

ХУДЯЕВ А. Т., ЩУРОВА Е. Н., ЕФИМОВ А. В.

Исследование кровотока корешков конского хвоста в процессе удаления поясничной межпозвонковой грыжи диска у больных с остеохондрозом позвоночника

Российский научный центр восстановительной травматологии и ортопедии им. акад.

Г. А. Илизарова, Курган

e-mail: elena.shurova@mail.ru

Реферат

Проведено исследование кровотока компримированного и прилежащих корешков конского хвоста в зоне диско-радикулярного конфликта у 43 больных с поясничной межпозвонковой грыжей диска в процессе оперативного удаления грыжи диска. Определено, что увеличение кровотока прилежащих корешков в области диско-радикулярного конфликта, как и компримированного корешка после декомпрессии, создает наиболее благоприятные условия для восстановления температурно-болевой чувствительности в заинтересованных дерматомах, улучшения функции индикаторных групп мышц, снижения интенсивности болевого синдрома. Показано, что сосудистый фактор может играть немаловажную роль в возникновении и купировании нарушений функции прилежащих корешков в области диско-радикулярного конфликта. Это необходимо учитывать при планировании лечебно-реабилитационного процесса больных с поясничной межпозвонковой грыжей диска.

Ключевые слова: поясничная межпозвонковая грыжа диска, корешки конского хвоста, микроциркуляторный кровоток, декомпрессия.

Khudiayev A. T., Shchurova E. N., Yefimov A. V.

Study of cauda equina root blood flow in the process of eliminating lumbar intervertebral disc hernia in patients with spine osteochondrosis

Federal State Institution Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan

e-mail: elena.shurova@mail.ru

Abstract

The blood flow of the compressed root and those adjacent ones of cauda equina in the zone of disc radicular conflict has been studied in 43 patients with the lumbar intervertebral disc hernia during its surgical elimination. It has also been revealed that the blood flow increase in the adjacent roots of disc radicular conflict zone, as well as that in the compressed root after decompression creates the most favorable conditions for restoration of thermic sense and pain appreciation in the dermatomes concerned, improvement of muscle indicator group function, decrease of pain syndrome intensity. The vascular factor has been demonstrated to play an important role in the developing and stopping the disorders of adjacent root function in the zone of disc radicular conflict. This should be taken into consideration while planning the treatment-and-rehabilitation process in patients with lumbar intervertebral disc hernia.

Keywords: lumbar intervertebral disc hernia, cauda equina roots, microcirculatory flow, decompression.

Введение

Известно, что конский хвост является относительно гиповаскулярной зоной. Область недостаточной васкуляризации, образованная ниже конуса спинного мозга комбинированными областями анастомозов в конском хвосте, может быть анатомической основной причиной нейроишемических проявлений, происходящих одновременно с дегенеративными изменениями в поясничном отделе позвоночника [14]. Кроме того, показано, что грыжа межпозвонкового диска при эпидуральном прилегании может вызвать структурные и функциональные изменения в прилежающих нервных корешках [13]. Нельзя забывать и о провоспалительных медиаторах в эпидуральном пространстве [11, 12]. В последние годы в литературе достаточно активно обсуждается вопрос о состоянии

кровотока компримированного корешка и влияние динамики его кровоснабжения после декомпрессии на восстановление функции и выраженность болевого синдрома у больных с поясничной межпозвонковой грыжей диска [1, 3, 5, 6, 8, 9]. Однако роль сосудистого фактора в возникновении и купировании нарушений функции прилежащих корешков остается малоосвещенной.

Цель исследования

Целью настоящего исследования являлось определение влияния изменений кровотока компримированного и прилежащих корешков конского хвоста в зоне диско-радикулярного конфликта после удаления грыжи диска на интенсивность болевого синдрома,

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

степень восстановления температурно-болевого чувствительности в заинтересованных дерматомах и улучшения функции индикаторных групп мышц у больных с поясничным остеохондрозом.

Материал и методы исследования

Было проведено исследование кровотока корешков конского хвоста у 43 больных с поясничной межпозвонковой грыжей диска. Возраст пациентов колебался от 27 до 61 года (в среднем $44,2 \pm 2,2$ года). Мужчины и женщины составили 26 и 17 соответственно. Давность заболевания была от 4 месяцев до 14 лет (в среднем $5,6 \pm 1,0$ года). Срок последнего обострения находился в диапазоне от 1 до 12 месяцев (в среднем $4,2 \pm 0,7$ месяца).

На компьютерном томографе («Siemens» ARHP, ФРГ) определяли локализацию и тип грыжи диска. Локализация грыж межпозвонковых дисков в поясничном отделе позвоночника была следующей: L3-4 — 2 пациента, L4-5 — 23 пациента, L5-S1 — 18 пациентов. Регистрировали компрессию корешков L4 — 4 пациента, L5 — 17 больных, S1 — 18 больных, L5 и S1 — 4 больных. В зависимости от расположения грыжевого выпячивания по поперечнику межпозвонкового диска были определены следующие типы грыж: 1) парамедианная — у 34 больных (79 %); 2) срединная — 6 больных (14 %); 3) фораминальная и задне-боковая — 3 больных (7 %). Также была определена компрессия соответственного корешка и дурального мешка с прилежащими корешками фрагментом грыжи, выступающим в позвоночный канал. Размер фрагмента грыжи, выступающего в позвоночный, находился в диапазоне от 0,4 см до 1,5 см и составлял в среднем — $0,78 \pm 0,09$ см.

Исследование кровотока (микроциркуляторного русла) производили с помощью высокочастотной ультразвуковой доплерографии (доплерограф «Минимакс-Допплер-К» с применением интраоперационного датчика 20 мГц в режиме «микро», фирмы «Минимакс», Санкт-Петербург). Глубина локации датчика 20 мГц составляла 5,0–8,0 мм, а расчетное значение максимального объема прозвучиваемой ткани было 7 мм³. Для анализа кровотока использо-

вали показатели: Vs — максимальная систолическая скорость (см/с); Qs — объемная скорость мл/мин; Vm — средняя скорость (см/с); PI — индекс пульсации (Гослинга); RI — индекс сопротивления (Пурсело).

Во время операции удаления межпозвонковой грыжи диска в поясничном отделе позвоночника после интерламинэктомии или транслигаментозного доступа измеряли кровоток компримированного спинно-мозгового корешка, дурального мешка и прилежащих корешков к зоне диско-радикулярного конфликта. Регистрацию кровотока проводили до и после декомпрессии.

В процессе оперативного удаления поясничной межпозвонковой грыжи диска в случаях грубой компрессии, ишемии корешка, а также при технических трудностях мобилизации корешка нами была применена аппликация 0,1 %-го раствора папаверина гидрохлорида в течение 1 мин. Эта манипуляция использовалась для снятия спазма и улучшения кровообращения. Кроме того, она может служить в качестве фармакологической пробы для оценки сохраненных резервов микроциркуляции компримированного нервного корешка у больных с поясничной межпозвонковой грыжей диска.

До лечения, в ближайшие (от 9 до 21 дней, в среднем $14,9 \pm 0,9$ дня после операции) и отдаленные сроки (от 2,3 до 3 лет, в среднем $2,7 \pm 0,1$ года) после операции, проводили исследование интенсивности болевого синдрома, температурно-болевого чувствительности и силы мышц нижних конечностей.

Интенсивность болевого синдрома оценивали с помощью визуально-аналоговой шкалы (VAS-100 %). Исследование температурно-болевого чувствительности проводили на электрическом эстезиометре с одновременной регистрацией температуры кожи (Nihon Kohden, Япония).

Оценку силы мышц нижних конечностей осуществлялось с помощью динамометрических стенов [4, 7]. Рассчитанные динамометрические показатели максимальных моментов силы (ММС) мышц нижней конечности выражались в Н·м. Ввиду методологических и клинических особенностей, исследование максимальных моментов силы мышц

Показатели кровотока компримированного корешка у больных с поясничной межпозвонковой грыжей диска (I группа), имеющих выраженную динамику после декомпрессирующих мероприятий (M $\pm$ m)

Таблица 1

Показатель кровотока	Этап наблюдения		
	до декомпрессии (n=17)	после декомпрессии (n=17)	после аппликации папаверина гидрохлорида (n=7)
V _s (см/с)	7,8 $\pm$ 0,4	15,0 $\pm$ 1,4*	13,2 $\pm$ 1,3*
Q _s (мл/мин)	3,7 $\pm$ 0,2	7,3 $\pm$ 0,7*	6,2 $\pm$ 0,6*
V _m (см/с)	3,7 $\pm$ 0,4	6,0 $\pm$ 0,6*	5,2 $\pm$ 1,1
PI	1,7 $\pm$ 0,2	2,3 $\pm$ 0,3	2,1 $\pm$ 0,4
RI	0,80 $\pm$ 0,04	0,90 $\pm$ 0,04	0,84 $\pm$ 0,03

Примечание: * — достоверность отличия показателей от исходного уровня ($p \leq 0,05$).

Показатели кровотока компримированного корешка у больных с поясничной межпозвонковой грыжей диска (II группа) не имеющих динамику после декомпрессирующих мероприятий ($M \pm m$)

Таблица 2

Показатель кровотока	Этап наблюдения		
	до декомпрессии (n=11)	после декомпрессии (n=11)	после аппликации папаверина гидрохлорида (n=5)
V_s (см/с)	13,0 $\pm$ 1,5	13,1 $\pm$ 1,6	13,6 $\pm$ 2,3
Q_s (мл/мин)	6,2 $\pm$ 0,7	6,2 $\pm$ 0,8	6,4 $\pm$ 1,1
V_m (см/с)	8,4 $\pm$ 0,9	7,8 $\pm$ 1,1	9,4 $\pm$ 0,4
PI	1,6 $\pm$ 0,1	1,7 $\pm$ 0,1	1,7 $\pm$ 0,3
RI	0,85 $\pm$ 0,03	0,82 $\pm$ 0,02	0,87 $\pm$ 0,04

нижних конечностей осуществлялось до лечения и в отдаленном периоде наблюдения после операции.

Статистическая обработка результатов проведена с использованием методов вариационной статистики. Оценка достоверности различия средних производилась с помощью параметрического (t-критерия Стьюдента) и непараметрического (U-критерия Манна-Уитни) критериев.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ проведенных исследований показал, что ввиду того, что диаметр манжетки исследуемого спинно-мозгового корешка в месте измерения составлял от 3 мм до 7 мм (в среднем 5 мм), то с помощью датчика 20 мГц производилось измерение перфузии кровью всего диаметра корешка. Кроме того, в связи с тем, что сосудистое русло корешка имеет много анастомозов внутренних сосудов [10] и интракорешковый кровоток направлен преимущественно в проксимальном направлении [10, 15], то можно оценить степень компенсации кровотока и наличия резервов после снятия компрессии корешка.

В процессе интраоперационного мониторинга корешков конского хвоста нам удалось измерить кровотоки компримированного корешка у 32 больных, из них в 28 случаях — проследить динамику до декомпрессии и через определенные промежутки времени после декомпрессии (непосредственно через 1, 2, 3 минуты). В 12 случаях была использована фармакологическая папавериновая проба.

У 17 (61 %) (I группа) из 28 больных мы наблюдали выраженный прирост показателей после декомпрессии компримированного корешка, в том числе в 7 случаях — после аппликации папаверина гидрохлорида (табл. 1). В 11 случаях (39 %) (II группа) не наблюдалась динамика кровотока корешка как после декомпрессии, так и при аппликации раствора папаверина гидрохлорида (табл. 2). Нельзя не заметить, что во второй группе обследуемых показатели линейной, объемной и средней скоростей кровотока до декомпрессии были достоверно выше, чем в первой группе пациентов.

При сопоставлении срока давности заболевания и периода последнего обострения было определено, что в первой группе больных давность заболевания

была достоверно меньше, чем во второй группе. Так, в первой группе давность заболевания составляла 2,1 $\pm$ 1,3 года (от 4 мес. до 10 лет), во второй группе — 9,1 $\pm$ 2,1 года (от 4 мес. до 14 лет) ($p \leq 0,05$). Срок последнего обострения во второй группе имел тенденцию к увеличению, но достоверно не отличался от значений первой группы: в первой группе он составлял — 2,4 $\pm$ 0,4 мес., во второй группе — 5,3 $\pm$ 1,6 мес.

Таким образом, более длительный срок заболевания с большим количеством курсов консервативной терапии способствовали компенсации в состоянии покоя, однако резервы сосудистого русла корешка остаются значительно сниженными относительно группы с меньшим периодом давности заболевания. В литературе неоднократно было отмечено, что длительная неэффективная консервативная терапия способствует развитию гипертрофических и оссифицирующих процессов [2].

Анализ функционального состояния пациентов до и после лечения показал наличие особенностей в I и II группах обследуемых больных. В первой группе больных в области заинтересованного дерматомы порог болевой чувствительности снижался (на 1–5°) у 67 % больных в ближайший период наблюдения после лечения и у 56 % больных в отдаленном периоде наблюдения (табл. 3). У больных второй группы снижение порогов болевой чувствительности (на 2°) наблюдалось в ближайший период наблюдения только в 33 % случаев, в отдаленный период наблюдения уровень болевой чувствительности возвращался к исходному состоянию или ухудшался (повышение порогов боли на 2°). Исследование индикаторной группы мышц компримированного корешка выявило, что в первой группе пациентов в 75 % случаев максимальный момент силы увеличивался (на 62 %). Во второй группе функция мышц либо оставалась на прежнем уровне, либо снижалась.

Также в этих группах обследуемых отличается динамика болевого синдрома в отдаленный период наблюдения. Через 2–3 года после удаления грыжи диска интенсивность болевого синдрома по шкале VAS снижена по сравнению с дооперационным уровнем в первой группе на 44,2 %, во второй группе — на 10,5 %.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Особенности динамики функционального состояния больных I и II групп после удаления поясничной межпозвонковой грыжи диска ($M \pm m$)

Таблица 3

Показатель	I группа больных (n=17)			II группа больных (n=11)		
	до лечения	после лечения		до лечения	после лечения	
		ближайший период	отдаленный период		ближайший период	отдаленный период
Порог боли в заинтересован. дерматоме (град.)	46,8±0,8	42,7±1,9*	42,0±0,5*	45,3±0,8	45,0±0,7	47,5±0,3
ММС индикаторной группы мышц (Н•м)	62,8±10,4	—	101,8±6,2*	57,7±10,8	—	48,0±18,1
Оценка боли (VAS, %) Δ , %	55,7±8,1	14,2±4,6*	30,0±9,8*	51,7±8,3	14,1±5,8*	46,3±12,4
		-74,5	-44,2		-72,5	-10,5

Примечание: * — достоверность отличия показателей от исходного уровня ($p \leq 0,05$); ММС — максимальный момент силы; Δ % — величина изменения, выраженная в процентах. Порог боли в норме составляет 42,4±1,2.

Показатели кровотока дурального мешка и прилежащих корешков в зоне диско-радикулярного конфликта у больных с поясничной межпозвонковой грыжей диска имеющих выраженную динамику (I группа) после декомпрессирующих мероприятий ($M \pm m$)

Таблица 4

Показатель кровотока	Этап наблюдения	
	до декомпрессии (n=12)	после декомпрессии (n=12)
V_s (см/с)	9,1±1,2	15,5±1,4*
Q_s (мл/мин)	4,3±0,6	7,3±0,7*
V_m (см/с)	4,5±0,6	6,9±1,0*
PI	1,5±0,1	2,3±0,4*
RI	0,80±0,03	0,86±0,02

Примечание: * — достоверность отличия показателей от исходного уровня ($p \leq 0,05$).

Показатели кровотока дурального мешка и прилежащих корешков в зоне диско-радикулярного конфликта у больных с поясничной межпозвонковой грыжей диска не имеющих динамику (II группа) после декомпрессирующих мероприятий ($M \pm m$)

Таблица 5

Показатель кровотока	Этап наблюдения	
	до декомпрессии (n=8)	после декомпрессии (n=8)
V_s (см/с)	13,4±2,2	12,9±2,4
Q_s (мл/мин)	6,3±1,1	6,0±1,1
V_m (см/с)	6,3±1,7	6,5±1,8
PI	2,0±0,4	2,2±0,5
RI	0,80±0,06	0,80±0,07

Таким образом, наличие резервов кровообращения компримированного корешка создает наиболее благоприятные условия для его функционального восстановления и снижения интенсивности болевого синдрома.

Исследование дурального мешка и прилежащих корешков к зоне диско-радикулярного конфликта до и после удаления грыжи диска позволило отследить динамику изменений кровообращения корешков конского хвоста и сопоставить с изменениями показателей температурно-болевой чувствительности в дерматомов прилежащих корешков, функцией индикаторных групп мышц этих корешков, болевым синдромом.

В наших исследованиях было произведено измерение кровотока дурального мешка и прилежащих корешков (L5, S1, S2) в зоне диско-радикулярного конфликта у 25 больных, из них в 20 случаях удалось проследить динамику до и после декомпрессии.

У 12 больных (I группа) наблюдалось увеличение показателей кровотока после декомпрессирующих мероприятий (табл. 4), в 8 случаях (II группа) отсутствовала выраженная динамика показателей (табл. 5). Анализ функционального состояния пациентов до и после лечения показал наличие особенностей в I и II группах обследуемых больных (табл. 6).

Температурно-болевая чувствительность в области дерматомов L5, S1, S2 или S1, S2 в первой группе больных улучшалась в ближайший период наблюдения у 45–50 % больных (в среднем $46,3 \pm 3,1$ %), в отдаленный период — у 70–90 % больных (в среднем $83 \pm 4,2$ %). Во второй группе снижение порогов болевой чувствительности непосредственно после операции наблюдалось у 50–62,5 % больных (в среднем $54,2 \pm 2,9$ %), в отдаленный период наблюдения — у 25–75 % больных (в среднем $50 \pm 3,8$ %).

Максимальный момент силы мышц голени (тыльные и подошвенные сгибатели стопы) в отдаленном периоде наблюдения у большинства больных I группы увеличивался на 25–30 %, во II группе выраженная динамика не наблюдалась.

Также в этих группах обследуемых отличалась динамика болевого синдрома в отдаленный период наблюдения. Через 2–3 года после удаления грыжи диска интенсивность болевого синдрома по шкале VAS снижена по сравнению с дооперационным уровнем в первой группе на 58 %, во второй группе — на 13 %.

Таким образом, наличие резервов кровообращения корешков конского хвоста, располагающихся в зоне диско-радикулярного конфликта, способствует их функциональному восстановлению и снижению интенсивности болевого синдрома.

Клинический пример. Больная А., 27 лет. Диагноз: «поясничный остеохондроз дисков L3-4, L4-5, L5-S1, II–III период. Парамедианная грыжа диска L3-4 слева. Корешковый синдром L4 слева».

При поступлении в клинику Центра больная предъявляла жалобы на боли в поясничном отделе позвоночника с иррадиацией по боковой поверхности бедра, голени и до I пальца стопы слева.

An. morbi: консервативное лечение в течении 4 месяцев без эффекта.

Компьютерная томограмма: в сегменте L3-4 определяется задняя, медианная, с латерализацией влево, секвестированная грыжа диска, выступающая в позвоночный канал на 0,9 см и спустившаяся каудально на 1,7 см. Компрессия корешка L4 и дурального мешка слева.

Произведена операция — интерламинэктомия L3-4 слева. Удаление грыжи диска L3-4 слева. В процессе операции до и после удаления грыжи диска

Особенности динамики функционального состояния больных I и II групп после удаления поясничной межпозвонковой грыжи диска ($M \pm m$)

Показатель	I группа больных (n=12)			II группа больных (n=8)		
	до лечения	после лечения		до лечения	после лечения	
		ближайший период	отдаленный период		ближайший период	отдаленный период
Доля больных с уменьшением порога боли в дерматомов L5, S1, S2 (%)	$82,6 \pm 5,6$	$46,3 \pm 3,1$	$83 \pm 4,2$	$79,1 \pm 4,2$	$54 \pm 2,9$	$50 \pm 3,8$
ММС мышц голени (Н•м) ТСС	$41,5 \pm 3,3$	—	$52,0 \pm 3,9^*$	$41,2 \pm 10,1$	—	$34,8 \pm 6,8$
ПСС	$75,4 \pm 10,3$	—	$100,4 \pm 5,2^*$	$75,3 \pm 14,4$	—	$74,2 \pm 11,6$
Оценка боли (VAS, %) Δ %	$57,7 \pm 5,2$	$9,8 \pm 3,3^*$	$24,2 \pm 9,8^*$	$75,0 \pm 10,1$	$22,5 \pm 10,8^*$	$65,1 \pm 10,0$
		–83,0 %	–58,0 %		–70,0 %	–13,0 %

Примечание: * — достоверность отличия показателей от исходного уровня ($p \leq 0,05$); ММС — максимальный момент силы; ТСС — тыльные сгибатели стопы; ПСС — подошвенные сгибатели стопы; Δ , % — величина изменения, выраженная в процентах.

Таблица 7

Показатель кровотока	Объект исследования			
	компримированный корешок L4		дуральный мешок и прилежащие корешки	
	до декомпрессии	после декомпрессии	до декомпрессии	после декомпрессии
V_s (см/с)	7,5	17,3	7,8	17,1
Q_s (мл/мин)	3,8	8,2	4,0	8,0
V_m (см/с)	4,0	5,6	4,2	5,2
PI	1,9	2,9	1,7	3,1
RI	1,0	0,93	0,84	0,9

Динамики функционального состояния компримированного корешка больной А., 27 лет

Таблица 8

Показатели	До лечения	После лечения	
		ближайший период	отдаленный период
Пороги температурно-болевого чувствительности в заинтересованной дерматоме (град.)	Тепло — 42,5 Боль — 45,0	Тепло — нет Боль — 45,0	Тепло — 37,0 Боль — 42,0
ММС индикаторной группы мышц (Н•м)	53,2	—	110,0
Оценка боли (VAS, %)	70	0	0

Примечание: порог боли в норме составляет $42,4 \pm 1,2^0$, порог тепла — $34,1 \pm 0,6^0$.

Динамики функционального состояния прилежащих корешков (L5, S1, S2) больной А., 27 лет

Таблица 9

Показатель	До лечения	После лечения	
		ближайший период	отдаленный период
Порог температурно-болевого чувствительности в заинтересован. дерматомах (град.)	L5 Тепло — 36,0 Боль — 45,0 S1 Тепло — 36,0 Боль — 43,0 S2 Тепло — 33,0 Боль — 42,0	L5 Тепло — 38,0 Боль — 44,0 S1 Тепло — 41,0 Боль — 45,0 S2 Тепло — 35 Боль — 46,0	L5 Тепло — 35,0 Боль — 43,0 S1 Тепло — 33,0 Боль — 40,00 S2 Тепло — 33,0 Боль — 40,0
ММС мышц голени (Н•м) ТСС	14,6	—	40,8
ПСС	54,6	—	93,8

Примечание: ММС — максимальный момент силы; ТСС — тыльные сгибатели стопы; ПСС — подошвенные сгибатели стопы.

производили измерение компримированного корешка (L4), дурального мешка и прилежащих корешков (L5, S1, S2) (табл. 7).

Как видно из данных табл. 7 после декомпрессии кровотока в компримированном и прилежащих корешках увеличился. В компримированном корешке линейная, объемная и средняя скорость возросли на 131, 115 и 40 % соответственно, в прилежащих корешках — на 119, 100 и 24 % соответственно.

Комплексное обследование функционального состояния пациентки до лечения, в ближайший (13 дней после операции) и отдаленный (2 г. 11 мес. после операции) периоды наблюдения показало наличие положительной динамики. Результаты исследования представлены в табл. 8 и 9.

В отдаленный период наблюдения болевой синдром отсутствовал, пороги температурно-болевой чувствительности были в пределах нормы. Сила мышц индикаторной группы компримированного ко-

решка увеличилась на 106,8 %, прилежащих корешков (L5 и S1) — на 238 % и 72 % соответственно.

Выводы

1. У больных с поясничным остеохондрозом после удаления грыжи диска увеличение кровотока в корешках, прилежащих к зоне диско-радикулярного конфликта, как и в компримированном корешке, создает наиболее благоприятные условия для восстановления температурно-болевой чувствительности в заинтересованных дерматоммах и улучшения функции индикаторных групп мышц, снижения интенсивности болевого синдрома.

2. Сосудистый фактор может играть немаловажную роль в возникновении и купировании нарушений функции прилежащих корешков в области диско-радикулярного конфликта. Это необходимо учитывать при планировании лечебно-реабилитационного процесса больных с поясничной межпозвонковой грыжей диска.

Литература

1. Миронов, С. П. Микрогемоциркуляция нервных корешков и твердой мозговой оболочки до и после дискэктомии при поясничных болях / С. П. Миронов [и др.] // Вестник травматол. и ортопедии им. П. П. Приорова. — 2006. — № 3. — С. 57–60.
2. Мусалатов, Х. А. О показаниях к хирургическому лечению грыжи межпозвонкового диска при поясничном остеохондрозе / Х. А. Мусалатов, А. Г. Аганесов, Н. Е. Хорева // Нейрохирургия. — 1999. — № 2. — С. 29–30.
3. Шевцов, В. И. Значение интраоперационного мониторинга состояния микроциркуляции дурального мешка и спинномозгового корешка при хирургическом лечении больных поясничной межпозвонковой грыжей диска / В. И. Шевцов, Е. Н. Щурова, А. Т. Худяев // Нейрохирургия. — 2001. — № 3. — С. 26–30.
4. Щуров, В. А. Измерение силовых характеристик сгибателей и разгибателей голени / В. А. Щуров, Б. И. Кудрин, А. П. Шеин // Ортопедия и травматология. — 1982. — № 3. — С. 44.
5. Щурова, Е. Н. Информативность лазерной доплеровской флоуметрии в оценке состояния микроциркуляции дурального мешка и спинномозгового корешка у больных с поясничной межпозвонковой грыжей / Е. Н. Щурова, А. Т. Худяев, В. А. Щуров // Методология флоуметрии. — 2000. — Вып. 4. — С. 65–71.
6. Щурова, Е. Н. Взаимосвязь показателей кровотока спинномозгового корешка и его функционального состояния у больных с поясничной межпозвонковой грыжей диска / Е. Н. Щурова, А. Т. Худяев // Физиология человека. — 2007. — Т. 33. — № 1. — С. 80–86.
7. Пат. № 2029536 РФ, МКИ6 А61 Н 1/00. Устройство для ангилодинамометрии / Щуров В. А. — заявл. 15.05.92 ; опубл. 27.02.95. — Бюл. 6. — С. 14.
8. Hida, S. Intraoperative measurements of nerve root blood flow during discectomy for lumbar disc herniation / S. Hida, M. Naito, M. Kubo // Spine. — 2003. — № 28 (1). — P. 85–90.
9. Kobayashi, S. Changes in nerve root motion and intraradicular blood flow during an intraoperative straight-leg-raising test / S. Kobayashi [et al] // Spine. — 2003. — № 28 (13). — P. 1427–1434.
10. Kobayashi, S. Experimental study on the dynamics of lumbosacral nerve root circulation / S. Kobayashi, H. Yoshizawa, S. Nakai // Spine. — 2000. — № 25 (3). — P. 298–305.
11. Nygaard, O. P. The function of sensory nerve fibers in lumbar radiculopathy. Use of quantitative sensory testing in the exploration of different populations of nerve fibers and dermatomes / O. P. Nygaard, S. I. Mellgren // Spine. — 1998. — № 23 (3). — P. 348–352.
12. Nygaard, O. P. Recovery of function in adjacent nerve roots after surgery for lumbar disc herniation : use of quantitative sensory testing in the exploration of different populations of nerve fiber / O. P. Nygaard [et al] // J. Spinal. Disord. — 2000. — № 13 (5). — P. 427–431.
13. Omarker, K. Pathogenesis of sciatic pain : role of herniated nucleus pulposus and deformation of spinal nerve root and dorsal root ganglion / K. Omarker, R. R. Myers // Pain. — 1998. — № 78 (2). — P. 99–105.
14. Parke, W. W. Arterial vascularization of the cauda equine / W. W. Parke, K. Gammell, R. H. Rothman // J. Bone Joint Surg. Am. — 1981. — № 63 (1). — P. 53–62.
15. Yoshizawa, H. Effect of compression on intraradicular blood flow in dogs / H. Yoshizawa, S. Kobayashi, K. Kubota // Spine. — 1989. — № 14 (11). — P. 1220–1225.