

CORRELAÇÃO POR IMAGEM ENTRE LÍQUIDO FACETÁRIO E INSTABILIDADE LOMBAR

IMAGE CORRELATION BETWEEN FACET EFFUSION AND LUMBAR INSTABILITY

CORRELACIÓN POR IMAGEN ENTRE DERRAME FACETARIO Y INESTABILIDAD LUMBAR

MAURO ANTONIO FERNANDES JUNIOR,¹ EMILIANO NEVES VIALLE,¹ RAFAEL LUIZ PINTO,² FELIPE DE NEGREIROS NANNI,¹ LUIZ ROBERTO VIALLE³

1. Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR, Hospital Universitário Cajuru - HUC, Grupo de Cirurgia de Coluna, Curitiba, PR, Brasil.

2. Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR, Escola de Medicina, Curitiba, PR, Brasil.

3. Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR, Escola de Medicina, Departamento de Ortopedia e Traumatologia, Curitiba, PR, Brasil.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a incidência de líquido facetário na ressonância magnética (RNM) de coluna lombossacra e a relação com instabilidade segmentar radiográfica em pacientes submetidos à cirurgia da coluna vertebral. **Métodos:** Coorte retrospectivo de pacientes submetidos à cirurgia da coluna lombossacra, em um período de três anos, através da avaliação do movimento na radiografia (RX) dinâmica e presença de líquido facetário no corte axial da RNM. Considerou-se movimento excessivo a translação vertebral > 3 mm ou angulação intervertebral > 10°. Quanto ao líquido excessivo, a presença de líquido facetário > 1,5 mm. **Resultados:** 244 pacientes preencheram critérios para análise. 47 apresentaram movimento (≤ 3 mm) e 31 apresentaram movimento excessivo (> 3 mm). 115 apresentaram líquido facetário ($\leq 1,5$ mm) e 46 apresentaram líquido excessivo (> 1,5 mm). A análise estatística não demonstrou associação significativa entre o movimento segmentar aumentado e a presença de líquido facetário ($p = 0,150$). **Conclusão:** A incidência total de líquido facetário foi de 47,1% e de líquido excessivo 18,9%. Não houve associação entre líquido facetário na RNM e instabilidade no RX dinâmico. A RNM não substitui o RX em flexão e extensão na avaliação de instabilidade lombar. **Nível de evidência III; Coorte Retrospectiva.**

Descritores: Coluna Vertebral; Instabilidade Articular; Espondilolistese.

ABSTRACT

Objective: To assess the incidence of facet effusion in lumbosacral spine magnetic resonance imaging (MRI) and the relationship with radiographic segmental instability in patients submitted to spinal surgery. **Methods:** Retrospective cohort study of patients submitted to lumbosacral spine surgery over a period of three years, through the evaluation of dynamic radiographs (X-ray) motion and facet effusion in axial section of MRI. Instability was defined as vertebral translation > 3 mm or intervertebral angle > 10°, and facet effusion as fluid in the facet joints > 1.5 mm. **Results:** The total number of patients that fulfilled the criteria for analysis was 244, of which 47 presented movement (≤ 3 mm) and 31 presented excessive movement (> 3 mm), 115 had facet effusion (≤ 1.5 mm) and 46 presented excessive fluid (> 1.5 mm). **Statistical analysis** did not demonstrate a significant association between increased segmental movement and facet effusion ($p = 0.150$). **Conclusions:** The total incidence of facet effusion was 47.1% and the excessive fluid was 18.9%. There was no association between facet effusion in MRI and instability in dynamic X-ray. MRI does not replace dynamic X-ray in flexion and extension in the evaluations of lumbar instability. **Level of evidence III; Retrospective Cohort.**

Keywords: Spine; Joint Instability; Spondylolisthesis.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la incidencia de derrame facetario en la resonancia magnética (RM) de la columna lumbosacra y la relación con la inestabilidad segmentaria radiográfica en pacientes sometidos a cirugía de columna vertebral. **Métodos:** Estudio retrospectivo de cohorte de pacientes sometidos a cirugía de columna lumbosacra en un período de tres años, mediante la evaluación del movimiento en las radiografías (RX) dinámicas y derrame facetario en el corte axial de la RM. La inestabilidad se definió como traslación vertebral > 3 mm o ángulo intervertebral > 10°, y derrame facetario como líquido en las articulaciones facetarias > 1,5 mm. **Resultados:** El número total de pacientes que cumplieron con los criterios para análisis fue 244, de los cuales 47 presentaron movimientos (≤ 3 mm) y 31 presentaron movimientos excesivos (> 3 mm), 115 tuvieron derrame facetario ($\leq 1,5$ mm) y 46 presentaron exceso de líquido (> 1,5 mm). El análisis estadístico no demostró asociación significativa entre el aumento del movimiento segmentario y el derrame facetario ($p = 0,150$). **Conclusiones:** La incidencia total de derrame facetario fue del 47,1% y el líquido excesivo 18,9%. No hubo asociación entre el derrame facetario en la RM y la inestabilidad en los rayos X dinámicos. La RM no reemplaza la radiografía dinámica en flexión y extensión en las evaluaciones de la inestabilidad lumbar. **Nivel de evidencia III; Cohorte Retrospectivo.**

Descriptor: Columna Vertebral; Inestabilidad de la Articulación; Espondilolistesis.

INTRODUÇÃO

A instabilidade segmentar é um fator importante que afeta o prognóstico da cirurgia de coluna, sendo utilizada por muitos cirurgiões como critério para fixação e artrodese.¹⁻⁵ Direcionar pacientes adequadamente para esse tipo de cirurgia requer uma identificação

precisa dos segmentos instáveis.^{1,4,6} O conceito biomecânico de instabilidade segmentar é largamente conhecido, porém a definição radiológica de instabilidade ainda é alvo de debate.^{2,7,8} Vários métodos foram desenvolvidos nas últimas décadas para avaliar radiologicamente a presença de instabilidade.⁸

Trabalho realizado no Hospital Universitário Cajuru, Curitiba, PR, Brasil.

Correspondência: Mauro Antonio Fernandes Junior. Rua Frei Francisco Mont' Alverne, 339, sob 3, Bairro Jardim das Américas, Curitiba, PR, Brasil. 81540-410. mauro.fernandesjr@gmail.com

Nesse contexto, a ressonância magnética (RNM) da coluna lombar, mais disponível atualmente, tem se tornado um estudo de rotina na avaliação dos pacientes com lombalgia.^{5,9,10} Essa modalidade fornece, entre outras informações, dados importantes sobre degeneração discal e compressão de elementos neurais.⁵ No entanto, a RNM com o paciente na posição supino apresenta limitações na avaliação de deformidades sutis que aparecem apenas com o paciente em ortostatismo, por exemplo, alguns casos de translação vertebral.^{5,9-13}

A presença de sinais hiperintensos em T2 nas facetas articulares, nos cortes axiais da RNM da coluna lombar, tem sido discutida há muitos anos.⁵ Utiliza-se ponderações em T2, pois, diferentemente das ponderações em T1 utilizadas na avaliação da anatomia normal, ponderações em T2 demonstram água extracelular como sinal de alta intensidade.¹⁴ Os estudos iniciais já observavam que essas alterações de sinal eram produzidas pelo líquido sinovial, resultado da degeneração das articulações.^{5,9,14} No entanto, apenas recentemente o líquido facetário foi associado a instabilidade.⁵

O objetivo deste estudo é avaliar a incidência de líquido facetário na RNM de coluna lombossacra e a relação com instabilidade segmentar radiográfica em pacientes submetidos a cirurgia da coluna vertebral.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo é uma coorte retrospectiva de pacientes submetidos a cirurgia da coluna lombossacra em nossa instituição, entre 1 de janeiro de 2014 e 31 de dezembro de 2016. Depois de obter aprovação do Comitê de Ética (parecer nº 089852/2013), foram considerados para o estudo os pacientes: maiores de 18 anos, submetidos a cirurgia nos segmentos L4-L5 e L5-S1, que possuíam radiografia (RX) dinâmica da coluna lombossacra e RNM da coluna lombossacra. Os critérios de exclusão foram: fixação ou artrodese prévia em coluna lombossacra, espondilólise, escoliose definida como $>5^\circ$ em único nível ou $>10^\circ$ para toda curva, displasia, infecção, neoplasia, fratura, cisto sinovial e RX e RNM com mais de um ano de diferença. Todos os pacientes incluídos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Para realizar o RX dinâmico, inicialmente, o paciente sentava em um banco, com as plantas dos pés completamente apoiadas ao solo e membros superiores cruzados na altura do tórax.^{1,15} O paciente então era orientado a flexir anteriormente o máximo possível para o RX em flexão.^{1,15} Para o RX em extensão, realizado em ortostatismo, o paciente era solicitado a realizar a extensão máxima.^{1,15} Em estudos prévios, esta técnica de RX dinâmico demonstrou otimizar o movimento segmentar da coluna, apresentando alta taxa de concordância intra e inter observador.^{1,15}

A avaliação do movimento foi feita na incidência lateral do RX.^{11,16} O movimento foi definido como a translação anterior do corpo vertebral cranial sobre o corpo vertebral caudal no plano sagital.¹⁶ As medidas radiográficas foram feitas utilizando três pontos de referência: a extremidade anterior e posterior do platô superior da vértebra caudal e a extremidade posterior do platô inferior da vértebra cranial.^{3,17} Uma linha foi traçada ligando a extremidade anterior e posterior da placa vertebral superior da vértebra caudal.^{3,17} A distância entre as duas linhas perpendiculares, passando pela extremidade posterior do corpo vertebral da vértebra superior e extremidade posterior da vértebra inferior, foi obtida na flexão e extensão.^{3,17} A quantidade de translação sagital foi estabelecida como a diferença de deslocamento em milímetros.^{3,17} A angulação do segmento também foi medida como a diferença em graus entre os ângulos em flexão e extensão.^{3,17} O movimento foi classificado em três grupos: sem movimento, com movimento (≤ 3 mm e $\leq 10^\circ$) e com movimento excessivo (> 3 mm e $> 10^\circ$).^{3,16,18} (Figura 1)

O líquido facetário foi pesquisado em cortes axiais, ponderados em T2, em RNM da coluna lombossacra, analisando sua presença e quantidade.^{9,11} De acordo com Chaput et al., o líquido facetário foi definido como o sinal curvilíneo, mensurável, hiperintenso na faceta articular, que se assemelha ao líquido cefalorraquidiano no corte axial em T2.^{9,10,11} A espessura do líquido facetário foi avaliada levando em consideração a medida perpendicular na faceta articular aparentemente com a maior quantidade de líquido, entre a borda medial e lateral das facetas.^{9,10,11}

O líquido facetário foi classificado em três grupos: sem líquido, com líquido ($\leq 1,5$ mm) e com líquido excessivo ($> 1,5$ mm).⁴ (Figura 2)

Os pacientes também foram avaliados para presença de espondilólise no RX lateral da coluna lombossacra, em ortostatismo. Foi considerado objeto de análise a escolha por descompressão versus descompressão e artrodese no tratamento cirúrgico.

Todas as medidas dos estudos radiográficos e por ressonância magnética foram realizadas por um examinador independente, não envolvido com os cuidados dos pacientes. Testou-se a hipótese nula de independência entre o movimento e o líquido, versus a hipótese alternativa de dependência. Os resultados foram descritos por frequências e percentuais. Para avaliar a associação entre duas variáveis categóricas foi usado o teste exato de Fisher ou o teste de Qui-quadrado. Valores de $p < 0,05$ indicaram significância estatística. Os dados foram analisados com o programa computacional IBM SPSS Statistics v.20.0. Armonk, NY: IBM Corp.

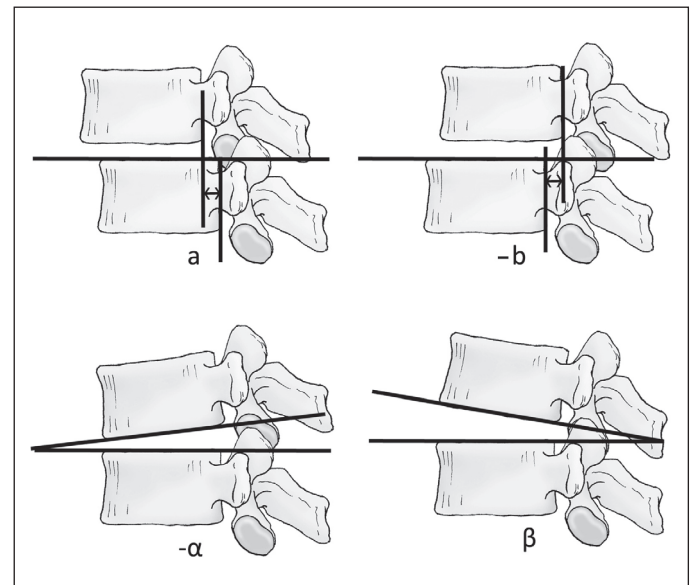


Figura 1. Avaliação da radiografia dinâmica. A translação sagital é a distância entre as linhas perpendiculares que passam pela borda posterior dos corpos vertebrais em flexão e extensão. Translação = a - (-b). A angulação é a diferença entre os ângulos intervertebrais em flexão e extensão. Angulação = $\beta - (-\alpha)$.³



Figure 2. Corte axial de ressonância magnética ponderada em T2 demonstrando líquido facetário no segmento L5-S1.⁹

RESULTADOS

Duzentos e quarenta e quatro pacientes preencheram os critérios e foram avaliados entre 2014 e 2016. A maior parte desses indivíduos possuía 70 anos de idade ou menos, sendo 109 pacientes no grupo ≤ 50 anos, 105 pacientes no grupo 51-70 anos e 30 pacientes > 70 anos. Entre 111 pacientes do sexo masculino, 33,3% tinham listese. Em 133 mulheres, este percentual foi de 51,1%. (Tabela 1)

De acordo com o RX dinâmico, 166 pacientes não apresentaram movimento, 47 apresentaram movimento (≤ 3 mm) e 31 apresentaram movimento excessivo (> 3 mm). Na avaliação da RNM, 83 não apresentaram líquido facetário, 115 apresentaram líquido ($\leq 1,5$ mm) e 46 apresentaram líquido excessivo ($> 1,5$ mm). Na população estudada, a incidência de líquido facetário foi de 47,1%, enquanto líquido excessivo foi de 18,9%. Por sua vez, a incidência de líquido nos pacientes com movimento foi 53,2% e líquido excessivo em pacientes com movimento excessivo foi 29%. Cento e sessenta e cinco pacientes (67,6%) foram submetidos a artrodese.

Os resultados das análises estatísticas indicaram não haver associação significativa entre o movimento segmentar aumentado e a presença de líquido facetário. (Tabela 2) Também não foi possível indicar associação significativa entre o líquido e a realização de artrodese. (Tabela 3) Confirmando dados da literatura, foi encontrada associação significativa entre sexo e a presença de listese. (Tabela 4)

Tabela 1. Características dos pacientes submetidos a cirurgia da coluna lombossacra.

Variável	Classificação	n	%
Idade (anos)	≤ 50	109	44,7
	51 - 70	105	43,0
	> 70	30	12,3
Sexo	Masculino	111	45,5
	Feminino	133	54,5
Listese	Com listese	105	43,0
	Sem listese	139	57,0
Movimento	Com Movimento	47	19,3
	Sem movimento	166	68,0
	Movimento excessivo	31	12,7
Líquido Facetário	Com líquido	115	47,1
	Sem líquido	83	34,0
	Líquido excessivo	46	18,9
Artrodese	Sim	165	67,6
	Não	79	32,4

Tabela 2. Associação entre movimento (RX) e líquido facetário (RNM).

Líquido Facetário	Movimento (RX)		
	Sem movimento	Com movimento	Movimento excessivo
Sem líquido	64	11	8
	38,6%	23,4%	25,8%
Com líquido	76	25	14
	45,8%	53,2%	45,2%
Líquido excessivo	26	11	9
	15,7%	23,4%	29,0%
Total	166	47	31

Valor de p: 0,150 (Teste de Qui-quadrado, $p < 0,05$).

Tabela 3. Associação entre líquido facetário (RNM) e indicação artrodese.

Artrodese	Líquido Facetário		
	Sem líquido	Com líquido	Líquido excessivo
Não	31	34	14
	37,3%	29,6%	30,4%
Sim	52	81	32
	62,7%	70,4%	69,6%
Total	83	115	46

Valor de p: 0,489 (teste de Qui-quadrado, $p < 0,05$).

Tabela 4. Associação entre sexo e espondilolistese.

Espondilolistese	Sexo	
	Masculino	Feminino
Não	74	65
	66,7%	48,9%
Sim	37	68
	33,3%	51,1%
Total	111	133

Valor de p: 0,006 (teste de Fisher's, $p < 0,05$).

DISCUSSÃO

Lombalgia é uma queixa comum, afetando aproximadamente 84% da população ao longo da vida.⁸ Apesar dos avanços tecnológicos nos métodos diagnósticos, a identificação da causa específica de lombalgia pode ser custosa.¹ Acredita-se que a instabilidade segmentar seja uma das principais causas de dor.^{1,3}

Dupuis et al descreveram instabilidade em espondilolistese degenerativa como movimento anormal exibido por um segmento móvel lombar.^{6,19} A radiografia da coluna lombar em ortostatismo é aceita atualmente como um estudo da coluna lombar em posição funcional, fornecendo dados relevantes sobre instabilidade.⁵ Em pacientes com espondilolistese, Lowe et al. observaram um aumento de 2 mm ou mais na translação vertebral na posição em ortostatismo versus supino.^{5,20} Boxall et al encontraram variações semelhantes no ângulo de escorregamento.^{5,21}

Apesar de alguns trabalhos questionarem sua reprodutibilidade e validação, tradicionalmente, o método mais aceito para avaliar a instabilidade lombar anteroposterior é o RX dinâmico (flexão e extensão máxima).^{1,3,4,8-11,14,22} O valor de translação e rotação no plano sagital é calculado e comparado com variações da normalidade.¹

White e Panjabi definiram instabilidade radiográfica como translação no plano sagital maior de 4,5 mm ou maior de 15% do corpo vertebral, assim como a rotação no plano sagital maior de 15° nos segmentos L1-L2, L2-L3 e L3-L4, maior de 20° no segmento L4-L5 e maior de 25° no segmento L5-S1.^{1,17} Outros autores estabeleceram como valor referência 4 mm de translação ou 10° de angulação.^{3,23,24} Por sua vez, ao avaliar a translação de pacientes assintomáticos em RX dinâmico, Boden et al. definiram o valor de 3 mm como padrão.^{16,18}

Muitos estudos já definiram a associação entre líquido facetário e instabilidade segmentar lombar. Ben-Galim and Reitman discutiram o "sinal da faceta distendida", que acreditavam ser indicativo de estenose de canal posição dependente e espondilolistese degenerativa.^{5,25} Kim and Wang trataram do sinal de líquido facetário como uma fase intermediária na progressão da degeneração.^{5,26} Outros estudos também já indicaram a associação entre a degeneração facetária e a degeneração discal, as quais são importantes fatores contribuintes para instabilidade da coluna lombar.^{14,27} Rihn et al. indicaram que a presença de líquido facetário possuía um valor preditivo positivo de 82% para instabilidade no RX dinâmico.^{14,16} Chaput et al. concluíram que mais de 1,5 mm de líquido facetário estava associado ao movimento.^{10,16}

Esses e outros estudos sobre o assunto tomaram como referência o plano radiológico bidimensional.⁴ Embora também tenhamos utilizado o plano bidimensional como padrão e um baixo limiar para instabilidade (> 3 mm e $> 10^\circ$), não foi possível indicar associação entre líquido facetário e instabilidade radiográfica no plano sagital, no nosso estudo. Possivelmente, haja situações nas quais o líquido facetário esteja associado a um quadro de instabilidade tridimensional, não detectado com a radiografia dinâmica.⁴

O líquido facetário pode ser causado por outros fatores além da instabilidade segmentar.⁴ Pode ser resultado de osteoartrite das facetes, tal qual outras articulações sinoviais como joelho e quadril, assim como um quadro de pseudo-gota.^{28,29,30}

Recentemente, Tamai et al. demonstraram que em pacientes

sem instabilidade radiográfica, o derrame articular facetário não tem efeito sobre o resultado da cirurgia de descompressão minimamente invasiva.⁴ Os resultados desse estudo sugerem que a cirurgia de descompressão pode ser realizada em pacientes que apresentem líquido facetário, sem instabilidade no RX dinâmico.⁴ Nesta linha, no nosso estudo, observamos que a presença de líquido facetário não influenciou a decisão terapêutica por descompressão ou artrodese.

Algumas limitações do nosso estudo devem ser consideradas. Os pacientes foram avaliados de forma retrospectiva, o que pode ter introduzido um viés na análise. Apesar de um grande número de pacientes avaliados (244 pacientes), as amostras com movimento excessivo e líquido excessivo foram pequenas, 31 pacientes e 46 pacientes, respectivamente.

CONCLUSÃO

A incidência de líquido facetário em pacientes submetidos a cirurgia de coluna lombar foi 47,1%, enquanto a incidência de líquido excessivo foi 18,9%. A incidência de movimento foi 19,3% e movimento excessivo foi 12,7%. Não houve associação entre líquido facetário na ressonância magnética e movimento excessivo na radiografia dinâmica. A presença de líquido não influenciou a decisão terapêutica por descompressão ou artrodese. Portanto, a RNM não substitui o RX em flexão e extensão na avaliação de instabilidade lombar.

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

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. Conceito e desenho do estudo: MAFJ (0000-0003-3979-607X)*, ENV (0000-0003-1157-4889)* e LRV (0000-0002-0638-4311)*. Aprovação do CEP: ENV (0000-0003-1157-4889)*. Aquisição de dados: MAFJ (0000-0003-3979-607X)*. Análise e interpretação dos dados: MAFJ (0000-0003-3979-607X)*, ENV (0000-0003-1157-4889)* e RLP (0000-0002-2096-6465)*. Desenvolvimento do artigo: MAFJ (0000-0003-3979-607X)* e ENV (0000-0003-1157-4889)*. Tabelas e figuras: FNN (0000-0001-6959-8862)*. Revisão crítica do artigo: ENV (0000-0003-1157-4889)* e LRV (0000-0002-0638-4311)*. Revisão da versão final para submissão: MAFJ (0000-0003-3979-607X)*, ENV (0000-0003-1157-4889)* e LRV (0000-0002-0638-4311)*. *ORCID (Open Researcher and Contributor ID).

REFERÊNCIAS

- Fritz JM, Piva SR, Childs JD. Accuracy of the clinical examination to predict radiographic instability of the lumbar spine. *Eur Spine J*. 2005;14(8):743-50.
- Hasegawa K, Kitahara K, Shimoda H, Ishii K, Ono M, Homma T, et al. Lumbar degenerative spondylolisthesis is not always unstable: clinicobiomechanical evidence. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014;39(26):2127-35.
- Iguchi T, Kanemura A, Kasahara K, Kurihara A, Doita M, Yoshiya S. Age distribution of three radiologic factors for lumbar instability: probable aging process of the instability with disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28(23):2628-33.
- Tamai K, Kato M, Konishi S, Matsumura A, Hayashi K, Nakamura H. Facet Effusion without Radiographic Instability Has No Effect on the Outcome of Minimally Invasive Decompression Surgery. *Global Spine J*. 2017;7(1):21-7.
- Schinnerer KA, Katz LD, Grauer JN. MR findings of exaggerated fluid in facet joints predicts instability. *Clin Spine Surg*. 2008;21(7):468-72.
- Simmonds AM, Rampersaud YR, Dvorak MF, Dea N, Melnyk AD, Fisher CG. Defining the inherent stability of degenerative spondylolisthesis: a systematic review. *J Neurosurg Spine*. 2015;23(2):178-89.
- Hasegawa K, Kitahara K, Shimoda H, Hara T. Facet joint opening in lumbar degenerative diseases indicating segmental instability. *J Neurosurg Spine*. 2010;12(6):687-93.
- Pieper CC, Groetz SF, Nadal J, Schild HH, Niggemann PD. Radiographic evaluation of ventral instability in lumbar spondylolisthesis: do we need extension radiographs in routine exams? *Eur Spine J*. 2014;23(1):96-101.
- Caterini R, Mancini F, Bisicchia S, Maglione P, Farsetti P. The correlation between exaggerated fluid in lumbar facet joints and degenerative spondylolisthesis: prospective study of 52 patients. *J Orthop Traumatol*. 2011;12(2):87-91.
- Chaput C, Padon D, Rush J, Lenehan E, Rahm M. The significance of increased fluid signal on magnetic resonance imaging in lumbar facets in relationship to degenerative spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(17):1883-7.
- Cho BY, Murovic JA, Park J. Imaging correlation of the degree of degenerative L4-5 spondylolisthesis with the corresponding amount of facet fluid. *J Neurosurg Spine*. 2009;11(5):614-9.
- Kuhns BD, Kouk S, Buchanan C, Lubelski D, Alvin MD, Benzel EC, et al. Sensitivity of magnetic resonance imaging in the diagnosis of mobile and nonmobile L4-L5 degenerative spondylolisthesis. *Spine J*. 2015;15(9):1956-62.
- Lattig F, Fekete TF, Grob D, Kleinstück FS, Jeszensky D, Mannion AF. Lumbar facet joint effusion in MRI: a sign of instability in degenerative spondylolisthesis? *Eur Spine J*. 2012;21(2):276-81.
- Rihn JA, Lee JY, Khan M, Ulibarri JA, Tannoury C, Donaldson III WF, et al. Does lumbar facet fluid detected on magnetic resonance imaging correlate with radiographic instability in patients with degenerative lumbar disease? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(14):1555-60.
- Putto E, Tallroth K. Extension-flexion radiographs for motion studies of the lumbar spine. A comparison of two methods. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1990;15(2):107-10.
- Even JL, Chen AF, Lee JY. Imaging characteristics of "dynamic" versus "static" spondylolisthesis: analysis using magnetic resonance imaging and flexion/extension films. *Spine J*. 2014;14(9):1965-9.
- White AA, Panjabi MM. *Clinical biomechanics of the spine*, 2nd ed. Philadelphia: Lippincott; 1990. p. 23-45
- Boden SD, Wiesel SW. Lumbosacral segmental motion in normal individuals. Have we been measuring instability properly? *Spine (Phila Pa 1976)*. 1990;15(6):571-6.
- Dupuis PR, Yong-Hing K, Cassidy JD, Kirkaldy-Willis WH. Radiologic diagnosis of degenerative lumbar spinal instability. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1985;10(3):262-76.
- Lowe RW, Hayes TD, Kaye J, Bagg RJ, Luekens CA. Standing roentgenograms in spondylolisthesis. *Clin Orthop Relat Res*. 1976;(117):80-4.
- Boxall D, Bradford DS, Winter RB, Moe JH. Management of severe spondylolisthesis in children and adolescents. *J Bone Joint Surg Am*. 1979;61(4):479-95.
- Knutsson F. The instability associated with disk degeneration in the lumbar spine. *Acta Radiologica*. 1944;25(5-6):593-609.
- Herkowitz HN. Spine update. Degenerative lumbar spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995;20(9):1084-90.
- Muggleton JM, Kondracki M, Allen R. Spinal fusion for lumbar instability: does it have a scientific basis? *J Spinal Disord*. 2000;13(3):200-4.
- Ben-Galim P, Reitman CA. The distended facet sign: an indicator of position-dependent spinal stenosis and degenerative spondylolisthesis. *Spine J*. 2007;7(2):245-8.
- Kim KA, Wang MY. MRI-based morphological predictors of SPECT positive facet arthropathy in patients with axial back pain. *Neurosurgery*. 2006;59(1):147-56.
- Fujiwara A, Lim TH, An HS, Tanaka N, Jeon CH, Andersson GB, et al. The effect of disc degeneration and facet joint osteoarthritis on the segmental flexibility of the lumbar spine. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25(23):3036-44.
- Pathria M, Sartoris DJ, Resnick D. Osteoarthritis of the facet joints: accuracy of oblique radiographic assessment. *Radiology*. 1987;164(1): 227-30.
- Gellhorn AC, Katz JN, Suri P. Osteoarthritis of the spine: the facet joints. *Nat Rev Rheumatol*. 2013;9(4):216-24.
- Fujishiro T, Nabeshima Y, Yasui S, Fujita I, Yoshiya S, Fujii H. Pseudogout attack of the lumbar facet joint: a case report. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27(17):E396-8.