Complications. Spine (Phila Pa 1976). 2013;38(9):726-31.
9. Martin C, Skolasky RL, Mohamed AS, Kebaish KM. Preliminary Results of the Effect of Prophylactic Vertebroplasty on the Incidence of Proximal Junctional Complications After Posterior Spinal Fusion to the Low Thoracic Spine. Spine Deform. 2013;1(2):132-8.
10. Lehman RA Jr, Paik H, Eckel TT, Helgeson MD, Cooper PB, Bellabarba C. Low Lumbar Burst Fractures: A Unique Fracture Mechanism sustained in our current overseas conflicts. Spine J. 2012;12(9):784-90.
11. Manukovskii DA. Vertebroplasty for spine pathology treatment. Abstract of a doctoral thesis, Sain-Petersburg; 2009.

MELHORA NA PONTUAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS ODI E SF-36 APÓS UM ANO DE PLIF OU TLIF

IMPROVEMENT OF ODI AND SF-36 QUESTIONNAIRES SCORE AFTER ONE YEAR OF PLIF OR TLIF

MEJORA DE LA PUNTUACIÓN DE LOS CUESTIONARIOS ODI Y SF-36 DESPUÉS DE UN AÑO DE PLIF O TLIF

Fabiano Caumo,[1,2] Carlos Henrique Maçaneiro,[1,2,3] Ricardo Kiyoshi Miyamoto,[1,3] Rodrigo Fetter Lauffer,[1,2,3] Ricardo André Acácio dos Santos[1,2,3]

1. Instituto de Ortopedia e Traumatologia de Santa Catarina – IOT, Joinville, SC, Brasil.
2. Hospital Municipal São José, Joinville, SC, Brasil.
3. Instituto de Ortopedia e Traumatologia de Santa Catarina – IOT, Serviço de Cirurgia da Coluna Vertebral, Joinville, SC, Brasil.

RESUMO

Objetivo: Verificar se pacientes submetidos à cirurgia de PLIF ou TLIF obtém melhora nos questionários ODI e SF-36. Métodos: Estudo retrospectivo, de centro único, não randomizado. Foram incluídos pacientes submetidos à cirurgia da coluna vertebral com a utilização da técnica de PLIF ou TLIF, avaliados através dos questionários ODI e SF-36 pelo menos na visita pré-operatória e após um ano de pós-operatório. Os desfechos foram a pontuação no ODI e SF-36. Os pacientes foram, então, subdivididos em dois subgrupos: Grupo 1 (1 nível) e Grupo 2 (>1 nível de cirurgia), que foram comparados em relação a melhora na pontuação dos questionários ODI e SF-36. Resultados: A média de idade foi de 47 anos, com 52% de pacientes do sexo masculino (13/25) e média de cinco dias de internação. Os pacientes apresentaram melhora significativa nos questionários ODI (p<0,001) e em todos os domínios do SF-36, exceto o Estado Geral de Saúde (p=0,58). Após a subdivisão nos grupos, foi visto que os pacientes submetidos a mais de um nível de cirurgia tiveram maior perda sanguínea e menor período de internação, no entanto, a melhora obtida nos questionários ODI e SF-36, comparados ao grupo com apenas um nível de cirurgia, foi semelhante. Conclusão: As cirurgias de PLIF ou TLIF são eficientes e causam melhora na pontuação dos questionários ODI e SF-36 após um ano de cirurgia. Pacientes submetidos a um nível de cirurgia ou a mais de um nível de cirurgia apresentaram melhora significativa e semelhante nos scores de ODI e SF-36. ***Nível de evidência II; Estudo Retrospectivo, de Centro Único.***

Descritores: Coluna Vertebral/Cirurgia; Qualidade de Vida; Fusão Vertebral.

ABSTRACT

Objective: Determine if patients undergoing PLIF or TLIF surgery achieved improvement in the score of ODI and SF-36 questionnaires one year after surgery. Methods: Retrospective, single-center and non-randomized study. Patients submitted to spinal surgery using the PLIF or TLIF technique were included who completed the ODI and SF-36 questionnaires at least at the preoperative visit, and one year after surgery. Patients were divided into two groups, Group 1 (1 surgery level) and Group 2 (> 1 surgery level) and the ODI and SF-36 scores were compared for improvement. Results: The mean age was 47 years, with 52% of males (13/25) and mean of 5 days of hospital stay. Patients presented a significant improvement of ODI questionnaire (p<0.001) and in all SF-36 domains except in General Health State (p=0.58). In each group, it was observed that patients submitted to more than one level of surgery had greater blood loss and shorter hospital stay; however, the improvement obtained in ODI and SF-36 compared to the one-level surgery group was similar. Conclusions: PLIF and TLIF techniques are effective and lead to improved scores in ODI and SF-36 questionnaires one year after surgery. Patients undergoing two or more levels of instrumentation showed significant and similar improvement in ODI and SF-36. ***Level of evidence II; Single-Center Retrospective Study.***

Keywords: *Spine/Surgery; Quality of Life; Spinal Fusion.*

RESUMEN

Objetivo: Determinar si los pacientes sometidos a cirugía de PLIF o TLIF lograron mejoría en la puntuación de los cuestionarios ODI y SF-36 un año después de la cirugía. Métodos: Estudio retrospectivo, de centro único y no aleatorizado. Se incluyeron pacientes sometidos a cirugía espinal utilizando la técnica PLIF o TLIF que completaron los cuestionarios ODI y SF-36 al menos en la visita preoperatoria y un año después de la cirugía. Los pacientes se dividieron en dos grupos, el Grupo 1 (1 nivel de cirugía) y el Grupo 2 (> 1 nivel de cirugía) y las puntuaciones de ODI y SF-36 se compararon en cuanto a la mejoría. Resultados: La edad promedio fue de 47 años, con 52% de hombres (13/25) y una media de 5 días de estancia hospitalaria. Los pacientes presentaron una mejora significativa del cuestionario ODI (p<0,001) y en todos los dominios del SF-36 excepto en el Estado de Salud General (p = 0,58). En cada grupo, se observó que los pacientes sometidos a más de un nivel de cirugía tenían una mayor pérdida de sangre y una estancia hospitalaria más corta; sin embargo, la mejora obtenida en ODI y SF-36 en comparación con el grupo de cirugía de un nivel fue similar. Conclusiones: las técnicas PLIF y TLIF son efectivas y conducen a mejores puntuaciones en los cuestionarios ODI y SF-36 un año después de la cirugía. Los pacientes sometidos a dos o más niveles de instrumentación mostraron una mejoría significativa y similar en ODI y SF-36. ***Nivel de evidencia II; Estudio Retrospectivo, de Centro Único.***

Descriptores: *Columna Vertebral/Cirugía; Calidad de Vida; Fusión Vertebral.*

Estudo realizado no Hospital Municipal São José, Serviço de Cirurgia da Coluna Vertebral do IOT – Hospital Municipal São José de Joinville, SC, Brasil.
Correspondência: Rua Armando Odebrecht, 70, sala 1106, Bairro Garcia, Blumenau, SC, Brasil. 89020-403. fabianocaumo@gmail.com

CC BY

http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191803197070

Recebido em 30/04/2018 aceito em 23/11/2018

INTRODUÇÃO

Com o aumento da expectativa de vida da população a incidência de doenças degenerativas lombares vem aumentando. Por provocarem a redução da mobilidade, dores mecânicas e redução na qualidade vida, estas são uma das principais causas de incapacitação da população.[1–3]

Nos casos de necessidade cirúrgica os especialistas podem optar, dependendo do diagnóstico, pela realização de descompressão direta simples ou por descompressão, direta ou indireta, com artrodese ou artroplastia.[1,3,4] Estudos recentes vêm demonstrando que a colocação de cages intersomáticos pode aumentar a taxa de fusão e reduzir o número de operações, pois estes aumentam a estabilidade biodinâmica no segmento, além de permitirem uma maior correção do alinhamento sagital.[5–7]

As técnicas de fusão intersomática lombar podem ter três acessos principais: anterior, lateral e posterior.[8,9] Dentre as técnicas de acesso posterior com uso de cage intersomático estão a técnica de fusão intersomática lombar transforaminal (TLIF) e a técnica de fusão intersomática lombar posterior (PLIF).[1,10,11]

A primeira envolve a remoção da faceta superior da vértebra inferior e da faceta inferior da vértebra superior do nível a ser tratado, permitindo o acesso ao forâmen intervertebral, por onde será colocado o cage.[1,12,13] Já a técnica de PLIF envolve uma laminotomia que permite a exposição do espaço intervertebral a ser tratado, promovendo acesso ao espaço discal por via posterior e a colocação de um dispositivo intersomático.[13,14] Apesar de serem efetivas e apresentarem taxa de fusão similar a outras técnicas de fusão intersomática,[8,14] e serem técnicas que envolvem maior dissecção de musculatura, tempo cirúrgico e perda sanguínea em relação as outras técnicas, principalmente as minimamente invasivas, muitas vezes a sua capacidade de provocar melhora na qualidade de vida dos pacientes é questionada.[15]

Por este motivo, neste estudo, temos o objetivo de verificar se pacientes submetidos a técnica de PLIF ou TLIF possuem melhora nos indicadores de restrição física e de qualidadede vida ODI e SF-36 de Vida,1 ano após o procedimento cirúrgico.

MATERIAIS E MÉTODOS

Estudo retrospectivo, de centro único, através da análise de prontuários clínicos de pacientes que foram submetidos a cirurgia PLIF ou TLIF, entre os anos 2015 a 2017, no Hospital Municipal São José – Joinville, SC.Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Municipal São José – Joinville, SC, sob o número de parecer 2.654.162. Para este estudo o CEP aprovou a dispensa do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Foram incluídos no estudo pacientes que tenham sido submetidos a técnica de TLIF ou PLIF e que tenham preenchido os questionários ODI e SF-36, ao menos na visita pré-operatória e na visita com 1 ano de pós-operatório.

Foram coletados os seguintes dados demográficos e intra-operatórios: gênero, idade, níveis operados, diagnóstico, tempo de cirurgia e perda sanguínea. Além disso foram coletados os questionários ODI e SF-36 preenchidos nas visitas pré-operatórias, de 6 semanas, 3 meses, 6 meses e 1 ano. Os resultados dos questionários em cada visita foram então comparados.

Os pacientes foram então subdivididos em dois grupos: Grupo 1 (pacientes submetidos a 1 nível de PLIF ou TLIF) e Grupo 2 (pacientes submetidos a mais de 1 nível de PLIF ou TLIF). Foram então comparados os dados dos questionários ODI e SF-36 (pré-operatório e 1ano pós-operatório) entre os grupos, além de perda sanguínea e tempo de internação.

As seguintes análises estatísticas foram empregadas: Teste *t* Student e ANOVA para valores numéricos e testes de chi-quadrado com correlação de Pearson para dados nominais. Valores de $p<0,05$ foram considerados significantes.

RESULTADOS

No total, 25 casos foram incluídos após avaliação dos critérios de inclusão. Os dados demográficos da população estão representados na Tabela 1. A média de idade dos pacientes foi de 47 anos, com 52% de pacientes do sexo masculino (12/25) e média de 1,56 (+/- 0,7) níveis operados.

Todos os pacientes apresentaram melhora significativa na pontuação do *Oswestry Disability Index* ($p<0,001$) e no SF-36 ($p<0,001$). (Figuras 1 e 2)

Além disso os pacientes foram divididos em dois subgrupos, 1 nível operado (Grupo 1) e mais de um nível operado (Grupo 2), para verificar se o número de níveis operados tem influência sobre a melhora nos questionários SF-36 e ODI.

Tabela 1. Dados demográficos.

Idade	**47**
Gêneros (M/F)	Masculino (13)/Feminino (12)
Diagnósticos	Doença Degenerativa Discal (13)
	Hérnia de Disco (12)
Níveis Operados (niveis)	1,56 (+/- 0,7)
Perda de Sangue (mL)	402, 8 (+/- 197,64)
Tempo de Cirurgia (min)	122, 8 (+/- 37,8)
Tempo de Internação (dias)	4,96 (+/- 0,73)

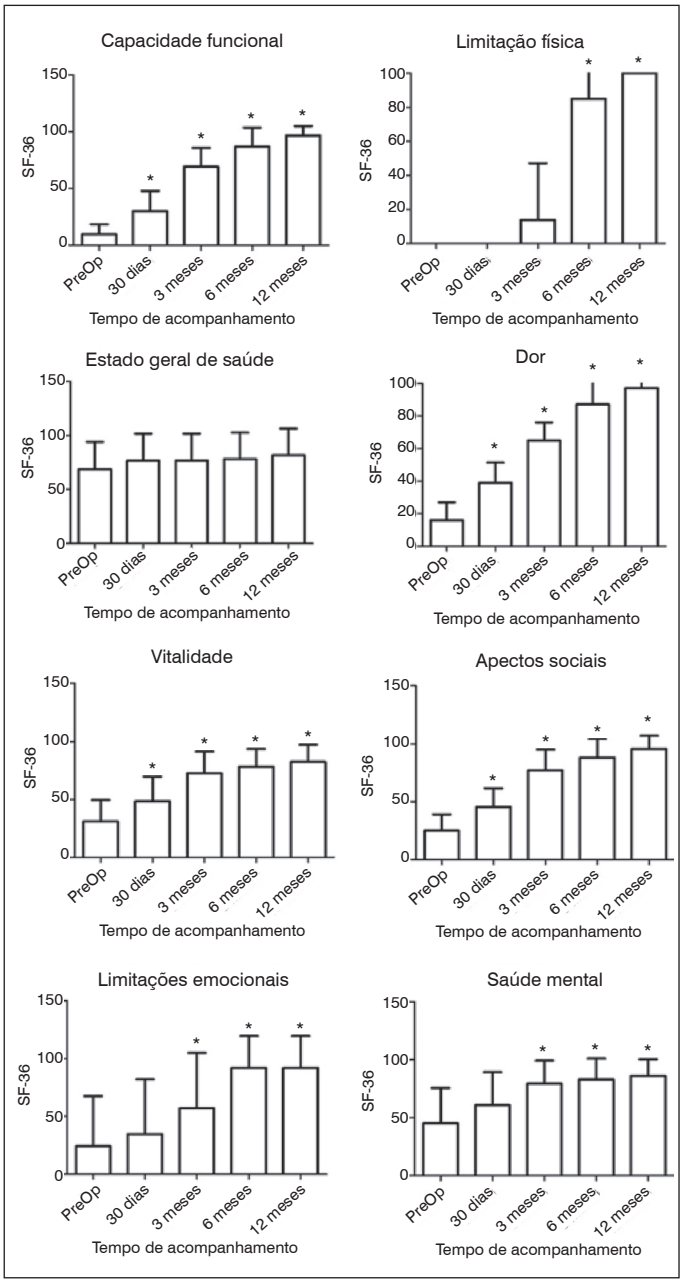


Figura 1.

Após a separação dos dois grupos, 14 pacientes foram enviados para o grupo 1 e 11 para o grupo 2. O primeiro grupo contou com 8 pacientes do sexo masculino (57%) e o grupo 2 com 5 (45%) (p>0,05) e com média de idade de 43 e 51 anos respectivamente (p=0,01). A perda sanguínea e o tempo de internação dos pacientes no Grupo 2 foram significativamente maiores que o Grupo 1. (Tabela 2)

Os grupos apresentaram pontuações diferentes no ODI pré-operatório (Média: 59 vs 74; p=0,009). (Figura 3) No entanto a melhora obtida pelos dois grupos após 1 ano de cirurgia foi significativa em relação ao pré-operatório e semelhante estatisticamente entre si (97% vs 98%, p>0,05). (Figura 4)

Em relação ao questionário SF-36 os pacientes dos dois grupos eram diferentes nos seguintes domínios: Capacidade Funcional e Dor (p=0,028 e p=0,047). (Tabela 3) Os dois grupos apresentaram melhora significativa após com tratamento por PLIF ou TLIF após 1 ano de cirurgia. (Figura 5) Ambos os grupos apresentaram porcentagem de melhora sem diferença significativa (p> 0,05 em todos os domínios).

DISCUSSÃO

Nos dias de hoje, com o advento das técnicas minimamente invasivas, as cirurgias abertas muitas vezes passam a ser vistas como antiquadas. No entanto, o alto custo dos materiais e elevada curva de aprendizado necessária aos cirurgiões, faz com que as técnicas abertas sejam muito utilizadas em serviços públicos.[16–18]

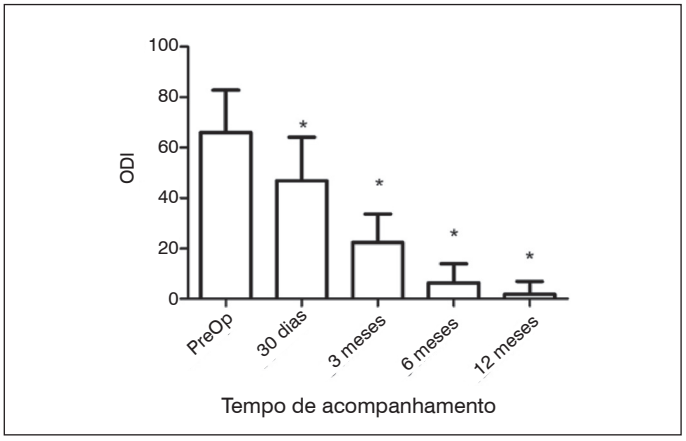


Figura 2.

Tabela 2.

	Grupo 1 (n = 14)	Grupo 2 (n = 11)	p
Idade	43	51	0.01*
Gêneros (M/F)	Masculino (8)/ Feminino (6)	Masculino (5)/ Feminino (6)	0.33
Diagnósticos	Hérnia de Disco (11)	Hérnia de Disco (1)	
	Doença Degenerativa Discal (3)	Doença Degenerativa Discal (10)	
Perda de Sangue (mL)	276 (+/- 104)	563 (+/- 158)	<0.001
Tempo de Cirurgia (min)	99 (+/- 14)	152 (+/- 35)	<0.001
Tempo de Internação (dias)	4.5 (+/- 0.4)	5.4 (+/- 0.6)	<0.001

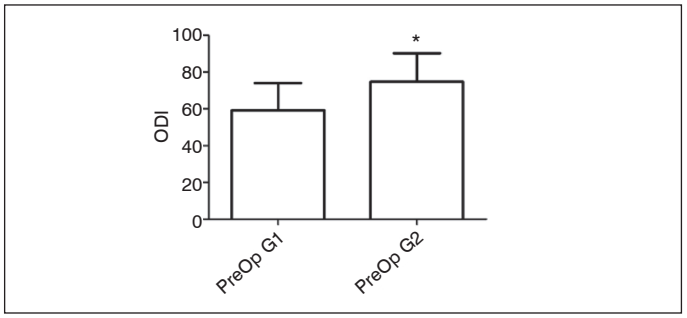


Figura 3.

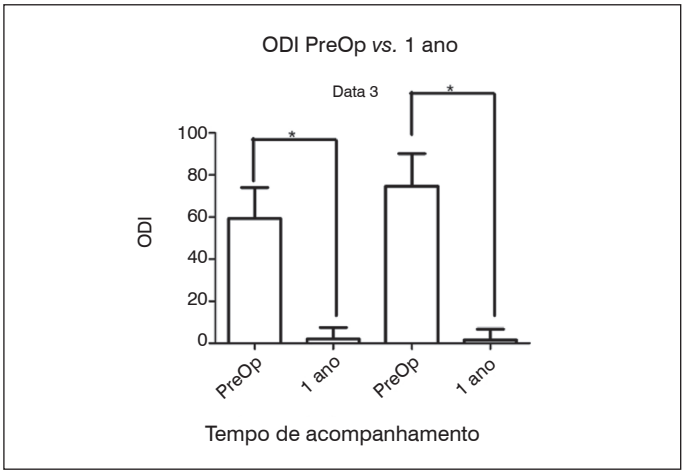


Figura 4.

Tabela 3.

	g1	g2	p
Capacidade funcional	12,5	5,909091	0,028339
Limitação física	0	0	0
Estado geral de saúde	63,21429	59,09091	0,359186
Dor	19,5	12,09091	0,047296
Vitalidade	35	25,90909	0,114854
Aspectos sociais	28,57143	20,45455	0,076684
Limitações emocionais	28,57143	18,18182	0,282653
Saúde mental	54	34,54545	0,056339

As técnicas abertas de fusão intersomática lombar posterior e transforaminal possibilitam o tratamento de múltiplas patologias da coluna lombar e têm capacidade similar de causar melhora nos índices ODI e SF-36[19,20] como demonstrado em nosso artigo, em que, após um ano de cirurgia, os pacientes apresentaram cerca de 97% de melhora no ODI e 64% de melhora em todos os domínios do SF-36.

Quando os pacientes foram divididos em subgrupos foi observada maior perda de sangue, tempo de cirurgia e tempo de internação no grupo de pacientes com mais de um nível operado. No entanto, após um ano de cirurgia, estes pacientes apresentaram melhora semelhante ao grupo que operou apenas um nível, observando-se assim resultados semelhantes aos obtidos em outros estudos.[21,22]

Apesar de os questionários ODI e SF-36 não guiarem tratamento médico e não substituírem a avaliação clínica e radiológica, estes podem revelar fatores que podem interferir no resultado cirúrgico.[23] Além disso, por estarem correlacionados com o impacto que os sintomas do paciente vêm tendo em sua qualidade de vida, a melhora nestes questionários indica, mesmo que de maneira indireta, que a cirurgia foi eficiente na resolução ou alivio dos sintomas do paciente.

As principais limitações do trabalho são o número baixo de pacientes incluídos no estudo e de um curto período de acompanhamento (um ano). Além disso não foram coletados dados de complicações e reoperações.

CONCLUSÃO

As cirurgias de PLIF ou TLIF são eficientes e causam melhora na pontuação dos questionários ODI e SF-36 após 1 ano de cirurgia. Os pacientes submetidos a técnica de PLIF ou TLIF tiveram melhora de 97% na pontuação do questionário ODI e em média de 64% nos domínios do SF-36 um ano após a cirurgia. Pacientes submetidos a um nível de cirurgia ou a mais de um nível de cirurgia apresentaram melhora significativa e semelhante nos scores de ODI e SF-36.

Todos os autores declaram não haver nenhum potencial conflito de interesses referente a este artigo.

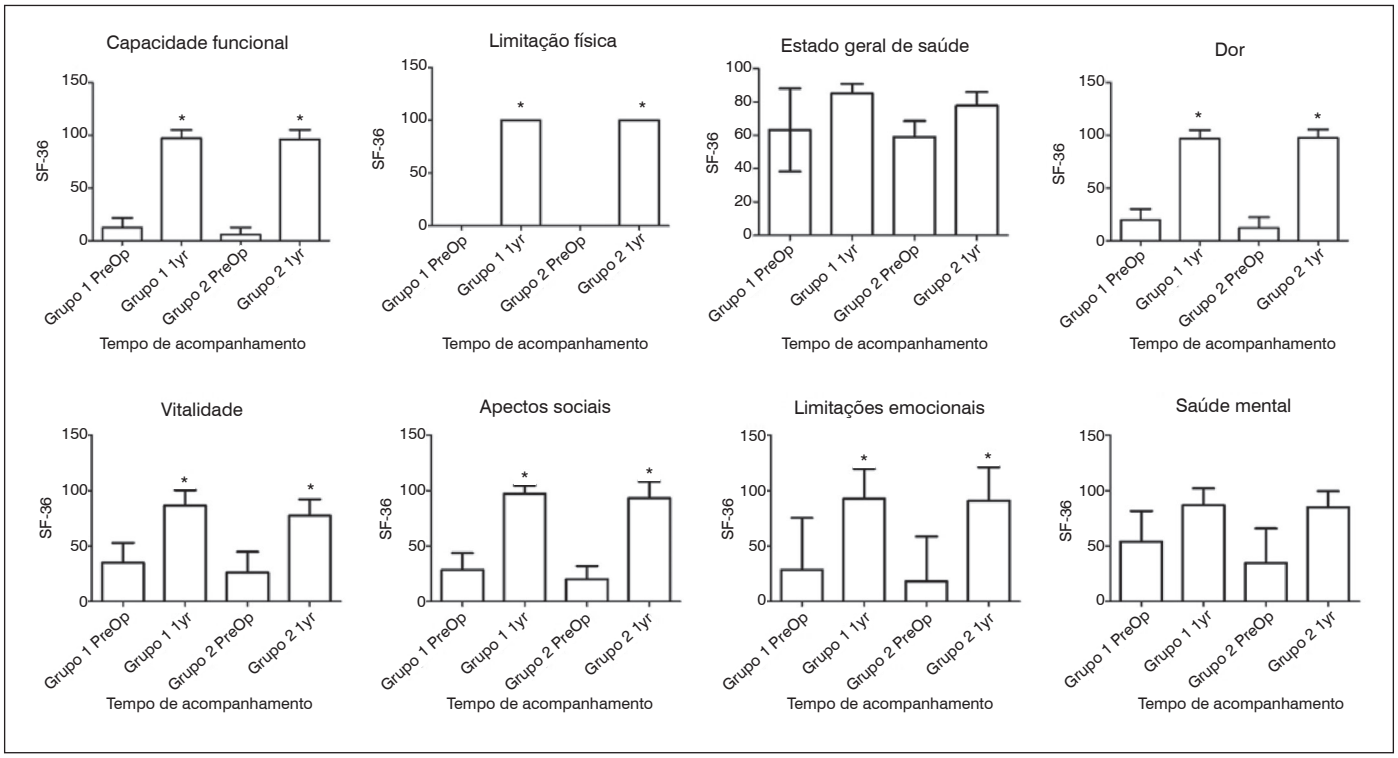


Figura 5.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES: Todos os autores contribuíram individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. A concepção e design foram realizados por FC (0000-0002-2518-0322)*. A coleta e montagem de dados foram realizadas por FC (0000-0002-2518-0322)* e RAAS (0000-0003-2901-5583)*. A análise e interpretação de dados foram realizadas por CHM (0000-0003-4838-3031)*, RFL (0000-0002-1105-486X)*, RKM (0000-0002-0549-6071)*, RAAS (0000-0003-2901-5583)* e FC (0000-0002-2518-0322)*. A escrita manuscrita foi realizada por FC (0000-0002-2518-0322)*. Todos os autores leram, revisaram e aprovaram o manuscrito final. *ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).

REFERÊNCIAS

1. Mobbs RJ, Phan K, Malham G, Seex K, Rao PJ. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. J Spine Surg. 2015;1(1):2–18.
2. Buser Z, Ortega B, D'Oro A, Pannell W, Cohen JR, Wang J, et al. Spine Degenerative Conditions and Their Treatments: National Trends in the United States of America. Global Spine J. 2018;8(1):57–67.
3. Formica M, Divano S, Cavagnaro L, Basso M, Zanirato A, Formica C, et al. Lumbar total disc arthroplasty: outdated surgery or here to stay procedure? A systematic review of current literature. J Orthop Traumatol. 2017;18(3):197–215.
4. Omidi-Kashani F, Hasankhani EG, Ashjazadeh A. Lumbar Spinal Stenosis: Who Should Be Fused? An Updated Review. Asian Spine J. 2014;8(4):521–30.
5. Bydon M, Macki M, Abt NB, Witham TF, Wolinsky JP, Gokaslan ZL, et al. The cost-effectiveness of interbody fusions versus posterolateral fusions in 137 patients with lumbar spondylolisthesis. Spine J. 2015;15(3):492–8.
6. Macki M, Bydon M, Weingart R, Sciubba D, Wolinsky JP, Gokaslan ZL, et al. Posterolateral fusion with interbody for lumbar spondylolisthesis is associated with less repeat surgery than posterolateral fusion alone. Clin Neurol Neurosurg. 2015;138:117–23.
7. Campbell RC, Mobbs RJ, Lu VM, Xu J, Rao PJ, Phan K. Posterolateral Fusion Versus Interbody Fusion for Degenerative Spondylolisthesis: Systematic Review and Meta-Analysis. Global Spine J. 2017;7(5):482–90.
8. Teng I, Han J, Phan K, Mobbs R. A meta-analysis comparing ALIF, PLIF, TLIF and LLIF. J Clin Neurosci. 2017;44:11–7.
9. Derman PB, Albert TJ. Interbody Fusion Techniques in the Surgical Management of Degenerative Lumbar Spondylolisthesis. Curr Rev Musculoskelet Med. 2017;10(4):530–8.
10. Fujimori T, Le H, Schairer WW, Berven SH, Qamirani E, Hu SS. Does Transforaminal Lumbar Interbody Fusion Have Advantages over Posterolateral Lumbar Fusion for Degenerative Spondylolisthesis? Global Spine J. 2015;5(2):102–9.
11. Cole CD, McCall TD, Schmidt MH, Dailey AT. Comparison of low back fusion techniques: transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) or posterior lumbar interbody fusion (PLIF) approaches. Curr Rev Musculoskelet Med. 2009;2(2):118–26.
12. Figueiredo N, Martins JWG, Arruda AA, Serra AR, Figueiredo MAA, Diniz RC, et al. TLIF: transforaminal lumbar interbody fusion. Arq Neuro-Psiquiatr. 2004;62(3B):815–20.
13. Kobayashi K, Ando K, Kato F, Kanemura T, Sato K, Hachiya Y, et al. Reoperation within 2 years after lumbar interbody fusion: a multicenter study. Eur Spine J. 2018;27(8):1972-80.
14. Lan T, Hu SY, Zhang YT, Zheng YC, Zhang R, Shen Z, et al. Comparison between posterior lumbar interbody fusion and transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of lumbar degenerative diseases: a systematic review and meta-analysis. World Neurosurg. 2018;112:86-93.
15. Menezes CM, Falcon RS, Ferreira Jr MA, Alencar J. Clinical and radiological evaluation of open transforaminal lumbar interbody fusion versus minimally invasive. Coluna/Columna. 2009;8(3):297–302.
16. Epstein NE. Learning curves for minimally invasive spine surgeries: Are they worth it? Surg Neurol Int. 2017;8:61.
17. Sclafani JA, Kim CW. Complications Associated With the Initial Learning Curve of Minimally Invasive Spine Surgery: A Systematic Review. Clin Orthop Relat Res. 2014;472(6):1711-7.
18. Nandyala SV, Fineberg SJ, Pelton M, Singh K. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: one surgeon's learning curve. Spine J. 2014;14(8):1460–5.
19. Glassman S, Gornet MF, Branch C, Polly D, Peloza J, Schwender JD, et al. MOS short form 36 and Oswestry Disability Index outcomes in lumbar fusion: a multicenter experience. Spine J. 2006;6(1):21–6.
20. Chen X, Xu L, Qiu Y, Chen Z, Zhou Q, Li S, et al. Higher Improvement in Patient-Reported Outcomes Can Be Achieved After Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for Clinical and Radiographic Degenerative Spondylolisthesis Classification Type D Degenerative Lumbar Spondylolisthesis. World Neurosurg. 2018;114:e293-300.
21. Lee WC, Park JY, Kim KH, Kuh SU, Chin DK, Kim KS, et al. Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion in Multilevel: Comparison with Conventional Transforaminal Interbody Fusion. World Neurosurg. 2016;85:236–43.
22. Bechara AHS, Zuiani GR, Risso Neto MI, Cavali PTM, Veiga IG, Pasqualini W, et al. Evolution of Oswestry 2.0 questionnaire and the physical component (PCS) of SF-36 during the first postoperative year of lumbar spine fusion in degenerative diseases. Coluna/Columna. 2013;12(2):128–32.
23. Falavigna A, Teles AR, Braga GL de, Barazzetti DO, Lazzaretti L, Tregnago AC. Instruments of clinical and functional evaluation in spine surgery. Coluna/Columna. 2011;10(1):62–7.

THE USE OF TITANIUM MESH FOR DEFECT CLOSURE AFTER POSTERIOR SPINAL DECOMPRESSION

USO DE MALLA DE TITANIO PARA EL CIERRE DE DEFECTO DESPUÉS DE LA DESCOMPRESIÓN POSTERIOR DE LA COLUMNA

USO DE MALHA DE TITÂNIO PARA FECHAMENTO DE DEFEITO APÓS A DESCOMPRESSÃO POSTERIOR DA COLUNA

Abakirov Medetbek,[1,2] Alekhin Alexander,[1] Nurmuhametov Renat,[1] Semenistyy Anton[3]

1. Central Clinical Hospital of Russian Academy of Science, Moscow, Russia.
2. Russian University of Peoples Friendship, Moscow, Russia.
3. Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia.

ABSTRACT

Objective: The number of revision surgical interventions for degenerative spine disorders has increased steadily. However, the formation of adhesions is one of the more serious conditions accompanying this type of surgery. There are some generally accepted options for its prevention, such as delicate surgical technique, preserving the integrity of spinal canal, and the use of different synthetic materials in the form of gels, plates and membranes to delimit the dural sac from the surrounding soft tissues. The main disadvantages of the described methods are their high cost and the need for a large volume of material in prolonged surgical interventions. Therefore, the development of new methods for prevention of adhesions formations is of paramount importance. The use of titanium mesh is, potentially, an effective and relatively cheap method of preventing the formation of adhesions in spinal surgeries. Methods: We have prospectively analyzed the outcomes of treatment of 40 patients suffering from degenerative spine disease who underwent surgical intervention with titanium mesh implantation in our department between October 2017 and December 2017. Conclusion: The results of our study led us to conclude that the use of titanium mesh enables the surgeon to delimit the dural sac in multilevel spinal decompression surgeries, contributing to closure of the defect in spinal canal and significantly reducing treatment costs. ***Level of evidence III; Control Case Study.***

Keywords: Spinal stenosis; Surgical mesh; Titanium; Spine.

RESUMO

Objetivo: O número de intervenções cirúrgicas de revisão dos distúrbios degenerativos da coluna está aumentando constantemente. Entretanto, a formação de aderências é uma das condições mais graves que acompanha esse tipo de cirurgia. Existem algumas opções geralmente aceitas para sua prevenção, como uma técnica cirúrgica delicada, a preservação da integridade do canal espinhal e o uso de diferentes materiais sintéticos na forma de géis, placas e membranas para delimitar o saco dural dos tecidos moles adjacentes. As principais desvantagens dos métodos descritos são o alto custo e a necessidade de um grande volume de material em intervenções cirúrgicas prolongadas. Portanto, o desenvolvimento de novos métodos para a prevenção de formações de aderências é de suma importância. O uso da malha de titânio é, potencialmente, um método efetivo e relativamente barato de prevenir a formação de aderências nas cirurgias da coluna. Métodos: Analisamos prospectivamente os desfechos do tratamento de 40 pacientes com doença degenerativa da coluna vertebral e que passaram por uma intervenção cirúrgica com implante de malha de titânio no nosso departamento entre outubro de 2017 e dezembro de 2017. Conclusão: Os resultados do nosso estudo levaram-nos a concluir que o uso da malha de titânio permite que o cirurgião delimite o saco dural em cirurgias de descompressão da coluna em multiníveis, contribuindo para o fechamento do defeito no canal espinhal e, significativamente, reduzindo o custo do tratamento. ***Nível de Evidência III; Estudo de Caso Controle.***

Descritores: *Estenose espinal; Telas cirúrgicas; Titânio; Coluna Vertebral.*

RESUMEN

Objetivo: El número de intervenciones quirúrgicas de revisión de los procesos degenerativos de la columna está aumentando constantemente. Entretanto, la formación de adherencias es una de las condiciones más graves que acompañan a este tipo de cirugía. Existen algunas opciones generalmente aceptadas para su prevención, como una técnica quirúrgica delicada, la preservación de la integridad del canal espinal y el uso de diferentes materiales sintéticos en forma de geles, placas y membranas para delimitar el saco dural de los tejidos blandos adyacentes. Las principales desventajas de los métodos descritos son el alto costo y la necesidad de un gran volumen de material en intervenciones quirúrgicas prolongadas. Por lo tanto, el desarrollo de nuevos métodos para la prevención de formaciones de adherencias es de suma importancia. El uso de la malla de titanio es, potencialmente, un método efectivo y relativamente barato de prevención para la formación de adherencias en las cirugías de columna. Métodos: Hemos analizado prospectivamente los resultados del tratamiento de 40 pacientes con enfermedad degenerativa de la columna vertebral y que pasaron por una intervención quirúrgica con implante de malla de titanio en nuestro departamento entre octubre de 2017 y diciembre de 2017. Conclusión: Los resultados de nuestro estudio nos llevaron a concluir que el uso de la malla de titanio permite que el cirujano delimite el saco dural en cirugías de descompresión de la columna en multiniveles, contribuyendo para el cierre del defecto en el canal espinal y, significativamente, reduciendo el costo del tratamiento. ***Nivel de Evidencia III; Estudio de caso de control.***

Descriptores: *Estenosis espinal; Mallas quirúrgicas; Titanio; Columna Vertebral.*

SStudy conducted at Central Clinical Hospital of Russian Academy of Science. Litovskii boulevard 1A 117588, Moscow, Russia
Correspondence: Medetbek Abakirov. Leninskii prospect 20 apt. 26. 119071 Moscow, Russia. medetbek@mail.ru

CC BY

http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804225594

Received on 06/25/2019 accepted on 06/25/2019

INTRODUCTION

The number of revision surgical interventions for degenerative spine disorder is increase steadily. Although there is a wide range of methods for preventing the formation of adhesions, decompression and posterior stabilization often result in the development of epidural fibrosis, causing many problems in cases where revision surgery is required. Therefore, the development and implementation of new methods to prevent the formation of adhesions is of paramount importance. Some generally accepted methods include good surgical technique, preserving the integrity of spinal canal, and the use of different synthetic materials such as gels, plates and membranes to delimit the dural sac from the surrounding soft tissues. But these methods have the disadvantage that they require prolonged surgical interventions, involving high costs and large volumes of material. The use of titanium mesh significantly reduces the cost of treatment, allows the dural sac to be isolated in multilevel spinal decompression surgeries, and helps close the defect in the spinal canal resulting from the laminectomy/hemilaminectomy. These benefits make it especially valuable in prolonged decompression interventions.

Degenerative spine disease is the most prevalent condition among all patients in spine surgery.[1] According to the World Health Organization, up to 85% of the world's population suffer from a degenerative spine disease, 10% of them become disabled. The problem of treatment of this degenerative condition has been the subject of many studies conducted in Russia and all over the world.[1-5]

Degenerative disc disease and spinal stenosis are the main causes of low back pain affecting mobility and quality of life, and involve significant financial burden for society.[6] A number of studies comparing conservative and surgical treatment of degenerative spine diseases have shown better outcomes in the surgical treatment group in regard to pain and functional score up to 8 years after surgery.[3,7]

Surgical activity in the treatment of degenerative spine disease, including lumbar stabilization, has increased significantly in recent years.[7] In the USA, from 2000 to 2009, the level of surgical activity in the treatment of this disease increased by more than 30%, and continues to grow in line with the aging of the world population. According to the literature, more than 300,000 spinal fusion surgeries are performed annually in the United States.[8]

In cases of severe degenerative changes, sequestrectomy or the removal of only a prolapse pulpous core is not an option as it does not stop the segmental degenerative process, which is partly the consequence of changes to the bone and ligament structures caused by rotational and translational instability. In such cases, surgical intervention can further accelerate the degenerative process by creating additional instability.[5,9-11]

Surgical intervention on the spine has one main goal: to stabilize the segment of motion.[12] Stabilization aims to prevent excessive movements, while maintaining a functionally advantageous body position and preventing the development of spine deformities. The choice of appropriate treatment method, in many cases, remains debatable.

According to recent studies, long-term functional outcomes after surgical intervention are better than those after conservative treatment.[12,13]

For many years, posterior spondylodesis has been a generally accepted surgical treatment method for degenerative disease of the spine. Bone fusion eliminates any pathologic movements, thereby removing the source of pain.[11,14]

Decompression of neural structures followed by spinal fusion (with or without hardware fixation) has been considered the "gold standard" in the treatment of degenerative disorders of lumbar spine for the last two decades.[15,16]

Spinal instrumentation has been widely used for several decades to ensure the stability of the spine. With the advent of transpedicular screws, the use of rods has significantly increased.[17] It is important to note that the use of transpedicular systems provides immediate stabilization.[7] In modern spine surgery, rods are used to stabilize all segments of the spine – cervical, thoracic, lumbar and sacral. Along with the progress in spine surgery, the industry has also developed rapidly. Various alloys and polymers has been proposed as material for the rods. Needless to say, the main requirements of these materials are high biofunctionality and biocompatibility.[12]

Biofunctionality is the ability of the implant to function properly in the human body. Biocompatibility is the ability of the implant to stay remain in the host, without causing any undesirable local or systemic effects. Biomaterials used for the rods should precisely match certain mechanical criteria: fatigue strength, rigidity, and high resistance to breakage. Biocompatibility includes all the features of the implant associated with its interaction with the host's immune system, which is very sensitive and hostile to foreign structures. Immune system reactions to the implant can lead to degradation of the implant, and in the case of metal implants, corrosion.[10]

The oxide layer of titanium, which makes the implant biologically inert, allows for the use of titanium endoprostheses to restore bone structures in any part of the skeleton. However, long-term observations have shown that over time, this protective oxide layer is broken due to the stress of deforming forces on the endoprosthesis, resulting in the start of corrosive processes. Interstitial fluid penetrates into the micro-breaks formed, leading to active corrosion and destruction of the implant. Thus, the use of a titanium mesh was suggested, to improve the quality of titanium structures (Table 1).

Table 1. Properties of titanium implants.

Property	Titanium endoprostheses	Titanium mesh
Implantation	Very difficult (intraoperative modeling is not possible)	Possible
Postoperative control x-ray	Difficult	Possible
Corrosion resistance	Mild	Mild
Cost	High (2,000-4,000€)	Mild

METHODS

A total of 40 patients aged 30 to 85 were surgically treated in our hospital between October 2017 and December 2017. Among them there were 20 patients with degenerative spine disease, lumbosacral spondylosis and lumbar disc herniation. A further 20 patients had degenerative spine disease, cervical spondylosis and cervical disc herniation.

All age groups, except for the oldest, had a prevalence of men, which can be explained by heavier physical and static loads on the vertebral column, and the group represented by patients 51-60 years old, in which the ratio of men to women was equal. With further aging, the number of female patients was significantly increased.

Most of patients with degenerative spine disease who underwent surgery were of working age, which undoubtedly highlights the importance of the current study.

All patients underwent surgical intervention: nerve root decompression, laminectomy, anterior spinal fusion with autograft, posterior rigid fixation, posterior spinal fusion with autograft, and implantation of titanium mesh. The skin incision was 6-8cm in length, and intraoperative blood loss was 50-100 ml.

All patients underwent a standard preoperative examination to assess the general health condition. Laboratory and instrumental examination was performed on an outpatient basis using common methods, including CBC, urinalysis, blood chemistry panel, coagulation test, test for blood infection, chest X-ray, and ECG. In some cases, the examination was supplemented by pulmonary function test, abdominal ultrasound and ultrasonography of the veins in the lower extremity.

The patient's clinical history was collected at admission, and a physical examination performed, including palpation of the abdomen (inguinal region) to determine the size of the hernial defect.

The patients' physical status was determined as grades I-II according to the ASA Physical Status Classification System. A single-dose second-generation cephalosporin was administered intravenously to all patients, 30 minutes prior to surgery.

The early postoperative period was uneventful and the radicular pain syndrome was stopped in all patients. The X-ray on postoperative day 3 showed acceptable implant position without any signs of bone of destruction. All patients were discharged on postoperative days 5-7.

Surgical technique

Restoration of the spinal canal walls following decompression surgery enables the dural sac to be isolated from the paravertebral soft tissues while suturing, reducing the risk of adhesion formation, as well as the risk of damaging the dura mater if revision surgery is required. In addition, the anatomic integrity of spinal canal is restored and spatial reconstruction of the posterior and posterior-lateral walls after laminectomy is achieved. The described technique allows a posterior spondylodesis with autograft to be performed at the level of decompression, without the risk of bone fragment migration into the vertebral canal. The introduction of the titanium mesh implant should relieve the pain, and significantly improve the patients' quality of life.

The use of the titanium mesh is anatomically and biomechanically advantageous, as it allows 3D reconstruction of the spinal canal to be achieved, with restoration of anatomical relationships of tissues at the site of decompression. The inertness of the titanium alloy, and its biocompatibility, justify the use of this implant. Moreover, the use of titanium mesh does not affect the preserved movements in the functional spinal units (FSU) not included in the stabilization.

The procedure for the method is as follows: after performing the decompression and stabilization at the desired level, an implant of the required shape is made from the plate of titanium mesh. The implant is placed in the area of the defect formed during the decompression and fixed by the transosseous sutures. The rigidity of titanium, together with its resilience and plasticity, enable the walls of the spinal canal to be restored, wherein the implant only comes into contact with the paravertebral soft tissues and bone at the site of fixation, without any contact with the dura mater.

The method of preparation and implantation of a titanium mesh is technically not complicated; it does not involve the destruction of any anatomical structures of the spine and it can be widely used not only to prevent adhesion formation, but also to restore the walls of the spinal canal destroyed during decompression.

Stage 1. Spinal decompression

The patient is placed in the prone position under the endotracheal anesthesia; the spinous processes are palpated and a posterior midline incision is performed at the desired level. Decortication of the spinous and articular processes and vertebral arches is performed at the required level.

In the case of a disc herniation, laminectomy, hemilaminectomy or facetectomy with radical discectomy is performed to decompress the dural sac and ensure good visualization of the rootlets. Thereafter, the intervertebral interval is processed to the cortical plate, and anterior spinal fusion with autografting is performed.

Stage 2. Posterior rigid stabilization with transpedicular fixation system

Under fluoroscopic or CT guidance, the transpedicular screws are inserted bilaterally. The rod is precontoured according to the lordosis curvature at the level of the fixed segments. The transpedicular fixation system is assembled.

Stage 3. Implantation of titanium mesh, and posterior spinal fusion with autografting

The appropriate titanium mesh implant is cut out, depending on the size and shape of the defect, and fixed with transosseous sutures at the decompression level. Decortication of the remaining facets and arches is performed, followed by posterior spondylodesis with autografting (Figure 1).

The mean duration of surgery is 70-120 minutes, depending on the level of decompression.

The length of hospital stay is determined by the attending physician and depends on the patient's general condition. According to our protocols, inpatient rehabilitation is started on the day after surgery. Typically, patients are discharged on postoperative day 5-7.



Figure 1. Titanium mesh is placed on the postlaminectomy defect and fixed with transosseous sutures.

Results control

The results were monitored clinically and radiologically.

In the early postoperative period, the treatment was focused on pain relief, the prevention of peptic ulcers and thromboembolic complications, surgical wound management, dynamic observation, and the start of early inpatient rehabilitation. All patients were discharged home in satisfactory condition.

RESULTS AND DISCUSSION

This study compares the results of surgical treatment of patients with degenerative lumbar spine disease. The rate of complications associated with the metal implant was considered the main indicator of effectiveness of the described technique with titanium mesh implantation.

The patients included in the study were divided into two equal groups (n = 20). In the second group, titanium mesh was used to close the defect formed after posterior spine decompression.

The rate of complications is shown in Table 2.

There were 6 complications in all: 5 in patients of group 1 and only one in a patient in group 2, in which the titanium mesh was used.

The analysis of complications revealed a significantly greater number of cases of epidural fibrosis in the patients of group 1.

Distinctive features of the developed technique for spinal canal restoration after decompression surgery for degenerative spine diseases are not only the possibility of spatial reconstruction of the spinal canal, but also the reduced risk of epidural fibrosis, as it eliminates contact between the dura mater and paravertebral soft tissues.

Due to the fine-mesh structure and porous cover of the composite filament, the implant has capillary properties, which makes it possible to saturate it with antimicrobial solutions in case of infection.

Due to the elastic properties of the titanium wire mesh, and the mutual mobility of the woven threads, it can be easily molded to fit the shape of the convex object it surrounds, contributing to the preservation of the supported organ and increasing safety.

The method used to support the frame is technologically simplified, as it does not require rigid congruence with the topography of the supported soft tissues. In cases of closure of small defects, it was not necessary to fix the mesh as the implant was self-fixed to the edges of the defect when they were covered in the tissue.

In cases of large defects, the mesh was fixed to the edges transosseously with a non-absorbable monofilament suture. This spared intraoperative effect on the soft tissues and promoted their adaptation to the new functioning conditions, improving surgical outcomes and reducing the rehabilitation period.

The use of a titanium mesh implant reduces the cost of treatment,

allows the surgeon to isolate the dural sac in cases of multilevel decompression, and contributes to the closure of the defect formed after laminectomy/hemilinectomy, especially in prolonged decompression procedures (Figures 2 and 3).

Considering that like many other diseases, degenerative lumbar spine disease is occurring in increasingly younger patients, the use of a titanium mesh for defect closure after posterior spine decompression can be a promising technique in the treatment of these patients. It is important to note that even if complications develop, the clinical signs will manifest in remote fashion, maximally increasing the period of social activity and adaptation, without restricting young patients in choosing a profession or practising sports.

Table 2. Outcomes in groups 1 and 2.

Complications / outcomes	Group 1	Group 2	p
Pseudoarthrosis	1	0	p=0.08
Hardware breakage	0	0	-
Hardware instability	1	1	-
Development of epidural fibrosis	3	0	p<0.01
Overall	5	1	p<0.01
Duration of hospital stay (days)	7±7.3	5±8.1	p=0.1

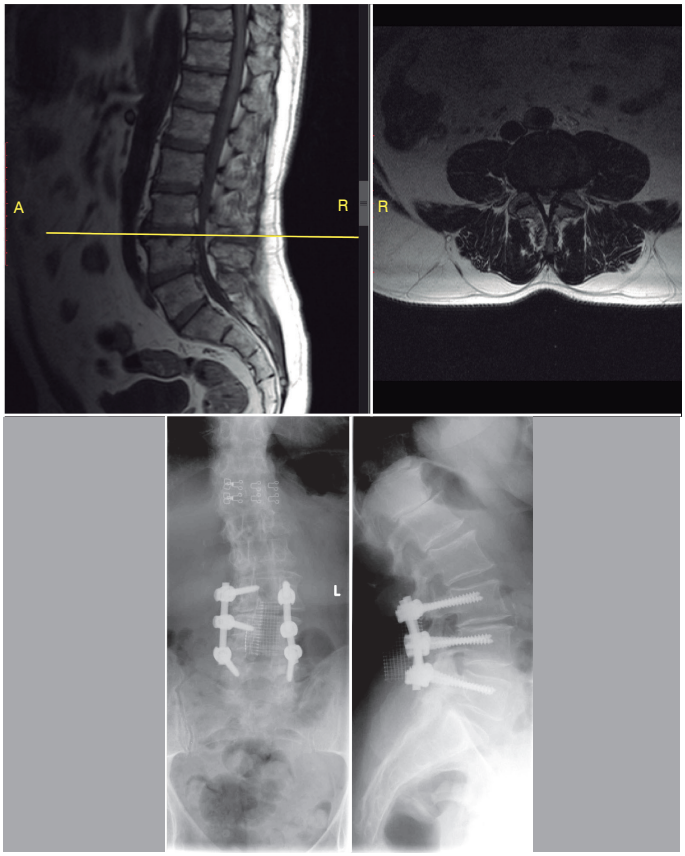


Figure 2. Patient P., 67 years old. Operation: posterior decompression, laminectomy L3-L4, stabilization of L3-L5 with fixation of titanium mesh.

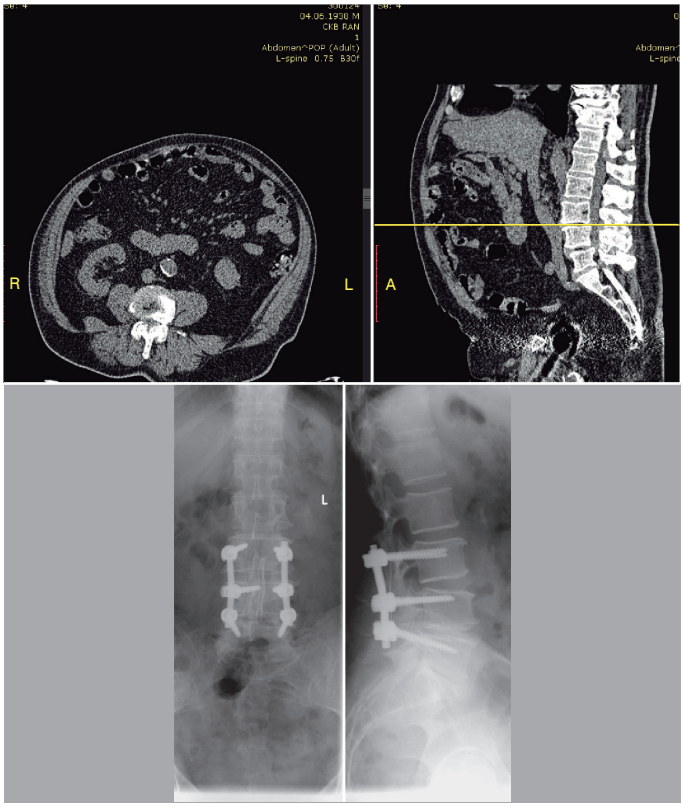


Figure 3. Patient B. 64 years. Operation: posterior decompression, laminectomy L3-L4, stabilization of L3-L5 with fixation of titanium mesh.

CONCLUSIONS

The use of the titanium mesh implant allows timely prevention of adhesion formation. Based on the results obtained, we can assert that the method is physiological, it combines restoration of anatomical relationships of structures, and at the same time, it isolates the dura mater. Due to the significant decrease in duration of surgery, reduced risk of epidural fibrosis, and the restoration of spinal canal integrity, restoration using the titanium mesh can be considered a technical and economic improvement. There were no cases of epidural fibrosis in patients with the titanium mesh; however further long-term observations are required due to a possibility of developing of this type of complications at later terms. The introduced technique allowed us to achieve the 3D reconstruction of the spinal canal after decompression. The study indicates that the developed technique relieves pain in early postoperative period, reduces the risks of postoperative fibrosis at the decompression site, and closes the defect of the spinal canal. Advantages of the described method are: the implant is selected and installed intraoperatively; the surgery is low-trauma and is accompanied by minimal blood loss; potential pressure of soft tissues on the dural sac is limited; contact between dura mater and paravertebral soft tissues is eliminated; spatial reconstruction of the spinal canal integrity is achieved.

All authors declare no potential conflict of interest related to this article.

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS: Each author made significant individual contributions to this manuscript. AM (0000-0002-5842-5904)* is the principal investigator who came up with idea to conduct the current study. AA (0000-0002-3689-921X)*, NR (0000-0001-7155-2062)* and AM took part in all the surgeries, monitored patients and collected clinical data. AA, NR and SA (0000-0002-5412-6202)* evaluated the data from the statistical analysis, carried out the bibliographic research and review of the manuscript, and contributed with the intellectual concept of the study. *ORCID (Open Researcher and Contributor ID).

REFERENCES

1. Byvaltsev V, Kalinin A, Shepelev V. Unstable forms of degenerative diseases of the vertebral-motor segments of the lumbosacral spine and diagnosis and surgical treatment. Monograph. Novosibirsk, Science 229 pages; 2017. [Article in Russian]
2. Ma D, Liang Y, Wang D, Liu Z, Zhang W, Ma T, et al. Trend of the incidence of lumbar disc herniation: decreasing with aging in the elderly. Clin Interv Aging. 2013;8:1047–50.
3. Lukina E, Kollerov M, Meswania J, Wertheim D, Mason P, Wagstaff P, et al. Analysis of Retrieved Growth Guidance Sliding LSZ-4D Devices for Early Onset Scoliosis and Investigation of the Use of Nitinol Rods for This System. Spine (Phila Pa 1976). 2015;40(1):17–24.
4. He B, Yan L, Guo H, Liu T, Wang X, Hao D. The Difference in Superior Adjacent Segment Pathology After Lumbar Posterolateral Fusion by Using 2 Different Pedicle Screw Insertion Techniques in 9-Year Minimum Follow-up. Spine (Phila Pa 1976). 2014;39(14):1093-8.
5. Hoff E, Strube P, Gross C, Putzier M. Sequestrectomy With Additional Transpedicular Dynamic Stabilization for the Treatment of Lumbar Disc Herniation: No Clinical Benefit After 10 Years Follow-up. Spine (Phila Pa 1976). 2013;38(11):887–95.
6. Parker SL, Xu R, McGirt MJ, Witham TF, Long DM, Bydon A, et al. Long-term back pain after a single-level discectomy for radiculopathy: incidence and health care cost analysis. J Neurosurg Spine. 2010;12(2):178–82.
7. Guzman JZ, Cutler HS, Connolly J, Skovrlj B, Mroz TE, Riew KD, et al. Patient-Reported Outcome Instruments in Spine Surgery. Spine (Phila Pa 1976). 2016;41(5):429–37.
8. Brox JL, Soresen R, Friis A, Nygaard Ø, Indahl A, Keller A, et al. Randomized clinical trial of lumbar instrumented fusion and cognitive intervention and exercises in patients with chronic low back pain and disc degeneration. Spine (Phila Pa 1976). 2003;28(17):1913–21.
9. Kepler CK, Vaccaro AR, Hilibrand AS, Anderson DG, Rihn JA, Albert TJ, et al. National Trends in the Use of Fusion Techniques to Treat Degenerative Spondylolisthesis. Spine (Phila Pa 1976). 2014;39(19):1584–9.
10. Mina C, Carreon LY, Glassman SD. Impact of Lumbar Fusion on Health Care Resource Utilization. Spine (Phila Pa 1976). 2016;41(4):353–7.
11. Rahme R, Moussa R, Bou-Nassif R, Maarrawi J, Rizk T, Nohra G, et al. What happens to Modic changes following lumbar discectomy? Analysis of a cohort of 41 patients with a 3- to 5-year follow-up period. J Neurosurg Spine. 2010;13(5):562–7.
12. Reyes-Sanchez A, Zarate-Kalfopulos B, Ramirez-Mora I, Rosales-Olivarez LM, Alpizar-Aguirre A, Sánchez-Bringas G. Posterior dynamic stabilization of the lumbar spine with the Accuflex rod system as a stand-alone device: experience in 20 patients with 2-year follow up. Eur Spine J. 2010;19(12):2164–70.
13. Stubbs B. Osteoporosis and falls: Some further considerations for the nursing profession. Br J Nurs. 2010;19(22):1431.
14. Zu-De Liu, Xin-Feng Li, Lie Qian, et al. Lever reduction using polyaxial screw and rod fixation system for the treatment of degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis: technique and clinical outcome. J Orthop Surg Res. 2015;10:29.
15. Mavrogenis AF, Vottis C, Triantafyllopoulos G, Papagelopoulos PJ, Pneumaticos SG. PEEK rod systems for the spine. Eur J Orthop Surg Traumatol. 2014;24(Suppl 1):111–6.
16. Yoshihara H. Rods in spinal surgery: a review of the literature. Spine J. 2013;13(10):1350-8.
17. Sengupta DK, Herkowitz HN. Pedicle screw-based posterior dynamic stabilization: literature review. Advances in Orthopedics. 2012.

SERRATIA MARCESCENS COMO CAUSA DE MIELOPATÍA CERVICAL

SERRATIA MARCESCENS COMO CAUSA DE MIELOPATIA CERVICAL

SERRATIA MARCESCENS AS A CAUSE OF CERVICAL MYELOPATHY

Mireles Cano José Nicolás,[1,2] García Gonzalez Oscar Guillermo,[1,2] Romero Conejo Luis Benito,[3,4] Colin González Christian Gerardo,[3,4] Reyes Velasco Esteban,[3,4] Kala-García Linaloe Atenas,[3] Martínez-Pérez Ricardo[5]

1. Hospital Regional de Alta Especialidad (HRAEB), Departamento de Neurociencias, Servicio de Cirugía de Columna Vertebral, Leónn, Guanajuato, México
2. Universidad de Guanajuato, Departamento de Medicina división ciencias de la Salud, Leónn, Guanajuato, México.
3. Universidad de Guanajuato, Escuela de Medicina, León, Guanajuato, México.
4. Hospital Regional de Alta Especialidad (HRAEB), Cirugía de Columna, León, Guanajuato, México.
5. Centenario Hospital Miguel Hidalgo (CHMH), Traumatologia y Ortopedia, Aguascalientes, Aguascalientes, México.

RESUMEN

Introducción: El principal agente causal de las infecciones de columna es la *Mycobacterium Tuberculosis* seguido de los saprófitos de la piel y el principal segmento afectado es el lumbar, seguido del torácico. Objetivo: Reporte de caso. Resultados: Presentamos un masculino de 40 años previamente sano, referido al servicio de columna por síndrome de destrucción vertebral C3-C4, con dolor cervical posterior y mielopatía como principal sintomatología, y alteración del metabolismo de carbohidratos. Se realizó microdiscectomía y drenaje de absceso con toma de biopsia para diagnóstico definitivo. En el cultivo se aisló *Serratia Marcescens*, multirresistente. La mielopatía y la intolerancia a los carbohidratos se resolvieron una vez resuelta la infección. Conclusión: La importancia de este caso radica en la presentación infectante de la S. *Marcescens* en una persona inmunocompetente ya que esta es principalmente un microorganismo oportunista y por su localización atípica. El patógeno más comúnmente aislado es *Mycobacterium Tuberculosis* seguido de *Staphylococcus aureus*. La identificación del agente causal es fundamental para iniciar la terapéutica antibiótica. Por lo tanto, el aislamiento microbiológico tiene un papel fundamental en el tratamiento, la recuperación y calidad de vida del paciente. ***Nivel de evidencia V; Reporte de caso.***

Descriptores: Espondilodiscitis cervical; Serratia Marcescens; Mielopatía.

RESUMO

Introdução: O principal agente causador das infecções da coluna vertebral é o Mycobacterium tuberculosis, seguido pelos saprófitos da pele. O segmento mais afetado é o lombar, seguido pelo torácico. Objetivo: Relato de caso. Resultados*: Um homem, anteriormente saudável, de 40 anos, com dor cervical posterior e mielopatia como principal sintomatologia, foi encaminhado ao nosso serviço de coluna vertebral com síndrome de destruição vertebral em C3-C4 e alteração do metabolismo de carboidratos. A microdiscectomia e a drenagem de abscessos foram realizadas e uma biópsia foi feita para diagnóstico definitivo. A Serratia marcescens multirresistente foi isolada na cultura. Tanto a mielopatia como a intolerância a carboidratos foram resolvidas, uma vez que a infecção foi tratada. Conclusão: A importância desse caso reside na apresentação infecciosa da S. marcescens em uma pessoa imunocompetente, uma vez que esse* é principalmente um microrganismo oportunista e *por sua localização atípica. O patógeno mais comumente isolado é o Mycobacterium tuberculosis, seguido pelo Staphylococcus aureus. A identificação do agente causador é essencial para início da terapia com antibióticos. Portanto, o isolamento microbiológico desempenha um papel fundamental no tratamento, recuperação e qualidade de vida do paciente.* ***Nível de evidência: V; Relato de caso.***

Descritores: *Espondilodiscite cervical; Serratia Marcescens; Mielopatia.*

ABSTRACT

Introduction: The main causative agent of spinal infections is Mycobacterium Tuberculosis, followed by saprophytes of the skin. The most affected segment is the lumbar, followed by the thoracic. Objective: Case report. Results: A previously healthy 40-year-old man with posterior cervical pain and myelopathy was referred to our spine service for vertebral destruction syndrome in C3-C4 and altered carbohydrate metabolism. Microdiscectomy and abscess drainage were performed and a biopsy was taken for definitive diagnosis. Multiresistant Serratia Marcescens was isolated in the culture. Both the myelopathy and carbohydrate intolerance were resolved as the infection was resolved. Conclusion: The significance of this case lies in the infective presentation of the S. Marcescens in an immunocompetent person, since it is mainly an opportunistic microorganism, and in the atypical location. The most commonly isolated pathogen is Mycobacterium Tuberculosis, followed by Staphylococcus aureus. Identification of the causative agent is essential to the initiation of antibiotic therapy. Therefore, microbiological isolation plays a fundamental role in the treatment, recovery and quality of life of the patient. ***Level of evidence V; Case report.***

Keywords: *Cervical spondylodiscitis; Serratia Marcescens; Myelopathy.*

Trabajo realizado en
Correspondencia: Hospital Regional de Alta Especialidad del Bajío. Blvd.Milenio #130 Col. San Carlos la Roncha, León Guanajuato. CP. 37660 Correo electronico: dr.mirelescano@hotmail.com

http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120191804192964

CC BY

Recebido en 15/03/2018 recebido em 21/05/2019

INTRODUCCIÓN

La incidencia de la espondilodiscitis ha ido en aumento[1,2] en los últimos 15 años, hay múltiples causas como; el aumento en la esperanza de vida, aumento de la incidencia de enfermedades crónico-degenerativas, uso de drogas intravenosas (IV) y mejoría en el diagnóstico.

En la espondilodiscitis espontánea, la contaminación hematógena es la más frecuente[3,4] y afecta principalmente la columna lumbar, mientras que la región cervical se ve más afectada en los usuarios de drogas IV, se han identificado focos distantes en casi la mitad de los casos siendo el más frecuente genitourinario (17%), seguidas de piel, accesos vasculares y gastrointestinales. El principal factor de riesgo es la Diabetes mellitus.

El principal agente causal de las infecciones de columna es *M Tuberculosis* (9-46% global) seguido de *S. Aureus* (50% de los casos no tuberculosos); y otros como *S. Viridans, Pseudomonas aeruginosa, E. Coli, Kliebsella*. El principal segmento afectado es el lumbar, seguido del torácico y cervical sin importar si la infección es espontánea o postquirurgica.[5] Sin embargo la espondilodiscitis por *S. Marcescens* adquirida de la comunidad es muy infrecuente, ya que es un microorganismo oportunista.[6,7] Se reporta un raro caso de espondilodiscitis cervical por *S. Marcescens* en un paciente previamente sano, que ademas ocasionó grave descontrol metabólico y alteración del estado general en el paciente y requirió manejo médico.

MÉTODOS

Se presenta un reporte de caso clinico con previa autorizacion del paciente expresada por escrito en documento de consentimiento informado y con la aprobacion del comite de bioetica de la institucion.

REPORTE DE CASO

Masculino de 40 años, referido a nuestro servicio por síndrome de destrucción vertebral. En los 6 meses previos a su atención experimentó cervicalgia multitratada, 2 meses antes de la consulta buscó atención médica en un hospital local por debilidad y parestesias de miembros inferiores por lo que se le realizó una resonancia magnética (RM) donde se observó destrucción vertebral de C3-C4,C5-C6-C7, también se le diagnosticó Diabetes Mellitus y se inició tratamiento con metformina 850mg cada 12 horas y se envió al HRAEB.

A su ingreso el paciente se encontraba alerta, su temperatura era 36.5ºC, su tensión arterial 120/70mmHg, su frecuencia cardiaca 87 latidos por minuto, y frecuencia respiratoria de 19 respiraciones por minuto; diaforetico con glucemia capilar de 25mg/dl, se administró un bolo de 25cc de dextrosa al 50% y se deja solución glucosada 5%, se suspenden los hipoglucemiantes orales y se indica monitoreo de glucemia capilar cada 2hrs, refiere dolor cervical que incrementa con el movimiento y disminuye en el reposo, no disminuye con analgésicos no esteroideos, en la escala análoga del dolor (EVA) 8/10, y pérdida de aproximadamente 10 kg de peso. A la exploración neurológica el paciente presentó disestesias en miembros inferiores desde L1, fuerza 2/5 miembros superiores y 3/5 miembros inferiores en la escala de Daniels con hiperreflexia de L4 y S1 bilateral, babinsky bilateral Asia D, Frankel D.

Los datos de laboratorio mostraron aumento en: la velocidad de sedimentación globular (vsg) a 40mm/hr y en la proteína C reactiva (pCr) de 354, el resto fue normal, RM con datos de destrucción vertebral, la glucemia fue difícil de normalizar.

Se inició protocolo para síndrome de destrucción vertebral con hemocultivo, urocultivo (ambos negativos) laboratorios seriados incluyendo hemograma, vsg (persistió elevada 40 mm/hr promedio), PCR (348 promedio), química sanguínea (sin alteraciones). Se descartó infección gastrointestinal y respiratoria. RM cervical contrastada se observa perdida de la lordosis cervical con un ángulo de -6º, irregularidad en las plataformas de C3-C4 y C5-C6, en la secuencia T2 se observa una absceso prevertebral desde C2-T1 (Figura 1) y gamagrama marcado con Ubicuicidina. (Figura 2).

Se propuso manejo quirurgico al paciente, previamente se firman consentimientos informados en los que acepta el tratamiento propuesto. A través de un abordaje cervical anterior, se realizó microdisectomía y drenaje de absceso (líquido purulento) desde el espacio de C5-C6 con toma de biopsia que se envió a microbiología para cultivo y a patología para descartar malignidad. En el cultivo se aisló *Serratia Marcescens* multiresistente, el resultado de histopatología fue negativo para malignidad.

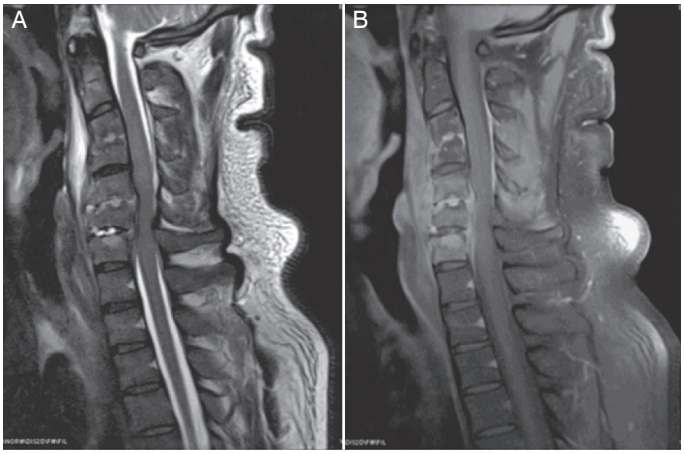


Figura 1. (A) RM simple en T2 de la región cervical corte sagital sobre la línea media donde seobservan cambios de destrucción vertebral principalmente de las plataformas C3-C4 y C5-C6, disminución del espacio del conducto medular cervical. (B) RM contrastada en T1 de la región cervical corte sagital sobre la línea media donde se observa aumento de la captación de los cuerpos vertebrales desde C3 hasta C7 así como irregularidad de sus platafomas, un absceso prevertebral desde C2 hasta T1 y colección intrarraquídea con compresión medular.

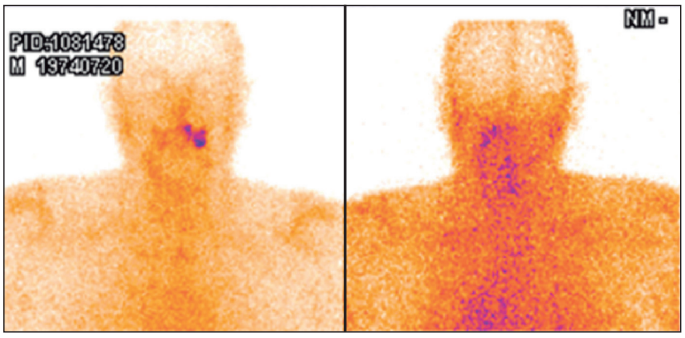


Figura 2. Gamagrama marcado con Ubiquicidina de la región cervical, se observa aumento de la captación del fármaco en la región cerivical.

Se indico tratamiento antibiótico por infectología con trimetoprim y sulfametozaxol por 6 semanas. El paciente evolucionó progresivamente hacia la mejoría, la glucemia , se normalizó hasta no requerir tratamiento, por lo se concluyó que se debía a la respuesta metabólica al trauma, la mielopatía revirtió progresivamente y a 12 meses se encontraba neurológicamente íntegro, con estudios de imagen (Figura 3) donde se observa consolidación de cuerpos vertebrales ocasionando fusión del segmento afectado con perdida de la lordosis y ángulo cervical de -6º y la médula sin alteraciones, se propuso instrumentación para asegurar la estabilidad cervical sin embargo el paciente no aceptó por encontrarse asintomático.

DISCUSIÓN

La importancia de este caso radica en la presentación en un paciente inmunocompetente, quien además de desarrollar una infección oportunista tuvo una gran respuesta metabólica al trauma caracterizada por alteraciones glucémicas de difícil control catalogado inicialmente como diabético de reciente diagnóstico; sin embargo, una vez resuelta la infección se normalizó su metabolismo de los carbohidratos. La mielopatía del paciente se resolvió al eliminar el efecto de volumen drenando el absceso.

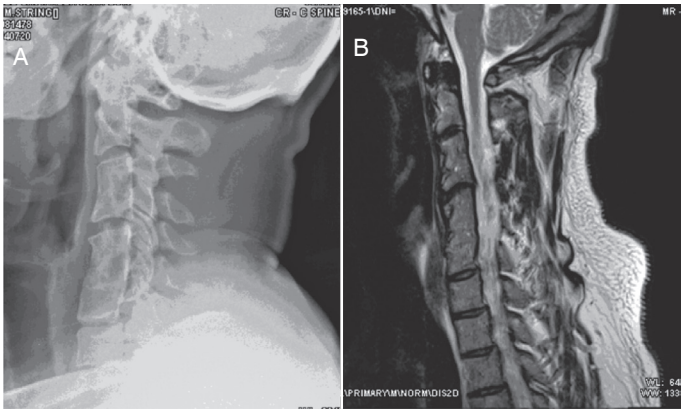


Figure 3. (A) *Serratia Marcescens*. Radiografia. Lat. cervical posterior a tratamiento, con datos de fusión C3-C4 y C5-C6-C7, con ángulo cervical de -6º. (B) Resonancia Magnética en secuencia T 2 posterior a tratamiento sin compresión medular.

El diagnóstico y tratamiento de las espondilodiscitis es un reto ya que la presentación clínica y radiológica es variada y la etiología puede ser metabolica, neoplasica o como en este paciente infecciosa, por lo que la obtención de una muestra es vital ya que los estudios de imagen solo muestran datos sugestivos pero no son diagnósticos de la etiología.

Hay poca información específica en la literatura sobre las espondilodiscitis cervicales ya que es la de menor incidencia[8,9] 6%-10%, el segmento mas afectado es C5-C6 43% seguido de C6-C7 27% y el menos afectado C1-C2 7%, las lesiones extensas de 3 niveles como la de nuestro paciente son las menos frecuentes 13%, siendo las monosegmentarias las más frecuentes con 57% de los casos. La presencia de absceso epidural es mayor en las infecciones cervicales 80% en la serie de Shousha y Boehm 2012, sin embargo Heyde el al.[10] reportan este fenómeno con baja incidencia 39%.

El principal problema radica en la localización de estas infecciones ya que puede tener un desenlace mucho más dramático que en los demás segmentos de la columna, los casos mas graves pueden presentarse con deterioro neurologico progresivo (40%), sepsis, o mielopatía que amenace la vida del paciente (niveles altos); sin embargo al igual que en este paciente la literatura reporta que en la mayoría de las espondilodiscitis el principal y muchas veces único síntoma es la cervicalgia lo que puede llevar a diagnósticos y tratamientos erróneos, sobre todo en pacientes sin factores de riesgo como el que se presenta.

Como en el resto de las espondilodiscitis se presenta en dos picos de edad: debajo de los 20 años y 50-70 años. Como ya se mencionó *Serratia Marcescens* no se encuentra dentro de los patógenos habituales el patógeno más común en las infecciones piógenas de la columna es el *Staphylococcus aureus* (20-84%), *S Marcescens* es un bacilo gram negativo aerobio oportunista reconocido como un patógeno nosocomial, se vuelve infectante cuando la inmunidad del huésped se ve comprometida (con VIH, Diabetes mellitus, en quimio/radioterapia) y en usuarios de drogas IV, pero no infectante en pacientes inmunocompetentes sin factores de riesgo asociados (acupuntura o cirugía previa), con predilección por el sistema nervioso central en el postiquirurgico.[11]

La identificación del agente causal es fundamental para ajustar la terapéutica antibiótica, ya que el antibiótico empírico administrado puede no ser el adecuado y haría crónico el cuadro. Este es el primer caso de espondilodiscitis por *S Marcescens* en un paciente inmunocompetente en su forma infectante sin antecedentes quirúrgicos en la columna cervical, Centeno et al. describen un caso similar en paciente sano de localización sacroiliaca,[12] sin embargo no presento una respuesta metabólica al trauma tan alarmante como nuestro paciente.

En el diagnóstico es de vital importancia una historia clínica detallada y una correcta exploración física así como estudios de imagen para evaluar las estructuras óseas (lisis en cuerpos vertebrales, irregularidad en las plataformas, ángulo de lordosis o cifosis)y tejidos blandos como una RM de toda columna (revela la presencia lesiónes medulares como abscesos peridurales, en uno o varios sitios) y/o gamagrafía, la presencia de cervicalgia más síntomas neurológicos justifican una RM.

Una vez establecido el diagnostico se puede o no realizar aseo quirúrgico y estabilizar la columna cervical mediante instrumentación en el mismo tiempo quirúrgico, sin embargo la literatura reporta que aun sin instrumentación, se puede lograr la estabilización una vez resuelta la infección debido al proceso de cicatrización del hueso que lleva a cabo una union ósea entre los segmentos afectados, como es el caso de este paciente, el punto en contra es la falta de control por parte del cirujano sobre el ángulo de lordosis final post fusión.

CONCLUSIÓN

El aislamiento microbiológico tiene un papel fundamental en la recuperación y calidad de vida del paciente, la necesidad de instrumentación una vez resuelta la infección se evalúa con parámetros clínicos y radiográficos que suguieran inestabilidad. Reportamos un caso de un microorganismo poco común en espondilodiscitis con localización poco frecuente como es la cervical.

Todos los autores declaran ningún conflicto de intereses potencial con respecto a este artículo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES: Cada autor contribuyó individual y significativamente al desarrollo del manuscrito. MC (0000-0001-8352-9732)* y GG (0000-0002-2502-1356)* fueron los principales contribuyentes realizando la cirugía, la redacción el artículo, el concepto intelectual y la preparación del proyecto. RC (0000-0002-0486-731X)*, CG (0000-0002-4069-1964)* y RV (0000-0002-7674-2428)* realizaron la cirugía, controlaron a los pacientes y recopilaron datos clínicos. KG (0000-0002-9665-8063) * y MP (0000-0003-4386-1946) *, llevaron a cabo la investigación bibliográfica, la revisión del manuscrito y contribuyeron con el concepto intelectual del estudio. *ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).

REFERENCIAS

1. Gouliouris T, Aliyu SN, Brown NM. Spondylodiscitis: update on diagnosis and management. J Antimicrob Chemoter. 2010;65(Suppl 3):11–24.
2. **Jimenez-Avila JM, Cahueque-Lemus MA, Cobar-Bustamante AE, Bregni-Duraés MC. Vertebral Destruction Syndrome: From Knowledge to Practice. J Spine .2015;490:251.**
3. Societé de Pathologie Infectieuse de Langue Français. Recommendations pour la pratique clinique. Spondylodiscites infectieuses primitives, et secondaires à un geste intra-discal, sans mise en place de matériel. Med Mal Infect. 2007;37:554-72.
4. Karadimas EB, Bunger C, Lindblad BE, Hansen ES, Høy K, Helmig P, et al. Spondylodiscitis. A retrospective study of 163 patients. Acta Orthop. 2008;79(5):650–9.
5. Friedman JA, Maher CO, Quast LM, McClelland RL, Ebersold MJ. Spontaneous disc space infections in adults. Surg Neurol. 2002;57(2):81-6.
6. Parkins MD, Gregson DB. Community-acquired Serratia marcescens spinal epidural abscess in a patient without risk factors: case report and review. Can J Infect Dis Med Microbiol. 2008;19(3):250-2.
7. **Chih-Wei Y, Shun-Neng H, Jhih-Syuan L, Dueng-Yuan H. Serratia Marcescens spinal epidural abscess formation following acupuncture. Intern Med. 2014;53(15):1665-8.**
8. Shousha M, Boehm H. Surgical treatment of cervical spondylodiscitis. Spine (Phila Pa 1976). 2012;37(1):E30-6.
9. Barrecheguren EG, Barriga A, Barroso JL, Villas C. Espondilodiscitis cervicales. Rev Med Univ Navarra. 2001;45(4):11-8.
10. Heyde CE, Brehm H, el Saghir H, Tschoke SK, Kayser R. Surgical treatment of spondylodiscitis in the cervical spine: a minimum 2 year follow up. Eur Spine J. 2006;15(9):1380-7.
11. Kulkarni AG, Hee HT. Adjacent level disci tis after anterior cervical disectomy and fusion (ACDF): a case report. Eur Spine J. 2006;15(Supply 5):559-63.
12. Centeno AJ, Abejón A, Moreno JJ, Aznar JJ. Absceso sacroiliaco por Seratia marcescens en paciente inmunocompetente. Enferm Infecc Microbiol Clin. 2005;23(5):327-30.

Revisores "*ad-hoc*" da Revista Coluna Columna em 2019

O aprimoramento da qualidade da Revista Coluna/Columna depende de uma série de fatores. Um deles, absolutamente fundamental, é a participação ativa e eficiente de revisores de alto padrão técnico e científico.

Agradecemos, em nome da Revista Coluna/Columna e da Sociedade Brasileira de Coluna, aos profissionais que colaboraram durante o ano de 2019.

Dr. Helton L. A. Defino
Editor Científico

Dr. Sérgio Daher
Editor Executivo

- Andres Edgar Rodriguez Fuentes, Univ. de São Paulo (Ribeirão Preto, SP, Brasil)
- Carlos Henrique Maçaneiro, Univ. da Região Joinville (Joinville, SC, Brasil)
- Carlos Henrique Ribeiro, Hospital Quinta D'or (Rio de Janeiro, RJ, Brasil)
- Carlos Tello, Sociedad Ibero Latinoamericana de Columna (Buenos Aires, Argentina)
- Cristiano Magalhães Menezes; Columna Instituto Dr. Cristiano Menezes (Belo Horizonte, MG, Brasil)
- Délio Eulálio Martins, Univ. Federal de São Paulo (São Paulo, SP, Brasil)
- Enguer Beraldo Garcia, Santa Casa de Belo Horizonte (Belo Horizonte, MG, Brasil)
- Erasmo de Abreu Zardo, Pontifícia Univ. Católica (Porto Alegre, RS, Brasil)
- Fernando Antonio Mendes Façanha Filho, Univ. Federal do Ceará (Fortaleza, CE, Brasil)
- Jorge Manuel A. Draper Mineiro, Hosp. Cuf Descobertas (Lisboa, Portugal)
- Luciano Miller Reis Rodrigues, Faculdade de Medicina do ABC (Santo André, SP, Brasil)
- Luiz Roberto Gomes Vialle, Pontifícia Univ. Católica (Curitiba, PR, Brasil)
- Marcelo Wajchenberg, Univ. Federal de São Paulo (São Paulo-SP-Brasil)
- Murilo Tavares Daher, Departamento de Ortopedia da Universidade Federal de Goiás (Goiânia, GO, Brasil)
- Néstor Fiore, Hosp. de La Plata (Buenos Aires, Argentina)
- Nicolás J. Macchiavello Cornejo, Hospital Clínico de la Universidad de Chile (Santiago, Chile)
- Roberto Sakamoto Falcon, Hospital Ortopédico-Lifecenter (Belo Horizonte, MG, Brasil)
- Sérgio Afonso Hennemann, Hosp. Mãe de Deus (Porto Alegre, RS, Brasil)
- Rodrigo Amaral, Instituto de Patologia da Coluna – IPC (São Paulo, SP, Brasil)
- Xavier Soler I Graells, Univ. Federal do Paraná (Curitiba, PR, Brasil)