



МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ СУЖЕНИЯ ПОЗВОНОЧНОГО КАНАЛА ПРИ ПОЯСНИЧНОМ СПИНАЛЬНОМ СТЕНОЗЕ

С.К. Макиров^{1, 2}, В.А. Осадчий³, А.А. Юз¹

¹Российская медицинская академия последипломного образования

²Центральная клиническая больница РАН, Москва

³Национальный исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов»

Цель исследования. Анализ способа оценки степени сужения позвоночного канала при поясничном спинальном стенозе, основанного на его анатомических аспектах.

Материал и методы. Исследованы 22 пациента с 41 стенозированным сегментом. Средний возраст 57 лет. Количество пораженных сегментов у одного пациента в среднем 2,1. У всех пациентов измеряли восемь радиологических критериев. Измерения проводили на уровне середины межпозвонкового диска и фасеточных суставов. Для всех критериев рассчитана линейная парная корреляция. На основании коэффициентов корреляции были составлены уравнения регрессии.

Результаты. Выявлена сильная корреляция линейных величин с параметрами площади. Анализ полученных уравнений регрессии показал адекватность математических моделей и высокое значение коэффициента множественной корреляции. Для описания степени сужения позвоночного канала предложен коэффициент стеноза как отношение суммы площадей боковых каналов к площади поперечного сечения дурального мешка. Сравнение средних значений коэффициента для контрольной и основной групп показало статистически значимые различия.

Заключение. Применен новый подход к поиску оптимального радиологического критерия сужения позвоночного канала. На основании полученных данных введен параметр «коэффициент стеноза», имеющий высокую корреляцию с данным числовых оценочных шкал. На малой выборке получены обнадеживающие результаты.

Ключевые слова: поясничный спинальный стеноз, радиологические критерии, коэффициент стеноза, сужение позвоночного канала.

Для цитирования: Макиров С.К., Осадчий В.А., Юз А.А. Методика оценки степени сужения позвоночного канала при поясничном спинальном стенозе // Хирургия позвоночника. 2014. № 4. С. 57–64.

ASSESSMENT OF THE DEGREE OF SPINAL CANAL NARROWING IN LUMBAR SPINAL STENOSIS

S.K. Makirov, V.A. Osadchy, A.A. Yuz

Objective. To analyze the method for assessing a degree of spinal canal narrowing based on anatomical aspects of lumbar spinal stenosis.

Material and Methods. Twenty two patients with 41 stenotic segments were involved in the study. Mean age of patients was 51.8 years. Mean number of stenotic segments in one patient was 2.1. Eight radiological criteria were measured in all patients. Measurements were carried out at the level of the middle of intervertebral disc and facet joints. The linear pair correlation was calculated for all criteria. The regression equations were composed based on correlation coefficients.

Results. Strong linear correlation between the linear and area variables was found. The analysis of regression equations showed the adequacy of mathematical models and high value of the multiple correlation coefficient. To describe a degree of spinal canal narrowing the authors suggested using a stenosis coefficient as the ratio of the sum of lateral canal areas to the dural sac cross-sectional area. Comparison between average values of this coefficient in the study and the control groups showed statistically significant differences.

Conclusion. The new approach to searching for an optimal radiological criteria of spinal canal narrowing is used. Based on the obtained data, the parameter “stenosis coefficient” is introduced, which has high correlation with the numerical grading scales. Results obtained in the small sample are encouraging.

Key Words: lumbar spinal stenosis, radiological criteria, stenosis coefficient, spinal canal narrowing.

Hir. Pozvonoc. 2014; (4):57–64.

Поясничный спинальный стеноз – это патологическое состояние позвоночного канала, характеризующееся его концентрическим сужением с появлением характерного симптомокомплекса. Одной из основных проблем, связанных с определением спинального стеноза, является отсутствие его четких унифицированных радиологических признаков, позволяющих придать универсальность описанию данного патологического состояния. Как известно, анатомически поясничные спинальные стенозы разделяются на центральные и латеральные. Такое деление вполне оправдано при учете топографической анатомии структур спинно-мозгового канала. Однако, по данным литературных источников, ни один из имеющихся способов оценки состояния позвоночного канала не учитывает локализацию патологического процесса относительно топографической анатомии составляющих его структур.

Цель исследования – анализ нового способа оценки степени сужения позвоночного канала, основанного на анатомических аспектах поясничного спинального стеноза. Исследование является пилотным.

Материал и методы

В пилотном исследовании приняли участие 22 пациента с 41 стенозированным сегментом, находившихся на лечении в ЦКБ РАН с диагнозом «поясничный спинальный стеноз» на уровне L₁–L₅ сегментов. Распределение по полу: 17 (86,3 %) женщин, 5 (13,7 %) мужчин. Сужения позвоночного канала на уровне L₅–S₁ в исследование не включали. Средний возраст пациентов 57 лет (21–84 года). Диагноз устанавливали по данным МРТ (сегментарное сужение позвоночного канала в сравнении с остальными, относительно здоровыми сегментами) и характерной для заболевания клинической картине [8], выраженность которой оценивали по данным числовых оценочных шкал Освестровского опросника нарушения жизнедеятельности ODI (Oswestry Disability

Index) и модифицированной швейцарской шкалы спинального стеноза SSS (Spinal Stenosis Scale). Количество пораженных сегментов составляло в среднем 2,1 (одноуровневые поражения у 10 пациентов, двухуровневые – у 8, трехуровневые – у 2, четырехуровневые – у 2).

В контрольную группу вошли позвоночные каналы без признаков стенозирования случайно отобранных здоровых испытуемых различных возрастных групп: всего 41 позвоночный сегмент. В контрольной группе измеряли только параметры площади и коэффициент отношения суммы площадей латеральных каналов к площади поперечного сечения дурального мешка.

Для оценки состояния позвоночного канала разработана метрическая система, основанная на определении общей и сегментарной площади спинно-мозгового канала в пределах границ дурального мешка и латеральных каналов (заявка на изобретение RU 2014108612 от 06.03.2014 г.). Предложенный способ осуществляется следующим образом. При обращении пациента в лечебное учреждение с характерными для пояснично-

го спинального стеноза жалобами [8] проводят сбор анамнеза заболевания и физикальный осмотр, затем оценивают тяжесть течения заболевания при помощи опросников ODI и SSS, которые переведены на русский язык и адаптированы авторами.

Затем на коронарных МР-сканах на уровне середины межпозвоночного диска и фасеточных суставов определяют общую площадь поперечного сечения дурального мешка, левого и правого латеральных каналов (в мм², округление до целых величин). Медиальной границей площади латерального канала является боковая стенка дурального мешка, верхней – тело позвонка, нижней – передняя *pars interarticularis*, латеральной – межпозвоночное отверстие. Рассчитывается сумма площадей латеральных каналов. Измерение площадей выполняется в программе «ImageJ 1.47v» (Wayne Rasband, National Institutes of Health, USA) по вышеописанным ориентирам. Измерение линейных величин производится в программе «RadiAnt DICOM Viewer».

У всех пациентов определяли следующие критерии (рис.):



Рис.

Схема измерения площадей (а) и линейных величин (б) спинно-мозгового канала: 1 – площадь поперечного сечения латерального канала; 2 – площадь поперечного сечения дурального мешка; 5 – переднезадний диаметр дурального мешка; 6 – поперечный диаметр дурального мешка; 7 – межфасеточное расстояние; 8 – глубина латерального углубления; 9 – угол латерального углубления

- 1) площадь левого и правого латеральных каналов (в том числе суммарную);
- 2) площадь поперечного сечения дурального мешка;
- 3) общую площадь поперечного сечения дурального мешка и латеральных каналов;
- 4) уровень измерения позвоночного канала;
- 5) переднезадний диаметр дурального мешка;
- 6) поперечный диаметр дурального мешка;
- 7) межфасеточное расстояние;
- 8) глубину левого и правого латерального углубления;
- 9) угол левого и правого латерального углубления.

Для всех критериев рассчитана линейная парная корреляция. За зависимые переменные приняты критерии площади, за их отклики – линейные величины. Составлены уравнения регрессии.

Для каждого стенозированный сегмента рассчитывали коэффициент отношения суммарной площади боковых каналов к площади поперечного сечения дурального мешка, названный коэффициентом стеноза. Значение коэффициента сопоставляли с данными, полученными при заполнении пациентом числовых оценочных шкал, оценивая таким образом корреляцию коэффициента стеноза с тяжестью клинического течения заболевания.

Результаты

Матрица коэффициентов линейной парной корреляции критериев спинального стеноза приведена в табл. 1. Можно принимать, что значения свыше 0,3–0,5 свидетельствуют о наличии связи, значения свыше 0,6–0,8 – о наличии сильной зависимости. Как видно из табл. 1, наиболее сильная и полная корреляция линейных величин отмечается с параметрами «площадь спинно-мозгового канала», «площадь центральной части канала», «сумма латеральных каналов».

Таким образом, если принять критерии площади за независимые переменные, а линейные величины представить их функциями, можно построить уравнения регрессии для оценки математических взаимоотношений представленных критериев.

Для суммарной площади поперечного сечения дурального мешка и латеральных каналов ($S_{\text{общ}}$) уравнение регрессии будет иметь вид:

$$S_{\text{общ}} = 73,979 - 34,564a + 3,2642ab - 3,2988c - 45,622e^c \times 10^{-6} - 0,532541ad + 8,8397e^d \times 10^{-9} + 1,6312bx + 2,821ax + 0,895555dx - 1,2874x^2 + 781,36e^x \times 10^{-6} - 0,112397le^b + 4,6273al + 1,7777cl - 0,705308dl - 4,1539le^d \times 10^{-9} - 0,0493349le^l$$

Для площади поперечного сечения дурального мешка ($S_{\text{дм}}$):

$$S_{\text{дм}} = 20,97 - 0,232082e^b + 2,2805ab - 1,408ac - 25,881e^c \times 10^{-6} - 0,581787bd + 7,5121e^d \times 10^{-9} + 2,6178bx + 0,942024dx - 0,980777x^2 + 904,05e^x \times 10^{-6} + 2,4068al - 13,52al \times 10^{-3} + 1,5416cl - 0,948153dl - 3,9388le^d \times 10^{-9} - 140,67lex \times 10^{-6}$$

Для суммарной площади латеральных каналов ($S_{\text{лп}}$):

$$S_{\text{сум}} = 7,8968 - 2,2562a^2 + 0,277589bc - 17,456e^c \times 10^{-6} + 0,818881d + 0,299036bx + 1,2592ax - 0,48867cx + 134,54e^x \times 10^{-6} - 0,760372bl + 27,27le^a \times 10^{-3} + 0,820232cl - 0,125989dl - 0,019965le^l$$

Для площади левого латерального канала ($S_{\text{лп}}$):

$$S_{\text{лп}} = 12,385 + 1,0806ab - 1,8762a^2 + 0,0630673e^a + 0,525861bc - 0,312815ac - 0,145376c^2 - 0,575127d + 0,295572ad - 0,602538x - 1,046bl - 0,0159611le^b + 0,80023 + 0,457975cl + 140,46le^d \times 10^{-12} + 71,593le^x \times 10^{-6} - 0,0128876le^l$$

Для площади правого латерального канала ($S_{\text{лп}}$):

$$S_{\text{лп}} = (-0,081946 - 0,0746809b^2 - 0,0846632ab - 1,8533e^a \times 10^{-3} + 0,344746d - 0,133269ad + 325,74e^d \times 10^{-12} + 0,0874638bx + 0,307217ax - 0,0703017cx - 0,0789677bl + 3,2052le^b \times 10^{-3} + 0,135448cl - 586,92le^c \times 10^{-9} - 131,99le^d \times 10^{-12} - 0,0765592lx - 4,4185le^x \times 10^{-6} - 1,6345le^l \times 10^{-3})^2$$

Обозначение величин для приведенных уравнений: a – высота правого латерального углубления; b – высота левого латерального углубления; c – межфасеточное расстояние, d – поперечный диаметр дурального мешка, x – переднезадний диаметр дурального мешка, l – уровень измерения позвоночного канала.

При оценке коэффициента стеноза для двух групп получены следующие данные: для контрольной в 95,2 % случаев минимальная величина коэффициента 0,30 и выше (39 сегментов), в 2 (4,8 %) случаях значение коэффициента 0,24–0,27; для основной группы в 90,3 % (37 сегментов) случаев значение коэффициента 0,24 и ниже, в 9,7 % (4 сегмента) – 0,25–0,26.

Как видно, имеется общая зона значений коэффициента (0,24–0,26). Полученные данные могут соответствовать четырем вариантам состояния позвоночного канала:

- 1) от 0,19 и ниже – выраженный стеноз позвоночного канала;
- 2) от 0,20 до 0,24 – клинически значимый стеноз позвоночного канала;
- 3) от 0,25 до 0,29 – вероятный стеноз;
- 4) от 0,30 и выше – нормальный позвоночный канал.

Таблица 1
Матрица коэффициентов линейной парной корреляции критериев поясничного спинального стеноза

Корреляция	Общая площадь	Площадь поперечного сечения дурального мешка	Площадь левого латерального канала	Площадь правого латерального канала	Сумма площадей латеральных каналов	Переднезадний размер дурального мешка	Перечный диаметр дурального мешка	Межфасеточное расстояние	Высота правого латерального углубления	Высота левого латерального углубления	Угол правого латерального углубления	Угол левого латерального углубления	Уровень измерения позвоночного канала
Площадь левого латерального канала	0,97	0,75	0,64	0,51	0,89	0,40	0,48	0,36	0,61	0,62	0,18	-0,27	-0,52
Площадь правого латерального канала	0,97	0,64	0,62	0,51	0,73	0,48	0,48	0,64	0,53	0,62	0,01	-0,10	-0,28
Сумма площадей латеральных каналов	0,97	0,75	0,64	0,51	0,89	0,40	0,48	0,36	0,61	0,62	0,18	-0,27	-0,52
Переднезадний размер дурального мешка	0,69	0,73	0,40	0,34	0,43	0,21	0,21	0,42	0,23	0,23	0,07	-0,10	-0,28
Перечный диаметр дурального мешка	0,57	0,53	0,48	0,48	0,55	0,21	0,21	0,59	0,48	0,53	0,15	-0,31	-0,31
Межфасеточное расстояние	0,64	0,64	0,36	0,36	0,48	0,48	0,48	0,30	0,30	0,30	0,00	-0,10	-0,47
Высота правого латерального углубления	0,54	0,53	0,33	0,33	0,48	0,48	0,48	0,30	0,30	0,30	0,13	-0,15	-0,15
Высота левого латерального углубления	0,65	0,62	0,61	0,61	0,72	0,20	0,20	0,72	0,72	0,72	0,14	-0,37	-0,37
Угол правого латерального углубления	0,07	0,01	-0,10	0,01	0,00	0,07	0,07	0,00	0,20	0,20	0,25	-0,12	-0,12
Угол левого латерального углубления	0,02	0,01	0,18	-0,20	0,03	-0,10	-0,10	-0,10	0,14	0,14	0,25	-0,14	-0,14
Уровень измерения позвоночного канала	-0,51	-0,52	-0,27	-0,28	-0,32	-0,28	-0,28	-0,48	-0,37	-0,37	-0,12	-0,14	-0,14

Сравнение средних значений коэффициентов для двух групп показало статистически значимые различия в сторону уменьшения коэффициента для основной группы ($t = -12,5$; $p < 0,0001$).

В табл. 2 приведены коэффициенты корреляции коэффициента стеноза с данными числовых оценочных шкал ODI и SSS. Как видно из таблицы, коэффициент корреляции составил $-0,76$ и $-0,74$ соответственно ($p < 0,0001$), что говорит о наличии сильной зависимости.

Обсуждение

Поясничный спинальный стеноз относится к достаточно распространенным заболеваниям (1:1000 населения) [6, 7, 17, 18]. Его инцидентность значительно возросла за последние несколько лет, что во многом связано с увеличением средней продолжительности жизни [24]. По мере появления новых методов исследований и внедрения их в клиническую практику предлагались новые радиологические критерии оценки позвоночного канала, а также зоны и уровни его измерения. В последние годы золотым стандартом диагностики поясничного спинального стеноза стала МРТ, позволяющая визуализировать не только костные, но и мягкотканые рентгенонегативные структуры. Для проведения качественного исследования, посвященного тому или иному заболеванию, требуется определение чувствительных и рациональных критериев включения в исследование. Однако для поясничных спинальных стенозов подобного критерия до сих пор не разработано.

Steurer et al. [22] пришли к выводу о необходимости разработки четко определенных, однозначных радиологических критериев поясничного спинального стеноза для улучшения качества клинических исследований и диагностики.

В своем исследовании Genevay et al. [5] пришли к выводу, что для включения пациентов в исследования, посвященные поясничным спинальным стенозам, используются самые разнообразные комбинации симптомов, клинических признаков и радиологических критериев.

Североамериканское сообщество заболеваний позвоночника [19] в своих клинических рекомендациях отметило, что медицинская визуализация – ключевой диагностический метод в выявлении поясничного спинального стеноза, однако радиологические критерии стеноза ими также не указаны.

Целью нашего исследования стало создание точного, информативного, простого и объективного способа оценки степени сужения позвоночного канала при поясничном спинальном стенозе. Сущность метода состоит в том, что при помощи МРТ, путем измерения линейных величин на аксиальных срезах, определяется площадь поперечного сечения дурального мешка и латеральных каналов в сегментах L_1-L_5 по приведенным формулам. Следует отметить, что мы не рассматриваем сужение позвоночного канала на уровне пояснично-крестцового перехода (L_5-S_1): данный отдел позвоночного столба существенно отличается от поясничного как анатомически, так и функционально.

Для выбора измеряемых показателей было отобрано 15 работ по КТ и МРТ. В каждом исследовании использован определенный радиологический критерий стеноза. Ниже перечислены сами критерии и их критические значения по данным литературы.

Переднезадний размер (диаметр) дурального мешка – это расстояние между серединой тела позвонка и серединой основания остистого отростка на границе дурального мешка. Критерий оценивался в 3 работах [10–12]. Критические значения сильно варьируются (от <10 до <15 мм) в связи с разными уровнями измерения.

Кроме этого, в ряде работ использовался параметр «переднезадний диаметр спинно-мозгового канала», однако авторы отмечают его низкую диагностическую ценность. Так, Bolender et al. [2] в своей работе пришли к выводу, что данный показатель является менее информативным (20 % верных диагнозов), чем оценка контрастной зоны дурального мешка на миелограммах (83 %). На наш взгляд, деформация дурального мешка является более объективным показателем наличия стеноза, так как именно сдавление невральных элементов обуславливает его клинические проявления. В то же время сужение спинно-мозгового канала без деформации дурального мешка еще не является признаком стенозирования, так как строение канала может различаться и иметь свои анатомические особенности.

Поперечный диаметр дурального мешка – расстояние между латеральными границами дурального мешка на уровне боковых каналов. Использовался в 2 работах [14, 25]. Критическое значение при стенозе от <15 до <16 мм. Зоны измерения разнятся.

Площадь поперечного сечения дурального мешка: критерий оценивался в 7 работах [2, 9, 16, 17, 20, 21, 25]. Зоны измерения существенно варьировались. Критическое значение при стенозах от <75 до <130 мм².

Межфасеточное расстояние – это расстояние между внутренней поверхностью желтых связок на линии, сое-

Таблица 2

Коэффициенты корреляции значений оценочных шкал и коэффициента стеноза

Корреляция	Коэффициент стеноза	ODI	SSS
Коэффициент стеноза	1	-0,76	-0,74
ODI	-0,76	1	-0,97
SSS	-0,74	-0,97	1

диняющей суставные щели фасеточных суставов на уровне межпозвоночного диска. Критерий использовался в 2 работах [10, 26]. Критическое значение при стенозе от <15 до <16 мм.

Высота латерального углубления – это расстояние между наиболее медиальной точкой верхней суставной фасетки и задней точкой тела позвонка. Критерий использовался в 2 работах [3, 23]. Критическое значение от $\leq 3,6$ до $<2,0$ мм.

Угол латерального углубления – это угол между дном и крышей латерального канала. Использовался в 1 работе [23]. Критическое значение $<30^\circ$.

Кроме того, нами предложено и апробировано три собственных радиологических критерия: уровень измерения, площадь поперечного сечения левого и правого латеральных каналов и их суммарная площадь. Границы измерения площадей описаны выше. Все измерения площадей выполняли при помощи ручного выделения границ измеряемой области, что является существенным недостатком методики из-за возможности ошибок и субъективной интерпретации изображений. Для максимального снижения вероятности ошибки измерения выполняли трижды, после чего выбирали среднее арифметическое значение, которое в дальнейшем использовали для расчетов. Таким образом, описанная методика нуждается в существенной доработке для повышения валидности, что будет целью будущих исследований.

В целом, сегментарное разделение общей площади поперечного сечения позвоночного канала является вполне обоснованным. Как известно, форма спинно-мозгового канала в поясничном отделе позвоночника больше стремится к треугольной, поэтому степень стенозирования различных его отделов неоднозначна с точки зрения относительных величин. Так, например, грыжа диска, выступающая в просвет позвоночного канала на 5 мм, вызывает гораздо меньшую степень сужения в центральных отделах, чем в латеральных. Аналогичная ситуация складывается для гипертро-

фии фасеточных суставов, что в большей степени сказывается на сужении именно латеральных отделов. В 1983 г. Lee et al. [16] описали топографическую анатомию латерального канала, предложив разделить его на три зоны: зона входа, срединная зона и зона выхода. Авторы доказали, что латеральный канал является сложной структурой, топографическая анатомия в разных его отделах не одинакова. Следовательно, измерение площади латерального канала как самостоятельной структуры является оправданной и необходимой для точной оценки степени стенозирования позвоночного канала в целом.

Отдельного обсуждения требует переменная «уровень измерения позвоночного канала», поскольку для математической оценки переменная применяется впервые. Как уже говорилось выше, использовали фиксированный уровень измерения позвоночного канала: на уровне середины межпозвоночного диска и фасеточных суставов. Выбор места измерения основан на положении о дегенеративных изменениях трехсуставного комплекса, определяющих стеноз с точки зрения его морфологического субстрата [13]. Кроме того, в указанной зоне удастся визуализировать желтые связки и оценить степень сужения канала при их пролабирании или гипертрофии. С математической точки зрения, выбранная зона есть середина расстояния между центральными точками тел смежных позвонков. Если пронумеровать поясничные позвонки от 1 до 5, то промежуточная величина уровня измерения L_1-L_2 будет соответствовать числу 1,5, уровня L_2-L_3 – числу 2,5 и т.д.

Для оценки описательной валидности всех отобранных критериев использовали анализ коэффициентов линейной парной корреляции. Из представленной таблицы хорошо видно, что наиболее сильная корреляция линейных величин отмечается именно с параметрами площади. В то же время корреляция линейных величин между собой более слабая. Следует отметить отсутствие значимой корреляции критерия «угол латерального углубления» с остальными линейными величинами и параметрами площади, в связи с этим критерий был исключен из исследования как неинформативный. Переменная «уровень измерения», рассчитанная по изложенной выше методике, имеет сильную корреляцию не только с параметрами площади, но и с рядом линейных величин.

Далее мы нашли математическую зависимость выявленных корреляционных взаимодействий при помощи уравнений регрессии. Площадь мы приняли за зависимую переменную из-за наибольшего числа сильных корреляций с линейными величинами. Соответственно, линейные величины были приняты за функции зависимой переменной. Получен ряд математических зависимостей, подробно описанных в главе «Результаты». По сути, получена достоверно адекватная математическая модель стеноза позвоночного канала на уровне поясничного отдела позвоночника.

Отдельного обсуждения требует построение математической модели стеноза латеральных каналов. Дело в том, что в нашей выборке было больше левосторонних стенозов, чем правосторонних. С этим, в частности, связаны различия в распределении данных площади левого и правого латеральных углублений по выборке. Мы не знаем, связано ли это с большей распространенностью левосторонних стенозов в популяции или же с малым объемом выборки, однако на настоящем этапе исследования расчет площади по формуле для латеральных каналов (правого и левого) дает довольно высокий процент ошибочных результатов. В любом случае данную проблему можно решить или увеличением числа выборки, или устранением влияния стороны измерения на получаемые данные. Значительно расширить объем выборки в рамках пилотного исследования не представляется возможным, поэтому для устранения влияния стороны сужения на корреляционный анализ мы ввели параметр «сумма площадей латеральных каналов», отграничив тем самым

боковые площади от центральной. Это снизило погрешность измерений и дало возможность оценить сужение латеральных отделов. Целесообразность расчета данного параметра по отдельной формуле пока не ясна. Этот вопрос будет окончательно решен в дальнейших исследованиях.

Для описания состояния позвоночного канала с учетом всего изложенного нами предложен коэффициент, представляющий собой отношение суммы площадей боковых каналов к площади поперечного сечения дурального мешка, получивший название «коэффициент стеноза».

Попытки создания подобного коэффициента уже предпринимались в других работах. Так, Laurencin et al. [15] ввели понятие «коэффициент стеноза» как отношение площади поперечного сечения дурального мешка двигательного сегмента к площади поперечного сечения дурального мешка стабильного сегмента. Данный показатель является довольно субъективным из-за оценки стабильности сегмента на статических МР-граммах в горизонтальном (нефизиологическом) положении.

В литературе описан способ диагностики стенозирующих процессов позвоночного канала и дурального мешка на поясничном уровне [1]. Способ включает измерение сагитального размера позвоночного канала и дурального мешка по данным КТ и определение коэффициента стенозирующего процесса по приведенной формуле. Методика, предложенная авторами, имеет ряд существенных недостатков, как, например, необходимость измерения около 48 показателей для одного сегмента и использования для диагностики КТ, требующей применения контраста для оценки состояния дурального мешка. Кроме того, авторы не проводят корреляционный анализ предложенного коэффициента с клинической картиной заболевания.

Предложенный нами коэффициент оценивает соотношение площадей внутри позвоночного канала на одном уровне, не требует прове-

дения сложных математических действий и инвазивных методов исследования. Мы считаем понятие «нормальная площадь» не вполне корректным. Площадь поперечного сечения спинно-мозгового канала всегда связана с индивидуальными анатомическими и конституциональными особенностями человека. Коэффициент стеноза, на наш взгляд, является более объективным показателем сужения позвоночного канала, так как в нем учитываются не абсолютные значения показателей, а их относительные величины.

Очень важным аспектом исследования является связь коэффициента стеноза с клинической картиной заболевания. На сегодняшний день существует большое количество числовых оценочных шкал, разработанных для объективизации оценки состояния пациента. Cleland et al. [4] выполнили фундаментальную работу по сравнению психометрических свойств наиболее часто используемых числовых оценочных шкал в диагностике поясничного спинального стеноза. Авторы пришли к выводу, что наиболее адекватными психометрическими свойствами обладают Освестровский опросник нарушения жизнедеятельности, модифицированная швейцарская шкала спинального стеноза и специфическая функциональная шкала. Однако, авторы отмечают необходимость их дальнейшего сравнения для оценки специфичности. Модифицированная швейцарская шкала спинального стеноза была признана золотым стандартом для оценки тяжести течения поясничного спинального стеноза.

В исследовании мы использовали ODI и SSS. Оба опросника адаптировали и перевели на русский язык. Мы отказались от применения специфической функциональной шкалы, так как она оценивает эффективность лечения в заданные промежутки времени и ее дизайн не подходит для нашего исследования.

Была выявлена сильная значимая корреляция коэффициента стеноза с данными числовых оценочных шкал, что свидетельствует о наличии взаи-

мосвязи между клинической картиной заболевания и данными медицинской визуализации.

В работе применен совершенно новый подход к поиску оптимального радиологического критерия сужения позвоночного канала. Статистически и математически доказано, что этим критерием является общая площадь поперечного сечения дурального мешка и латеральных каналов на уровне середины межпозвонкового диска и фасеточных суставов. Кроме того, для удобства клинической интерпретации данных был введен коэффициент стеноза, рассчитываемый по абсолютно новой методике. На малой выборке получены весьма обнадеживающие результаты. Оценка корреляции значения коэффициента стеноза с данными числовых оценочных шкал выявила сильную взаимосвязь между параметрами, что подтверждает связь клинической картины заболевания с данными медицинской визуализации.

Не стоит забывать, что это лишь предварительные данные, полученные на довольно ограниченной группе пациентов. Требуется их тщательная проверка на большей выборке как контрольной, так и основной групп для того, чтобы твердо рекомендовать методику для широкого применения в клинической практике. Предложенный способ оценки заявлен на получение патента на изобретение (заявка на изобретение RU 2014108612 от 06.03.2014 г.)

Выводы

1. Общая площадь поперечного сечения дурального мешка и латеральных каналов является оптимальным диагностическим критерием поясничного спинального стеноза, поскольку имеет сильные корреляционные связи с линейными величинами. Такое разделение площадей является оправданным с точки зрения анатомического строения позвоночного канала и диагностики боковых стенозов.

2. Оптимальным уровнем изменения позвоночного канала явля-

ется середина межпозвонкового диска и фасеточных суставов. Это подтверждается теорией о дегенеративных изменениях трехсуставного комплекса.

3. Коэффициент стеноза – это отношение суммы площадей латеральных каналов к площади поперечного сечения дурального мешка на уровне середины межпозвонкового диска и фасеточ-

ных суставов. Значение коэффициента имеет достоверно сильную корреляцию с данными оценочных шкал и достоверно отличается в основной и контрольной группах ($p < 0,0001$).

Литература

1. Пат. № 2483675 Российская Федерация. Способ диагностики стенозирующих процессов позвоночного канала и дурального мешка на поясничном уровне / Брюханов В.Г., Сороковиков В.А., Кошкарёва З.А. и др.; заявл. 15.03.11; опубл. 20.09.12. [Bryukhanov VG, Sorokovikov VA, Koshkareva ZV, et al. Method of diagnosing stenosing processes of vertebral canal and dural sac at waist level. RU Patent 2483675, filed 15.03.11; publ. 20.09.12. In Russian].
2. Bolender N, Schonstrom N, Spengler D. Role of computed tomography and myelography in the diagnosis of central spinal stenosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1985;67:240–246.
3. Ciric I, Mikhael MA, Tarkington JA, et al. The lateral recess syndrome. A variant of spinal stenosis. *J Neurosurg.* 1980;53:433–443.
4. Cleland JA, Whitman JM, Houser JL, et al. Psychometric properties of selected tests in patients with lumbar spinal stenosis. *Spine J.* 2012;12:921–931. doi: 10.1016/j.spinee.2012.05.004.
5. Genevay S, Atlas SJ, Katz JN. Variation in eligibility criteria from studies of radiculopathy due to a herniated disc and of neurogenic claudication due to lumbar spinal stenosis: a structured literature review. *Spine.* 2010;35:803–811. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181bc9454.
6. Grenier N, Kressel HY, Schiebler ML, et al. Normal and degenerative posterior spinal structures: MR imaging. *Radiology.* 1987;165:517–525.
7. Hakelius A. Prognosis in sciatica. A clinical follow-up of surgical and non-surgical treatment. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1970;129:1–76.
8. Hall S, Bartleson JD, Onofrio BM, et al. Lumbar spinal stenosis. Clinical features, diagnostic procedures, and results of surgical treatment in 68 patients. *Ann Intern Med.* 1985;103:271–275.
9. Hamanishi C, Matukura N, Fujita M, et al. Cross-sectional area of the stenotic lumbar dural tube measured from the transverse views of magnetic resonance imaging. *J Spinal Disord.* 1994;7:388–393.
10. Herzog RJ, Kaiser JA, Saal JA, et al. The importance of posterior epidural fat pad in lumbar central canal stenosis. *Spine.* 1991;16(6 Suppl):S227–S233.
11. Jonsson B, Annertz M, Sjöberg C, et al. A prospective and consecutive study of surgically treated lumbar spinal stenosis. Part I: Clinical features related to radiographic findings. *Spine.* 1997;22:2932–2937.
12. Kalichman L, Cole R, Kim DH, et al. Spinal stenosis prevalence and association with symptoms: the Framingham Study. *Spine J.* 2009;9:545–550. doi: 10.1016/j.spinee.2009.03.005.
13. Kirkaldy-Willis WH, Wedge JH, Yong-Hing K, et al. Pathology and pathogenesis of lumbar spondylosis and stenosis. *Spine.* 1978;3:319–328.
14. Koc Z, Ozcakir S, Sivrioglu K, et al. Effectiveness of physical therapy and epidural steroid injections in lumbar spinal stenosis. *Spine.* 2009;34:985–989. doi: 10.1097/BRS.0b013e31819c0a6b.
15. Laurencin C, Lipson S, Senatus P, et al. The stenosis ratio: a new tool for the diagnosis of degenerative spinal stenosis. *Int J Surg Investig.* 1999;1:127–131.
16. Lee CK, Rauschnig W, Glenn W. Lateral lumbar spinal canal stenosis: classification, pathologic anatomy and surgical decompression. *Spine.* 1980;13:313–320.
17. Mariconda M, Fava R, Gatto A, et al. Unilateral laminectomy for bilateral decompression of lumbar spinal stenosis: a prospective comparative study with conservatively treated patients. *J Spinal Disord Tech.* 2002;15:39–46.
18. Mazanec DJ. Back pain: medical evaluation and therapy. *Cleve Clin J Med.* 1995;62:163–168.
19. North American Spine Society. Evidence Based Clinical Guidelines for Multidisciplinary Spine Care. Diagnosis and Treatment of Degenerative Lumbar Spinal Stenosis. Burr Ridge, IL: North American Spine Society, 2007.
20. Schonstrom NS, Bolender NF, Spengler DM. The pathomorphology of spinal stenosis as seen on CT scans of the lumbar spine. *Spine.* 1985;10:806–811.
21. Schonstrom N, Willen J. Imaging lumbar spinal stenosis. *Radiol Clin North Am.* 2001;39:31–53.
22. Steurer J, Roner S, Gnannt R, et al. Quantitative radiologic criteria for the diagnosis of lumbar spinal stenosis: a systematic literature review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2011;12:175. doi: 10.1186/1471-2474-12-175.
23. Strojnik T. Measurement of the lateral recess angle as a possible alternative for evaluation of the lateral recess stenosis on a CT scan. *Wien Klin Wochenschr.* 2001;113(Suppl 3):53–58.
24. Thome C, Borm W, Meyer F. Degenerative lumbar spinal stenosis: current strategies in diagnosis and treatment. *Dtsch Arztebl Int.* 2008;105:373–379. doi: 10.3238/arztebl.2008.0373.
25. Ullrich CG, Binet EF, Sanecki MG, et al. Quantitative assessment of the lumbar spinal canal by computed tomography. *Radiology.* 1980;134:137–143.
26. Wilimink JT, Korte JH, Penning L. Dimensions of the spinal canal in individuals symptomatic and non-symptomatic for sciatica: a CT study. *Neuroradiology.* 1988;30:547–550.

Адрес для переписки:

Юз Андрей Анатольевич
123995, Москва, ул. Баррикадная, 2/1,
worfeva@gmail.com

Статья поступила в редакцию 24.03.2014

Серик Калиулович Макиров, д-р мед. наук, проф.; Андрей Анатольевич Юз, аспирант, Российская медицинская академия последипломного образования, Москва; Валентин Алексеевич Осадчий, д-р техн. наук, проф., Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва. Serik Kaliulovich Makirov, DMSc, Prof.; Andrey Anatolyevich Yuz, fellow, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow; Valentin Alekseyevich Osadchy, DSc in Technics, Prof., National University of Science and Technology "MISIS", Moscow.