

ОБЗОРЫ И РЕЦЕНЗИИ

УДК 616.741-002.16(045)

Структурные особенности паравертебральных мышц в норме и при дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника (обзор литературы)

В. А. Радченко, Н. В. Дедух, Н. А. Ашукина, А. Г. Скиданов

ГУ «Институт патологии позвоночника и суставов им. проф. М. И. Ситенко НАМН Украины», Харьков

Based on the analysis of scientific literature authors summarized information about the structural organization of the paravertebral muscles in normal condition and degenerative diseases of the lumbar spine. It is proved that in the paravertebral muscles originating from the dorsal myotomes (m. multifidus, m. erector spinae) unlike other skeletal muscles type I fibers dominate corresponding to function of maintenance of physiological posture they perform. Wherein the percentage of type I fibers in women is much higher than men stipulating their higher adaptive capacities and less fatigue. Moreover, unlike skeletal muscles of the extremities in m. multifidus type II fibers are much thinner than type I fibers. In patients with chronic back pain of various etiologies in paravertebral muscles during histological examination myogenic and neurogenic changes revealed manifesting by sarkopenia or just local disturbances. However, results regarding the distribution of fiber types I and II obtained are ambiguous which requires further study. Results of in-depth histochemical studies which will correspond to different subtypes of muscle fiber types I and II, the state in which of actin and myosin make it possible to expand the understanding of the structural and functional disorders of the muscles in patients with chronic back pain. Recently, much attention is paid to systemic changes in muscle tissue (sarkopenia) that accompany most diseases of musculoskeletal system. A detailed study of the structural and functional organization of the paravertebral muscles opens new perspectives for prevention of spine disorders in early and distant postoperative periods. Key words: paravertebral muscles, morphology, histochemistry, spinal fusion.

На підставі аналізу наукової літератури автори узагальнили інформацію про структурну організацію паравертебральних м'язів в нормі і за умов дегенеративних порушень у поперековому відділі хребта. Доведено, що в паравертебральних м'язах, які походять із дорсальних міотомів (m. multifidus, m. erector spinae), на відміну від решти скелетної мускулатури, переважають волокна I типу, що відповідає виконуваний ними функції підтримання фізіологічної постави. При цьому відсотковий вміст волокон I типу в жінок значно вищий порівняно з чоловіками, що обумовлює їх кращі адаптаційні можливості та меншу стомлюваність. Крім того, на відміну від скелетної мускулатури кінцівок, у m. multifidus волокна II типу значно тонші за волокна I типу. У пацієнтів з хронічним болем у спині різної етіології в паравертебральних м'язах у процесі гістологічного дослідження виявлені міогенні та нейрогенні зміни, які проявляються за саркопенії або тільки локальних порушень. Однак одержано неоднозначні результати щодо розподілу волокон I та II типів, що вимагає подальшого вивчення. Результати поглиблених гістохімічних досліджень, які стосуватимуться різних підтипів м'язових волокон I та II типів, стану в них актину і міозину, дадуть змогу розширити уявлення про структурно-функціональні порушення м'язів у пацієнтів з хронічним болем у спині. Останнім часом значну увагу приділяють системним змінам у м'язовій тканині (саркопенії), які спостерігають за більшою частотою захворювань опорно-рухової системи. Детальне вивчення структурно-функціональної організації паравертебральних м'язів відкриває нові перспективи для профілактики порушень у хребті в ранньому і віддаленому післяопераційному періодах. Ключові слова: паравертебральні м'язи, морфологія, гістохімія, спондилодез.

Ключевые слова: паравертебральные мышцы, морфология, гистохимия, спондилодез

Введение

Последние 15 лет отмечается пристальное внимание специалистов к проблеме саркопении — возрастному атрофическому дегенеративному из-

менению скелетной мускулатуры, приводящему к постепенной потере мышечной массы, силы и качества скелетных мышц [1]. По данным американского центра контроля заболеваемости (Center for Disease

Control and Prevention, CDC), саркопения признана одним из пяти основных факторов риска заболеваемости и смертности у лиц старше 65 лет [1]. Природа саркопии мультифакториальная. Выделяют первичную и вторичную форму саркопии [2]. Первичная развивается с возрастом без воздействия различных вторичных факторов на скелетную мышечную ткань. Вторичная форма саркопии может быть ассоциирована со сниженной физической активностью, питанием, сопутствующей патологией, например остеопорозом, остеохондрозом, ревматоидным артритом и т. д. [3, 4].

Кроме системных изменений, у пациентов возможно развитие локальных нарушений, связанных с перенапряжением, болевым синдромом, которые могут быть рассмотрены как атрофические или гипотрофические.

Чтобы лучше понять патогенез боли в нижней части спины, необходимо детально исследовать иннервацию, структуру и функции паравертебральных мышц, которые имеют большое значение в обеспечении механической стабильности позвоночника, защищая его структуры от разрушения вследствие нагрузки. Поэтому изменения паравертебральных мышц с возрастом, в результате травмы или дегенеративных процессов неизбежно приводят к нарушению функции и ухудшению качества жизни пациента [5, 6].

Цель работы: на основе анализа научной литературы обобщить данные относительно структурной организации паравертебральных мышц в норме и при дегенеративных нарушениях в поясничном отделе позвоночника.

Паравертебральные мышцы. Особенности структурной организации

В поясничном отделе позвоночника к паравертебральным относят мышцы, развивающиеся из дорсальных отделов миотомов — многораздельную (*m. multifidus*) и выпрямляющую позвоночник (*m. erector spinae*), а также глубокие мышцы вентрального происхождения, в частности квадратную мышцу поясницы (*m. quadratus lumborum*) [7, 8]. Некоторые авторы [9, 10] рассматривают в группе мышц, поддерживающих позвоночник, и большую поясничную мышцу (*m. psoas major*).

Согласно общепринятой гистохимической классификации в скелетных мышцах выделяют два основных типа волокон — I (медленные) и II (быстрые), которые различаются особенностями макромолекулярной организации миозина и по-разному реагируют на денервацию и изменение механической нагрузки. В свою очередь, II тип волокон разделяют на подтипы — ПА, ПВ и ПС,

отличающиеся количеством гликолитических и оксидативных ферментов [11]. Типирование мышечных волокон, как правило, проводят с помощью гистохимического выявления активности АТФазы миозина и сукцинатдегидрогеназы [11, 12].

В последнее десятилетие появились публикации о типировании мышечных волокон с использованием моноклональных антител к различным изоформам тяжелых цепей миозина. В связи с этим стали выделять подтипы II типа волокон — ПА, ПХ (ранее именуемый ПВ) и ПС [9, 10].

Установлено, что в паравертебральных мышцах преобладают волокна I типа, которые играют важную роль в поддержании осанки. Причем у женщин волокон I типа больше, чем у мужчин, что обуславливает их более высокие адаптационные возможности и меньшую утомляемость [13, 14].

Наиболее изучена структура многораздельной мышцы (*m. multifidus*), располагающейся в среднем слое и обеспечивающей поддержание положения позвоночника, его ротационные и разгибательные движения [15, 16]. В результате анализа биопсийного материала 17 здоровых добровольцев (9 мужчин, средний возраст $(39,8 \pm 9,4)$ лет; 8 женщин, средний возраст $(41,1 \pm 6,2)$ лет) выявлено, что в *m. multifidus* преобладают волокна I типа [14]. Это согласуется с результатами исследований, выполненных на трупном материале ($n = 21$, 14 мужчин и 7 женщин, средний возраст которых 44,7 года: авторы обнаружили, что распределение волокон I и II типа составило 63 и 37 % соответственно [8]. Кроме того, в отличие от скелетной мускулатуры конечностей, где волокна II типа на поперечном срезе имеют больший диаметр, чем волокна I типа [17], в *m. multifidus* волокна II типа значительно тоньше волокон I типа [18]. Так, средний наименьший диаметр волокон I типа на уровне $L_{IV}-L_V$ составил 55,1 мкм у мужчин и 51,6 мкм у женщин, а волокон II типа — 38,8 и 28,4 мкм у мужчин и женщин соответственно [8]. Согласно данным А. Sirka и V. Kostevc [19], у мужчин в возрасте от 22 до 46 лет средний диаметр волокон I типа в *m. multifidus* на уровне L_{III} составил 54,8 мкм, а II — 41,6 мкм.

Медленные волокна (тип I) находятся в постоянном тонусе и играют ведущую роль в поддержании физиологической осанки. Быстрые волокна (тип II) переходят в активное состояние на короткое время и обеспечивают межсегментарную стабильность при нагрузках [20].

По данным гистохимического исследования мышцы, которая выпрямляет позвоночник (*m. erector spinae*), на уровне грудного и поясничного отделов у 31 здорового добровольца, 17 мужчин

в возрасте ($32,0 \pm 4,3$) лет и 14 женщин в возрасте ($29,4 \pm 10,6$) лет, обнаружена позитивная корреляция между средним размером мышечных волокон и поперечным сечением мышцы в целом [21]. Установлено, что средний диаметр мышечных волокон у мужчин больше по сравнению с женщинами на всех исследуемых уровнях. При этом у мужчин размеры волокна I и II типов достоверно не отличались ($63,4$ и $61,6$ мкм соответственно), а у женщин диаметр волокон I типа был значительно больше по сравнению с волокнами II типа ($54,6$ против $42,86$ мкм). Кроме того, несмотря на преобладание волокон I типа у представителей обоих полов, у женщин их относительная площадь ($72,8\%$) была значительно больше по сравнению с мужчинами ($66,4\%$).

Структурно-функциональная организация паравертебральных мышц у пациентов с болью в нижней части спины

Саркопения, сопутствующая остеопорозу, который в большом проценте случаев выявляется у пациентов, также вносит свой вклад в болевой синдром. В настоящее время в научной литературе встречается термин «саркопороз» [3, 4], проявления которого связывают как со снижением минеральной плотности кости, так и со структурно-функциональными нарушениями в мышцах.

У пациентов с хронической болью в спине разной этиологии в паравертебральных мышцах при гистологическом исследовании обнаружены миогенные и нейрогенные изменения, которые проявляются при саркопении или локальных нарушениях. Первичными признаками нейрогенных изменений считается группирование мышечных волокон, появление мелких угловатых волокон и «волокон-мишеней». Основные признаки миогенных изменений — это изменение диаметра мышечных волокон, их гипертрофия, смещение ядер в центр волокна и интерстициальный фиброз [22, 23].

В результате гистохимического анализа паравертебральных мышц у пациентов с болью в нижней части спины установлена выраженная атрофия мышечных волокон II типа, конверсия волокон I типа во II, выраженная дистрофия волокон обоих типов. При этом в мышцах обследованных пациентов преобладали волокна II типа [13, 14], что приводило к быстрой утомляемости мышц при длительном сокращении [24]. В то же время было показано, что быстрая утомляемость паравертебральных мышц вносит определенный вклад в развитие боли в нижней части спины вследствие большей уязвимости позвоночника для повреждений [25].

Увеличение количества быстрых волокон (II тип) в *m. multifidus* отражает адаптационно-компен-

саторные изменения у пациентов с хронической болью в спине [24]. Остается неясным, возникли ли они в результате заболевания позвоночника или, наоборот, обусловлены генетически и являются наследственно-предрасположенным фактором для развития боли [26].

Однако получены и противоположные результаты. У 30 пациентов с хронической болью в спине (14 мужчин и 16 женщин) в биопсийных образцах *m. multifidus* преобладали, как и у здоровых индивидуумов, волокна I типа, но их средний диаметр увеличивался [8], что частично можно объяснить длительным спазмом мышц, вызванным поясничной болью.

G. J. Regev и соавт. [10] также обнаружили преобладание волокон I типа ($63,3 \pm 4,7\%$) над II (тип ПА — ($18,5 \pm 2,4\%$), ПХ — ($18,2 \pm 3,8\%$)) в *m. multifidus* и *m. erector spinae* у пациентов (4 мужчины и 11 женщин, средний возраст (68 ± 12) лет), оперированных впервые по поводу дегенеративных заболеваний позвоночника. При исследовании распределения типов мышечных волокон в *m. psoas* у этих же пациентов авторы выявлено, наоборот, количественное преимущество волокон II типа — ($58,5 \pm 1,8\%$).

По мнению некоторых исследователей [27, 28], гистохимические исследования мышц спины позволяют определить признаки атрофии мышц у пациентов с хронической болью в спине и подобрать для них наиболее соответствующие упражнения и рабочую нагрузку.

Дисфункция мышц спины зафиксирована и при грыжах диска — распространенной патологии поясничного отдела позвоночника, при которой через разрыв фиброзного кольца фрагменты межпозвонкового диска проникают за его пределы непосредственно в эпидуральное пространство канала, вызывая стойкий болевой синдром [29, 30]. При морфологическом исследовании послеоперационного материала паравертебральных мышц больных с грыжами также обнаружены признаки саркопении: выраженная атрофия и дистрофия мышечных волокон, уменьшение количества волокон, волокна-мишени, нарушение полигональности и замещение мышечных волокон жировой и фиброзной тканями [31].

X. Z. Zhu и соавт. [32] у пациентов с грыжами межпозвонковых дисков в *m. erector spinae* выявили атрофию волокон II типа, в то же время волокна I типа были без дистрофических изменений.

В результате иммуногистохимического исследования образцов *m. multifidus*, полученных во время хирургического вмешательства у пациентов с грыжами межпозвонковых дисков $L_{IV}-L_{V}$, установлено,

что со скомпрометированной стороны структурные нарушения (преимущественно атрофия, появление волокон-мишеней) волокон I и II типов более выражены по сравнению со стороной позвоночника без корешкового синдрома [20, 33]. Обнаружено снижение количества мышечных волокон I и II типов на поврежденной стороне. При этом снижение числа волокон II типа и их мышечной силы было более выраженным [20]. Атрофические проявления в виде угловатости волокон и резкого уменьшения их размера на поперечном срезе, которые больше выражены среди волокон II типа, авторы связывают с нарушением иннервации в результате сдавливания нервных корешков.

У женщин, которым проводили хирургическое лечение по поводу грыж межпозвоночных дисков, S. Vajek и соавт. [34] обнаружили в *m. multifidus* увеличение диаметра мышечных волокон I типа по сравнению со здоровыми субъектами. С другой стороны, у мужчин на уровне грыжи отмечено увеличение диаметра мышечных волокон обоих типов, однако снижение процентного содержания волокон II типа [34].

В экспериментальных исследованиях 12 кроликам моделировали дегенеративные нарушения межпозвоночного диска и через 12 недель после операции обнаружили нарушение эластических свойств отдельных мышечных волокон и их пучков в многораздельной мышце [35]. Это обстоятельство авторы связывают с реорганизацией коллагена и разрастанием соединительной ткани, а также повышением количества жировых включений в интерстициальных пространствах.

Состояние паравертебральных мышц после хирургических вмешательств на позвоночнике

Специалисты также уделяют внимание состоянию паравертебральных мышц после хирургического лечения — спондилодеза как наиболее распространенного метода лечения пациентов с дегенеративными заболеваниями, деформациями и травматическими повреждениями позвоночника, нестабильностью позвоночных двигательных сегментов [36–39].

Были проведены экспериментальные исследования на животных по изучению влияния растяжения мышц ранорасширителями во время хирургического лечения на последующее течение регенерации. С помощью методов магнитного резонанса и гистологического исследования у животных, разделенных на три группы (ложнооперированные, после 1 и 2 ч растяжения) исследовали *m. multifidus* [40]. Было выявлено, что на 21-е сутки регенеративные возможности мышечной ткани после 2 ч ретрак-

ции были значительно снижены по сравнению с животными, у которых ретракция длилась 1 ч [36].

В следующем экспериментальном исследовании проведен гистологический и гистохимический анализ состояния *m. multifidus* у крыс, разделенных на 4 группы, у которых во время хирургического вмешательства учитывали время ретракции и давление на мышцу [41]. Установлено, что в группе ложнооперированных животных регенерация мышц и нейромышечных соединений протекала в раннем послеоперационном периоде и заканчивалась к 6 неделе. У животных с повышенным давлением на мышечную ткань и увеличенным временем ретракции (от 1 до 3 ч) обнаружены некротические изменения в мышцах и нейромышечных соединениях, выраженность которых увеличивалась прямо пропорционально времени ретракции. Исследователи определили, что нарушение иннервации мышц в результате ретракции происходит во всех случаях хирургического лечения. Эти же авторы в клинических условиях изучили влияние на мышцы спины хирургического вмешательства (20 пациентов), сопровождающегося менее/более 80 мин временем ретракции [22]. Через 3 и 6 мес. обнаружено, что повреждение и регенерация паравертебральных мышц прямо зависит от времени хирургического вмешательства. Наиболее значительные дегенеративные изменения зафиксированы в *m. multifidus*. Кроме того, проявление боли в нижней части спины после хирургического лечения пациентов было более выражено по интенсивности и продолжительности в группе с длительной ретракцией мышц.

В эксперименте на кроликах исследовали состояние мышц через 6 мес. после выполненного в поясничном отделе позвоночника спондилодеза с использованием трансплантата из гранулированного гидроксилатапата. По сравнению с дооперационными показателями обнаружено значительное снижение диаметра мышечных волокон на уровне спондилодеза и краниальнее этой области, а также уменьшение мышечной проводимости [42], что свидетельствует об атрофии мышц [43]. В прилежащем к зоне спондилодеза каудальном отделе позвоночника выявлена гипертрофия мышечных волокон, которую можно рассматривать как проявление компенсаторно-приспособительных реакций [42].

Исследование образцов мышц (*m. multifidus*), полученных во время хирургического вмешательства на поясничном отделе позвоночника по поводу удаления металлоконструкции, показало достоверное увеличение числа атрофированных волокон (преимущественно II типа) и волокон-мишеней [44]. Авторы определили, что количество атрофированных

волокон II типа у пациентов может служить объективным показателем боли.

Выводы

В паравертебральных мышцах, происходящих из дорсальных миотомов (*m. multifidus*, *m. erector spinae*), в отличие от остальной скелетной мускулатуры, преобладают волокна I типа, что соответствует выполняемой ими функции поддержания физиологической осанки. При этом процентное содержание волокон I типа у женщин значительно выше по сравнению с мужчинами. Однако в условиях дегенеративных заболеваний позвоночника получены неоднозначные данные, касающиеся распределения волокон I и II типов в паравертебральных мышцах, что требует дальнейшего изучения. Данные углубленных гистохимических исследований, касающихся различных подтипов мышечных волокон I и II типов, состояния в них актина и миозина позволяют расширить представления о структурно-функциональных нарушениях мышц у пациентов с хронической болью в спине. В связи с этим требует углубленного исследования взаимосвязь структурных изменений в паравертебральных мышцах с развитием дегенеративных заболеваний позвоночника.

Пристального внимания заслуживает саркопения, которая сопутствует большинству заболеваний опорно-двигательной системы. Системные изменения мышечной ткани (саркопения), а также локальные атрофические нарушения, выявленные у пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника, могут быть следствием нейро-дистрофического процесса.

Детальное изучение структурно-функциональной организации паравертебральных мышц открывает новые перспективы для профилактики нарушений в позвоночнике в раннем и отдаленном послеоперационном периодах.

Список литературы

1. Саркопения. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
2. Поворознюк В. В. Саркопения и возраст: обзор литературы и результаты собственных исследований / В. В. Поворознюк, Н. И. Дзерович // Новости медицины и фармации. — 2013. — № 8. — С. 456.
3. Binkley N. A perspective on male osteoporosis / N. Binkley // Best Practice & Research Clinical Rheumatology. — 2009. — Vol. 23. — P. 755–768, doi: 10.1016/j.berh.2009.10.001.
4. Buehring B. Effect of including historical height and radius BMD measurement on sarco-osteoporosis prevalence / B. Buehring, D. Krueger, N. Binkley // J. Cachexia Sarcopenia Muscle Received. — 2013. — Vol. 4 (1). — P. 47–54, doi: 10.1007/s13539-012-0080-8.
5. Chronic low back pain-associated paraspinal muscle dysfunction is not the result of a constitutionally determined «adverse» fiber-type composition / K. Crossman, M. Mahon, P. J. Watson [et al.] // Spine. — 2004. — Vol. 29, № 6. — P. 628–634.
6. Body composition, endurance, strength, cross-sectional area, and density of MM Erector Spinae in men with and without low back pain / G. Hultman, M. Nordin, H. Saraste [et al.] // J. Spinal Dis. — 1993. — Vol. 6. — P. 114–123.
7. Анатомия человека / М. Г. Привес, Н. К. Лысенков, В. И. Бушкович. — 9-е изд., перераб. и дополн. — М.: Медицина, 1985. — 672 с.
8. Rissanen A. Back muscles and intensive rehabilitation on patients with chronic low back pain. Effects on back muscle structure and function and patient disability: diss. / A. Rissanen. — Jyvaskyla: University of Jyvaskyla, 2004. — 90 p.
9. Fibre type composition of the human psoas major muscle with regard to the level of its origin / J. Arbanas, G. S. Klasan, M. Nikolic [et al.] // J. Anat. — 2009. — Vol. 215. — P. 636–641, doi: 10.1111/j.1469-7580.2009.01155.x.
10. Regional myosin heavy chain distribution in selected paraspinal muscles / G. J. Regev, C. W. Kim, B. E. Thacker [et al.] // Spine. — 2010. — Vol. 35 (13). — P. 1265–1270, doi: 10.1097/BRS.0b013e3181bfcd9.
11. Dubowitz V. Muscle biopsy. A practical approach / V. Dubowitz. — London: Bailliere Tindal, 1985. — 600 p.
12. Саркисов Д. С. Микроскопическая техника / Д. С. Саркисов, Ю. Л. Перова — М.: Медицина, 1996. — 542 с.
13. Demoulin C. Spinal muscle evaluation in healthy individuals and low-back-pain patients a literature review / C. Demoulin, J. M. Clielaard, M. Vanderthommen // Joint Bone Spine. — 2007. — Vol. 74 (1). — P. 9–13.
14. The effect of different physical activity levels on muscle fiber size and type distribution of lumbar multifidus. A biopsy study on low back pain patient groups and healthy control subjects / N. Mazis, D. J. Papachristou, P. Tyllanakos [et al.] // Eur. J. Phys. Rehabil. Med. — 2009. — Vol. 45 (4). — P. 459–467.
15. Lumbar muscles: Structure and function / H. Kalimo, J. Rantanen, T. Viljanen [et al.] // Ann. Med. — 1989. — Vol. 21. — P. 353–359.
16. Dofferhof A. S. M. The stabilising function of the mm. iliocostales and the mm. multifidi during walking / A. S. M. Dofferhof, P. Vink // J. Anat. — 1985. — Vol. 140. — P. 329–336.
17. Data on fibre size in thirty-six human muscles / J. Polger, M. A. Johnson, D. Weightman [et al.] // J. Neurol. Sci. — 1973. — Vol. 19. — P. 307–318.
18. The histochemical composition of human vertebral muscle / K. M. Bagnall, D. M. Ford, K. D. McFadden [et al.] // Spine. — 1984. — Vol. 9 (5). — P. 470–473.
19. Sirca A. The fiber type comparison of thoracic and lumbar paravertebral muscles in man / A. Sirca, V. Kostevc // J. Anat. — 1985. — Vol. 141. — P. 131–137.
20. Histochemistry and morphology of the multifidus muscle in lumbar disc herniation / W. P. Zhao, Y. Kawaguchi, H. Matsui [et al.] // Spine. — 2000. — Vol. 25 (17). — P. 2191–2199.
21. Muscle fibre size and type distribution in thoracic and lumbar regions of erector spinae in healthy subjects without low back pain: normal values and sex differences / A. F. Mannion, G. A. Dumas, R. G. Cooper [et al.] // J. Anat. — 1997. — Vol. 190. — P. 505–513.
22. Kawaguchi Y. Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery. Part 2: histologic and histochemical analysis in humans // Y. Kawaguchi, H. Matsui, H. Tsuij // Spine. — 1994. — Vol. 19 (22). — P. 2598–2602.
23. Kawaguchi Y. Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery. A histologic and enzymatic analysis // Y. Kawaguchi, H. Matsui, H. Tsuij // Spine. — 1996. — Vol. 21 (8). — P. 941–944.
24. Mannion A. F. Electromyographic median frequency changes during isometric contraction of the back extensors to fatigue /

- A. F. Mannion, P. Dolan // *Spine*. — 1997. — Vol. 19 (11). — P. 1223–1229.
25. Static back endurance and the risk of low-back pain / H. Alaranta, S. Luoto, M. Hellovaara, H. Hurri // *Clinical Biomechanics*. — 1995. — Vol. 10 (6). — P. 323–324.
 26. Influence of age and duration of symptoms on fiber type distribution and size on the back muscles in patients with low back pain undergoing rehabilitation / A. F. Mannion, L. Kaser, E. Weber [et al.] // *Eur. Spine J.* — 2000. — Vol. 9 (4). — P. 273–281.
 27. Yoshioka T. Effect of endurance training on disuse muscle atrophy induced by body suspension in rats / T. Yoshioka, H. Takekura, K. Yamashita // *Med. Sport Sci.* — 1992. — Vol. 37. — P. 150–161.
 28. Running training alters fiber type composition in spinal muscle / K. Puustjarvi, M. Tammi, M. Reinikainen [et al.] // *Eur. Spine J.* — 1994. — Vol. 3 (1). — P. 17–21.
 29. The multifidus muscle in patients with lumbar disc herniation. A histochemical and morphometric analysis of intraoperative biopsies // M. Matilla, M. Hurme, H. Alaranta [et al.] // *Spine*. — 1986. — Vol. 11 (7). — P. 732–738.
 30. Дегенеративные заболевания позвоночника. В 2 т. Т. 1. Семиотика. Классификация. Диагностика / А. И. Продан, В. А. Радченко, Н. А. Корж и др. — Х.: Контраст, 2007. — 272 с.
 31. Данищук З. Н. Морфология паравертебральных мышц пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника / З. Н. Данищук, А. Г. Скиданов, И. А. Батура // *Таврический медико-биологический вестник*. — 2013. — Т. 16, № 1, Ч. 2. — С. 37–40.
 32. Histochemistry and morphology of the erector spinae muscle in lumbar disc herniation / X. Z. Zhu, M. Parnianpuor, M. Nordin [et al.] // *Spine*. — 1989. — Vol. 14 (4). — P. 391–397.
 33. Histochemical changes in the multifidus muscle in patients with lumbar intervertebral disc herniation / K. Yoshihara, Y. Shirai, Y. Nakayama, S. Uesaka // *Spine*. — 2001. — Vol. 26 (6). — P. 622–626.
 34. Muscle fiber type distribution in multifidus muscle in cases of lumbar disc herniation / S. Bajek, D. Bobinac, G. Bajek [et al.] // *Acta Med. Okayama*. — 2000. — Vol. 54 (6). — P. 235–241.
 35. Adaptations to the multifidus muscle in response to experimentally induced intervertebral disc degeneration / S. H. Brown, D. E. Gregory, J. A. Carr [et al.] // *Spine*. — 2011. — Vol. 36 (21). — P. 1728–1736, doi: 10.1097/BRS.0b013e318212b44b.
 36. Радченко В. А. Практикум по стабилизации грудного и поясничного отделов позвоночника / В. А. Радченко, Н. А. Корж. — Х.: Прапор. — 2004. — 154 с.
 37. Хвисьюк Н. И. Стабилизация при повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника / Н. И. Хвисьюк, В. А. Радченко, Н. А. Корж // *Повреждения позвоночника и спинного мозга*. — Киев: КНИГА плюс, 2001. — 388 с.
 38. Справочник ортопеда / под ред. Н. А. Коржа, В. А. Радченко. — К.: ООО «Доктор медиа», 2011. — 378 с. — (Серия «Бібліотека «Здоров'я України»).
 39. Радченко В. А. Спондилодез при повреждениях позвоночника / В. А. Радченко, К. А. Попсуйшапка // *Травма*. — 2011. — Т. 12, № 1. — С. 80–83.
 40. Gejo R. Magnetic resonance imaging and histologic evidence of postoperative back muscle injury in rats // R. Gejo, Y. Kawaguchi, T. Kondoh [et al.] // *Spine*. — 2000. — Vol. 25 (8). — P. 941–946.
 41. Kawaguchi Y. Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery. Part 1. Histologic and histochemical analyses in rats / Y. Kawaguchi, H. Matsui, H. Tsuji // *Spine*. — 1994. — Vol. 19 (22). — P. 2590–2597.
 42. Histologic and electrophysiological changes of the paraspinal muscle after spinal fusion. An experimental study / Y. Hu, H. B. Leung, W. W. Lu, K. D. K Luk // *Spine*. — 2008. — Vol. 33 (13). — P. 1418–1422, doi: 10.1097/BRS.0b013e3181753bea.
 43. Roy S. H. Classification of paraspinal muscle impairments by surface electromyography / S. H. Roy, L. I. Oddsson // *Phys. Ther.* — 1998. — Vol. 78 (8). — P. 838–851.
 44. Posterior surgical approach to the lumbar spine and its effects on the multifidus muscle / B. R. Weber, D. Grob, J. Dvorak, M. Muntener // *Spine*. — 1997. — Vol. 22 (15). — P. 1756–1772.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720144122-127>

Статья поступила в редакцию 02.07.2014

STRUCTURAL FEATURES OF PARAVERTEBRAL MUSCLES IN NORMAL CONDITION AND DEGENERATIVE DISEASES OF THE LUMBAR SPINE (LITERATURE REVIEW)

V. A. Radchenko, N. V. Diedukh, N. A. Ashukina, A. G. Skidanov

SI «Sytenko Institute of Spine and Joints Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kharkiv