



СВЯЗЬ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЗВОНОЧНО-ДВИГАТЕЛЬНЫХ СЕГМЕНТОВ С РЕЦИДИВОМ ГРЫЖ ПОЯСНИЧНЫХ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ДИСКОВ

Е.С. Байков, А.А. Байкалов

Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия

Цель исследования. Определение закономерных радиологических параметров дегенерированных позвоночно-двигательных сегментов и биохимических изменений тканей межпозвонковых дисков, которые имеют значимую связь с развитием рецидивов их грыж после микродискэктомии.

Материал и методы. Проведены оценка и статистический анализ данных МРТ, рентгенографии и биохимических параметров тканей пульпозного ядра и фиброзного кольца пациентов, оперированных по поводу грыж поясничных межпозвонковых дисков на уровнях L₄–L₅ и L₅–S₁. Исследованы две группы пациентов: I (n = 50) – с рецидивом грыж, II (n = 50) – без повторного образования грыж в течение трех лет.

Результаты. Значимая корреляционная связь рецидива грыж поясничных межпозвонковых дисков после микродискэктомии прослеживалась со следующими биомеханическими параметрами: высотой межпозвонкового диска (p = 0,001; r = 0,69), сегментарным сагиттальным объемом движения (p = 0,001; r = 0,61), поясничным лордозом (p = 0,001; r = 0,78), стадией дегенерации межпозвонкового диска (p = 0,001; r = 0,46), типом грыжи (p = 0,001, r = 0,45). Количественные и качественные характеристики протеогликанов/гликозаминогликанов пульпозного ядра и фиброзного кольца имели достоверные различия у пациентов исследуемых групп, но значимая корреляционная связь с рецидивом грыж не найдена (r < 0,3).

Заключение. Сохранная высота межпозвонкового диска, гипермобильность позвоночно-двигательного сегмента, сглаженность поясничного лордоза, умеренно выраженная дегенерация межпозвонкового диска, а также протрузии дисков имеют значимую связь с рецидивом грыж поясничных межпозвонковых дисков после микродискэктомии.

Ключевые слова: грыжа межпозвонкового диска, микродискэктомия, рецидив грыжи межпозвонкового диска, гликозаминогликаны, протеогликаны.

Для цитирования: Байков Е.С., Байкалов А.А. Связь биомеханических и биохимических параметров позвоночно-двигательных сегментов с рецидивом грыж поясничных межпозвонковых дисков // Хирургия позвоночника. 2017. Т. 14. № 4. С. 61–68.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2017.4.61-68>.

RELATIONSHIP BETWEEN BIOMECHANICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF SPINAL MOTION SEGMENTS AND RECURRENT LUMBAR DISC HERNIATION

E.S. Baikov, A.A. Baikalov

Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsvyanyan, Novosibirsk, Russia

Objective. To identify natural radiological parameters of degenerative spinal motion segments and biochemical changes in intervertebral disc tissues, which have a significant connection with the hernia recurrence after microdiscectomy.

Material and Methods. The MRI, radiography and biochemical parameters of the nucleus pulposus and annulus fibrosus tissues from patients operated for L₄–L₅ and L₅–S₁ herniation were assessed and statistically analyzed. Two groups of patients were examined: Group I (n = 50) – with recurrent hernias, Group II (n = 50) – without recurrence during three years.

Results. Significant correlation was observed between recurrent lumbar disc herniation after microdiscectomy and the following biomechanical parameters: height of the intervertebral disc (p = 0.001; r = 0.69), segmental sagittal range of motion (p = 0.001; r = 0.61), lumbar lordosis (p = 0.001, r = 0.78), stage of the intervertebral disc degeneration (p = 0.001; r = 0.46), and type of hernia (p = 0.001, r = 0.45). The quantitative and qualitative characteristics of proteoglycans/glycosaminoglycans of the nucleus pulposus and annulus fibrosus differed significantly in patients of the studied groups, but significant correlation with recurrent hernias was not found (r < 0.3).

Conclusion. The preserved intervertebral disc height, hypermobility of the spinal motion segment, the smoothness of the lumbar lordosis, moderate intervertebral disc degeneration, and the disc protrusion have significant connection with the recurrence of lumbar intervertebral disc herniation after microdiscectomy.

Key Words: intervertebral disc herniation, microdiscectomy, recurrent disc herniation, glycosaminoglycans, proteoglycans.

Please cite this paper as: Baikov ES, Baikalov AA. Relationship between biomechanical and biochemical parameters of spinal motion segments and recurrent lumbar disc herniation. *Hir. Pozvonoc.* 2017;14(4):61–68. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2017.4.61-68>.

Позвоночник человека представляет собой модальную кинематическую систему опорно-двигательного аппарата, противостоящую воздействию сил тяжести. Наиболее уязвимыми позвоночно-двигательными сегментами (ПДС) в пояснично-крестцовом отделе позвоночника являются сегменты L₄–L₅ и L₅–S₁. Указанные сегменты чаще всего подвержены дегенеративным процессам и в большей степени являются объектом внимания хирургов-вертебрологов. Грыжи поясничных межпозвонковых дисков (МПД) стоят на первом месте среди всех дегенеративных поражений, требующих оперативного лечения. Как правило, хирургическое вмешательство у пациентов с грыжами является эффективным. Частота отличных и хороших результатов достигает 90–95 % [20]. Тем не менее, несмотря на внедрение новых технологий и совершенствование хирургического инструментария, частота рецидивов грыж поясничных МПД достигает 5–15 %, что является одной из наиболее частых причин ревизионного вмешательства на позвоночнике [1, 18, 19].

Что же является причиной столь значимой проблемы? На данный вопрос пытаются ответить многие исследователи. Предпринимаются попытки выявить факторы, которые негативно отражаются на исходе оперативного лечения. К ним принято относить аномалии развития, тяжелые физические нагрузки, вес пациента, гендерную принадлежность, возраст, стадию дегенерации МПД, сегментарную нестабильность, высоту МПД и другие [11, 19, 21]. Однако до сих пор единого мнения в отношении данной проблемы не существует. С нашей точки зрения, одним из важнейших моментов является исследование ультрамикроструктуры ткани МПД, которая и определяет макроскопическую стабильность ПДС.

Ткани МПД имеют специфическое строение и включают в себя протеогликаны (ПГ), коллаген и воду. ПГ – это сложные белково-углеводные молекулы, способные удерживать и сохранять воду в количестве

до 50 раз больше их массы. Они играют важнейшую роль в поддержании сопротивления МПД компрессионным нагрузкам. Более того, ПГ обеспечивают нормальное функционирование клеток и восстановление тканей после воздействия деформирующих нагрузок [3, 9]. Данная функция выполняется с помощью их углеводной части – цепей гликозаминогликанов (ГАГ), связанных ковалентными связями с центральной нитью белка. Биохимический анализ показал, что в МПД находится несколько типов ГАГ: хондроитинсульфаты и кератансульфаты, соотношение которых меняется с возрастом и в зависимости от стадии дегенерации МПД [13]. Количественный и качественный состав ПГ/ГАГ непосредственно связан с метаболическими процессами, протекающими в ткани МПД, а также отражает его структурно-функциональное состояние. Кроме того, состав ПГ/ГАГ влияет на стабильность ПДС, которую можно оценить с помощью радиологических методов исследований. Выявленные на дооперационном этапе признаки нестабильности ПДС позволяют хирургу-вертебрологу дифференцированно подходить к выбору оптимального вида оперативного лечения для достижения наиболее эффективного результата.

Цель исследования – определение закономерных радиологических параметров дегенерированных ПДС и биохимических изменений МПД, которые имеют значимую связь с развитием рецидивов грыж поясничных МПД после микродискэктомии.

Материал и методы

В 2008–2012 гг. в отделении нейрохирургии № 2 Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна выполнено 1368 микродискэктомий по поводу грыж МПД, проявляющихся компрессионным корешковым синдромом. На уровне L₄–L₅ выполнено 790 (57,7 %) хирургических вмешательств, на уровне L₅–S₁ – 578 (42,3 %). Микродискэктомии осуществляли по мето-

ду Caspar [5], при этом кюретаж МПД не проводили.

За период исследования повторно прооперированы 78 (5,7 %) человек: 50 (3,7 %) – по поводу рецидива грыж МПД на том же уровне с ипсилатеральной стороны, 6 (0,4 %) – с контралатеральной, 7 (0,5 %) – с рецидивом болевого синдрома, обусловленного сегментарной нестабильностью и рубцово-спаечным эпидуритом; у 15 (1,1 %) пациентов выявлен дегенеративный стеноз позвоночного канала на уровне оперативного вмешательства.

Критерии включения в исследование: грыжи МПД на уровне L₄–L₅ и L₅–S₁ сегментов, рецидив грыж МПД на том же уровне с ипсилатеральной стороны.

Критерии исключения: грыжа других локализаций и более чем на одном уровне, сочетание грыж МПД и других дегенеративных патологий поясничного отдела позвоночника, сопутствующие недегенеративные поражения позвоночника, рецидив болевого синдрома, обусловленный дегенеративным стенозом позвоночного канала за счет гипертрофии желтой связки и/или дугоотростчатых суставов в сочетании с сегментарной нестабильностью или без нее, с формированием контралатеральных грыж МПД.

В ходе исследования выделено две группы пациентов: I (n = 50) – с рецидивом поясничных грыж МПД, II (n = 50) – без повторного образования грыж МПД в течение трех лет с момента выполнения операции (метод случайной выборки из генеральной совокупности).

У пациентов обеих групп анализировали дооперационные радиологические показатели ПДС по данным МРТ и рентгенографии поясничного отдела позвоночника (дегенерацию МПД по классификации Pfirmann, индекс высоты диска, сегментарный сагитальный объем движения, центральный угол лордоза поясничного отдела позвоночника, критерии Modic, тип грыжи, наличие листеза) и биохимические параметры тканей МПД, забор

которых осуществляли при первичной микродискэктомии.

ПГ из образцов грыж МПД (пульпозное ядро, фиброзное кольцо) выделяли последовательным экстрагированием растворами 0,14М NaCl, 4,0М хлоридом гуанидина в присутствии ингибиторов протеаз и раствором папаина [13]. ГАГ отделяли от белкового коагумента обработкой раствором борогидрида натрия (0,15М NaBH₄/10М NaOH в соотношении 10:1 при 60 °С 4 ч), очищали хроматографией на ионообменной смоле ДЕАЕ А-25. Количество ГАГ определяли по их структурным единицам – уроновым кислотам (УК), гексозам и количеству сульфатных групп, сульфатированных ГАГ (сГАГ) [3]. Результаты рассчитывали в мкг чистого вещества на мг сухого веса ткани. Для этого в ткани исследовали содержание воды методом высушивания до постоянного веса. Также определяли содержание в ткани нейтральных гексоз, которые относятся не к структуре ПГ, а к продуктам конечного гликирования и характеризуют дополнительные связи в сети коллагена.

Для статистического анализа применяли программное обеспечение «SPSS 15.0» и «Statistica 8.0». Обработку полученных результатов выполняли с использованием вычисления описательных показателей (среднее значение – М, ошибка среднего – m, резуль-

таты представлены в виде М ± m) и путем сравнения количественных и качественных показателей в исследуемых группах пациентов. Для анализа использовали непараметрические методы. Различия между сравниваемыми средними величинами исследуемых показателей в группах оценивали с помощью непараметрического U-критерия Манна – Уитни. Связь качественных показателей между собой проводили с использованием критерия χ^2 . Различия сравниваемых величин считали достоверными при значениях, не превышающих достигнутого порогового уровня, определенного в 0,05 ($p < 0,05$). Взаимосвязь двух показателей между собой оценивали с помощью коэффициента корреляции Спирмена (r).

Результаты

В I группе было 22 (44 %) мужчины и 28 (56 %) женщин, средний возраст $43,6 \pm 7,9$ года. Во II группе – 18 (36 %) мужчин и 32 (64 %) женщины, средний возраст – $42,6 \pm 12,7$ года. Рецидив грыж МПД встречался в период $10,4 \pm 1,2$ мес. (от 1 до 24 мес.). Результаты статистического анализа радиологических параметров представлены в табл. 1. Все исследуемые параметры в группах достоверно отличались ($p < 0,05$). Значимая корреляционная связь с рецидивом установлена по сле-

дующим параметрам: индекс высоты диска, сагиттальный объем движения сегмента, центральный угол лордоза поясничного отдела позвоночника, дегенерация МПД, тип грыжи МПД ($r \geq 0,3$).

Относительно большая высота МПД и гиперангуляционный характер объема сагиттального движения оперированного сегмента отмечены у пациентов с рецидивом грыж МПД (I группа). Также в этой группе при анализе центрального угла лордоза выявлена склонность к гиполордотическим изменениям. Тип грыжи имел значимую корреляционную зависимость с рецидивом ($p = 0,001$; $r = 0,45$). Протрузия МПД превалировала в I группе (70,0 % случаев), во II группе отмечено большее количество экструзий (72,0 %). Косвенным признаком, указывающим на активные последствия биомеханического стресса в пораженном ПДС, являются изменения Modic типа I, которые достоверно чаще отмечены в I группе (62,0 %), хотя значимой корреляционной связи с рецидивом не имели ($p = 0,001$; $r = 0,19$). Стадии дегенерации МПД в сравниваемых группах достоверно различались: в I группе соотношение III и IV стадий составило примерно 4:1, а во II – 1:2. Согласно выполненному статистическому анализу данного параметра, пациенты с рецидивами грыж имеют более раннюю ста-

Таблица 1

Данные статистического анализа радиологических параметров

Параметры		I группа (n = 50)	II группа (n = 50)	p	r
Индекс высоты диска		0,35 ± 0,05	0,26 ± 0,046	0,001 *	0,69**
Сагиттальный сегментарный объем движения, град.		9,80 ± 2,01	6,90 ± 1,86	0,001 *	0,61**
Лордоз поясничного отдела позвоночника, град.		33,40 ± 5,69	46,20 ± 6,78	0,001 *	0,78**
Modic I тип, n (%)		31 (62,0)	5 (10,0)	0,001 *	0,19
Стадия дегенерации межпозвонкового диска по Pfirmann (III:IV), n (%)		38 (76,0):12 (24,0)	15 (30,0):35 (70,0)	0,001 *	0,46**
Тип грыжи, n (%)	протрузия	35 (70,0)	13 (26,0)	0,001 *	0,45**
	экструзия	13 (26,0)	36 (72,0)	—	—
	секвестр	2 (4,0)	1 (2,0)	—	—
Ретролистез, n (%)		19 (38,0)	9 (18,0)	0,026*	0,22

*различия между показателями достоверны ($p < 0,05$);

**коэффициент корреляции между показателем и фактом развития рецидива грыжи межпозвонкового диска значим ($r > 0,3$).

Е.С. БАЙКОВ, А.А. БАЙКАЛОВ. БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЗВОНОЧНО-ДВИГАТЕЛЬНЫХ СЕГМЕНТОВ И РЕЦИДИВ ГРЫЖ ДИСКОВ
E.S. BAIKOV, A.A. BAIKALOV. BIOMECHANICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF SPINAL MOTION SEGMENTS AND RECURRENT LUMBAR DISC HERNIATION

Таблица 2

Содержание химических компонентов гликозаминогликанов в пульпозном ядре и фиброзном кольце при рецидивирующих и нероцидивирующих грыжах у пациентов с III ст. дегенерации межпозвонкового диска по Pfirrmann

Параметры	I группа (n = 38)	II группа (n = 15)
Пульпозное ядро H ₂ O, %	81,31 ± 0,69	83,34 ± 0,97
Пульпозное ядро, сГАГ, мкг	38,33 ± 0,93	45,50 ± 0,96*
Пульпозное ядро, уроновые кислоты, мкг	27,20 ± 0,77	34,81 ± 1,81*
Пульпозное ядро галактоза, мкг	14,34 ± 0,68	23,50 ± 1,51*
Пульпозное ядро гексозы, мкг	31,91 ± 1,03	57,11 ± 5,65*
Пульпозное ядро, уроновые кислоты/галактоза	1,93 ± 0,05	1,53 ± 0,07*
Пульпозное ядро, сГАГ/уроновые кислоты	1,44 ± 0,07	1,42 ± 0,09
Фиброзное кольцо H ₂ O, %	81,71 ± 0,56	81,14 ± 0,83
Фиброзное кольцо, сГАГ, мкг	44,61 ± 0,99	42,20 ± 1,42
Фиброзное кольцо, уроновые кислоты, мкг	71,62 ± 0,88	64,10 ± 2,04*
Фиброзное кольцо галактоза, мкг	38,13 ± 0,79	35,22 ± 1,74
Фиброзное кольцо гексозы, мкг	191,42 ± 5,97	117,10 ± 5,88*
Фиброзное кольцо, уроновые кислоты/галактоза	1,92 ± 0,04	1,93 ± 0,07
Фиброзное кольцо, сГАГ/уроновые кислоты	0,61 ± 0,02	0,70 ± 0,04

сГАГ — сульфатированные гликозаминогликаны; рассчитано в мкг вещества — хондроитин-сульфата С (для сГАГ), гексуроновых кислот и галактозы на мг сухого веса ткани;

*различие значимо (p < 0,05).

дию дегенерации МПД, что отражается в значимой положительной корреляционной зависимости этого признака от неблагоприятного исхода микродисэктомии (r = 0,42).

В нашем исследовании выявлена значимая зависимость рецидива грыж МПД и стадии их дегенерации по классификации Pfirrmann. Имеется зависимость между данными МРТ и биохимическим профилем МПД [10]. По этой причине мы выполнили анализ структуры тканей МПД, взятых от пациентов с III ст. дегенерации, которая является одним из предикторов неблагоприятного исхода микродисэктомии. Данные статистического анализа биохимических параметров тканей МПД обеих групп представлены в табл. 2.

В пульпозном ядре содержание воды относительно высокое в обеих группах и достоверных отличий нет. Количество сГАГ, УК и галактозы достоверно выше во II группе (p = 0,001), сГАГ ниже в I группе в 1,2 раза, чем во II, что имеет достоверную разницу. Соотношение сГАГ/УК, которое может отчасти характе-

ризовать степень сульфатирования ГАГ, в ткани пульпозного ядра имеет значение 1,4 в обеих группах, что обычно наблюдается в тканях с возрастом или в процессе дегенерации. Соотношение УК и галактозы — химических составляющих хондроитинсульфатов и кератансульфата характеризует качественный состав ГАГ. Это соотношение приблизительно составило 1,9 в I группе и 1,5 во II. Количество нейтральных гексоз в группе без рецидивов грыж МПД было достоверно выше (приблизительно в 1,9 раза).

В фиброзном кольце содержание воды и количество сГАГ в группах значимо не отличалось. В группе с рецидивами грыж количество УК было достоверно выше, чем у пациентов без рецидива грыж, а уровень галактоз был сопоставим. Соотношение сГАГ/УК в группах не отличалось и составляло 0,6–0,7. Количество УК почти в два раза выше содержания галактозы, то есть в тканях обеих групп преобладают хондроитинсульфаты. Количество нейтральных гексоз в I группе в 1,6 раза превышало их уровень во II группе.

В ходе исследования проведен корреляционный анализ для выявления значимых связей между биохимическими и биомеханическими параметрами ПДС (табл. 3). Значимая обратная корреляционная зависимость найдена между индексом высоты МПД и количеством нейтральных гексоз в пульпозном ядре и фиброзном кольце; выявлена обратная корреляционная зависимость между объемом движения в сегменте и биохимическими характеристиками пульпозного ядра (количеством нейтральных гексоз), а также прямая зависимость с содержанием в фиброзном кольце галактозы и гексоз — веществ, которые участвуют в упрочнении поперечных связей в ткани.

Основой механической стабильности МПД является фиброзное кольцо, состояние которого влияет на кинематические характеристики ПДС. Мы выявили определенную закономерность изменений биохимического состава фиброзного кольца в исследуемых группах. При III ст. дегенерации МПД в группе с рецидивами грыж достоверно большее содержание УК и гексоз, однако данные параметры не имели значимой корреляционной связи с рецидивом межпозвонковых грыж (r = 0,17; r = 0,24 соответственно).

Обсуждение

Проведенное исследование является одним из немногих, направленных на поиск закономерных связей между структурой тканей и биомеханическими свойствами МПД, которые могут определить возможные неблагоприятные исходы хирургического лечения пациентов с грыжами поясничных МПД.

Дегенеративные изменения ПДС в 90 % начинаются с МПД — биомеханически важной структуры, определяющей сегментарную стабильность позвоночника. Мы предполагаем, что оценкой дооперационных параметров ПДС, зависящих от биохимических изменений в МПД, можно прогнозировать исход хирургического лечения и на дооперационном этапе пред-

Таблица 3

Корреляционная связь биохимических и биомеханических параметров у пациентов с III ст. дегенерации межпозвонкового диска по Pfirrmann

Параметры	Индекс высоты диска	Сегментарный сагиттальный объем движения
Пульпозное ядро, содержание воды	0,01	0,02
Пульпозное ядро, сГАГ	-0,19	-0,26
Пульпозное ядро, уроновые кислоты	-0,17	-0,04
Пульпозное ядро, галактоза	-0,26	-0,13
Пульпозное ядро, гексозы	-0,30*	-0,32*
Пульпозное ядро, уроновые кислоты/галактоза	0,15	0,07
Пульпозное ядро, сГАГ/уроновые кислоты	-0,008	-0,11
Фиброзное кольцо, содержание воды	0,12	0,22
Фиброзное кольцо, сГАГ	0,13	0,13
Фиброзное кольцо, уроновые кислоты	0,11	0,17
Фиброзное кольцо, галактоза	0,19	0,31*
Фиброзное кольцо, гексозы	-0,30*	0,39*
Фиброзное кольцо, уроновые кислоты/галактоза	-0,12	-0,15
Фиброзное кольцо, сГАГ/уроновые кислоты	0,03	-0,03

сГАГ — сульфатированные гликозаминогликаны;

* коэффициент корреляции значим ($r > 0,3$).

принимать меры по предотвращению неблагоприятных результатов.

Существует корреляция между типом грыж МПД и их рецидивом. Morgan-Hough et al. [14] показали, что при протрузиях МПД риск реоперации достоверно выше, чем при экстррузии или секвестрированной грыже. В нашем исследовании также установлена такая связь ($r = 0,45$): в группе рецидива грыж МПД протрузии встречались достоверно чаще, чем в группе без рецидива.

В последнее время активно обсуждается значимость изменений замыкательных пластинок (критерии Modic) при дегенеративных поражениях позвоночника для тактики и исхода хирургического лечения [18]. Toyone et al. [16] установили, что при изменении I типа гипермобильность возникает в 70 % случаев, II типа — только в 16 %. Авторы по данным рентгенографии сделали заключение, что боль в поясничном отделе позвоночника и изменения I типа часто сопряжены с нестабильностью, требующей выполнения поясничной фиксации

[16]. Отношение между изменениями Modic I типа и сегментарной нестабильностью поддерживается в основном косвенными свидетельствами результатов спондилодеза в поясничном отделе позвоночника [6, 17]. Хотя значимой корреляционной связи изменений Modic I типа с рецидивом не выявлено, но их частота была достоверно выше в I группе ($p = 0,001$; $r = 0,19$).

Некоторые авторы считают, что ретроспондилолистез является признаком сегментарной нестабильности, играющей важную роль в прогнозе рецидива. Shen et al. [15] выявили выраженную корреляционную зависимость в образовании грыж МПД на уровне L_5-S_1 при наличии ретроспондилолистеза L_5 позвонка. Однако мы не обнаружили корреляции между задним смещением вышележащего позвонка и рецидивом грыж МПД, несмотря на достоверную разницу в исследуемых группах ($p = 0,026$; $r = 0,22$).

Не только сегментарное биомеханическое состояние позвоночника,

но и состояние целого отдела может влиять на исход хирургического лечения. Продан и др. [2] на основе клинико-рентгенологического обследования 100 пациентов с хронической люмбалгией и люмбоишиалгией выявили закономерность влияния гиполордотической осанки на риск развития дегенеративных поражений МПД. При сравнении параметров центрального угла лордоза поясничного отдела позвоночника выявили, что пациенты с рецидивами грыж МПД склонны к гиполордотическим изменениям (центральный угол лордоза составил $33,4^\circ \pm 5,69^\circ$) в отличие от пациентов без рецидива ($46,2^\circ \pm 6,78^\circ$).

Высота МПД может выступать предиктором исхода микродискэктомии. Yoritatsu et al. [20] определили, что сохраняемая высота МПД при выполнении первичной операции достоверно коррелирует с рецидивом грыж МПД. Мы также выявили данную зависимость ($r = 0,69$).

Известно, что объем движения ПДС зависит от структуры МПД, дугоотростчатых суставов и механической нагрузки на указанные элементы [8]. Выявлена зависимость между дегенеративными изменениями структур ПДС и сагиттальной стабильностью. Fujiwara et al. [8] показали, что сегментарный объем движения увеличивается в начальных стадиях дегенерации МПД и уменьшается в тяжелых стадиях. Bible et al. [4] сообщили, что сегментарный объем движения уменьшается пропорционально стадии дегенерации. В нашем исследовании у пациентов с рецидивом грыж III и IV ст. дегенерации МПД сегментарная ангуляция была достоверно выше, чем у пациентов без рецидива. Dora et al. [7] отметили, что у пациентов с начальными стадиями дегенерации риск рецидива грыж МПД в 6,8 раза выше, чем при грубых стадиях. Мы отметили значимую положительную корреляционную зависимость между стадией дегенерации и рецидивом грыж МПД ($r = 0,46$).

Проведенное исследование выявило, что ткани МПД у пациентов с рецидивами грыж и без таковых имеют закономерные особенности их струк-

туры. Сравнительный анализ биохимических параметров пульпозного ядра и фиброзного кольца у пациентов с III ст. дегенерации МПД по классификации Pfirrmann в обеих группах показал, что в тканях пульпозного ядра изменяется одно из важнейших свойств ГАГ, которое имеет большое значение для ее функционирования в целом – это степень сульфатирования их цепей. Под данным термином понимается плотность отрицательного заряда в полисахаридах. Снижение данного параметра обычно наблюдается с возрастом или в процессе дегенерации. Количество нейтральных гексоз, нарастание которых в ткани происходит во время активных дегенеративных процессов, снижено, причем достоверно в группе рецидивов грыж МПД. В ткани фиброзного кольца молекулы ГАГ также претерпевают значительные изменения, которые можно охарактеризовать как дегенеративные, при этом у пациентов I группы каскад изменений носит более грубый характер.

Особый интерес представляют данные о содержании гексоз, общее количество которых в ткани на порядок выше. Уровень гексоз в группе пациентов с рецидивами грыж МПД достоверно больше в сравнении с группой без рецидива. Накопление нейтральных гексоз наряду со снижением количества ГАГ и степени их сульфатирования изменяет эластические свойства тканей МПД, который становится более жестким и хрупким, усиливается сопротивление ткани к дистракционным нагрузкам, вследствие чего теряется способность удерживать воду [12]. Таким образом, накопление нейтральных гексоз является отражением развития дегенеративных процессов в ткани с потерей ее функциональных свойств.

Изменения ГАГ в пульпозном ядре и фиброзном кольце связаны с особенностями физиологических процессов в условиях патологии. Накопление низкосульфатированных ГАГ существенно меняет свойства ткани.

С одной стороны, у нее снижаются упругопрочностные характеристики, с другой – низкосульфатированные ГАГ стимулируют повышение активности деградирующих ферментов, которые продуцируют резидентные клетки. В свою очередь повышенная деградация материала внеклеточного матрикса стимулирует биосинтетический потенциал хондроцитов. В результате возникает метаболический замкнутый круг. Ткань становится более рыхлой, поскольку для формирования нормального внеклеточного матрикса и коллагеновых фибрилл требуются высокосульфатированные ГАГ. В пульпозном ядре накапливается мягкая, функционально несостоятельная ткань, а фиброзное кольцо в силу снижения биомеханических свойств не способно быть полноценным фиксирующим компонентом МПД.

Корреляционные зависимости между количественными и качественными характеристиками ГАГ и биомеханическими параметрами (индексом высоты диска и сагиттальным объемом движения) отражают особенности структурной организации ткани МПД. Так, высота диска при III ст. дегенерации МПД обратно пропорциональна жесткости ткани, которая зависит от количества ПГ, удерживающих воду, а также прочности сети коллагена, которая определяется эффективными поперечными связями между фибриллами, в том числе и продуктами гликирования. Стабильность фиброзного кольца обеспечивается за счет прочных поперечных связей в различных белково-углеводных структурах, что предопределяет объем движения в ПДС. При развитии дегенеративных изменений высота МПД определяется структурой пульпозного ядра – насколько значительно в нем содержание ГАГ, воды и хондроитинсульфатов. В фиброзном кольце также имеют значение содержание ГАГ и степень их сульфатирования, влияющие на его стабилизирующие характеристики.

Таким образом, выявлены достоверные различия биохимических параметров между группами с рецидивом грыж МПД и без таковых. Более того, установлены значимые корреляционные зависимости между биомеханическими и биохимическими характеристиками межклеточного вещества МПД. Тем не менее не обнаружено значимой связи биохимических параметров, отражающих качественный и количественный состав ГАГ как в пульпозном ядре, так и в фиброзном кольце, с рецидивом грыж поясничных МПД.

Выводы

1. Сохранная высота МПД, гипермобильность ПДС, сглаженный поясничный лордоз, умеренно выраженная дегенерация диска, а также его протрузии имеют значимую связь с рецидивом грыж после микродискэктомии.

2. Количество и структура ПГ/ГАГ пульпозного ядра и фиброзного кольца отражают особенности метаболических процессов в тканях МПД и имеют специфические изменения у пациентов с рецидивами грыж и без таковых.

3. Биомеханические свойства тканей МПД имеют значимую связь с изменениями структуры и количеством ГАГ.

4. Оценка радиологических параметров, отражающих биомеханику позвоночника, и их взаимосвязи может быть важна в тактике выбора оптимального вида хирургического лечения пациентов с грыжами поясничных МПД.

Авторы выражают благодарность старшему научному сотруднику лабораторно-экспериментального отдела Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна канд. мед. наук Т.В. Русовой за помощь в подготовке статьи.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. Олейник А.Д., Малышко В.Н., Воротынцев Д.С. Причины рецидива болевого синдрома после эндоскопической микродискектомии на поясничном уровне // Поленовские чтения: М-лы X Юбил. Всерос. науч.-практ. конф. СПб., 2011. С. 253. [Oleynik AD, Malysheko VN, Vorotyntsev DS. Causes of recurrent pain syndrome after endoscopic microdiscectomy in the lumbar spine. Proceedings of the 10th Jubilee All-Russian Scientific and Practical Conference Polenov's Readings. St. Petersburg, 2011: 253. In Russian].
2. Продан А.И., Хвисько А.Н. Корреляция параметров сагиттального позвоночно-тазового баланса и дегенеративных изменений нижнепоясничных позвоночных сегментов // Хирургия позвоночника. 2007. № 1. 44–51. [Prodan AI, Khvysyuk AN. Correlation between sagittal spinopelvic balance parameters and degenerative changes of the lower lumbar spinal segments. Hir. Pozvonoc. 2007;(1):44–51. In Russian].
3. Русова Т.В., Байтов В.С. Биохимические изменения протеогликанов суставного хряща при прогрессирующем остеоартрозе // Бюл. СО РАМН. 2008. № 2 (131). С. 25–29. [Rusova TV, Baitov VS. Biochemical changes in proteoglycans of articulate cartilage in progressive osteoarthritis. Bulletin of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences. 2008;(2):25–29. In Russian].
4. Bible JE, Simpson AK, Emerson JW, Biswas D, Grauer JN. Quantifying the effects of degeneration and other patient factors on lumbar segmental range of motion using multivariate analysis. Spine. 2008;33:1793–1799. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31817b8f3a.
5. Caspar W, Campbell B, Barbier DD, Kretschmer R, Gotfried Y. The Caspar microsurgical discectomy and comparison with a conventional standard lumbar disc procedure. Neurosurgery. 1991;28:78–87. DOI: 10.1097/00006123-199101000-00013.
6. Chataigner H, Onimus M, Polette A. [Surgery for degenerative lumbar disc disease. Should the black disc be grafted?]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1998;84:583–589. In French.
7. Dora C, Schmid MR, Elfering A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Lumbar disk herniation: do MR imaging findings predict recurrence after surgical discectomy? Radiology 2005;235:562–567. DOI: 10.1148/radiol.2352040624.
8. Fujiwara A, Lim TH, An HS, Tanaka N, Jeon CH, Andersson GB, Haughton VM. The effect of disc degeneration and facet joint osteoarthritis on the segmental flexibility of the lumbar spine. Spine. 2000;25:3036–3044. DOI: 10.1097/00007632-200012010-00011.
9. Gruber HE, Hanley EN Jr. Recent advances in disk cell biology. Spine. 2003;28:186–193.
10. Haughton V. The “dehydrated” lumbar intervertebral disk on MR, its anatomy, biochemistry and biomechanics. Neuroradiology. 2011;53 Suppl 1:S191–S194. DOI: 10.1007/s00234-011-0923-6.
11. Huang W, Han Z, Liu J, Yu L, Yu X. Risk factors for recurrent lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis. Medicine (Baltimore). 2016;95:e2378. DOI: 10.1097/MD.0000000000002378.
12. Martins DE, Oliveira VM, Alves MT, Wajchenberg M, Landim E, Belloti JC, Puertas EB, Ishida A. Correlations between radiographic, magnetic resonance and histological examinations on the degeneration of human lumbar intervertebral discs. Sao Paulo Med J. 2010;128:63–68. DOI: 10.1590/S1516-31802010000200004.
13. Melrose J, Smith SM, Little CB, Moore RJ, Vernon-Roberts B, Fraser RD. Recent advances in annular pathobiology provide insights into rim-lesion mediated intervertebral disc degeneration and potential new approaches to annular repair strategies. Eur Spine J. 2008;17:1131–1148. DOI: 10.1007/s00586-008-0712-z.
14. Morgan-Hough CV, Jones PW, Eisenstein SM. Primary and revision lumbar discectomy. A 16-year review from one centre. J Bone Joint Surg Br. 2003;85:871–874. DOI: 10.1302/0301-620X.85B6.13626.
15. Shen M, Razi A, Lurie JD, Hanscom B, Weinstein J. Retrolisthesis and lumbar disc herniation: a preoperative assessment of patient function. Spine J. 2007;7:406–413. DOI: 10.1016/j.spinee.2006.08.011.
16. Toyone T, Takahashi K, Kitahara H, Yamagata M, Murakami M, Moriya H. Vertebral bone-marrow changes in degenerative lumbar disc disease. An MRI study of 74 patients with low back pain. J Bone Joint Surg Br. 1994;76:757–764.
17. Vital JM, Gille O, Pointillart V, Pedram M, Bacon P, Razanabola F, Schaeferle C, Azzouz S. Course of Modic 1 six months after lumbar posterior osteosynthesis. Spine. 2003;28:715–721. DOI: 10.1097/01.BRS.0000051924.39568.31.
18. Yaman ME, Kazanc A, Yaman ND, Bas F, Ayberk G. Factors that influence recurrent lumbar disc herniation. Hong Kong Med J. 2017;23:258–263. DOI: 10.12809/hkmj164852.
19. Yao Y, Liu H, Zhang H, Wang H, Zhang Z, Zheng Y, Tang Y, Zhou Y. Risk factors for the recurrent herniation after microendoscopic discectomy. World Neurosurg. 2016;95:451–455. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.08.071.
20. Yoritatsu E, Chiba K, Toyama Y, Hirabayashi K. Long-term outcomes of standard discectomy for lumbar disc herniation: a follow-up study of more than 10 years. Spine. 2001;26:652–657. DOI: 10.1097/00007632-200103150-00019.
21. Yurac R, Zamorano JJ, Lira F, Valiente D, Ballesteros V, Urzua A. Risk factors for the need of surgical treatment of a first recurrent lumbar disc herniation. Eur Spine J. 2016;25:1403–1408. DOI: 10.1007/s00586-015-4272-8.

Адрес для переписки:

Байков Евгений Сергеевич
630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
Новосибирский НИИТО,
evgen-bajk@mail.ru

Address correspondence to:

Baikov Evgeny Sergeyevich
NIITO, Frunze str., 17,
Novosibirsk, 630091, Russia,
evgen-bajk@mail.ru

Статья поступила в редакцию 11.05.2017

Рецензирование пройдено 16.06.2017

Подписана в печать 20.06.2017

Received 11.05.2017

Review completed 16.06.2017

Passed for printing 20.06.2017

Е.С. БАЙКОВ, А.А. БАЙКАЛОВ. БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЗВОНОЧНО-ДВИГАТЕЛЬНЫХ СЕГМЕНТОВ И РЕЦИДИВ ГРЫЖ ДИСКОВ
E.S. BAIKOV, A.A. BAIKALOV. BIOMECHANICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF SPINAL MOTION SEGMENTS AND RECURRENT LUMBAR DISC HERNIATION

Евгений Сергеевич Байков, канд. мед. наук, младший научный сотрудник, нейрохирург, Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия, eugen-bajk@mail.ru;

Андрей Александрович Байкалов, канд. мед. наук, нейрохирург, Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия, niito@niito.ru.

Evgeny Sergeyevich Baikov, MD, PhD, junior researcher, neurosurgeon, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsviryan, Novosibirsk, Russia, eugen-bajk@mail.ru;

Andrey Aleksandrovich Baikarov, MD, PhD, neurosurgeon, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsviryan, Novosibirsk, Russia, niito@niito.ru.