ARTROPLASTIA DE DISCO NA COLUNA LOMBAR

DISC REPLACEMENT IN LUMBAR SPINE

ARTROPLASTIA DE DISCO EN LA COLUMNA LUMBAR

Eduardo Soares de Souza[1], René Kusabara[2], Fabio Mastromauro de Oliveira[2], Yoshinobu Nagasse[2], Clóvis Yamazato[2], José Antônio Machado Junior[1]

1. Serviço de Cirurgia de Coluna do Hospital Bandeirantes, São Paulo, SP, Brasil.
2. Sociedade Brasileira de Coluna, São Paulo, SP, Brasil.

RESUMO

Com o aumento da prevalência de idosos no mundo, a incidência de doenças degenerativas tende a crescer, especialmente a Doença degenerativa de disco (DDD) na coluna lombar. É importante buscar por tratamentos de excelência, para garantir melhor qualidade de vida aos pacientes. Nesse sentido, a substituição total do disco e o uso de próteses na coluna lombar tem sido apontados como tratamentos alternativos e promissores, quando comparado ao tratamento padrão. O objetivo deste artigo é mostrar os resultados da substituição total do disco intervertebral, por meio de uma revisão da literatura. Foi realizada a busca eletrônica nas bases de dados PubMed, a partir das palavras-chave: Substituição Total do Disco; Dor lombar; Artroplastia, publicados a partir de 2012. Foram selecionados um total de 16 artigos.***Nível de Evidência: II. Tipo de estudo: Revisão sistemática[b] de Estudos de nível II ou nível I com resultados discrepantes.***

Descritores: Substituição total de disco; Dor lombar; Artroplastia.

ABSTRACT

With the increase in the elderly population worldwide, the prevalence of degenerative diseases tends to grow, especially degenerative disc disease (DDD) in the lumbar spine. It is important to seek excellence treatments to ensure a better quality of life for patients. In this sense, the total disc replacement and the use of prostheses in the lumbar spine have been pointed out as alternative and promising treatments when compared to the standard treatment. The aim of this study is to show the results of total replacement of the intervertebral disc, through a review of the literature. The electronic search was performed in the PubMed databases, with the keywords "Total Disk Replacement", "Low Back Pain", and "Arthroplasty" in articles published as of 2012. We selected 16 articles. ***Level of Evidence: II. Type of study: Systematic review[b] of Level II studies or level I studies with inconsistent results.***

Keywords: Total disc replacement; Low back pain; Arthroplasty.

RESUMEN

Con el aumento de la población de ancianos en todo el mundo, la prevalencia de enfermedades degenerativas tiende a crecer, especialmente la enfermedad degenerativa del disco (EDD) en la columna lumbar. Es importante buscar tratamientos de excelencia para garantizar una mejor calidad de vida a los pacientes. En este sentido, la sustitución del disco y el uso de prótesis en la columna lumbar han sido señalados como tratamientos alternativos y prometedores, en comparación con el tratamiento estándar. El objetivo de este estudio es mostrar los resultados de la sustitución total del disco intervertebral, por medio de una revisión de la literatura. Se realizó la búsqueda electrónica en las bases de datos PubMed, con los descriptores "Reemplazo total de disco", "Dolor lumbar", "Artroplastia", en artículos publicados a partir de 2012. Se seleccionaron 16 estudios. ***Nivel de Evidencia: II. Tipo de estudio: Revisión sistemática[b] de Estudios de nivel II o nivel I con resultados discrepantes.***

Descriptores: Reemplazo total de disco; Dolor de la región lumbar; Artroplastia.

INTRODUÇÃO

A dor lombar é uma das queixas de saúde mais comum em todo o mundo, com prevalência anual de 38%. Sua etiologia é multifatorial, podendo ter origem nos discos intervertebrais, nas articulações facetárias, entre outras causas.[1]

A Doença degenerativa de disco (DDD) destaca-se como principal fator de risco para dor lombar. Esta doença é um grande problema de saúde com significativa carga econômica.[2]

A fusão lombar é o tratamento padrão, porém, está associado a rigidez e degeneração do segmento adjacente, o que pode levar a resultados clínicos pobres e complicações a longo prazo[2]. Portanto, o tratamento é considerado um desafio terapêutico,[3]

Nesse sentido, a Substituição total de disco (STD) surge como alternativa para superar os efeitos negativos da fusão espinhal.[4]

A STD está recebendo mais atenção nos últimos anos. Este procedimento é projetado para manter o movimento do nível operado e evitar a degeneração do segmento adjacente. Apesar disso, ainda faltam dados sobre qual o melhor procedimento para o tratamento da Doença degenerativa de disco.[2]

Em um estudo publicado em 2016, com o objetivo de verificar as principais alterações do músculo paravertebral posterior após intervenção com STD ou fusão lombar anterior, os resultados negativos da restrição de movimento nos músculos posteriores, quando comparados à preservação do movimento não ocorrem em um nível clinicamente relevante. Nesse estudo, com seguimento de dois anos, a restrição de movimento através da fusão e a preservação do movimento através da STD apresentaram pequenas alterações na musculatura lombar paravertebral em relação a atrofia de volume ou degeneração gordurosa no nível operado, bem como nos segmentos adjacentes superiores.[5]

Trabalho realizado no Hospital Bandeirantes, São Paulo, SP, Brasil.
Correspondência: Rua Acalifas, 697, apto 1702, Caranda Bosque, Campo Grande, MS, Brasil. 79032-390. edu_soares@hotmail.com

http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120181701179280

Recebido em 30/04/2017, aceito em 21/06/2017

Por outro lado, uma revisão sistemática de metanálises em 2017, com o objetivo de investigar a eficácia da STD versus a fusão lombar no tratamento da DDD, apontou que as evidências atuais sugerem que a STD é uma técnica mais eficiente para o tratamento de pacientes selecionados com DDD, sendo que, na pior das hipóteses, mostra-se com eficácia igual à fusão lombar em curto prazo.[2]

Considerando a importância de maior qualidade de vida para pacientes com Doença Degenerativa Lombar e o surgimento da Substituição total de disco como uma técnica apontada mais vantajosa no tratamento cirúrgico, este trabalho tem por objetivo identificar os dados atualizados sobre Substituição total de disco na coluna lombar.

MÉTODOS

Este trabalho tem como objetivo identificar dados atualizados sobre STD na coluna lombar com base na literatura disponível. Para tanto, realizou-se busca de artigos no Pubmed, usando os seguintes termos: Substituição total de disco; Dor lombar; Artroplastia. Foram selecionados artigos dos seguintes tipos: metanálises, revisão sistemática e estudos clínicos randomizados, publicados a partir de 2012, com resultados clínicos de relevância, oriundos de revistas com pontuação webqualis consolidada. Ao total, foram selecionados 16 artigos.

Substituição total de disco (STD)

A Substituição total de disco (STD) lombar tem sido utilizada para aliviar a dor e a disfunção discogênica, preservando ao mesmo tempo a amplitude de movimento segmentar e restaurando a estabilidade.[1]

Atualmente as próteses lombares aprovadas pelo Food and Drug Administration (FDA) são: Charité Artificial Disc (DePuy spine, Inc., Raynham, MA) aprovado em 2004 e o ProDisc Lumbar Disc Replacement (SYNTHES Spine, Inc., West Chester , PA) em 2006. Em junho de 2015, o Disco Artificial activL (Aesculap Implant Systems, LLC) recebeu aprovação da FDA para procedimento de STD.[6]

Apesar de resultados promissores, o uso atual da STD tem diminuído muito desde o seu início, em meados de 2000. Uma variedade de razões estão associadas: custo mais elevado em comparação com a cirurgia de fusão posterior, medo do risco de complicação tardia e incidência de reoperação. Outros fatores são as poucas evidências disponíveis sobre sua eficácia clínica e segurança a longo prazo.[7]

Situação corroborada por Ding et al.[2] De acordo com os autores, não há dados suficientes de segurança a longo prazo, de modo que cirurgiões da coluna vertebral devem ser cautelosos sobre a realização de STD em grande escala.

Nos Estados Unidos, as seguradoras tem se recusado a reembolsar cirurgiões que fazem procedimentos de STD. A recusa deve-se ao medo de complicações tardias, reoperaçõese custos secundários desconhecidos, situação que tem levado a um drástico declínio nas taxas de STD.[8]

Critérios para seleção

A STD lombar deve ser considerada como opção de tratamento para pacientes com DDL há mais de seis meses. O diagnóstico deve confirmar o disco como o provável gerador de dor, sendo que o paciente não pode apresentar degeneração articular da faceta, deformidades, instabilidades ou osteopenia/osteoporose.[6]

Em primeiro lugar, pacientes com elevada incidência pélvica (mais de 65°) estão propensos a apresentar alterações artríticas nas articulações facetárias, levando a menor mobilidade, assim, não sendo considerados bons candidatos para STD. Em segundo lugar, a STD não se destina a estabilizar a coluna vertebral e não deve ser usada em pacientes com deformidade translacional, como espondilolistese. Em terceiro lugar tal procedimento não é apropriado em pacientes com movimentos alterados devido à autofusão segmentar (espondilite anquilosante). Por fim, a STD também requer fixação estável ao osso. Pacientes com má qualidade óssea podem desenvolver falha de fixação e fratura do corpo vertebral.[6]

A indicação para esse procedimento deve levar em conta os parâmetros locais, como o tipo de doença discal demonstrada na ressonância magnética e a presença ou ausência de osteoartrite da articulação facetária.[9]

O tipo de curvatura sagital pré-operatória também deve ser levada em conta. Nesse sentido, em 2016, uma metanálise verificou se o tipo de forma espinhal sagital influencia os resultados clínicos da STD lombar. Cinco estudos preencheram critério de pesquisa. Concluíram que o tipo de curvatura sagital influencia os resultados clínicos da STD, sendo que os pacientes de curvatura tipo quatro estão associados a piores resultados clínicos devido a maior taxa de dor lombar residual. Portanto, a STD não deve ser considerada nesses pacientes. Participaram desse estudo um total de 80 pacientes com idade média de 41,7 anos (27-56 anos) e seguimento médio de 59,1 meses (14-96 meses).[9]

A quantidade de distração iatrogênica, altura pré-operatória do disco e posicionamento do implante têm sido considerados importantes para o sucesso cirúrgico. Assim, seu efeito na amplitude de movimento pós-operatório e na carga das facetas merece uma discussão adicional, citam Dreischarf et al.[4] Nesse sentido, os autores desenvolveram estudo para investigar a biomecânica do segmento de movimento de L5-S1 após STD, bem como a influência da distração iatrogênica, posicionamento do implante, pré-operatório de disco, altura na amplitude de movimento e de carregamento das articulações.

Técnica cirúrgica

Sobre a técnica cirúrgica para a Substitiuição total de disco, Salzmann et al[6] explicam: A base para a preferência do lado esquerdo é a localização anatômica dos grandes vasos. A aorta (à esquerda) não é apenas fácil de ser identificada, mas também apresenta parede mais resistente em comparação com a veia cava inferior (à direita). No entanto, para o acesso ao L5-S1, especialmente em homens, é preferível uma abordagem do lado direito para evitar lesões no plexo hipogástrico superior (localizado na parte anterior esquerda do promontório) e resultar na ejaculação retrógrada. Posteriormente, o disco é excisado e as placas terminais cartilaginosas removidas. Atenção especial deve ser dada para preservar a integridade das placas ósseas sobre as quais a prótese irá descansar, a fim de ajudar a evitar subsidência. O dispositivo da STD deve ser implantado posteriormente para colocar o centro de rotação do dispositivo numa posição biomecânica favorável. A fixação inicial é alcançada através dos dentes (Charité, activL) ou uma quilha (ProDisc-L) nas placas terminais do implante, que pode ser melhorada posteriormente por osseointegração facilitada pelo revestimento superficial do dispositivo.[6]

Em 2011, Pimenta et al descreveram um técnica alternativa a abordagem retroperitoneal a partir da utilização do dispositivo XL-TDR (NuVasive, Inc. San Diego, CA), que demonstrou resultados clínicos promissores a médio prazo.[10,11]

O dispositivo XL-TDR é uma prótese metal-metal de dois componentes que compreendem duas placas de liga de cobalto-crômio-molibdênio (CoCrMo) e revestimento de plasma de titânio para facilitar o crescimento ósseo.[11]

Em 2017 um estudo relatou a experiência de utilização do dispositivo XL-STD a partir de um único local, como alternativa a abordagem retroperitoneal. Os dados analisados foram coletados a partir de 12 pacientes tratados com XL-STD. O seguimento médio foi de 27,5 meses (18-48 meses) e, de acordo com os resultados, os pacientes apresentaram melhora significativa na dor das costas (74%) e da perna (50%). Dois pacientes apresentaram luxação precoce devido à subdimensionamento da prótese. A mesma incisão cutânea foi utilizada para recuperar o XL-STD e realizar a fusão intervertebral, com fusão sólida em 12 meses. Concluíram que o XL-STD através de uma abordagem de divisão lateral do músculo é uma técnica alternativa minimamente invasiva às exposições retroperitoneais anteriores para a preservação do movimento.[11]

Essa situação é de extrema importância, uma vez que a cirurgia de coluna minimamente invasiva é menos agressiva, e as pequenas incisões e mínima dissecção intrínseca à cirurgia podem reduzir o risco de infecções pós-operatórias. As infecções cirúrgicas são

complicações temidas da cirurgia da coluna vertebral,com taxas relatadas variando de 0,09% a 16%. Elas podem levar a terapia prolongada com antibióticos, hospitalização prolongada, operações repetidas e remoção de implantes.[12]

Em 2016, uma revisão de literatura avaliou a incidência de infecções cirúrgicas em Cirurgia de coluna minimamente invasiva (MISS). Foram analisados dados de todos os pacientes que frequentaram unidade hospitalar entre janeiro de 2007 a janeiro de 2015, e que foram submetidos à cirurgia posterior da coluna vertebral com sistema retrator tubular e microscópio. Os procedimentos realizados incluíram discectomias tubulares, descompressões tubulares para estenose espinhal e fusão intercorporal lombar transforaminal mínimamente invasiva (TLIF). Um total de 1.043 pacientes foram submetidos a 763 cirurgias não-instrumentadas (discectomias, descompressões) e 280 instrumentados (TLIF). A média de idade foi de 52,2 anos com relação homem: mulher de 1,08: 1. Três infecções foram encontradas em cirurgias de fusão (tempo médio de internação de sete dias). Todos os três necessitaram de limpeza de feridas e desbridamento. Um paciente necessitou de remoção unilateral do implante. O custo direto adicional devido à infecção foi de US$ 2.678 (dólares) por 100 MISS-TLIF. A infecção cirúrgica aumentou a despesa hospitalar por doente 1,5 vezes.[12]

DISPOSITIVOS

Prodisc II

Zigler, Glenn e Delamarter[13] relataram os resultados de cinco anos de estudo prospectivo, randomizado e multicêntrico sobre alterações degenerativas de nível adjacente em pacientes com doença degenerativa lombar de nível único, tratados com substituição de disco total lombar com ProDisc-L versus fusão circunferencial. A degeneração no nível adjacente foi caracterizada por uma pontuação composta incluindo perda de altura do disco, esclerose da placa terminal, osteófitos e espondilolistese. De acordo com os resultados, após cinco anos de seguimento foram observadas alterações na ALD em 9,2% dos pacientes com STD e 28,6% nos pacientes com fusão. Entre os pacientes sem doença adjacente pré-operatória, achados de ALD após o tratamento foram evidentes em apenas 6,7% dos pacientes com STD e 23,8% dos pacientes com fusão ($p = 0,008$). Cirurgia de nível adjacente que levou á cirurgia secundária foi relatada para 1,9% dos pacientes com STD e 4,0% dos pacientes com fusão ($p = 0,6819$). Os pacientes com STD apresentaram média de movimento pré-operatório (ROM) de 7,3°, que diminuiu ligeiramente (6,0°) após cinco anos de tratamento ($p = 0,0198$). A partir dos resultados, os autores concluíram que após cinco anos de ProDisc-L, há um bom movimento pós operatório e taxas significativamente mais baixas de ALDs do que nos pacientes tratados com fusão circunferencial.[13]

Em uma série de casos prospectivos publicada em 2014, Siepe et al relataram os cinco a 10 anos após a implantação do ProDisc II, considerando a eficácia clínica a médio e longo prazo, bem como a segurança do STD em termos de complicações perioperatórias e taxas de reoperação. Participaram do estudo um total de 181 pacientes, com seguimento médio de 7,4 anos, variando de 5,0 a 10,8 anos. De acordo com os resultados, houve melhora significativa nos escores de ODI e VAS em todos os pontos de tempo de seguimento pós-operatório ($p < 0,0001$). Mais de 86% dos pacientes mostraram-se satisfeitos. A taxa de complicações foi de 14,4% e a taxa de reoperação foi de 16%. O STD de nível único demonstrou complicações menores (11,9 vs 27,6%, $p = 0,03$) e taxas maiores de satisfação em relação aos casos de dois níveis. Considerando as taxas de complicações e reoperação aceitáveis, os autores concluíram que o medo de complicações tardias excessivas após a implantação do ProDisc II é desnecessária. Concluíram que a cirurgia para implementação do ProDisc II é satisfatória a médio e longo prazo. A segurança do procedimento e da técnica cirúrgica foi demonstrada a partir decomplicações e taxas de reoperação aceitáveis. As complicações tardias, excessivas ou reoperações após o procedimento primário de STD não puderam ser comprovadascom os dados presentes.[8]

Em 2016, outro estudo para avaliar a eficácia e a segurança alongo prazo do ProDisc II demonstrou que este dispositivo está associado a resultados bem sucedidos com taxa de sucesso clínico de 76,9% e de satisfação de 87,2% quando os pacientes são considerados bons candidatos para STD. No entanto, pacientes com patologias combinadas apresentam resultados suboptimizados, com alto risco de cirurgias de revisão. Portanto, é obrigatório um rigoroso processo de seleção do paciente para que haja resultados bem-sucedidos. Este estudo teve com seguimento de 120 meses, e 54 pacientes categorizados em dois grupos: Grupo A (Bons candidatos = 39 pacientes) e Grupo B (Maus candidatos = 15 pacientes). A taxa de sucesso clínico e a taxa de satisfação foram significativamente maiores no grupo A (76,9% e 87,2%, respectivamente) do que no grupo B (40,0% e 60,0%, respectivamente).[7]

Charité

em um estudo publicado em 2016 por Guyer et al, os resultados de cinco anos do implante de dois dispositivos TDR lombares foram comparados. Este RCT incluiu 190 pacientes que receberam Charité e 204 pacientes que receberam Kineflex-L. Durante o seguimento de cinco anos, não foram observadas diferenças significativas entre os dois grupos. Os pacientes tanto no grupo de Charité como no de Kineflex-L experimentaram melhora clínica significativa medida por pontuações de ODI e VAS. A análise radiográfica mostrou que a ROM segmentar em ambos os grupos diminuiu inicialmente aos três meses, aumentou até 24 meses e permaneceu estável depois deste período. A taxa de reoperação em ambos os grupos foi de aproximadamente 11%.[14]

ActivI

o disco Artificial ActivLé um implante biomimético que incorpora várias características inovadoras não encontradas em STD lombares de geração anterior. O dispositivo se destina a acomodar uma gama mais ampla de variações anatômicas e reproduzem com mais precisão os padrões cinemáticos da coluna lombar humana.[15]

De acordo com Garcia et al[1] o disco Artificial ActivL é uma prótese modular composta por uma placa de cobalto-cromo inferior ancorada na placa terminal do corpo vertebral caudal, um embutimento de polietileno (PE) de peso molecular ultra alto localizado no componente inferior e um componente superior de cobalto-crômio.

Em 2015, um estudo multicêntrico e randomizado teve por objetivo avaliar a segurança e a eficácia comparativa de dispositivos deSTD no tratamento de pacientes com doença degenerativa de disco que não responderam a terapia não-cirúrgica. Concluíram que o uso de um único nível do activL é seguro e eficaz para o tratamento desses pacientes. A durabilidadealongo prazo do disco artificial é ainda desconhecida e requer investigação adicional. Participaram desse estudo um total de 324 pacientes com

DDD sintomático de nívelúnico e história de pelo menos seis meses de tratamento não cirúrgico, os quais foram acompanhados por dois anos. Os pacientes foram randomizados para dois grupos de dispositivo: tratamento com activL (n = 218) ou ProDisc-L ou Charité (n =106). Os eventos adversos graves relacionados com o dispositivo foram menos frequentes nos pacientes tratados com activL em comparação ao outro grupo (12-19%).[1]

Em 2016, Garcia et al desenvolveram estudo prospectivo e aleatorizado de nível I para verificar a segurança e eficácia de dispositivo ActivI no tratamento da STD em pessoas com DDD. De acordo com resultados primários, tal dispositivo é seguro e eficaz para o tratamento de DDL em nível único a partir de L4-S1. Os resultados do estudo mostram não-inferioridade estatística do dispositivo experimental em comparação com os dispositivos de controle atualmente disponíveis, aprovados pela FDA. O dispositivo de investigação também demonstrou superioridade aos controles na amplitude de movimento pós-procedimento.[16]

CONCLUSÂO

A Substituição total de disco é uma técnica alternativa a fusão lombar no tratamento da Doença degenerativa de disco, e tem sido considerada como tratamento promissor nessa patologia,uma vez que está associada a preservação do movimento, evitando doença do nível adjacente.

As principais próteses utilizada na substituição total de disco lombar são: Charité Artificial Disc, ProDisc e Disco Artificial ActivL, todos aprovados pela Food and Drug Administration em 2004, 2006 e 2015, respectivamente.

Apesar de evidências que comprovam o benefício em curto prazo, existe a necessidade de mais estudos para investigar a segurança e eficácia da substituição total de disco a longo prazo.

Considerando as evidências atuais, a STD deve ser realizada com cautela, em um nível e em pacientes estritamente selecionados.

Agradecimento ao Dr. Rodrigo Amaral, do Instituto Patologias da Coluna Vertebral (IPC), que possui grande experiência em artroplastia discal lombar, dividindo a experiência para a realização deste trabalho.

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

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Cada autor contribuiu de forma individual e significamente para o desenvolvimento desse manuscrito. ESS (0000-0001-9529-4731)* desenvolvimento do manuscrito. ESS, RK (0000-0003-2673-7193)*, FMO (0000-0002-5217-1210)*, YN (0000-0003-0708-2961)*, CY (0000-0001-7920-7634)* e JAMJ (0000-0002-0028-9479)* revisao bibliografica, levantamento bibliografico. *ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).

REFERÊNCIAS

1. Garcia RJ, Yue JJ, Blumenthal S, Coric D, Patel VV, Leary SP et al. Lumbar Total Disc Replacement for Discogenic Low Back Pain: Two-year Outcomes of the activL Multicenter Randomized Controlled IDE Clinical Trial. Spine 2015;40(24): 1873–81.
2. Ding F, Jia Z, Zhao Z, Xie L, Gao X, Ma D, Liu M. Total disc replacement versus fusion for lumbar degenerative disc disease: a systematic review of overlapping meta--analyses. Eur Spine J. 2017; 26(3):806-815.
3. Andrieu K, Allainb J, Longis PM, Steib JP, Beaurain J, Delécrin J. Comparison between total disc replacement and hybrid construct at two lumbar levels with minimum follow-up of two years. Orthop Traumatol Surg Res. 2017;103(1): 39-43.
4. Dreischarf M, Schmidt H, Putzier M, Zander T. Biomechanics of the L5-S1 motion segment after total disc replacement - Influence of iatrogenic distraction, implant positioning and preoperative disc height on the range of motion and loading of facet joints. J Biomech. 2015; 48(12):3283-91.
5. Strube P, Putzier M, Streitparth FMD, Eike K, Hartwig T. Postoperative posterior lumbar muscle changes and their relationship to segmental motion preservation or restriction: a randomized prospective study. Journal of Neurosurgery: Spine. 2016; 24(1):25-31.
6. Salzmann SN, Plais N, Shue J, Girardi FP. Lumbar disc replacement surgery--successes and obstacles to widespread adoption. Curr Rev Musculoskelet Med. 2017;10(2):153-9.
7. Park SJ1, Lee CS, Chung SS, Lee KH, Kim WS, Lee JY. Long-Term Outcomes Following Lumbar Total Disc Replacement Using ProDisc-II: Average 10-Year Follow-Up at a Single Institute. Spine (Phila Pa 1976). 2016;41(11):971-7.
8. Siepe CJ, Heider F, Wiechert K, Hitzl W, Ishak B, Mayer MH2. Mid- to long-term results of total lumbar disc replacement: a prospective analysis with 5- to 10-year follow-up. Spine J. 2014;14(8):1417-31.
9. Laouissat F, Scemama C, Delécrin J. Does the type of sagittal spinal shape influence the clinical results of lumbar disc arthroplasty?. Orthop Traumatol Surg Res. 2016; 102(6):765-8.
10. Pimenta L, Oliveira L, Schaffa T, Coutinho E, Marchi L. Lumbar total disc replacement from an extreme lateral approach: clinical experience with a minimum of 2 years' follow--up. J Neurosurg Spine. 2011;14(1):38-45.
11. Malham GM, Parker RM. Early experience with lateral lumbar total disc replacement: Utility, complications and revision strategie S J Clin Neurosci. 2017;39:176-83.
12. Kulkarni AG, Patel RS,Dutta S. Does Minimally Invasive Spine Surgery Minimize Surgical Site Infections?. Asian Spine J. 2016;10(6):1000–6.
13. Zigler JE, Glenn J, Delamarter RB. Five-year adjacent-level degenerative changes in patients with single-level disease treated using lumbar total disc replacement with ProDisc-L versus circumferential fusion. J Neurosurg Spine. 2012;17(6):504-11.
14. Guyer R, Pettine, K, Roh JS, Thomas A, Coric D, McAfee P. Five-Year Follow-Up of a Prospective, Randomized Trial Comparing Two Lumbar Total Disc Replacements. Spine 2016; 41(1): 3–8.
15. Yue JJ, Garcia R Jr, Miller LE. The activL(®) Artificial Disc: a next-generation motion-preserving implant for chronic lumbar discogenic pain. Med Devices (Auckl). 2016;9:75-84.
16. Garcia J, Yue JJ, Blumenthal SL, Coric D, Patel VV. 153 - Lumbar Total Disc Replacement for Discogenic Low Back Pain: Primary Powered Endpoint Outcomes of The ActivL® IDE Clinical Trial. The Spine Journal. 2016;16(10): S260-S260.