

TLIF- INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO DO ESPAÇADOR INTERSOMÁTICO NA LORDOSE SEGMENTAR E ALTURA DO FORAME VERTEBRAL

MORPHOLOGIC CHANGES OF LUMBAR FORAMEN AND SEGMENTAL LORDOSIS RELATED TO CAGE POSITION IN TRANSFORAMINAL LUMBAR INTERBODY FUSION

INFLUENCIA DE LA POSICIÓN DEL ESPACIADOR INTERSOMÁTICO EN LORDOSE SEGMENTAR Y LA ALTURA DEL FORAME VERTEBRAL EN ARTRODESE LOMBAR INTERSOMÁTICO TRANSFORAMINAL

THIAGO DANTAS MATOS¹ , LUIS FERNANDO TIRAPELLI¹ , ALEXANDRE MACHADO ANDRADE² , VITOR ARAUJO GONCALVES¹ , MATHEUS PIPPA DEFINO¹ ,

HELTON LUIZ APARECIDO DEFINO¹ 

1. Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, São Paulo, SP, Brasil.

2. CDO Clínica Médica, Salvador, BA, Brasil.

RESUMO

Objetivos: Avaliar a influência do posicionamento dos espaçadores intersomáticos sobre a lordose lombar segmentar e altura do forame intervertebral na realização da artrodese intersomática transforaminal. Métodos: espaçadores intersomáticos de 8, 10 e 12 mm foram inseridos nos espaços discais dos segmentos L3-L4, L4-L5 e L5-S1 de três cadáveres humanos. Os espaçadores foram posicionados na parte anterior, média e posterior do espaço discal. A técnica da artrodese intersomática transforaminal foi realizada por meio da: facetectomia unilateral, facetectomia bilateral e facetectomia com ressecção da lâmina adjacente, processo espinhoso e ligamento amarelo (osteotomia da coluna posterior). A lordose do segmento lombar e a altura do forame intervertebral foram mensurados antes e após a colocação dos espaçadores interespinhosos. Resultados: A colocação dos espaçadores intersomáticos na porção anterior e média do espaço discal produziu aumento da lordose segmentar e a colocação na porção posterior reduziu a lordose segmentar. A altura do forame intervertebral apresentou aumento com a colocação do espaçador na porção posterior e redução da sua altura com o posicionamento do espaçador intersomático na porção anterior e média do espaço discal. Conclusão: o posicionamento do espaçador intersomático na artrodese intersomática transforaminal influencia a lordose lombar segmentar e a altura do forame intervertebral. **Nível de evidência III; Estudo experimental.**

Descritores: Fusão Vertebral; Coluna Vertebral, Região Lombosacral.

ABSTRACT

*Objectives: To evaluate the influence of the positioning of cages on segmental lumbar lordosis and height of the intervertebral foramen when performing transforaminal interbody fusion. Method: cages of 8, 10 and 12 mm were inserted into the disc spaces of the L3-L4, L4-L5 and L5-S1 segments of three human cadavers. Cages were positioned in the anterior, middle and posterior part of the disc space. The transforaminal interbody fusion technique was performed using: unilateral facetectomy, bilateral facetectomy and facetectomy with resection of the adjacent lamina, spinous process and yellow ligament (posterior column osteotomy). The lordosis of the lumbar segment and the height of the intervertebral foramen were measured before and after placement of the cages. Results: The placement of cages in the anterior and middle portion of the disc space produced an increase in segmental lordosis and placement in the posterior portion reduced segmental lordosis. The height of the intervertebral foramen increased with the placement of cages in the posterior portion and a reduction in height with the placement of the interbody spacer in the anterior and middle portion of the disc space. Conclusion: The positioning of the interbody spacer in transforaminal interbody arthrodesis influences segmental lumbar lordosis and the height of the intervertebral foramen. **Level of Evidence III; Experimental study.***

Keywords: Spine fusion; spine; Lumbosacral Region.

RESUMEN

Objetivos: Evaluar la influencia del posicionamiento de los espaciadores intersomáticos sobre la lordosis lumbar segmentaria y la altura del agujero intervertebral al realizar artrodese intersomática transforaminal. Métodos: Se insertaron espaciadores intersomáticos de 8, 10 y 12 mm en los espacios discales de los segmentos L3-L4, L4-L5 y L5-S1 de tres cadáveres humanos. Los espaciadores se colocaron en la parte anterior, media y posterior del espacio discal. La técnica de artrodese intersomática transformacional se realizó mediante: facetectomía unilateral, facetectomía bilateral y facetectomía con resección de la lámina adyacente, apófisis espinosa y ligamento amarillo (osteotomía de la columna posterior). Se midieron la lordosis del segmento lumbar y la altura del agujero intervertebral antes y después de la colocación de los espaciadores interespinhosos. Resultados: La colocación de espaciadores intersomáticos en la porción anterior y media del espacio discal produjo un aumento de la lordosis segmentaria y la colocación en la porción posterior redujo la lordosis



segmentaria. La altura del agujero intervertebral aumentó con la colocación del espaciador en la porción posterior y una reducción de la altura con la colocación del espaciador intersomático en la porción anterior y media del espacio discal. Conclusion: La posición del espaciador intersomático en la artrodese intersomática transforaminal influye en la lordosis lumbar segmentaria y en la altura del agujero intervertebral. **Nivel de Evidencia III; Estudio experimental.**

Descriptor: Fusión Vertebral; Columna Vertebral; Región Lumbosacra.

INTRODUÇÃO

A artrodese lombar intersomática tem sido realizada para proporcionar estabilidade ao segmento vertebral, realizar a descompressão indireta das estruturas nervosas e manter ou corrigir o desequilíbrio sagital.^{1,2} Dentre as técnicas empregadas para a artrodese lombar intersomática destaca-se a artrodese intersomática transforaminal (TLIF). A artrodese intersomática transforaminal (TLIF) descrita por Harms³ tem sido amplamente utilizada para o tratamento das doenças degenerativas da coluna lombar.^{2,4} A lordose do segmento lombar deve ser restaurada durante a realização do TLIF e está relacionada com diferentes fatores, destacando-se os espaçadores vertebrais.^{5,6} A geometria dos espaçadores, o seu posicionamento no espaço discal (anterior, médio, posterior), e as suas dimensões (altura, comprimento), são parâmetros que influenciam a reconstrução da lordose segmentar (LS) e a altura do forame vertebral nas artrodese.⁷ A importância do forame vertebral está relacionada com a sua descompressão e com a ocorrência da estenose do forame contralateral, que ocorre em 5,9% dos pacientes submetidos a artrodese transforaminal (TLIF).⁸⁻¹⁰

O objetivo do estudo foi avaliar a influência do posicionamento do espaçador intervertebral na lordose segmentar (LS) e na altura do forame intervertebral (AFI) nos segmentos da coluna lombar de cadáveres humanos. A hipótese do estudo foi que a lordose lombar segmentar e a altura do forame vertebral são influenciadas pelo posicionamento do espaçador intersomático utilizado na técnica da artrodese transforaminal (TLIF). Embora existam estudos clínicos sobre a influência do posicionamento dos espaçadores sobre essas variáveis, escassos são os estudos utilizando espécimes de cadáveres, que permitem maior controle das variáveis.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade São Paulo (CAE:78956323.7.0000.5440). Três segmentos (L3-L4, L4-L5 e L5-S1) da coluna lombar de dois cadáveres adultos do sexo masculino foram utilizados. A integridade anatômica dos segmentos vertebrais selecionados para o estudo foi verificada por meio de radiografias simples em AP e perfil. Os segmentos da coluna lombar utilizados no estudo não apresentavam ao exame macroscópico sinais de lesão traumática, cirurgia anterior, doença, deformidade ou anquilose.

Os espaçadores de PEEK (polieteretercetona) modelo Fusimax TLP® (MDT), com 8 mm de largura, 29mm de comprimento e sem angulação foram utilizados nos experimentos, simulando a sua aplicação na artrodese intersomática transforaminal (TLIF). A altura do espaçador intersomático foi selecionada de acordo com a mensuração da altura do espaço intervertebral avaliado nas radiografias. Foram utilizados espaçadores de 8mm no espaço L3-L4, e de 10 e 12 mm no espaço L4-L5 e L5-S1.

A técnica da artrodese intersomática transforaminal foi realizada nos segmentos vertebrais (L3-S1) e os grupos experimentais formados de acordo com o posicionamento do espaçador no espaço discal (anterior, médio ou posterior) (Figura 1), e de acordo com a remoção dos elementos vertebrais posteriores: Grupo A - remoção unilateral das facetes articulares; Grupo B - remoção bilateral das facetes articulares; Grupo C - remoção bilateral das facetes articulares com ressecção da linha média da lâmina adjacente, processos espinhosos e ligamento amarelo. (Figura 2)

A lordose segmentar (LS) e a altura do forame intervertebral (AFI) foram os parâmetros selecionados para o estudo. A LS foi

avaliada por meio do ângulo, observado nas radiografias em perfil, formado pelas placas vertebrais superior e inferior do espaço discal no qual o espaçador foi inserido. A AFI foi mensurada de ambos os lados utilizando paquímetro digital. A maior distância entre a borda inferior do pedículo superior e borda superior do pedículo vertebral inferior foram as referências anatômicas utilizadas para a mensuração da altura do forame vertebral.

As mensurações foram realizadas com os espécimes íntegros e após a realização do procedimento estabelecido para cada grupo experimental, que estava relacionado com o posicionamento do espaçador intersomático (anterior, médio e posterior) e a remoção dos elementos vertebrais posteriores. (Figura 1 e 2)

O estudo estatístico foi realizado por meio da estatística descritiva, o teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para a determinação da normalidade da amostra, e o teste ANOVA, seguido pelo teste de Tukey para comparar os resultados da angulação do disco intervertebral abertura do disco e altura do forame vertebral entre os grupos experimentais. Foi estabelecido o nível de significância $p < 0,05$.

RESULTADOS

Os resultados da estatística descritiva e dos valores da LS nos diferentes grupos experimentais estão ilustrados nas Tabelas 1 e 2.

Foi observado tendência de aumento da angulação da LS com a colocação do espaçador na parte anterior e média do espaço discal. O posicionamento posterior do espaçador intervertebral reduziu a LS em relação aos valores controle (antes da realização do TLIF). O comportamento das tendências dos diferentes grupos experimentais está ilustrado na figura 3, e as diferenças estatísticas da LS entre os grupos experimentais na Figura 3 e Tabela 3.

O posicionamento do espaçador intervertebral na parte anterior e média do espaço discal mostrou tendência ao aumento da LS. O posicionamento na parte posterior mostrou tendência a redução da angulação. Essa tendência foi observada em todos os segmentos vertebrais estudados (L3-L4, L4-L5 e L5-S1) e em todas as técnicas da artrodese transforaminal (A, B e C). (Figura 4)

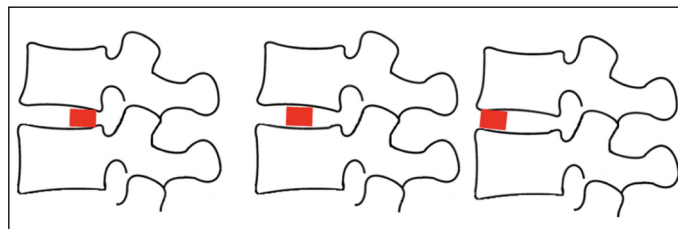


Figura 1. Desenho ilustrando o posicionamento do espaçador intervertebral no espaço discal (posterior, médio e anterior).

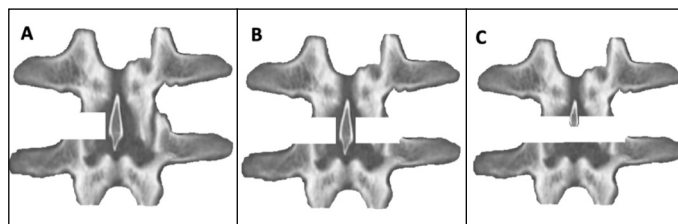


Figura 2. Desenho ilustrando a remoção dos elementos vertebrais posteriores de acordo com o grupo experimental: (A) facetectomia unilateral, (B) facetectomia bilateral e (C) facetectomia com ressecção da lâmina adjacente, processo espinhoso e ligamento amarelo (osteotomia da coluna posterior).

Tabela 1. Estatística descritiva dos valores da abertura do disco (lordose espaço discal).

	Controle	Aa	Am	Ap	Ba	Bm	Bp	Ca	Cm	Cp
Number of values	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Minimum	7,8	9,4	9,3	7	9,7	9,3	7	10,8	11,4	7,4
Maximum	10	14,8	14,3	9,8	15,1	14,4	9,9	18,4	17,8	10,2
Range	2,2	5,4	5	2,8	5,4	5,1	2,9	7,6	6,4	2,8
Mean	8,667	11,03	11,25	7,833	11,37	11,42	7,983	13,97	13,12	8,417
Std. Deviation	0,9352	2,025	1,846	1,075	2,015	1,828	1,105	3,312	2,458	1,048
Std. Error of Mean	0,3818	0,8265	0,7535	0,4387	0,8225	0,7463	0,4512	1,352	1,003	0,4277
Lower 95% CI of mean	7,685	8,909	9,313	6,706	9,252	9,498	6,823	10,49	10,54	7,317
Upper 95% CI of mean	9,648	13,16	13,19	8,961	13,48	13,34	9,143	17,44	15,7	9,516
Coefficient of variation	10,79%	18,35%	16,41%	13,72%	17,72%	16,01%	13,84%	23,72%	18,74%	12,45%

A - facetectomia unilateral B- facetectomia bilateral C- facetectomia bilateral + lâmina A - Espaçador anterior b- espaçador porção média c- espaçador posterior.

Tabela 2. Resultados da abertura do disco (lordose do espaço discal) em graus nos diferentes grupos experimentais.

Segmento	Espécime	Controle	Aa	Am	Ap	Ba	Bm	Bp	Ca	Cm	Cp
L3-L4	1	8	9,7	9,9	7,1	9,9	10,4	7,2	10,8	12,3	7,4
L3-L4	2	9,4	9,8	10,9	8,2	10,3	10,9	8,6	11,3	11,4	8,7
Média		8,7	9,75	10,4	7,65	10,1	10,65	7,9	11,05	11,85	8,05
DP		0,99	0,07	0,71	0,78	0,28	0,35	0,99	0,35	0,64	0,92
L4-L5	1	7,8	9,4	9,3	7	9,7	9,3	7	12,3	12	7,8
L4-L5	2	9	11,6	12,5	7,8	11,9	12,7	7,9	17,8	13,8	8,8
Média		8,4	10,5	10,9	7,4	10,8	11	7,45	15,05	12,9	8,3
DP		0,85	1,56	2,26	0,57	1,56	2,40	0,64	3,89	1,27	0,71
L5-S1	1	10	14,8	14,3	9,8	15,1	14,4	9,9	18,4	17,8	10,2
L5-S1	2	7,8	10,9	10,6	7,1	11,3	10,8	7,3	13,2	11,4	7,6
Média		8,9	12,85	12,45	8,45	13,2	12,6	8,6	15,8	14,6	8,9
DP		1,56	2,76	2,62	1,91	2,69	2,55	1,84	3,68	4,53	1,84

A- facetectomia unilateral B- facetectomia bilateral C- facetectomia bilateral + lâmina. A - espaçador anterior b- espaçador porção média c- espaçador posterior.

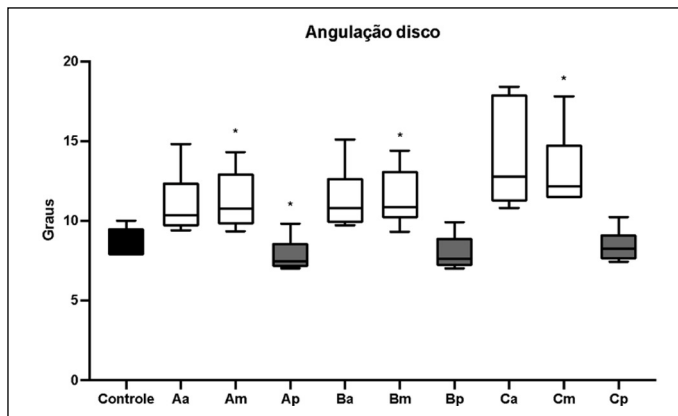


Figura 3. Gráfico ilustrando a variação da lordose segmentar nos diferentes grupos experimentais. A - remoção unilateral das facetas articulares; B - remoção bilateral das facetas articulares; e C - remoção bilateral das facetas articulares com ressecção da linha média da lâmina adjacente, processos espinhosos e ligamento amarelo. A letras minúsculas A, M e P indicam respectivamente o posicionamento na parte anterior, média e posterior do espaço discal. O asterisco (*) indica diferença estatística em relação ao grupo controle (teste ANOVA, seguido pelo teste de Tukey $p < 0,05$).

Os valores da AFI no grupo controle e relacionado com o posicionamento do espaçador intersomático nos grupos experimentais estão ilustrados nas Tabelas 4 e 5.

Foi observado a tendência da redução da AFI com o posicionamento do espaçador na parte anterior e média do espaço discal. O posicionamento do espaçador intersomático na parte posterior do espaço discal mostrou tendência ao aumento da altura do forame. (Figura 5)

Foi observada diferença estatística entre alguns grupos experimentais isolados, evidenciando a tendência observada. No entanto, o tamanho da amostra não permitiu análise estatística precisa.

Os resultados evidenciaram a tendência do espaçador

Tabela 3. Tabela indicando a diferença estatística entre os valores da angulação do disco intervertebral nos grupos experimentais.

	Aa	Am	Ap	Ba	Bm	Bp	Ca	Cm	Cp
Controle	ns	*	*	ns	*	ns	ns	*	ns
Aa		ns	*	**	ns	*	ns	*	*
Am			**	ns	ns	**	ns	ns	*
Ap				*	**	ns	*	**	*
Ba					ns	*	ns	ns	*
Bm						**	ns	ns	*
Bp							*	**	ns
Ca								ns	*
Cm									*

O asterisco (*) indica diferença estatística (teste ANOVA, seguido pelo teste de Tukey $p < 0,05$).

intersomático situado na porção anterior e média do disco intervertebral em aumentar a e reduzir a AFI. O posicionamento posterior do espaçador intersomático apresentou a tendência de reduzir a angulação do disco intervertebral e aumentar a altura do forame vertebral. Essas tendências foram semelhantes em todos os grupos experimentais que simularam as variações do TLIF.

DISCUSSÃO

A hipótese apresentada no estudo foi confirmada e o posicionamento dos espaçadores intersomáticos no interior do disco intervertebral induziu alterações na lordose lombar segmentar e na altura do forame vertebral.

A preservação ou restauração da lordose segmentar é um dos objetivos das diferentes técnicas da artrodese intersomática (ALIF, PLIF, TLIF, LL) e está associada com os resultados clínicos.¹¹⁻¹⁴ A restauração da lordose lombar segmentar é multifatorial, e os espaçadores intersomáticos possuem papel de destaque no conjunto desses fatores.^{13,15} O posicionamento, o tamanho, a angulação e a forma dos espaçadores influenciam na restauração da lordose lombar segmentar.¹³

A influência do posicionamento dos espaçadores intersomáticos

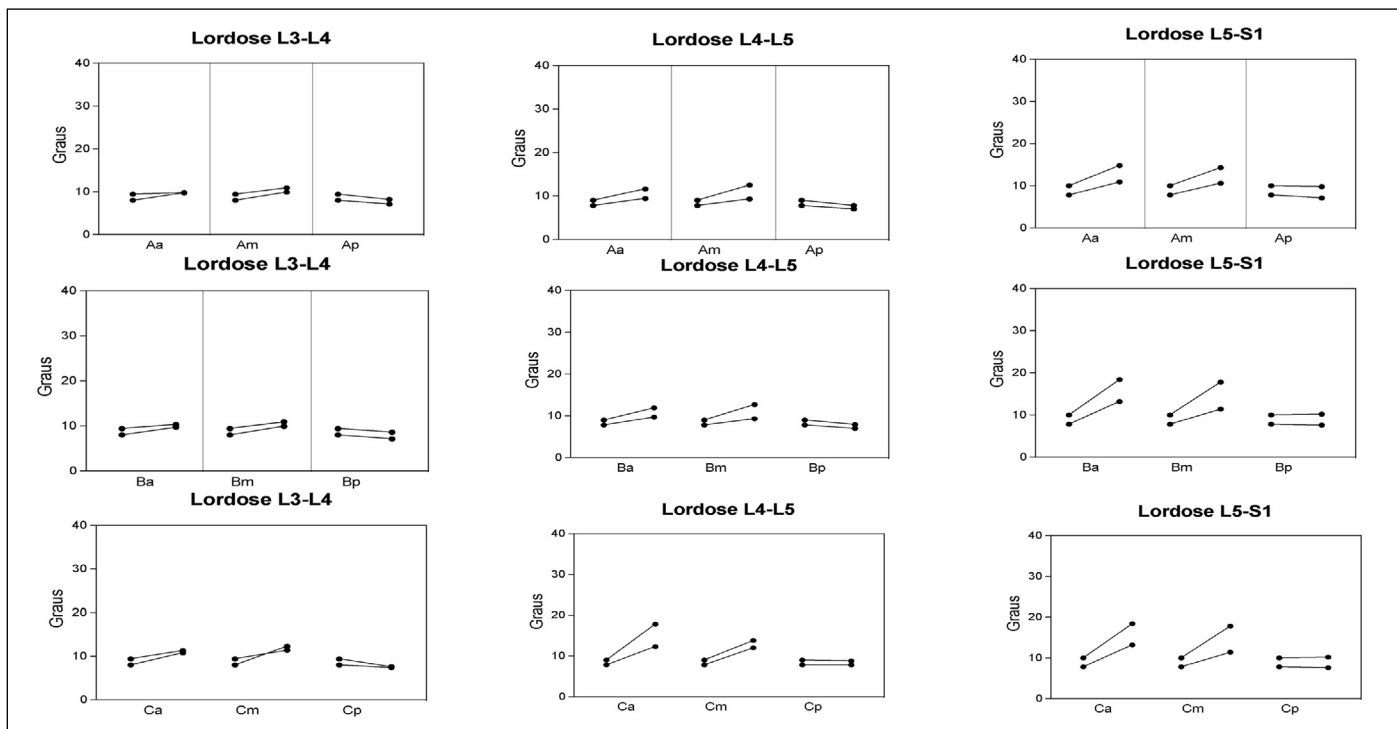


Figura 4. Variação da lordose segmentar nos níveis L3-L4, L4-L5 e L5-S1 nos dois segmentos da coluna lombar. A - Remoção unilateral das facetas articulares; B - remoção bilateral das facetas articulares; e C - remoção bilateral das facetas articulares com ressecção da linha média da lâmina adjacente, processos espinhosos e ligamento amarelo. A letras minúsculas a, m e p indicam respectivamente o posicionamento na parte anterior, média e posterior do espaço discal.

Tabela 4. Valores da mensuração da AFI no lado esquerdo (milímetros) no grupo controle e nos segmentos com os espaçadores intersomáticos.

Espaço discal	Controle E	Aa E	Am E	Ap E	Ba E	Bm E	Bp E	Ca E	Cm E	Cp E
L3-L4 (1)	21,3	19,45	19,85	22,3	19	19,55	21,6	17,4	17,6	20,45
L3-L4 (2)	20,4	19,6	19,9	21	19,4	19,61	19,5	18,97	19,03	19,3
L4-L5 (1)	12,85	12,7	12,6	13,4	12	12,1	13,3	11,15	10,95	13,05
L4-L5 (2)	19,7	18,15	18	19,98	18	17,9	19,8	16,7	16,5	19,75
L5-S1 (1)	11,05	12,6	12,85	14,5	12,2	12,5	14,1	11,9	12,3	14
L5-S1 (2)	13,8	14,4	14,35	15,5	14,3	14,2	15,1	13,8	14	15

A - remoção unilateral das facetas articulares; B - remoção bilateral das facetas articulares; e C - remoção bilateral das facetas articulares com ressecção da linha média da lâmina adjacente, processos espinhosos e ligamento amarelo. As letras minúsculas a, m e p indicam respectivamente o posicionamento na parte anterior, média e posterior do espaço discal.

Tabela 5. Valores da mensuração da AFI no lado direito (milímetros) no grupo controle e nos segmentos com os espaçadores intersomáticos.

Espaço discal	Controle E	Aa E	Am E	Ap E	Ba E	Bm E	Bp E	Ca E	Cm E	Cp E
L3-L4 (1)	21,3	19,45	19,85	22,3	19	19,55	21,6	17,4	17,6	20,45
L3-L4 (2)	20,4	19,6	19,9	21	19,4	19,61	19,5	18,97	19,03	19,3
L4-L5 (1)	12,85	12,7	12,6	13,4	12	12,1	13,3	11,15	10,95	13,05
L4-L5 (2)	19,7	18,15	18	19,98	18	17,9	19,8	16,7	16,5	19,75
L5-S1 (1)	11,05	12,6	12,85	14,5	12,2	12,5	14,1	11,9	12,3	14
L5-S1 (2)	13,8	14,4	14,35	15,5	14,3	14,2	15,1	13,8	14	15

A - Remoção unilateral das facetas articulares; B - remoção bilateral das facetas articulares; e C - remoção bilateral das facetas articulares com ressecção da linha média da lâmina adjacente, processos espinhosos e ligamento amarelo. A letras minúsculas a, m e p indicam respectivamente o posicionamento na parte anterior, média e posterior do espaço discal.

sobre a lordose lombar segmentar tem sido o alvo de estudos clínicos e experimentais. Observamos em nosso estudo que o posicionamento do espaçador intersomático na parte anterior e média do espaço discal induziu ao aumento da lordose lombar segmentar, enquanto o posicionamento na parte posterior induziu a redução da lordose lombar segmentar em relação ao valor inicial e utilizado como controle. Resultados semelhantes foram observados em estudo clínico em pacientes submetidos a artrodese intersomática lateral.¹ O aumento da lordose lombar segmentar com o posicionamento anterior do espaçador intersomático foi observado em relatos clínicos e experimentais.^{11,13,16-22} No entanto, nenhuma diferença foi observada em estudo clínicos^{23,24} ou experimental,^{16,25}

evidenciando a controvérsia e a heterogeneidade dos estudos no âmbito do tema.²³⁻²⁵ Maior incidência do afundamento dos espaçadores foi observado no posicionamento posterior.²⁶

Os resultados observados nos estudos realizados nos modelos sintéticos e cadáveres humanos apresentaram resultados contraditórios.^{27,28} A diferença dos resultados poderia ser atribuída à presença do ligamento longitudinal anterior nas vértebras de cadáver, que apresenta grande resistência às forças que tendem a aumentar a lordose do espaço intervertebral. A influência do ligamento longitudinal anterior no aumento da lordose lombar segmentar foi observada na associação da liberação do LLA e utilização de espaçadores hiperlordóticos laterais.²⁹

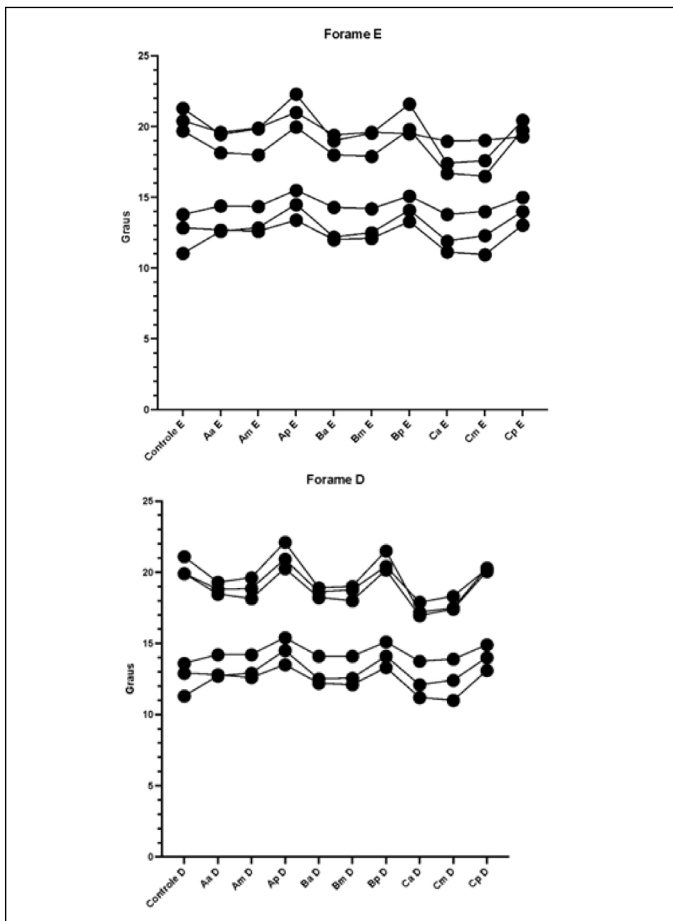


Figura 5. Gráfico ilustrando o comportamento individual da altura do forame vertebral nos segmentos da coluna lombar e diferentes grupos experimentais. A - Remoção unilateral das facetas articulares; B - remoção bilateral das facetas articulares; e C - remoção bilateral das facetas articulares com ressecção da linha média da lâmina adjacente, processos espinhosos e ligamento amarelo. A letras minúsculas a, m e p indicam respectivamente o posicionamento na parte anterior, média e posterior do espaço discal.

A técnica original do TLIF foi descrita por Harms e preconizava a colocação dos espaçadores na porção média ou posterior associado ao intenso preenchimento da porção anterior com enxerto ósseo e mobilização de retalhos ósseos das superfícies superiores e inferiores das placas vertebrais.³ Não observamos diferença estatística entre o posicionamento do espaçador intersomático na parte anterior e média do disco intervertebral, e ambos apresentaram a tendência de aumento da angulação do disco intervertebral.

O posicionamento dos espaçadores na parte anterior e média do espaço discal induziu aumento da angulação do disco intervertebral, e a redução foi observada com o posicionamento posterior em todas as modalidades da artrodese transforaminal (TLIF) (facetotomia unilateral, bilateral ou ressecção dos elementos posteriores). No entanto, a técnica e o tipo de espaçador utilizado deve ser considerado na interpretação dos resultados dos estudos.^{13,15}

Os espaçadores intersomáticos são também utilizados para restaurar a altura do espaço discal, realizar a descompressão indireta das estruturas nervosas, promover a artrodese e restaurar a lordose do segmento vertebral.^{13,15,16,20}

O interesse na avaliação da altura do forame vertebral está

relacionado com a descompressão indireta das estruturas nervosas e com a observação da radiculopatia contralateral após MIS-TLIF. A radiculopatia contralateral tem sido relatada em 2-8,5% dos pacientes, é causada pela compressão da raiz nervosa no interior do forame vertebral.^{9,10,30,31} A posição do espaçador intersomático induz alteração da altura do forame vertebral, e o posicionamento posterior do espaçador tem sido relatado em estudos clínico e experimentais como produzindo o maior aumento da altura do forame vertebral.^{30,32} Os relatos da literatura^{16,26,27,20,28,31,32} estão de acordo com os resultados observados em nosso experimento, nos quais o posicionamento posterior do espaçador promoveu o maior aumento da altura do forame vertebral comparado com o posicionamento anterior e médio no interior do espaço discal. O posicionamento posterior do espaçador na técnica de artrodese intersomática lateral também apresentou maior descompressão do forame vertebral.²² O posicionamento posterior do espaçador intersomático tem sido associado com o afundamento do espaçador.^{26,27}

O resultado do nosso experimento em cadáveres mostrou resultados diferentes do experimento anteriormente realizado em modelo de coluna lombar com vértebras de poliuretano e disco intervertebral de polietileno.²⁹ A diferença dos resultados poderia ser atribuída à presença do ligamento longitudinal anterior nas vértebras de cadáver, que apresenta grande resistência às forças que tendem a aumentar a lordose do espaço intervertebral. A influência do ligamento longitudinal anterior no aumento da lordose do espaço intervertebral tem sido observada na associação da liberação do LLA e utilização de espaçadores hiperlordóticos laterais.²⁹

O estudo apresenta limitações relacionadas com a dificuldade para a obtenção de segmentos da coluna lombar de cadáveres para ser utilizado no estudo, requerendo a utilização de pequena amostra e limitando a análise estatística dos resultados. Todos os segmentos da coluna lombar utilizados no estudo (L3-S1) foram incluídos na análise estatística. Níveis com diferentes graus de lordose foram analisados em conjunto. Em ensaios clínicos a maior correção da lordose tem sido observada nos segmentos com menor valor angular.^{12,13,17} Apesar da pequena amostra, o estudo experimental permitiu controlar as variáveis envolvidas na técnica do TLIF, permitindo a homogeneização do procedimento.

A importância do alinhamento sagital da coluna vertebral, a restauração da lordose lombar, e sua relação com os bons resultados clínicos tem sido reconhecida e amplamente relatada na literatura.^{1,4,12} A restauração da lordose do segmento vertebral é multifatorial e o posicionamento dos espaçadores destaca-se e deve ser valorizado na realização do TLIF. O aumento da lordose do segmento vertebral não depende apenas das características dos espaçadores.^{1,19,27} Os resultados apresentados podem contribuir para a aplicação prática do TLIF considerando o posicionamento do espaçador intervertebral no interior do espaço discal e sua influência sobre a angulação do disco e altura do forame vertebral. A técnica do TLIF.

CONCLUSÕES

O posicionamento do espaçador intersomático na parte anterior e média do espaço discal promoveu a maior lordose segmentar, e a maior altura do forame intervertebral foi observada com o posicionamento posterior do espaçador no espaço discal.

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 deste artigo. TDM: contribuições substanciais para a concepção do estudo; aquisição e interpretação de dados para o estudo. Aprovação final da versão do manuscrito a ser publicada; LFT, AMA, VAG, MPD: suporte na escrita científica para o estudo e revisão; HLAD: contribuições substanciais para a concepção do estudo; aquisição e interpretação de dados para o estudo. Orientação e aprovação final da versão do manuscrito a ser publicado.

REFERÊNCIAS

1. Issa TZ, Lee Y, Lambrechts MJ, Tran KS, Trenchfield D, Baker S, et al. The impact of cage positioning on lumbar lordosis and disc space restoration following minimally invasive lateral lumbar interbody fusion. *Neurosurg Focus*. 2023;54(1):E7.
2. Ferrer A, Demonti H, Fiorillo P. Evaluación de la fusión segmentaria con técnica TLIF con cajas de PEEK en patología degenerativa lumbar: ¿ es la radiografía dinámica útil para el diagnóstico de fusión segmentaria en pacientes tratados?. *Coluna/Columna* [online]. 2012, v. 11, n. 2 [Accedido 29 Noviembre 2022], pp. 148-150.
3. Harms JG, Jaszszsky D. Die posteriore, lumbale, interkorporelle Fusion in unilateraler transforaminaler Technik. *Oper Orthop Traumatol*. 1998;10(2):90-102. German.
4. Wasinpongwanich K, Nopsopon T, Pongpirul K. Surgical Treatments for Lumbar Spine Diseases (TLIF vs. Other Surgical Techniques): A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Surg*. 2022;9:829469.
5. Lazennec JY, Ramaré S, Arafati N, Laudet CG, Gorin M, Roger B, et al. Sagittal alignment in lumbosacral fusion: relations between radiological parameters and pain. *Eur Spine J*. 2000;9(1):47-55.
6. Kawakami M, Tamaki T, Ando M, Yamada H, Hashizume H, Yoshida M. Lumbar sagittal balance influences the clinical outcome after decompression and posterolateral spinal fusion for degenerative lumbar spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002 Jan 1;27(1):59-64.
7. Gödde S, Fritsch E, Dienst M, Kohn D. Influence of cage geometry on sagittal alignment in instrumented posterior lumbar interbody fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28(15):1693-9.
8. Jang KM, Park SW, Kim YB, Park YS, Nam TK, Lee YS. Acute Contralateral Radiculopathy after Unilateral Transforaminal Lumbar Interbody Fusion. *J Korean Neurosurg Soc*. 2015;58(4):350-6.
9. Hunt T, Shen FH, Shaffrey CI, Arlet V. Contralateral radiculopathy after transforaminal lumbar interbody fusion. *Eur Spine J*. 2007;16 Suppl 3(Suppl 3):311-4.
10. Yang Y, Liu ZY, Zhang LM, Dong JW, Xie PG, Chen RQ, et al. Risk factor of contralateral radiculopathy following microendoscopy-assisted minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *Eur Spine J*. 2018;27(8):1925-1932.
11. Jagannathan J, Sansur CA, Oskouian RJ Jr, Fu KM, Shaffrey CI. Radiographic restoration of lumbar alignment after transforaminal lumbar interbody fusion. *Neurosurgery*. 2009y;64(5):955-63; discussion 963-4.
12. Rothrock RJ, McNeill IT, Yaeger K, Oermann EK, Cho SK, Caridi JM. Lumbar Lordosis Correction with Interbody Fusion: Systematic Literature Review and Analysis. *World Neurosurg*. 2018;118:21-31.
13. Landham PR, Don AS, Robertson PA. Do position and size matter? An analysis of cage and placement variables for optimum lordosis in PLIF reconstruction. *Eur Spine J*. 2017;26(11):2843-2850.
14. Liang Y, Shi W, Jiang C, Chen Z, Liu F, Feng Z, Jiang X. Clinical outcomes and sagittal alignment of single-level unilateral instrumented transforaminal lumbar interbody fusion with a 4 to 5-year follow-up. *Eur Spine J*. 2015;24(11):2560-6.
15. Walter C, Baumgärtner T, Trappe D, Frantz S, Exner L, Mederake M. Influence of Cage Design on Radiological and Clinical Outcomes in Dorsal Lumbar Spinal Fusions: A Comparison of Lordotic and Non-Lordotic Cages. *Orthop Surg*. 2021;13(3):863-875.
16. Robertson PA, Armstrong WA, Woods DL, Rawlinson JJ. Lordosis Recreation in Transforaminal and Posterior Lumbar Interbody Fusion: A Cadaveric Study of the Influence of Surgical Bone Resection and Cage Angle. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018;43(22):E1350-E1357.
17. Lovecchio FC, Vaishnav AS, Steinhilber ME, Othman YA, Gang CH, Iyer S, et al. Does interbody cage lordosis impact actual segmental lordosis achieved in minimally invasive lumbar spine fusion? *Neurosurg Focus*. 2020;49(3):E17.
18. Otsuki B, Fujibayashi S, Takemoto M, Kimura H, Shimizu T, Murata K, et al. Analysis of the Factors Affecting Lumbar Segmental Lordosis After Lateral Lumbar Interbody Fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020;45(14):E839-E846.
19. Liu J, Duan P, Mummaneni PV, Xie R, Li B, Dong Y, et al. Does transforaminal lumbar interbody fusion induce lordosis or kyphosis? Radiographic evaluation with a minimum 2-year follow-up. *J Neurosurg Spine*. 2021;35(4):419-426.
20. Kepler CK, Rihn JA, Radcliff KE, Patel AA, Anderson DG, Vaccaro AR, et al. Restoration of lordosis and disk height after single-level transforaminal lumbar interbody fusion. *Orthop Surg*. 2012;4(1):15-20.
21. Kim JT, Shin MH, Lee HJ, Choi DY. Restoration of lumbopelvic sagittal alignment and its maintenance following transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF): comparison between straight type versus curvilinear type cage. *Eur Spine J*. 2015;24(11):2588-96.
22. Mahatthanatrakul A, Kotheeranurak V, Lin GX, Hur JW, Chung HJ, Lokanath YK, et al. Do Obliquity and Position of the Oblique Lumbar Interbody Fusion Cage Influence the Degree of Indirect Decompression of Foraminal Stenosis? *J Korean Neurosurg Soc*. 2022;65(1):74-83.
23. DiMaria S, Karamian BA, Siegel N, Lambrechts MJ, Grewal L, Jeyamohan HR, et al. Does Interbody Cage Lordosis and Position Affect Radiographic Outcomes After Single-level Transforaminal Lumbar Interbody Fusion? *Clin Spine Surg*. 2022;35(9):E674-E679.
24. Faundez AA, Mehbod AA, Wu C, Wu W, Ploumis A, Transfeldt EE. Position of interbody spacer in transforaminal lumbar interbody fusion: effect on 3-dimensional stability and sagittal lumbar contour. *J Spinal Disord Tech*. 2008;21(3):175-80.
25. Carlson BB, Saville P, Dowdell J, Goto R, Vaishnav A, Gang CH, et al. Restoration of lumbar lordosis after minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: a systematic review. *Spine J*. 2019;19(5):951-958.
26. Amorim-Barbosa T, Pereira C, Catelas D, Rodrigues C, Costa P, Rodrigues-Pinto R, et al. Risk factors for cage subsidence and clinical outcomes after transforaminal and posterior lumbar interbody fusion. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2022;32(7):1291-1299.
27. Ding Q, Tang X, Zhang R, Wu H, Liu C. Do Radiographic Results of Transforaminal Lumbar Interbody Fusion Vary with Cage Position in Patients with Degenerative Lumbar Diseases? *Orthop Surg*. 2022;14(4):730-741.
28. Matos TD, Fleury RBC, Teixeira KO, Romero V, Defino HLA. CHANGES IN THE LUMBAR VERTEBRAL SEGMENT RELATED TO THE CAGE POSITION IN TLIF TECHNIQUE. *Acta Ortop Bras*. 2020;28(2):92-96.
29. Uribe JS, Smith DA, Dakwar E, Baaj AA, Mundis GM, Turner AW, et al. Lordosis restoration after anterior longitudinal ligament release and placement of lateral hyperlordotic interbody cages during the minimally invasive lateral transpossoa approach: a radiographic study in cadavers. *J Neurosurg Spine*. 2012;17(5):476-85.
30. Schwender JD, Holly LT, Rouben DP, Foley KT. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF): technical feasibility and initial results. *J Spinal Disord Tech*. 2005;18 Suppl:S1-6.
31. Liu J, Duan P, Mummaneni PV, Xie R, Li B, Dong Y, et al. Does transforaminal lumbar interbody fusion induce lordosis or kyphosis? Radiographic evaluation with a minimum 2-year follow-up. *J Neurosurg Spine*. 2021;35(4):419-426.
32. Iwata T, Miyamoto K, Hioki A, Fushimi K, Ohno T, Shimizu K. Morphologic Changes in Contralateral Lumbar Foramen in Unilateral Cantilever Transforaminal Lumbar Interbody Fusion Using Kidney-type Intervertebral Spacers. *J Spinal Disord Tech*. 2015;28(5):E270-6.