

CONCORDÂNCIA DA CLASSIFICAÇÃO DE GOUTALLIER NA AVALIAÇÃO DO MÚSCULO MULTÍFIDO

RELIABILITY OF THE GOUTALLIER CLASSIFICATION SYSTEM IN THE EVALUATION OF THE MULTIFIDUS MUSCLE

FIABILIDAD DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE GOUTALLIER EN LA EVALUACIÓN DEL MÚSCULO MULTÍFIDO

RAMON OLIVEIRA SOARES¹, NELSON ASTUR¹, FABIO CHAUD DE PAULA¹, PAULO SIMÕES FORTÉ², GUILHERME ALVES DE MELO², MARCELO WAJCHENBERG¹, PEDRO POHL¹, DÉLIO EULÁLIO MARTINS²

1. Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo, SP, Brasil.
2. Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, SP, Brasil.

RESUMO

Introdução: A musculatura paravertebral é essencial para a biomecânica e estabilidade da coluna e tem sido demonstrado seu envolvimento na fisiopatologia das doenças da coluna vertebral. A avaliação qualitativa da degeneração muscular é usualmente feita pela análise da taxa de infiltração de gordura proposta pelo Sistema de Classificação de Goutallier. **Objetivo:** O objetivo deste trabalho é analisar a concordância intra e interobservador da Classificação de Goutallier para avaliação da degeneração gordurosa do músculo multífido por meio de exames de ressonância magnética. **Métodos:** Fizeram parte do estudo 68 pacientes, todos com diagnóstico de hérnia discal sintomática e com indicação cirúrgica. As imagens de ressonância magnética colhidas no pré-operatório foram analisadas por dois ortopedistas e dois estudantes de medicina e foram reavaliadas duas semanas depois. Foi realizada análise de confiabilidade intra e interobservador por meio do teste Kappa de Fleiss e pelos critérios de Landis e Koch. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do ambiente estatístico R (R Development Core Team, versão 3.3.1, 2016), e o nível de significância foi fixado em 5%. **Resultados:** As porcentagens de concordância intra e interobservadores foram, respectivamente, 86,76% e 61,03%. A concordância intraobservador foi quase perfeita e moderada interobservadores. **Conclusões:** O Sistema de Classificação de Goutallier demonstrou concordância moderada interobservador e intraobservador, sendo uma ferramenta relevante na avaliação da substituição gordurosa da musculatura paravertebral. **Nível de evidência II; Estudo prospectivo para fins diagnósticos.**

Descritores: Músculos Paraespinais; Dor Lombar; Atrofia Muscular.

ABSTRACT

Introduction: The paravertebral musculature is essential for the biomechanics and stability of the spine, and its involvement in the pathophysiology of spinal diseases has been demonstrated. Qualitative evaluation of muscle degeneration is usually performed by analyzing the fat infiltration rate proposed by the Goutallier classification system. **Objective:** The objective of this study is to analyze the intra- and interobserver agreement of the Goutallier Classification for the evaluation of fatty degeneration of the multifidus muscle, using magnetic resonance imaging exams. **Methods:** The study included 68 patients, all diagnosed with symptomatic disc hernia and indicated for surgery. Preoperative magnetic resonance images were used for the analyses. The images were initially evaluated by two orthopedists and two medical students, and then re-evaluated after two weeks. Intra- and inter-observer reliability analysis was performed using the Fleiss Kappa test and the Landis and Koch criteria. All the analyses were performed using the R statistical environment (R Development Core Team, version 3.3.1, 2016) and the significance level was set at 5%. **Results:** The percentages of intra- and inter-observer agreement were 86.76% and 61.03%, respectively. The intraobserver agreement was near perfect and the interobserver agreement was moderate. **Conclusion:** The Goutallier Classification System showed moderate interobserver and intraobserver agreement, being a relevant tool for the evaluation of paravertebral musculature fat replacement. **Level of evidence II; Prospective study for diagnostic purposes.**

Keywords: Paraspinal Muscles; Low Back Pain; Muscular Atrophy.

RESUMEN

Introducción: La musculatura paravertebral es fundamental para la biomecánica y la estabilidad de la columna y se ha demostrado su intervención en la fisiopatología de las enfermedades de la columna. La evaluación cualitativa de la degeneración muscular se suele realizar analizando la tasa de infiltración de grasa propuesta por el sistema de clasificación de Goutallier. **Objetivo:** El objetivo de este estudio es analizar la concordancia intra e interobservador de la Clasificación de Goutallier para evaluar la degeneración grasa del músculo multífido mediante resonancia magnética. **Métodos:** Formaron parte del estudio 68 pacientes, todos con diagnóstico de hernia discal sintomática y con indicación quirúrgica. Se utilizaron imágenes de resonancia magnética preoperatorias para el análisis. Las imágenes fueron evaluadas

Estudo realizado no Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo, SP, Brasil.

Correspondência: Ramon Oliveira Soares. Hospital Israelita Albert Einstein, Av. Albert Einstein, 627 - Jardim Leonor. 05652-900. São Paulo, SP, Brasil. ramon_oli@yahoo.com.br



<http://dx.doi.org/10.1590/S1808-18512021200425038>

Recebido em 26/03/2021 aceito em 24/06/2021

Coluna/Columna. 2021;20(4):260-3

Revisado por: Prof. Dr. Asdrubal Falavigna/Dr. Marcelo Italo Risso-Neto

inicialmente por 02 ortopedistas y 02 estudiantes de medicina y, después de dos semanas, reevaluadas. El análisis de fiabilidad intra e interobservador se realizó mediante la prueba Kappa de Fleiss y los criterios de Landis y Koch. Todos los análisis se realizaron utilizando el entorno estadístico R (R Development Core Team, 2016), versión 3.3.1, y el nivel de significancia se estableció en 5%. Resultados: Los porcentajes de concordancia intra e interobservador fueron, respectivamente, 86,76% y 61,03%. La concordancia intraobservador fue casi perfecta y la concordancia interobservador fue moderada. Conclusión: el Sistema de Clasificación de Goutallier demostró una moderada concordancia interobservador e intraobservador, siendo una herramienta relevante en la evaluación del reemplazo graso de la musculatura paravertebral. **Nivel de evidencia II; Estudio prospectivo con fines diagnósticos.**

Descriptor: Músculos Paraespinales; Dolor de la Región Lumbar; Atrofia Muscular.

INTRODUÇÃO

A musculatura paravertebral, em especial o músculo multifídus, tem papel fundamental na estabilização da coluna lombar, sendo importante para a manutenção da biomecânica da coluna vertebral.^{1,2} Está bem estabelecido que a degeneração do músculo multifídus está frequentemente associada a sintomas de dor lombar, levando a piores resultados funcionais e maiores custos de saúde.³ Seu possível envolvimento como um dos mediadores na fisiopatologia das doenças degenerativas da coluna, dor lombar crônica, e escoliose idiopática tem sido demonstrada.⁴⁻⁶

Um dos métodos mais abordados para avaliação qualitativa da degeneração muscular é a taxa de infiltração de gordura.⁷ Dentre os diversos métodos de imagem testados, a ressonância magnética foi a que demonstrou melhor grau de concordância com o tecido adiposo intermuscular, detectado por exame histológico.⁸ Os sistemas desenvolvidos, embora úteis e precisos, tem como limitação o processo longo para análise e a necessidade, muitas vezes, da utilização de softwares de computador, o que limita a avaliação muscular de rotina em um ambiente clínico.

O sistema de classificação de Goutallier, relatado em 1994, foi o primeiro descrito que classifica os músculos pela quantidade de gordura dentro dele.⁹ Comumente utilizado por especialistas em doenças do ombro, o sistema gradua a gordura intramuscular dos músculos do manguito rotador usando uma escala semiquantitativa de 0 a 4, demonstrando relações de confiabilidade que variam de moderada a ótima.¹⁰ Recentemente, a classificação de Goutallier foi aplicada para análise da musculatura glútea em imagem de ressonância magnética, com excelentes resultados de concordância intra e interobservador.¹¹

A adaptação do sistema para a análise qualitativa da degeneração do músculo multifídus têm sido descrita por alguns pesquisadores, apresentando correlação com a taxa de infiltração de gordura.^{8,12} Porém, o intervalo curto entre as análises; falta de randomização das imagens para avaliação dos observadores; amostra pequena; heterogeneidade da amostra; são fatores que podem influenciar nos resultados obtidos. A implementação de um método confiável e conveniente na avaliação qualitativa da infiltração gordurosa no músculo multifídus é desejada em ambos os cenários clínicos e de pesquisa. O objetivo desse trabalho é analisar a concordância intra e interobservador da Classificação de Goutallier para a avaliação da degeneração gordurosa do músculo multifídus, por meio de exames de ressonância magnética.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo diagnóstico conduzido em um hospital privado terciário, com aprovação do protocolo pelo comitê de ética

em pesquisa (CAAE 27043519.0.0000.5492). Todos os pacientes aceitaram participar dessa pesquisa por meio de assinatura de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Foram incluídos: pacientes entre 18 e 65 anos; diagnóstico de hérnia de disco lombar; indicação cirúrgica de descompressão em nível único unilateral. Casos de reoperação, antecedentes de doença infecciosa, oncológica ou fratura da coluna vertebral foram excluídos, assim como aqueles com prontuário médico incompleto.

Foram selecionadas as imagens de ressonância magnética colhidas no pré-operatório, ponderadas em T2, no plano médio do nível do disco intervertebral indicado para realização do procedimento cirúrgico. Todas as ressonâncias magnéticas foram realizadas no período entre janeiro de 2017 e março de 2019, extraídas da mesma plataforma digital (Carestream Health, Inc. 2020). A classificação das imagens foi realizada por quatro examinadores de maneira independente, sendo dois ortopedistas e dois estudantes do último ano do curso de medicina. Todos os avaliadores foram apresentados a classificação quando definido o projeto de pesquisa para realização do estudo. Apesar de familiarizados com a classificação, não a utilizavam rotineiramente na prática clínica e não houve treinamento prévio no intuito de evitar possível viés quanto homogeneização dos resultados. Os casos foram avaliados inicialmente por todos os participantes e os examinadores não tiveram acesso aos achados dos outros avaliadores durante o estudo. Após duas semanas, repetiram-se as análises pelos mesmos examinadores, com ordem dos casos diferente da primeira avaliação. Todos foram instruídos a desconsiderar para análise tanto a musculatura adjacente ao multifídus, quanto a gordura contida no plano fascial.

O sistema de classificação de Goutallier (SCG) consiste numa escala semiquantitativa de 0 a 4, definida como: grau 0, sem infiltração de gordura intramuscular; grau 1, algumas estrias gordurosas presente; grau 2, gordura evidente, mas proporcionalmente menor que o tecido muscular; grau 3, quantidades de gordura igual à quantidade de músculo; grau 4, mais gordura que músculo (Figura 1).

No intuito de verificar a concordância intra e interobservador da Classificação de Goutallier, optou-se pela utilização do teste Kappa de Fleiss,¹³ uma generalização do teste Kappa, apropriado para situações em que diversos observadores avaliam a mesma amostra em uma escala com várias categorias, como é o caso da Classificação de Goutallier, que pode assumir valores de 0 a 4. O coeficiente de concordância Kappa possui valores que variam de +1 (concordância perfeita) a 0 (concordância igual a esperada ao acaso) a -1 (discordância completa).

A análise dos resultados, após o cálculo do coeficiente Kappa, foi interpretada segundo os critérios propostos por Landis e Koch: < 0,00 Pobre; 0,00 – 0,20 fraca; 0,21 – 0,40 razoável; 0,41 – 0,60 moderada; 0,61 – 0,80 substancial; 0,81 – 1,00 quase perfeita.

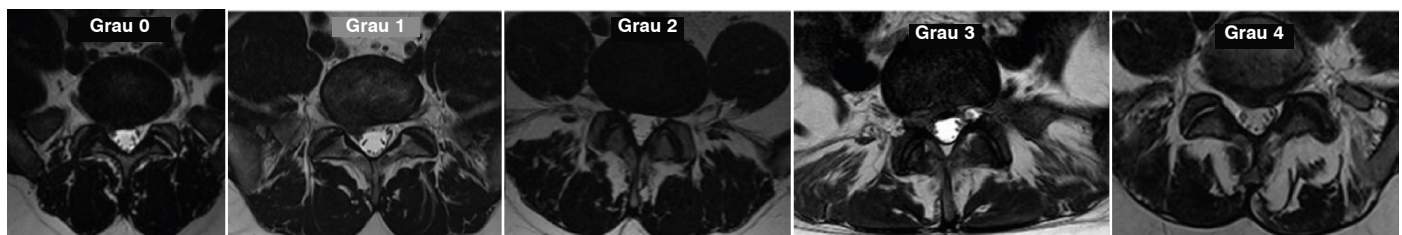


Figura 1. Sistema de Classificação de Goutallier.

Todas as análises foram realizadas com o auxílio do ambiente estatístico R (*R Development Core Team*, 2016), versão 3.3.1 e o nível de significância foi fixado em 5%.

RESULTADOS

Ao todo, 68 pacientes foram incluídos no estudo, sendo 36 do sexo masculino e 32 do sexo feminino. A média de idade dos participantes foi de 46 ± 14 anos, sendo 53,1% homens. Foram incluídas na análise 544 imagens, e de acordo com o SCG: 33 foram grau 0; 152 grau 1; 197 grau 2; 75 grau 3; e 19 grau 4. (Figura 2)

O estudo da reprodutibilidade interobservadores (Tabela 1) foi realizado comparando-se a primeira e segunda leitura de cada observador, pareada dois a dois, de forma a perfazer todas as combinações possíveis, analisadas pelo teste kappa de Fleiss. Nessa análise, a porcentagem média de concordância foi de 61,03% (desvio padrão de 5,16%).

O estudo da reprodutibilidade intraobservadores (Tabela 2), feito por meio do teste kappa de Fleiss mostrou porcentagem média de concordância de 86,76% (desvio padrão de 13,32%).

DISCUSSÃO

Os músculos paravertebrais lombares fornecem movimento e estabilidade dinâmica para a coluna vertebral. Existem crescentes

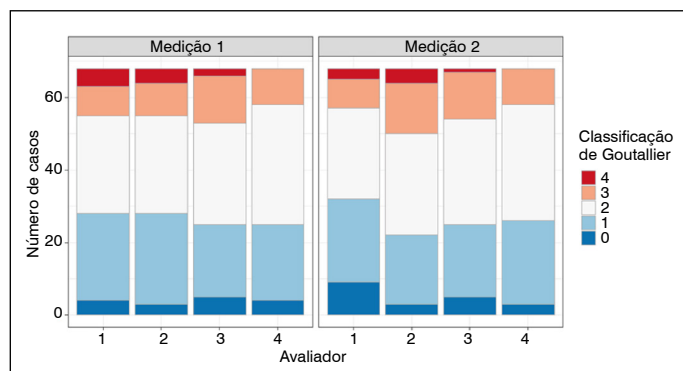


Figura 2. Distribuição de frequências da classificação de Goutallier atribuída pelos avaliadores, por medição.

Tabela 1. Resultados da análise de concordância interobservador da classificação de Goutallier.

Medição	Avaliador	Concordância	Kappa de Fleiss	Nível de confiabilidade
Medição 1	Avaliador 1x2	64,71%	0,49	Moderada
	Avaliador 1x3	64,71%	0,50	Moderada
	Avaliador 1x4	52,94%	0,30	Razoável
	Avaliador 2x3	66,18%	0,51	Moderada
	Avaliador 2x4	57,35%	0,36	Razoável
Medição 2	Avaliador 3x4	60,29%	0,41	Moderada
	Avaliador 1x2	63,24%	0,49	Moderada
	Avaliador 1x3	58,82%	0,42	Moderada
	Avaliador 1x4	54,41%	0,33	Razoável
	Avaliador 2x3	60,29%	0,43	Moderada
	Avaliador 2x4	58,82%	0,39	Razoável
	Avaliador 3x4	60,29%	0,40	Razoável

Tabela 2. Resultados da análise de concordância intraobservador da classificação de Goutallier.

Avaliador	Concordância	Kappa de Fleiss	Nível de confiabilidade
1	69,12%	0,56	Moderada
2	83,82%	0,77	Substancial
3	97,06%	0,96	Quase perfeita
4	97,06%	0,95	Quase perfeita

interesses de pesquisa em sua fisiologia normal e nos seus estados patológicos e diversos estudos para a análise de parâmetros de avaliação têm sido desenvolvidos.^{14,15} Esse estudo buscou avaliar a reprodutibilidade da Classificação de Goutallier na análise da taxa de infiltração de gordura do músculo multifídus por meio de ressonância magnética e apresentou concordância moderada interobservador e quase perfeita intraobservador. Os dados existentes na literatura corroboram para essa relação. Battaglia et al.,⁸ ao analisarem o músculo multifídus, relataram que a classificação de Goutallier se correlacionou com a taxa de infiltração de gordura com um coeficiente de correlação de 0,77-0,89, e com confiabilidade inter e intraobservador de mais de 0,8. Yanik et al.,¹² aplicaram o SCG para classificar músculo multifídus em seu estudo para gerar diferentes coortes que lhes permitiriam estudar a relação entre a taxa de infiltração gordurosa e o deslocamento químico em um registro de espectro da ressonância nuclear magnética.

Estudos anteriores classificaram a degeneração gordurosa usando a escala "leve", "moderada" e "grave" - relatando confiabilidade intra e interobservador moderada a substancial.^{16,17} A Tomografia computadorizada também tem sido descrita para avaliar a quantidade de depósitos de gordura dos músculos paravertebrais por meio de histogramas e um método de graduação visual semiquantitativo. Kalichman et al.,¹⁸ utilizaram a escala leve, moderado e grave para classificar o músculo multifídus em tomografias axiais e relataram confiabilidade intraobservador boa e moderada a boa interobservador. Acreditamos que a adaptação do SCG para utilização no músculo multifídus oferecem algumas vantagens sobre o método descrito anteriormente: a SCG é semiquantitativa e fornece uma escala numérica para o teor de gordura, favorecendo a interpretação; a ressonância magnética mostrou um excelente grau de concordância com o tecido adiposo intermuscular detectado por exame histológico; é o exame de predileção na investigação diagnóstica de lombalgia aguda e crônica. Além disso, com objetivo exclusivo de avaliar a musculatura paravertebral, a ressonância magnética é menos invasiva que a tomografia por não utilizar radiação.

Outro método descrito é a avaliação da área da seção transversal do músculo. Essa é obtida traçando o músculo paravertebral manualmente usando um software de computador, seguido pelo cálculo da taxa de área de alta intensidade dentro do músculo como razão de infiltração de gordura, usando técnica de pseudo-coloração ou análise histográfica.^{4,17} Este processo diminui a praticidade do método, o que impede seu uso diário em um ambiente clínico. Além disso, a área da seção transversal do músculo pode não sofrer alterações significativas, devido à infiltração de gordura no feixe muscular.¹⁶

A degeneração gordurosa tem sido descrita em diferentes patologias da coluna vertebral. Kang et al.,¹⁹ observaram maiores proporções de depósito de gordura na musculatura paravertebral nos pacientes com cifose degenerativa lombar em comparação ao grupo controle. Shafaq et al. demonstraram que a degeneração muscular foi mais comum no lado côncavo em pacientes com escoliose degenerativa lombar.²⁰ Stevens et al., conduziram uma revisão sistemática para avaliar as diferenças na morfologia do músculo multifídus entre pessoas com hérnia de disco lombar e grupo controle. O envolvimento dos músculos paraespinhais pode ser um possível mediador na fisiopatologia da hérnia de disco, com a presença de alterações do músculo multifídus ipsilateral em pessoas com hérnia de disco lombar unilateral.⁶

Apesar de alguns estudos ainda questionarem se a degeneração muscular é causa ou resultado dos processos patológicos da coluna vertebral,²¹ suas implicações clínicas têm sido estabelecidas. Uma série de estudos encontrou maior infiltrado gorduroso do músculo multifídus em pacientes com lombalgia crônica em comparação com controles assintomáticos.^{16,22,23} O grau de envolvimento dos músculos paraespinhais, especialmente o multifídus, pode ser um possível mediador não somente na fisiopatologia, mas também influenciador do curso da dor e resultados funcionais após o tratamento das patologias lombares, seja não cirúrgico ou

cirúrgico. Logo, a avaliação da morfologia do multifidus pode ser um importante fator para otimização do tratamento.

O presente estudo apresenta algumas limitações. O estudo foi conduzido em um único centro, o que poderia trazer implicações na extrapolação e reprodutibilidade dos resultados. No entanto, a realização dos exames de ressonância magnética no mesmo centro de imagem garante o mesmo perfil de intensidade de pixels e parâmetros de aquisição. Isso, somado ao fato de todos os participantes possuírem diagnóstico hérnia discal sintomática, permite uma amostra mais homogênea. A relação da classificação de Goutallier adaptada e as doenças degenerativas discais tem sua validade e reprodutibilidade como objeto de pesquisas, com excelente correlação.⁷

Outro fator importante é a ordem em que os exames de ressonância magnética foram apresentados aos avaliadores, de maneira sequencial. Isso pode ter influenciado os analisadores durante a

sessão de repetibilidade, o que comprometeria a confiabilidade intraobservador. No entanto, houve um intervalo de duas semanas entre as sessões, de modo que o efeito dessa limitação foi minimizado. Estudos futuros com amostras maiores podem ser necessários para validar nossos resultados.

CONCLUSÃO

O Sistema de Classificação de Goutallier demonstrou uma concordância moderada interobservador e quase perfeita intraobservador na avaliação da taxa de infiltração gordurosa do músculo multifidus.

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

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento deste artigo. ROS, NA, DEM: conceito intelectual e redação do artigo; FCP: aquisição e análise dos dados e redação do artigo; PSF, GAM: aquisição dos dados e redação do artigo; MW, PP: revisão do artigo e interpretação dos dados.

REFERÊNCIAS

- Altinkaya N, Cekinmez M. Lumbar multifidus muscle changes in unilateral lumbar disc herniation using magnetic resonance imaging. *Skeletal Radiol.* 2016;45(1):73-7. doi:10.1007/s00256-015-2252-z.
- Cholewicki J, Panjabi MM, Khachatryan A. Stabilizing Function of Trunk Flexor-Extensor Muscles Around a Neutral Spine Posture. *Spine.* 1997;22(19):2207-12. doi:10.1097/00007632-199710010-00003.
- Freeman MD, Woodham MA, Woodham AW. The Role of the Lumbar Multifidus in Chronic Low Back Pain: A Review. *PM R.* 2010;2(2):142-6. doi:10.1016/j.pmrj.2009.11.006.
- Lee H II, Song J, Lee HS, Kang JY, Kim M, Ryu JS. Association between Cross-sectional Areas of Lumbar Muscles on Magnetic Resonance Imaging and Chronicity of Low Back Pain. *Ann Rehabil Med.* 2011;35(6):852-9. doi:10.5535/arm.2011.35.6.852.
- Wajchenberg M, Astur N, Fernandes EA, Paredes - Gameiro EJ, Luciano RP, Schmidt B, et al. Assessment of fatty infiltration of the multifidus muscle in patients with adolescent idiopathic scoliosis through evaluation by magnetic resonance imaging compared with histological analysis: A diagnostic accuracy study. *J Pediatr Orthop Part B.* 2019;28(4):362-7. doi:10.1097/BPB.0000000000000578.
- Stevens S, Agten A, Timmermans A, Vandenabeele F. Unilateral changes of the multifidus in persons with lumbar disc herniation : a systematic review and meta-analysis. *Spine J.* 2020;20(10):1573-85. doi:10.1016/j.spinee.2020.04.007.
- Tamai K, Chen J, Stone M, Arakelyan A, Paholpak P, Nakamura H, et al. The evaluation of lumbar paraspinal muscle quantity and quality using the Goutallier classification and lumbar indentation value. *Eur Spine J.* 2018;27(5):1005-12. doi:10.1007/s00586-018-5485-4.
- Battaglia PJ, Maeda Y, Welk A, Hough B, Kettner N. Reliability of the Goutallier Classification in Quantifying Muscle Fatty Degeneration in the Lumbar Multifidus Using Magnetic Resonance Imaging. *J Manipulative Physiol Ther.* 2014;37(3):190-7. doi:10.1016/j.jmpt.2013.12.010.
- Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC. Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;(304):78-83. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8020238.
- Slabaugh MA, Friel NA, Karas V, Romeo AA, Verma NN, Cole BJ. Interobserver and Intraobserver Reliability of the Goutallier Classification Using Magnetic Resonance Imaging. *Am J Sports Med.* 2012;40(8):1728-34. doi:10.1177/0363546512452714.
- Engelken F, Wassilew GI, Köhlitz T, Brockhaus S, Hamm B, Perka C, et al. Assessment of Fatty Degeneration of the Gluteal Muscles in Patients With THA Using MRI: Reliability and Accuracy of the Goutallier and Quartile Classification Systems. *J Arthroplasty.* 2014;29(1):149-53. doi:10.1016/j.arth.2013.04.045.
- Yanik B, Keyik B, Conkbayir I. Fatty degeneration of multifidus muscle in patients with chronic low back pain and in asymptomatic volunteers: Quantification with chemical shift magnetic resonance imaging. *Skeletal Radiol.* 2013;42(6):771-8. doi:10.1007/s00256-012-1545-8.
- Fleiss JL, Levin B, Paik MC. *Statistical Methods for Rates and Proportions.* John Wiley & Sons, Inc.; 2003.
- Kulig K, Scheid AR, Beauregard R, Popovich JMJ, Bencek GJ, Colletti PM. Multifidus morphology in persons scheduled for single-level lumbar microdiscectomy: qualitative and quantitative assessment with anatomical correlates. *Am J Phys Med Rehabil.* 2009;88(5):355-61. doi:10.1097/phm.0b013e31819c506d.
- Takayama K, Kita T, Nakamura H, Kanematsu F, Yasunami T, Sakanaka H, et al. New predictive index for lumbar paraspinal muscle degeneration associated with aging. *Spine.* 2016;41(2):E84-90. doi:10.1097/BRS.0000000000001154.
- Kjaer P, Bendix T, Sorensen JS, Korsholm L, Leboeuf-Yde C. Are MRI-defined fat infiltrations in the multifidus muscles associated with low back pain? *BMC Med.* 2007;5:2. doi:10.1186/1741-7015-5-2.
- Kader DF, Wardlaw D, Smith FW. Correlation Between the MRI Changes in the Lumbar Multifidus Muscles and Leg Pain. *Clin Radiol.* 2000;55(2):145-9. doi:10.1053/crad.1999.0340.
- Kalichman L, Klindukhov A, Li L, Linov L. Indices of Paraspinal Muscles Degeneration: Reliability and association with facet joint osteoarthritis: Feasibility study. *Clin Spine Surg.* 2016;29(9):465-70. doi:10.1097/BSD.0b013e31828be943.
- Kang CH, Shin MJ, Kim SM, Lee SH, Lee C-S. MRI of paraspinal muscles in lumbar degenerative kyphosis patients and control patients with chronic low back pain. *Clin Radiol.* 2007;62(5):479-86. doi:10.1016/j.crad.2006.12.002.
- Shafaq N, Suzuki A, Matsumura A, Terai H, Toyoda H, Yasuda H, et al. Asymmetric Degeneration of Paravertebral Muscles in Patients With Degenerative Lumbar Scoliosis. *Spine.* 2012;37(16):1398-406. doi:10.1097/BRS.0b013e31824c767e.
- Mannil M, Burgstaller JM, Thanabalasingam A, Winkhofer S, Betz M, Held U, et al. Texture analysis of paraspinal musculature in MRI of the lumbar spine: analysis of the lumbar stenosis outcome study (LSOS) data. *Skeletal Radiol.* 2018;47(7):947-54. doi:10.1007/s00256-018-2919-3.
- Freeman MD, Woodham MA, Woodham AW. The Role of the Lumbar Multifidus in Chronic Low Back Pain: A Review. *PM R.* 2010;2(2):142-6. doi:10.1016/j.pmrj.2009.11.006.
- Lee JC, Cha J-G, Kim Y, Kim Y-I, Shin B-J. Quantitative Analysis of Back Muscle Degeneration in the Patients With the Degenerative Lumbar Flat Back Using a Digital Image Analysis. *Spine.* 2008;33(3):318-25. doi:10.1097/BRS.0b013e318162458f.