

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

<https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-3-7-17>

УДК 617.547

© А.В. Крутько, Г.Е. Балычев, Е.С. Байков, А.И. Голованёв, О.Н. Леонова, 2024

Оригинальная статья / Original article

СПОНТАННАЯ КОРРЕКЦИЯ САГИТТАЛЬНОГО БАЛАНСА ПОЗВОНОЧНИКА ПОСЛЕ ДЕКОМПРЕССИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ ПО ПОВОДУ ДЕГЕНЕРАТИВНОГО ПОЯСНИЧНОГО СТЕНОЗА

А.В. КРУТЬКО¹, Г.Е. БАЛЫЧЕВ¹, Е.С. БАЙКОВ¹, А.И. ГОЛОВАНЁВ², О.Н. ЛЕОНОВА¹

¹ ФГБУ НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова Минздрава России, 127299, Москва, Россия

² ГБУЗ Калужской области «Калужская областная клиническая больница», 248007, Калуга, Россия

Аннотация

Обоснование: Коррекция сагиттального баланса у пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника обычно выполняется при корригирующих декомпрессивно-стабилизирующих вмешательствах с восстановлением угловых взаимоотношений позвоночника. Однако в ряде случаев после изолированных декомпрессивных вмешательств хирурги также отмечают улучшение регионарного и глобального баланса. Остается вопрос – каковы механизмы и предикторы спонтанной коррекции сагиттального баланса после декомпрессивного вмешательства на поясничном отделе позвоночника.

Цель исследования: определить изменения сагиттального профиля позвоночника после проведения декомпрессивного вмешательства у пациентов с дегенеративным поясничным стенозом

Материалы и методы: Дизайн – проспективное наблюдательное исследование. 96 пациентам выполнена микрохирургическая декомпрессия по поводу дегенеративного поясничного стеноза на всех клинически значимых уровнях. Изучены клинико-рентгенологические результаты лечения с оценкой параметров сагиттального профиля (Pi, Pt, SS, LowLL, LL, SVA, Index Barrey и др.) до и через 6 месяцев после операции.

Результаты: В послеоперационном периоде зарегистрировано значимое увеличение нижнепоясничного лордоза LowLL (L4-S1) ($p=0.03$), увеличение сегментарных углов L2-L3, L3-L4, L4-L5, L5-S1 ($p<0.05$), снижение индекса Barrey ($p=0.048$), что свидетельствует о спонтанной коррекции регионарного и глобального баланса позвоночника без хирургической коррекции позвоночно-тазовых параметров. Значимыми предикторами такой коррекции после проведения изолированной декомпрессии на поясничном отделе позвоночника являются значение Pelvic Incidence до операции ($p=0.07$), возраст пациента ($p<0.001$), значение SVA до операции ($p=0.002$).

Заключение: При изолированных декомпрессивных вмешательствах, выполненных у пациентов с дегенеративным стенозом позвоночного канала, отмечается улучшение регионарных и глобальных угловых параметров сагиттального баланса, то есть спонтанная коррекция баланса без применения каких-либо корригирующих маневров. Предикторами спонтанной коррекции баланса при выполнении таких вмешательств являются значение PI, возраст пациента, значение SVA перед операцией. Изолированная декомпрессия интраканальных сосудисто-нервных образований на поясничном уровне позволяет в ряде случаев устранить ортопедические проблемы пациента, на которые хирургическое вмешательство не было первоначально направлено.

Ключевые слова: Сагиттальный баланс, коррекция угловых взаимоотношений, поясничный стеноз, декомпрессия.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Крутько А.В., Балычев Г.Е., Байков Е.С., Голованев А.И., Леонова О.Н., Спонтанная коррекция сагиттального баланса позвоночника после декомпрессивных вмешательств по поводу дегенеративного поясничного стеноза. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2024. № 3(56). С. 7–17 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-3-7-17>

Этическая экспертиза. Пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании и дали согласие на обработку и публикацию клинического материала. Исследование одобрено этическим комитетом.

SPONTANEOUS CORRECTION OF THE SAGITTAL BALANCE OF THE SPINE AFTER DECOMPRESSIVE SURGERY FOR DEGENERATIVE LUMBAR STENOSIS

ALEKSANDR V. KRUTKO¹, GLEB E. BALYCHEV¹, EVGENII S. BAYKOV¹, ALEXEY I. GOLOVANEV²,
OLGA N. LEONOVA¹

¹ Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov of the Ministry of Health of the Russia, 127299, Moscow, Russia

² The state institution of health care of the Kaluga region «Kaluga regional clinical hospital» 248007, Kaluga, Russia

Abstract

BACKGROUND: Correction of sagittal imbalance in patients with degenerative spine conditions is typically achieved through corrective decompressing-stabilizing procedures that restore angular relationships in the spine. In some cases, however, surgeons have observed an improvement in both regional and overall balance after isolated decompressions. The question that remains is what mechanisms and factors contribute to the spontaneous correction of sagittal alignment after lumbar decompression surgery.

AIMS: to determine changes in the sagittal profile of the spine after decompression surgery in patients who have undergone decompression surgery for degenerative lumbar stenosis.

MATERIALS AND METHODS: prospective observational study of 96 patients who underwent microsurgical decompression for degenerative lumbar stenosis at all clinically significant levels. Clinical and radiological outcomes were assessed by measuring various parameters of the sagittal profile, such as Pi, Pt, SS, low LL, LL, SVA, and Barrey index, both before and 6 months after surgery.

RESULTS: In the postoperative period, a significant increase in lower lumbar lordosis LowLL (L4-S1) ($p=0.03$), an increase in segmental angles L2-L3, L3-L4, L4-L5, L5-S1 ($p<0.05$), a decrease in the Barrey index ($p=0.048$), indicating a spontaneous correction of regional and global balance of the spine without surgical correction of vertebral-pelvic parameters. Significant predictors of this correction after isolated lumbar decompression were the Pelvic Incidence value before surgery ($p=0.07$), the patient's age ($p<0.001$), and the SVA value before surgery ($p=0.002$).

CONCLUSIONS: In isolated decompressive surgeries performed on patients with degenerative spinal stenosis, there has been an improvement in both regional and global sagittal alignment parameters. This means that there has been a spontaneous correction of the balance without the need for any corrective measures. Predictors for this spontaneous balance correction include a Pi value, a patient age, and a preoperative SVA value. Isolated decompression of the intracranial neurovascular structures at the lumbar level can sometimes eliminate orthopedic issues that were not initially targeted by surgery.

Key words: Sagittal balance, correction of angular relationships, lumbar stenosis, decompression

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Krutko A.V., Balychev G.E., Baykov E.S., Golovanev A.I., Leonova O.N., Spontaneous correction of the sagittal balance of the spine after decompressive surgery for degenerative lumbar stenosis. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2024. № 3. pp. 7–17 <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2024-3-7-17>

Введение

Дегенеративно-дистрофические заболевания поясничного отдела позвоночника проявляются вертеброгенными неврологическими и болевыми синдромами, нарушениями сагиттального баланса или сочетанием этих признаков [1,2]. При этом сагиттальный баланс напрямую связан с качеством жизни пациентов [3,4]: при его декомпенсации увеличивается болевой синдром, сокращается дистанция ходьбы, уменьшается функциональная дееспособность, снижаются удовлетворенность лечением и качество жизни. Сагиттальный дисбаланс влияет самочувствие и функциональные возможности пациентов, в то время как влияние нарушенных сагиттальных параметров на результаты изолированных декомпрессий остаются противоречивыми и представляет повышенный интерес у мирового научного сообщества [5].

Предположить сагиттальный дисбаланс возможно по жалобам пациента, по его осанке и особенностям ходьбы, однако подтверждение дисбаланса осуществляется по рентгенограммам во весь рост (постуральные рентгенограммы). Коррекция сагиттального баланса выполняется на

основе обязательного предоперационного планирования и последующего выполнения корригирующих декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств [6–8]. Однако в ряде случаев после проведения изолированных декомпрессивных вмешательств выявляется улучшение осанки пациентов, уменьшение жалоб, лучшую переносимость физических нагрузок, что определяет достаточно высокое качество жизни [9,10]. По данным авторов после выполнения изолированной декомпрессивной операции происходит некоторая коррекция позвоночно-тазовых параметров в сторону нормальных и компенсированных значений за счет функционального компонента сагиттального дисбаланса [11]. Несмотря на зачастую всё ещё нарушенный баланс за счет структурных изменений позвоночника (кифотическая деформация, дегенеративные изменения межпозвонковых дисков, атрофия мышц-экстензоров и др.), пациенты отмечают уменьшение болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника, улучшение качества жизни.

Доля функционального в общем сагиттальном дисбалансе остается неоднозначной. Несмотря на интуитивно понятные компенсаторные механизмы, вызывающие анталгическую уста-

новку туловища и дисбаланс, способные регрессировать после осуществления декомпрессии, научному исследованию и анализу механизмы функционального и структурального компонентов дисбаланса поддаются плохо, ввиду неоднородности и многофакторности каждого из них. В современной литературе компенсаторные механизмы давно описаны, однако терминология «функциональный» и «структуральный» дисбаланс, равно как и «обратимые» и «необратимые» компенсаторные изменения позвоночника, практически не встречаются и описаны в основном для оценки баланса позвоночника в динамике, что с трудом возможно экстраполировать на пациентов старшей возрастной группы.

Несмотря на повышенный интерес к спонтанной коррекции баланса позвоночника в научном сообществе, механизмы и предикторы улучшения баланса после декомпрессивных вмешательств остаются изученными недостаточно, что предопределило цель настоящего исследования.

Цель

Определить изменения сагиттального профиля позвоночника после проведения декомпрессивного вмешательства у пациентов с дегенеративным поясничным стенозом.

Методы

Дизайн исследования

Проспективное наблюдательное исследование.

Критерии соответствия

Критерии включения в исследование:

- Возраст пациентов 18 лет и старше;
- Клинические проявления включают: синдром нейрогенной перемежающейся хромоты и/или моно- или полирадикулопатию;
- Морфологический субстрат представлен центральным или двухсторонним латеральным стенозом позвоночного канала на поясничном отделе позвоночника;
- Наличие предоперационных МРТ, КТ, постуральной рентгенографии позвоночника;
- Запланированное первичное хирургическое вмешательство в объеме микрохирургической декомпрессии невралных структур

Критерии невключения в исследование:

- Отказ от участия в проспективном исследовании.

Критериями исключения из исследования стали:

- Невозможность пройти клиническую оценку с заполнением клинических опросников на контрольном осмотре (7 клинических случаев);

- Невозможность выполнить контрольные МРТ и постуральную рентгенографию (5 клинических случаев).

Условия проведения

В ходе исследования, была набрана группа взрослых пациентов, с нейрогенной псевдоклаудикацией или корешковым болевым синдромом, обусловленными двусторонним латеральным и/или центральным стенозом поясничного отдела позвоночника с неэффективным консервативным лечением не менее трех месяцев. При этом, основные морфологические изменения были представлены в одно- или полисегментарным дегенеративным сужением позвоночного канала, который мог сочетаться с нарушением баланса позвоночника. Отдельно отмечалось значительное снижение минеральной плотности костной ткани у пациентов с сагиттальными нарушениями баланса, подтвержденные результатами КТ (в единицах Хаунсфилда) ниже или равных 110НУ, что в свою очередь исключало возможность проведения корригирующих стабилизирующих операций с использованием металлических имплантатов.

Продолжительность исследования

Дизайном исследования определено два визита: дооперационный (1-3 суток до операции) и послеоперационный (в промежутке между 3 и 12 месяцами после операции). На первом визите (до операции) выполняли МРТ и МСКТ поясничного отдела позвоночника, постуральные рентгенограммы с оценкой параметров сагиттального баланса, а также проводился клинический осмотр с обязательным заполнением клинических опросников: интенсивности болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) для спины и ног, Индекс дееспособности Освестри (ODI), оценка нейропатического характера боли (DN4). На втором визите (контрольный осмотр после операции) выполняли МРТ поясничного отдела позвоночника для верификации рекалибрации канала на уровне вмешательства, постуральные рентгенограммы с оценкой параметров сагиттального баланса, а также заполнение клинических опросников: интенсивности болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) для спины и ног, Индекс дееспособности Освестри (ODI), оценка нейропатического характера боли (DN4).

Описание медицинского вмешательства

Хирургическое лечение – двусторонняя декомпрессия невралных структур из одностороннего доступа по методике «over-the-top». Из одностороннего доступа выполнялась интерламинаэтомия на наиболее клинически значимой стороне с медиальной фасетэктомией, резекцией желтой связки,

ипси- и контрлатеральной декомпрессией невралжных структур на вовлеченных уровнях.

Основной исход исследования

Для оценки коррекции сагиттальных параметров использовался индекс Barrey – при значениях Индекса больше 1 сагиттальный баланс считается декомпенсированным. В случае улучшения позвоночно-тазовых параметров в сторону расчетных, считалось, что выраженность декомпенсированного баланса регрессировала, что положительно скажется на качестве жизни пациентов.

Методы регистрации исходов

По постуральной рентгенографии позвоночника оценивали тип Roussouly и параметры сагиттального баланса: PI (Pelvic Incidence), PT (Pelvic Tilt), SS (Sacral Slope), сегментарные углы LL (L1-S1) на каждом поясничном уровне, LowLL (L4-S1), SVA (Sagittal vertical axis), SFD (Sacro-femoral distance), индекс Barrey, PI-LL. Помимо параметров сагиттального баланса по постуральным рентгенограммам оценивались наличие спондилолистеза, сколиоза; при их дегенеративной этиологии пациенты не включались в исследование. Было выполнено построение регрессионных моделей для определения предикторов изменения индекса Barrey до операции и на контрольном осмотре.

Этическая экспертиза

Исследование одобрено локальным этическим комитетом НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова (Заседание №1/23 от 05.05.2023).

Статистический анализ

Методы статистического анализа данных:

Анализ был проведен при помощи статистического пакета IBM SPSS 27.

В качестве описательных статистик для количественных переменных приведены средние, среднеквадратические отклонения, медианы, квартили, минимальные и максимальные значения и количество валидных наблюдений. Категориальные признаки приведены с помощью частот и долей в процентах от количества валидных наблюдений. При сравнениях различия принимались статистически значимыми при р-значениях менее 0.05. Поскольку данное исследование носит эксплораторный характер, то поправка на множественность сравнений (в случаях, когда это было применимо) не вводилась.

Поскольку число наблюдений недостаточно большое, чтобы оценить соответствие распределения количественных переменных нормальному закону, то в качестве основных методов анализа применялись непараметрические критерии. Сравне-

ния при помощи т-теста также были проведены в качестве поддерживающего анализа, этот анализ показал результаты, в основном согласующиеся с результатами непараметрических критериев.

Сравнения между измерениями до и после операции проведены при помощи непараметрического критерия Вилкоксона. Сравнения между измерениями в группах были проведены при помощи непараметрического критерия Манна-Уитни. Сравнения групп по категориальным признакам проводились при помощи точного критерия Фишера.

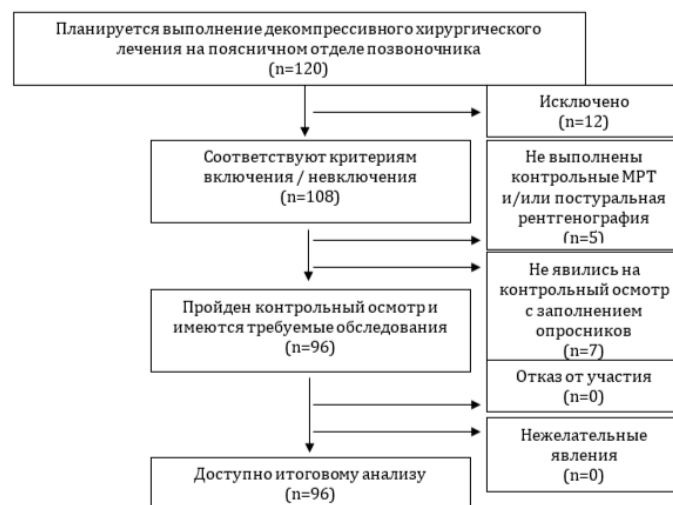
Результаты

Объекты (участники) исследования

В период с января 2023 года по октябрь 2023 года было пролечено 120 пациентов с дегенеративным стенозом позвоночного канала поясничного отдела позвоночника, которым были проведены первичные декомпрессивные хирургические вмешательства, повторных оперативных вмешательств зафиксировано не было. Критериям соответствия исследования удовлетворяло 96 (80%) пациентов (Схема 1).

Схема 1. Блок-схема исследования.

Diagram 1. Study flow diagram.



Медиана возраста пациентов составила 68.5 [63.5;72.0] лет, большая часть пациентов исследуемой когорты – женщины 66/96 (68.8%), пациенты предъявляли жалобы на основное заболевание длительно – манифестация клинических проявлений более 5 лет назад (43.8%), от 2 до 5 лет (25.0%), от 6 до 12 мес и от 12 до 24 мес (по 12.5%). У 18.8% пациентов был на догоспитальном этапе установлен диагноз сахарный диабет 2 типа (инсулиннезависимый), на момент оперативного лечения у всех пациентов считался

компенсированным. Индекс коморбидности Чарлсон у большинства пациентов находился в промежутке между 2 и 4, что связано с особенностями стационара, где выполнялась хирургическое лечение – пациенты с высоким индексом коморбидности и высоким анестезиологическим риском не госпитализировались.

С декомпенсированными нарушениями сагиттального профиля ($IB \geq 1$) было выявлено 51.04% (49/96) пациентов, в группу компенсированных (имеющих любой из модификаторов классификации SRS Schwab: $PI-LL > 10$, $PT > 20$, $SVA > 40$ или любое их сочетание) – 29.17% (28/96), пациенты с сбалансированным сагиттальным профилем были представлены 19.79% случаев (19/96).

Степень стеноза по классификации Schizas на момент операции соответствовала степени С в 36.46%, степень D в 63.54% случаях. У всех пациентов (100%) в послеоперационном периоде по данным МРТ поясничного отдела позвоночника была верифицирована рекалибрация позвоночного канала на уровне вмешательства.

В 65.6% случаев на любом из уровней определялся спондилолистез I степени дегенеративного генеза. Наиболее часто выполнение декомпрессивного вмешательства требовалось на уровне L4-L5 (78.1%), реже на уровне L3-L4 – 46.88% случаев, на уровне L2-L3 клинически значимые стенозы выявлялись в меньшем числе наблюдений – 21.88% и реже других поясничных уровней выполнялась декомпрессия на уровнях L1-L2 и L5-S1 (по 6.3% в каждом случае).

Интраоперационные осложнения (повреждение или расхождение ТМО) были отмечены в 12.5% случаев; ликвореи, нарастания неврологического дефицита в послеоперационном периоде не отмечено, необходимости выполнения ревизионных хирургических вмешательств не было.

В послеоперационном периоде все пациенты отмечали уменьшение интенсивности болевого синдрома в ногах ($p=0.004$), улучшение функциональной дееспособности по данным ODI ($p<0.001$). Интенсивность болей в спине изначально не была высокой и, учитывая послеоперационную раневую боль, в целом не показала ухудшение ($p=0.375$), уровень нейропатии сохранялся на прежнем уровне без отрицательной динамики ($p=0.269$) (Табл.1).

Основные результаты исследования

При сравнительном анализе угловых параметров до и после операции по данным постуральной рентгенографии выявлено статистически значимое изменение значения нижнепоясничного лордоза LowLL (L4-S1) ($p=0.03$), значимые различия в индекс Barrey ($p=0.048$), а также сегментарных углов L2-L3, L3-L4, L4-L5, L5-S1 (Табл. 2). Другие критерии: PT ($p=0.069$), SS ($p=0.475$), L1-S1 ($p=0.701$), SVA ($p=0.094$), сегментарный угол L1-L2 ($p=0.146$), PI-LL ($p=0.688$) значимо до и после операции не различались ($p>0.05$).

Табл. 1

Сравнение данных клинических опросников до и после операции (медиана [ИКИ]).

Table 1

Comparison of data from clinical questionnaires before and after surgery.

Клинические параметры	До операции, МЕД [ИКИ]	После операции, МЕД [ИКИ]	p-значение
ВАШ спина	0 [0; 4]	3 [0.5; 5]	0.375
ВАШ ноги	5 [3; 8]	2 [1; 6]	0.004
DN4	2.5 [1; 3]	2 [0.5; 3]	0.269
ODI	45.3 [30.5; 52.2]	22.2 [14; 42.2]	<0.001

Табл. 2

Сравнение параметров сагиттального баланса пациентов до и после операции, значимые различия (медиана [ИКИ], $p>0.05$).

Table 2

Comparison of sagittal parameters of patients before and after surgery, significant differences ($p>0.05$).

Параметры саг. баланса	До операции, МЕД [ИКИ]	После операции, МЕД [ИКИ]	p-значение
LowLL (L4-S1)	27.5 [23.5; 33.5]	31.0 [23.0; 40.0]	$p=0.032$
Barrey Index	1.101 [0.359; 1.498]	1.059 [0.602; 1.244]	$p=0.048$
Сегм. угол L2-L3	5.0 [3.0; 9.0]	10.0 [3.0; 19.0]	$p=0.023$
Сегм. угол L3-L4	7.0 [3.5; 10.0]	16.0 [6.0; 19.0]	$p=0.002$
Сегм. угол L4-L5	6.0 [3.5; 9.0]	20.0 [12.0; 25.0]	$p=0.003$
Сегм. угол L5-S1	8.5 [5.0; 12.5]	18.0 [16.0; 26.0]	$p=0.002$

Таким образом, в послеоперационном периоде отмечено увеличение сегментарных углов на L2-S1 уровнях, увеличение нижнепоясничного лордоза LowLL (L4-S1), уменьшение дисбаланса (уменьшение индекс Barrey) – улучшение регионарных и глобальных параметров баланса вследствие проведения изолированного декомпрессивного вмешательства без применения какой-либо коррекции угловых взаимоотношений.

Дополнительные результаты исследования

В рамках проведенного исследования был выполнен регрессионный анализ в поисках предикторов изменения индекса Barrey после декомпрессивного вмешательства. Определено, что значимыми предикторами изменения индекса Barrey яв-

ляются значения Pelvic Incidence ($p=0.07$), Возраст пациента ($p<0.001$), значение SVA до операции ($p=0.002$).

Обсуждение

Резюме основного результата исследования

Текущее проспективное исследование посвящено изучению изменения угловых параметров поясничного отдела позвоночника после декомпрессивных вмешательств. В результате его проведения мы показали, что декомпрессивные вмешательства при лечении таких пациентов улучшают региональные (L2-L3, L3-L4, L4-L5, L5-S1, LowLL(L4-S1) и глобальные (Index Barrey) угловые параметры без применения каких-либо конструкций и/или корригирующих маневров, что положительно влияет на качество жизни пациентов. Работ, посвященной данной теме не так много, и представлены они публикациями последних десяти лет, что подтверждает актуальность исследования.

Обсуждение основного результата исследования

Большой вклад в качество жизни пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника вносит сагиттальный дисбаланс позвоночника: в зависимости от величины дисбаланса происходит снижение уровня удовлетворённости пациента качеством жизни и лечением [12–14] this balance is constantly thwarted by single-foot support. This analysis involves the study of parameters which are now well defined. The pelvic incidence is constant, and the sacral slope and the pelvic tilt are positional. The cervical parameters are the upper (O–C2). Глобальное или региональное нарушение угловых взаимоотношений у пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника может быть обусловлено как компенсаторными механизмами, имеющим тенденцию к регрессу после устранения патологического субстрата, так и структуральными – необратимыми – изменениями. К компенсаторным механизмам, имеющим возможность коррекции и нормализации относят: ретроверсию (увеличение PT), уменьшение угла SS, переразгибание в смежных сегментах позвоночника, сгибание в коленных суставах, тыльное сгибание в голеностопных суставах. К необратимым изменениям относят дископатии и спондилолистез (ретролистез) [15,16]. При грубых дегенеративных изменениях, декомпенсации дисбаланса компенсируемые параметры теряют способность к возвращению к коррекции [17].

Наше исследование показало, что после декомпрессивного вмешательства по поводу дегенеративного стеноза позвоночного канала отмечается значимое увеличение сегментарных углов L2-L3, L3-L4, L4-L5, L5-S1, нижнепоясничного лордоза LowLL(L4-S1), а также значимое улучшение Index Barrey в сравнении с дооперационными значениями. G. Pennisi показал схожие данные: у пациентов с дегенеративным поясничным стенозом и сагиттальным дисбалансом после декомпрессив-

ного вмешательства значимо улучшаются LL, SS, PT, а также уменьшается значение SVA пропорционально увеличению угла поясничного лордоза (LL) [18]. D. Trenchfield также отметил улучшение угловых взаимоотношений в послеоперационном периоде – увеличение значений LL и SS после декомпрессивных вмешательств [19]. J. Bouknaitir [20] выявил уменьшение сагиттального дисбаланса в соответствии со значениями SVA и PI-LL после выполнения декомпрессивного вмешательства, что также ассоциировано с улучшением клинических результатов, что частично совпадает с результатами нашей работы.

В современной литературе описаны механизмы компенсации нарушений баланса, связанного с анталгической установкой туловища, направленной на снижение болевого синдрома, однако определить вклад обратимых изменений в общий дисбаланс не всегда представляется возможным. С целью выявления предикторов коррекции баланса позвоночника, как модифицируемого фактора, влияющего на качество жизни пациентов, был проведен анализ изменения индекса Barrey. Несмотря на то, что декомпрессивные вмешательства не имеют своей целью коррекцию глобального и регионарного баланса, но нашим исследованием в том числе продемонстрирована спонтанная коррекция этих параметров в послеоперационном периоде. Согласно регрессионному анализу значимыми предикторами изменения индекса Barrey в результате изолированного декомпрессивного вмешательства, то есть спонтанной коррекции параметров глобального баланса, являются значения Pelvic Incidence, Возраст пациента, значение SVA перед операцией. Именно на основании этих данных можно судить о функциональном компоненте дисбаланса, а значит и вероятном улучшении баланса без применения корригирующих вмешательств и осуществления манёвров с достижением положительных клинических результатов. Необходимы дальнейшие исследования с большим размером выборки для расчета пороговых значений, при которых можно рассчитывать на наибольшие коррекции глобального баланса позвоночника в сторону оптимальных значений.

T. Hikata показали различия в исходах декомпрессивных вмешательств у пациентов с дегенеративным поясничным стенозом в зависимости от степени сагиттального баланса — при SVA >80 мм не удалось достичь значительной коррекции, что негативно сказывалось на качестве жизни и функциональных результатах этих пациентов [21]. D. Trenchfield продемонстрировал, что у пациентов с дегенеративным стенозом позвоночного канала и грубыми нарушениями сагиттального баланса после изолированного декомпрессивного вмешательства был достигнут хороший клинический результат, а сагиттальный профиль улучшился вне зависимости от тяжести стеноза и исходной деформации, хоть и остался неоптимальным [19] none have evaluated the impact of spinal stenosis severity on sagittal correction. Methods: Patients undergoing posterior lumbar decompression (PLD, что в целом соответствует и нашим результатам.

Y. Yoshida показал, что значение PI-LL менее 10 градусов до операции значимо увеличивает вероятность нормализации сагиттального профиля пациентов [22]. Y. Ogura определил, что при предоперационном значении PI-LL $>19.2^\circ$ вероятность спонтанной коррекции после декомпрессивного вмешательства значительно снижается [23]. Однако в нашей работе значение PI-LL до операции оказалось незначимым фактором.

Таким образом, можно отметить, что результаты исследований, изучавших изменение угловых взаимоотношений после декомпрессивных вмешательств на поясничном отделе позвоночника и влияние предоперационного глобального дисбаланса, пока не имеют однозначных данных, однако схожи по

основным параметрам баланса, участвующим в компенсаторных механизмах коррекции дисбаланса.

Глобальное или региональное нарушение угловых взаимоотношений у пациентов с дегенеративным поясничным стенозом в том числе обусловлено функциональным дисбалансом. Декомпрессивные вмешательства при лечении таких пациентов улучшают региональные и глобальные угловые параметры без применения каких-либо конструкций и/или корригирующих маневров, что положительно влияет на качество жизни пациентов. Нейрохирургический подход позволяет уменьшить влияние, а в ряде случаев, устранить, ортопедические проблемы пациента, на которые он не был первоначально направлен. Это также подтверждается нашими клиническими примерами (Рис.1,2).

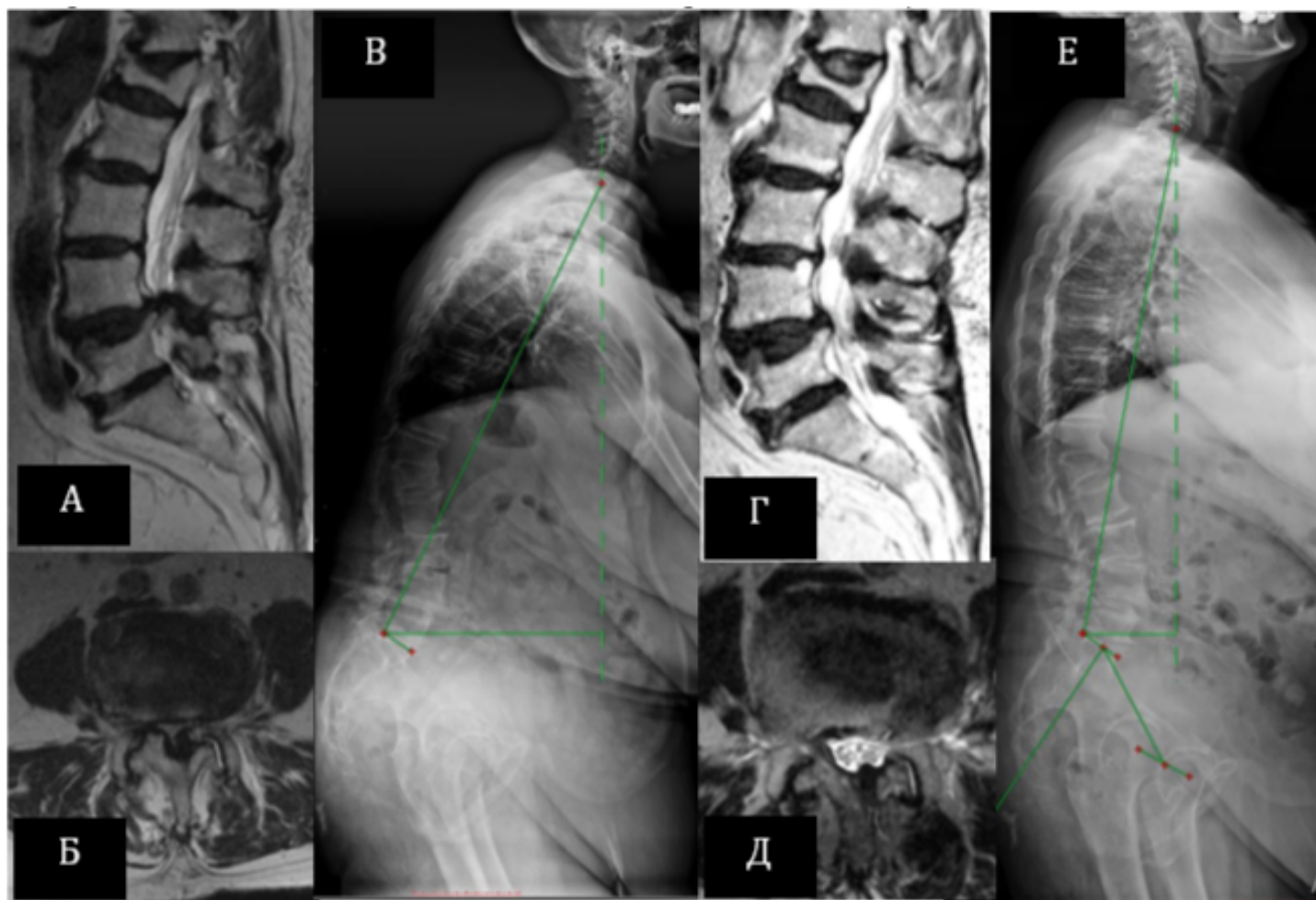


Рис. 1. Пациентка Г., 84 года. Дегенеративный стеноз позвоночного канала на уровне L4-L5 (Рис.1, А, Б). Постуральная рентгенография позвоночника (сагиттальные проекции). Позвоночно-тазовые параметры до операции: $Pi=64^\circ$, $Pt=32^\circ$, $Pi-LL=24^\circ$, $GLL=40^\circ$, $LowLL=23^\circ$, $SVA=201\text{мм}$, Индекс Баррей - 2.84 (Рис. 1, В). Расчётные (оптимальные) параметры сагиттального баланса для пациента: $Pt<20^\circ$, $Pi-LL=10^\circ$, $GLL=56^\circ$, $LowLL=38.5^\circ$, $SVA\leq 40\text{мм}$, Индекс Баррей < 1.0 . Хирургическое лечение - микрохирургическая декомпрессия «over-the-top» на уровне L4-L5 (Рис.1, Г, Д). Позвоночно-тазовые параметры через 6 месяцев после операции: $Pt=28^\circ (-4^\circ)$, $Pi-LL=8^\circ (-16^\circ)$, $GLL=56^\circ (+16^\circ)$, $LowLL=29^\circ (+6^\circ)$, $SVA=77\text{мм} (-124\text{мм})$, Индекс Баррей - 1.21 (-1.63) (Рис. 1, Е). Несмотря на всё ещё декомпенсированный сагиттальный баланс, после операции выявлена тенденция к его нормализации.

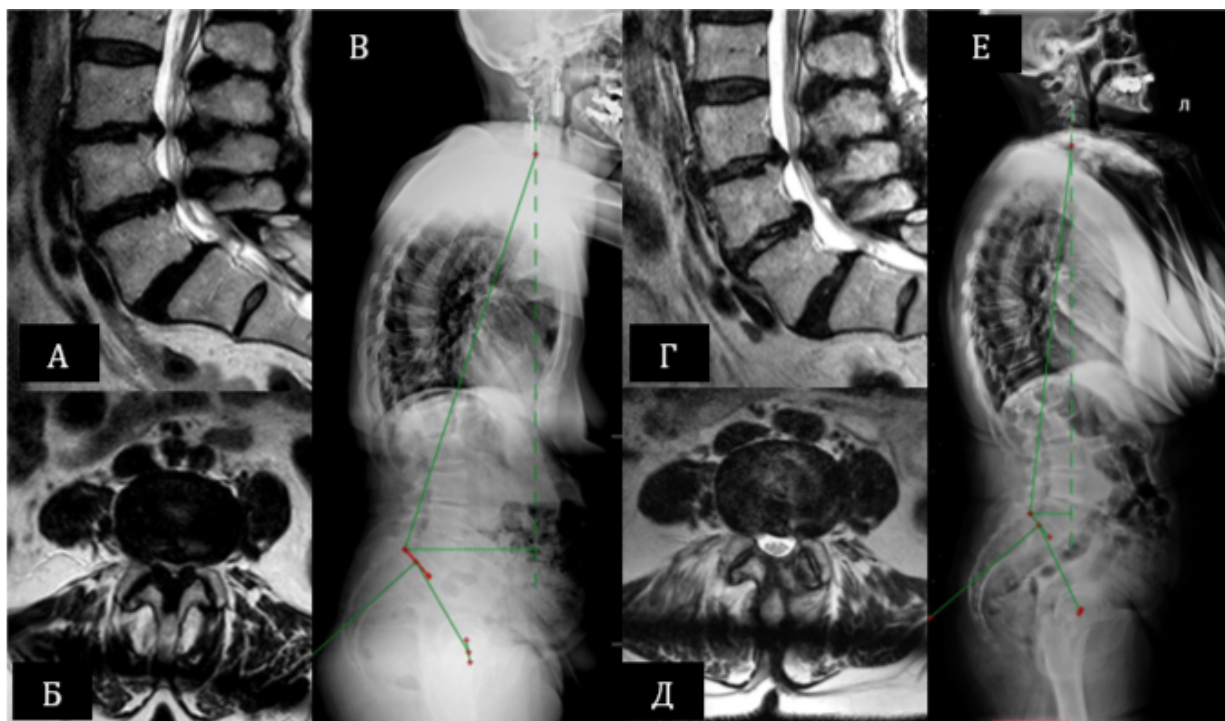


Рис. 2. Пациентка Б., 72 года, дегенеративный стеноз позвоночного канала на уровне L4-L5 (Рис.2, А, Б). Постуральная рентгенография позвоночника (сагиттальные проекции). Позвоночно-тазовые параметры до операции: $Pi=77^\circ$, $Pt=26^\circ$, $Pi-LL=9^\circ$, $GLL=68^\circ$, $LowLL=40^\circ$, $SVA=130\text{мм}$, Индекс Баррей - 2.28 (Рис. 2, В). Расчётные (оптимальные) параметры сагиттального баланса для пациента: $Pt<20^\circ$, $Pi-LL=10^\circ$, $GLL=70^\circ$, $LowLL=46^\circ$, $SVA\leq 40\text{мм}$, Индекс Баррей < 1.0 . Хирургическое лечение - микрохирургическая декомпрессия «over-the-top» на уровне L4-L5 (Рис.2, Г, Д). Позвоночно-тазовые параметры через 6 месяцев после операции: $Pt=25^\circ$ (-1°), $Pi-LL=2^\circ$ (-11°), $GLL=73^\circ$ ($+5^\circ$), $LowLL=40^\circ$ (0°), $SVA=50\text{мм}$ (-80мм), Индекс Баррей -0.6 (-1.68) (Рис. 2, Е). После выполнения изолированно декомпрессивной операции у пациентки произошла компенсация сагиттального баланса.

Заключение

При изолированных декомпрессивных вмешательствах, выполненных у пациентов с дегенеративным стенозом позвоночного канала, отмечается улучшение регионарных и глобальных угловых параметров сагиттального баланса, то есть спонтанная коррекция баланса без применения каких-либо корригирующих маневров. Предикторами спонтанной коррекции баланса при выполнении таких вмешательств являются значение PI, возраст пациента, значение SVA перед операцией. Изолированная декомпрессия интраканальных сосудисто-нервных образований на поясничном уровне позволяет в ряде случаев устранить ортопедические проблемы пациента, на которые хирургическое вмешательство не было первоначально направлено.

Список литературы / References:

1. Deer T, Sayed D, Michels J, Josephson Y, Li S, Calodney AK. A Review of Lumbar Spinal Stenosis with Intermittent Neurogenic Claudication: Disease and Diagnosis. *Pain Med.* 2019 Dec 1;20(Supplement_2):S32-44. DOI: 10.1093/pm/pnz161

2. Szaidek M, Jacków-Nowicka J. Degenerative disease of the spine: How to relate clinical symptoms to radiological findings. *Adv Clin Exp Med.* 2024 Jan 7;33(1):91-8. DOI: 10.17219/acem/163357
3. Le Huec JC, Thompson W, Mohsinaly Y, Barrey C, Faundez A. Sagittal balance of the spine. *Eur Spine J.* 2019 Sep 22;28(9):1889-905. DOI: 10.1007/s00586-019-06083-1
4. Cirillo Toteria JJ, Fleiderman Valenzuela JG, Garrido Arancibia JA, Pantoja Contreras ST, Beaulieu Lalanne L, Alvarez-Lemos FL. Sagittal balance: from theory to clinical practice. *EFORT Open Rev.* 2021 Dec 10;6(12):1193-202. DOI: 10.1302/2058-5241.6.210062
5. Varol E. Influence of Spinopelvic Alignment on the Clinical Outcomes Following Decompression Surgery for Lumbar Stenosis. *Cureus.* 2023 Oct 1;15(10). DOI: 10.7759/cureus.46302
6. Champagne P-O, Walsh C, Diabira J, Plante M-É, Wang Z, Boubez G, et al. Sagittal Balance Correction Following Lumbar Interbody Fusion: A Comparison of the Three Approaches. *Asian Spine J.* 2019 Jun 30;13(3):450-8. DOI: 10.31616/asj.2018.0128
7. Cheung JPY. The importance of sagittal balance in adult scoliosis surgery. *Ann Transl Med.* 2020 Jan;8(2):35-35. DOI: 10.21037/atm.2019.10.19
8. Yamagata T, Chataigner H, Longis P-M, Takami T, Delecrin J. Posterior instrumented fusion surgery for adult spinal deformity: Correction

rate and total balance. *J Craniovertebr Junction Spine*. 2019;10(2):100. DOI: 10.4103/jcvjs.JCVJS_42_19

9. Austevoll IM, Hermansen E, Fagerland MW, Storheim K, Brox JJ, Solberg T, et al. Decompression with or without Fusion in Degenerative Lumbar Spondylolisthesis. *N Engl J Med*. 2021 Aug 5;385(6):526–38. DOI: 10.1056/NEJMoa2100990

10. Sobański D, Staszewicz R, Gadzieliński M, Stachura MK, Czepko RA, Holiński M, et al. A Study of 179 Patients with Degenerative Stenosis of the Lumbosacral Spine to Evaluate Differences in Quality of Life and Disability Outcomes at 12 Months, Between Conservative Treatment and Surgical Decompression. *Med Sci Monit*. 2023 May 8;29:e940213. DOI: 10.12659/MSM.940213

11. Ogura Y, Kobayashi Y, Shinozaki Y, Ogawa J. Spontaneous correction of sagittal spinopelvic malalignment after decompression surgery without corrective fusion procedure for lumbar spinal stenosis and its impact on clinical outcomes: A systematic review. *J Orthop Sci*. 2020 May;25(3):379–83. DOI: 10.1016/j.jos.2019.05.021

12. Le Huec JC, Thompson W, Mohsinaly Y, Barrey C, Faundez A. Sagittal balance of the spine. *Eur Spine J*. 2019 Sep 22;28(9):1889–905. DOI: 10.1007/s00586-019-06083-1

13. Schwab F, Ungar B, Blondel B, Buchowski J, Coe J, Deinlein D, et al. Scoliosis Research Society—Schwab Adult Spinal Deformity Classification. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012 May;37(12):1077–82. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31823e15e2

14. Hasegawa K, Dubousset JF. Cone of Economy with the Chain of Balance—Historical Perspective and Proof of Concept. *Spine Surg Relat Res*. 2022 Jul 27;6(4):2022–0038. DOI: 10.22603/ssrr.2022-0038

15. Makhni MC, Shillingford JN, Laratta JL, Hyun S-J, Kim YJ. Restoration of Sagittal Balance in Spinal Deformity Surgery. *J Korean Neurosurg Soc*. 2018 Mar 1;61(2):167–79. DOI: 10.3340/jkns.2017.0404.013

16. Крутько, А. В. Сагиттальный баланс. Гармония в формулах / А. В. Крутько. – Новосибирск : АНО «Клиника НИИТО», 2016. – 67 с. – EDN YVUYQF // Krutko A.V. [Sagittalnyy balans. Garmoniya v formulakh]. Novosibirsk, 2016, pp. 60–61 (in Russian)

17. Dohzono S, Toyoda H, Takahashi S, Matsumoto T, Suzuki A, Terai H, et al. Factors associated with improvement in sagittal spinal alignment after microendoscopic laminotomy in patients with lumbar spinal canal stenosis. *J Neurosurg Spine*. 2016 Jul;25(1):39–45. DOI: 10.3171/2015.12.SPINE15805

18. Pennisi G, D'Ercole M, Izzo A, Polli FM, Rapisarda A, Papacci F, et al. Change of Clinical and Radiologic Parameters after Minimally Invasive Decompression in Patients with Lumbar Spinal Stenosis: A Prospective Study with Long-term Follow-up. *J Neurol Surg Part A Cent Eur Neurosurg*. 2024 Jan 28;85(01):014–20. DOI: 10.1055/a-1911-8864

19. Trenchfield D, Lee Y, Lambrechts M, D'Antonio N, Heard J, Paulik J, et al. Correction of Spinal Sagittal Alignment after Posterior Lumbar Decompression: Does Severity of Central Canal Stenosis Matter? *Asian Spine J*. 2023 Dec 31;17(6):1089–97. DOI: 10.31616/asj.2023.0075

20. Bouknaitir JB, Carreon LY, Brorson S, Andersen MØ. Change in sagittal alignment after decompression alone in patients with lumbar spinal stenosis without significant deformity: a prospective cohort study. *J Neurosurg Spine*. 2022 Jul 1;37(1):57–63. DOI: 10.3171/2021.10.SPINE21445

21. Hikata T, Watanabe K, Fujita N, Iwanami A, Hosogane N, Ishii K, et al. Impact of sagittal spinopelvic alignment on clinical outcomes after decompression surgery for lumbar spinal canal stenosis without coronal imbalance. *J Neurosurg Spine*. 2015 Oct;23(4):451–8. DOI: 10.3171/2015.1.SPINE14642

22. Yoshida Y, Ohya J, Yasukawa T, Onishi Y, Kunogi J, Kawamura N. Association Between Paravertebral Muscle Mass and Improvement in Sagittal Imbalance After Decompression Surgery of Lumbar Spinal Stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2022 Mar 15;47(6):E243–8. DOI: 10.1097/BRS.0000000000004183

23. Ogura Y, Kobayashi Y, Shinozaki Y, Kitagawa T, Yonezawa Y, Takahashi Y, et al. Factors Influencing Patient Satisfaction After Decompression Surgery Without Fusion for Lumbar Spinal Stenosis. *Glob Spine J*. 2020 Aug 6;10(5):627–32. DOI: 10.1177/2192568219868205

Информация об авторах:

Крутько Александр Владимирович — д.м.н.; ФГБУ НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова Минздрава России, Москва, Новоспасский пер., 9, Россия; e-mail: ortho-ped@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2570-3066/>; eLibrary SPIN: 8006-6351

Байков Евгений Сергеевич — к.м.н.; ФГБУ НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова Минздрава России, Москва, Новоспасский пер., 9, Россия; e-mail: Evgen-bajk@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4430-700X>; eLibrary SPIN: 5367-5438

Голованев Алексей Игоревич — ГБУЗ Калужской области «Калужская областная клиническая больница», Калуга, ул. Вишневского, 1, Россия; e-mail: alex704@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5298-7858>;

Леонова Ольга Николаевна — к.м.н.; ФГБУ НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова Минздрава России, Москва, Новоспасский пер., 9, Россия; e-mail: onleonova@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9916-3947>; eLibrary SPIN: 4907-0634

Автор, ответственный за переписку:

***Балычев Глеб Евгеньевич** — врач-травматолог-ортопед, ФГБУ НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова Минздрава России, Москва, Новоспасский пер., 9, Россия; телефон: +79154561152; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7884-6258>; eLibrary SPIN: 9647-8748; e-mail: balichev.bleb@gmail.com

Information about the authors:

Aleksandr V Krutko — MD, PhD; Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov of the Ministry of Health of the Russia, Moscow, Novospasskiy per., 9, Russia; e-mail: ortho-ped@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2570-3066/>; eLibrary SPIN: 8006-6351.

Evgenii S. Baykov — MD, PhD; Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center for Traumatology and Ortho-

pedics named after N.N. Priorov of the Ministry of Health of the Russia, Moscow, Novospasskiy per., 9, Russia; e-mail: Evgen-bajk@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4430-700X>; eLibrary SPIN: 5367-5438

Alexey I. Golovanev — The state institution of health care of the Kaluga region «Kaluga regional clinical hospital», Kaluga, Visgnevskiy str, 1, Russia; e-mail: alex704@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5298-7858>;

Olga N. Leonova — MD, PhD; Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov of the Ministry of Health of the Russia, Moscow, Novospasskiy per., 9, Russia; e-mail: onleonova@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9916-3947>; eLibrary SPIN: 4907-0634

Corresponding author:

***Gleb E. Balychev** — Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov of the Ministry of Health of the Russia, Moscow, Novospasskiy per., 9, Russia; Phone: +79154561152; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7884-6258>; eLibrary SPIN: 9647-8748; e-mail: balichev.gleb@gmail.com