

УДК 616.711-001.36:577.118](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872020329-35>

## Макро- и микроэлементный состав межпозвонковых дисков при грыжах поясничного отдела позвоночника

С. С. Кочкартаев<sup>1</sup>, Ш. Ш. Шатурсунов<sup>1</sup>, Е. А. Данилова<sup>2</sup>, Н. С. Осинская<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Республиканский научно-практический медицинский центр травматологии и ортопедии МЗ Узбекистана, Ташкент

<sup>2</sup> Институт ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент

*Studies of the mechanisms of lumbar spine disease are relevant, as the choice of adequate treatment requires in-depth knowledge of the its etiopathogenesis changes in the spine tissues. The macro- and microelement content of intervertebral disc herniation (IDH) are least studied. Objective: to assess changes in the element composition of intervertebral disc herniation at conditions of degree of degeneration. Methods: using instrumental neutron activation analysis (INAA) we studied biomaterial obtained during microdissectomy at L<sub>III</sub>-L<sub>IV</sub>, L<sub>IV</sub>-L<sub>V</sub>, L<sub>V</sub>-S<sub>I</sub> spine levels. Group A — 8 fragments of hernias from patients aged 24–36 years with structural changes of intervertebral discs, group B — 7 fragments from patients at the age of 37–44 years with total degeneration of the spinal motor segments, group B — 7 samples from patients aged 45–60 years with degenerative deformities of the spine. INAA allowed to outline the content of 22 essential trace elements. The maximum error of the activation method for determining the elements did not exceed 12%. Results: it was found a gradual change in the content of certain essential elements depending on the stage of the destructive process in intervertebral discs tissues. In particular, changes in sodium, potassium, chlorine leads to contravention of acid-base balance in the tissues, reducing the iron content by 1.44 times — to reduce the flow of oxygen to the intervertebral disc. At the same time, the reduction of calcium levels at the beginning of the degenerative process by 2 times, and then its increase by 1.6 times indicates on calcification of the intervertebral soft tissues. Conclusions: microelement correlations in intervertebral discs tissues are established and the course of the degenerative process can be used to predict the patient's condition and the choice of adequate treatment. Key words: lumbar spine disease, intervertebral disc herniation, neutron activation analysis, microelements.*

*Дослідження механізмів розвитку остеохондрозу поперекового відділу хребта є актуальними, оскільки для вибору адекватного лікування необхідні поглиблені знання етіопатогенезу змін у тканинах хребта. Найменш вивчений макро- і мікроелементний склад гриж міжхребцевих дисків (МХД). Мета: оцінити зміни мікроелементного складу гриж міжхребцевих дисків за умов ступеня дегенерації. Методи: за допомогою інструментального нейтронно-активаційного аналізу (ІНАА) досліджений біоматеріал, отриманий під час виконання мікродиссектомій на рівні L<sub>III</sub>-L<sub>IV</sub>, L<sub>IV</sub>-L<sub>V</sub>, L<sub>V</sub>-S<sub>I</sub>. Група А — 8 фрагментів гриж від пацієнтів віком 24–36 років зі структурними змінами міжхребцевих дисків, група Б — 7 проб від осіб у віці 37–44 роки з тотальною дегенерацією хребтових рухових сегментів, група В — 7 фрагментів від пацієнтів віком 45–60 років із дегенеративними деформаціями хребтових рухових сегментів. ІНАА дозволив окреслити вміст 22 есенціальних мікроелементів. Максимальна похибка активаційного методу визначення елементів не перевищувала 12%. Результати: встановлено, що в тканинах міжхребцевих дисків відбувається поетапна зміна вмісту певних есенціальних елементів залежно від стадії деструктивного процесу. Зокрема, зміна вмісту натрію, калію, хлору призводить до порушення регуляції кислотно-лужної рівноваги в тканинах, зменшення вмісту заліза в 1,44 разу — до зменшення надходження кисню в міжхребцевий диск. Водночас зниження рівню кальцію на початку дегенеративного процесу в 2 рази, а потім його підвищення в 1,6 разу свідчить про кальцинацію м'яких тканин міжхребцевих дисків. Висновки: встановлені кореляції мікроелементного складу тканин міжхребцевих дисків і перебігу дегенеративного процесу можуть бути використані для прогнозування стану хворого та вибору адекватного методу лікування. Ключові слова: остеохондроз, грижа міжхребцевого диска, нейтронно-активаційний аналіз, мікроелементи.*

**Ключевые слова:** остеохондроз, грыжа межпозвонкового диска, нейтронно-активационный анализ, микроэлементы

## Введение

В мире отмечается рост стойкой утраты трудоспособности за счет патологических состояний позвоночника, объединенных термином «болезни цивилизации». Среди них одно из ведущих мест занимает поясничный остеохондроз, который в структуре первичной инвалидности при заболеваниях нервной системы располагается на 3-ем месте [1–4].

На клинические проявления остеохондроза позвоночника приходится 68 % в структуре всех заболеваний нервной системы. На фоне общего нарастания частоты остеохондроза позвоночника отмечается увеличение в 2,2 раза количества больных в возрасте моложе 25 лет [1, 2].

Изучение механизмов развития дегенеративных нарушений при остеохондрозе позвоночника в настоящее время весьма актуально. Существенным звеном являются гистологические и биохимические исследования изменений в тканях при грыжах межпозвоночных дисков (МПД). Наименее изученными остаются вопросы строения межклеточного вещества МПД и содержание химических элементов в них при дегенеративных процессах. Дегенерация МПД происходит гораздо раньше, чем других тканей позвоночного двигательного сегмента (ПДС), первые однозначные ее признаки в поясничном отделе позвоночника обнаружены в возрастной группе 11–16 лет [5–7].

В современном мире все большее значение приобретают открытия и исследования, совершаемые на стыке наук. Одним из наиболее перспективных в этом плане видится соединение биологических исследований и последних достижений в области физики. Полученные результаты нередко приводят не только к переосмыслению концепций наук о живой природе, но, зачастую, к значимым практическим результатам [1, 8].

Исследования адаптивных сдвигов в содержании химических элементов при изменении внешних воздействий, прежде всего стрессового характера, роли химических элементов в этиологии и патогенезе различных заболеваний, индикаторных показателей и разработке корректирующих и лечебных мероприятий становятся предметом новых научных направлений в медицине. Микроэлементы связаны с основными функциями организма: обменными процессами, ростом и развитием, размножением, кроветворением. Они входят в состав витаминов, металлоэнзимов, участвуют в синтезе белка, обмене нуклеиновых кислот и т. д. [9].

Микроэлементы являются важнейшими катализаторами различных биохимических процессов, обмена веществ, играют значительную роль в адаптации организма в норме и при патологии. Ряд элементов, широко представленных в природе, редко встречается в организме человека, и наоборот. В этом проявляются особенности бионакопления элементов для поддержания гомеостаза. Микроэлементный гомеостаз может нарушаться при недостаточном поступлении эссенциальных веществ или избыточном — токсичных. В этом случае очень важна диагностика микроэлементозов, связанная в первую очередь с количественным определением элементов в биосубстратах человека [10, 11].

Использование физико-химических методов исследования дает возможность получить данные в различных областях медицинской биологии. В настоящее время в мировой практике применяются различные методы количественного определения химических элементов в биосубстратах человека [12]. Наиболее используемыми являются: метод атомно-абсорбционной спектроскопии, плазменная масс-спектрометрия и нейтронно-активационный анализ. Эти методы позволяют в одной пробе биосубстрата (кровь, волосы, ногти, моча) одновременно определять несколько микроэлементов, что очень важно для оценки их взаимовлияния. Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки. Так, метод атомно-абсорбционной спектроскопии позволяет индивидуально определять до 70 компонентов. Достоинством его является высокая специфичность при определении элементов, позволяющая использовать упрощенную пробоподготовку и низкие пределы обнаружения. Недостаток метода — одноэлементность и, поскольку атомизация пробы происходит в пламени, в графитовой кювете присутствует эффект матрицы и летучесть соединений.

Плазменная масс-спектрометрия (ИСП-МС) — многоэлементный метод, позволяющий определять содержания микро- и ультрамикроэлементов в различных биосубстратах. Однако высокая стоимость оборудования, повышенные требования к помещениям, где проводятся анализы, и тщательная пробоподготовка ограничивают его использование.

Инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА) — также многоэлементный, позволяет определять значительное число элементов в различных биосубстратах с исключительно высокой чувствительностью. Его важным

достоинством является простая пробоподготовка, не требующая разложения пробы, отсутствие поправки на холостой опыт, малый расход пробы, высокая селективность и исключительно высокая производительность. Пределы обнаружения отдельных элементов достигают 1 нг/г.

*Цель исследования:* оценить изменения микроэлементного состава грыж межпозвонковых дисков при различной степени дегенерации.

## Материал и методы

Забор биоматериала проводили интраоперационно при микродискэктомии с целью оценки изменений микроэлементного состава тканей МПД при грыжах на уровне  $L_{III}-L_{IV}$ ,  $L_{IV}-L_{V}$ ,  $L_{V}-S_1$ . Весь биоматериал был разделен на 3 группы в зависимости от степени дегенерации МПД и возраста. Первую группу (А) составили пациенты со структурными изменениями МПД, вторую (Б) — с тотальной дегенерацией ПДС, третью (В) — с дегенеративными деформациями ПДС.

В группу А вошли 8 фрагментов тканей удаленных частей грыж МПД у пациентов в возрасте от 24 до 36 лет (в среднем 29,5), у которых клиничко-неврологический статус оценивался нестойким болевым синдромом (боли уменьшались в покое, но усиливались при нагрузках), развитием мышечно-тонического синдрома и нарушением ортопедического статуса в виде рефлекторно-анталгической установки поясничного отдела позвоночника. Инструментальные методы (спондилография, МРТ, МСКТ) исследования указывали на начальные проявления остеохондроза, с развитием грыжи диска размерами до 5 мм [1, 3, 4, 8, 13]. Макроскопически удаленный фрагмент диска по консистенции был близок к нормальному, но творожистого вида, повышенного уровня гидрофильности ткани, фрагменты удалялись комочками в виде мелких кусочков.

Группу Б составили пробы, полученные во время операции у 7 больных в возрасте от 37 до 44 лет (в среднем 41). У них был стойкий болевой синдром при ходьбе с незначительным уменьшением болей в покое в вынужденной позе, ограничение движений в позвоночнике, развитие мышечно-тонического синдрома и симптомов натяжения нервов. В этой группе интраоперационный биосубстрат соответствовал данным морфологического субстрата по МРТ-исследованию. Рентгенологические данные указывали на снижение высоты МПД и тотальную дегенерацию ПДС [1, 3, 8]. Удаленная часть грыжи макроскопически была представлена волокнисто-соединительной

тканью, эластичной, растягивающейся, но при этом быстро рвущейся. Диски удалялись частями, их фрагменты отличались от проб группы А меньшей гидрофильностью.

Группу В составили 7 биопрепаратов, полученных во время операции дискэктомии у пациентов в возрасте от 45 до 60 лет (средний возраст — 53 года). Клинически у этих больных обнаружены сильные стойкие боли, не уменьшающиеся даже в покое, резкое ограничение движений, ярко выраженный мышечно-тонический синдром, симптомы натяжения нервов. Результаты инструментальных исследований констатировали дегенеративные деформации ПДС [3, 4, 13] с развитием грыжи МПД. Во фрагментах диска определялись небольшие отломки кости и участки деструктивно измененных волокнистых колец.

Анализ образцов биоматериала на содержание макро- и микроэлементов проведен в лаборатории активационного анализа Института ядерной физики АН Республики Узбекистан с использованием ИНАА, позволившим определить содержание 22 микроэлементов в измененных тканях МПД.

Исследования одобрены локальным комитетом по биоэтике (протокол № 3 от 13.08.2019).

*Методика подготовки образцов.* Полученные интраоперационные фрагменты МПД промывали дистиллированной водой и высушивали до постоянного веса в сушильном шкафу при температуре не выше 60 °С. Затем образцы растирали в фарфоровой ступке до однородной массы, взвешивали две навески (40 мг — для анализа по короткоживущим радионуклидам, 90–100 мг — по средне- и долгоживущим) и упаковывали в маркированные полиэтиленовые пакеты.

*Методика ИНАА определения элементов.* Для определения элементов приходится прибегать к многократному облучению и достаточно длительному времени измерения. Для определения содержания элементов по нуклидам с различными периодами полураспада используют разные временные режимы анализа (время облучения, остывания, измерения). В свою очередь, разные режимы требуют либо отдельных навесок образцов, либо использования одной навески для повторных облучений, что увеличивает время проведения анализа из-за необходимости выжидания распада короткоживущих нуклидов после первого облучения [4]. После изучения характерных гамма-спектров активированных образцов были предложены следующие временные режимы:

- облучение 15 с, остывание 15 мин, измерение 100 с;
- облучение 15 с, остывание 4 ч, измерение 100 с;
- облучение 15 ч, остывание 10 дней, измерение 200 с;
- облучение 15 ч, остывание 30 дней, измерение 400 с.

Разработанная методика нейтронно-активационного определения элементов заключается в следующем:

- фиксирование короткоживущих радионуклидов. Образцы вместе с эталонами упаковывали в полиэтиленовый контейнер и облучали в вертикальном канале реактора потоком нейтронов  $5 \cdot 10^{13}$  нейтрон/см<sup>2</sup>·с в течение 15 с. Измерение наведенной активности проводили дважды — через 15 мин после облучения для определения хлора, через 4 ч — натрия, меди, калия и марганца;
- подсчитывание среднеживущих радионуклидов. Для определения содержания кальция, брома, лантана, золота те же образцы заворачивали в алюминиевую фольгу и облучали в мокром канале реактора в течение 15 ч. Измерение наведенной активности проводили через 10 дней после облучения по соответствующим нуклидам [9];
- определение долгоживущих радионуклидов. Для высчитывания содержания долгоживущих радионуклидов, облученные в течение 15 ч пробы измеряли через месяц после облучения по соответствующим  $\gamma$ -линиям.

Для регистрации наведенной активности использовали детектор из германия высокой чистоты ( $V = 120$  см<sup>3</sup>) с разрешением 1,8 КэВ по  $\gamma$ -линии <sup>60</sup>Со и гамма-спектрометр с компьютерным программным обеспечением. Обработку данных проводили с использованием программы GENIE 2000. Максимальная погрешность активационного метода определения элементов не превышала 12 %. Проведенные исследования позволили определить более 20 химических элементов. Точность определения каждого элемента проверяли путем сравнения полученных данных с аттестованными значениями стандартных образцов МАГАТЭ (IAEA-336, IAEA -375) и NIST Standard Reference Material 1572 — CITRUS LEAVES [9] (табл. 1). Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета программ Microsoft Excel 2007 и Statistica 6.0.

## Результаты и их обсуждение

В результате проведенного ИНАА изучен микроэлементный состав тканей при грыжах МПД

поясничного отдела позвоночника и получены соответствующие количественные показатели содержания микроэлементов в исследуемых биосубстратах (табл. 2).

Исследования содержания элементов позволили охарактеризовать изменение элементного состава в тканях МПД по мере развития дегенеративного процесса.

При сравнении содержания микроэлементов в материале групп Б и А выявлен более низкий уровень Fe, Ag, Au, Br, Ni, Co, Cr, Hf, Hg, La, Mn, Sr. В образцах группы В отмечено дальнейшее снижение количества Au, Fe, Hf, Rb, Sc и повышение содержания Ag, Br, Ni, Mg. Содержание Au, Fe, Sc снижалось в образцах по мере прогрессирования дегенеративного процесса группы А к В. Уровень Ag, Br, Ni в образцах пациентов группы Б был ниже по сравнению с группой А, но выше, чем в группе В. Однако их уровень в группе В не достигал значений в группе А.

Относительно макроэлементов по сравнению с группой А зафиксировано снижение уровня Са в 2 раза в образцах группы Б и его повышение в 1,6 раза в образцах группы В. По мере прогрессирования дегенеративного процесса повышалось содержание К (в 1,3 раза в группе В по сравнению с А).

Таблица 1  
Ядерно-физические характеристики определяемых элементов

Элемент	Нуклид	Энергия $\gamma$ -квантов, keV [9]	Период полураспада
Na	<sup>28</sup> Na	1369,0	15 ч
Cl	<sup>38</sup> Cl	1642,0	37,2 мин
K	<sup>42</sup> K	1524,7	12,4 ч
Ca	<sup>47</sup> Se	159,4	3,35 дня
Sc	<sup>46</sup> Si	889,0; 1120,0	83,8 дня
Cr	<sup>51</sup> Cr	320,0	27,7 дня
Mn	<sup>56</sup> Mn	846,7	2,58 ч
Fe	<sup>59</sup> Fe	1098,0; 1291,6	44,5 дня
Co	<sup>60</sup> Co	1173,0; 1332,0	5,27 года
Cu	<sup>64</sup> Cu	511,0	12,8 ч
Zn	<sup>65</sup> Zn	1115,0	244 дня
Se	<sup>75</sup> Se	264,6; 279,5	120 дней
Br	<sup>82</sup> Br	554,0; 777,0	1,47 ч
Rb	<sup>86</sup> Rb	1076,6	18,7 дня
Sr	<sup>85</sup> Sr	514,0	64,8 дня
Ag	<sup>110m</sup> Ag	658,0	250 дней
Sb	<sup>124</sup> Sb	1696,0	60 дней
La	<sup>140</sup> La	1595,0	40,2 ч
Au	<sup>198</sup> Au	411,0	2,69 дня
Hg	<sup>203</sup> Hg	278,0	46,6 дня

Наибольшие изменения отмечены в образцах Вr (при сравнении групп А и В, Б и В), а также Hf (групп Б и В), Sc (Б и В), Zn (Б и В).

Таким образом, по направленности изменений можно выделить такие варианты содержания химического элемента:

– в образцах группы Б снижено, еще больше в образцах группы В, т. е. по мере прогрессирования патологического процесса уменьшается количество ряда микроэлементов;

– меньше в образцах группы Б, а в группе В больше, чем в Б;

– больше в группе Б, а в группе В — разнонаправленные изменения.

Анализ полученных данных позволяет предположить, что понижение содержания большинства химических элементов возможно связано с тем, что основным переносчиком кислорода в клетки является железо, содержание которого по мере нарастания стадии заболевания уменьшается. Вместе с кислородом в клетки межпозвонковых дисков доставляются вода и химические элементы.

Содержание Na меняется по мере развития заболевания, а этот элемент, как известно, является важнейшим внеклеточным катионом, участвующим в регуляции распределения воды в организме. От натрия зависит транспорт аминокислот, сахаров, различных неорганических и органических ионов через мембраны клеток [1]. В группе Б содержание натрия резко снижается, а в группе В — резко повышается в тканях межпозвонковых дисков, что приводит к нарушению водного баланса. При этом содержание эссенциального элемента хлора (Cl) незначительно уменьшается. Это происходит, видимо, из-за включения компенсаторных механизмов регуляции кислотно-щелочного равновесия в тканях.

Следует обратить внимание на ряд элементов, содержание которых в начале развития дегенеративного процесса снижается (группа Б), а затем повышается. К таким элементам относятся Mn, Br, Ca, Sr, Ni. Их содержание в группе Б понижается от 25 до 60 % для некоторых из них.

Что касается кальция, то в группе Б его содержание резко снижается, практически в 2 раза,

Таблица 2

Содержание элементов в межпозвонковых дисках в зависимости от стадии заболевания, мкг/г

Элемент	Группа пациентов		
	А	Б	В
Ag	0,04600 ± 0,01600	0,03100 ± 0,00300	0,04200 ± 0,00860
Au	0,00720 ± 0,00140	0,00550 ± 0,00024	0,00480 ± 0,00058
Br	18,00000 ± 3,20000	7,10000 ± 0,79000	9,20000 ± 0,54000
Ca	3400,00000 ± 1100,00000	1700,00000 ± 290,00000	5500,00000 ± 3300,00000
Cl	1400,00000 ± 610,00000	1000,00000 ± 310,00000	1200,00000 ± 520,00000
Co	0,09300 ± 0,01500	0,06300 ± 0,01100	0,06900 ± 0,02000
Cr	0,78000 ± 0,13000	0,53000 ± 0,06000	0,52000 ± 0,04400
Eu	0,00120 ± 0,00023	0,00170 ± 0,00054	0,00230 ± 0,00035
Fe	52,00000 ± 9,20000	48,00000 ± 4,90000	36,00000 ± 7,00000
Hf	0,00770 ± 0,00310	0,00700 ± 0,00027	0,00360 ± 0,00150
Hg	0,02100 ± 0,00650	0,01000 ± 0,00250	0,01300 ± 0,00390
K	760,00000 ± 240,00000	870,00000 ± 120,00000	950,00000 ± 230,00000
La	0,01800 ± 0,00750	0,01200 ± 0,00210	0,01400 ± 0,00390
Mn	1,30000 ± 0,36000	0,98000 ± 0,22000	1,60000 ± 0,43000
Na	6100,00000 ± 1500,00000	5600 ± 670	6900 ± 1100
Ni	26,00000 ± 1,60000	11,00000 ± 0,56000	14,00000 ± 4,90000
Rb	0,72000 ± 0,02000	0,83000 ± 0,13000	0,74000 ± 0,14000
Sb	0,03600 ± 0,00590	0,03300 ± 0,00850	0,02600 ± 0,00740
Sc	0,00650 ± 0,00150	0,00590 ± 0,00096	0,00300 ± 0,00049
Se	0,30000 ± 0,02500	0,36000 ± 0,07300	0,37000 ± 0,04100
Sr	11,00000 ± 2,80000	1,40000 ± 0,36000	7,50000 ± 2,50000
Zn	15,00000 ± 0,90000	14,00000 ± 1,10000	19,00000 ± 1,50000

а потом повышается почти в 3 раза. Возможно, что в начальный период заболевания происходит вымывание кальция из межпозвонкового диска, но по мере развития болезни и перехода в более тяжелую стадию ткани диска кальцинируются.

Обращает на себя внимание содержание марганца и цинка, которые являются синергистами и участвуют в конформации молекул РНК. По мере развития заболевания содержание этих элементов снижается, но в дальнейшем — повышается и приближается к значениям группы А, что, возможно, объяснимо адаптационными процессами, происходящими в организме.

Особый интерес представляет характер изменений содержания стронция, который играет важную роль в процессах костеобразования, оказывая цитопротективный эффект. Он является остеотропным микроэлементом, участвующим в физиологических и морфологических процессах кости. Стронций обладает также хондропротекторным действием, играет важнейшую роль в патоморфологических преобразованиях МПД при остеохондрозе [15]. В группе А содержание стронция высокое —  $(11,0 \pm 2,8)$  мкг/г, в процессе развития дегенеративного процесса в группе Б содержание его резко уменьшается —  $(1,40 \pm 0,36)$  мкг/г, что объясняется естественной реакцией стронция на происходящие в тканях изменения. По мере развития заболевания (группа В) его количество повышается, однако не достигает первоначальных значений. Такие изменения возможны вследствие включения адаптационных процессов.

## Выводы

Методом инструментального нейтронно-активационного анализа определено содержание 22 макро- и микроэлементов в тканях межпозвонковых дисков при дегенеративно-дистрофических процессах. Установлено, что при развитии дегенерации в тканях межпозвонковых дисков изменяется содержание ряда эссенциальных элементов. Так, изменение содержания натрия, калия, хлора приводит к нарушению регуляции кислотно-щелочного равновесия в тканях. Уменьшение содержания железа к уменьшению поступления кислорода в ткань межпозвонкового диска. В то же время снижение кальция в начале дегенеративного процесса, а затем резкое его повышение свидетельствуют о кальцинировании мягких тканей диска.

Таким образом, изменение микроэлементного состава свидетельствует о нарушении метаболических процессов, происходящих в межпозвонковых дисках.

Корреляция микроэлементного состава тканей диска и течение дегенеративного процесса могут быть использованы для прогнозирования состояния больного и выбора адекватного лечения.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

## Список литературы

1. Корж Н. А. Дегенеративные заболевания позвоночника и их структурно-функциональная классификация / Н. А. Корж, А. И. Продан, А. Е. Барыш // Украинский нейрохирургический журнал. — 2004. — № 3. — С. 27–30.
2. Urban J. P. Degeneration of the intervertebral disc / J. P. Urban, S. Roberts // Arthritis research & therapy. — 2003. — Vol. 5 (3). — P. 120–130. — DOI: 10.1186/ar629.
3. Продан А. И. Дегенеративные заболевания позвоночника / А. И. Продан, В. А. Радченко, Н. А. Корж. — Харьков, 2007. — Т. 2. — 272 с.
4. Lumbar disc nomenclature: version 2.0: Recommendations of the combined task forces of the North American Spine Society, the American Society of Spine Radiology and the American Society of Neuroradiology / D. F. Fardon, A. L. Williams, E. J. Dohring [et al.] // The Spine Journal. — 2014. — Vol. 14 (11). — P. 2525–2545. — DOI: 10.1016/j.spinee.2014.04.022.
5. Дегенерация межпозвонковых дисков и методы ее биологической коррекции / И. Г. Васильева, М. В. Хижняк, И. Н. Шуба, Ю. Г. Гафийчук // Украинский нейрохирургический журнал. — 2010. — № 1. — С. 16–23. — DOI: 10.25305/unj.88759.
6. Зайдман А. М. Структурно-метаболические особенности межпозвонкового диска при остеохондрозе и возможности его коррекции / А. М. Зайдман, Г. Н. Филиппова // Патология позвоночника. — Л., 1980. — С. 88–94.
7. The intervertebral disc. Molecular and structural studies of the disc in health and disease / Eds. I. M. Shapiro, M. V. Risbud. — Springer-Verlag Wien, 2014. — 446 p. — DOI: 10.1007/978-3-7091-1535-0.
8. Nanostructural changes of intervertebral disc after diode laser ablation / V. Byvaltsev, E. Belykh, S. Panasenkov [et al.] // World Neurosurgery. — 2012. — Vol. 77 (1). — P. 6–7. — DOI: 10.1016/j.wneu.2011.11.001.
9. Gumienna-Kontecka E. The role of trace elements in living organisms / E. Gumienna-Kontecka, M. Rowinska-Zyrek, M. Luczkowski // Recent advances in trace elements / Eds. K. Chojnacka, A. Saeid. — John Wiley & Sons Ltd., 2018. — P. 177–206. — DOI: 10.1002/9781119133780.ch9.
10. Therapeutic uses of trace elements / Eds. J. Neve, P. Chappuis, M. Lamand. — Springer US, 1996. — 451 p. — DOI: 10.1007/978-1-4899-0167-5.
11. Применение нейтронно-активационного анализа для оценки элементного статуса организма человека / Е. А. Данилова, А. А. Кист, Н. С. Осинская, С. Х. Хуснидинова // Медицинская физика. — 2008. — № 3. — С. 73–77.
12. Скальный А. В. Биоэлементы в медицине / А. В. Скальный, И. А. Рудаков. — М.: Оникс 21 век, 2004. — 272 с.
13. Піонтковський В. К. Патогенез, діагностика та хірургічне лікування гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта у хворих похилого та старечого віку: дис. ... д-ра мед. наук / В. К. Піонтковський. — Харків, 2019. — 406 с.
14. Меднис И. В. Гамма-излучение радионуклидов, применяемых в нейтронно-активационном анализе. Справочник / И. В. Меднис. — Рига: Зинатне, 1987. — 212 с.

## MACRO- AND MICROELEMENT CONTENT OF INTERVERTEBRAL DISCS IN HERNIAS OF THE LUMBAR SPINE

S. S. Kochkartaev <sup>1</sup>, Sh. Sh. Shatursunov <sup>1</sup>, E. A. Danilova <sup>2</sup>, N. S. Osinskaya <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Republican Scientific and Practical Medical Center of Traumatology and orthopedics, MH of Uzbekistan, Tashkent

<sup>2</sup> Institute of Nuclear Physics, Academy of Sciences of Uzbekistan, Tashkent

✉ Sanjar Kochkartaev, PhD: mr.sanjar820@mail.ru

✉ Shahaidar Shatursunov, MD, Prof.: Shatursunov@gmail.com

✉ Elena Danilova: danilova49@mail.ru

✉ Natalija Osinskaya: info@inp.uz

### ВНИМАНИЮ АВТОРОВ

В связи с тем, что журнал внесен в Перечень научных специализированных изданий, в которых могут публиковаться результаты диссертационных работ, обращаем ваше внимание на необходимость указывать на титульном листе статьи на трех языках (рус., укр., англ.) следующие сведения: 1) фамилию, имя, отчество; 2) название статьи; 3) официальное название учреждения и отдела (кафедры, лаборатории), в котором выполнена работа. Фамилия автора и учреждение, в котором он(она) работает, должны сопровождаться одним цифровым индексом.

Кроме того, на отдельном листе просим предоставить сведения о каждом из авторов: 1) фамилию, имя и отчество; 2) должность; 3) полный почтовый служебный адрес и e-mail; 4) номер служебного телефона и факса. Необходимо указать контактное лицо.

При подготовке статьи следует соблюдать правила для авторов, публикуемые в журнале и на сайте [otp-journal.com.ua](http://otp-journal.com.ua).