

# INFLUÊNCIA DO ALGORITMO MISDEF NA DECISÃO TERAPÊUTICA DE DEFORMIDADE VERTEBRAL EM ADULTOS

*INFLUENCE OF THE MISDEF ALGORITHM ON THE THERAPEUTIC DECISION FOR VERTEBRAL DEFORMITY IN THE ADULT*

*INFLUENCIA DEL ALGORITMO MISDEF EN LA DECISIÓN TERAPÉUTICA DE DEFORMIDAD VERTEBRAL EN ADULTOS*

GUILHERME ZANDAVALLI RAMOS,<sup>1</sup> EMILIANO VIALLE,<sup>1</sup> RAFAEL LUIZ PINTO,<sup>1</sup> CRISTIANO MENEZES,<sup>2,3</sup> MAURÍCIO SANTOS GUSMÃO,<sup>4,5</sup> NICOLAS GONZÁLEZ MASANÉS,<sup>6</sup> ASDRUBAL FALAVIGNA,<sup>7</sup> CHÁRBEL JACOB JUNIOR,<sup>8</sup> LUIZ ROBERTO VIALLE,<sup>1</sup> RAMON FERREIRA,<sup>7</sup> GUILHERMO HOLTMAN<sup>9</sup>

1. Universidade Católica do Paraná, Hospital Universitário Cajuru, Grupo de Cirurgia de Coluna, Curitiba, PR, Brasil.
2. Hospital Ortopédico/Lifecenter, Belo Horizonte, MG, Brasil.
3. Columna Instituto, Belo Horizonte, MG, Brasil.
4. Hospital Geral do Estado, Salvador, BA, Brasil.
5. Hospital Santa Casa da Bahia, Salvador, BA, Brasil.
6. Hospital Español de Mendoza, Unidad de Patología Espinal, Mendoza, Argentina.
7. Universidade de Caxias do Sul, Hospital Geral de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS, Brasil.
8. Hospital Santa Casa Misericórdia de Vitória, Vitória, ES, Brasil.
9. Sanatorio Profesor Itoiz, Buenos Aires, Argentina.

## RESUMO

**Objetivo:** A decisão terapêutica em casos de deformidade vertebral em adultos considera inúmeros fatores com conseqüente variabilidade na opção de tratamento. O objetivo consiste em comparar o impacto do algoritmo MISDEF (minimally invasive spine deformity) na decisão terapêutica em casos de deformidade vertebral em adultos. **Métodos:** Análise radiográfica prospectiva de 40 casos de deformidade em adultos. Os casos foram enviados, em duas etapas, para 20 cirurgiões da América Latina que deveriam escolher entre seis opções de tratamento sem e com a utilização do MISDEF. **Resultados:** Para as condutas descompressão, descompressão e fusão curta, descompressão e fusão com dispositivo intersomático e osteotomia com extensão para coluna torácica não foram encontradas diferenças significativas quando comparadas às decisões sem e com MISDEF. Para osteotomia, observa-se uma tendência de que o número de cirurgiões que escolhe essa conduta aumenta quando a decisão é feita com MISDEF. Observou-se que o número de cirurgiões que decide por tratamento conservador diminui com a utilização do MISDEF ( $p < 0,001$ ). Em casos com eixo vertical sagital  $< 6$  cm ou inclinação pélvica  $< 25^\circ$  ou IP-LL (incidência pélvica menos lordose lombar)  $< 10^\circ$  ou curva coronal  $< 20^\circ$ , houve diminuição da opção por tratamento conservador e aumento da indicação de osteotomia com extensão proximal da fusão com o uso do MISDEF. **Conclusões:** Há uma tendência em aumentar as indicações de osteotomia e diminuir a opção por tratamento conservador na tomada de decisão com MISDEF. A utilização do algoritmo não demonstrou impacto expressivo na decisão terapêutica em casos graves de deformidade em adultos. **Nível de evidência II; Análise radiográfica prospectiva comparativa.**

**Descritores:** Adulto; Escoliose; Coluna Vertebral; Tratamento Conservador; Osteotomia.

## ABSTRACT

**Objective:** The therapeutic decision in cases of adult spinal deformity takes numerous factors into account with a consequent variability in treatment options. The objective is to compare the impact of the MISDEF (minimally invasive spine deformity) algorithm on therapeutic decisions in cases of adult spinal deformity. **Methods:** Prospective radiographic analysis of 40 cases of adult deformity. The cases were sent, in two steps, to 20 Latin American surgeons who had to choose among six treatment options with and without the use of the MISDEF. **Results:** For the conducts of decompression and short fusion, decompression and fusion with interbody device, and osteotomy with extension of fusion to the thoracic spine, no significant differences were found when comparing decisions made with and without MISDEF. For osteotomy, we observed a tendency for the number of surgeons choosing this conduct to increase when the decision is made with MISDEF. We observed that the number of surgeons who decided on conservative treatment decreased with the use of MISDEF ( $p < 0.001$ ). In cases with sagittal vertical axis  $< 6$  cm or pelvic tilt  $< 25^\circ$  or PI-LL (pelvic incidence minus lumbar lordosis)  $< 10^\circ$  or coronal curve  $< 20^\circ$ , there was a decrease in the conservative treatment option and an increase in osteotomy with proximal extension of the fusion with the use of MISDEF. **Conclusions:** There is a tendency to increase indications of osteotomy and decrease the conservative treatment option when making a decision with MISDEF. The use of the algorithm showed no significant impact on the therapeutic decision in severe cases of adult deformity. **Level of Evidence II; Prospective comparative radiographic analysis.**

**Keywords:** Adult; Scoliosis; Spine; Conservative Treatment; Osteotomy.

## RESUMEN

**Objetivo:** La decisión terapéutica en casos de deformidad en adultos considera innumerables factores, con la consiguiente variabilidad en la opción de tratamiento. El objetivo consiste en comparar el impacto del algoritmo MISDEF (minimally invasive spine deformity) en la decisión terapéutica en casos de deformidad vertebral en adultos. **Métodos:** Análisis radiográfico prospectivo de 40 casos de deformidad

Estudo realizado no Hospital Universitário Cajuru and the Hospital Marcelino Champagnat, Curitiba, PR, Brasil.

Correspondência: Guilherme Zandavalli Ramos. Rua Euzébio de Queirós, 431, Bairro Glória, Joinville, SC, Brasil. 89216290. guilhermezandavalliramos@gmail.com



del adulto. Los casos fueron enviados, en dos etapas, a 20 cirujanos de América Latina que deberían elegir entre seis opciones de tratamiento sin y con uso del MISDEF. Resultados: Para las conductas descompresión, descompresión y fusión corta, descompresión y fusión con dispositivo intersomático y osteotomía con extensión para columna torácica, no se encontraron diferencias significativas al comparar decisiones sin y con MISDEF. Para osteotomía, se observa una tendencia de que el número de cirujanos que elige esta conducta aumenta cuando la decisión es hecha con MISDEF. Se observó que el número de cirujanos que decide por tratamiento conservador disminuye con el uso del MISDEF ( $p < 0,001$ ). En casos con eje vertical sagital  $< 6$  cm o inclinación pélvica  $< 25^\circ$  o IP-LL (incidencia pélvica menos lordosis lumbar)  $< 10^\circ$  o curva coronal  $< 20^\circ$ , hubo disminución de la opción por tratamiento conservador y aumento de la indicación de osteotomía con extensión proximal de fusión con el uso del MISDEF. Conclusiones: Hay una tendencia en aumentar las indicaciones de osteotomía y disminuir la opción por tratamiento conservador en la toma de decisión con MISDEF. El uso del algoritmo no mostró impacto expresivo en la decisión terapéutica en casos graves de deformidad en adultos. **Nivel de evidencia II; Análisis radiográfico prospectivo comparativo.**

**Descriptor:** Adulto; Escoliosis; Columna Vertebral; Tratamiento Conservador; Osteotomía.

## INTRODUÇÃO

A deformidade vertebral degenerativa do adulto (DDA) é representada por uma ampla variedade de condições, que resultam em um alinhamento anormal da coluna levando à dor, à incapacidade, a alterações neurológicas e perda de qualidade de vida.<sup>1</sup> A escoliose degenerativa se manifesta em média por volta da sétima década, com maior frequência na coluna lombar, ápice geralmente em L3, associada a uma curva fracional entre L4-S1. Sua prevalência é inversamente proporcional à sua magnitude, podendo progredir de  $1^\circ$  a  $6^\circ$  por ano.<sup>1</sup> Ocorreu um aumento da prevalência da DDA de 157% na América do Norte entre 1999 e 2009 e acredita-se que isso seja resultado do contínuo envelhecimento populacional, do aumento da expectativa de vida, das mudanças no perfil demográfico ocorridos na população e também do aumento do entendimento e reconhecimento desta entidade pelo cirurgião da coluna.<sup>2</sup> Indivíduos com DDA manifestam-se com dor nas costas, em decorrência de degeneração discal sintomática, artropatia facetária, instabilidade segmentar ou mesmo como consequência do próprio desequilíbrio postural, que exige mecanismos compensatórios a fim de manter o tronco equilibrado. Radiculopatia ou claudicação também podem ser formas de apresentação da DDA, como resultado de estenose de canal, recesso ou foraminal advindas de hipertrofia facetária ou do ligamento amarelo, subluxação rotatória levando a estreitamento do forame, redução da distância interpedicular na concavidade da curva.<sup>1,3</sup>

Na ausência de déficit neurológico progressivo, instabilidade ou deformidade progressiva, o tratamento conservador com fisioterapia através de exercícios, associado a medicações são a primeira escolha de tratamento.<sup>4,5</sup> Na procura de melhor qualidade de vida e em busca de um estilo de vida mais ativo, idosos têm buscado cada vez mais alternativas cirúrgicas para DDA. As alternativas cirúrgicas variam desde uma descompressão foraminal até artrodese longa com extensão à coluna torácica combinada a diversos tipos de osteotomias.

O manejo cirúrgico dos casos de deformidade degenerativa do adulto abrange o reconhecimento de inúmeras condições como escoliose, cifose e espondilolistese. Historicamente, o tratamento era focado na correção e prevenção da progressão da escoliose. Entretanto, estudos recentes demonstraram o impacto do alinhamento sagital sobre a geração de dor e déficit funcional nesses pacientes.<sup>6</sup> Consequentemente, houve ênfase em restaurar os parâmetros sagitais fisiológicos (lordose lombar, lordose segmentar, cifose torácica, eixo vertical sagital) e reestabelecer as relações espinopélvicas adequadas a cada caso.

A correção cirúrgica da deformidade do adulto tradicionalmente é feita usando acessos cirúrgicos abertos. A cirurgia aberta está associada com taxas significativas de complicações como perda sanguínea, infecção de ferida operatória e tromboembolismo pulmonar.<sup>6</sup>

Com o intuito de diminuir a morbidade cirúrgica e as complicações associadas aos procedimentos convencionais, os acessos minimamente invasivos ganharam popularidade no tratamento dos casos de deformidade do adulto. Entretanto, nem todo paciente é candidato à cirurgia minimamente invasiva. Os objetivos da cirurgia devem ser definidos caso a caso. São eles, descompressão de elementos neurais, estabelecimento ou manutenção do alinhamento

sagital e coronal e, aquisição de uma artrodese sólida. Dessa maneira, o algoritmo MISDEF foi criado para auxiliar os cirurgiões de coluna a selecionarem uma opção de tratamento adequada às necessidades de cada paciente.<sup>7</sup>

O objetivo desse estudo é comparar o impacto do algoritmo MISDEF na decisão terapêutica nos casos de deformidade vertebral do adulto.

## MÉTODOS

Foram selecionados 40 casos sintomáticos de deformidade degenerativa do adulto, tratados cirurgicamente pelos autores a partir de um banco de dados construído com consentimentos dos pacientes. Este estudo faz parte de uma linha de pesquisa aprovada pelo Comitê de Ética da Instituição sob o número 089852. A amostra foi composta de pacientes que apresentavam deformidade no plano coronal ou sagital, associada a patologias degenerativas da coluna, tais como: estenose lombar, patologia discal degenerativa sintomática e espondilolistese degenerativa. Aqueles que tinham menos de 45 anos, patologias tumorais, fratura, infecção ou patologia osteometabólica, foram excluídos do estudo. Todos os casos incluídos no estudo forneciam dados como idade, sexo, sintomatologia, radiografias panorâmicas com os parâmetros radiográficos discriminados (LL – lordose lombar L1-S1, LS - lordose segmentar L4-S1, CT - cifose torácica, IP - incidência pélvica, PT – inclinação pélvica, SS – inclinação sacral, IP-LL – diferença entre a incidência pélvica e a lordose lombar, CC – curva coronal, e SVA – eixo vertical sagital), e ressonância nuclear magnética. Os casos foram organizados e disponibilizados para avaliação de 20 cirurgiões de diferentes centros da América Latina que, por sua vez, deveriam escolher entre seis opções de tratamento (manejo conservador, descompressão isolada, descompressão com fusão curta, descompressão com fusão e dispositivo intersomático, osteotomia com fusão, e osteotomia com fusão e extensão para coluna torácica) caso a caso, em duas etapas. Na primeira etapa, os cirurgiões participantes deveriam responder aos questionários sem a utilização do algoritmo MISDEF. Em 30 dias, os 40 casos foram ordenados aleatoriamente e reenviados aos cirurgiões para que optassem por uma das alternativas de tratamento utilizando o algoritmo MISDEF.

Os casos foram organizados conforme parâmetros radiográficos pré-estabelecidos (inclinação pélvica  $< 30^\circ$  ou  $\geq 30^\circ$ , mismatch lombar  $< 10^\circ$  ou  $\geq 10^\circ$ , eixo vertical sagital  $< 6$  cm ou entre 6 e 10 cm ou  $\geq 10$  cm, curva coronal  $< 20^\circ$  ou  $\geq 20^\circ$ , cifose torácica  $< 60^\circ$  ou  $\geq 60^\circ$  e presença ou não de laterolistese) para que pudessem ser divididos em grupos. Dentre os 40 casos de deformidade do adulto incluídos neste estudo, 30 (75%) apresentavam SVA  $< 6$  cm e 10 (25%) apresentavam SVA  $\geq 6$  cm, sendo que desses pacientes, sete apresentavam SVA entre 6 e 10 cm e três, SVA  $\geq 10$  cm. Em relação ao mismatch lombopélvico (IP-LL), 12 (30%) pacientes apresentavam IP-LL  $< 10^\circ$ , vinte e um (52,5%) IP-LL entre  $10^\circ$  e  $30^\circ$ , e sete (14%) IP-LL  $\geq 30^\circ$ . Quanto à inclinação pélvica (PT), 24 (60%) pacientes apresentaram PT  $< 25^\circ$  e dezesseis (40%) PT  $\geq 25^\circ$ . Ainda na avaliação radiográfica em perfil, mensuramos a cifose torácica (CT) desses pacientes. Trinta e sete (92,5%) apresentaram CT  $< 60^\circ$  e somente três (7,5%) pacientes apresentaram CT  $\geq 60^\circ$ . Na avaliação

radiográfica anteroposterior, foram avaliadas a curva coronal lombar (CC) e presença de laterolistese. Em relação à curva coronal, 20 (50%) pacientes apresentavam  $CC < 20^\circ$  e os outros vinte pacientes,  $CC \geq 20^\circ$ . Laterolistese lombar foi encontrada em 34 (85%) casos. (Tabela 1)

A comparação entre os grupos foi realizada com a finalidade

**Tabela 1.** Casos divididos conforme os parâmetros radiográficos avaliados no estudo.

Variável	Classificação	n	%
SVA	< 6	30	75
	6 – 10	7	17,5
	> 10	3	7,5
SVA (agrupado)	< 6	30	75
	$\geq 6$	10	25
IP-II	<10	12	30
	10 – 30	21	52,5
	> 30	7	17,5
IP-II (agrupado)	<10	12	30
	$\geq 30$	28	70
PT	< 25	24	60
	$\geq 25$	16	40
CT	< 60	37	92,5
	$\geq 60$	3	7,5
Latero	Sim	34	85
	Não	6	15
CC	< 20	20	50
	$\geq 20$	20	50

SVA (eixo vertical sagital), IP-LL (incidência pélvica-lordose lombar), PT (inclinação pélvica), CT (cifose torácica), latero (laterolistese) e CC (curva coronal lombar).

de definir o impacto da utilização do algoritmo MISDEF na decisão terapêutica dos cirurgiões de coluna. E através da análise dos parâmetros radiográficos mensurados, estabelecer a relevância da utilização do algoritmo MISDEF conforme as necessidades de cada caso.

Os resultados de variáveis quantitativas foram descritos por média, desvio padrão, mediana, valor mínimo e valor máximo. Variáveis categóricas foram descritas por frequência e percentual. Para a comparação dos parâmetros radiográficos em relação à decisão terapêutica optada pelos cirurgiões, foi usado o teste não-paramétrico de Wilcoxon. Valores de  $p < 0,05$  indicaram significância estatística. Os dados foram analisados utilizando o *software* Stata/SE v.14.1. (StataCorpLP, USA).

## RESULTADOS

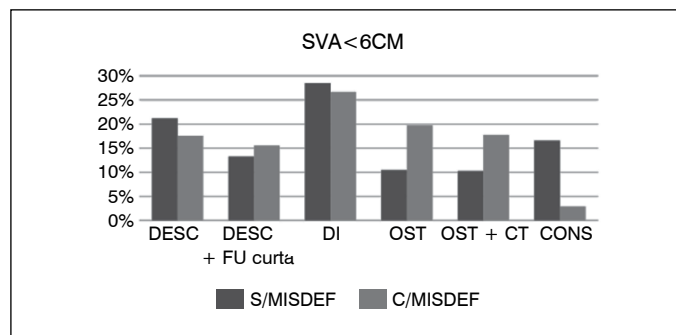
Para as condutas descompressão, descompressão e fusão curta, descompressão e fusão com dispositivo intersomático e osteotomia com extensão para coluna torácica não foram encontradas diferenças significativas quando comparadas as decisões sem MISDEF e com MISDEF em relação ao número de cirurgiões que optaram por estas condutas. Para osteotomia foi observada uma tendência a que o número de cirurgiões que escolhem esta conduta aumente quando a decisão é feita com MISDEF ( $p=0,073$ ). Em relação ao tratamento conservador, há diferença significativa quanto ao número de cirurgiões que escolhem esta conduta na decisão sem MISDEF e com MISDEF ( $p < 0,001$ ). Observa-se que o número de cirurgiões que decidiram por este tratamento diminuiu expressivamente quando a decisão foi com MISDEF. (Tabela 2)

Nos casos com  $SVA < 6\text{cm}$ , a opção de tratamento mais aventada pelos cirurgiões participantes foi a descompressão e fusão com dispositivo intersomático, sem e com a utilização do algoritmo MISDEF, em 28% e 27% dos casos respectivamente. (Figura 1) Nos casos em que os pacientes apresentavam  $SVA \geq 6\text{cm}$ , o método terapêutico mais indicado pelos cirurgiões sem MISDEF foi a osteotomia com extensão para a coluna torácica em 37% dos casos. Com a utilização do algoritmo MISDEF, houve uma tendência em tratar esses pacientes com descompressão e fusão com dispositivo intersomático ou com

**Tabela 2.** Estatísticas descritivas e comparação entre o número de cirurgiões que escolhem a conduta sem MISDEF e com MISDEF. Para osteotomia foi observada uma tendência a que o número de cirurgiões que escolhem esta conduta aumente quando a decisão é feita com MISDEF ( $p=0,073$ ). O número de cirurgiões que decidem por tratamento conservador diminuiu expressivamente quando a decisão é com MISDEF ( $p < 0,001$ ).

Opção de conduta	MISDEF	Número de avaliações	Total de avaliações	Porcentagem (%)	*p
Descompressão	Com MISDEF	800		19%	
	Sem MISDEF	800	1600	17%	0,528
Descompressão + fusão curta	Com MISDEF	800		11%	
	Sem MISDEF	800	1600	15%	0,637
Descompressão + dispositivo intersomático	Com MISDEF	800		28%	
	Sem MISDEF	800	1600	27%	0,748
Osteotomia	Com MISDEF	800		15%	
	Sem MISDEF	800	1600	22%	0,073
Osteotomia com extensão para coluna torácica	Com MISDEF	800		13%	
	Sem MISDEF	800	1600	17%	0,264
Conservador	Com MISDEF	800		14%	
	Sem MISDEF	800	1600	3%	<0,001

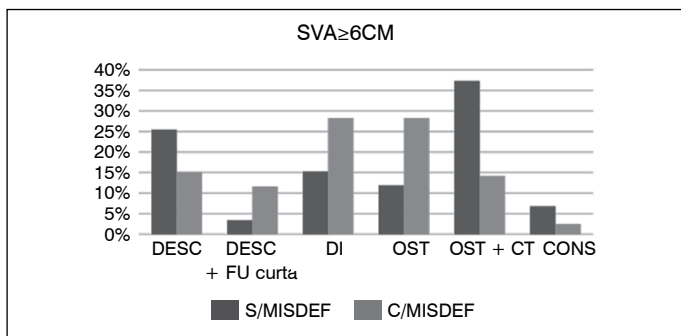
MISDEF (minimally invasive spine deformity algorithm). \*Teste não-paramétrico de Wilcoxon,  $p < 0,05$ .



**Figura 1.** Condutas sem e com MISDEF nos casos com  $SVA < 6\text{cm}$ . A opção mais aventada sem e com a utilização do MISDEF foi a descompressão e fusão com dispositivo intersomático (28% e 27%, respectivamente). SVA (eixo vertical sagital), MISDEF (minimally invasive spine deformity algorithm). Descompressão isolada (DESC), descompressão e fusão curta (DESC + FU CURTA), descompressão e fusão com dispositivo intersomático (DI), osteotomia (OST), osteotomia com extensão da fusão para coluna torácica, tratamento conservador (CONS).

osteotomia, ambas em 28% dos casos. (Figura 2) Nos casos com  $SVA < 6\text{cm}$ , observou-se uma tendência em aumentar a indicação de osteotomia ( $p=0,064$ ) e extensão proximal da fusão ( $p=0,025$ ) e diminuir a opção por tratamento conservador ( $p < 0,001$ ) nas decisões tomadas com o MISDEF. Nos casos com  $SVA \geq 6\text{cm}$ , a utilização do algoritmo MISDEF não influenciou significativamente a decisão dos cirurgiões. (Tabela 3)

Nos casos com  $IP-LL < 10^\circ$ , a opção de tratamento mais aventada sem a utilização do algoritmo foi descompressão e fusão com dispositivo intersomático, em 33% dos casos. Com o MISDEF, o método terapêutico mais indicado foi a descompressão isolada,

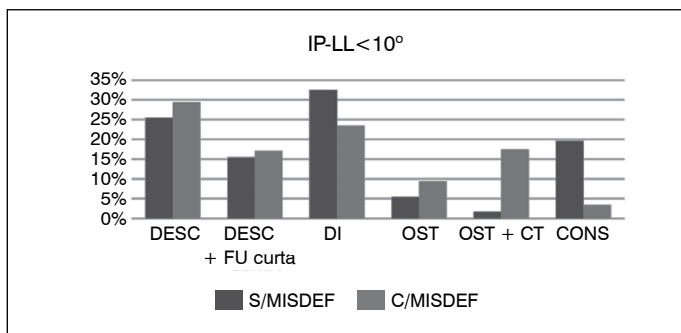


**Figura 2.** Condutas sem e com MISDEF nos casos com SVA ≥ 6cm. A opção mais aventada sem o algoritmo foi a osteotomia com extensão para a coluna torácica (37%). Já com MISDEF, houve uma tendência por tratar com descompressão e fusão com dispositivo intersomático ou com osteotomia (ambos em 28% dos casos). SVA (eixo vertical sagital), MISDEF (minimally invasive spine deformity algorithm). Descompressão isolada (DESC), descompressão e fusão curta (DESC + FU CURTA), descompressão e fusão com dispositivo intersomático (DI), osteotomia (OST), osteotomia com extensão da fusão para coluna torácica, tratamento conservador (CONS).

**Tabela 3.** Comparação entre as condutas sem e com MISDEF nos casos com SVA < 6cm e SVA ≥ 6cm. Nos casos com SVA < 6cm, observou-se uma tendência em aumentar a indicação de osteotomia com extensão proximal da fusão (p=0,025) e diminuir a opção por tratamento conservador (p<0,001) nas decisões tomadas com o MISDEF. Nos casos com SVA ≥ 6cm, a utilização do algoritmo MISDEF não influenciou significativamente a decisão dos cirurgiões.

Conduta	MISDEF	SVA < 6			SVA ≥ 6		
		N	(%)	*p	N	(%)	*p
Desc	Com	30	18%		10	3%	
	Sem	30	21%	0,326	10	25%	0,415
Desc + fc	Com	30	16%		10	3%	
	Sem	30	13%	0,885	10	3%	0,11
Desc + di	Com	30	27%		10	32%	
	Sem	30	28%	0,517	10	15%	0,441
Osteot	Com	30	20%		10	37%	
	Sem	30	10%	0,064	10	12%	0,722
Osteot + ct	Com	30	18%		10	25%	
	Sem	30	10%	0,025	10	37%	0,142
Cons	Com	30	3%		10	0%	
	Sem	30	17%	<0,001	10	7%	0,208

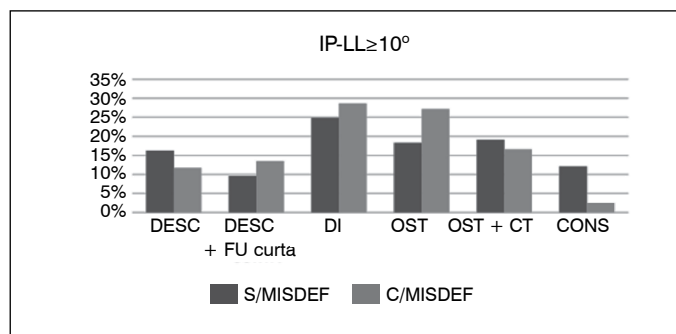
SVA (eixo vertical sagital), MISDEF (minimally invasive spine deformity algorithm). \*Teste não-paramétrico de Wilcoxon, p<0,05.



**Figura 3.** Condutas sem e com MISDEF nos casos com IP-LL < 10°. A opção mais aventada sem a utilização do algoritmo foi descompressão e fusão com dispositivo intersomático (33%). Com o MISDEF, a descompressão isolada (29%) foi mais indicada. IP-LL (incidência pélvica – lordose lombar), MISDEF (minimally invasive spine deformity algorithm). Descompressão isolada (DESC), descompressão e fusão curta (DESC + FU CURTA), descompressão e fusão com dispositivo intersomático (DI), osteotomia (OST), osteotomia com extensão da fusão para coluna torácica, tratamento conservador (CONS).

em 29% dos casos. (Figura 3) Nos casos em que os pacientes apresentavam IP-LL ≥ 10°, os cirurgiões optaram principalmente por descompressão e fusão com dispositivo intersomático (25% dos casos) sem utilização do algoritmo MISDEF. Com o algoritmo, a opção mais aventada foi descompressão com dispositivo intersomático, em 29% dos casos, seguido por osteotomia, em 27% dos casos. (Figura 4) Nos casos com IP-LL < 10°, observou-se o aumento da indicação de osteotomia com extensão para a coluna torácica (p=0,010) e diminuição da opção por tratamento conservador (0,008) nas decisões tomadas com o MISDEF. Nos casos com IP-LL ≥ 10°, a utilização do algoritmo MISDEF não influenciou significativamente a decisão dos cirurgiões. (Tabela 4)

Nos casos em que os pacientes apresentavam PT < 25°, os cirurgiões optaram principalmente por tratamento com descompressão e fusão com dispositivo intersomático fazendo uso ou não do algoritmo MISDEF, em 31% e 30% dos casos respectivamente. (Figura 5) Nos casos com PT ≥ 25°, os métodos terapêuticos mais indicados pelos cirurgiões participantes sem o uso do algoritmo foram a descompressão e fusão com dispositivo intersomático e osteotomia com extensão da fusão para coluna torácica, ambos em 23% dos casos. Já com a utilização do algoritmo MISDEF, a opção mais aventada foi a osteotomia, em 31% dos casos. (Figura 6) Observou-se uma tendência em aumentar as indicações de



**Figura 4.** Condutas sem e com MISDEF nos casos com IP-LL ≥ 10°. Os cirurgiões optaram principalmente por descompressão e fusão com dispositivo intersomático sem e com MISDEF (29% e 27%, respectivamente). IP-LL (incidência pélvica – lordose lombar), MISDEF (minimally invasive spine deformity algorithm). Descompressão isolada (DESC), descompressão e fusão curta (DESC + FU CURTA), descompressão e fusão com dispositivo intersomático (DI), osteotomia (OST), osteotomia com extensão da fusão para coluna torácica, tratamento conservador (CONS).

**Tabela 4.** Comparação entre as condutas sem e com MISDEF nos casos com IP-LL < 10° e IP-LL ≥ 10°. Nos casos com IP-LL < 10°, observou-se uma tendência em aumentar a indicação de osteotomia com extensão para a coluna torácica (p=0,010) e diminuir a opção por tratamento conservador (0,008) nas decisões tomadas com o MISDEF. A utilização do algoritmo MISDEF não influenciou significativamente a decisão dos cirurgiões nos casos com IP-LL ≥ 10°.

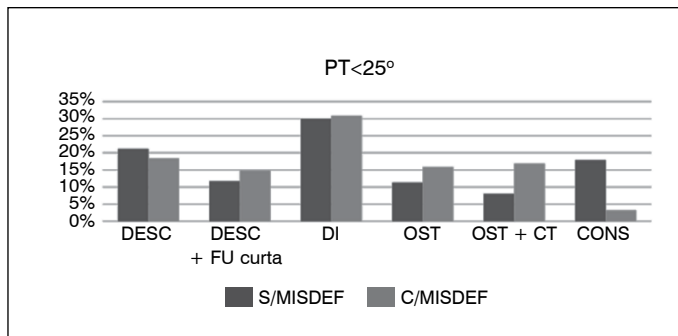
Conduta	MISDEF	IP-LL < 10			IP-LL ≥ 10		
		N	(%)	*p	N	(%)	*p
Desc	Com	12	29%		28	11%	
	Sem	12	25%	0,689	28	19%	0,297
Desc + fc	Com	12	17%		28	14%	
	Sem	12	15%	0,894	28	10%	0,638
Desc + di	Com	12	23%		28	34%	
	Sem	12	33%	0,117	28	26%	0,581
Osteot	Com	12	9%		28	25%	
	Sem	12	5%	0,314	28	15%	0,133
Osteot + ct	Com	12	17%		28	13%	
	Sem	12	2%	0,01	28	15%	0,846
Cons	Com	12	3%		28	3%	
	Sem	12	20%	0,008	28	14%	0,002

IP-LL (incidência pélvica – lordose lombar), MISDEF (minimally invasive spine deformity algorithm). \*Teste não-paramétrico de Wilcoxon, p<0,05.

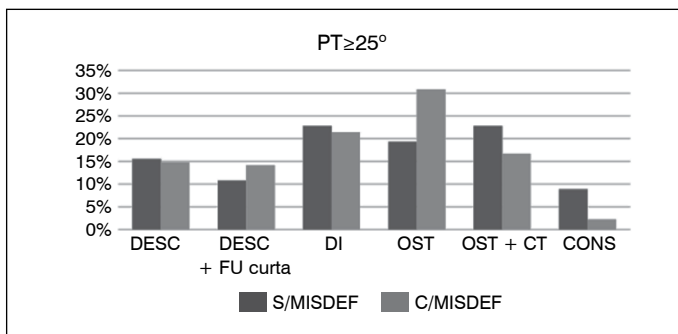
osteotomia com extensão proximal da fusão ( $p=0,036$ ) nos pacientes com  $PT < 25^\circ$  quando a decisão terapêutica foi tomada sem o uso do algoritmo. É possível notar também, que houve uma diminuição na opção por tratamento conservador nos casos conduzidos com a utilização do MISDEF, tanto nos pacientes com  $PT < 25^\circ$  ( $p < 0,001$ ), quanto nos pacientes com  $PT \geq 25^\circ$  ( $p=0,050$ ). (Tabela 5)

Nos casos que apresentavam  $CT < 60^\circ$ , a opção mais indicada pelos cirurgiões foi a descompressão e fusão com dispositivo intersomático, sem ou com a utilização do algoritmo MISDEF (29% e 25% dos casos respectivamente). (Figura 7) Nos casos com  $CT \geq 60^\circ$ , o método cirúrgico mais indicado sem o algoritmo foi a osteotomia e fusão com extensão para a coluna torácica (30% dos casos). Já com a utilização do MISDEF, os cirurgiões optaram principalmente pela descompressão e fusão com dispositivo intersomático, em 47% dos casos. (Figura 8) Observou-se que a utilização do algoritmo MISDEF diminuiu significativamente ( $p < 0,001$ ) a opção por tratamento conservador nos casos com  $CT < 60^\circ$ . (Tabela 6)

Na presença de laterolistese, a opção mais aventada pelos participantes foi a descompressão e fusão com dispositivo intersomático, sem e com MISDEF (em 28% e 25% dos casos respectivamente). Na ausência de laterolistese, observou-se uma tendência em tratar os pacientes com osteotomia (25%) e fusão com extensão para a coluna torácica (26%) nos casos conduzidos sem a utilização do algoritmo. Já com o MISDEF, os cirurgiões optaram principalmente por descompressão e fusão com dispositivo intersomático



**Figura 5.** Condutas sem e com MISDEF nos casos com  $PT < 25^\circ$ . Os cirurgiões optaram principalmente por tratamento com descompressão e fusão com dispositivo intersomático sem e com MISDEF, em 31% e 30% dos casos respectivamente. PT (inclinação pélvica), MISDEF (minimally invasive spine deformity algorithm). Descompressão isolada (DESC), descompressão e fusão curta (DESC + FU CURTA), descompressão e fusão com dispositivo intersomático (DI), osteotomia (OST), osteotomia com extensão da fusão para coluna torácica, tratamento conservador (CONS).



**Figura 6.** Condutas sem e com MISDEF nos casos com  $PT \geq 25^\circ$ . Os métodos mais indicados pelos cirurgiões sem o uso do algoritmo foram a descompressão e fusão com dispositivo intersomático e osteotomia com extensão da fusão para coluna torácica, ambos com 23% dos casos. Já com o MISDEF, a opção mais aventada foi a osteotomia (31%). PT (inclinação pélvica), MISDEF (minimally invasive spine deformity algorithm). Descompressão isolada (DESC), descompressão e fusão curta (DESC + FU CURTA), descompressão e fusão com dispositivo intersomático (DI), osteotomia (OST), osteotomia com extensão da fusão para coluna torácica, tratamento conservador (CONS).

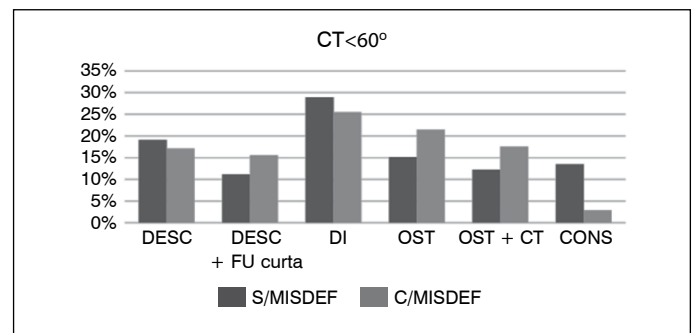
(38%). Na presença de laterolistese, a opção por tratamento conservador diminuiu significativamente ( $p < 0,001$ ) com o uso do MISDEF. Nos casos sem laterolistese, o uso do algoritmo não influenciou, de maneira expressiva, na decisão terapêutica. (Tabela 7)

Nos casos em que os pacientes apresentavam  $CC < 20^\circ$ , os cirurgiões optaram principalmente por descompressão e fusão com dispositivo intersomático quando a conduta foi tomada sem o algoritmo (29% dos casos). Já com o MISDEF, os cirurgiões optaram principalmente por descompressão isolada e descompressão e fusão com dispositivo intersomático (ambos em 22% dos casos), seguidas por osteotomia com extensão proximal da fusão (21% dos casos). Nos pacientes com  $CC \geq 20^\circ$ , o método terapêutico mais indicado foi a descompressão e fusão com dispositivo intersomático (25% sem MISDEF e 32% com MISDEF). Nos casos com  $CC < 20^\circ$ , os resultados demonstraram aumento da indicação de osteotomia e extensão da fusão para a coluna torácica ( $p=0,028$ ) e diminuição da indicação de tratamento conservador ( $p < 0,008$ ) quando a decisão terapêutica foi conduzida através da utilização do MISDEF. Da mesma maneira, o uso do MISDEF nos casos com  $CC \geq 20^\circ$  demonstrou uma tendência em aumentar a indicação de osteotomia ( $p=0,053$ ) e diminuir a opção por tratamento conservador ( $p < 0,002$ ). (Tabela 8)

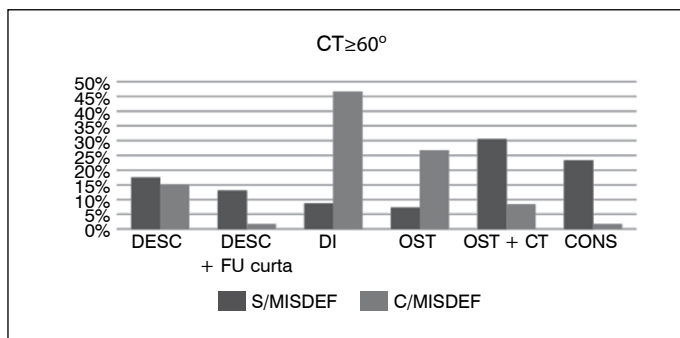
**Tabela 5.** Comparação entre as condutas sem e com MISDEF nos casos com  $PT < 25^\circ$  e  $PT \geq 25^\circ$ . Nos casos com  $PT < 25^\circ$ , observou-se uma tendência em aumentar as indicações de osteotomia com extensão proximal da fusão ( $p=0,036$ ) sem o uso do MISDEF. Houve uma diminuição significativa na opção por tratamento conservador nos casos conduzidos com MISDEF. Nos casos com  $PT \geq 25^\circ$ , houve uma diminuição na opção por tratamento conservador nos casos conduzidos com a utilização do MISDEF.

Conduta	MISDEF	$PT \geq 25$			$PT \geq 250$		
		N	(%)	*p	N	(%)	*p
Desc	Com	24	18%		16	15%	
	Sem	24	21%	0,532	16	16%	0,975
Desc + fc	Com	24	15%		16	14%	
	Sem	24	12%	0,44	16	11%	0,875
Desc + di	Com	24	31%		16	21%	
	Sem	24	30%	0,909	16	23%	0,691
Osteot	Com	24	16%		16	31%	
	Sem	24	11%	0,348	16	19%	0,132
Osteot + ct	Com	24	17%		16	17%	
	Sem	24	8%	0,036	16	23%	0,51
Cons	Com	24	3%		16	2%	
	Sem	24	18%	<0,001	16	9%	0,05

PT (inclinação pélvica), MISDEF (minimally invasive spine deformity algorithm). \*Teste não-paramétrico de Wilcoxon,  $p < 0,05$ .



**Figura 7.** Condutas sem e com MISDEF nos casos com  $CT < 60^\circ$ . A opção mais indicada pelos cirurgiões foi a descompressão e fusão com dispositivo intersomático, sem e com MISDEF (29% e 25%, respectivamente). CT (cifose torácica), MISDEF (minimally invasive spine deformity algorithm). Descompressão isolada (DESC), descompressão e fusão curta (DESC + FU CURTA), descompressão e fusão com dispositivo intersomático (DI), osteotomia (OST), osteotomia com extensão da fusão para coluna torácica, tratamento conservador (CONS).



**Figura 8.** Conduitas sem e com MISDEF nos casos com CT ≥ 60°. O método cirúrgico mais indicado sem o algoritmo foi a osteotomia e fusão com extensão para a coluna torácica (30%). Já com o MISDEF, os cirurgiões optaram principalmente pela descompressão e fusão com dispositivo intersomático em 47% dos casos. CT (cifose torácica), MISDEF (minimally invasive spine deformity algorithm). Descompressão isolada (DESC), descompressão e fusão curta (DESC + FU CURTA), descompressão e fusão com dispositivo intersomático (DI), osteotomia (OST), osteotomia com extensão da fusão para coluna torácica, tratamento conservador (CONS).

**Tabela 6.** Comparação entre as condutas sem e com MISDEF nos casos com CT < 60° e CT ≥ 60°. Nos casos com CT < 60°, observou-se que a utilização do algoritmo MISDEF diminui significativamente (p < 0,001) a opção por tratamento conservador.

Conduta	MISDEF	CT < 60			CT ≥ 60		
		N	(%)	*p	N	(%)	*p
Desc	Com	37	17%		3	15%	
	Sem	37	19%	0,62	3	17%	-
Desc + fc	Com	37	16%		3	2%	
	Sem	37	11%	0,362	3	13%	-
Desc + di	Com	37	25%		3	47%	
	Sem	37	29%	0,346	3	9%	-
Osteot	Com	37	21%		3	27%	
	Sem	37	15%	0,127	3	7%	-
Osteot + ct	Com	37	18%		3	8%	
	Sem	37	12%	0,165	3	30%	-
Cons	Com	37	3%		3	2%	
	Sem	37	13%	<0,001	3	23%	-

CT (cifose torácica), MISDEF (minimally invasive spine deformity algorithm). \*Teste não-paramétrico de Wilcoxon, p < 0,05.

**Tabela 7.** Comparação entre as condutas sem e com MISDEF nos casos com e sem laterolistese. Nos casos com laterolistese, houve uma tendência em diminuir significativamente (p < 0,001) a opção por tratamento conservador com o uso do MISDEF. Nos casos sem laterolistese, não houve diferença entre os grupos.

Conduta	MISDEF	Com latero			Sem latero		
		N	(%)	*p	N	(%)	*p
Desc	Com	34	17%		6	18%	
	Sem	34	20%	0,294	6	11%	0,294
Desc + fc	Com	34	15%		6	10%	
	Sem	34	12%	0,722	6	8%	0,584
Desc + di	Com	34	25%		6	38%	
	Sem	34	28%	0,284	6	22%	0,142
Osteot	Com	34	21%		6	28%	
	Sem	34	13%	0,102	6	25%	0,753
Osteot + ct	Com	34	19%		6	5%	
	Sem	34	12%	0,114	6	26%	0,465
Cons	Com	34	3%		6	2%	
	Sem	34	15%	<0,001	6	9%	0,109

Latero (laterolistese), MISDEF (minimally invasive spine deformity algorithm). \*Teste não-paramétrico de Wilcoxon, p < 0,05.

**Tabela 8.** Comparação entre as condutas sem e com MISDEF nos casos com CC < 20° e CC ≥ 20°. Nos casos com CC < 20°, houve uma tendência em aumentar a opção por osteotomia e extensão da fusão para a coluna torácica (p = 0,028) e diminuir a indicação de tratamento conservador (p < 0,008) quando a decisão terapêutica foi conduzida através da utilização do MISDEF. Nos casos com CC ≥ 20°, houve uma tendência em aumentar a indicação de osteotomia (p = 0,053) e diminuir a opção por tratamento conservador (p < 0,002) com o MISDEF.

Conduta	MISDEF	CC < 20			CC ≥ 20		
		N	(%)	*p	N	(%)	*p
Desc	Com	20	22%		20	12%	
	Sem	20	22%	0,979	20	16%	0,365
Desc + fc	Com	20	13%		20	16%	
	Sem	20	11%	0,868	20	11%	0,629
Desc + di	Com	20	22%		20	32%	
	Sem	20	29%	0,211	20	25%	0,243
Osteot	Com	20	20%		20	24%	
	Sem	20	16%	0,5	20	13%	0,053
Osteot + ct	Com	20	21%		20	13%	
	Sem	20	9%	0,028	20	19%	0,492
Cons	Com	20	3%		20	3%	
	Sem	20	14%	0,008	20	15%	0,002

CC (curva coronal lombar), MISDEF (minimally invasive spine deformity algorithm). \*Teste não-paramétrico de Wilcoxon, p < 0,05.

A tomada de decisão cirúrgica não foi afetada de maneira significativa pela utilização do MISDEF nos casos em que os parâmetros radiográficos sugeriam um desalinhamento sagital mais grave (SVA ≥ 6 cm ou PT ≥ 25° ou IP-LL ≥ 10° ou CT ≥ 60°). Entretanto, nos casos em que os pacientes apresentavam SVA < 6 cm ou PT < 25° ou IP-LL < 10° ou CC < 20°, os cirurgiões demonstraram uma tendência em diminuir significativamente a indicação de tratamento conservador e optar de maneira expressiva por tratamento com osteotomia e extensão proximal da fusão até a coluna torácica quando utilizaram o algoritmo.

**DISCUSSÃO**

Os resultados funcionais e de qualidade de vida pós-operatórios de cirurgias de correção de deformidade vertebral do adulto estão fortemente correlacionados com a restauração do alinhamento sagital da coluna.<sup>8,9</sup> Schwab et al.<sup>10</sup> avaliaram resultados funcionais pós-operatórios em conjunto com as mensurações dos parâmetros radiográficos a fim de elaborar guias para procedimentos reconstrutivos da coluna vertebral. Baseado nessa análise, os procedimentos de realinhamento da coluna devem ter como objetivo alcançar um SVA < 50mm, T1SPI (inclinação de T1 – incidência pélvica) < 0° e PT < 20°. Além disso, a relação entre a LL e IP pré-operatória e pós-operatória, é de fundamental importância para o entendimento da harmonia espinopélvica. A relação ideal entre esses parâmetros consistentes com bons resultados funcionais é LL = IP ± 9°. Com o objetivo de reestabelecer o alinhamento sagital pós-operatório, algumas fórmulas para planejamento cirúrgico foram propostas. Ondra et al.,<sup>11</sup> utilizaram um método trigonométrico para definir a correção angular necessária para alcançar o realinhamento sagital através da osteotomia de subtração pedicular. Entretanto, a contribuição da pelve para o realinhamento sagital foi negligenciada nesse método. Sabe-se que a LL necessária para restaurar o alinhamento sagital fisiológico não é a mesma em todos os casos, mas é dependente da IP. Além disso, os pacientes aumentam o PT como forma de compensar o desalinhamento global da coluna. Esse aumento compensatório no PT resulta em maior demanda de energia corporal, o que contribui para piores resultados funcionais. Para os pacientes com desalinhamento sagital e PT aumentado, a normalização da inclinação pélvica requer maior correção angular do que prevê a técnica de Ondra et al.<sup>11</sup> Sendo assim, os pacientes com desalinhamento sagital importante estão sob risco de subcorreção se a magnitude da deformidade espinopélvica não for reconhecida. Se for necessária

uma grande correção sagital, existem vários métodos suplementares à PSO, inclusive a adição de um dispositivo intersomático combinado com osteotomia de ponte no nível adjacente.<sup>12</sup> Outro fator importante a ser considerado no planejamento da cirurgia de correção de deformidade é que os outros segmentos da coluna que não foram incorporados na fusão mudam de alinhamento. Lafage et al.<sup>13</sup> demonstraram que o aumento da cifose torácica no pós-operatório da osteotomia de subtração pedicular apresenta um impacto negativo na manutenção do alinhamento sagital desses pacientes. Esse fenômeno é mais comum nos pacientes com idade avançada, desalinhamento sagital importante e IP elevada. Entretanto, prever o aumento da cifose torácica no planejamento pré-operatório nem sempre é possível, já que os pacientes com SVA elevado tendem a diminuir a cifose torácica através de contração muscular.

Pacientes com SVA elevado e PT baixo (pouca capacidade de compensação) são um grupo de risco para a falha da cirurgia de reconstrução da coluna vertebral. Exemplos desse padrão de deformidade são pacientes com contração em flexão dos quadris, pacientes com doença primária da musculatura extensora da coluna, pacientes globalmente desalinhados com fraqueza secundária da musculatura extensora e pacientes inclinados para a frente afim de compensar uma estenose lombar grave.<sup>14</sup> Lee et al.<sup>15</sup> dividiram os pacientes com desalinhamento sagital degenerativo em dois subgrupos. Os que têm capacidade de manter o PT enquanto deambulam e os que não têm essa capacidade e, consequentemente, deambulam inclinados para a frente. A retroversão pélvica é usada para manter o alinhamento como mecanismo compensatório durante a deambulação, o que coloca a pelve em uma posição não fisiológica. A capacidade de manter a retroversão pélvica enquanto caminha demonstra tônus muscular adequado da musculatura extensora, porém com gasto energético aumentado, rotação externa do quadril e rotação interna do joelho.<sup>16</sup>

Glassman et al.<sup>17</sup> demonstraram que o alinhamento sagital da coluna vertebral é o preditor radiográfico mais confiável do estado clínico e funcional nos pacientes com deformidade degenerativa do adulto. Os pacientes com eixo vertical sagital positivo, reportam mais dor, déficit funcional e insatisfação com a autoimagem. A observação de que o alinhamento sagital global é um preditor significativo de status clínico é consistente com a experiência de Emami et al., onde pacientes com alinhamento sagital positivo apresentavam mais dor, após fusões longas até o sacro, em comparação com os pacientes com SVA negativo.<sup>18</sup> Em relação à deformidade coronal nesses pacientes, observou-se no estudo que o desalinhamento coronal superior a 4 cm estava associado a deterioração de escores funcionais e de dor para pacientes não operados, mas não apresentou os mesmos resultados em pacientes com cirurgia prévia. Esses dados sugerem que a correção coronal não aparenta ser tão importante quanto a correção do desalinhamento sagital e que, é pouco provável que a correção completa do alinhamento coronal apresente resultados funcionais significativamente melhores do que uma correção parcial. Dada a importância de conquistar a harmonia espinopélvica após cirurgia de correção de deformidade degenerativa do adulto, a avaliação pré-operatória do eixo vertical sagital, inclinação pélvica, incidência pélvica, lordose lombar e cifose torácica faz parte do planejamento cirúrgico nesses pacientes.<sup>19-21</sup>

Durante as últimas décadas, as técnicas de cirurgia aberta como osteotomias e fusões intersomáticas foram utilizadas para alcançar a correção necessária da deformidade da coluna vertebral do adulto e efetivamente conquistar o alinhamento sagital adequado a cada caso.<sup>22,23</sup> Atualmente, técnicas minimamente invasivas vêm sendo introduzidas ao arsenal terapêutico para diminuir as comorbidades e complicações associadas à cirurgia aberta. Entretanto, nem todos os casos são passíveis de correção através das técnicas minimamente invasivas, em que pese a limitação em conquistar grandes correções angulares nos casos de deformidades rígidas com desalinhamento

sagital severo. Estudos recentes mostraram alguns preditores pré-operatórios de correções subótimas das deformidades do adulto. Preditores pré-operatórios comuns de correção inadequada do alinhamento da coluna vertebral incluem curvas rígidas com SVA > 6cm, PT > 25°, IP-LL > 30° e hipercifose torácica maior do que 60°. <sup>24-28</sup>

Com o objetivo de auxiliar o cirurgião de coluna na tomada de decisão terapêutica nos casos de deformidade vertebral do adulto, foi desenvolvido o algoritmo MISDEF. O MISDEF leva em consideração os parâmetros radiográficos pré-operatórios afim de ajudar na seleção dos pacientes candidatos à cirurgia minimamente invasiva. Utilizando esse algoritmo, o cirurgião pode avaliar se o paciente é candidato à um ou dois níveis de descompressão isolada ou fusão limitada à um único nível de espondilolistese. Esses pacientes geralmente apresentam curvas flexíveis com PI-LL < 10°, SVA < 6cm, PT < 25°, mínima laterolistese, CC < 20° e ausência de hipercifose torácica. Pacientes com deformidade vertebral moderada, ou seja, IP-LL entre 10° e 30°, laterolistese > 6mm ou CC > 20° (MISDEF classe II) são candidatos à descompressão com mínima invasão, fusão com dispositivo intersomático e fixação do ápice da curva coronal com parafusos pediculares. Entretanto, pacientes com deformidade severa, ou seja, curvas rígidas com SVA > 7cm, IP-LL > 30°, PT > 25° e hipercifose torácica maior do que 60°, não são candidatos às cirurgias minimamente invasivas, já que não há evidência científica suficiente demonstrando que as técnicas MIS têm o potencial de corrigir deformidades significativas, principalmente no plano sagital. Em contrapartida, procedimentos abertos incluindo osteotomias são capazes de atingir correções angulares apropriadas.<sup>7</sup>

O presente estudo demonstrou que a tomada de decisão cirúrgica pelos cirurgiões participantes não foi afetada de maneira significativa pela utilização do MISDEF nos casos em que os parâmetros radiográficos sugeriam um desalinhamento sagital mais grave (SVA ≥ 6 cm ou PT ≥ 25° ou IP-LL ≥ 10° ou CT ≥ 60°). Entretanto, nos casos em que os pacientes apresentavam SVA < 6cm ou PT < 25° ou IP-LL < 10° ou CC < 20°, os cirurgiões demonstraram uma tendência em diminuir significativamente a indicação de tratamento conservador e optar de maneira expressiva por tratamento com osteotomia e extensão proximal da fusão até a coluna torácica quando utilizaram o algoritmo.

É importante salientar que os parâmetros radiográficos devem sempre ser avaliados de maneira conjunta para que haja melhor entendimento do alinhamento global da coluna vertebral. A opção de tratamento deve ser selecionada de acordo com as necessidades do caso e as condições clínicas de cada paciente individualmente.

Embora o algoritmo MISDEF não contemple a indicação de tratamento conservador, julgamos necessário dar essa opção aos cirurgiões participantes nas duas etapas do estudo, já que muitos dos casos de deformidade do adulto dizem respeito à pacientes idosos que apresentam baixa reserva biológica e que devido às múltiplas comorbidades podem apresentar contraindicações a procedimentos invasivos de alta complexidade. A tendência em diminuir as indicações de tratamento conservador na decisão tomada com o MISDEF, pode indicar que o algoritmo realmente auxiliou os cirurgiões a selecionar os pacientes candidatos aos procedimentos minimamente invasivos.

## CONCLUSÕES

Há uma tendência em aumentar as indicações de osteotomia e diminuir a opção por tratamento conservador na tomada de decisão com o algoritmo MISDEF. A utilização do algoritmo não demonstrou impacto expressivo na decisão terapêutica em casos graves de deformidade vertebral do adulto.

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. GZR: Confecção do projeto de pesquisa, análise dos dados, análise estatística, redação, revisão. EV: Confecção do projeto de pesquisa, análise dos dados, análise estatística, redação, revisão. RLP: Confecção do projeto de pesquisa, análise dos dados, análise estatística, redação, revisão. CM, MSG, NGM, AF, CJJ, LRV, RF, GH

## REFERENCES

1. Ailon T, Smith JS, Shaffrey CI, Lenke LG, Brodke D, Harrop JS, et al. Degenerative spinal deformity. *Neurosurgery*. 2015;77(4):S75–91.
2. Ames CP, Scheer JK, Lafage V, Smith JS, Bess S, Berven SH, et al. Adult Spinal Deformity: Epidemiology, Health Impact, Evaluation, and Management. *Spine Deform*. 2016;4(4):310–22.
3. Hawasli AH, Chang J, Yarbrough CK, Steger-May K, Lenke LG, Dorward IG. Interpedicular height as a predictor of radicular pain in adult degenerative scoliosis. *Spine J*. 2016;16(9):1070–8.
4. Everett CR, Patel RK. A systematic literature review of nonsurgical treatment in adult scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(19 Suppl):S130-4.
5. Glassman SD, Carreon LY, Shaffrey CI, Polly DW, Ondra SL, Berven SH, et al. The costs and benefits of nonoperative management for adult scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(5):578–82.
6. Ames CP, Smith JS, Scheer JK, Bess S, Berderman SS, Deviren V, et al. Impact of spinopelvic alignment on decision making in deformity surgery in adults: a review. *J Neurosurg Spine*. 2012;16(6):547-64.
7. Mummaneni PV, Shaffrey CI, Lenke LG, Park P, Wang MY, La Marca F, et al. The minimally invasive spinal deformity surgery algorithm: a reproducible rational framework for decision making in minimally invasive spinal deformity surgery. *Neurosurg Focus*. 2014; 36(5):E6.
8. Glassman SD, Berven S, Bridwell K, Horton W, Dimar JR. Correlation of radiographic parameters and clinical symptoms in adult scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(6):682–88.
9. Hori T, Kawaguchi Y, Kimura T. How does the ossification area of the posterior longitudinal ligament progress after cervical laminoplasty? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(24):2807–12.
10. Schwab F, Patel A, Ungar B, Farcy JP, Lafage V. Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(25):2224-31.
11. Ondra SL, Marzouk S, Koski T, Silva F, Salehi S. Mathematical calculation of pedicle subtraction osteotomy size to allow precision correction of fixed sagittal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(25):973–9.
12. Schwab FJ, Patel A, Shaffrey CI, Smith JS, Farcy JP, Boachie-Adjei O, et al. Sagittal realignment failures following pedicle subtraction osteotomy surgery: are we doing enough? Clinical article. *J Neurosurg Spine*. 2012;16(6):539-46.
13. Lafage V, Ames C, Schwab F, Klineberg E, Akbaria B, Smith J, et al. Changes in thoracic kyphosis negatively impact sagittal alignment following lumbar pedicle subtraction osteotomy: a comprehensive radiographic analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37(3):180–7.
14. Lafage V, Schwab F, Vira S, Hart R, Burton D, Smith JS, et al. Does vertebral level of pedicle subtraction osteotomy correlate with degree of spinopelvic parameter correction? Clinical article. *J Neurosurg Spine*. 2011;14(2):184–91.
15. Lee CS, Lee CK, Kim YT, Hong YM, Yoo JH. Dynamic sagittal imbalance of the spine in degenerative flat back: significance of pelvic tilt in surgical treatment. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(18):2029–35.
16. Sarwahi V, Boachie-Adjei O, Backus SI, Taira G. Characterization of gait function in patients with postsurgical sagittal (flatback) deformity: a prospective study of 21 patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27(21):2328–37.
17. Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, Horton W, Berven S, Schwab F. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(18):2024–9.
18. Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, Rhim S, Cheh G. An analysis of sagittal spinal alignment following long adult lumbar instrumentation and fusion to L5 or S1: can we predict ideal lumbar lordosis? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(20):2343–52.
19. Lafage V, Bharucha NJ, Schwab F, Hart RA, Burton D, Boachie-Adjei O, et al. Multicenter validation of a formula predicting postoperative spinopelvic alignment. *J Neurosurg Spine*. 2012;16(1):15-21.
20. Lafage V, Schwab F, Vira S, Patel A, Ungar B, Farcy JP. Spino-pelvic parameters following surgery can be predicted: a preliminary formula and validation of standing alignment. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011;36(13):1037–45.
21. Smith JS, Bess S, Shaffrey CI, Burton DC, Hart RA, Hostin R, et al. Dynamic changes of the pelvis and spine are key to predicting postoperative sagittal alignment following pedicle subtraction osteotomy: a critical analysis of preoperative planning techniques. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011;37(10):845-53.
22. Smith JS, Shaffrey CI, Berven S, Glassman S, Hamill C, Horton W, et al. Improvement of back pain with operative and nonoperative treatment in adults with scoliosis. *Neurosurgery*. 2009;65(1):86–94.
23. Smith JS, Shaffrey CI, Berven S, Glassman S, Hamill C, Horton W, et al. Operative versus nonoperative treatment of leg pain in adults with scoliosis: a retrospective review of a prospective multicenter database with two-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34(16):1693–8.
24. Acosta FL, Liu J, Slimack N, Moller D, Fessler R, Koski T. Changes in coronal and sagittal plane alignment following minimally invasive direct lateral interbody fusion for the treatment of degenerative lumbar disease in adults: a radiographic study. Clinical article. *J Neurosurg Spine*. 2011;15(1):92–6.
25. Blondel B, Schwab F, Ungar B, Smith J, Bridwell K, Glassman S, et al. Impact of magnitude and percentage of global sagittal plane correction on health-related quality of life at 2-years follow-up. *Neurosurgery*. 2012;71(2):341–8.
26. Silva FE, Lenke LG. Adult degenerative scoliosis: evaluation and management. *Neurosurg Focus*. 2010 28(3):E1.
27. Tormenti MJ, Maserati MB, Bonfield CM, Okonkwo DO, Kanter AS. Complications and radiographic correction in adult scoliosis following combined transpsoas extreme lateral interbody fusion and posterior pedicle screw instrumentation. *Neurosurg Focus*. 2010;28(3):E7.
28. Wang MY, Mummaneni PV. Minimally invasive surgery for thoracolumbar spinal deformity: initial clinical experience with clinical and radiographic outcomes. *Neurosurg Focus*. 2010;28(3):E9.