

УДК 616.711-002.16-073.7:616.741](045)

## Функциональное состояние мышц спины у пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника

А. Г. Скиданов, Д. Р. Дуплий, И. В. Котульский, А. А. Барков, А. В. Кись, В. К. Пионтковский, В. А. Радченко

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

*Structural changes in the cases of degenerative spine disorders are considered to be related to the processes that develop in vertebral movement segments and paravertebral ligaments and muscles. Goal: to investigate functional state of paravertebral muscles in patients with degenerative disorders of lumbar spine (LS) before and after surgical treatment. Methods: electromyography of 117 patients with degenerative disorders of LS and 10 healthy volunteers was performed. Patients were divided on groups according to their diagnosis: hernia of intervertebral discs of LS, instability, spondylolisthesis and stenosis. Interferential myography of m. erector spinae on the level of L<sub>IV</sub>-L<sub>V</sub> vertebrae in state of longtime (60 s) strain was recorded and spectral characteristics were calculated — general power of spectrum (GPS), medium power of spectrum (MPS), medium frequency (MF), median of spectrum frequency (MSF), speed of frequency change (SFC). The investigations were analysed before surgical intervention and 6, 18 and 36 months after it. Results: significantly lower indices GPS and MF were revealed before operation in patients with spondylolisthesis and even lower — in patients with stenosis in comparison with control. The indices GPS, MPS and MSF decreased in all patients' groups after operation, but more significantly in patients with spondylolisthesis. Dynamics of spectrum indices was performed, it revealed decrease of GPS, MPS and MSF during 18 months, but from 18 months to 3 year and later these indices have been restored up to preoperative levels. Conclusions: on the background of degenerative disorders of LS the functional capabilities of paravertebral muscles decreased in all patients, to the maximum in patients with spondylolisthesis and stenosis. The more significant differences in GPS, MPS and MSF were revealed in group of patients with spondylolisthesis in comparison with control. As opposed to complete clinical restoration (in 1 year) an electrophysiological restoration of m. erector spinae was noticed in 3 year after surgical treatment. Key words: degenerative spine disorders, electromyography, m. erector spinae, general power of spectrum, median of spectrum frequency.*

*Структурні зміни в разі дегенеративних захворювань хребта пов'язують з процесами, які розвиваються в хребтових рухових сегментах та паравертебральних зв'язках і м'язах. Мета: вивчити функціональний стан паравертебральних м'язів у пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта (ПВХ) до та після хірургічного лікування. Методи: проведено електроміографічне обстеження 117 пацієнтів з дегенеративними захворюваннями ПВХ і 10 здорових волонтерів. Пацієнтів розподілили на групи за діагнозами — грижі міжхребцевих дисків ПВХ, нестабільність, спондилолістез і стеноз. Реєстрували інтерференційну міограму m. erector spinae на рівні L<sub>IV</sub>-L<sub>V</sub> хребців у стані тривалого (60 с) напруження та розраховували спектральні характеристики — загальну потужність спектру (ЗПС), середню потужність спектру (СПС), середню частоту (СЧ), медіану частоти спектру (МЧС), швидкість зміни медіани (ШЗМ). Проведено аналіз обстежень до і через 6, 18, і 36 міс. після хірургічного лікування. Результати: до операції виявлені достовірно нижчі показники ЗПС і СЧ у пацієнтів зі спондилолістезом і ще нижчі — зі стенозом порівняно з контролем. Після хірургічного лікування показники ЗПС, СПС, МЧС знижувалися в усіх групах хворих, найбільш виражено в пацієнтів зі спондилолістезом. Аналіз динаміки спектральних показників свідчить, що протягом 18 міс. знижувалися ЗПС, СПС та МЧС, а в період від 18 міс. до 3 років і пізніше спостерігали відновлення цих показників до передопераційних значень. Висновки: на фоні дегенеративних захворювань ПВХ у всіх пацієнтів знижуються функціональні можливості паравертебральних м'язів, максимально у пацієнтів зі спондилолістезом і стенозом. Після хірургічного лікування найбільші відмінності ЗПС, СПС та МЧС від контролю виявлені в групі пацієнтів зі спондилолістезом. На відміну від повного клінічного (через рік) електрофізіологічне відновлення m. erector spinae відмічено через 3 роки після хірургічного лікування. Ключові слова: дегенеративні захворювання хребта, електроміографія, m. erector spinae, загальна потужність спектру, медіана частоти спектру.*

**Ключевые слова:** дегенеративные заболевания позвоночника, электромиография, m. erector spinae, общая мощность спектра, медиана частоты спектра

## Введение

Дегенеративные заболевания затрагивают как элементы позвоночных двигательных сегментов, так и структуру паравертебральных мышц. Однако существуют разногласия относительно первичной или вторичной роли дегенеративных изменений мышц в развитии остеохондроза [1–3].

Главным локальным стабилизатором и двигателем между двумя смежными позвонками является многораздельная мышца, которая рефлекторно сокращается, защищая пораженный каким-либо процессом позвоночный двигательный сегмент [4]. В серии экспериментов показано, что электрическая стимуляция капсулы дугоотростчатых суставов вызывает рефлекторную активность напряжения многораздельных мышц на один-два сегмента ниже уровня стимуляции [5]. Таким образом, между смежными позвоночными сегментами доказано наличие интерсегментарных рефлексов [4, 5], которые играют роль в сенсомоторной интеграции мышц спины. Рефлекторный гипертонус многораздельных мышц направлен на защитную стабилизацию поврежденного сегмента, что вызывает мышечную дисфункцию во всей биокинематической цепи позвоночника с вовлечением экстравертебральных мышц.

При хирургическом лечении дегенеративных заболеваний позвоночника (ДЗП) неизбежно травмируются паравертебральные мышцы в зоне вмешательства [6]. Кроме прямого повреждения мышц, возможно травмирование иннервирующих их задних ветвей спинальных нервов, которые довольно коротки и ригидно фиксированы к межпозвоночным связкам. При заднем доступе во время скелетирования позвонков и отведения мышц существует высокий риск повреждения задних ветвей спинномозговых нервов [6, 7]. Таким образом, при ДЗП паравертебральные мышцы, находясь в дисфункциональном состоянии (гипертонус, уплотнение, вплоть до контрактуры), подвергаются хирургической травме и частичной денервации.

Несмотря на большой интерес к проблеме ДЗП, в научной литературе недостаточно данных о степени и сроках восстановления функции мышц спины. Также интересен вопрос, отражается ли на функции паравертебральных мышц преимущественная локализация дегенеративного процесса, например в межпозвоночном диске или позвоночном канале. В работе предпринята попытка ответить на эти вопросы с помощью объективного метода исследования — электромиографии (ЭМГ), которая позволяет не только регистрировать биоэлектрическую активность мышц, но также отслеживать мышечное утомление.

Таблица 1

Распределение пациентов в зависимости от срока после операции

Группа	Давность операции	Кол-во пациентов
1	до 6 мес.	28
2	6–18 мес.	24
3	от 18 мес. до 3 лет	18
4	более 3 лет	16

Понимание механизмов мышечных расстройств на фоне ДЗП поможет выбрать наилучший способ хирургического лечения, а также разработать индивидуальный и адекватный протокол реабилитационного послеоперационного лечения.

*Цель работы:* изучить функциональное состояние паравертебральных мышц у пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника до и после хирургического лечения.

## Материал и методы

Обследовано 117 пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника, а также 10 здоровых добровольцев. Пациентов разделили на группы по диагнозу — грыжа межпозвоночного диска, нестабильность позвоночных двигательных сегментов, спондилолистез и стеноз позвоночного канала. Для анализа связи параметров ЭМГ с давностью операции отобрано 86 больных, которых разделили на четыре группы в зависимости от срока после хирургического вмешательства (табл. 1).

Сравниваемые группы были однородны по возрасту (Kruskal-Wallis test:  $H(4, N = 96) = 8,49$ ,  $p = 0,07$ ) (рис. 1).

Исследование проводили на 4-канальном электромиографе фирмы «Нейрософт» (Россия, Ива-

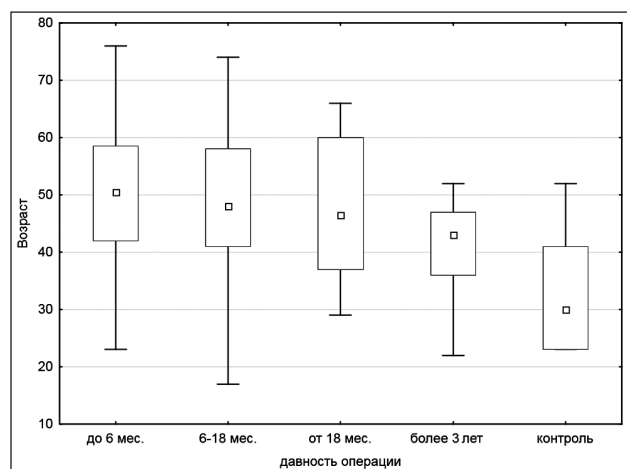


Рис. 1. Средний возраст пациентов сравниваемых групп. В прямоугольнике: центральная точка — медиана показателя, верхняя и нижняя границы — верхний и нижний квартили

ново), входной диапазон сигнала 30 мВ, нижняя частота 20 Гц, верхняя — 10000 Гц. Запись биоэлектрических сигналов осуществляли поверхностными одноразовыми электродами Skintact RT-34. Межэлектродное расстояние составляло 2,5 см. Электроды размещали паравертебрально, в месте наибольшей контурированности *m. erector spinae*, т. е. на 2,5–3 см латеральнее остистых отростков поясничных позвонков на уровне L<sub>IV</sub>–L<sub>V</sub>. Заземляющий электрод располагали на предплечье. Одновременно регистрировали данные на двух каналах для правой и левой стороны. Для снижения межэлектродного сопротивления кожу перед креплением электродов обрабатывали спиртом, затем проводили контроль импеданса, который не превышал 10 кОм. Электроды фиксировали на мышце с помощью липкого пластыря и резинового бинта.

Всем обследованным было предложено принять положение лежа на животе с прогибанием туловища, отрывом плечевого пояса и нижних конечностей от кушетки (упражнение «лодочка»), а затем удерживать такое положение в течение 60 с. Такое положение пациенты оценивали как максимальный прогиб, который можно удерживать. Основными критериями правильности выполнения упражнения был подъем конечностей над кушеткой и максимальная активность миограммы.

Первичную регистрацию интерференционных сигналов проводили с использованием программных пакетов «Нейро-МВП». Дальнейший расчет спектральных характеристик исходных сигналов в виде звуковых файлов в формате WAVE с частотой дискретизации 20 кГц выполняли с помощью специально разработанного модуля на языке MATLAB [8]. Исследовали частотные параметры ЭМГ-сигнала. В частотной области основными параметрами являются медианная частота МЧ (MedF) и средняя частота спектра СЧ (MF). Проведен спектральный анализ миограмм с расчетом МЧ, СЧ, а также показателей общей мощности спектра ОМС (TotalP), средней мощности СМС (MP) и скорости изменения медианы СИМ (frate). Выбор количественных спектральных характеристик для расчета основан на источниках научной литературы [9–11].

Статистический анализ результатов проводили с помощью программы StatSoft STATISTICA 6.0. Для определения различий ЭМГ-показателей между клиническими группами наблюдения и контролем использовали непараметрический аналог дисперсионного анализа — критерий Краскала-Уоллиса. Для попарных сравнений между группами использовали критерий Манна-Уитни, в случае больше двух сравниваемых групп применяли поправку Бонферрони

на множественность сравнений. Для оценки силы зависимости параметров ЭМГ от возраста и давности операции наряду с представлением зависимостей в виде графиков рассеивания использовали коэффициенты корреляции — ранговую корреляцию Спирмена (R) и нелинейную корреляцию:

$$\rho = \sqrt{1 - \frac{S^2_x}{S^2_y}},$$

где  $S^2_x$  и  $S^2_y$  — выборочные дисперсии переменной  $x$  и переменной  $y$ .

## Результаты и их обсуждение

Интерференционная миограмма длинного разгибателя туловища имела вид сложной кривой с довольно насыщенной, равномерной структурой и визуально определяемыми изменениями амплитуды биопотенциалов в течение напряжения — с тенденцией уменьшения амплитуд биопотенциалов к концу записи (рис. 2, а), с некоторым их увеличением в начале записи и последующим снижением (рис. 2, б) или с волнообразными колебаниями средней амплитуды (рис. 2, в). Эти качественные отличия миограмм связаны с особенностями напряжения и удержания заданного положения у разных обследованных.

Анализ спектральных характеристик разгибателя спины в контрольной группе показал, что у здоровых лиц 80 % величин МЧ (MedF) лежит в диапазоне [103,65–157,93] Гц (10 %-ный, 90 %-ный перцентиль) и не зависит от возраста. В общей группе пациентов отмечена тенденция к снижению некоторых спектральных характеристик с возрастом. Например, получены умеренные отрицательные корреляции с возрастом показателей СЧ ( $R = -0,49$ ,  $p = 0,01$ ) и МЧ ( $R = -0,42$ ,  $p = 0,000004$ ), слабая корреляция показателя ОМС ( $R = -0,19$ ,  $p = 0,04$ ). Умеренная корреляция средней частоты, наблюдаемая до операции, существенно

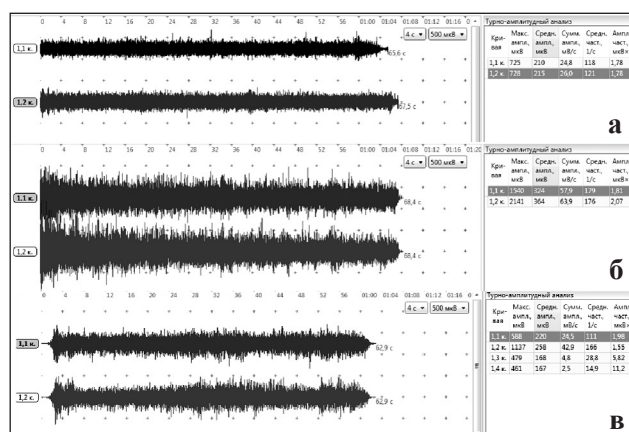
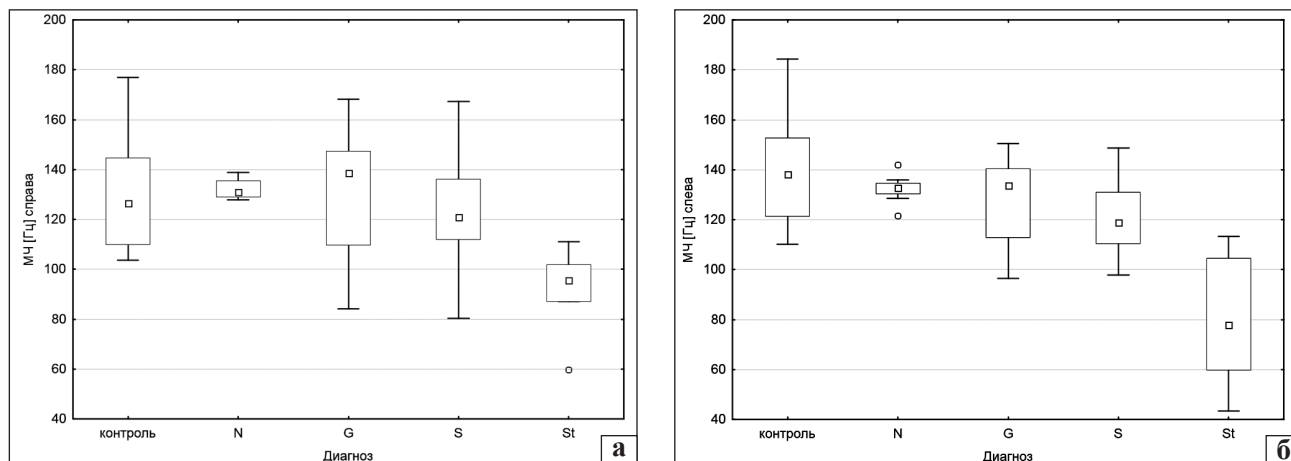


Рис. 2. Интерференционная миограмма *m. erector spinae*



**Рис. 3.** Диаграммы размаха значений средних показателей ОМС в клинических (N — нестабильность, G — грыжи, S — спондилолистез, St — стеноз) и контрольной группах до хирургического лечения справа (а) и слева (б). Обозначения в прямоугольнике идентичны рис. 1

ослабевала после нее ( $R = -0,26$ ,  $p = 0,02$ ). Показатель СИМ не зависел от возраста в контрольной и клинических группах. Эти результаты свидетельствуют, что спектральные характеристики отражают биоэлектрическую активность, на которую способна напряженная мышца, т. е. ее функциональное состояние, зависящее от степени тренированности мышцы, а не от такой общей характеристики организма, какой является биологический возраст. В то же время слабые корреляции в группе больных показывают, что в зрелом и пожилом возрасте на фоне ДЗП электрогенез паравертебральных мышц снижается значительно, чем в молодом возрасте.

#### Анализ результатов ЭМГ-исследования пациентов до хирургического лечения

Интерференционная миограмма *mm. erector spinae* у всех пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника отличалась от контрольной группы по показателям ОМС справа и слева ( $M-W U = 67$ ,  $Z = 2,66$ ,  $p = 0,08$ ) и СЧС ( $M-W U = 65$ ,  $Z = 2,72$ ,  $p = 0,007$ ).

Показатель ОМС является суммой электрической активности всех мышечных волокон, участвующих в напряжении, и включает все частоты, генерируемые данной мышцей. Повышается этот показатель за счет высокочастотных компонентов, снижается за счет низкочастотных. Чем больше различных частот, тем мощность спектра выше; чем однообразнее представленные частоты, тем мощность спектра ниже. У пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника показатель ОМС был достоверно ниже по сравнению со здоровыми лицами. Спектральные характеристики *mm. erector spinae* для правой и левой стороны значимо отличались между собой и у здоровых лиц, и у пациентов, поэтому мы

сравнивали стороны как независимые замеры. При сравнении миографических показателей контрольной группы с показателями пациентов различных групп найдены отличия по МЧ и СЧС. У всех пациентов величина этих показателей была снижена в различной степени. Наиболее низкие показатели МЧ ( $79,73 \pm 13,15$ ) Гц, и СЧС ( $109,55 \pm 11,83$ ) Гц наблюдали в группе пациентов со стенозом позвоночного канала по сравнению с контрольной группой (МЧ ( $135,38 \pm 4,87$ ) Гц, СЧС ( $166,48 \pm 3,33$ ) Гц) (рис. 3). Менее выраженное снижение обнаружено в группе больных спондилолистезом — МЧ ( $120,91 \pm 5,96$  Гц, СЧС ( $138,83 \pm 7,64$ ) Гц; наименее выраженные — в группе с межпозвоночными грыжами — ( $127 \pm 4,60$ ) и ( $156,5 \pm 5,49$ ) Гц соответственно.

Таким образом, по результатам ЭМГ-обследования пациентов с ДЗП до операции наибольшие отличия от контрольной группы обнаружены у пациентов со стенозом позвоночного канала, далее, учитывая степень изменений, следуют группы со спондилолистезом, грыжами межпозвоночных дисков и нестабильностью. Это выражается в достоверном значимом снижении показателей МЧ и СЧС и свидетельствует о снижении функциональных возможностей паравертебральных мышц на фоне дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника.

#### Анализ результатов ЭМГ-исследования пациентов после хирургического лечения

После хирургического лечения у всех пациентов выявлены еще более выраженные различия спектральных характеристик и по сравнению с контролем, и между клиническими группами. Так, достоверно отличались от контроля показатели ОМС ( $M-W U = 202$ ,  $Z = 2,73$ ,  $p = 0,006$ ), СМС ( $M-W$

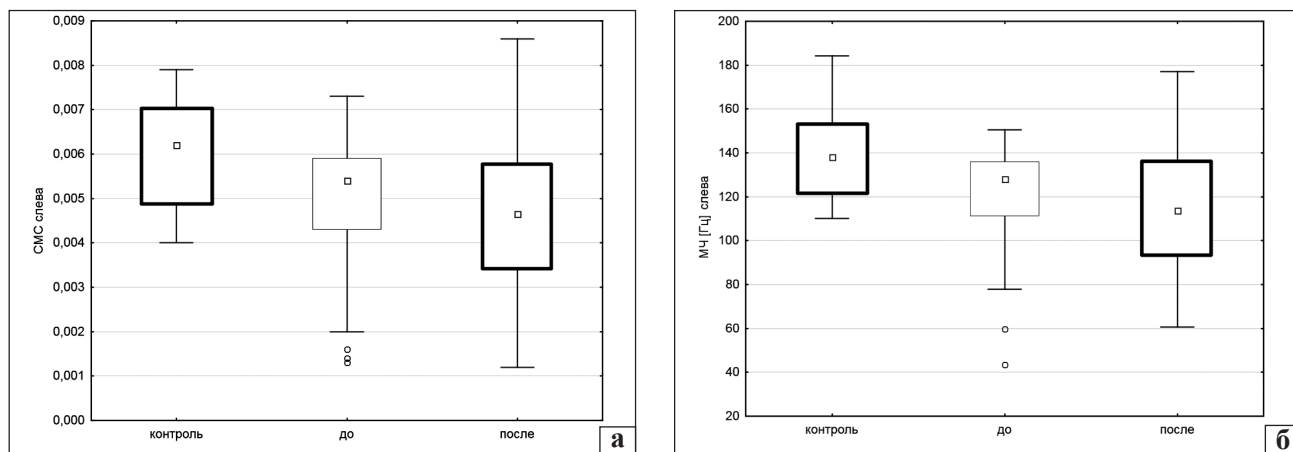


Рис. 4. Диаграмма размаха значений СМС (а) и МЧС (б) у пациентов до и после хирургического лечения по сравнению с контрольной группой. Обозначения в прямоугольнике идентичны рис. 1

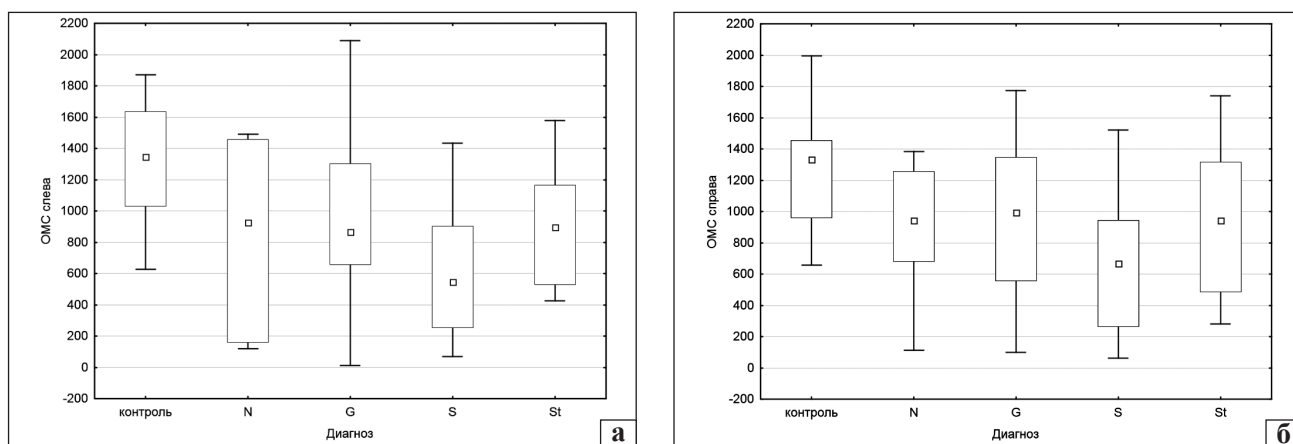


Рис. 5. Диаграмма размаха средних показателей мощности спектра в разных клинических группах после хирургического лечения слева (а) и справа (б). Обозначения в прямоугольнике идентичны рис. 1

$U = 178, Z = 2,98, p = 0,003$ ) и МЧС ( $M-W U = 200, Z = 2,63, p = 0,009$ ). Средний показатель ОМС после хирургического лечения снижался в группах больных с грыжами межпозвонковых дисков, спондилолистезом и стенозом, а в группе больных с нестабильностью незначительно увеличивался (табл. 2).

Группа пациентов с грыжами межпозвонковых дисков отличалась достоверным снижением ме-

дианы начальной частоты спектра ( $M-W U = 607, Z = 2,86, p = 0,004$ ). На рис. 5 видно, что показатель ОМС слева значимо ниже, чем в контрольной группе, но значимо выше, чем в группе со спондилолистезом ( $M-W U = 270, Z = 3,11, p = 0,002$ ). При сравнении показателей мышц пациентов из группы со спондилолистезом и контрольной получена значимо низкая ОМС ( $M-W U = 186, Z = 4,29,$

Таблица 2

Спектральные характеристики разгибателя туловища у пациентов с ДЗП после хирургического лечения,  $M \pm m$

Показатель	Сторона	Контроль	Нестабильность	Грыжи	Спондилолистез	Стеноз
ОМС, $B^2 \cdot c$	левая	1263,51 ± 122,03	827,45 ± 231,13	946,35 ± 72,05*	581,46 ± 80,87***	817,52 ± 149,05
	правая	1133,44 ± 103,99	922,97 ± 162,52*	944,86 ± 70,63*	661,00 ± 92,90*	842,50 ± 191,48*
СМС, Гц	левая	0,0061 ± 0,0003	0,0041 ± 0,0009	0,0050 ± 0,0002	0,0040 ± 0,0004*	0,0044 ± 0,0007
	правая	0,0056 ± 0,0003	0,0046 ± 0,0006*	0,0050 ± 0,0002*	0,0043 ± 0,0004*	0,0043 ± 0,0008*
МЧ, Гц	левая	135,38 ± 4,87	108,44 ± 9,40	118,87 ± 3,25	106,36 ± 5,32*	114,57 ± 12,81
	правая	126,38 ± 5,58	106,54 ± 10,70*	119,92 ± 3,67	108,10 ± 6,10*	119,47 ± 12,02
СЧС, Гц	левая	166,48 ± 3,33	135,78 ± 12,21*	149,99 ± 4,18	134,64 ± 7,57*	136,58 ± 15,08
	правая	154,06 ± 4,76	135,85 ± 13,19	152,14 ± 4,87	139,62 ± 9,07	155,43 ± 13,16
СИМ	левая	-0,11 ± 0,04	0,0765 ± 0,0459	-0,0212 ± 0,0197	-0,0215 ± 0,0356	-0,0238 ± 0,0554
	правая	-0,15 ± 0,03	-0,0025 ± 0,0526*	-0,0927 ± 0,0224	-0,0872 ± 0,0516	-0,0700 ± 0,0764

Примечания: \* — значимость различий среднего показателя группы по сравнению с контролем; \*\* — с группой «грыжи».

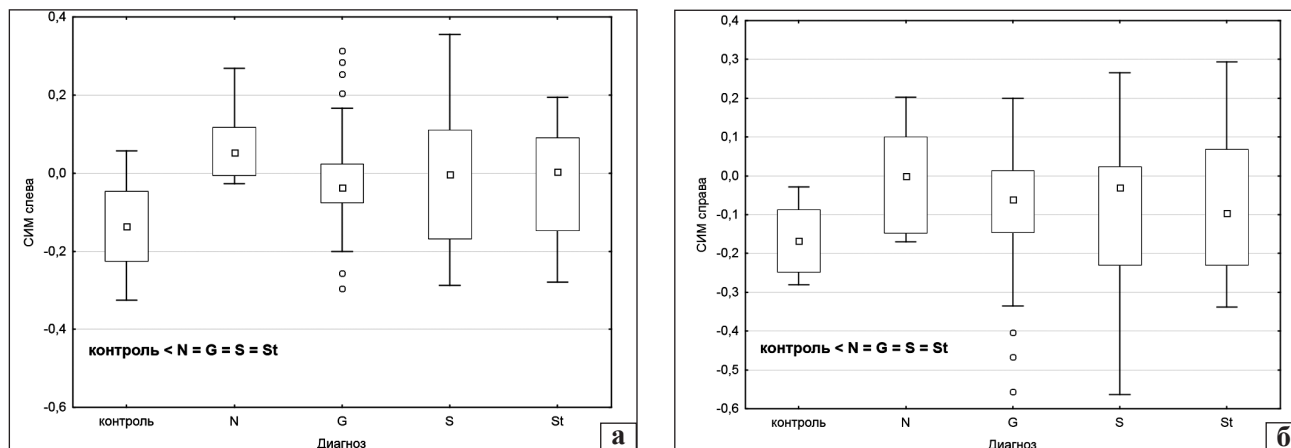


Рис. 6. Диаграмма значений показателей скорости изменения медианы после хирургического лечения слева (а) и справа (б). Обозначения в прямоугольнике идентичны рис. 1

$p = 0,00002$ ) (табл. 2). Кроме того, группа со спондилолистезом отличалась от группы пациентов с грыжами по показателю ОМС ( $M-W U = 270$ ,  $Z = 3,11$ ,  $p = 0,002$ ). Аналогичное снижение в группе спондилолистезов наблюдалось по показателю СМС ( $M-W U = 287$ ,  $Z = 2,98$ ,  $p = 0,003$ ).

Таким образом, наиболее низкие спектральные характеристики паравертебральных мышц после хирургического вмешательства выявлены в группе пациентов со спондилолистезом. С нашей точки зрения, разница объясняется изменением биомеханики мышц вследствие их растяжения и переменой проекций положения в пространстве их точек прикрепления в результате коррекции.

Особый интерес представляет показатель СИМ. Если до хирургического вмешательства он не отличался у пациентов с ДЗП от контрольной группы, то после операции у больных с диагнозами «нестабильность», «грыжи» и «стеноз» наблюдалось его достоверное увеличение по сравнению с контрольной группой (рис. 6).

СИМ — это тангенс угла наклона прямой, аппроксимирующей колебания значений МЧ в течение всего напряжения. СИМ принимает отрицательные значения, если аппроксимирующая прямая наклонена вниз (значение медианы уменьшается), и положительные, если аппроксимирующая прямая направлена вверх (значение медианы увеличивается). Как известно, в течение напряжения в мышце происходят определенные физиологические и метаболические процессы — накапливается молочная кислота, изменяется синтез нейромедиаторов, угнетается синаптическая передача и нарушается распространение потенциала действия по мышечному волокну. Все это характеризует утомление мышцы [12]. При длительном напряжении, которое мы наблюдали в течение 60 с, происходит пере-

распределение участвующих мышечных волокон. В начале напряжения работают все волокна, частота начального сокращения выше, затем быстрые, утомляемые волокна II типа выключаются и преобладают медленные волокна I типа, генерирующие более низкие частоты [12].

В группе контроля СИМ принимает отрицательные значения (в среднем  $-0,23 \pm 0,02$ ), что соответствует углу наклона регрессии около  $13^\circ-14^\circ$ . Это отражает смещение частотных показателей от высоких частот к низким, которое сопровождается физиологическое утомление и согласуется с данными литературы [9, 11, 12]. В группе обследованных пациентов со спондилолистезом отмечена тенденция к увеличению значений СИМ, т. е. показатель становится менее отрицательным или даже положительным. Причем это происходит на фоне уменьшения ОМС. Это свидетельствует о том, что двигательные единицы, генерирующие высокочастотные компоненты, не участвуют в напряжении. Мышца начинает напряжение с определенным активным набором мышечных волокон, генерирующих соответствующие частоты, и заканчивает с теми же частотами — медиана не изменяется существенно, угол наклона аппроксимирующей кривой равен нулю и СИМ равна нулю. С одной стороны, это отражает «неутомляемость» мышцы, с другой — изменение динамики напряжения, характерной для неоперированной мышцы. В этой связи показатель СИМ представляет интерес для дальнейшего изучения. В научной литературе представлено миографическое исследование больных со стенозом позвоночного канала, в котором у них выявлена денервационная патологическая активность паравертебральных мышц, при этом МЧС была ниже, чем у здоровых и пациентов с неспецифическими болями в спине. Авторы установили,

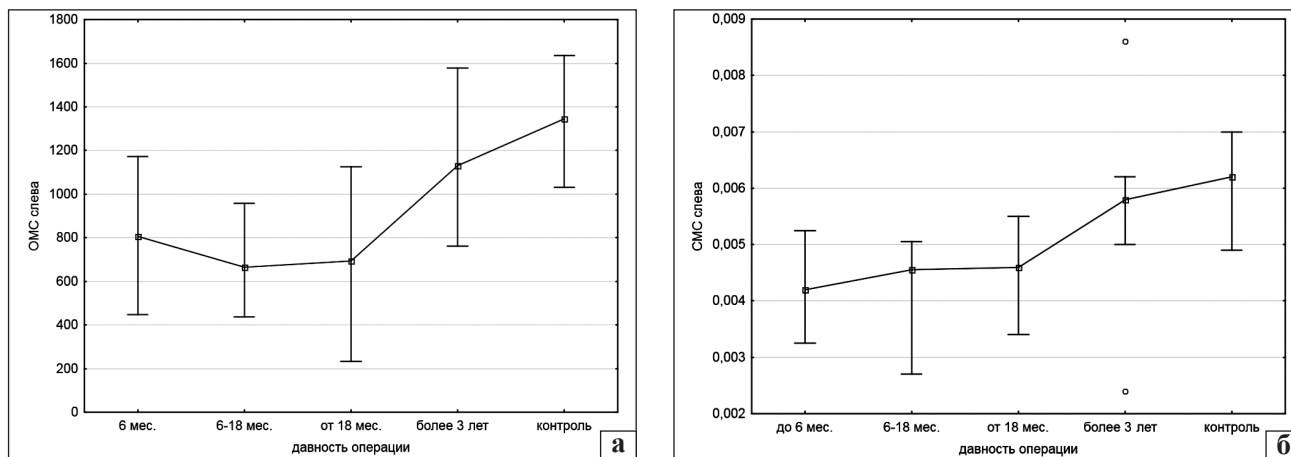


Рис. 7. Динамика показателей ОМС (а) паравертебральных мышц и СМС (б) в зависимости от срока после хирургического лечения. Точкой обозначена медиана

что утомляемость не связана с денервацией — у неоперированных пациентов со стенозом позвоночного канала обнаружены признаки денерваций паравертебральных мышц, в то же время выносливость этих мышц была на удивление хорошей [13].

Таким образом, после хирургического лечения мы обнаружили наибольшие изменения в группе больных спондилолистезом. Изменения выражаются в снижении показателей ОМС, увеличении СИМ, а также снижении МЧ (M-W U = 193, Z = 3,44, p = 0,0006) и СЧС справа (M-W U = 246, Z = 2,84), чего не наблюдалось до операции. Мы объясняем это наибольшим влиянием операции на паравертебральные мышцы, связанным с вправлением смещенного позвонка, вследствие чего происходит растяжение мышц и изменение расположения их точек прикрепления в пространстве.

#### *Оценка состояния паравертебральных мышц в зависимости от давности хирургического лечения*

Для определения динамики и длительности восстановления функции паравертебральных мышц мы определили группу пациентов, перенесших хирургическое лечение, по отдаленности от операции.

Выявлены значимые отличия между сравниваемыми группами по трем показателям — ОМС, СМС и СИМ.

Динамика ОМС в зависимости от сроков после хирургического лечения показана на рис. 7. После 18 мес. этот показатель значимо не отличался от контрольной группы. Однако ОМС оказалась значимо меньшей по сравнению с контрольной группой у пациентов со сроками 6–18 мес. после хирургического лечения (M-W U = 39, Z = -3,04, p = 0,002).

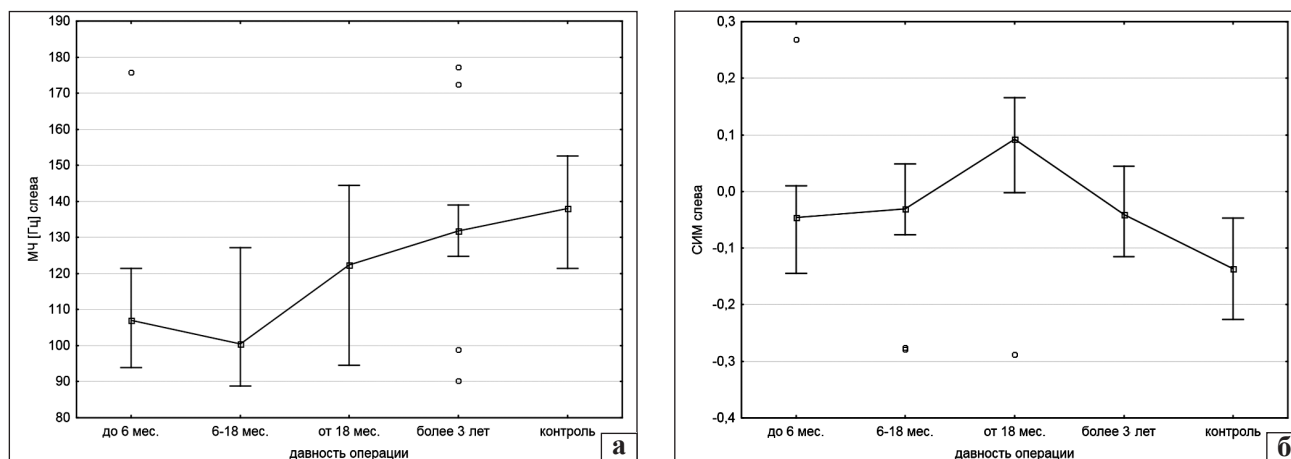
СМС возрастала с увеличением времени, прошедшего после хирургического вмешательства (рис. 7). При сроках до 18 мес. после операции этот

показатель был значимо меньшим, чем в контрольной группе (при сравнении группы до 6 месяцев с контролем — M-W U = 45,5, Z = -3,12, p = 0,002; от 6 до 18 мес. — M-W U = 37, Z = -3,12, p = 0,002). Если после операции прошло 18 мес. и более, значимого отличия СМС прооперированных пациентов от контроля не наблюдали (при сравнении группы от 18 мес. с контролем: M-W U = 37,5, Z = -2,36, p = 0,02; от 3 лет: M-W U = 58,5, Z = -1,11, p = 0,27).

Аналогично СМС изменялась и МЧ (рис. 8). При сроках до 18 мес. после операции этот показатель был значимо меньшим, чем в контрольной группе (при сравнении группы до 6 мес. с контролем — M-W U = 49, Z = -2,92, p = 0,004; от 6 до 18 мес. — M-W U = 39, Z = -3,04, p = 0,002). Когда после операции прошло 18 мес. и более, МЧ у пациентов была статистически неотличимой от контроля (при сравнении группы от 18 мес. с контролем — M-W U = 52, Z = -1,45, p = 0,15; от 3 лет — M-W U = 60, Z = -0,80, p = 0,42).

Таким образом, спектральные характеристики демонстрируют снижение частотных показателей паравертебральных мышц через 6–18 мес. после операции. Показатель СИМ, напротив, был наибольшим в период от 1,5 до 3 лет после хирургического вмешательства (рис. 8). В этой группе пациентов он значимо превышал показатель СИМ контрольной группы (M-W U = 27, Z = 2,89, p = 0,004), а также пациентов с давностью операции не более полугод (M-W U = 107, Z = -2,82, p = 0,005). Через 3 года и более после хирургического лечения значения СИМ пациентов становились сравнимыми со значениями в группе здоровых людей (M-W U = 47, Z = 1,32, p = 0,19).

Таким образом, анализ динамики спектральных характеристик паравертебральных мышц демонстрирует наибольшее снижение функциональных



**Рис. 8.** Динамика показателей общей МЧС (а) паравертебральных мышц и показателя скорости изменения медианы (б) в зависимости от сроков после хирургического лечения (точкой обозначена медиана)

возможностей в период 18 мес. Результаты лечения у обследованных пациентов оценивали как отличные, хорошие и удовлетворительные. Полученные результаты ЭМГ-обследования выглядят несколько неожиданно, поскольку клиническое восстановление у таких пациентов наблюдали в большинстве случаев до 12 мес. [14]. Однако, как уже упоминалось, функциональное состояние мышцы зависит в первую очередь от степени ее тренированности и уже во вторую — от общего состояния организма. Полученные результаты свидетельствуют, что восстановление функционального состояния паравертебральных мышц после хирургического вмешательства происходит в течение от 1,5 до 3 лет после операции.

По данным литературы, у пациентов через год после хирургического вмешательства на поясничном отделе позвоночника путем открытого заднего доступа с помощью игольчатой ЭМГ выявлена значимая денервационная активность и уменьшение количества двигательных единиц паравертебральных мышц [15].

В результате экспериментального исследования на кроликах через 6 мес. после спондилодеза обнаружено уменьшение размеров мышечных волокон и снижение МЧ миограммы паравертебральных мышц на уровне оперированного сегмента. В то же время в паравертебральных мышцах прилежащих сегментов (каудально и краниально) отмечено увеличение мышечной активности и гипертрофия [16]. Поэтому, несмотря на сохраненную общую функцию туловища, зафиксировано перераспределение нагрузок между мышцами двигательных сегментов.

В другой работе [17] с помощью интерференционной миографии у пациентов, перенесших задний спондилодез по поводу переломов тел позвонков, при изометрическом напряжении мышц спины

зарегистрированы значимо низкие амплитуды многораздельной мышцы и значимо более высокие амплитуды подвздошно-реберной мышцы. Причем у больных с выраженным болевым синдромом биоэлектрическая активность была снижена во всех исследованных группах мышц по сравнению с пациентами с умеренной болью. Авторы связывают повреждение многораздельной мышцы именно с хирургической травмой и объясняют, что угнетение ее функции компенсируется повышенной активностью подвздошно-реберной мышцы [17].

Таким образом, наблюдаемые изменения в первую очередь связаны с хирургической травмой. В этом отношении малоинвазивные операции, вероятно, причиняют меньшие повреждения паравертебральных мышц по сравнению с открытым доступом. Так, при МРТ-исследовании через 16 мес. после открытого вмешательства выявлено снижение поперечного сечения многораздельной мышцы на 5,4 % по сравнению с дооперационным состоянием, а при малоинвазивном доступе — его увеличение на 9,9 % [18]. Однако в другом исследовании [19] не найдено достоверных отличий влияния разных хирургических доступов на размер поперечного сечения многораздельных мышц и на степень их атрофии, поэтому сделан вывод, что малоинвазивное вмешательство не уменьшает степень травматизации паравертебральных мышц по сравнению с открытым доступом [19]. У пациентов в отдаленных сроках (через 7 лет и более после хирургического вмешательства на поясничном отделе позвоночника) не выявлено значимых отличий плотности функционирующей мышечной ткани, силы и размеров паравертебральных мышц по сравнению с пациентами, лечившимися от хронических болей в спине с помощью психотерапии и лечебной гимнастики [20].



## Выводы

На фоне дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника у всех пациентов снижаются функциональные возможности паравертебральных мышц, но в разной степени в зависимости от нозологии. В частности, до хирургического лечения обнаружено статистически значимое снижение показателей ОМС, СЧ в группе пациентов со спондилолистезом и еще более выраженное в группе со стенозом поясничного отдела позвоночного канала.

Выявлено значимое отличие показателей медианы спектра между группами больных со спондилолистезом и грыжами межпозвоночных дисков. Следовательно, сопровождающие спондилолистез биомеханические нарушения на уровне позвоночных двигательных сегментов отражаются на биоэлектрической активности поверхностных мышц спины. После хирургического лечения наибольшие отличия от контроля установлены в группе пациентов со спондилолистезом по общей и средней мощности спектра и медиане частоты спектра.

Отмечено запаздывающее электрофизиологическое восстановление мышц разгибателей спины по сравнению с клиническим восстановлением. Несмотря на то, что клинически функция восстанавливается уже к 12 мес., восстановление спектральных характеристик до уровня неоперированных пациентов отмечается лишь через 3 года после хирургического лечения.

## Список литературы

1. Static back endurance and the risk of low-back pain / S. Luoto, M. Heliövaara, H. Hurri [et al.] // *Clin. Biomech.* — 1995. — Vol. 10. — P. 323–324.
2. Measurement of muscle strength of the trunk and lower extremities in subjects with history of low back pain / J. H. Lee, Y. Ooi, K. Nakamura // *Spine.* — 1995. — Vol. 20. — P. 1994–1996.
3. 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.
4. Neuromuscular dysfunction elicited by cyclic lumbar flexion / L. N. Claude, M. Solomonow, B. H. Zhou [et al.] // *Muscle Nerve.* — 2003. — Vol. 27. — P. 348–358.
5. Kang Y. M Electrophysiologic evidence for an intersegmental reflex pathway between lumbar paraspinal tissues / Y. M. Kang, W. S. Choi, J. G. Pickar // *Spine.* — 2002. — Vol. 27 (3). — P. 56–63
6. Surface electromyographic-verified muscle damage associated with the open dorsal approach to the lumbar spine / M. Kramer, P. Katzmaier, R. Eisele [et al.] // *Eur. Spine. J.* — 2001. — Vol. 10. — P. 414–420.
7. Local denervation atrophy of paraspinal muscles in postoperative failed back syndrome / T. Sihvonen, A. Herno, L. Paljarvi [et al.] // *Spine.* — 1993. — Vol. 18. — P. 575–581.
8. Electromyographic data processing module / A. V. Gubanov, T. V. Zhemchuzhkina, T. V. Nosova, Y. V. Nosova: abstracts of 5<sup>th</sup> International radioelectronic forum [«Applied electronics. Status and Development Trends»], conference [«Problems of Biomed Engineering. Science and Technology»]. — Kharkiv, 2014. — Vol. 3. — P. 25–27.
9. Factors in the reproducibility of electromyographic power spectrum analysis of lumbar paraspinal muscle fatigue / A. V. Nargol, A. P. Jones, P. J. Kelly, C. G. Greenough // *Spine.* — 1999. — Vol. 24. — P. 883–888.
10. Beneck G. J. Spectral analysis of EMG using intramuscular electrodes reveals non-linear fatigability characteristics in persons with chronic low back pain / G. J. Beneck, L. L. Baker, K. Kulig // *J. Electromyogr. Kinesiology.* — 2013. — Vol. 23 (1). — P. 70–77, doi: 10.1016/j.jelekin.2012.07.001.
11. Спектральный анализ электромиограмм в оценке функционального состояния мышц спины при дегенеративных заболеваниях позвоночника / А. Г. Скиданов, Д. Р. Дуплий, В. А. Колесниченко, В. А. Радченко // Ортопедия, травматология и протезирование. — 2015. — № 1. — С. 106–113, DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720151106-113>.
12. Gandevia S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue / S. C. Gandevia // *Physiol. Rev.* — 2001. — Vol. 81 (4). — P. 1725–1789.
13. Paraspinal muscle denervation, paradoxically good lumbar endurance, and an abnormal flexion-extension cycle in lumbar spinal stenosis / V. Leinonen, S. Maatta, S. Taimela, [et al.] // *Spine.* — 2003. — Vol. 28 (4). — P. 324–331.
14. A comparative effectiveness trial of postoperative management for lumbar spine surgery / K. R. Archer, R. A. Coronado, C. M. Haug [et al.] // *BMC Musculoskelet Disord.* — 2014 — Vol. 15.– Article 325, doi: 10.1186/1471-2474-15-325.
15. Denervation and atrophy of paraspinal muscles after open lumbar interbody fusion is associated with clinical outcome-electromyographic and CT-volumetric investigation of 30 patients / A. Waschke, C. Hartmann, J. Walter [et. al.] // *Acta Neurochir.* — 2014. — Vol. 156 (2). — P. 235–244, doi: 10.1007/s00701-013-1981-9.
16. Histologic and electrophysiological changes of the paraspinal muscle after spinal fusion: an experimental study // Y. Hu, H. B. Leung, W. W. Lu, K. D. Luk / *Spine.* — 2008. — Vol. 33 (13). — P. 1418–1422.
17. Surface electromyographic-verified muscle damage associated with the open dorsal approach to the lumbar spine / M. Kramer, P. Katzmaier, R. Eisele [et al.] // *Eur. Spine. J.* — 2001. — Vol. 10. — P. 414–420.
18. Assessment of paraspinal muscle cross-sectional area following lumbar decompression: minimally invasive versus open approaches / L. E. Bresnahan, J. S. Smith, A. T. Ogdan [et al.] // *J. Spinal Disord. Tech.* — 2013. — [Epub ahead of print].
19. Research progress in comparison of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion / K. Su, Y. Guo, Z. Zhang, D. Jin // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* — 2013. — Vol. 27 (11). — P. 1386–1389.
20. No difference in long-term trunk muscle strength, cross-sectional area, and density in patients with chronic low back pain 7 to 11 years after lumbar fusion versus cognitive intervention and exercises / A. Froholdt, I. Holm, A. Keller [et al.] // *Spine. J.* — 2011. — Vol. 11 (8). — P. 718–725, doi: 10.1016/j.spinee.2011.06.004.

## FUNCTIONAL STATE OF BACK MUSCLES IN PATIENTS WITH DEGENERATIVE SPINE DISORDERS

A. G. Skidanov, D. R. Dupliy, I. V. Kotulskiy, A. A. Barkov, A. V. Kis, V. K. Piontkovsky, V. A. Radchenko  
SI «Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Science of Ukraine», Kharkiv

### ДО УВАГИ СПЕЦІАЛІСТІВ

ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» проводить післядипломну підготовку лікарів-спеціалістів, у тому числі іноземних громадян, у клінічній ординатурі та у формі стажування за спеціальністю «Ортопедія і травматологія», на курсах інформації та стажування з актуальних питань ортопедії та травматології (ліцензія Міністерства освіти і науки України АЕ № 285527 від 27.11.2013)

#### Курси інформації та стажування для лікарів ортопедів-травматологів

№	Назва	Керівник
1.	Хірургічні та консервативні методи лікування хворих з патологією великих суглобів	Проф. Філіпенко В. А.
2.	Ендопротезування великих суглобів	Проф. Філіпенко В. А.
3.	Хірургічні та консервативні методи лікування дітей з ортопедичною патологією	Д.м.н. Хмизов С. О.
4.	Хірургічні та консервативні методи лікування хворих зі сколіотичними деформаціями хребта	Д.м.н. Мезенцев А. О.
5.	Хірургічні та консервативні методи лікування хворих з патологією хребта	Проф. Радченко В. О.
6.	Мануальна терапія в комплексному лікуванні хворих з патологією хребта	Проф. Радченко В. О.
7.	Малоінвазивна та інструментальна хірургія хребта	Проф. Радченко В. О.
8.	Хірургічні та консервативні методи лікування травматичних ушкоджень кістково-м'язової системи	Проф. Корж М. О.
9.	Реконструктивно-відновна хірургія опорно-рухової системи в разі наслідків травм та ортопедичних захворювань	Проф. Корж М. О.
10.	Лабораторні методи дослідження в ортопедії та травматології (клініко-діагностичні, біохімічні, морфологічні, імунологічні)	Проф. Дєдх Н. В. К.б.н. Леонтєва Ф. С.
11.	Немедикаментозні методи лікування в ортопедії та травматології	Проф. Маколінець В. І.
12.	Лікувально-профілактичне експрес-ортезування та експрес-протезування опорно-рухової системи	Диннік О. А. Тимченко І. Б.
13.	Артроскопічна діагностика і лікування патології великих суглобів	К.м.н. Болховітін П. В.
14.	Хірургічні та консервативні методи лікування дітей з патологією кульшового суглоба	Д.м.н. Корольков О. І.
15.	Постізометрична релаксація та масаж в ортопедії і травматології	К.м.н. Стауде В. А.
16.	Ультразвукове дослідження опорно-рухової системи в дорослих і дітей	К.м.н. Котульський І. В.
17.	Регіональна анестезія в ортопедії і травматології з використанням ультразвукових методів візуалізації	К.м.н. Лізогуб М. В.

Телефон для довідок: (057) 704-14-78