

DEGENERAÇÃO FACETÁRIA EM PACIENTES COM HÉRNIA DE DISCO LOMBAR E PROVÁVEIS FATORES DETERMINANTES

FACET JOINT DEGENERATION IN PATIENTS WITH LUMBAR DISC HERNIATION AND PROBABLE DETERMINING FACTORS

DEGENERACIÓN FACETARIA EN PACIENTES CON HERNIA DE DISCO LUMBAR Y PROBABLES FACTORES DETERMINANTES

RODRIGO ARNOLD TISOT,^{1,2,3} JULIANO DA SILVEIRA VIEIRA,³ DIEGO DA SILVA COLLARES,^{2,3} DARBY LIRA TISATTO,^{2,3} AUGUSTO PASINI,¹ BRENDA GOBETTI,¹ EDUARDO CORONEL,¹ EDUARDO SCHARNOVSKI,¹ MAIARA AGOSTINI,¹ MATEUS BORIN,¹ PEDRO RUSCHEL,¹ WALTER ISEHARD,¹ LUIZA RECH KOHLER¹

1. Universidade de Passo Fundo – UPF, Faculdade de Medicina, Passo Fundo, RS, Brasil.

2. Hospital Ortopédico de Passo Fundo – HO, Serviço de Cirurgia da Coluna, Passo Fundo, RS, Brasil.

3. Hospital de Clínicas de Passo Fundo – HC, Passo Fundo, RS, Brasil.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a degeneração facetária em pacientes com hérnia de disco lombar tratados cirurgicamente, procurando correlacioná-la com possíveis fatores determinantes. **Métodos:** Estudo observacional do tipo transversal, que analisou prontuários, radiografias e ressonâncias magnéticas de 287 pacientes com hérnia de disco lombar, tratados cirurgicamente no Serviço de Cirurgia da Coluna do Hospital Ortopédico de Passo Fundo. Foram coletadas informações sobre idade e sexo. Nos exames de imagem, foram avaliadas as seguintes variáveis: angulação facetária e seu tropismo, mensurada pelo método de Karacan, inclinação sacral e lordose lombar, medidas pelo método de Cobb, artrose das articulações interfacetárias, pela classificação de *Weishaupt* e degeneração do disco intervertebral, pela classificação de Pfirrmann. **Resultados:** Foi verificada relação estatisticamente significativa entre degeneração facetária e idade ($p = 0,002$), assim como entre degeneração facetária e inclinação sacral ($p = 0,038$). Não foi encontrada correlação entre degeneração facetária e lordose lombar ($p = 0,934$). Constatou-se que as articulações facetárias mais degeneradas eram as que tinham maior assimetria facetária (tropismo). Porém, a média do grau de tropismo facetário não aumentou de forma homogênea com a progressão do escore de degeneração da articulação ($p = 0,380$). **Conclusões:** Verificou-se que há, de fato, uma multiplicidade de fatores relacionados com o grau de degeneração facetária da coluna lombar baixa. Estudos adicionais correlacionados com a assimetria das referidas articulações seriam importantes para elucidarmos uma conduta preventiva melhor para a referida degeneração, objetivando evitar lombalgia e cialgia secundárias à medida que a idade avança. **Nível de evidência II; Estudo retrospectivo.**

Descritores: Degeneração do Disco Intervertebral; Dor Lombar; Hérnia; Região Lombossacral.

ABSTRACT

Objective: To evaluate facet joint degeneration following surgical treatment in patients with lumbar disc herniation, seeking to correlate it with possible determining factors. **Methods:** Cross-sectional observational study, which analyzed medical records, radiographs and magnetic resonance images of 287 patients with lumbar disc herniation treated surgically at the Spine Surgery Service of the Hospital Ortopédico de Passo Fundo. Information about age and sex was collected. In the imaging exams, the following variables were evaluated: facet joint angulation and its tropism, measured by the Karacan method, sacral slope and lumbar lordosis, measured by the Cobb method, arthrosis of the interfacetary joints, measured by the *Weishaupt* classification, and intervertebral disc degeneration, measured by the Pfirrmann classification. **Results:** A statistically significant relationship was observed between facet joint degeneration and age ($p = 0.002$), and also between facet joint degeneration and sacral slope ($p = 0.038$). No correlation was found between facet joint degeneration and lumbar lordosis ($p = 0.934$). It was found that the most degenerated facet joints were those that had the greatest facet joint asymmetry (tropism). However, the mean degree of facet tropism did not increase homogeneously with the progression of the joint degeneration score ($p = 0.380$). **Conclusion:** It was verified that there are, in fact, a multiplicity of factors related to the degree of facet joint degeneration in the low lumbar spine. Additional studies, correlated with the asymmetry of the facet joints, would be important to elucidate better preventive management of this degeneration, aiming to avert secondary low back pain and sciatica with advancing age. **Level of evidence II; Retrospective study.**

Keywords: Intervertebral Disc Degeneration; Low Back Pain; Hernia; Lumbosacral Region.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la degeneración facetaria en pacientes con hernia de disco lumbar tratados quirúrgicamente, buscando correlacionarla con posibles factores determinantes. **Métodos:** Estudio observacional del tipo transversal, que analizó historiales, radiografías y resonancias magnéticas de 287 pacientes con hernia de disco lumbar, tratados quirúrgicamente en el Servicio de Cirugía de la Columna del Hospital Ortopédico de Passo Fundo. Fueron colectadas informaciones sobre edad y sexo. En los exámenes de imagen, se evaluaron las siguientes variables: angulación facetaria y su tropismo, medida por el método de Karacan, inclinación sacral y lordosis lumbar, medidas por el método



de Cobb, artrosis de las articulaciones interfetarias, por la clasificación de Weishaupt, y degeneración del disco intervertebral, por medio de la clasificación de Pfirrmann. Resultados: Se verificó relación estadísticamente significativa entre degeneración facetaria y edad ($p = 0,002$), así como entre degeneración facetaria e inclinación sacral ($p = 0,038$). No se encontró correlación entre degeneración facetaria y lordosis lumbar ($p = 0,934$). Se constató que las articulaciones facetarias más degeneradas eran las que tenían mayor asimetría facetaria (tropismo). Sin embargo, el promedio del grado de tropismo facetario no aumentó de forma homogénea con la progresión del score de degeneración de la articulación ($p = 0,380$). Conclusiones: Se verificó que hay, de hecho, una multiplicidad de factores relacionados con el grado de degeneración facetaria de la columna lumbar baja. Estudios adicionales correlacionados con la asimetría de las referidas articulaciones serían importantes para que elucidemos una mejor conducta preventiva para la referida degeneración, con el objetivo de evitar lumbalgia e ciatalgia secundarias, a medida que la edad avanza. **Nivel de evidencia II; Estudio retrospectivo.**

Descriptor: Degeneración del Disco Intervertebral; Dolor de la Región Lumbar; Hernia; Región Lumbosacra.

INTRODUÇÃO

A lumbalgia é sintoma frequente, que afeta 80% dos adultos em algum momento da vida. Ela está entre as dez primeiras causas de consultas e, em cada ano, é motivo de 5 a 10% dos trabalhadores se ausentarem de suas atividades laborativas, por mais de sete dias.¹ Já, a hérnia de disco, é a doença degenerativa que leva ao maior número de cirurgias na coluna lumbar, em adultos.² Esta lesão, pode ocorrer em qualquer faixa etária, mas é mais prevalente entre 40-50 anos de idade. Estima-se que 2-3% da população geral possa ser afetada, sendo aproximadamente 5% em homens e 2,5% em mulheres.³

A coluna vertebral constitui-se do principal eixo de suporte do corpo para o tronco e membros apendiculares, resistindo a forças de compressão, anteriormente, e de tensão, posteriormente. Mesmo sendo, essa estrutura, de grande resistência axial, por ser formada por um conjunto complexo de estruturas ósteo-disco-ligamentares, também apresenta mobilidade importante para executar movimentos múltiplos de flexo-extensão, lateralização e rotação.^{4,5} Cada segmento vertebral conta com um complexo tri-articular, composto pelo disco intervertebral e as articulações facetárias pareadas e bilaterais. Enquanto o disco intervertebral permite movimentação, mesmo que limitada, da coluna, em todos os planos, as articulações facetárias são naturalmente limitadas, devido às suas orientações, posições geométricas e cápsulas.⁶ Dessa forma, há um mecanismo de controle da rotação axial da coluna lumbar, que impede a ocorrência de cisalhamento vertebral.⁷ Deve-se ressaltar, que há uma assimetria natural entre a orientação das articulações facetárias, chamada de tropismo facetário.⁸ O *slope* sacral e a lordose lumbar, também são fatores que variam de indivíduo para indivíduo e provocam mudanças biomecânicas no eixo de carga da coluna lumbar.⁹

Mudanças biomecânicas sob a coluna lombossacra podem acelerar o envelhecimento da referida região e, as alterações degenerativas precoces causam, em muitos indivíduos, lumbalgia crônica e, muitas vezes, incapacitante de difícil controle.^{1,6,10} Em pacientes com hérnia discal lumbar, cuja queixa principal é radicular, ou seja, uma ciatalgia, a lumbalgia pode estar associada a processo degenerativo lombossacral que, em alguns indivíduos, é precoce. Após um procedimento cirúrgico de discectomia, que objetiva melhorar da ciatalgia, o paciente refere, às vezes, frustração em relação ao tratamento, devido a lumbalgia residual persistente, que na realidade é causada pelo processo degenerativo local e a distribuição de cargas sobre a região.¹¹

Dessa forma, o objetivo do presente estudo é avaliar a degeneração facetária, em pacientes com hérnia de disco lumbar tratados cirurgicamente, procurando correlacioná-la com possíveis fatores determinantes, tais como: idade, tropismo facetário, degeneração do disco intervertebral, *slope* sacral e lordose lumbar.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo observacional do tipo transversal, que analisa os prontuários de pacientes com hérnia de disco lumbar tratados cirurgicamente. Todos os pacientes foram tratados pelo Serviço de Cirurgia da Coluna do Hospital Ortopédico de Passo Fundo (RS) que atua, também, no Hospital de Clínicas de Passo Fundo (RS).

Os autores do presente estudo assinaram termo de compromisso

para utilização de dados, comprometendo-se em fazê-lo de forma anônima. Deve-se ressaltar, ainda, que o projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Passo Fundo (CEP/UPF), após seu encaminhamento via Plataforma Brasil (número do protocolo: 2.929.767).

O estudo foi realizado com dados coletados dos prontuários de 287 pacientes diagnosticados com hérnia de disco lumbar e submetidos à cirurgia de discectomia, no período compreendido entre 2002 e 2017.

Como critérios de inclusão foram selecionados pacientes com hérnia de disco lumbar, tratados cirurgicamente, cujos arquivos possuíam radiografias da coluna lombossacra, em incidências anteroposterior e perfil, além de Ressonância Magnética da coluna lombossacra, com cortes axiais.

Foram excluídos do estudo, pacientes com hérnia discal em mais de um nível, hérnia de disco com envolvimento radicular bilateral, exames de imagem inadequados para executar as medições e classificações, espondilolistese, além de colunas com desvios maiores que 10 graus no plano coronal.

Foram coletados, dos prontuários, as informações sobre idade e sexo. Dos exames de imagem, avaliou-se as variáveis: localização e nível da hérnia, de acordo com Wiltse,¹² angulação facetária e seu tropismo, mensurada pelo método de Karacan et al.,¹³ *slope* sacral e lordose lumbar, mensurada manualmente pelo método de Cobb e através do aplicativo Cobbmeter®, artrose das articulações facetárias, pela classificação de Weishaupt,¹⁴ e a degeneração do disco intervertebral, através da classificação de Pfirrmann.¹⁵

Os dados descritivos quantitativos foram apresentados como média e desvio-padrão ou, no caso de distribuição assimétrica, como mediana e intervalos interquartis (percentil 25%-percentil 75%) e os dados categóricos como frequência relativa e percentual. Um teste de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) foi aplicado nas variáveis quantitativas e constatado a necessidade de utilização de testes não paramétricos. Assim, para comparações, utilizou-se o teste U de Mann-Whitney e, para as correlações, o teste de postos de Spearman. Nas comparações de proporções, foi empregado o teste Qui-quadrado. Essas análises foram realizadas no software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 18.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, EUA). O valor P indicado como estatisticamente significativo foi de $< 0,05$.

RESULTADOS

Os resultados foram obtidos de acordo com: (a) dados demográficos; (b) correlação entre degeneração facetária e idade; (c) correlação entre degeneração facetária e tropismo facetário; (d) correlação entre degeneração facetária e degeneração discal; (e) correlação entre degeneração facetária e *slope* sacral; (f) correlação entre degeneração facetária e lordose lumbar;

a. Dados demográficos

Quanto ao sexo, 144 pacientes eram do sexo masculino (50,2%) e 143 do sexo feminino (49,8%). A faixa etária dos pacientes variou de 19 a 84 anos, com média de 46,3 anos.

Quanto ao espaço discal no qual ocorreu a hérnia, foi constatado um predomínio de acometimento nos espaços L5-S1, em 136 pacientes (47,4%), e L4-L5, em 120 pacientes (41,6%).

Em relação ao lado que ocorreu a hérnia discal, 146 pacientes foram acometidos à esquerda (50,9%), 141 à direita (49,1%).

Ao avaliar os locais, dos discos intervertebrais, nos quais ocorreram as hérnias discais lombares, constatou-se que em 223 pacientes (77,7%) ela era centro-lateral, em 24 pacientes (8,4%) foraminal, em 29 pacientes (10,1%) central e 11 pacientes (3,8%) possuíam hérnia extra-foraminal.

De acordo com a classificação de Weishaupt,¹⁴ utilizada para análise da degeneração facetária, 42 pacientes foram avaliados como grau zero (14,6%), 124 como grau 1 (43,2%), 88 como grau 2 (30,7%) e 33 como grau 3 (11,5%). (Tabela 1)

De acordo com a classificação de Pfirrmann,¹⁵ utilizada para análise da degeneração discal, 6 pacientes foram avaliados como grau 1 (2,1%), 43 como grau 2 (15,0%), 136 como grau 3 (47,4%), 85 como grau 4 (29,6%) e 17 como grau 5 (5,9%). (Tabela 2)

b. Correlação entre degeneração facetária e idade

A avaliação da correlação entre degeneração facetária e idade mostrou-se estatisticamente significativa ($p = 0,002$), ou seja, conforme aumenta a idade, maior é o valor de escore de Weishaupt.

c. Correlação entre degeneração facetária e tropismo facetário

Na avaliação da correlação entre degeneração facetária e tropismo facetário, não foram encontrados resultados estatisticamente significativos ($p = 0,380$). Verificou-se, portanto, que a média do grau de tropismo facetário não aumentou, de forma homogênea, com a progressão do escore de degeneração da articulação. Porém, foi constatado que as articulações facetárias mais degeneradas (escore 3 de Weishaupt), eram aquelas que possuíam o maior tropismo facetário (assimetria facetária). (Tabela 3)

d. Correlação entre degeneração facetária e degeneração discal

Na avaliação da correlação entre degeneração facetária e degeneração discal, foi constatada correlação estatisticamente significativa ($p \leq 0,001$). Verificou-se, portanto, que quanto maior era a degeneração facetária, mais degenerado também era o disco intervertebral.

e. Correlação entre degeneração facetária e slope sacral

Na avaliação da correlação entre degeneração facetária e slope

sacral, houve correlação estatística fraca ($p = 0,038$). Portanto, quanto maior o slope sacral, mais degenerada tende a ser a articulação facetária.

f. Correlação entre degeneração facetária e lordose lombar

Na avaliação da correlação entre degeneração facetária e lordose lombar, não foram encontrados resultados significativamente relevantes ($p = 0,934$). Verificou-se, portanto, que não houve, de forma significativa, maior degeneração facetária em colunas com lordose lombar mais acentuada.

DISCUSSÃO

Dor lombar baixa é a mais comum síndrome dolorosa e gera um enorme gasto para a sociedade. A artrose do disco intervertebral e articulações facetárias, se constituem motivo prevalente de dor, com o aumento da idade.¹⁶⁻¹⁸ A artrose das articulações facetárias, que, muitas vezes, gera lombalgia quando o indivíduo realiza carga axial ou movimento de extensão sobre o tronco, pode ser mais precoce em alguns indivíduos que em outros. A precocidade da degeneração facetária pode ter origem genética, mas também associação com características anatômicas, biomecânicas e fatores externos.^{5,18,19}

Com relação a idade dos pacientes, nosso trabalho vai ao encontro de que as alterações degenerativas tendem a progredir com a idade ($p = 0,002$), fato bem demonstrado pela literatura mundial.^{18,19}

A importância da angulação, assim como da assimetria das facetes, constatada pelo tropismo facetário, em relação a patologias que ocorrem na coluna lombar, tem sido investigada por diversos autores.^{8,10,20-22} Relação estatisticamente significativa, entre o lado do tropismo com o lado que ocorre a hérnia discal lombar, conforme descrito por Tisot et al.,⁸ foi evidenciada. A associação entre o grau de angulação facetária e o aparecimento de espondilolistese degenerativa, tal como descrita por Samartzis²³ e Chotiyanwong et al.,²² também foi constatada de forma estatisticamente significativa. No presente estudo, constatou-se que as articulações mais degeneradas, com escore 3 de Weishaupt,¹⁴ eram aquelas em que maior média de tropismo foi encontrado (8,12). Embora a relação entre tropismo e artrose facetária tenha sido inexistente ($p = 0,380$), acreditamos que este resultado tenha ocorrido em decorrência de avaliar diferentes grupos etários simultaneamente. Como foram avaliados apenas pacientes com hérnia discal, em que muitos indivíduos são jovens e, mesmo com tropismo facetário maior, ainda não possuem degeneração discal e facetária significativa, acreditamos que o resultado da relação poderia ser diferente, caso avaliado apenas pacientes com maior faixa etária. Consideramos, que um provável movimento de cisalhamento axial, em direção à articulação facetária mais coronalizada (sentido do maior tropismo), possa causar, inicialmente, maior queixa algica lombar e ser um fator que influencia o aparecimento mais precoce de degeneração discal e facetária. Porém, mais estudos sobre o tema deverão ser realizados, para que estas afirmações sejam melhor definidas.

A cascata degenerativa lombar, descrita originalmente com a degeneração inicial do disco intervertebral, seguida pela degeneração das articulações interfacetárias, poderia, em decorrência do maior tropismo facetário (assimetria das articulações facetárias) mais acentuado, alterar a ordem de degeneração articular, iniciando nas facetes articulares e, secundariamente, desencadeando a degeneração do disco intervertebral.¹⁰ No presente estudo, foi avaliada, apenas, a correlação entre degeneração facetária e degeneração discal, o qual constatou correlação estatisticamente significativa ($p \leq 0,001$). Esta íntima relação, porém, já havia sido descrita na literatura por Battié⁵ e Benoist et al.¹⁸

No que diz respeito à contribuição dos parâmetros sagitais da coluna, na origem ou agravamento da degeneração facetária, Lv et al.,²⁴ descrevem a correlação estatisticamente significativa ($p < 0,001$) do slope sacral na origem da degeneração articular das facetes. No presente estudo, também se constatou que o slope sacral seja fator relevante na gênese ou agravamento da degeneração facetária ($p = 0,038$). Apesar disso, na avaliação da correlação da

Tabela 1. Grau de degeneração facetária.

Weishaupt	Número de pacientes (%)
0	42 (14,6)
1	124 (43,2)
2	88 (30,7)
3	33 (11,5)
Total	287 (100)

Tabela 2. Grau de degeneração discal.

Pfirrmann	Número de pacientes (%)
1	6 (2,1)
2	43 (15)
3	136 (47,4)
4	85 (29,6)
5	17 (5,9)
Total	287 (100)

Tabela 3. Relação da degeneração facetária com a média do grau de tropismo facetário.

Weishaupt	Média do grau de tropismo facetário
0	7,88
1	6,84
2	6,68
3	8,12
Média global	7,09

degeneração facetária com a lordose lombar, não foram encontrados resultados estatisticamente significativos ($p = 0,934$). Isso poderia ser explicado pelo fato de que nem sempre um *slope* sacral elevado, será acompanhado por uma lordose lombar acentuada.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados presentes no estudo, entendemos que há, de fato, uma multiplicidade de fatores relacionados com o grau de degeneração facetária. Constatou-se relação estatisticamente positiva entre degeneração facetária e idade, degeneração discal e *slope* sacral. Não foi encontrada relação estatisticamente significativa entre degeneração facetária e lordose lombar.

Com relação à assimetria das articulações facetárias (tropismo),

foi constatado que as articulações facetárias mais degeneradas (escore 3 de Weishaupt), eram aquelas que possuíam o maior tropismo facetário. Porém, a média do grau de tropismo facetário não aumentou, de forma homogênea, com a progressão do escore de degeneração da articulação. Estudos adicionais, correlacionados com a assimetria das referidas articulações, seriam importantes para elucidarmos um melhor manejo preventivo sobre a referida degeneração, objetivando evitar lombalgia e cialgia secundárias, a medida que a idade progride.

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

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. RAT foi o idealizador e orientador presente em todas as etapas da pesquisa, além de fomentador dos pacientes do estudo. JSV e DSC contribuíram para a correção do artigo; DLT realizou a coleta de dados dos prontuários, participou da elaboração dos resultados e desenvolvimento do texto. AP, BG, EC, ES, MA, MB, PR, WI, LRK realizaram revisão da literatura, participaram ativamente da elaboração estatística e do texto.

REFERÊNCIAS

- Henrotin YE, Cedraschi C, Duplan B, Bazin T, Duquesnoy B. Information and low back pain management: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(11):326-34.
- Weber H. Lumbar disc herniation. A controlled, prospective study with ten years of observation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1983;8(2):131-40.
- Vialle LR, Vialle EN, Henao JES, Giraldo G. Lumbar disc herniation. *Rev Bras Ortop*. 2010;45(1):17-22.
- Videman T, Leppavuori J, Kaprio J, Battié MC, Gibbons LE, Peltonen L, et al. Intragenic polymorphisms of the vitamin D receptor gene associated with intervertebral disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998;23(23):2477-85.
- Battié MC, Videman T, Parent E. Lumbar disc degeneration: epidemiology and genetic influences. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(23):2679-90.
- Varlotta GP, Lefkowitz TR, Schweitzer M, Errico TJ, Spivak J, Bendo JA, et al. The Lumbar Facet Joint: a review of current knowledge: part 1: anatomy, biomechanics, and grading. *Skeletal Radiol*. 2011;40(1):13-23.
- Nunes FTB, Conforti-Froes NDT, Negrelli WF, Souza DRS. Genetic and environmental factors involved on intervertebral disc degeneration. *Acta Ortop Bras*. 2007;15(1):09-13.
- Tisot RA, Vieira JS, Collares DS, Stumm LD, Fontana MF, Pasini A, et al. Influence of facet tropism on the location of lumbar disc herniation. *Coluna/Columna*. 2018;17(1):23-6.
- Jentzsch T, Geiger J, Zimmermann SM, Slankamenac K, Nguyen-Kim TD, Werner CM. Lumbar facet joint arthritis is associated with more coronal orientation of the facet joints at the upper lumbar spine. *Radiol Res Pract*. 2013;2013:693971.
- Costa AB, Mattar T, Appolonio PR, Yoshino C, Yonezaki AM, Rodrigues LMR. Associação entre tropismo facetário e doença degenerativa de disco lombar. *Coluna/Columna*. 2013;12(2):133-7.
- Atlas SJ, Chang Y, Kamman E, Keller RB, Deyo RA, Singer DE. Long-term disability and return to work among patients who have a herniated lumbar disc: the effect of disability compensation. *J Bone Joint Surg Am*. 2000;82(1):4-15.
- Wiltse LL, Berger PE, McCulloch JA. A system for reporting the size and location of lesions in the spine. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997;22(13):1534-7.
- Karacan I, Aydin T, Sahin Z, Cidem M, Koyuncu H, Aktas I, et al. Facet angles in lumbar disc herniation: their relation to anthropometric features. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(10):1132-6.
- Weishaupt D, Zanetti M, Boos N, Hodler J. MR imaging and CT in osteoarthritis of the lumbar facet joints. *Skeletal Radiol*. 1999;28(4):215-9.
- Pfirrmann CW, 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.
- Fujiwara A, Tamai K, An HS, Kurihashi T, Lim TH, Yoshida H, et al. The relationship between disc degeneration, facet joint osteoarthritis, and stability of the degenerative lumbar spine. *J Spinal Disor*. 2000;13(5):444-50.
- Boden SD, Riew KD, Yamaguchi K, Branch TP, Schellinger D, Wiesel SW. Orientation of the lumbar facet joints: association with degenerative disc disease. *J Bone Joint Surg Am*. 1996;78(3):403-11.
- Benoist M. Natural history of the aging spine. *Eur Spine J*. 2003;12(Suppl 2):S86-9.
- Yong-Hing K, Kirkaldy-Willis WH. The pathophysiology of degenerative disease of the lumbar spine. *Orthop Clin North Am*. 1983;14(3):491-504.
- Lee DY, Ahn Y, Lee SH. The influence of facet tropism on herniation of the lumbar disc in adolescents and adults. *J Bone Joint Surg Br*. 2006;88(4):520-3.
- Noren R, Trafimow J, Andersson GB, Huckman MS. The Role of facet joint tropism and facet angle in disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991;16(5):530-2.
- Pichaisak W, Chotiyarnwong C, Chotiyarnwong P. Facet joint orientation and tropism in lumbar degenerative disc disease and spondylolisthesis. *J Med Assoc Thai*. 2015;98(4):373-9.
- Samartzis D, Cheung JP, Rajasekaran S, Kawaguchi Y, Acharya S, Kawakami M, et al. Critical Values of Facet Joint Angulation and Tropism in the Development of Lumbar Degenerative Spondylolisthesis: An International, Large-Scale Multicenter Study by the AOSpine Asia Pacific Research Collaboration Consortium. *Global Spine J*. 2016;6(5):414-21.
- Lv X, Liu Y, Zhou S, Wang Q, Gu H, Fu X, et al. Correlations between the feature of sagittal spinopelvic alignment and facet joint degeneration: a retrospective study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016;17(1):341.