

## ОЦЕНКА МЕТОДОВ КОРРЕКЦИИ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНЫХ РАССТРОЙСТВ В СПИННОМОЗГОВОМ КОРЕШКЕ ПРИ ГРЫЖАХ МЕЖПОЗВОНОЧНЫХ ДИСКОВ

А.И. Крупаткин, А.А. Кулешов, В.В. Швеи, С.Н. Макаров

ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»  
Минздрава России, Москва, РФ

*Проведена качественная и количественная оценка влияния различных препаратов на микроциркуляцию в спинномозговом корешке до и после декомпрессии позвоночного канала при поясничном остеохондрозе. В исследование было включено 87 пациентов (41 женщины, 46 мужчин) в возрасте 26–68 лет с клиникой радикулопатии на фоне грыжи межпозвоночного диска при поясничном остеохондрозе. Всем пациентам была выполнена стандартная операция по удалению грыжи диска по методике Caspar. Показатели лазерной доплеровской флоуметрии на инфракрасном канале снимали непосредственно с корешка спинномозгового нерва до и после декомпрессии. Пациентам 1-й группы (n=56) никаких препаратов не вводили. Пациентам 2-й группы (n=31) перед декомпрессией внутривенно болюсно вводили эуфиллин (подгруппа 2Э), дексаметазон (подгруппа 2Д) или реополиглюкин (подгруппа 2Р). Все исследуемые в данной работе препараты показали свою эффективность, при этом наибольшее влияние на показатели микроциркуляции оказывал реополиглюкин. Если исходно показатель микроциркуляции в 1-й группе составил в среднем 30 перф. ед., в подгруппе 2Э — 32 перф. ед., в подгруппе 2Д — 40 перф. ед., в подгруппе 2Р — 32 перф. ед., то после декомпрессии в 1-й группе он увеличился до  $36 \pm 6$  перф. ед., в подгруппах 2-й группы — до  $40 \pm 8$ ,  $47 \pm 7$  и  $44 \pm 12$  перф. ед. соответственно.*

**Ключевые слова:** спинномозговой корешок, радикулопатия, микровазюляризация, лазерная доплеровская флоуметрия, дексаметазон, эуфиллин, реополиглюкин, декстран.

### *Evaluation of Methods for Correction of Spinal Root Microcirculation Disorders in Intervertebral Disk Hernia*

A.I. Krupatkin, A.A. Kuleshov, V.V. Shvets, C.N. Makarov

*Qualitative and quantitative assessment of the influence of various drugs upon spinal root microcirculation before and after spinal canal decompression in lumbar osteochondrosis was performed. Study included 87 (41 female and 46 male) patients aged 26 – 68 years with clinical manifestations of radiculopathy on the background of intervertebral disk hernia in lumbar osteochondrosis. All patients were operated on by Caspar technique. Indices of laser Doppler flowmetry in infrared channel were taken directly from the spinal nerve root before and after decompression. Patients from 1<sup>st</sup> group (n=56) received no drugs. In patients from the 2<sup>nd</sup> group (n=31) either ephyllinum (subgroup 2E), dexamethasone (subgroup 2D) or rheopolyglucin (subgroup 2R) were injected intravenously prior to decompression. All study drugs were effective and the most significant influence on the microcirculatory indices was exerted by rheopolyglucin. Initial index of microcirculation was 30 p.u. in 1<sup>st</sup> group, 32 p.u. in subgroup 2E, 40 p.u. in subgroup 2D and 32 p.u. in subgroup 2R. After decompression that index increased up to  $36 \pm 6$  p.u. in 1<sup>st</sup> group and up to  $40 \pm 8$ ,  $47 \pm 7$ ,  $44 \pm 12$  p.u. in three subgroups, respectively.*

**Key words:** spinal root, radiculopathy, microvascularization, laser Doppler flowmetry, ephyllinum, dexamethasone, rheopolyglucin, dextran.

В случае появления межпозвоночной грыжи при поясничном остеохондрозе происходит сдавление корешка спинномозгового нерва, что ведет к нарушению функции его волокон и развитию клинических проявлений [1]. Эти нарушения обусловлены влиянием следующих факторов: механического — непосредственное сдавление структур корешка грыжей диска; сосудистого — нарушение кровоснабжения и микроциркуляции в корешке; воспалительного — при контакте пульпозного ядра с

тканью корешка происходит хемоаттракция факторов воспаления, что приводит к локальной воспалительной реакции и дальнейшему усугублению нарушений микрогемодициркуляции в данной зоне [1–3]. Для устранения вышеуказанных факторов врач может использовать консервативный подход, позволяющий воздействовать преимущественно на 2-й и 3-й факторы, и хирургический, целью которого является устранение механического фактора. В лечении больных с радикулопатией на фоне гры-

жи диска эти подходы применяются комбинированно: в случае неэффективности изначально проводимой консервативной терапии пациенту выполняется оперативное вмешательство, при этом используется и медикаментозная терапия, направленная на восстановление и нормализацию функции корешка [4–7].

Нервный корешок имеет уникальное строение. Структурная организация его сосудистой системы во многом отличается от периферического нерва, что объясняет его особую чувствительность к внешним воздействиям [8].

Восстановление микроциркуляции крови в сосудистом русле нервного корешка после удаления грыжи межпозвоночного диска является одним из ключевых в лечении больных с поясничным остеохондрозом. Существуют группы препаратов, которые оказывают влияние на гемодинамику в целом, и на микроциркуляцию в частности, в течение нескольких минут после внутривенного введения. К этим препаратам, в частности, относятся вентоники (эуфиллин), реологически активные препараты (реополиглюкин), гормональные препараты (дексаметазон). Одним из способов объективной оценки микроциркуляторного русла и факторов его регуляции является метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), основанный на зондировании ткани лазерным излучением с последующей обработкой отраженного от ткани излучения с выделением из всего принятого диапазона сигналов доплеровского сдвига частоты, пропорционального скорости движения эритроцитов [9].

Целью нашего исследования явилась качественная и количественная интраоперационная оценка влияния гемодинамически активных препаратов на микроциркуляцию в спинномозговом корешке до и после декомпрессии позвоночного канала при поясничном остеохондрозе.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

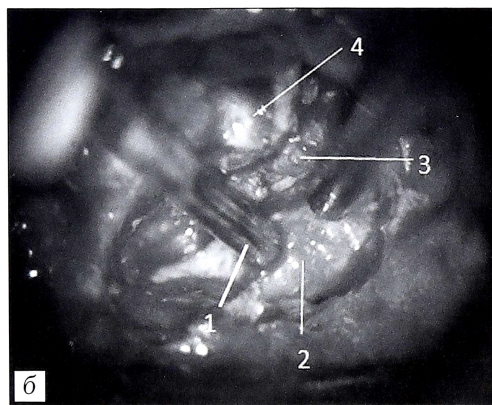
В исследовании приняло участие 87 пациентов (41 женщина, 46 мужчин) в возрасте 26–68 лет (средний возраст 48 лет). Отбирали больных с поясничным остеохондрозом и грыжей диска (по данным МРТ), в клинической картине которых наблюдались радикулопатия (сенсорная, моторная, веге-

тативная, смешанная) и радикулоалгия, при этом продолжительность болевого синдрома составляла от 14 дней до 6 мес (в среднем 74 дня). В исследование не вошли пациенты с длительностью болевого синдрома более 6 мес, а также пациенты, у которых стеноз и компрессия невралных структур возникали не только за счет грыжи диска, но и за счет других структур позвоночника — гипертрофированной желтой связки, гипертрофированных суставных отростков, вследствие спондилолистеза (так называемые комбинированные стенозы), так как в этих случаях для визуализации корешка во время операции необходимо сначала выполнить его декомпрессию. Также критерием исключения было наличие тяжелой сопутствующей патологии (сахарный диабет, эндокринные заболевания, заболевания сердечно-сосудистой системы, поливалентные аллергические реакции и др.).

Всем больным была выполнена стандартная операция по удалению грыжи диска по методике Caspar. Пациенты были разделены на 2 группы. Больным 1-й группы ( $n=56$ ) никаких препаратов ни до, ни после декомпрессии не вводили. Пациентам 2-й группы ( $n=31$ , 19 женщин, 12 мужчин) перед декомпрессией внутривенно болюсно вводили один из трех препаратов: вентоник (эуфиллин 2,4%,  $10 \pm 2$  мл) — подгруппа 2Э ( $n=14$ ), гормональный препарат (дексаметазон 0,4%,  $1 \pm 0,4$  мл) — подгруппа 2Д ( $n=11$ ), реологически активный препарат (реополиглюкин, средняя молекулярная масса 300 000 Ед,  $100 \pm 30$  мл) — подгруппа 2Р ( $n=6$ ).

Измерения проводили во время операции с помощью прибора ЛАКК-01 (НПО «Лазма», Россия) в инфракрасном канале записи с использованием зонда диаметром 3 мм (см. рисунок). Запись в красном канале мы не выполняли, так как, по данным [10], динамика показателей внутрикорешковой микроциркуляции в этом режиме до и после декомпрессии была незначительной. У всех пациентов было получено информированное согласие. Первый замер осуществляли после визуализации корешка, 2-й — после внутривенного введения препарата (во 2-й группе), 3-й — после удаления грыжи диска и декомпрессии корешка.

Длительность каждого замера составляла 3 мин, при этом 2-й замер проводили после объективного



Снятие показателей ЛДФ.

а — установка светового зонда; б — интраоперационное фото.

1 — световой зонд,  
2 — спинномозговой корешок,  
3 — грыжа диска,  
4 — дуральный мешок.

изменения показателей гемодинамики (повышение или снижение АД, ЧСС). В некоторых случаях 1-й и 2-й замеры выполняли один за другим, без паузы, с целью объективизации действия препарата. Дозировку вводимого препарата определяли из расчета минимальной терапевтической дозы, возраста и массы тела пациента.

В дальнейшем проводили вейвлет-анализ колебаний кровотока по общепринятой методике с последующей интерпретацией полученных результатов.

Все данные вейвлет-анализа полученных кривых заносили в таблицу для каждого пациента. В дальнейшем формировали сводные таблицы на основе средних арифметических по каждому из показателей. Для статистической обработки использовали *t*-критерий Стьюдента для независимых выборок.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Как видно из таблицы, динамика показателей была разнонаправленной, причем выраженность изменений также была различной — от незначительной до статистически значимой.

Что касается показателя напряженности регуляции ( $K_v$ ), то его увеличение, которое имело место в контрольной группе и на фоне введения дексаметазона, свидетельствует о негативном влиянии на регуляцию микроциркуляторного русла. Таким образом, можно сделать вывод, что реополлиглокин и эуфиллин, уменьшая напряженность регуляции в исследуемой зоне, оказывали положительное влияние в отличие от дексаметазона.

До декомпрессии у большинства пациентов обеих групп выявлялся низкий артериоловеноулярный градиент перфузионного давления (показатель  $A_c/A_d$ ) — в большинстве случаев составлял менее 1. Это свидетельствовало о снижении притока крови по артериолам в микрососудистое русло и доминировании венозных дыхательных ритмов, ухудшении венозного оттока. После декомпрессии в 1-й группе за счет снятия сдавления с венул и артери-

ол указанный параметр возрос у 91,4% больных. Влияние препаратов на показатель  $A_c/A_d$  во 2-й группе оказалось различным. Так, в подгруппах 2Э и 2Д отмечено уменьшение этого показателя, тогда как в подгруппе 2Р этот показатель увеличился в 2 раза (с 0,41 до 0,8), что в свою очередь свидетельствует о существенном снижении сопротивления кровотоку.

### ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время в литературе представлено довольно много работ, посвященных исследованию различных групп препаратов, применяемых при лечении радикулопатического синдрома при остеохондрозе. В этих работах оценка действия препарата основана на сравнении показателей функциональных методов исследования (ЭНМГ, термография, ЛДФ нижних конечностей, стабилметрия, биомеханика ходьбы, показатели температурно-болевой чувствительности и др.) до и после проведенного лечения, как консервативного, так и оперативного.

Исследования, направленные на изучение действия препаратов непосредственно в точке их приложения, также присутствуют в литературе, однако работ, в которых оценивается их действие именно на микроциркуляторное русло нервного корешка, единицы. А. Onda и соавт. [11] в экспериментах на крысах изучали влияние лидокаина в зоне давления пульпозного ядра на корешок. Было доказано протективное действие аппликаций лидокаина в отношении химических факторов пульпозного ядра по сравнению с контрольной группой (физиологический раствор). Однако в этом случае действие препарата оценивали по данным базального кровотока кожи зоны иннервации корешка, а не в самом корешке.

В работе А.Т. Худяева и соавт. [12] при проведении измерений корешковой микроциркуляции до и после удаления грыжи диска в ряде случаев использовали аппликационную пробу 0,1% раствора папаверина гидрохлорида в течение 1-й минуты.

Показатели ЛДФ в группах исследования

Группа		ПМ, перф. ед.	$K_v$	$A_c$ , перф. ед.	$A_d$ , перф. ед.	$A_c/A_d$	$A_n/\sigma$
1-я	до дискэктомии	30±1,2	4,16±0,4	0,43±0,03	0,8±0,01	0,54±0,02	0,16±0,02
	после дискэктомии	36±1,4	5,72±0,12	0,31±0,02*	0,54±0,02*	0,57±0,1	0,23±0,01*
2-я подгруппа 2Э	до дискэктомии	32,24±2,4	8,36±1,2	0,41±0,1	0,46±0,08	0,89±0,12	0,33±0,03
	после введения	32,31±1	8,79±0,6	0,48±0,08	0,56±0,03	0,61±0,03	0,24±0,01
	после дискэктомии	40,1±8	5,63±1,0	0,74±0,07*	1,0±0,03*	0,74±0,05	0,26±0,01*
	после введения	40,3±1,2	3,97±0,9	0,48±0,03	0,45±0,06	1,06±0,1	0,39±0,05
подгруппа 2Д	до дискэктомии	43,02±3	6,49±0,6	0,41±0,1	0,52±0,01	0,78±0,08	0,22±0,1
	после введения	47,27±7	6,07±0,6	0,38±0,01	0,48±0,04	0,79±0,09*	0,19±0,08*
	после дискэктомии	32,91±3,4	7,16±0,3	0,34±0,02	0,81±0,06	0,42±0,01	0,41±0,01
подгруппа 2Р	до дискэктомии	35,58±4	4,43±1,1	0,38±0,09	0,45±0,05	0,84±0,1	0,32±0,03
	после введения	44,53±12	5,72±1,0	0,36±0,01	0,45±0,04*	0,8±0,09*	0,8±0,02*
	после дискэктомии						

Примечание. \*  $p < 0,05$  по сравнению с исходными данными. ПМ — показатель микроциркуляции;  $K_v$  — напряженность регуляции;  $A_c$  — амплитуда сердечного пульсового диапазона;  $A_d$  — амплитуда дыхательного веноулярного диапазона;  $A_c/A_d$  — коэффициент пульсового давления;  $A_n/\sigma$  — нормированная амплитуда колебаний кровотока нейрогенного симпатического генеза.

Авторы выполняли эту пробу с целью снятия ангиоспазма и улучшения микроциркуляторных показателей, однако отдельного сравнительного анализа действия этого препарата не проводилось.

Также зарубежными авторами подробно изучено действие простагландина  $E_1$  (ПГЕ<sub>1</sub>) на микроциркуляторное русло в корешках конского хвоста при синдроме нейрогенной перемежающейся хромоты. Было показано клиническое действие этого препарата в виде увеличения проходимого расстояния до появления слабости в нижних конечностях [13]. Другими авторами при микроскопическом исследовании был отмечен вазодилативный эффект ПГЕ<sub>1</sub> как на артерии, так и на вены конского хвоста [14–16]. Однако, учитывая выраженное общее гипотоническое действие данного препарата в условиях наркоза, от включения его в исследуемые группы нам в своей работе пришлось отказаться.

Наиболее схожим по форме к нашему исследованию была работа японских исследователей [17], в которой авторы сравнивали вазодилативный эффект ПГЕ<sub>1</sub> и дексаметазона при внутривенном введении пациентам во время операции по декомпрессии корешка при поясничном остеохондрозе. Однако препараты вводили только после удаления грыжи в отличие от нашего исследования, что, как объясняется в статье, связано с опасностью увеличения размеров корешка за счет увеличения кровенаполнения и риском еще большего механического напряжения в зоне дискордикулярного конфликта. Однако мы не придерживаемся подобного мнения, так как при дооперационном введении тех или иных групп препаратов, в том числе вазодилататоров, как правило, отмечается уменьшение болевого синдрома и частичное нивелирование неврологической симптоматики, что было бы невозможно в случае реализации гипотезы японских авторов. В связи с этим мы в своей работе вводили препарат именно до удаления грыжи диска, что давало возможность сопоставить как клиническую, так и патогенетическую эффективность препарата непосредственно в зоне его действия при сдавленном грыжей визуализированном корешке. По данным японских авторов, дексаметазон не оказывал быстрого эффекта как на общие показатели гемодинамики, так и на показатель микроциркуляции в корешке, что согласуется с результатами, полученными нами. Учитывая высокую эффективность дексаметазона в симптоматическом лечении корешкового болевого синдрома, а также тот факт, что его действие на кровоток внутри корешка является незначительным, можно предположить, что положительный эффект дексаметазона на функцию корешка опосредован другими механизмами, а не действием на сосудистую систему. Максимальная эффективность этого препарата достигается при курсовом 3–5-дневном внутривенном введении в основном за счет противовоспалительного и мембраностабилизирующего действия.

Наибольшее ангиотропное действие, по результатам нашего исследования, показал препарат группы реологически активных веществ — реополиглюкин. Показатель микроциркуляции после его введения увеличился с 33 до 44 перф. ед., или на 28%. Реополиглюкин в большей степени оказывал влияние на динамику артериоловеноулярного градиента, повысив его, в отличие от других препаратов, в 2 раза. Также отмечено снижение показателя напряженности регуляции микроциркуляции при введении реополиглюкина, что расценивается как положительное общее влияние на регуляторные факторы внутрикорешковой перфузии.

Влияние эуфиллина на микроциркуляторное русло компремированного корешка является неоднозначным. Эффект препарата выражался в повышении показателя микроциркуляции в среднем на 20%, при этом свое положительное влияние эуфиллин оказывал за счет увеличения амплитуды дыхательного и сердечного диапазонов регуляции микроциркуляции, т.е. за счет пассивных факторов регуляции, не оказывая существенного влияния на активные регуляторные механизмы. Однако, как и реополиглюкин, эуфиллин оказался эффективен в снижении напряженности регуляции микроциркуляции.

**Заключение.** Метод ЛДФ позволяет оценить состояние микроциркуляции в различных тканях, в том числе и в корешке спинномозгового нерва, а также провести качественную и количественную оценку влияния различных препаратов на микроциркуляцию. Наибольший положительный эффект на показатели корешковой микрогемодициркуляции оказывал представитель группы реологически активных веществ (реополиглюкин). В дальнейшем требуется проведение комплексной оценки эффективности регуляции микроциркуляторного русла в условиях компрессии спинномозгового корешка как исследованных в данной работе групп препаратов, так и других средств, используемых в настоящее время в клинической практике неврологов, нейрохирургов, травматологов-ортопедов у пациентов с радикулопатическим вертеброгенным синдромом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Попелянский Я.Ю., ред.* Ортопедическая неврология (вертеброневрология). М.: «МЕДпресс-информ». 2008: 216–33.
2. *Garfin S., Rydevik B.* Spinal nerve root compression. *Spine*. 1995; 16: 1810–20.
3. *Olmarker K., Myers R.R.* Pathogenesis of sciatic pain: Role of herniated nucleus pulposus and deformation of spinal nerve root and dorsal root ganglion. *Pain*. 1998;78: 99–105.
4. *Черкашов А.М., Шевелев И.Н., Коновалов Н.А.* Хирургическое лечение дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника. В кн.: Назаренко Г.И., ред. Вертеброгенная боль в пояснице. М.: Медицина; 2008: 239–82.
5. *Левин О.С.* Вертеброгенная пояснично-крестцовая радикулопатия. Фарматека. 2010; 13: 26–33.

6. *Legrand E., Bouvard B.* Sciatica from disk herniation: Medical treatment or surgery? *Joint Bone Spine.* 2007; 74 (6): 530–5.
7. *Luijsterburg P.A.* Effectiveness of conservative treatments for the lumbosacral radicular syndrome: a systematic review. *Eur. Spine.* 2007; 16 (7): 881–99.
8. *Parke W., Watanabe R.* The intrinsic vasculature of the lumbosacral nerve roots. *Spine.* 1985; 10: 508–15.
9. *Крупаткин А.И., Сидорова В.В.* Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови: Руководство для врачей. М.: Медицина; 2005: 9–27.
10. *Миронов С.П., Ветрилэ С.Т., Крупаткин А.И., Швец В.В.* Микроциркуляция нервных корешков и твердой мозговой оболочки до и после дискэктомии при поясничных болях. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2006; 3: 57–60.
11. *Onda A., Yabuki S., Kikuchi S.* Effects of lidocaine on blood flow and endoneurial fluid pressure in a rat model of herniated nucleus pulposus. *Spine.* 2001; 26: 2186–92.
12. *Худяев А.Т., Щурова Е.Н., Ефимов А.М.* Исследование кровотока корешков конского хвоста в процессе удаления поясничной межпозвонковой грыжи диска у больных с остеохондрозом. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2010; 2 (34): 49–55.
13. *Murakami M., Takahashi K.* Effects of intravenous lipoprostaglandin E1 on neurogenic intermittent claudication. *J. Spinal Disord.* 1997; 10: 499–504.
14. *Ooi Y., Mita F., Satoh Y.* Myeloscopic study on lumbar spinal canal stenosis with special reference to intermittent claudication. *Spine (Phila Pa 1976).* 1990; 15 (6): 544–9.
15. *Yone K., Sakou T., Kawaguchi Y.* The effect of Lipo prostaglandin E1 on cauda equina blood flow in patients with lumbar spinal canal stenosis: myeloscopic observation. *Spinal Cord.* 1999; 37 (4): 269–74.
16. *Shirasaka M., Takayama B.* Vasodilative effects of prostaglandin E1 derivate on arteries of nerve roots in a canine model of a chronically compressed cauda equine. *BMC Musculoskelet. Disord.* 2008; 9: 41.
17. *Fukusaki M.* Prostaglandin E1 but not corticosteroid increases nerve root blood flow velocity after lumbar diskectomy in surgical patients. *J. Neurosurg. Anesthesiol.* 2010; 15 (2): 76–81.
4. *Cherkashov A.M., Shevelev I.N., Kononov N.A.* Surgical treatment of degenerative lumbar spine diseases. In: Nazarenko G.I., ed. *Vertebrogenic low back pain.* Moscow: Meditsina; 2008: 239–82 (in Russian).
5. *Levin O.S.* Vertebrogenic lumbosacral radiculopathy. *Farmateka.* 2010; 13: 26–33 (in Russian).
6. *Legrand E., Bouvard B.* Sciatica from disk herniation: Medical treatment or surgery? *Joint Bone Spine.* 2007; 74 (6): 530–5.
7. *Luijsterburg P.A.* Effectiveness of conservative treatments for the lumbosacral radicular syndrome: a systematic review. *Eur. Spine.* 2007; 16 (7): 881–99.
8. *Parke W., Watanabe R.* The intrinsic vasculature of the lumbosacral nerve roots. *Spine.* 1985; 10: 508–15.
9. *Krupatkin A.I., Sidorova V.V.* Laser Doppler flowmetry of blood microcirculation: Manual for physicians. Moscow: Meditsina; 2005: 9–27 (in Russian).
10. *Mironov S.P., Vetrile S.T., Krupatkin A.I., Shvets V.V.* Microcirculation of nerve roots and dura mater before and after discectomy in low back pains. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova.* 2006; 3: 57–60 (in Russian).
11. *Onda A., Yabuki S., Kikuchi S.* Effects of lidocaine on blood flow and endoneurial fluid pressure in a rat model of herniated nucleus pulposus. *Spine.* 2001; 26: 2186–92.
12. *Khudyaev A.T., Shchyurova E.N., Efimov A.M.* Study of cauda equina root blood flow in the process of eliminating lumbar intervertebral disc hernia in patients with spine osteochondrosis. *Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrotsirkulyatsiya.* 2010; 2 (34): 49–55 (in Russian).
13. *Murakami M., Takahashi K.* Effects of intravenous lipoprostaglandin E1 on neurogenic intermittent claudication. *J. Spinal Disord.* 1997; 10: 499–504.
14. *Ooi Y., Mita F., Satoh Y.* Myeloscopic study on lumbar spinal canal stenosis with special reference to intermittent claudication. *Spine (Phila Pa 1976).* 1990; 15 (6): 544–9.
15. *Yone K., Sakou T., Kawaguchi Y.* The effect of Lipo prostaglandin E1 on cauda equina blood flow in patients with lumbar spinal canal stenosis: myeloscopic observation. *Spinal Cord.* 1999; 37 (4): 269–74.
16. *Shirasaka M., Takayama B.* Vasodilative effects of prostaglandin E1 derivate on arteries of nerve roots in a canine model of a chronically compressed cauda equine. *BMC Musculoskelet. Disord.* 2008; 9: 41.
17. *Fukusaki M.* Prostaglandin E1 but not corticosteroid increases nerve root blood flow velocity after lumbar diskectomy in surgical patients. *J. Neurosurg. Anesthesiol.* 2010; 15 (2): 76–81.

#### REFERENCES

1. *Popelyanskiy Ya.Yu.*, ed. *Orthopaedic neurology (vertebroneurology).* Moscow: "MEDpress-inform". 2008: 216–33 (in Russian).
2. *Garfin S., Rydevik B.* Spinal nerve root compression. *Spine.* 1995; 16: 1810–20.
3. *Olmarker K., Myers R.R.* Pathogenesis of sciatic pain: Role of herniated nucleus pulposus and deformation of spinal nerve root and dorsal root ganglion. *Pain.* 1998; 78: 99–105.

**Сведения об авторах:** *Крупаткин А.И.* — профессор, доктор мед. наук, ведущий науч. сотр. отделения функциональной диагностики; *Кулешов А.А.* — доктор мед. наук, ведущий науч. сотр., руководитель группы детской вертебрологии; *Швец В.В.* — доктор мед. наук, старший науч. сотр. отделения патологии позвоночника; *Макаров С.Н.* — аспирант группы детской вертебрологии.

**Для контактов:** Макаров Сергей Николаевич. 127299, Москва, ул. Приорова, дом 10, ЦИТО. Тел.: +7 (903) 550-21-12. E-mail: s-makarov@mail.ru.