

DOI: 10.26693/jmbs03.07.038

УДК 617.3:577-57.084.1

Піонтковський В. К.¹, Радченко В. О.²,
Леонтєва Ф. С.², Морозенко Д. В.^{3,2}

БІОХІМІЧНІ МАРКЕРИ МЕТАБОЛІЗМУ СПОЛУЧНОЇ ТКАНИНИ В КРОВІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ЩУРІВ ПІСЛЯ РІЗНИХ ВАРІАНТІВ ДЕНУКЛЕАЦІЇ МІЖХРЕБЦЕВИХ ДИСКІВ ПОПЕРЕКОВОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА

¹КЗ «Рівненська обласна клінічна лікарня», Рівне, Україна

²ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків, Україна

³Національний фармацевтичний університет, Харків, Україна

d.moroz.vet@gmail.com

У статті розглянуто питання особливостей метаболізму сполучної тканини на основі результатів дослідження сироватки крові експериментальних щурів після впливу лазера та радіочастотної абляції на розвиток дегенеративних змін в міжхребцевих дисках у поперековому відділі хребта. Експеримент було проведено на 30 білих лабораторних щурах-самцях, вік тварин – 6 місяців, маса тіла – 250 ± 30 г. Тваринам проводили денуклеацію ядра міжхребцевих дисків. У I-й дослідній групі тваринам було проведено денуклеацію міжхребцевих дисків L1–L5, після чого місце видалення диску було піддано впливу лазера («Ліка-Хірург», потужністю 4–6 ват, доза – 1000 джоулів, тривалість – 1 секунда), у II-й дослідній групі – впливу радіочастотної абляції (радіочастотний генератор – Elliquense Surgi-Max, режим – bipolar, тривалість – 1 секунда), у контрольній групі ніяких додаткових дій на тканини хребта не проводили. Контрольну групу тварин складали інтактні щури ($n = 5$). При проведенні денуклеації міжхребцевого диска у поперековому відділі хребта в експериментальних щурів відбуваються зміни запально-дистрофічного характеру, які проявляються збільшенням в крові на 30 та 45 добу після операції вмісту глікопротеїнів, хондроїтинсульфатів, перерозподілом фракцій ГАГ зі збільшенням хондроїтин-6- та -4-сульфату, а також помірним збільшенням (на 32 та 34%) вмісту гідроксипроліну. У щурів II та III груп після впливу лазеротерапії та радіочастотної абляції відповідно на міжхребцевий диск після денуклеації за місцем видалення розвиваються фіброзні зміни, які проявляються більш суттєвим порівняно з I групою тварин збільшенням на 30 та 45 добу в крові гідроксипроліну (у II групі – на 60,7 та у 2,13 рази, у III групі – на 63,7% та у 2,3 рази).

Ключові слова: біохімічні маркери, щури, денуклеація, лазеротерапія, радіочастотна абляція,

міжхребцеві диски, глікозаміноглікани, гідроксипролін.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження проводилося в рамках науково-дослідної роботи «Дослідити структурно-метаболичні порушення у м'язовій та сполучній тканинах у хворих на дегенеративні захворювання поперекового відділу хребта та вплив на них коморбідної патології», № держ. реєстрації 0116U001085.

Вступ. Вивчення процесів, які перебігають у міжхребцевих дисках при їх дегенеративних змінах, і розробка нових ефективних методів лікування неможливі без експериментальних досліджень на лабораторних тваринах [1]. Найбільш часто при вивченні різних аспектів остеохондрозу хребта використовують біологічні моделі, які відтворюються на тваринах *in vivo* [2]. Як відомо, міжхребцевий диск є вузькоспеціалізованою структурою, у якій внаслідок відсутності кровоносних судин поживні речовини потрапляють шляхом дифузії, що робить його залежним від структури матриксу. Очевидно, що метод лікування слід підбирати в залежності від ступеня виразності дегенерації міжхребцевого диска на основі чітко відпрацьованих критеріїв [3]. На основі даних наукової літератури слід відзначити, що сьогодні не існує ідеальної моделі, яка б відповідала на весь комплекс питань відносно міжхребцевих дисків. Тому дослідники мають керуватись конкретними завданнями під час розробки дизайну досліджень [4]. За даними М. В. Шутова [4], видалення невеликої кількості тканини міжхребцевого диску під дією лазерного опромінення викликає значне зменшення тиску на оточуючі анатомічні структури і, як наслідок, розвантаження нервового корінця. Крім того, відбувається дерецепція фіброзного кільця, що також приводить до регресу

больового синдрому [5]. За даними світової літератури, найбільш ефективним та безпечним методом лікування спондилоартриту є радіочастотна абляція, яка є альтернативою травматичним хірургічним втручанням, які проводяться пацієнтам з вертеброгенним болем та неефективності консервативної терапії [6]. Також метод радіочастотної абляції використовують зарубіжні фахівці для лікування хронічного больового синдрому у спині, в тому числі й злоякісних спінальних новоутворень [7–9].

Одним з найчастіших ускладнень після операції по видаленню грижі міжхребцевого диску – є рецидив грижі диску [10]. За даними різних авторів рецидив грижі диску трапляється від 7 до 22%, а основною причиною вони вважають наявність залишкових секвестрів в порожнині диску, котрі не вдалося видалити мануально за допомогою традиційного інструментарію. У зв'язку з цим ряд дослідників рекомендує використовувати різні варіанти евакуації дрібних решток дегенеративно зміненого диску з його порожнини: ендоскопічна ревізія порожнини диску [11], обробка порожнини диску та вапоризація дрібних фрагментів лазерним світловодом, тощо. Однак, не дивлячись на переваги лазера [4–6], висока температура на кінці світловода (до 3000 °C) може бути причиною руйнування замикальних пластинок, пошкодження нервових структур та агресивного впливу на диск, що прискорює його дегенерацію. В цьому плані є більш цікавим метод радіочастотної абляції, оскільки на кінці електрода робоча температура не перевищує 42 °C, а принцип дії полягає у передачі радіочастотних хвиль молекулам води, що призводить до їх випаровування при низькій температурі. Таким чином, можна вважати актуальним напрям досліджень щодо визначення сполучнотканинних метаболічних порушень у експериментальних щурів за впливу радіочастотної абляції та лазеротерапії на розвиток дегенеративних змін в міжхребцевих дисках у поперековому відділі хребта.

Мета дослідження – встановити особливості метаболізму сполучної тканини на основі результатів дослідження сироватки крові експериментальних щурів після впливу лазера та радіочастотної абляції на розвиток дегенеративних змін в міжхребцевих дисках у поперековому відділі хребта.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводились на базі ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» у 2018 році. Експерименти на тваринах були виконані на базі відділу експериментального моделювання і трансплантології з експериментально-біологічної клінікою з додержанням правил гуманного відношення до експериментальних тварин та асептики згідно «Європейської конвенція про за-

хист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей» (1987) та Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (2006). В проведеному нами дослідженні. Експеримент було проведено на 30 білих лабораторних щурах-самцях, вік тварин – 6 місяців, маса тіла – 250 ± 30 г. Тваринам проводили денуклеацію ядра міжхребцевих дисків. У I-й дослідній групі тваринам було проведено денуклеацію міжхребцевих дисків L1–L5, після чого місце видалення диску було піддано впливу лазеру («Ліка-Хірург», потужність 4–6 ват, доза – 1000 джоулів, тривалість – 1 секунда), у II-й дослідній групі – впливу радіочастотної абляції (радіочастотний генератор – Elliquence Surgi-Max, режим – bipolar, тривалість – 1 секунда), у контрольній групі ніяких додаткових дій на тканини хребта не проводили. Контрольну групу тварин складали інтактні щури (n = 5). В сироватці крові тварин на 30 та 45 добу після операції досліджували наступні біохімічні показники: глікопротеїни, хондроїтинсульфати, загальний кальцій, β-ліпопротеїни, фракції глікозаміногліканів (ГАГ) – хондроїтин-6-, -4- і гепарансульфат [12, 13]. Статистичний аналіз даних був здійснений за допомогою програмних пакетів Microsoft Excel XP та Statsoft Statistica 6.0. Порівняння груп пацієнтів у динаміці проводилося за непараметричним критерієм Вілкоксона із визначенням медіани (Me) та процентилів (%25 – %75) [14].

Результати дослідження та їх обговорення.

У I групі щурів вміст в крові глікопротеїнів на 30 добу був збільшений на 42,1%, на 45 добу – на 72,2%, хондроїтинсульфатів – на 26,3% та 57,1% відповідно порівняно з показниками у інтактних тварин. Вміст загальних ГАГ був збільшений на 30 добу на 34,0%, на 45 добу – на 53,1% за рахунок переважно хондроїтин-6-сульфату у порівнянні з інтактними тваринами. Вміст гідроксипроліну в крові був збільшений на 30 добу – на 32,0%, на 45 добу – на 34,0% порівняно з інтактними тваринами. У II групі тварин на 30 добу вміст глікопротеїнів в крові був збільшений на 18,3%, гідроксипроліну – на 60,7%, на 45 добу – на 7,9% та у 2,13 рази відповідно у порівнянні з інтактними тваринами. У III групі щурів на 30 та 45 добу вміст глікопротеїнів і хондроїтинсульфатів у крові не відрізнявся від інтактних тварин, проте вміст гідроксипроліну був збільшений на 63,7% та у 2,33 рази відповідно порівняно з показниками у інтактних тварин. Слід відзначити, що ступінь збільшення вмісту гідроксипроліну у III групі була вище порівняно з II групою, що може свідчити про більш активний розвиток дегенеративно-дистрофічних змін та формування фіброзу в місці денуклеації під дією на міжхребцевий диск низькочастотної абляції (табл. 1).

Таблиця 1 – Біохімічні маркери сироватки крові експериментальних щурів після оперативного втручання (Me, 25%–75%)

Показники	Інтактні тварини, n=5	I група, n = 5 Травма без лікування		II група, n = 5 Лазеротерапія		III група, n = 5 Абляція	
		30 доба	45 доба	30 доба	45 доба	30 доба	45 доба
Глікопротеїни, г/л	1,26 1,25 – 1,29	1,79* 1,77 – 1,80	2,17*◇ 2,15 – 2,21	1,49* 1,45 – 1,50	1,36* 1,32 – 1,37	1,39 1,38 – 1,41	1,27◇ 1,26 – 1,27
Хондроїтин-сульфати, г/л	0,350 0,326 – 0,438	0,442* 0,437 – 0,445	0,550*◇ 0,490 – 0,560	0,387 0,370 – 0,390	0,345 0,343 – 0,349	0,350 0,344 – 0,358	0,348 0,342 – 0,350
Холестерол, ммоль/л	2,10 2,00 – 2,15	2,15 2,10 – 2,20	2,20 2,15 – 2,20	2,05 2,00 – 2,10	2,10 2,05 – 2,15	2,10 2,05 – 2,15	2,15 2,15 – 2,20
β-ліпопротеїни, ум. од.	1,90 1,70 – 2,20	2,00 1,95 – 2,10	2,10 2,10 – 2,15	2,10 2,00 – 2,10	2,05 1,95 – 2,10	2,00 2,00 – 2,10	2,00 1,95 – 2,00
Загальні ГАГ, ум. од.	14,70 13,90 – 15,90	19,70* 18,80 – 20,10	22,50*◇ 22,40 – 22,70	15,60 15,40 – 16,00	14,20 14,15 – 14,50	15,20 15,20 – 15,50	15,00 14,80 – 15,20
Хондроїтин-6-сульфат, ум. од.	7,30 7,10 – 7,80	9,56* 9,55 – 9,90	12,40*◇ 12,20 – 12,50	7,75 7,70 – 7,80	7,10 7,00 – 7,15	8,20 8,15 – 8,65	7,45◇ 7,35 – 7,70
Хондроїтин-4-сульфат, ум. од.	6,30 5,60 – 7,40	7,90* 7,80 – 8,50	8,44* 8,20 – 8,48	6,00 5,72 – 6,33	6,07 6,05 – 6,35	6,07 5,70 – 6,10	6,30 6,15 – 6,53
Гепарансульфат, ум. од.	1,00 0,80 – 1,30	1,60 1,60 – 2,40	1,52 1,50 – 1,56	1,90 1,87 – 1,93	1,05◇ 1,00 – 1,13	0,95 0,90 – 1,15	1,15 1,10 – 1,20
Гідроксипролін, мг/л	13,50 12,95 – 13,70	17,82* 17,77 – 18,30	18,10* 17,90 – 18,50	21,70* 21,60 – 22,40	28,70*◇ 28,00 – 29,02	22,10* 21,40 – 22,30	31,50*◇ 30,50 – 32,30

Примітки: * – вірогідно за Вілкоксоном порівняно з показником у інтактних тварин; ◇ – вірогідно за Вілкоксоном порівняно з показником на 30 добу в кожній окремій групі.

Гідроксипролін як відомо є маркером фіброзних змін в органах і тканинах, оскільки він входить до складу колагену. Вміст гідроксипроліну у сечі пацієнтів часто використовують як діагностичний маркер для оцінки деструкції кісткової тканини. В нашому дослідженні збільшення вмісту гідроксипроліну в крові також є маркером фіброзних змін за місцем травматичного пошкодження хребта, проте за дії абляції та лазера формування сполучнотканинних елементів в міжхребцевому диску може бути позитивною прогностичною ознакою стосовно його функціональності. Таким чином, є очевидним, що за результатами проведених експериментальних досліджень метод радіочастотної абляції є менш травматичним в порівнянні з лазерною вапоризацією, і може бути застосований у клінічній практиці для обробки порожнини диску, швидшої її фібротизації, що буде сприяти покращенню стабільності хребтових сегментів у хворих похилого віку.

Висновки

1. При проведенні денуклеації міжхребцевого диска у поперековому відділі хребта в експериментальних щурів відбуваються зміни запально-дистрофічного характеру, які проявляються збільшенням в крові на 30 та 45 добу після операції вмісту глікопротеїнів, хондроїтинсульфатів, перерозподілом фракцій ГАГ зі збільшенням хондроїтин-6- та -4-сульфату, а також помірним збільшенням (на 32 та 34%) вмісту гідроксипроліну.
2. У щурів II та III груп після впливу лазеротерапії та радіочастотної абляції відповідно на міжхребцевий диск після денуклеації за місцем видалення розвиваються фіброзні зміни, які проявляються більш суттєвим порівняно з I групою тварин збільшенням на 30 та 45 добу в крові гідроксипроліну (у II групі – на 60,7 та у 2,13 рази, у III групі – на 63,7% та у 2,3 рази).

Перспективи подальших досліджень. Планується визначити гістологічні зміни у хрящовій тканині міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта у експериментальних щурів після впливу лазеротерапії та низькочастотної абляції.

References

1. Volkov AV. Eksperimentalnye modeli degenerativnykh zabolevaniy mezhpozvonochnykh diskov. *Khyrurgyya pozvonochnyka*. 2007; 4: 41–6. [Russian]
2. Grygorovskyy VV, Khyzhnyak MV, Vasyleva YG, Shuba YN, Gafyuchuk YuG. Patomorfologicheskiye yzmeneniyya mezhpozvonochnykh diskov y tel pozvonkov khvosta krysa pry assymetrychnoy statychnoy dekompressyy-dystenzyu y eksperymente. *Ukrayinskyy neyrokhirurgichnyy zhurnal*. 2011; 3: 59–64. [Russian]

3. Vasyleva YG, Khyzhnyak MV, Shuba YN, Gafyychuk YuG. Degeneratsyya mezhpozvonochnykh diskov y metody ee byologicheskoy korrektsyy. *Ukrayinskyy neyrokhirurgichnyy zhurnal*. 2010; 1: 16–23. [Russian]
4. Malyshkina SV, Dedukh NV, Levshyn AA, Kosteryn SB. Modelyrovanye degeneratsyy mezhpozvonkovogo dyska v eksperymente na zhyvotnykh (obzor lyteratury). *Ortopedyya, travmatologyya y protezyrovanye*. 2015; 1: 114–24. [Russian]
5. Shutov MV, Khovryakov AV, Belyaev AN. Morfologicheskyye yzmeneniya v mezhpozvonkovom dyske pry provedenyy lazernoy vaporyzatsyy v eksperymente. *Sovremennyye problemy nauky y obrazovaniya*. 2011 5. Available from: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=4973> [Russian]
6. Baklanov AN, Shaboldyn AN, Barchenko BYu. Metody maloynvazyvnogo khyrurgicheskogo lecheniya khronycheskoy vertebrogennoy boly. *Tekhnologicheskyye ynnovatsyy v travmatologyy, ortopedyy y neyrokhirurgyy: yntegratsyya nauky y praktyky: Vserossyyskaya nauchno-praktycheskaya konferentsyya s mezhdunarodnym uchastyem*. Saratov, 26-28 Apr 2017: 33–5. [Russian]
7. Fischgrund JS, Rhyne A, Franke J, Sasso R, Kitchel S, Bae H, Yeung C, et al. Intraosseous basivertebral nerve ablation for the treatment of chronic low back pain: a prospective randomized double-blind sham-controlled multi-center study. *Eur Spine J*. 2018 May; 27(5): 1146-56. PMID: 29423885. doi: 10.1007/s00586-018-5496-1
8. Sun D, Li Q, Tang Y, Gong W, He L, Dou Z, Ni J. Comparison of coblation annuloplasty and radiofrequency thermocoagulation for treatment of lumbar discogenic pain. *Medicine (Baltimore)*. 2017 Nov; 96(47): e8538. PMID: 29381927. PMCID: PMC5708926. doi: 10.1097/MD.00000000000008538
9. Cazzato RL, Garmon J, Caudrelier J, Rao PP, Koch G, Gangi A. Low-power bipolar radiofrequency ablation and vertebral augmentation for the palliative treatment of spinal malignancies. *Int J Hyperthermia*. 2018 Dec; 34(8): 1282-8. PMID: 29347855. doi: 10.1080/02656736.2017.1422557
10. Khyzhnyak MV, Novakovych KS. Khirurgichne likuvannya retsydyviv gryzh mizhkhrebtsevykh diskiv poperekovogo viddilul khrebtiz iz zastosuvanniam riznykh system fiksatsiyi PRS. *Shpytalna khirurgiya*. 2012; 4: 95–7. [Ukrainian]
11. Alvi MA, Kerezoudis P, Wahood W, Goyal A, Bydon M. Operative approaches for lumbar disc herniation: a systematic review and multiple treatment meta-analysis of conventional and minimally invasive surgeries. *World Neurosurg*. 2018. Jun; 114: 391-407. e2. PMID: 29548960. doi: 10.1016/j.wneu.2018.02.156
12. Morozenko DV, Leontyeva FS. Metody doslidzhennya markeriv metabolizmu spoluchnoyi tkanyny u klinichniy ta eksperymentalniy medytsyni. *Molodyy vchenyy*. 2016; 2(29): 168–72. [Ukrainian]
13. Kamyshnykov VS. *Klynyko-byokhymycheskaya laboratornaya dyagnostyka: spravochnyk*. Vol 1. Mn; 2003. 495 s. [Russian]
14. Glants S. *Medyko-byologicheskaya statystyka: Per s angl*. M: Praktyka; 1998. 459 c. [Russian]

УДК 617.3:577-57.084.1

БИОХИМИЧЕСКИХ МАРКЕРЫ МЕТАБОЛИЗМА СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ В КРОВИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КРЫС ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ДЕНУКЛЕАЦИИ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ДИСКОВ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА
Пионтковский В. К., Радченко В. А., Леонтьева Ф. С., Морозенко Д. В.

Резюме. В статье рассмотрены вопросы особенностей метаболизма соединительной ткани на основе результатов исследования сыворотки крови экспериментальных крыс после воздействия лазера и радиочастотной абляции на развитие дегенеративных изменений в межпозвоночных дисках в поясничном отделе позвоночника. Эксперимент был проведен на 30 белых лабораторных крысах-самцах, возраст животных – 6 месяцев, масса тела – 250 ± 30 г. Животным проводили денуклеацию ядра межпозвоночных дисков. В I-й опытной группе животных было проведено денуклеацию межпозвоночных дисков L1–L5, после чего место удаления диска было подвержено воздействию лазера «Лика-хирург», мощностью 4–6 Ватт, доза – 1000 Дж, продолжительность – 1 секунда, в II-й опытной группе – влияния радиочастотной абляции (радиочастотный генератор – Elliquense Surgi-Max, режим – bipolar, продолжительность – 1 секунда), в контрольной группе никаких дополнительных действий на ткани позвоночника не проводили. Контрольную группу животных составляли интактные крысы (n = 5). При проведении денуклеации межпозвоночного диска в поясничном отделе позвоночника в экспериментальных крыс происходят изменения воспалительно-дистрофического характера, проявляющиеся увеличением в крови на 30 и 45 сутки после операции содержания гликопротеинов, хондроитинсульфатов, перераспределением фракций ГАГ с увеличением хондроитин-6 и -4-сульфата, а также умеренным увеличением (на 32 и 34%) содержания гидроксипролина. У крыс II и III групп после воздействия лазеротерапии и радиочастотной абляции соответственно на межпозвоночный диск после денуклеации по месту удаления развиваются фиброзные изменения, которые проявляются более существенным по сравнению с I группой животных увеличением на 30 и 45 сутки в крови гидроксипролина (во II группе – на 60,7 и в 2,13 раза, в III группе – на 63,7% и в 2,3 раза).

Ключевые слова: биохимические маркеры, крысы, денуклеация, лазеротерапия, радиочастотная абляция, межпозвоночные диски, гликозаминогликаны, гидроксипролин.

UDC 617.3:577-57.084.1

**Biochemical Markers in Metabolism of Connective Tissue
in the Blood of Experimental Rats after Different Options
of Intervertebral Discs Denucleation of Lumbar Spine**

Piontkovsky V. K., Radchenko V. O., Leontieva F. S., Morozenko D. V.

Abstract. The article deals with the features of the metabolism of connective tissue based on the results of the examination of blood serum in experimental rats after the influence of the laser and radiofrequency ablation on the development of degenerative changes in the intervertebral discs in the lumbar spine.

Material and methods. The experiment was conducted on 30 white laboratory male rats, age of animals – 6 months, body weight – 250 ± 30 g. Animals underwent denucleation of the core of intervertebral discs. In the first experimental group, the animals were subjected to denuclearization of the intervertebral discs L1-L5, after which the disk removing site was exposed to the laser («Liqueur-surgeon», capacity 4-6 watts, dose – 1000 joules, duration – 1 second). In the second experimental group there was an effect of radio frequency ablation (radio frequency generator – Elliquence Surgi-Max, mode – bipolar, duration – 1 second). In the control group no additional actions on the spine tissue were performed. The control group of animals consisted of intact rats (n=5). In blood serum of animals at 30 and 45 days after the operation, the following biochemical parameters were studied: glycoproteins, chondroitinsulfates, total calcium, β -lipoproteins, glycosaminoglycans (GAG) fractions – chondroitin-6-, -4- and heparansulfate.

Results and discussion. In the rats of the first group, the content of glycoproteins in the blood for 30 days was increased by 42.1%, for 45 days – by 72.2%, chondroitin sulfates – by 26.3% and 57.1%, respectively, as compared to those in intact animals. The content of general GAG was increased by 34.0% for 30 days, and by 53.1% for 45 days. This happened mainly due to chondroitin-6-sulfate compared to intact animals. The content of hydroxyproline in the blood was increased by 32.0% for 30 days, and by 34.0% for 45 days compared to intact animals.

In the second group of animals, the content of glycoproteins in the blood increased by 18.3% for 30 days, hydroxyproline increased by 60.7% for 45 days by 7.9% and by 2.13 times, respectively, compared to intact animals. In the third group of rats for 30 and 45 days, the content of glycoproteins and chondroitin sulfates in blood did not differ from intact animals, but the content of hydroxyproline was increased by 63.7% and 2.33 times, respectively, compared with those in intact animals. It should be noted that the degree of increase in the content of hydroxyproline in the third group was higher compared with the second group, which may indicate a more active development of degenerative-dystrophic changes and the formation of fibrosis in the place of denucleation under the action of the intervertebral low-frequency ablation disk.

Conclusions. Thus, it is obvious that according to the results of experimental studies, the method of radiofrequency ablation is less traumatic in comparison with laser vaporization and can be applied in clinical practice for treating the cavity of the disk, its faster fibrotization, which will contribute to the improvement of the stability of the spinal segments in elderly patients.

Keywords: biochemical markers, rats, denucleation, laser therapy, radiofrequency ablation, intervertebral discs, glycosaminoglycans, hydroxyproline.

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.

Стаття надійшла 19.08.2018 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування