

# Uso da inteligência artificial como armamento no diagnóstico e condução clínica da estenose de canal lombar

## *Use of Artificial Intelligence in Diagnosis and Clinical Conduct of Lumbar Spinal Stenosis*

Marcelo Oppermann<sup>1</sup> Lourdes Mattos Brasil<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Neurocirurgião pela Escola Paulista de Medicina; responsável técnico do Instituto de Neurocirurgia Medullaris, Brasília; mestrando em engenharia biomédica na Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil

<sup>2</sup>Doutora em engenharia elétrica/sistemas de informação com ênfase em engenharia biomédica pela Universidade Federal de Santa Catarina e coordenadora da Pós-Graduação de Engenharia Biomédica da Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil

**Address for correspondence** Marcelo Oppermann, MD, Neurocirurgião, Escola Paulista de Medicina Instituto Medullaris, Brasília, DF 70910-900, Brazil (e-mail: MarceloOppermann@hotmail.com).

Arq Bras Neurocir 2016;35:18–30.

### Resumo

A estenose do canal vertebral lombar (ECL) é uma patologia complexa, com alta incidência entre pessoas acima de 65 anos de idade. No entanto, o diagnóstico correto é, por vezes, difícil de ser confirmado. O uso de modelos de Inteligência Artificial (IA) na medicina é, em geral, desconhecida para a maioria da comunidade médica, mas tem sido usada há décadas na assistência em UTI, os métodos de imagem e dispositivos de diagnóstico eletrônico (ECG). Através de uma revisão sistemática da literatura, com foco nos achados clínicos e radiológicos, juntamente com todas as modalidades de tratamento, foi possível identificar o ambiente completo de pacientes LSS, para responder a quatro questões: (a) “Com base no quadro clínico, o paciente tem um, cenário moderado ou grave?”; (b) “Com base nos dados radiológicos, o paciente pode ser classificado com um cenário leve, moderado ou grave?”; (c) “Qual é a probabilidade, com base na anamnese, do paciente ter ECL?”; (d) “Qual é o melhor tratamento a ser oferecido?”.+Com o auxílio de um software usando Sistema Especialista (Expert Sinta), uma linguagem de IA, alocamos todas as variáveis e seus valores para orientar o software responder às quatro perguntas. Foi possível identificar 657 artigos científicos, no entanto apenas 63 poderia mencionar não apenas as variáveis, mas a sua probabilidade de ocorrência ou teve disponibilidade texto completo. Foi possível classificar a intensidade do quadro clínico e radiológico, criar um índice de probabilidade para LSS e oferecer o melhor tratamento. Recomendamos o uso, sob supervisão

### Palavras-Chave

- ▶ estenoses de canal lombar
- ▶ inteligência artificial
- ▶ sistema especialista
- ▶ diagnóstico
- ▶ tratamento

received  
July 6, 2015  
accepted  
October 21, 2015  
published online  
December 28, 2015

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0035-1570364>.  
ISSN 0103-5355.

Copyright © 2016 by Thieme Publicações Ltda, Rio de Janeiro, Brazil

License terms



**Abstract**

médica, em de Neurocirurgia ou clínicas ortopédicas como um conselheiro para os pacientes com ELA.

The lumbar spinal stenosis (LSS) is a complex pathology with high incidence among people above 65 years old. However, the correct diagnose is sometimes difficult to perform. The use of Artificial Intelligence (AI) models in medicine is, in general, unfamiliar for the majority of medical community, but has been used for decades in assistance in ICUs, image methods and electronic diagnostic devices (EKG). Through a systematic literature review focused in the clinical and radiological findings, in addition to all treatment modalities, we identified the complete environment of LSS patients, to answer four questions. (a) “Based on the clinical presentation, the patient has a mild, moderate or severe scenario?”, (b) “Based on the radiological data, the patient can be classified having a mild, moderate or severe scenario?”, (c) “What is the probability, based on the anamneses, the patient has LSS?”, and (d) “What is the best treatment to be offered?”. With the aid of a software using Expert System (Expert Sinta), a language of AI, we allocate all the variables and their values to orient the software to answer the four questions. It was possible to identify 657 scientific articles, however only 63 could mention not only the variables, but their occurrence probability or had full text availability. It was possible to classify the intensity the clinical and radiological scenario, create a probability index for LSS and offer the best treatment. We recommend the use, under medical supervision, in neurosurgery or orthopedic clinics as an adviser for patients with LSS.

**Keywords**

- ▶ lumbar spinal stenosis
- ▶ artificial intelligence
- ▶ expert system
- ▶ diagnosis
- ▶ treatment

**Introdução**

É de consenso público que a população mundial está envelhecendo. Estatísticas americanas apontam que atualmente 11% da população estão acima de 60 anos de idade e no ano de 2050 este número elevar-se-á para 22%.<sup>1</sup> O fato de termos melhor expectativa de vida cria uma íntima relação com o melhor nível educacional, que por sua vez, traz maior acesso a novas tecnologias, entre elas o serviço médico. Infelizmente, o fato de nos tornarmos mais idosos leva-nos a um estado, inevitável e indesejável, de doença. Inúmeras patologias estão associadas com o envelhecimento do ser humano. Câncer, acidente vascular cerebral, dentre outras, apresentam ligação direta com a faixa etária da terceira idade. Assim é a estenose de canal lombar (ECL), patologia que afeta o canal vertebral da coluna lombar do idoso.

A coluna vertebral, no ser humano, apresenta propriedades e estruturas que em conjunto definem suas três principais funções. Primeiro, estabilidade, devido a um conjunto de ossos, ligamentos e músculos arranjados, que conseguem manter uma pessoa em posição ereta com segurança. Segundo, flexibilidade, que através de articulações e ligamentos permite a adoção de inúmeras posições sem risco à estabilidade. Por último, proteção: através de um canal ósseo responsável por manter a medula e suas raízes com segurança em seu interior contra agentes nocivos externos.

A estenose do canal lombar refere-se a um estreitamento de fora para dentro do canal que mantém todo o tecido neural da coluna. O termo estenose é derivado do grego antigo, e é mais bem traduzido como “estrito”. Verbiest declarou, referindo-se ao canal vertebral, como sendo um “estreitamento anormal de uma cavidade,

sendo capaz de produzir doença em seus constituintes internos.”<sup>2</sup>

Os sintomas clínicos, de dores lombares com ou sem irradiação para os membros inferiores, juntamente com claudicação neurogênica, levam à suspeição clínica da doença. Estes, acrescidos aos exames de imagem, ajudam a defini-la de forma aproximada. Entretanto, os sintomas referidos para esta patologia são muito inespecíficos, já que inúmeras causas podem ser responsáveis pela dor lombar e/ou dor irradiada para os membros. Doze por cento da população jovem e 21% dos representantes da terceira idade apresentam este conjunto de sintomas, mas nem todos têm ECL.<sup>3</sup> Doenças do canal vertebral, como hérnias, doenças musculoesqueléticas como sacroileíte, bursite de quadril, e até outras síndromes reumatológicas, assemelham-se à estenose vertebral. Em resumo, não há, até o momento, uma ferramenta como *Gold-Standard* que valide e defina de forma acertada esta patologia.<sup>4</sup>

A inteligência artificial (IA) tem sido utilizada em sistemas matemáticos complexos há muito tempo, e ultimamente, na medicina. Modelos inteligentes têm sido aplicados com sucesso em diversas áreas da medicina, como sistemas de diagnóstico, análise biomédica, análise de imagens e descoberta de novas drogas, bem como para resolver os desafios e as políticas de desenvolvimento de drogas.<sup>5-7</sup> Recentemente, a neurocirurgia aderiu a esta ferramenta como diagnóstico e no auxílio para condução terapêutica.<sup>8-11</sup>

O objetivo deste trabalho é fazer uma revisão dos melhores indicadores (sinais e sintomas) para o correto diagnóstico da estenose de canal lombar, e através da utilização de uma ferramenta da inteligência artificial, o Sistema Especialista, proporcionar ao entrevistador (médico ou

profissional da saúde) dados como: a probabilidade do paciente entrevistado ter a doença e a melhor forma de conduzir seu caso.

## Materiais e Métodos

### Dados

Através de uma pesquisa na base de dados MEDLINE (ferramenta de busca PubMed), procurou-se por artigos de revisão e/ou originais que fizessem referência aos sintomas e sinais mais prevalentes em pacientes portadores da ECL, bem como por indicadores radiológicos e a condução clínico/cirúrgica para cada situação. As referências foram escolhidas desde que tivessem dados como: probabilidade de sua incidência na patologia e/ou importância no diagnóstico ou tratamento.

Não foi feita qualquer distinção do valor estatístico do trabalho (medicina baseada em evidência), a fim de se evitar desqualificar ou desprezar o real valor de artigos que somente relatem seus casos. Tais artigos para muitos apresentam grande valia, pois remetem a um dado que pouco pode ser mensurado, a experiência clínica e o relato dos pesquisadores.<sup>12,13</sup>

Procurou-se por indicadores, na história clínica, mais prevalentes em pacientes sabidamente portadores desta doença. Assim, pode-se traçar uma incidência para cada dado adquirido e avaliar seu peso para o correto diagnóstico. Neste quesito, buscou-se por *Lumbar Spinal Stenosis* e uma destas palavras: *Clinical Scenario* ou *Symptoms* ou *Diagnostic* ou *Diagnose*. Os dados radiológicos mais prevalentes nos raios X, tomografia e ressonância foram agrupados e separados por sua importância clínica e estatística no paciente. Neste aspecto, procurou-se por *Lumbar Spinal Stenosis* e uma destas palavras: *x-Ray* ou *MRI* ou *Tomography* ou *Radiologic Diagnose*.

Pesquisou-se, ainda, os tipos de tratamento, e quais eram suas principais indicações, frente a cenários bem característicos nos artigos clínicos e de revisões. Foram incluídas as modalidades clínicas, desde medicação até fisioterapia, bem como os procedimentos cirúrgicos. Neste aspecto, procurou-se por *Lumbar Spinal Stenosis* e uma destas palavras: *Treatment* ou *Consevative* ou *Surgery* ou *Minimally Invasive* ou *Physiotherapy* ou *Medication*.

### Sistema Especialista

Para a construção do protocolo em sistema especialista, utilizou-se o software Expert Sinta v1.1b (Grupo Sinta, Fortaleza, Brasil – Freeware). O software consegue criar um direcionamento para o entrevistador (médico), onde através de questões diretas fornece uma ideia do estado constitucional da doença do entrevistado (paciente), junto com o tratamento recomendado. Para tanto, requer a criação de variáveis e seus valores. Um exemplo de variável seria a escala visual de dor, VAS (*Visual Analitic Scale*), que é uma forma de quantificar em números o grau de dor sofrido pelo doente. Os valores para esta variável seriam números de zero a dez, e assim por diante. Após a criação destas variáveis, torna-se imprescindível a estipulação de regras para que estas variáveis e seus valores possam ser úteis, fornecendo

assim já um diagnóstico ou um parecer sobre algum dado. No final, com as regras criadas, pode-se estipular um objetivo ou, mais especificamente, conseguir que o sistema especialista avalie, nesta situação, a probabilidade do diagnóstico, sua gravidade, e proponha o tratamento.

Separaram-se, então, os dados de acordo com sua importância, nas seguintes categorias: sintomas, sinais, doenças associadas, sinais radiológicos. A separação dos dados foi importante para alimentar o software escolhido, e assim responder a quatro perguntas essenciais:

1. Frente aos sintomas e sinais apresentados pelo paciente, ele é portador de uma doença leve, moderada ou grave?
2. Frente aos dados radiológicos encontrados, o paciente é portador de uma doença leve, moderada ou grave?
3. Frente a todos os indicadores clínicos e radiológicos, a probabilidade do paciente ter estenose de canal lombar é improvável, baixa, moderada ou alta?
4. Frente ao cenário apresentado, qual é a melhor terapêutica para este paciente?

## Resultados

### Dados da Literatura

A pesquisa encontrou 657 artigos (254 sobre diagnóstico e 403 sobre tratamento) que faziam referência de alguma forma aos termos utilizados. Entretanto, ateuve-se a 86 (distribuídos conforme a ►Tabela 1) que faziam menção à incidência e possibilitavam acesso completo.

Analisando os artigos, foi possível separar os cenários clínicos que mais pudessem representar a patologia da estenose de canal vertebral, e paralelamente, os que pudessem excluí-la. Foram identificados: idade, presença de dor lombar, radiculopatia, claudicação neurogênica, dor em nádegas e em membros inferiores bilateralmente, ausência de dor quando sentado, distúrbio urinário de causa não genitourinária, melhora da dor quando tronco flexionado e presença de sintomas de cauda equina.

Do ponto de vista radiológico, conseguiu-se identificar nas modalidades de raios X, tomografia e ressonância

**Tabela 1** Tipo e quantidade de artigos nos estudos encontrados

Estudos encontrados	
Tipo	Quantidade
Revisão	22
Observacional retrospectivo	27
Observacional prospectivo	19
Randomizado	11
Caso controle	3
Análise multivariada	1
Estudo de caso	1
Comentário	2
Total	86

magnética os seguintes achados: variações de estenose foraminal, de recesso lateral e de canal vertebral, bem como o sinal de sedimentação radicular. Como diagnóstico diferencial, fez-se menção a presença de diabetes e de insuficiência vascular. No quesito condução e tratamento, encontrou-se referência ao tratamento fisioterápico, infiltração peridural e cirurgia. E dentro do campo cirurgia foram reportadas as modalidades: dispositivo interespinhoso, laminectomia, laminoplastia, cirurgia minimamente invasiva e laminectomia com artrodese. A ►**Tabela 2** lista as variáveis junto aos possíveis valores encontrados.

### Sistema Especialista

Cada variável, com suas respostas (►**Tabela 2**), poderia ser univalorada, se o valor escolhido já excluísse o outro da mesma variável; ou multivalorada, caso permitisse mais de um valor foi criada, perfazendo 29 variáveis e 85 valores. De forma prática, um paciente não pode ter um VAS  $\geq 7$  e ao mesmo tempo  $< 7$ ; assim sendo, o VAS é univalorable. A ►**Fig. 1** mostra a criação de duas variáveis, sendo a primeira univalorada e a segunda multivalorada.

Os objetivos, quando criados, tinham a intensão de responder as quatro perguntas indicadas na ►**Fig. 2**, que faz referência aos questionamentos feitos (1-4) e os apresenta junto com suas respostas, para que a pergunta sobre o cenário clínico seja respondido (e).

### Cenário Clínico

Os sintomas da ECL restringem-se a dor lombar ou irradiada para os membros inferiores (MMII), associada ou não com disestesias, perda de força muscular e claudicação. A fim de medir a dor, foi utilizada com maior frequência a escala visual de dor VAS.<sup>4,14-17</sup> A escala sintomática e física de Zurique foi utilizada de acordo com seus resultados na classificação da gravidade em alguns estudos.<sup>18-21</sup> Frente às variáveis clínicas (sinais e sintomas), conseguiu-se estipular, de acordo com a nossa bibliografia pesquisada, três tipos de cenários aos cometidos. A ►**Tabela 3** mostra com detalhes estes quesitos.

### Cenário Radiológico

Para conseguir definir os reais indicadores radiológicos, que pudessem ser importantes na confirmação da doença e quantificação da gravidade, foi decidido dividi-los por tipo de exame: raios X, tomografia e ressonância. Assim, foi possível utilizar o real valor de cada método na classificação radiológica para a ECL. Através dos raios X, foi identificado, de importante, a presença de listese e instabilidade dinâmica.<sup>22-28</sup> A tomografia teve seu valor na identificação do diâmetro do recesso lateral.<sup>29,30</sup> E a ressonância, na classificação da doença foraminal<sup>31</sup> e no sinal de sedimentação,<sup>32-36</sup> entre outros parâmetros.<sup>37,38</sup> A ►**Tabela 4** detalha as variáveis e seus valores.

### Probabilidade

Para responder a terceira pergunta, foi utilizada a relevância de cada sintoma, sinal ou dado radiológico, criando-se dessa forma uma escala de pontos para a sua presença, conforme

a ►**Tabela 5**. O princípio foi estipular a probabilidade da ECL estar presente no paciente examinado. Foram 23 valores com 768 combinações possíveis que podem variar de -6 a +23 pontos. Os valores para cada variável (indicador) foram calculados através de um processo de probabilidade cuja ocorrência realmente estivesse relacionada à presença da ECL. Este cálculo foi feito utilizando o processo de lógica Fuzzy, ideal para modelamento de múltiplas variáveis (►**Tabela 5**). Por exemplo, o simples fato do paciente ter mais que 70 anos de idade aumenta a chance de ter ECL em 70%. Já a ausência de claudicação diminui em 80% o fato.<sup>14,15</sup> A ►**Tabela 6** resume o resultado.

### Tratamento

Para a orientação do tratamento, as questões anteriores (►**Fig. 2**) tiveram que ser primeiramente respondidas. Utilizaram-se as variáveis já descritas (clínica e radiológicas) junto com as escalas criadas de graduação da doença (►**Tabelas 3 e 4**) e sua probabilidade de estar ou não presente (►**Tabela 5**). Consideraram-se as seguintes modalidades de tratamento: fisioterapia,<sup>39-42</sup> infiltração peridural,<sup>43-45</sup> e cirurgia. Esta contempla o dispositivo interespinhoso,<sup>21,46-50</sup> a cirurgia minimamente invasiva,<sup>51-53</sup> a laminectomia sem artrodese<sup>22,23,54-63</sup> e a laminectomia com artrodese.<sup>25,64-70</sup> Utilizou-se ainda uma escala que avalia a resposta ao tratamento inicial instituído.<sup>4,17-19,21</sup> Aqui a inteligência artificial mostrou seu grande valor, pois a escolha do tratamento dependeu de inúmeras variáveis, o que torna quase incompreensível a construção terapêutica por um algoritmo. A construção obedeceu às orientações presentes na ►**Tabela 7**.

### Discussão

O diagnóstico preciso e a condução terapêutica da estenose de canal lombar merecem muita discussão, prova disso é a vasta literatura sobre o tema. A inteligência artificial, na medicina, já tem seu papel bem estabelecido. Seu uso permeia inúmeros processos eletrônicos, com intuito de melhorar o diagnóstico e auxiliar na escolha terapêutica. Embora seu benefício, tem-se ainda uma parca difusão nas patologias da coluna vertebral, restrita a poucos estudos.<sup>8,11</sup>

Neste artigo, o objeto de análise e estruturação é uma nova forma de ajudar o médico-cirurgião de coluna (neurocirurgião ou ortopedista) a conduzir da melhor maneira a entrevista médica, e a oferecer a opção terapêutica mais adequada, através de um software chamado Sistema Especialista, que utiliza a inteligência artificial como ferramenta. O software Expert Sinta conduz o especialista, através da criação de variáveis, valores e objetivos, a um tratamento protocolar padronizado, de acordo com a necessidade de cada paciente. Não foi encontrado nenhum trabalho na literatura médica utilizando essa ferramenta para a ECL.

As variáveis aqui empregadas têm como primeiro objetivo estabelecer a gravidade clínica na qual o paciente está inserido. Foram utilizados nesta caracterização a quantificação da dor lombar com a VAS, a presença de sintomas e sinais neurológicos, a presença de claudicação e

**Tabela 2** Variáveis e seus valores

Valores atribuídos às variáveis criadas			
Variáveis	Valores	Variáveis	Valores
Idade	< 50 anos	Instabilidade (raios X)*	Positivo
	60-70 anos		Negativo
	> 70 anos		Tipo A
Sintomas	Ausência de dor quando sentado	Forame (RM)	Tipo B ou C
	Incontinência urinária		Tipo D ou E
	Melhora ao flexionar o tronco		Tipo 0
	Claudicação neurogênica		Tipo 1 ou 2
	Cauda equina		Tipo 3
VAS lombar	Dor nas nádegas e MMII	Canal (RM)	Tipo I
	< 7		Tipo II
	≥ 7		Tipo III
Sinais	Marcha com base larga	Recesso lateral (RM)	Positivo
	teste de Romberg +		Negativo
Sinais e sintomas neurológicos	Dor	Sinal de sedimentação (RM)	Leve
	Disestesia		Moderado
	FM grau ≥ 4		Grave
	FM grau ≤ 3		ENMG com polineuropatia
	Distúrbio autonômico		USD com obstrução vascular
	Ausente		Fraturas frequentes
Claudicação	≥ 500 m	Cenário radiológico	Baixa
	≤ 500 m		Relativa
Zurique sintomático	< 2,5	Diagnóstico diferencial	Alta
	2,6-2,9		Improvável
	> 3,0		Baixa
Zurique físico	< 2,0	Probabilidade geral de ECL	Relativa
	2,0-3,0		Alta
	> 3,0		Improvável
		Probabilidade geral de ECL	Baixa
		Tratamento	Relativa
			Alta
			Tratamento fisioterápico + exercícios

**Tabela 2** (Continued)

Valores atribuídos às variáveis criadas		
Variáveis	Valores	Valores
Complicadores	Diabetes	Infiltração
	Obesidade (IMC > 30)	Cirurgia
	Tabagismo	Redução na VAS < 3 pontos
	Cardiopatia	Manutenção de claudicação
	Insuficiência renal	Segmentos estenosados > 3
Doenças associadas com ECL	Depressão	Remoção facetária > 50%
	Osteoporose	Orientação facetária > 50%
	Osteoartrite	Risco cirúrgico ASA ≥ III
	Artrite inflamatória	LA > fator de estenose
	Leve	Necessidade de remoção discal
Cenário clínico	Moderado	Cirurgia prévia
	Grave	Deformidades associadas (> 20°)
	Ausente	Dispositivo interespinhoso
Listese (raios X)	Grau I	Descompressão sem artrodese
	Graus II e III	Descompressão com artrodese
	Graus IV e V	

(\*) Medido através de exame dinâmico de raios X, sendo positivo quando escorregamento > 3 mm ou angulação maior do que 11 graus. Abreviações: ENMG, ; IMC, ; índice de massa corporal; LA, ligamento amarelo; MMII, membros inferiores; USD : ultrassom digital; VAS, visual analytic scale; ASA, American Society of Anesthesiology scale.

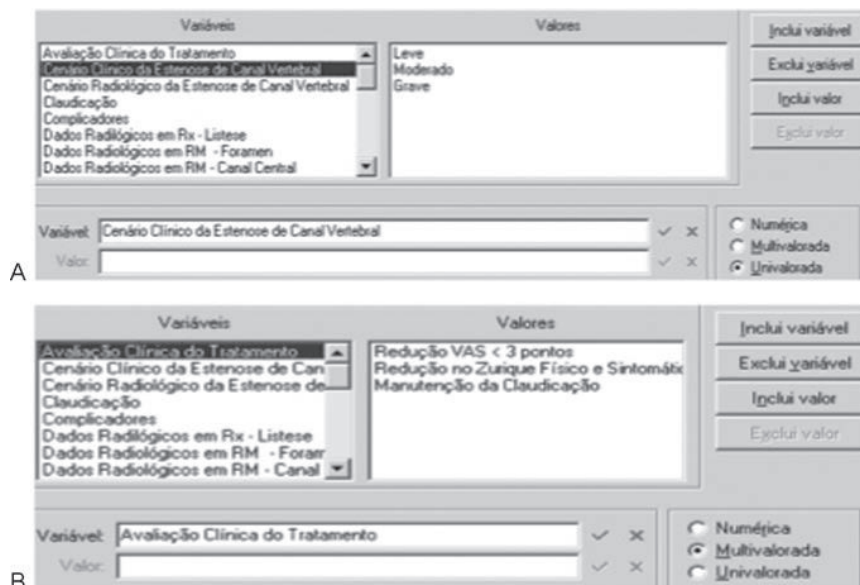


Fig. 1 Variáveis univaloradas (a) e (b) multivaloradas.

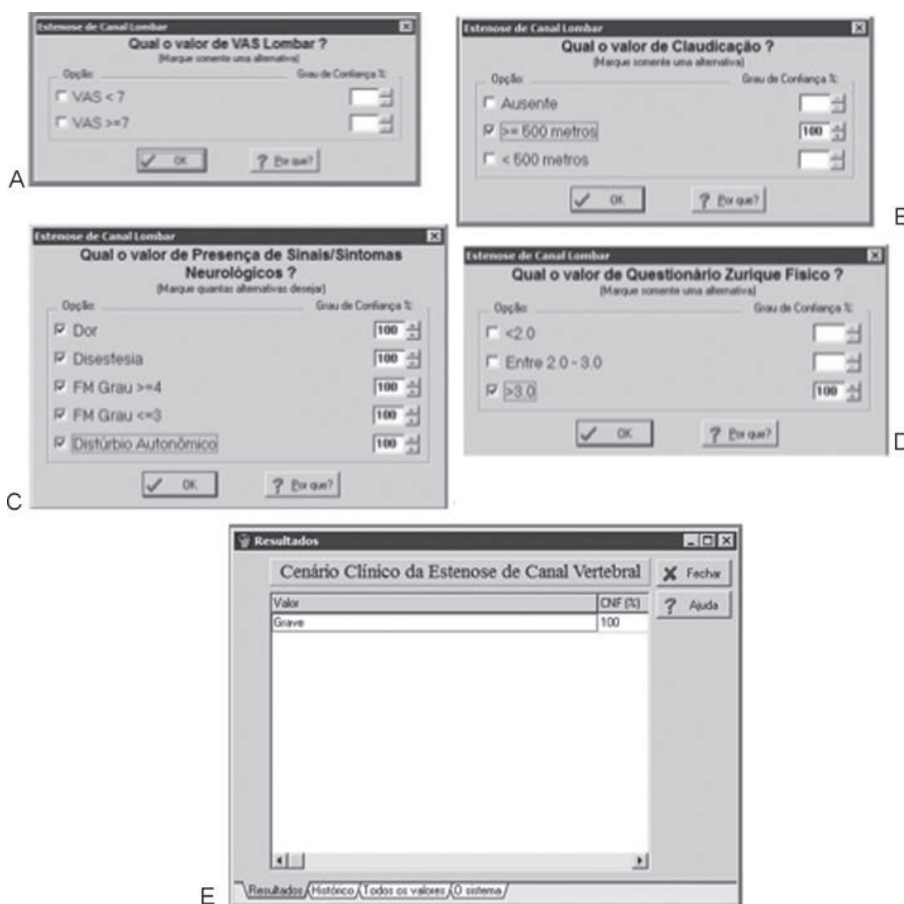


Fig. 2 Processo de perguntas oferecidas (1-4) a fim de estabelecer o cenário clínico.

sua quantificação (distância), e a escala baseada no Questionário Zúrique Sintomático e Físico.<sup>18,19</sup> Este, já validado, refere-se aos sintomas e déficits funcionais dos pacientes acometidos pela ECL e quantifica-os, sendo que a parte sintomática tem valores variando de 1,0 a 5,0

e a física de 1,0 a 4,0. Com estas variáveis e seus valores, é possível estratificar os dados da anamnese em uma das categorias de gravidade (► Tabela 3).

A seguir, optou-se por estabelecer a necessidade de classificar os dados radiológicos novamente, por gravidade.

**Tabela 3** Classificação do cenário clínico

Cenário clínico da ECL				
Variáveis	Valores	Resultado		
		Leve	Moderado	Grave
VAS	< 7	X		
	≥ 7		X	X
S & S neurológicos*	Ausentes	X	X	
	Presentes			X
Claudicação	Ausente	X		
	> 500 m		X	
	< 500 m			X
Zurique sintomático	≤ 2,5	X		
	2,6-3,0		X	
	> 3,0			X
Zurique físico	< 2	X		
	2,0-3,0		X	
	> 3,0			X

(\*)S&S: Sinais e Sintomas.

Abreviações: ECL, estenose de canal lombar; VAS, visual analytic scale.

Utilizou-se o exame de raios X como forma de identificar a presença de listese ou instabilidade no exame dinâmico.<sup>23,71,72</sup> Pela tomografia e ressonância magnética, conseguiu-se definir o grau de comprometimento dos recessos laterais vertebrais,<sup>29,30,73,74</sup> quão grave é a estenose foraminal<sup>31,75-77</sup> ou o canal vertebral.<sup>37,38</sup> Outro método utilizado foi o chamado sinal de sedimentação das raízes.<sup>32-35</sup> Este define como positivo ou negativo um sinal indireto causado pela estenose, ou

seja, quanto menor o canal vertebral mais juntas estarão as raízes lombares. Em suma, com todos esses dados radiológicos, há possibilidade de se definir o grau de comprometimento vertebral, conforme exposto na ► **Tabela 4**.

Houve, então, necessidade de se confirmar a presença da doença estenótica lombar no indivíduo testado. Assim, utilizaram-se inúmeros artigos que faziam menção à incidência ou à probabilidade de o paciente ter realmente a doença

**Tabela 4** Classificação quanto ao cenário radiológico

Cenário radiológico da ECL				
Variáveis	Valores	Resultado		
		Leve	Moderado	Grave
Forame	Tipo A	X		
	Tipos B e C		X	
	Tipos D e E			X
Recesso lateral	Tipo I	X		
	Tipo II		X	
	Tipo III			X
Canal central	Tipo 0	X		
	Tipos 1 e 2		X	
	Tipo 3			X
Sinal de sedimentação	Positivo	X	X	
	Negativo			X



**Tabela 5** Valoração em pontos de cada indicador na classificação de probabilidade de ECL

Escala de classificação da ECL	
Variável	Pontos
Idade < 50	-2
Idade 50-70	1
Idade > 70	3
Dor lombar	1
Radiculopatia	2
Claudicação	2
Dor nas nádegas e MMII	2
Ausência de dor quando sentado	3
Distúrbio urinário	3
Melhora quando flexionado	3
Cauda equina	3
Ausência de claudicação	-5
Radiologia	1
Foraminal tipo A	
Recesso tipo I	
Central tipo 0	
Sinal de sedimentação negativo	
Radiologia moderada	3
Foraminal tipos B e C	
Recesso tipo II	
Central tipos 1 e 2	
Radiologia grave	5
Foraminal tipos D e F	
Recesso tipo III	
Central tipo 3	
Sinal de sedimentação positiva	

quando o sinal estivesse presente. O trabalho de Suri et al.,<sup>15</sup> entre outros,<sup>4,16,17</sup> foi importante para definir o real valor de um sintoma ou sinal encontrado. Um bom exemplo é o simples fato de o paciente não apresentar claudicação, demonstrar que ele tem cerca de 2,3% de chances de ter ECL. Já a ausência de dor quando sentado é um sinal ampla-

**Tabela 6** Contagem dos pontos apresentados na ►Tabela 5 e sua associação à probabilidade da ECL

Probabilidade de ECL	
Resultado	Pontuação
Improvável	≤ 3
Baixa	4 a 6
Relativa	7 a 9
Alta	≥ 10

mente positivo para confirmar o diagnóstico (74%). Através dessas probabilidades, foi possível criar uma escala variando de -6 a +23 pontos. Por um processo de análise do cruzamento de todas as variáveis (768 cenários no total), chegou-se aos indicadores da probabilidade de um indivíduo ter a doença (►Tabela 6). Assim, dificilmente um paciente terá ECL se obtiver menos que 3 pontos; por outro lado, ele terá alta probabilidade se somar mais de 10 pontos.

Para definir o processo, verificou-se a conduta terapêutica. Foram considerados como opções: a fisioterapia, a medicação, a infiltração e a cirurgia. De acordo com a descrição de estudos que utilizam a fisioterapia como método terapêutico voltado para pacientes com estenose de canal lombar, ela é eficaz em pacientes com quadros mais leves e sempre estará na primeira linha, junto com a medicação. As técnicas aconselhadas englobaram a terapia manual, o método McKenzie, exercícios físicos com utilização de movimentos isométricos e a caminhada com suporte de peso. O tempo recomendado ficou em torno de 6 semanas. Kreiner et al., em sua diretriz, definiram que não há nenhum estudo mostrando valor ou não no uso de medicações para a ECL. O mesmo valeu para a fisioterapia, mas os autores aconselham seu uso para pacientes com caso de leve a moderado.<sup>43</sup>

Outro método terapêutico utilizado neste estudo foi a infiltração peridural.<sup>44,45</sup> Nesta técnica, foram avaliados o acesso foraminal, o interlaminar pela linha média, e o interlaminar parassagital. O primeiro exhibe uma excelente distribuição medicamentosa, quando comparado a outras técnicas, mas com alto risco de intercorrências potencialmente graves (isquemia medular, embolia).<sup>78</sup> O acesso interlaminar pela linha média tem grande difusão de uso entre os especialistas, mas a distribuição medicamentosa não é adequada quanto ao acesso interlaminar parassagital.<sup>45</sup> Assim, esta é a técnica por nós orientada no programa Expert Sinta. A recomendação é feita nos cenários leves e moderados, sempre que haja falha nas 6 primeiras semanas de tratamento fisioterápico, conforme a classificação de falha.<sup>3,19,21</sup> Vale ressaltar que todos os pacientes encaminhados para infiltração são seguidos pelo acompanhamento da fisioterapia, e o processo infiltrativo poderá ser repetido até 3 vezes com intervalos mínimos de 15 dias.

No final, incluímos o processo cirúrgico com sua gama de possibilidades. Como recomendação geral, a cirurgia foi proposta a pacientes do cenário clínico moderado que apresentaram falha ao tratamento conservador, e a todos os do cenário grave. O estudo SPORT confirmou que, dentro do período de 8 anos após a cirurgia, os pacientes operados obtiveram melhores resultados, em comparação aos tratados somente com fisioterapia.<sup>79</sup> Esta assertiva corrobora outros estudos.<sup>70,80-83</sup> Assim, a indicação para pacientes com cenário clínico e radiológico grave é a cirurgia.

A opção pelo procedimento ideal obedeceu algumas diretrizes, sendo que a presença ou ausência dos indicadores leva à escolha da melhor técnica cirúrgica, conforme mostra a ►Tabela 7. De maneira geral o dispositivo interespinhoso foi recomendado a pacientes mais idosos, com risco cirúrgico desfavorável, envolvimento estenótico mais restrito ao canal

**Tabela 7** Resumo da conduta terapêutica de acordo com as variáveis clínicas e radiológicas encontradas

Proposta terapêutica
Fisioterapia
Cenário clínico leve
Não importando o tipo de estenose (foraminal, recesso lateral ou central)
Não importando grau de estenose
Cenário clínico moderado
Não importando o tipo de estenose (foraminal, recesso lateral ou central)
Compressões radiológicas leves e moderadas
Infiltração epidural
Cenário clínico leve
Falha clínica ao tratamento inicial de 6 semanas
Infiltração e tentativa de mais 4 semanas de tratamento fisioterápico
Impossibilidade na execução dos exercícios fisioterápicos devido à dor
Cenário clínico moderado
Falha clínica ao tratamento inicial de 6 semanas
Infiltração e tentativa de mais 4 semanas de tratamento fisioterápico
Dificuldades na execução dos exercícios do tratamento fisioterápico devido à dor
Compressões radiológicas graves
Tratamento cirúrgico (56-59)
Cenário clínico leve ou moderado
Falha clínica ao tratamento já instituído, checar probabilidade da doença
Cenário clínico grave
Dispositivo interespinhoso
Pacientes com ASA > III
Ligamento amarelo como maior fator de estenose
Estenose de canal central
Alívio dos sintomas com a flexão da coluna
Na listese até grau I não há contraindicação para o procedimento
Alinhamento paralelo dos processos espinhosos
Laminectomia, laminoplastia e minimamente invasiva
Estenose de qualquer tipo
Até 3 segmentos
Listese até grau I com ausência de instabilidade dinâmica (< 1,25 mm de diferença entre flexão e extensão)
Orientação facetária < 50°
Altura discal < 6,5 mm
Remoção até 50% da faceta articular
Escoliose < 20°
Laminectomia e fusão
Estenose de qualquer tipo
Mais de 3 segmentos
Listese grau I com instabilidade dinâmica e listese graus II-V
Instabilidade dinâmica > 3-5 mm
Necessidade de remoção maior que 50% da articulação facetária
Necessidade de remoção do par, ou deixar menos de 1 cm em cada lado

(Continued)

**Tabela 7** (Continued)

Proposta terapêutica
Sinais de instabilidade intraoperatória
Necessidade de remoção do disco intervertebral
Osteoporose (IMC < 0,62 mg/cm <sup>2</sup> )
Escoliose > 20°
Presença de grande componente mecânico na dor lombar
Reoperação por falha radiológica ou clínica

vertebral e decorrente de hipertrofia de ligamento amarelo. Dentre as contraindicações para o procedimento, incluíram-se presença de malformação do processo espinhoso e presença de sintoma radicular importante, sendo o forame o maior contribuinte para o mesmo. A laminotomia, laminectomia e técnica endoscópica têm sua indicação para a maior parte dos procedimentos que não apresentem sinais de instabilidade, ou conjunto de fatores que levem à instabilidade no pós-operatório. Blumenthal et al., analisando quarenta pacientes de forma retrospectiva, observaram alguns achados como indicadores de instabilidade.<sup>23</sup> Ângulo facetário > 50°, altura discal > 6,25 mm e espondilolistese dinâmica > 1,25 mm, isoladamente, já poderiam ser responsáveis por instabilidade, mas se os três indicadores estivessem presentes a chance de reoperação com finalidade de fixação foi de 75%. De maneira geral, estas técnicas que não utilizam instrumental para fixação, no nosso protocolo, foram indicadas para qualquer grau de estenose em até três níveis articulares, com ausência de sinais de instabilidade ou com potencial para tal,<sup>23</sup> com deformidades estruturais menores que 20° (por exemplo, escoliose), ou quando há possibilidade de boa descompressão deixando no mínimo 50% das facetas íntegras. A laminectomia associada à fusão com instrumentação ficou reservada para as situações remanescentes. De modo geral, seu grande benefício ocorre sempre que houver chance de o procedimento de descompressão causar instabilidade, ou alterar de forma acentuada a curvatura nos eixos coronal e sagital. Incluem: descompressão maior que três níveis, listese com grau > II, instabilidade dinâmica, remoção maciça das estruturas ósseas e necessidade de remoção do disco intervertebral. Outro fator importante para a artrodese é a existência de um grande componente de dor mecânica no quadro clínico apresentado pelo paciente, pois a simples descompressão pode até agravar a dor de base.<sup>82</sup>

Apesar de ser este o protocolo utilizado em nosso Instituto, e de ele ter sido embasado por extensa revisão bibliográfica, é fato que ainda não apresenta validação em estudo apropriado, o que recomenda cautela em sua utilização nos serviços de neurocirurgia. Outro detalhe importante é que ele não contempla respostas para algumas situações encontradas na clínica diária, como a associação a trauma, obesidade,<sup>84</sup> fatores psiquiátricos<sup>85</sup> e distúrbios do balanço

sagital.<sup>86</sup> Como todo sistema inteligente matemático, deve ser acompanhado e fiscalizado por profissionais qualificados.

## Conclusão

Este trabalho, pelo conhecimento de sua equipe, foi o primeiro estudo que envolveu o Sistema Especialista como ferramenta no diagnóstico, classificação e condução da doença estenótica lombar. A inteligência artificial já é amplamente utilizada na medicina em aparelhos de eletrocardiograma e respiradores, entre tantos outros.<sup>5-7</sup> Recentemente, a neurocirurgia tem-se utilizado dos benefícios desse sistema na condução de algumas doenças, sendo seus resultados promissores.<sup>8-11</sup> Conseguiu-se, de forma eficiente e prática, mostrar que esta opção terapêutica pode auxiliar em clínicas neurocirúrgicas ou ortopédicas, orientando o médico e padronizando suas condutas, mas sempre respeitando seu *feeling* em cada situação.

## References

- 1 United Nations population Fund – UNFPA. Ageing in the Twenty-First Century. New York: UNFAP; 2012
- 2 Verbiest H. Results of surgical treatment of idiopathic developmental stenosis of the lumbar vertebral canal. A review of twenty-seven years' experience. *J Bone Joint Surg Br* 1977;59(2):181–188
- 3 Hicks GE, Gaines JM, Shardell M, Simonsick EM. Associations of back and leg pain with health status and functional capacity of older adults: findings from the retirement community back pain study. *Arthritis Rheum* 2008;59(9):1306–1313
- 4 Konno S, Kikuchi S, Tanaka Y, et al. A diagnostic support tool for lumbar spinal stenosis: a self-administered, self-reported history questionnaire. *BMC Musculoskelet Disord* 2007;8:102
- 5 Sheikhtaheri A, Sadoughi F, Hashemi Dehaghi Z. Developing and using expert systems and neural networks in medicine: a review on benefits and challenges. *J Med Syst* 2014;38(9):110
- 6 Madsen EM, Kaminski MS, Yolton RL. Automated decision making: the role of expert computer systems in the future of optometry. *J Am Optom Assoc* 1993;64(7):479–489
- 7 Smith AE, Nugent CD, McClean SI. Evaluation of inherent performance of intelligent medical decision support systems: utilising neural networks as an example. *Artif Intell Med* 2003;27(1):1–27
- 8 Azimi P, Benzal EC, Shahzadi S, Azhari S, Mohammadi HR. Use of artificial neural networks to predict surgical satisfaction in patients with lumbar spinal canal stenosis: clinical article. *J Neurosurg Spine* 2014;20(3):300–305

- 9 Azimi P, Mohammadi HR, Benzel EC, Shahzadi S, Azhari S, Montazeri A. Artificial neural networks in neurosurgery. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2015;86(3):251-256
- 10 Rughani AI, Dumont TM, Lu Z, et al. Use of an artificial neural network to predict head injury outcome. *J Neurosurg* 2010; 113(3):585-590
- 11 Kang DG, Lehman RA Jr, Lenke LG. Challenges in the classification of adolescent idiopathic scoliosis and the utility of artificial neural networks. *Spine J* 2013;13(11):1534-1537
- 12 Naudet F, Falissard B, Boussageon R, Healy D. Has evidence-based medicine left quackery behind? *Intern Emerg Med* 2015;10(5): 631-634
- 13 Burgers JS. [Criticism of evidence-based medicine: from reductionism to realism in the application of guidelines]. *Ned Tijdschr Geneesk* 2015;159:A8376
- 14 de Schepper EIT, Overvest GM, Suri P, et al. Diagnosis of lumbar spinal stenosis: an updated systematic review of the accuracy of diagnostic tests. *Spine* 2013;38(8):E469-E481
- 15 Suri P, Rainville J, Kalichman L, Katz JN. Does this older adult with lower extremity pain have the clinical syndrome of lumbar spinal stenosis? *JAMA* 2010;304(23):2628-2636
- 16 Yamashita K, Aono H, Yamasaki R. Clinical classification of patients with lumbar spinal stenosis based on their leg pain syndrome: its correlation with 2-year surgical outcome. *Spine* 2007;32(9):980-985
- 17 Fardon DF, Milette PC; Combined Task Forces of the North American Spine Society, American Society of Spine Radiology, and American Society of Neuroradiology. Nomenclature and classification of lumbar disc pathology. Recommendations of the Combined task Forces of the North American Spine Society, American Society of Spine Radiology, and American Society of Neuroradiology. *Spine* 2001;26(5):E93-E113
- 18 Stucki G, Daltroy L, Liang MH, Lipson SJ, Fossel AH, Katz JN. Measurement properties of a self-administered outcome measure in lumbar spinal stenosis. *Spine* 1996;21(7):796-803
- 19 Pratt RK, Fairbank JCT, Virr A. The reliability of the Shuttle Walking Test, the Swiss Spinal Stenosis Questionnaire, the Oxford Spinal Stenosis Score, and the Oswestry Disability Index in the assessment of patients with lumbar spinal stenosis. *Spine* 2002; 27(1):84-91
- 20 Overvest GM, Luijsterburg PA, Brand R, et al. Design of the Verbiest trial: cost-effectiveness of surgery versus prolonged conservative treatment in patients with lumbar stenosis. *BMC Musculoskelet Disord* 2011;12(1):57
- 21 Zucherman JF, Hsu KY, Hartjen CA, et al. A prospective randomized multi-center study for the treatment of lumbar spinal stenosis with the X STOP interspinous implant: 1-year results. *Eur Spine J* 2004;13(1):22-31
- 22 Izzo R, Guarnieri G, Guglielmi G, Muto M. Biomechanics of the spine. Part I: spinal stability. *Eur J Radiol* 2013;82(1):118-126
- 23 Blumenthal C, Curran J, Benzel EC, et al. Radiographic predictors of delayed instability following decompression without fusion for degenerative grade I lumbar spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine* 2013;18(4):340-346
- 24 Lee Y-P, Sclafani J. Lumbar iatrogenic spinal instability. *Semin Spine Surg* 2013;25(2):131-137
- 25 Resnick DK, Choudhri TF, Dailey AT, et al; American Association of Neurological Surgeons/Congress of Neurological Surgeons. Guidelines for the performance of fusion procedures for degenerative disease of the lumbar spine. Part 9: fusion in patients with stenosis and spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine* 2005;2(6): 679-685
- 26 Aghayev K, Gonzalez-Blohm SA, Doulgeris JJ, Lee WE III, Waddell JK, Vrionis FD. Feasibility and biomechanical performance of a novel transdiscal screw system for one level in non-spondylolisthetic lumbar fusion: an in vitro investigation. *Spine J* 2014;14(4): 705-713
- 27 Malmivaara A, Slätis P, Heliövaara M, et al; Finnish Lumbar Spinal Research Group. Surgical or nonoperative treatment for lumbar spinal stenosis? A randomized controlled trial. *Spine* 2007;32(1): 1-8
- 28 Yang C, Zheng Z, Liu H, Wang J, Kim YJ, Cho S. Posterior vertebral column resection in spinal deformity: a systematic review. *Eur Spine J* 2015
- 29 Dincer F. "Lateral recess syndrome and computed tomography," vol. 2, pp. 30-35, 1991
- 30 Ciric I, Mikhael MA, Tarkington JA, Vick NA. The lateral recess syndrome. A variant of spinal stenosis. *J Neurosurg* 1980;53(4): 433-443
- 31 Lee S, Lee JW, Yeom JS, et al. A practical MRI grading system for lumbar foraminal stenosis. *AJR Am J Roentgenol* 2010;194(4): 1095-1098
- 32 Barz T, Melloh M, Staub LP, et al. Nerve root sedimentation sign: evaluation of a new radiological sign in lumbar spinal stenosis. *Spine* 2010;35(8):892-897
- 33 Rawall S, Mohan K. "References 1.," *Spine* 2010;35(24):1359-1361
- 34 Khanna AJ. Commentary: the sedimentation sign: correlation with operative level in patients undergoing lumbar decompression for spinal stenosis. *Spine J* 2013;13(8):843-844
- 35 Fazal A, Yoo A, Bendo JA. Does the presence of the nerve root sedimentation sign on MRI correlate with the operative level in patients undergoing posterior lumbar decompression for lumbar stenosis? *Spine J* 2013;13(8):837-842
- 36 Moses RA, Zhao W, Staub LP, Melloh M, Barz T, Lurie JD. Is the sedimentation sign associated with spinal stenosis surgical treatment effect in SPORT? *Spine* 2015;40(3):129-136
- 37 Lee GY, Lee JW, Choi HS, Oh KJ, Kang HS. A new grading system of lumbar central canal stenosis on MRI: an easy and reliable method. *Skeletal Radiol* 2011;40(8):1033-1039
- 38 Park H-J, Kim SS, Lee Y-J, et al. Clinical correlation of a new practical MRI method for assessing central lumbar spinal stenosis. *Br J Radiol* 2013;86(1025):20120180
- 39 Whitman JM, Flynn TW, Childs JD, et al. A comparison between two physical therapy treatment programs for patients with lumbar spinal stenosis: a randomized clinical trial. *Spine* 2006; 31(22):2541-2549
- 40 Whitman JM, Flynn TW, Fritz JM. Nonsurgical management of patients with lumbar spinal stenosis: a literature review and a case series of three patients managed with physical therapy. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2003;14(1):77-101, vi-vii
- 41 Maitland G. "Peripheral Manipulation," OXFORD Butterworth-Heinemann, 1991
- 42 Greenman P. *Principles of Manual Medicine*. Philadelphia 1996
- 43 Kreiner DS, Shaffer WO, Baisden JL, et al; North American Spine Society. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spinal stenosis (update). *Spine J* 2013;13(7):734-743
- 44 Cohen SP, Bicket MC, Jamison D, Wilkinson I, Rathmell JP. Epidural steroids: a comprehensive, evidence-based review. *Reg Anesth Pain Med* 2013;38(3):175-200
- 45 Ghai B, Vadaje KS, Wig J, Dhillon MS. Lateral parasagittal versus midline interlaminar lumbar epidural steroid injection for management of low back pain with lumbosacral radicular pain: a double-blind, randomized study. *Anesth Analg* 2013;117(1): 219-227
- 46 Barbagallo GMV, Olindo G, Corbino L, Albanese V. Analysis of complications in patients treated with the X-Stop Interspinous Process Decompression System: proposal for a novel anatomic scoring system for patient selection and review of the literature. *Neurosurgery* 2009;65(1):111-119, discussion 119-120
- 47 Burnett MG, Stein SC, Bartels RH. Cost-effectiveness of current treatment strategies for lumbar spinal stenosis: nonsurgical care, laminectomy, and X-STOP. *J Neurosurg Spine* 2010;13(1): 39-46

- 48 Bowers C, Amini A, Dailey AT, Schmidt MH. Dynamic interspinous process stabilization: review of complications associated with the X-Stop device. *Neurosurg Focus* 2010;28(6):E8
- 49 Kabir SMR, Gupta SR, Casey ATH. Lumbar interspinous spacers: a systematic review of clinical and biomechanical evidence. *Spine* 2010;35(25):E1499–E1506
- 50 Kovacs FM, Urrútia G, Alarcón JD. Surgery versus conservative treatment for symptomatic lumbar spinal stenosis: a systematic review of randomized controlled trials. *Spine* 2011;36(20):E1335–E1351
- 51 Mikami Y, Nagae M, Ikeda T, Tonomura H, Fujiwara H, Kubo T. Tubular surgery with the assistance of endoscopic surgery via midline approach for lumbar spinal canal stenosis: a technical note. *Eur Spine J* 2013;22(9):2105–2112
- 52 Wong AP, Smith ZA, Lall RR, Bresnahan LE, Fessler RG. The microendoscopic decompression of lumbar stenosis: a review of the current literature and clinical results. *Minim Invasive Surg* 2012;2012:325095
- 53 Yagi M, Okada E, Ninomiya K, Kihara M. Postoperative outcome after modified unilateral approach microendoscopic midline decompression for degenerative spinal stenosis. *J Neurosurg Spine* 2009;10(4):293–299
- 54 Schultz KP. [Risk of instability following decompression surgery for lumbar spinal stenosis]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1995;133(3):236–241 Jan
- 55 Fox MW, Onofrio BM, Onofrio BM, Hanssen AD. Clinical outcomes and radiological instability following decompressive lumbar laminectomy for degenerative spinal stenosis: a comparison of patients undergoing concomitant arthrodesis versus decompression alone. *J Neurosurg* 1996;85(5):793–802
- 56 Kato Y, Panjabi MM, Nibu K. Biomechanical study of lumbar spinal stability after osteoplastic laminectomy. *J Spinal Disord* 1998;11(2):146–150
- 57 Bisschop A, Mullender MG, Kingma I, et al. The impact of bone mineral density and disc degeneration on shear strength and stiffness of the lumbar spine following laminectomy. *Eur Spine J* 2012;21(3):530–536
- 58 Rosen C, Rothman S, Zigler J, Capen D. Lumbar facet fracture as a possible source of pain after lumbar laminectomy. *Spine* 1991;16(6, Suppl):S234–S238
- 59 Adams MA, Hutton WC. The mechanical function of the lumbar apophyseal joints. *Spine* 1983;8(3):327–330
- 60 Grobler LJ, Robertson PA, Novotny JE, Ahern JW. Decompression for degenerative spondylolisthesis and spinal stenosis at L4–5. The effects on facet joint morphology. *Spine* 1993;18(11):1475–1482
- 61 Robertson PA, Grobler LJ, Novotny JE, Katz JN. Postoperative spondylolisthesis at L4–5. The role of facet joint morphology. *Spine* 1993;18(11):1483–1490
- 62 Posner I, White AA III, Edwards WT, Hayes WC. A biomechanical analysis of the clinical stability of the lumbar and lumbosacral spine. *Spine* 1982;7(4):374–389
- 63 Ghogawala Z, Benzel EC, Amin-Hanjani S, et al. Prospective outcomes evaluation after decompression with or without instrumented fusion for lumbar stenosis and degenerative Grade I spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine* 2004;1(3):267–272
- 64 Resnick DK, Choudhri TF, Dailey AT, et al; American Association of Neurological Surgeons/Congress of Neurological Surgeons. Guidelines for the performance of fusion procedures for degenerative disease of the lumbar spine. Part 10: fusion following decompression in patients with stenosis without spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine* 2005;2(6):686–691
- 65 Watters WC III, Baisden J, Gilbert TJ, et al; North American Spine Society. Degenerative lumbar spinal stenosis: an evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spinal stenosis. *Spine J* 2008;8(2):305–310
- 66 Eck JC, Sharan A, Ghogawala Z, et al. Guideline update for the performance of fusion procedures for degenerative disease of the lumbar spine. Part 7: lumbar fusion for intractable low-back pain without stenosis or spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine* 2014;21(1):42–47
- 67 Herkowitz HN, Kurz LT. Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis. A prospective study comparing decompression with decompression and intertransverse process arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am* 1991;73(6):802–808
- 68 Burgstaller JM, Porchet F, Steurer J, Wertli MM. Arguments for the choice of surgical treatments in patients with lumbar spinal stenosis - a systematic appraisal of randomized controlled trials. *BMC Musculoskelet Disord* 2015;16(1):96
- 69 Benditz A, Grifka J, Matussek J. [Lumbar spinal stenosis. From diagnosis to correct therapy]. *Z Rheumatol* 2015;74(3):215–224, quiz 225
- 70 Machado GC, Ferreira PH, Harris IA, et al. Effectiveness of surgery for lumbar spinal stenosis: a systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE* 2015;10(3):e0122800
- 71 Colaiacomo MC, Tortora A, Di Biasi C, Poletti E, Casciani E, Gualdi GF. [Intervertebral instability]. *Clin Ter* 2009;160(6):e75–e82
- 72 Liu N, Wood KB, Schwab JH, et al. Utility of Flexion-Extension Radiographs in Lumbar Spondylolisthesis: A Prospective Study. *Spine* 2015;40(16):E929–E935
- 73 Mikhael MA, Ciric I, Tarkington JA, Vick NA. Neuroradiological evaluation of lateral recess syndrome. *Radiology* 1981;140(1):97–107
- 74 Ciric I, Mikhael MA. Lumbar spinal-lateral recess stenosis. *Neurol Clin* 1985;3(2):417–423
- 75 Ohba T, Ebata S, Fujita K, Sato H, Devin CJ, Haro H. Characterization of symptomatic lumbar foraminal stenosis by conventional imaging. *Eur Spine J* 2015;24(10):2269–2275
- 76 Park H-J, Kim SS, Lee S-Y, et al. Clinical correlation of a new MR imaging method for assessing lumbar foraminal stenosis. *AJNR Am J Neuroradiol* 2012;33(5):818–822
- 77 Maus T. Imaging the back pain patient. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2010;21(4):725–766
- 78 Houten JK, Errico TJ. Paraplegia after lumbosacral nerve root block: report of three cases. *Spine J* 2002;2(1):70–75 Jan
- 79 Lurie JD, Tosteson TD, Tosteson A, et al. Long-term outcomes of lumbar spinal stenosis: eight-year results of the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT). *Spine* 2015;40(2):63–76
- 80 Sengupta DK, Herkowitz HN. Lumbar spinal stenosis. Treatment strategies and indications for surgery. *Orthop Clin North Am* 2003;34(2):281–295
- 81 Hansraj KK, Cammisa FP Jr, O'Leary PF, et al. Decompressive surgery for typical lumbar spinal stenosis. *Clin Orthop Relat Res* 2001;(384):10–17
- 82 Hansraj KK, O'Leary PF, Cammisa FP Jr, et al. Decompression, fusion, and instrumentation surgery for complex lumbar spinal stenosis. *Clin Orthop Relat Res* 2001;(384):18–25
- 83 Herkowitz HN, Garfin SR, Eismont FJ, Bell GR, Balderston RA. *Rothman-Simeone The Spine: Expert Consult*. Elsevier Health Sciences; 2011
- 84 Giannadakis C, Nerland US, Solheim O, et al. Does obesity affect outcomes after decompressive surgery for lumbar spinal stenosis? – A multicenter observational registry-based study. *World Neurosurg* 2015
- 85 Lubelski D, Thompson NR, Bansal S, et al. Depression as a predictor of worse quality of life outcomes following nonoperative treatment for lumbar stenosis. *J Neurosurg Spine* 2015;22(3):267–272
- 86 Bredow J, Oppermann J, Scheyerer MJ, et al. Lumbar lordosis and sacral slope in lumbar spinal stenosis: standard values and measurement accuracy. *Arch Orthop Trauma Surg* 2015;135(5):607–612