

М.В. ОЛИЗАРОВИЧ<sup>1,2</sup>, П.С. РЕМОВ<sup>1,2</sup>**МИКРОХИРУРГИЧЕСКИЕ ВМЕШАТЕЛЬСТВА НА ПОЗВОНОЧНИКЕ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО РАСЧЕТА И ГРАФИЧЕСКОЙ  
ВИЗУАЛИЗАЦИИ**

У «Гомельская областная клиническая больница»<sup>1</sup>,  
УО «Гомельский государственный медицинский университет»<sup>2</sup>,  
Республика Беларусь

**Цель.** Выявление факторов, определяющих объем резекции костных структур заднего опорного комплекса позвоночника, и оценка эффективности микрохирургических вмешательств на пояснично-крестцовом отделе позвоночника (ПКОП), проведенных согласно данным предоперационного компьютерного расчета и графической визуализации.

**Материал и методы.** Микрохирургические вмешательства по поводу дистрофической патологии позвоночника выполнены 43 пациентам. Резекция костных и связочных структур проводилась согласно предоперационному компьютерному расчету. Проанализированы типы костной резекции в зависимости от уровня вмешательства и компримирующего фактора, параметры междужковых промежутков. Качество жизни пациентов оценивалось в позднем послеоперационном периоде.

**Результаты.** В ходе исследования установлено влияние типа компримирующего фактора и параметров междужкового промежутка на объем резекции костных структур заднего опорного комплекса. Интерламинэктомия достоверно чаще ( $p < 0,05$ ) выполнялась на уровне LV-SI, а также в случаях грыж межпозвоночного диска (МПД) без секвестрации. Частичная гемиламинэктомия обеих дуг (выше- и нижележащего позвонка), дополненная медиальной фасетэктомией, преобладала ( $p < 0,05$ ) на уровне LIV-LV, а также в случаях центрального сегментарного стеноза позвоночного канала. Согласно расчетам, длина костного окна в случаях грыж МПД без секвестрации была достоверно меньше по сравнению со случаями секвестрированных грыж ( $p < 0,01$ ) и центрального стеноза позвоночного канала ( $p < 0,01$ ). Анализ параметров междужкового промежутка показал, что в сегментах уровня LIV-LV междужковый промежуток с обеих сторон более узкий ( $p < 0,0001$ ) и короткий ( $p < 0,0001$ ) по сравнению с сегментами уровня LV-SI.

**Заключение.** Технические аспекты, заложенные в алгоритм компьютерного расчета, позволили значительно повысить качество жизни пациентов спустя 6 месяцев после вмешательства ( $p < 0,01$ ). Разработанная методология предоперационного планирования осуществлялась посредством доступного программного обеспечения, не требовала громоздкого, дорогостоящего оборудования.

*Ключевые слова:* хирургия позвоночника, стеноз позвоночного канала, грыжа межпозвоночного диска, фасетэктомия, компьютер, алгоритм, предоперационное планирование

**Objectives.** Identification of the factors that determine the volume of resection of the posterior supportive complex bone structures, and evaluation of the effectiveness of microsurgical interventions on the lumbosacral part of spine conducted according to a pre-surgical computer calculation and graphical visualization.

**Methods.** Microsurgical interventions for dystrophic pathology of the spine had been performed to 43 patients. Resection of the bone and ligament structures was carried out according to the preoperative computer calculations. The type of bone resection in the dependence on the level of intervention and compressing factor, parameters of the interarch spaces have been analyzed. Quality-of-life considerations in patients undergoing surgical treatment was evaluated in the late postoperative period.

**Results.** The effect of compressing factor type and parameters of interarchspace on the resection volume of bone structures of the posterior supportive complex was established during the study. Interlaminectomy was performed reliably more often ( $p < 0,05$ ) at the level of LV-SI well as in cases of intervertebral disc hernias (IVD) without sequestration. Partial hemilaminectomy of both arches (above- and underlying vertebra), supplemented by the medial facetectomy prevailed ( $p < 0,05$ ) at LIV-LV level, as well as in cases of the central segmental spinal canal stenosis. According to the calculations, the length of the bone window in cases of IVD hernias without sequestration was significantly less in comparison with the cases of sequestered hernias ( $p < 0,01$ ) and the central spinal canal stenosis ( $p < 0,01$ ). Analysis of the parameters of the interarch spaces has shown that in the segments of LIV-LV level, the interarch space on both sides is narrower ( $p < 0,0001$ ) and shorter ( $p < 0,0001$ ) compared to the segments of LV-SI level.

**Conclusion.** Technical aspects, laid down in the computer calculation algorithm, permitted to improve significantly the life quality of patients 6 months after the intervention ( $p < 0,01$ ). The developed methodology for the preoperative planning was carried out by means of the available software and didn't require bulky, expensive equipment.

*Keywords:* spine surgery, spine canal stenosis, intervertebral disc hernia, facetectomy, computer, algorithm, preoperative planning

### Введение

Выбор оптимальной лечебной тактики для пациентов с дистрофической патологией ПКОП – сложный и актуальный вопрос современной вертебрологии. Ошибки при определении способа хирургического вмешательства являются причиной неудачных исходов, приводят к потере трудоспособности пациентов и существенным экономическим потерям для государства [1, 2, 3].

Предоперационное планирование с использованием компьютерных технологий является перспективным и развивающимся направлением хирургии позвоночника, обеспечивающим улучшение качества хирургических вмешательств и снижение риска повторных операций [4].

Среди систем виртуальной поддержки оперативных вмешательств активно используются CAS-технологии (от англ. «computer assisted surgery»), к которым относятся 3D-визуализация, моделирование и навигационные системы. Субстратом для реализации CAS-технологий являются данные современных методов нейровизуализации: рентгеновской компьютерной томографии (РКТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ) [5].

Анализ РКТ и МРТ протоколов на дооперационном этапе позволяет оценить анатомические взаимоотношения костных и связочных структур позвоночника. В ходе измерений определяются параметры тел позвонков, межпозвонковых дисков (МПД), остистых отростков. Особенно важна роль методов нейровизуализации в определении краниально-каудальной протяженности объектов, компримирующих нервные структуры в позвоночном канале. РКТ и МРТ позволяют измерить параметры позвоночного канала, определить стадию и скорость прогрессирования патологии [2, 6, 7, 8].

Применение в вертебрологии находят навигационные системы. Их использование позволяет визуализировать объект хирургического интереса, планировать доступ, проводить интраоперационное отслеживание положения инструмента [9, 10].

Несмотря на широкие возможности методов нейровизуализации, вопрос обоснования объема резекции костных и связочных структур позвоночника не находит достаточного отражения в литературе и требует большего внимания.

Дальнейшее совершенствование методов планирования оперативных вмешательств,

проводимых на позвоночнике, расширение возможностей РКТ и МРТ, разработка и внедрение импортозамещающих компьютерных технологий являются актуальными задачами современной вертебрологии.

**Цель.** Выявление факторов, определяющих объем резекции костных структур заднего опорного комплекса позвоночника, и оценка эффективности микрохирургических вмешательств на ПКОП, проведенных согласно данным предоперационного компьютерного расчета и графической визуализации.

### Материал и методы

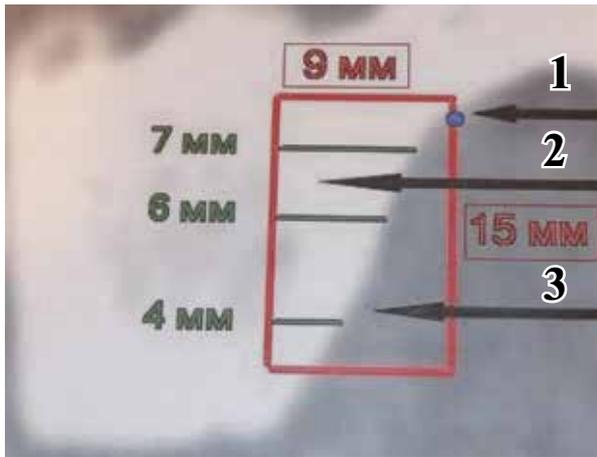
В рамках проведенного исследования компьютерные измерения имели две цели: оценка рентгенанатомических параметров позвоночника при диагностике вида дистрофической патологии и расчет костного окна, необходимого для декомпрессии или удаления выпавшего секвестра.

Расчет параметров костного окна осуществлялся в рамках разработанного нами метода определения минимально достаточных зон костной резекции на поясничном уровне при компрессионных синдромах.

Предложенная методика подразумевает расчет верхней, нижней, медиальной, латеральной границ костного окна в компьютерной программе Onis Free Edition 2.0. При определении верхней и нижней границ измеряли краниально-каудальную протяженность секвестра грыжи МПД, а в случаях центрального стеноза позвоночного канала – протяженность стенозированного участка.

Латеральную границу зоны резекции считывали таким образом, чтобы она находилась в 5 мм латерально от спинномозгового нерва и/или дурального мешка. В ходе оперативного вмешательства 5-миллиметровый отступ давал возможность выполнять манипуляции в позвоночном канале и в межпозвонковой щели с минимальной тракцией нервных структур. Медиальную границу проводили вертикально через точку отсчета. Точку отсчета определяли по месту перехода дуги вышележащего позвонка в его остистый отросток.

На следующем этапе компьютерного расчета определяли необходимость и объем резекции структур заднего опорного комплекса. Для этого использовали «3D-манипулятор» – функция программы, позволяющая просматривать сканы РКТ одновременно в трех проекциях (аксиаль-



**Рис. 1.** Костное окно с указанием объема резекции нижнего суставного отростка. 1 – точка отсчета; 2 – область резекции нижнего суставного отростка; 3 – область резекции желтой связки.

ной, фронтальной и сагиттальной). По наложению границ костного окна на дуги позвонков, верхний, нижний суставные отростки и желтую связку определяли объем их необходимой резекции. На рисунке 1 представлено рассчитанное костное окно с указанием объема резекции нижнего суставного отростка.

Заключительный этап предоперационного расчета – графическая визуализация костного окна в удобном для хирурга виде. Для визуализации использовали программу VRRender 0-8, а также графический редактор. Сканы PKT формата DICOM открывали в программе VRRender 0-8 в виде трехмерной реконструкции позвоночника. Реконструкция сохранялась файлом в формате JPG или BMP, который открывался в графическом редакторе, куда осуществлялся перенос границ костного окна из программы Onis. Для точного переноса в графический редактор первоначально делали отметку точки

отсчета, после чего с помощью простых функций редактора накладывали границы костного окна на изображение необходимого позвоночно-двигательного сегмента (ПДС).

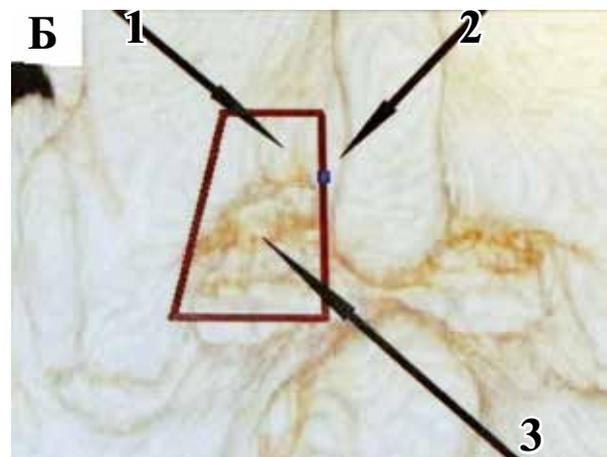
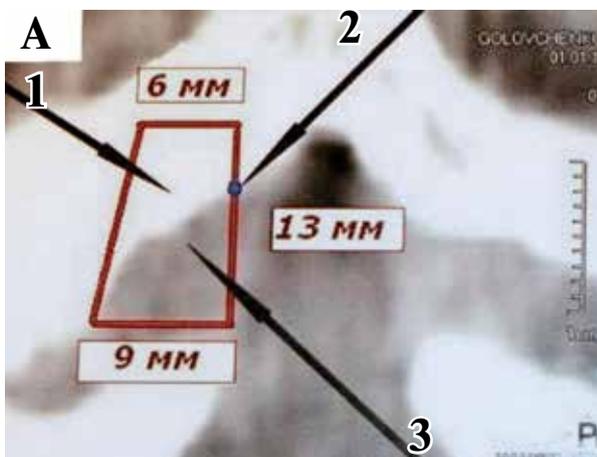
Методика переноса параметров костного окна из программы Onis в графический редактор представлена на рисунке 2.

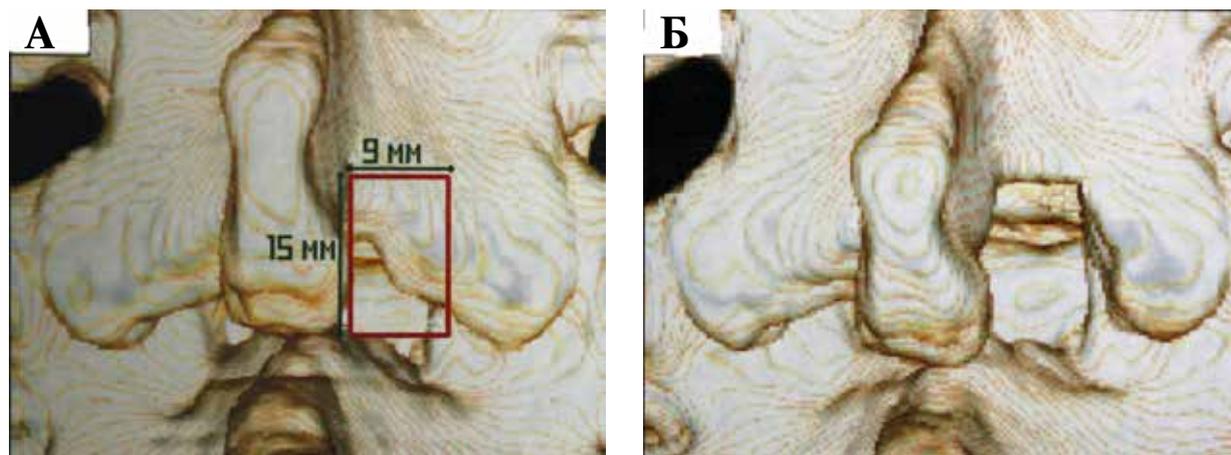
Для переноса рассчитанных данных на операционное поле в окне программы Onis 2.4 Free Edition проводили привязку центральной оси будущего хирургического доступа к пальпируемым у пациента наиболее выступающим по высоте точкам крыла подвздошной кости (подвздошного гребня) согласно ранее разработанной методике.

В ходе выполнения оперативного вмешательства резекция дуг позвонков, суставных отростков и желтой связки в междужковом промежутке проводилась согласно предоперационному расчету. Для ориентировки в операционной ране, а также для достижения максимального соответствия размеров костного окна заданным параметрам использовали точку отсчета. Для коррекции геометрической формы костного окна в ряде случаев использовался высокоскоростной бур.

На данном этапе нами разработана и совершенствуется методика интраоперационного контроля точности проводимых резекций. Получена приоритетная справка по заявке а20160050 от 17.02.16 на изобретение Республики Беларусь «Способ микрохирургической декомпрессии спинномозговых нервов». Согласно предложенному методу, на дооперационном этапе изготавливали шаблон из медицинского титана, соответствующий по размерам и форме рассчитанному костному окну. Во время операции шаблон позволял добиваться соответствия зоны резекции заданным расчетным данным.

**Рис. 2.** Перенос костного окна из программы Onis в графический редактор: А – рабочее окно программы Onis; Б – рабочее окно графического редактора. 1 – область резекции дуги вышележащего позвонка; 2 – точка отсчета; 3 – область резекции желтой связки.





**Рис. 3.** Костное окно, выполненное согласно расчету. А – визуализация предоперационного расчета в графическом редакторе; Б – костное окно, выполненное согласно расчету (послеоперационное РКТ исследование).

На рисунке 3 представлено послеоперационное РКТ исследование ПКОП с костным окном, выполненным согласно расчету.

В 2015-2016 гг. с использованием разработанной методики предоперационного планирования прооперировано 43 пациента с дистрофической патологией ПКОП.

Мужчин было 23 (53,5%), женщин – 20 (46,5%). Медиана возраста пациентов исследованной выборки составила для мужчин 44 (32; 49) года, для женщин – 46 (38; 53) лет.

В исследованной группе выделены три подгруппы. Пациенты с грыжами МПД без секвестрации (подгруппа 1) – 15 (34,9%) чел., с секвестрированными грыжами МПД (подгруппа 2) – 13 (30,2%) чел., с сочетанием центрального сегментарного стеноза и грыжи МПД (подгруппа 3) – 15 (34,9%).

Учитывая наличие пациентов с компрессией нервных структур на двух уровнях, в подгруппе 1 выполнены вмешательства на 17 ПДС, в подгруппе 2 – на 13, в подгруппе 3 – на 18. Всего прооперировано 48 сегментов.

Параметры (длину, ширину) междужкового промежутка оценивали в сравнительном аспекте между  $L_{IV}-L_V$  и  $L_V-S_1$  уровнями.

Ширину междужкового промежутка (справа и слева) измеряли в самом широком месте в аксиальной проекции как расстояние от места схождения листков желтой связки по заднему контуру дурального мешка до внутреннего края нижнего суставного отростка. Техника измерения ширины междужкового промежутка представлена на рисунке 4.

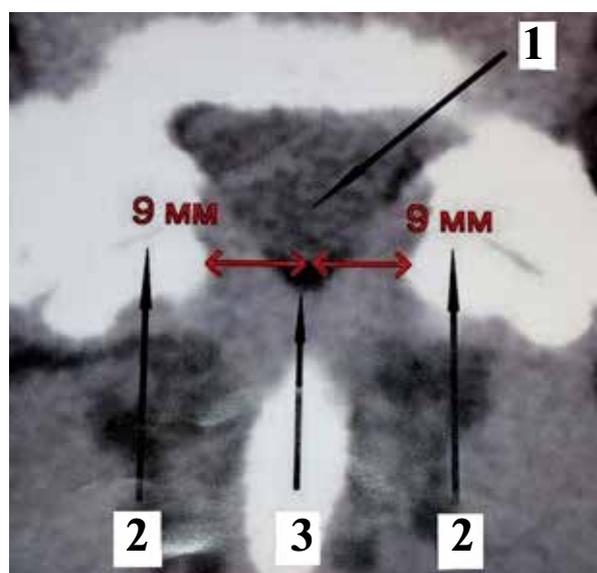
Длину междужкового промежутка (справа и слева) измеряли в его медиальной части во фронтальной или сагиттальной проекции как расстояние между нижним краем дуги вышележащего позвонка и верхним краем дуги нижележащего позвонка.

Типы резекции, длину и ширину костного окна оценивали в сравнительном аспекте в зависимости от уровня вмешательства (в наиболее часто оперированных  $L_{IV}-L_V$ ,  $L_V-S_1$  сегментах), а также в зависимости от компримирующего фактора (в подгруппах исследования).

Для оценки эффективности хирургического лечения учитывали динамику интенсивности болевого синдрома по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) и качества жизни по опроснику Освестри. Интенсивность болевого синдрома в ноге и ПКОП определяли на дооперационном этапе, в раннем и позднем послеоперационном периоде. Качество жизни пациентов оценивали до операции и в позднем послеоперационном периоде (через 6 месяцев после вмешательства).

При статистической обработке полученных данных применяли U-критерий Манна-Уит-

**Рис. 4.** Измерение ширины междужкового промежутка. 1 – дуральный мешок; 2 – нижние суставные отростки; 3 – точка схождения листков желтой связки по заднему контуру дурального мешка.



ни, Т-критерий Вилкоксона. Качественные характеристики анализировали с использованием критерия 2 (точный критерий Фишера). Отклонения считали значимыми при  $p < 0,05$ . Описательная статистика проводилась в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха (25-й и 75-й перцентили).

## Результаты

### *Типы резекции и параметры костного окна в зависимости от уровня вмешательства*

Наибольшее число вмешательств проведено на уровне  $L_V-S_1$  – 25 (52,0%) ПДС. На уровне  $L_{IV}-L_V$  вмешательства выполнены в 20 (41,7%) сегментах, на уровне  $L_{III}-L_{IV}$  – в 3 (6,3%) ПДС. На  $L_V-S_1$  уровне (25 ПДС) наиболее часто используемым типом доступа являлась интерляминэктомия, выполненная в 10 (40,0%) случаях. Частичная гемиламинэктомия дуги только вышележащего позвонка проведена в 6 (24,0%) ПДС. В таком же числе случаев (24,0%) использовалась частичная гемиламинэктомия дуги только нижележащего позвонка. Частичная гемиламинэктомия обеих дуг потребовалась только в 3 (12,0%) случаях.

На  $L_{IV}-L_V$  уровне преобладающим типом резекции была частичная гемиламинэктомия обеих дуг (выше- и нижележащего позвонка) – 10 (50,0%) ПДС. Частичная гемиламинэктомия дуги только вышележащего позвонка проведена в 4 (20,0%) ПДС. В таком же числе случаев (20,0%) использовалась частичная гемиламинэктомия дуги только нижележащего позвонка. Интерляминэктомия была выполнена только в 2 (10,0%) случаях.

При статистической обработке данных (точный критерий Фишера) установлено, что на уровне  $L_V-S_1$  достоверно чаще ( $p < 0,05$ ) по сравнению с  $L_{IV}-L_V$  выполняли интерляминэктомии, в то время как на  $L_{IV}-L_V$  уровне по сравнению с  $L_V-S_1$  достоверно чаще ( $p < 0,05$ ) проводилась частичная гемиламинэктомия обеих дуг (выше- и нижележащего позвонка), дополненная медиальной фасетэктомией.

Важно отметить, что в сегментах  $L_V-S_1$  независимо от объема резекции дуг в 9 (36,0%) случаях удалось избежать медиальной фасе-

тэктомии, в то время как в  $L_{IV}-L_V$  частичная резекция суставных фасеток согласно расчету потребовалась в 100% ПДС.

Медиана длины костного окна согласно расчетам в сегментах уровня  $L_{IV}-L_V$  составила 14,0 (9,5; 15,5) мм, в сегментах уровня  $L_V-S_1$  – 10,0 (8,0; 16,0) мм. Медиана ширины в  $L_{IV}-L_V$  составила 8,00 (6,25; 9,75) мм, в  $L_V-S_1$  – 9,00 (7,00; 10,00) мм. Достоверных различий по длине и ширине костного окна между двумя наиболее часто оперируемыми уровнями не выявлено ( $p > 0,05$ ).

### *Типы резекции и параметры костного окна в зависимости от компримирующего фактора*

В подгруппе 1 самым частым типом хирургического доступа была интерляминэктомия, использованная в 9 (52,9%) из 17 ПДС. При статистической обработке (точный критерий Фишера) данный тип доступа преобладал в подгруппе 1 по сравнению с подгруппой 2 при  $p = 0,04$  и подгруппой 3 при  $p = 0,0027$ . В подгруппе 3 самым частым типом резекции была частичная гемиламинэктомия обеих дуг (выше- и нижележащего позвонка), дополненная медиальной фасетэктомией – 12 (66,7%) из 18 ПДС. При статистической обработке преобладание данного типа резекции в подгруппе 3 было значимым по сравнению с подгруппой 1 при  $p = 0,00029$  и подгруппой 2 при  $p = 0,009$ .

В подгруппе 2 (секвестрированные грыжи МПД) самым частым типом резекции являлась частичная гемиламинэктомия дуги только нижележащего позвонка, дополненная медиальной фасетэктомией – 4 (30,8%) из 13 ПДС. Частичная гемиламинэктомия дуги только вышележащего позвонка, дополненная медиальной фасетэктомией использовалась в 3 (23,1%) ПДС. Интерляминэктомия в подгруппе 2 согласно расчету была применена только в 1 (7,7%) случае.

Данные о размерах костного окна в подгруппах исследования представлены в таблице 1.

Согласно данным таблицы 1, в подгруппе 1 длина костного окна была достоверно меньше по сравнению с подгруппой 2 ( $U = 16$ ,  $p = 0,00014$ ) и подгруппой 3 ( $U = 46$ ,  $p = 0,00014$ ). По ширине костного окна достоверных различий между исследуемыми подгруппами не выявлено ( $p > 0,05$ ).

Таблица 1

**Данные о размерах костного окна в подгруппах исследования (значения длины и ширины представлены в виде медианы и интерквартильного размаха, 25-ого, 75-ого перцентилей)**

Подгруппы	Длина костного окна (Me), мм	Ширина костного окна (Me), мм
1	10,00 (8,00; 11,00) * / **	9,00 (7,00; 11,00)
2	16,00 (12,00; 20,00)	9,00 (8,00; 10,00)
3	14,50 (11,50; 20,25)	8,00 (5,25; 9,00)

Примечание: \* –  $p < 0,01$  (U-критерий Манна-Уитни), сравнение между подгруппой 1 и подгруппой 2; \*\* –  $p < 0,01$ , сравнение между подгруппой 1 и подгруппой 3.

**Анализ параметров междужкового промежутка**

В таблице 2 представлены данные о ширине междужковых промежутков.

Согласно данным таблицы 2,  $L_{IV}-L_V$  уровень характеризовался более узким междужковым промежутком (справа:  $U=42$ ,  $p=0,000036$ ; слева:  $U=51,5$ ,  $p=0,000098$ ) по сравнению с  $L_V-S_I$ .

Данные о длине междужковых промежутков представлены в таблице 3.

Согласно данным таблицы 3,  $L_{IV}-L_V$  уровень характеризовался более коротким междужковым промежутком (справа:  $U=49$ ,  $p=0,000072$ ; слева:  $U=37$ ,  $p=0,000016$ ) по сравнению с  $L_V-S_I$ .

**Оценка эффективности проведенных вмешательств**

На данном этапе эффективность хирургических вмешательств, при которых резекция костных и связочных структур проведена согласно предоперационному расчету, в позднем послеоперационном периоде оценена у 29 пациентов. Данные о динамике интенсивности болей по шкале ВАШ и индекса Освестри представлены в таблице 4.

Данные таблицы 4 свидетельствуют о положительной динамике исследуемых параметров в раннем и позднем послеоперационном

периоде. Интенсивность боли в ПК ОП по шкале ВАШ спустя 6 месяцев после операции составила 1,0 (0,0; 2,0), что значимо меньше по сравнению с дооперационным ( $p=0,000008$ ) и ранним послеоперационным ( $p=0,02$ ) периодами. Интенсивность корешковой боли в позднем послеоперационном периоде составила 1,0 (1,0; 2,0), что также значимо меньше по сравнению с дооперационным ( $p=0,000002$ ) и ранним послеоперационным ( $p=0,028$ ) периодами.

Индекс Освестри снизился с 51,0% (38,0; 74,0) до 13,0% (6,0; 16,0) спустя 6 месяцев после операции ( $p=0,0000025$ ), что свидетельствует о значительном повышении качества жизни пациентов.

**Обсуждение**

В современной хирургии позвоночника все большую актуальность приобретают методики, при которых выполняется экономная резекция костных структур [11]. В 2001 году Полищук Н.Е. и соавторы в своем исследовании продемонстрировали, что при выполнении микродискэтомии важно учитывать взаиморасположение спинномозговых нервов относительно костных структур заднего опорного комплекса и секвестров, выпавших в позвоночный канал.

Таблица 2

**Значения ширины междужковых промежутков (значения представлены в виде медианы и интерквартильного размаха, 25-ого, 75-ого перцентилей)**

Уровень	Ширина (Ме), мм	
	Справа	Слева
$L_{IV}-L_V$	8 (7; 10)	8 (6; 10)
$L_V-S_I$	13 (12; 16)	13 (10; 16)
p, (U-критерий Манна-Уитни)	0,000036	0,000098

Таблица 3

**Значения длины междужковых промежутков (значения представлены в виде медианы и интерквартильного размаха, 25-ого, 75-ого перцентилей)**

Уровень	Длина (Ме), мм	
	Справа	Слева
$L_{IV}-L_V$	8,00 (6,25; 9,00)	8,00 (6,00; 9,00)
$L_V-S_I$	12,00 (10,00; 15,00)	12,00 (10,00; 14,00)
p, (U-критерий Манна-Уитни)	0,000072	0,000016

Таблица 4

**Динамика интенсивности болей по шкале ВАШ и индекса Освестри (значения представлены в виде медианы и интерквартильного размаха, 25-ого, 75-ого перцентилей)**

Период	Визуальная аналоговая шкала (Ме), баллы		Индекс Освестри (Ме), %
	В пояснично-крестцовом отделе позвоночника	В ноге	
Дооперационный	5,0 (2,0; 6,0)	8,0 (7,0; 10,0)	51,0 (38,0; 74,0)
Ранний послеоперационный	2,0 (0,5; 3,5)*	2,0 (1,0; 3,5)*	не исследовался
Поздний послеоперационный	1,0 (0,0; 2,0)**	1,0 (1,0; 2,0)**	13,0 (6,0; 16,0)*

Примечание: \* – достоверное различие ( $p<0,05$ ) показателя по сравнению с дооперационным периодом (Т-критерий Вилкоксона); \*\* – достоверное различие ( $p<0,05$ ) показателя по сравнению с ранним послеоперационным периодом.

В исследовании авторы указывают, что объем резекции костных структур рассчитывался интраоперационно, согласно топографо-анатомическим ориентирам [12].

Преимуществом нашей методологии является то, что расчет объема резекции костных, связочных структур проводится на дооперационном этапе посредством высокоточных измерений в программе Onis.

Согласно полученным в ходе исследования данным, объем резекции фасеточных суставов определялся двумя факторами. Первым фактором являлся 5-миллиметровый отступ от края дурального мешка и/или спинномозгового нерва, заложенный в алгоритм компьютерного расчета с целью уменьшения тракции нервных структур во время вмешательства. Вторым фактор — ширина междужкового промежутка. Из вышеизложенных данных видно, что в сегменте  $L_V-S_1$  с более широким по сравнению с  $L_{IV}-L_V$  междужковым промежутком ( $p < 0,05$  с обеих сторон) в 36,0% случаев удалось избежать фасетэктомии, в то время как в оперированных  $L_{IV}-L_V$  сегментах данная манипуляция потребовалась во 100% случаев. Наши данные согласуются с данными украинских ученых, которые сообщили о необходимости большего объема медиальной фасетэктомии в случаях узкого междужкового промежутка [12].

Объем резекции дуг позвонков также зависел от двух факторов. Первый из них, заложенный в алгоритм расчета, — краниально-каудальная протяженность секвестра или стенозированного участка в позвоночном канале. Подтверждением служит тот факт, что в подгруппе 1 (грыжи МПД без секвестрации) достоверно чаще по сравнению с подгруппой 2 (секвестрированные грыжи) при  $p < 0,05$  и подгруппой 3 (комбинация стеноза и грыжи МПД) при  $p < 0,01$  выполняли интерляминэктомию, при которой дуги выше- и нижележащего позвонка оставались интактными. При этом длина костного окна в подгруппе 1 была достоверно меньше по сравнению с подгруппой 2 при  $p < 0,01$  и подгруппой 3 при  $p < 0,01$ . Вторым фактором, определявшим объем резекции дуг, являлась длина междужкового промежутка. Это подтверждается тем, что на  $L_V-S_1$  уровне, где длина промежутка была достоверно больше ( $p < 0,05$  с обеих сторон), чаще по сравнению с  $L_{IV}-L_V$  уровнем ( $p < 0,05$ ) использовалась интерляминэктомия. В то же время более короткий междужковый промежуток  $L_{IV}-L_V$  уровня в 50,0% случаев потребовал частичной гемилэминэктомии обеих дуг (выше- и нижележащего позвонка).

С технической точки зрения узкий междужковый промежуток затруднял вход в позво-

ночный канал на  $L_{IV}-L_V$  уровне и в некоторых случаях требовал использования высокоскоростного бура.

Главным преимуществом разработанной методологии перед навигационными системами является портативность (для расчета использовался ноутбук), доступность и простота эксплуатации необходимого программного обеспечения. Для сокращения длительности вмешательства расчет параметров костного окна осуществляли вне операционной, полученные при этом данные использовались хирургом посредством мобильной системы виртуального сопровождения. Набор функций программы Onis позволяет с точностью до миллиметра измерить параметры зоны резекции, компримирующего фактора и анатомических структур, что повышает точность интраоперационного контроля соответствия размеров костного окна предоперационному расчету.

Разработанный метод планирования соответствует современным тенденциям развития компьютерных и навигационных технологий, где все больший уклон делается на мобильность и портативность [10].

## Выводы

1. Использование расчетных методов планирования продемонстрировало, что объем резекции костных и связочных структур заднего опорного комплекса определяется типом компримирующего фактора, его краниально-каудальной протяженностью в позвоночном канале, анатомическим взаимоотношением с нервными структурами, а также параметрами (длиной, шириной) междужкового промежутка.

2. Технические аспекты, заложенные в предоперационный компьютерный расчет, направлены на достижение обоснованной резекции костных структур, снижение риска ятрогенного повреждения дурального мешка и спинномозговых нервов. Предложенная технология является импортозамещающей, не требует громоздкого, дорогостоящего оборудования, может быть реализована в нейрохирургических отделениях любого уровня.

3. Микрохирургические вмешательства, выполненные с использованием предоперационных компьютерных измерений и расчета объема вмешательства, позволили снизить интенсивность болевого синдрома в раннем и позднем послеоперационном периоде ( $p < 0,05$  и  $p < 0,01$  соответственно). При этом качество жизни пациентов спустя 6 месяцев после вмешательства существенно повысилось по сравнению с дооперационным периодом ( $p < 0,01$ ).

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Щедренко ВВ, Себелев КИ, Аникеев НВ, Тюлькин ОН, Каурова ТА, Могучая ОВ. Изменения дугоотростчатых суставов при травме и дегенеративно-дистрофических заболеваниях поясничного отдела позвоночника. *Травматология и Ортопедия России*. 2011;(60):114-17.
2. Chernorotov VA, Kradinov VA, Kradinova EA. Definition of forecast development of osteochondrosis of the cervical spine and its role in choosing the tactics of the sanatorium rehabilitation. *Health Sci*. 2014;(1):171-78.
3. Акшулаков СК, Керимбаев ТТ, Алейников ВГ, Урунбаев ЕА, Кисаев ЕВ, Сансызбаев АБ, и др. Современные проблемы хирургического лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника. *Нейрохирургия и Неврология Казахстана*. 2013;(30):7-16.
4. Ханаев АЛ. Предоперационное планирование протяженности дорсального спондиледеза при врожденных сколиотических деформациях позвоночника. *Хирургия Позвоночника*. 2004;(2):24-30.
5. Щаденко СВ, Горбачева АС, Арсланова АР, Толмачев ИВ. 3D-визуализация для планирования операций и выполнения хирургического вмешательства (CAS-технологии). *Бюл Сиб Медицины*. 2011;13(4):165-72.
6. Кариев МХ, Норов АУ. Роль компьютерной томографии в диагностике грыж межпозвонковых дисков и дегенеративного стеноза позвоночного канала у больных поясничным остеохондрозом. *Укр Нейрохирург Журн*. 2001;(4):126-28.
7. Paholpak P, Wang Z, Sakakibara T, Kasai Y. An increase in height of spinous process is associated with decreased heights of intervertebral disc and vertebral body in the degenerative process of lumbar spine. *Eur Spine J*. 2013 Sep;22(9):2030-34. doi 10.1007/s00586-013-2764-y.
8. Ogura H, Miyamoto K, Fukuta S, Naganawa T, Shimizu K. Comparison of magnetic resonance imaging and computed tomography-myelography for quantitative evaluation of lumbar intracanal cross-section. *Yonsei Med J*. 2011 Jan;52(1):137-44. doi: 10.3349/ymj.2011.52.1.137.
9. Holly LT, Foley KT. Intraoperative spinal navigation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003 Aug 1;28(15 Suppl):S54-61.
10. Mezger U, Jendrewski C, Bartels M. Navigation in surgery. *Langenbecks Arch Surg*. 2013 Apr;398(4):501-14. doi: 10.1007/s00423-013-1059-4.
11. Mannion AF, Denzler R, Dvorak J, Grob D. Five-year outcome of surgical decompression of the lumbar spine without fusion. *Eur Spine J*. 2010 Nov;19(11):1883-91. doi: 10.1007/s00586-010-1535-2.
12. Полищук НЕ, Слынько ЕИ, Муравский АВ, Бринкач ИС. Особенности техники микродискэктомии нижнепоясничных дисков в зависимости от их топографо-анатомических вариантов. *Укр Нейрохирург Журн*. 2011;(3):44-51.

**REFERENCES**

1. Shchedrenok VV, Sebelev KI, Anikeev NV, Tiul'kin ON, Kaurova TA, Moguchaia OV. Izmene-niia dugootrostchatykh sustavov pri travme i degen-

- erativno-distroficheskikh zabolovaniiax poiasnichnogo otдела pozvonochnika [Changes facet joints in trauma and degenerative diseases of the lumbar spine.]. *Travmatologiya i Ortopediia Rossii*. 2011;(60):114-17.
2. Chernorotov VA, Kradinov VA, Kradinova EA. Definition of forecast development of osteochondrosis of the cervical spine and its role in choosing the tactics of the sanatorium rehabilitation. *Health Sci*. 2014;(1):171-78.
3. Akshulakov SK, Kerimbaev TT, Aleinikov VG, Urunbaev EA, Kisaev EV, Sansyzbaev AB, i dr. Sovremennye problemy khirurgicheskogo lecheniia degenerativno-distroficheskikh zabolovaniia pozvonochnika [Current problems in the surgical treatment of degenerative diseases of the spine]. *Neirokhirurgiia i Nevrologiia Kazakhstana*. 2013;(30):7-16.
4. Khanaev AL. Predoperatsionnoe planirovanie protizhennosti dorsal'nogo spondilodeza pri vrozhdennykh skolioticheskikh deformatsiiax pozvonochnika [Preoperative planning the length of the dorsal spinal fusion for congenital scoliotic spine deformations]. *Khirurgiia Pozvonochnika*. 2004;(2):24-30.
5. Shchadenko SV, Gorbacheva AS, Arslanova AR, Tolmachev IV. 3D-vizualizatsiia dlia planirovaniia operatsii i vypolneniia khirurgicheskogo vmeshatel'stva (CAS-tekhologii) [3D-visualization for operational planning and execution of surgery (CASE-technology)]. *Biul Sib Meditsiny*. 2011;13(4):165-72.
6. Kariiev MKh, Norov AU. Rol' komp'iuternoi tomografii v diagnostike gryzh mezhpozvonkovykh diskov i degenerativnogo stenoza pozvonochnogo kanala u bol'nykh poiasnichnym osteokhondrozom [The role of computed tomography in the diagnosis of herniated discs and degenerative spinal canal stenosis in patients with lumbar osteochondrosis]. *Ukr Neurokhirurg Zhurn*. 2001;(4):126-28.
7. Paholpak P, Wang Z, Sakakibara T, Kasai Y. An increase in height of spinous process is associated with decreased heights of intervertebral disc and vertebral body in the degenerative process of lumbar spine. *Eur Spine J*. 2013 Sep;22(9):2030-34. doi 10.1007/s00586-013-2764-y.
8. Ogura H, Miyamoto K, Fukuta S, Naganawa T, Shimizu K. Comparison of magnetic resonance imaging and computed tomography-myelography for quantitative evaluation of lumbar intracanal cross-section. *Yonsei Med J*. 2011 Jan;52(1):137-44. doi: 10.3349/ymj.2011.52.1.137.
9. Holly LT, Foley KT. Intraoperative spinal navigation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003 Aug 1;28(15 Suppl):S54-61.
10. Mezger U, Jendrewski C, Bartels M. Navigation in surgery. *Langenbecks Arch Surg*. 2013 Apr;398(4):501-14. doi: 10.1007/s00423-013-1059-4.
11. Mannion AF, Denzler R, Dvorak J, Grob D. Five-year outcome of surgical decompression of the lumbar spine without fusion. *Eur Spine J*. 2010 Nov;19(11):1883-91. doi: 10.1007/s00586-010-1535-2.
12. Polishchuk NE, Slyn'ko EI, Muravskii AV, Brinkach IS. Osobennosti tekhniki mikrodiskektomii nizhnepoiasnichnykh diskov v zavisimosti ot ikh topo-grafo-anatomicheskikh variantov [Features of microdiscectomy technique of lower lumbar disc based on their topographic and anatomical variants]. *Ukr Neurokhirurg Zhurn*. 2011;(3):44-51.

**Адрес для корреспонденции**

246000, Республика Беларусь,  
г. Гомель, ул. Ланге, д. 5,  
УО «Гомельский государственный  
медицинский университет»,  
кафедра неврологии и нейрохирургии,  
тел. моб.: +375 44 748 43 72,  
тел. раб.: 8 0232 40-76-01,  
e-mail: olism@mail.ru,  
Олизарович Михаил Владимирович

**Сведения об авторах**

Олизарович М.В., к.м.н., доцент, доцент кафедры неврологии и нейрохирургии УО «Гомельский государственный медицинский университет», врач-нейрохирург нейрохирургического отделения №1 УЗ «Гомельская областная клиническая больница». Ремов П.С., ассистент кафедры неврологии и нейрохирургии УО «Гомельский государственный медицинский университет», врач-нейрохирург нейрохирургического отделения №1 УЗ «Гомельская областная клиническая больница».

*Поступила 9.06.2016 г.*

**Address for correspondence**

246000, Republic of Belarus,  
Gomel, Lange st., 5,  
UO «Gomel State  
Medical University»,  
Department of neurology and neurosurgery.  
Tel. mob: +375 44 748 43 72  
Tel.: 8 0232 40-76-01  
E-mail: olism@mail.ru  
Olizarovich Mikhail Vladimirovich

**Information about the authors**

Olizarovich M.V. PhD, Ass. Professor of the neurology and neurosurgery department, EE «Gomel State Medical University», neurosurgeon of the neurosurgical unit N1 of «Gomel Regional Clinical Hospital». Remov P.S. Assistant of the neurology and neurosurgery department, EE «Gomel State Medical University», neurosurgeon of the neurosurgical unit N1, E «Gomel Regional Clinical Hospital».

*Received 9.06.2016*

---