



ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКОВ РАЗВИТИЯ КЛИНИЧЕСКИ ЗНАЧИМОГО ФРОНТАЛЬНОГО ДИСБАЛАНСА ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ ФОРМ ИДИОПАТИЧЕСКОГО СКОЛИОЗА С ОСНОВНОЙ ГРУДНОЙ СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДУГОЙ

А.С. Васюра, А.В. Бузунов, В.Л. Лукинов, В.В. Новиков

*Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия*

Цель исследования. Создание многофакторной модели прогнозирования рисков развития клинически значимого фронтального дисбаланса при хирургическом лечении тяжелого идиопатического сколиоза на основании выявления предикторов, влияющих на основные клинические параметры асимметрии туловища.

Материал и методы. Проанализированы результаты лечения 288 пациентов с тяжелыми формами идиопатического сколиоза с основной грудной сколиотической дугой типов 1, 2, 3 по Lenke (в среднем $97,6^\circ \pm 15,5^\circ$ по Cobb), прооперированных в 1999–2019 гг. с применением дорсального сегментарного инструментария с крюковой, гибридной и транспедикулярной фиксацией. Пациентов женского пола было 243 (84,4 %), мужского — 45 (15,6 %). Средний возраст пациентов на момент операции — 15,3 [10–39] года. Средний срок послеоперационного наблюдения — 3,5 [2,0–19,5] года. Анализировали клинико-рентгенологические данные, полученные до операции, после операции и в отдаленном послеоперационном периоде. Предикторы возникновения фронтального дисбаланса (расстояние от линии отвеса до пупка и межъягодичной складки более 15 мм, перекос надплечий более 5° и лопаток более 15°) выявляли путем построения одно- и многофакторных моделей логистической регрессии.

Результаты. В общей когорте выявлен 41 (14,2 %) пациент с клинически значимым фронтальным дисбалансом, из них 10 (3,0 %) — с увеличением расстояния от линии отвеса до пупка более 15 мм, 12 (4,2 %) — с увеличением расстояния от линии отвеса до межъягодичной складки более 15 мм, 8 (2,8 %) — с перекосом надплечий более 5° , 11 (3,8 %) — с перекосом лопаток более 15° . Определен значимый предиктор риска развития фронтального дисбаланса: послеоперационная грудная сколиотическая дуга более 63° . Выявлены мультипликативные предикторы риска возникновения фронтального дисбаланса в виде послеоперационного увеличения расстояния от линии отвеса до пупка более 15 мм и перекоса надплечий более 5° с чувствительностью 88,9 % и 100,0 %, специфичностью — 89,5 % и 100,0 % соответственно ($p < 0,001$).

Заключение. Выявление мультипликативных предикторов риска возникновения фронтального дисбаланса позволяет прогнозировать риск увеличения расстояния от линии отвеса до пупка более 15 мм и риск перекоса надплечий более 5° . Для исключения риска возникновения фронтального дисбаланса необходимо стремиться к максимальной коррекции грудной сколиотической дуги. При планировании хирургического лечения с использованием транспедикулярной фиксации необходимо учитывать пол пациентов и наличие сопутствующей нейрохирургической, кардиологической и пульмонологической патологии для предотвращения возникновения дисбаланса надплечий.

Ключевые слова: тяжелый идиопатический сколиоз; фронтальный дисбаланс; предикторы; логистическая регрессия; прогнозирование.

Для цитирования: Васюра А.С., Бузунов А.В., Лукинов В.Л., Новиков В.В. Прогнозирование рисков развития клинически значимого фронтального дисбаланса при хирургическом лечении тяжелых форм идиопатического сколиоза с основной грудной сколиотической дугой // Хирургия позвоночника. 2024. Т. 21. № 3. С. 47–58.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.3.47-58>.

PREDICTION OF THE RISKS OF DEVELOPING CLINICALLY SIGNIFICANT FRONTAL IMBALANCE IN SURGICAL TREATMENT OF SEVERE FORMS OF IDIOPATHIC SCOLIOSIS WITH A PRIMARY THORACIC SCOLIOTIC CURVE

A.S. Vasyura, A.V. Buzunov, V.L. Lukinov, V.V. Novikov

Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, Russia

Objective. To create a multifactorial model for predicting the risks of developing clinically significant frontal imbalance in surgical treatment of severe idiopathic scoliosis based on the identification of predictors influencing the main clinical parameters of trunk asymmetry.

Material and Methods. The results of surgical treatment of 288 patients with severe forms of idiopathic scoliosis with a primary thoracic scoliotic curve of types 1, 2, 3 according to Lenke (mean $97.6^\circ \pm 15.5^\circ$ according to Cobb) who underwent surgery in 1999–2019

using posterior segmental instrumentation with hook, hybrid and transpedicular fixation, were analyzed. There were 243 female (84.4 %) and 45 male patients (15.6 %). The average age of patients at the time of surgery was 15.3 [10–39] years. The average postoperative follow-up period was 3.5 [2.0–19.5] years. The analysis included clinical and radiological data obtained in the preoperative, postoperative and late postoperative periods. Predictors of the occurrence of frontal imbalance (the distance from the plumb line to the navel and intergluteal fold more than 15 mm, the tilt of the shoulder girdles more than 5° and the tilt of the scapula more than 15°) were identified by building single- and multivariate logistic regression models.

Results. In the total cohort, 41 (14.2 %) patients with clinically significant frontal imbalance were identified, including 10 (3.0 %) – with an increase in the distance from the plumb line to the umbilicus of more than 15 mm, 12 (4.2 %) – with an increase in the distance from the plumb line to the intergluteal fold of more than 15 mm, 8 (2.8 %) – with a shoulder girdle tilt of more than 5°, and 11 (3.8 %) – with a scapular tilt of more than 15°. A significant predictor of the risk of developing frontal imbalance was determined as postoperative thoracic scoliotic curve of more than 63°. Multiplicative predictors of the risk of frontal imbalance were identified: postoperative increase in the distance from the plumb line to the umbilicus by more than 15 mm and a tilt of the shoulder girdles by more than 5° with a sensitivity of 88.9 % and 100.0 %, and a specificity of 89.5 % and 100.0 %, respectively ($p < 0.001$).

Conclusion. Identification of multiplicative predictors of the risk of frontal imbalance allows predicting the risk of increasing the distance from the plumb line to the navel by more than 15 mm and the risk of shoulder girdle tilt by more than 5°. To eliminate the risk of frontal imbalance, it is necessary to strive for maximum correction of the thoracic scoliotic curve. When planning surgical treatment using transpedicular fixation for the correction of severe thoracic scoliosis, it is necessary to take into account the patient's gender and the presence of concomitant neurosurgical, cardiological and pulmonological pathology to prevent shoulder girdle imbalance.

Key Words: severe idiopathic scoliosis, frontal imbalance, predictors, logistic regression, prognosis.

Please cite this paper as: Vasyura AS, Buzunov AV, Lukinov VL, Novikov VV. Predicting the risk of developing clinically significant frontal imbalance in surgical treatment of severe idiopathic scoliosis with a primary thoracic scoliotic curve. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2024;21(3):47–58. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.3.47-58>.

В настоящее время при диагностике и лечении многих заболеваний все большую роль играет клиническое прогнозирование возможных результатов лечения. Применяется понятие «инструменты клинического прогнозирования», используемое для принятия решений на основе множества клинических и параклинических данных с целью прогнозирования конкретного клинического исхода, стратификации риска для пациентов или предложения конкретной индивидуальной тактики обследования и лечения. Традиционно эти инструменты создавались с использованием сочетания линейной статистики, субъективного клинического опыта и данных пациента. Чтобы уменьшить субъективизм при принятии решений, начинается внедрение искусственного интеллекта с очень большим и «широким» введением исходных данных о пациенте [1].

При планировании хирургического лечения пациента с идиопатическим сколиозом необходимо учитывать соответствие его ожиданий и возможных клинических результатов [2].

Особенно важен точный прогноз возможного результата хирургиче-

ского лечения у пациентов с тяжелым идиопатическим сколиозом, с основной сколиотической дугой более 80° по Cobb, так как тактика лечения в данном случае отличается от стандартной, риски возникновения осложнений и неудовлетворительных результатов значительно повышаются [3].

Достижение оптимальной первичной коррекции основной сколиотической дуги не всегда тождественно удовлетворительному результату хирургического лечения. Необходимо учитывать множество дополнительных параметров, включая фронтальный и сагиттальный балансы, динамику физиологического кифоза и лордоза, риск возникновения переходных кифозов, послеоперационного прогрессирования (потери достигнутой коррекции деформации позвоночника), риск нарушения целостности металлоконструкций, изменение формы поверхности спины [4]. Chan et al. [5] сообщают, что пациенты или их родители предпочитают более одного раза ознакомиться с информированным согласием на оперативное лечение с участием оперирующего хирурга и даже с применением наглядных

пособий. И хотя наибольшие опасения вызывают риски смерти и неврологических осложнений, ответственность за возникновение иных осложнений и неудовлетворительного результата хирургического лечения сколиоза возлагается пациентами на хирургов, несмотря на принятие информированного согласия на оперативное лечение. Sieberg et al. [2] отмечают, что до сих пор предоперационные факторы, влияющие на результаты хирургического лечения идиопатического сколиоза, изучены недостаточно. Вопрос важности фронтального баланса возник вместе с началом хирургического лечения сколиоза, послужил причиной появления различных классификаций, создание которых продолжается и по сей день [6].

Клинические проявления нарушения фронтального баланса, на которые обращает внимание пациент, – это, прежде всего, оставшиеся после операции асимметрии туловища. Принятие пациентом клинического результата связано с его самооценкой в предоперационном периоде, возрастом и психическим здоровьем [7].

Цель исследования – создание многофакторной модели прогнозирования рисков развития клинически значимого фронтального дисбаланса при хирургическом лечении тяжело-идиопатического сколиоза путем выявления предикторов, влияющих на основные клинические параметры асимметрии туловища.

Материал и методы

Проведено ретроспективное моноцентровое когортное нерандомизированное контролируемое исследование результатов оперативного лечения 288 пациентов с тяжелыми формами идиопатического сколиоза с основной грудной сколиотической дугой типов 1, 2, 3 по Lenke (в среднем $97,6^\circ \pm 15,5^\circ$ по Cobb), прооперированных в 1999–2019 гг. с применением дорсального сегментарного инструментария с крюковой, гибридной и транспедикулярной фиксации. Пациентов женского пола было 243 (84,4 %), мужского – 45 (15,6 %). Средний возраст пациентов на момент операции – 15,3 [10–39] года. Средний срок послеоперационного наблюдения – 3,5 [2,0–19,5] года.

У 173 (60,3 %) пациентов не было сопутствующей патологии, у 2 (0,7 %) – нейрохирургическая патология (сирингомиелия и аномалия Киари), у 14 (4,9 %) – патоло-

гия сердечно-сосудистой системы, у 14 (4,9 %) – нарушения дыхательной функции. Другие выявленные сопутствующие заболевания: 34 (11,8 %) – патология желудочно-кишечного тракта, 50 (17,4 %) – иные заболевания.

Оценивали данные анамнеза, ортопедического осмотра, рентгенограмм позвоночника (C₇–S₁ стоя в прямой и боковой проекциях, а также в положении бокового наклона в сторону искривления до операции), данные ортопедического осмотра и рентгенограммы позвоночника в положении пациента стоя в двух проекциях после операции и в конце периода наблюдения.

Оценили фронтальный баланс по четырем основным клиническим параметрам с пороговыми значениями, превышение которых свидетельствовало, с нашей точки зрения, о послеоперационном фронтальном дисбалансе [3]:

I – расстояние от линии отвеса (от яремной вырезки грудины) до пупка вправо или влево более чем на 15 мм;

II – расстояние от линии отвеса (от остистого отростка C₇ позвонка) до межъягодичной складки вправо или влево более чем на 15 мм;

III – перекос надплечий более 5°;

IV – перекос лопаток более 15°.

Провели статистический анализ 398 клинических и рентгенологиче-

ских параметров для выявления значимых факторов (предикторов), влияющих на результаты хирургического лечения. Предикторы риска развития фронтального дисбаланса выявлялись путем построения одно- и многофакторных моделей логистической регрессии. Качество моделей оценивали методами ROC-анализа.

Непрерывные показатели возраста, веса, роста, спирометрии, наклонов, перекосов, смещений, линий отвесов, растяжимости позвоночника, основной дуги, противоискривления, торсии, лордоза, кровопотери и прочие проверяли на соответствие нормальному распределению критерием Шапиро – Уилка. Только 2 (5,3 %) показателя из 38 (основная дуга с наклоном в сторону деформации, $p = 0,891$; противоискривление с наклоном в сторону деформации, $p = 0,450$) соответствовали гипотезе нормальности. В качестве основных дескриптивных статистик для непрерывных данных рассчитывали медиану и интерквартильный интервал (МЕД [Q1; Q3]), в качестве дополнительных – среднее $\pm$ стандартное отклонение (СРЕД $\pm$ СО), минимальные и максимальные значения (МИН – МАКС). Для описания бинарных и категориальных данных рассчитывали количество и долю в общей группе. Значения основной дуги между вре-

Таблица 1

Динамика основных рентгенологических показателей у всех пациентов

Показатели	До операции стоя, СРЕД $\pm$ СО	После операции, СРЕД $\pm$ СО	В конце периода наблюдения, СРЕД $\pm$ СО
Основная дуга, град.	97,6 $\pm$ 15,5	42,9 $\pm$ 18,2*	45,4 $\pm$ 17,5
Торсия по Sullivan, град.	40,7 $\pm$ 11,8	17,0 $\pm$ 9,4*	18,5 $\pm$ 9,3
Дуга противоискривления, град.	33,6 $\pm$ 14,0	29,8 $\pm$ 13,9*	41,2 $\pm$ 17,6*
Грудной кифоз, град.	49,7 $\pm$ 29,2	30,1 $\pm$ 16,1*	32,4 $\pm$ 17,5*
Поясничный лордоз, град.	65,6 $\pm$ 15,0	51,7 $\pm$ 11,8*	54,2 $\pm$ 12,6*
Расстояние от линии отвеса до пупка, мм	14,3 $\pm$ 11,7	11,2 $\pm$ 6,2*	12,3 $\pm$ 5,9
Отстояние от линии отвеса до межъягодичной складки, мм	15,9 $\pm$ 13,31	10,1 $\pm$ 6,7*	18,5 $\pm$ 9,3*
Перекося надплечий, град.	4,5 $\pm$ 2,9	4,7 $\pm$ 2,0	3,8 $\pm$ 1,5
Перекося лопаток, град.	9,6 $\pm$ 5,3	8,4 $\pm$ 3,3	7,8 $\pm$ 3,7
Отстояние центра тела Th ₁ позвонка от средней крестцовой линии, мм	11,1 $\pm$ 15,1	2,8 $\pm$ 7,7*	1,2 $\pm$ 3,9*

* Значения статистически различны при $p < 0,05$.

менными точками до операции, после операции и в отдаленном периоде сравнивали критерием Вилкоксона.

Выявление предикторов всех четырех клинических пороговых параметров, характеризующих неоптимальный результат хирургического лечения, проводили методом логистической регрессии. Парные числовые ассоциации ковариат с целями выявляли построением однофакторных моделей. Многофакторные модели логистических регрессий строили из слабо коррелируемых ковариат (модуль коэффициента корреляции Спирмена $r < 0,3$) с применением метода обратного шага. Прогностические свойства многофакторных моделей исследовали методами ROC-анализа.

Проверку статистических гипотез проводили при критическом уровне значимости $p = 0,05$, то есть различие считалось статистически значимым, если $p < 0,05$. Статистические расчеты проводили в IDE RStudio (версия 2023.09.1 Build 494) на языке R (версия 4.1.3 от 2022-03-10).

Результаты

Исходная величина основной сколиотической дуги составила в среднем $97,6 \pm 15,5^\circ$ по Cobb, после оперативного лечения была уменьшена до $42,9 \pm 18,2^\circ$ ($p < 0,001$). Поясничное противоискривление было у 156 (53 %) пациентов, его величина ($36,8 \pm 17,6^\circ$) после оперативного лечения уменьшена до $29,8 \pm 13,9^\circ$ ($p < 0,001$), а в конце периода наблюдения увеличилась до $41,2 \pm 17,6^\circ$ ($p < 0,001$; табл. 1).

В результате хирургического воздействия достигнута выраженная коррекция основной сколиотической дуги, а потеря ее коррекции в конце периода наблюдения была статистически незначима. У пациентов с поясничным противоискривлением отмечено его увеличение в конце периода наблюдения, что объясняется значительным количеством случаев использования ламинарной фиксации в поясничном отделе позвоночника.

Таблица 2
Динамика основных рентгенологических параметров у пациентов с нарушением фронтального баланса

Параметры	Основная дуга до операции стоя, град. (СРЕД $\pm$ СО)	Основная дуга наклона в сторону искривления, град. (СРЕД $\pm$ СО)	Основная дуга после операции, град. (СРЕД $\pm$ СО)	Основная дуга в конце периода наблюдения, град. (СРЕД $\pm$ СО)	Дуга противоискривления стоя, град. (СРЕД $\pm$ СО)	Дуга противоискривления после операции, град. (СРЕД $\pm$ СО)	Дуга противоискривления в конце периода наблюдения, град. (СРЕД $\pm$ СО)	Расстояние от центра тела Th ₁ позвонка до средней крестцовой линии до операции, мм (СРЕД $\pm$ СО)	Наклон нижнего инструментированного позвонка после операции, град. (СРЕД $\pm$ СО)
Расстояние от линии отвеса до пупка >15 мм (n = 10)	111,30 $\pm$ 23,30	97,00 $\pm$ 28,62	62,30 $\pm$ 30,00*	62,50 $\pm$ 24,40	44,80 $\pm$ 22,20	30,90 $\pm$ 14,50*	45,90 $\pm$ 22,30**	14,20 $\pm$ 11,20	14,30 $\pm$ 8,10
Расстояние от линии отвеса до межъягодичной складки >15мм (n = 12)	107,00 $\pm$ 20,60	93,33 $\pm$ 22,98	56,80 $\pm$ 28,80*	59,30 $\pm$ 21,60*	46,80 $\pm$ 21,00	41,90 $\pm$ 26,10*	46,00 $\pm$ 19,50*	9,30 $\pm$ 11,90	12,90 $\pm$ 8,30
Перекус надплечий >5° (n = 8)	106,10 $\pm$ 15,80	89,50 $\pm$ 17,20	45,10 $\pm$ 23,30*	50,90 $\pm$ 19,60	40,20 $\pm$ 15,90	31,50 $\pm$ 14,00*	32,30 $\pm$ 13,10	11,60 $\pm$ 7,37	5,70 $\pm$ 4,80
Перекус лопаток >15° (n = 11)	110,60 $\pm$ 22,40	92,70 $\pm$ 28,80	66,90 $\pm$ 21,50*	66,10 $\pm$ 21,17	30,30 $\pm$ 12,70	32,40 $\pm$ 7,40*	37,40 $\pm$ 7,90	13,80 $\pm$ 18,70	10,90 $\pm$ 9,30

* Отличия значимы по сравнению со значением до операции, ** отличия значимы по сравнению со значением после операции, то есть при $p < 0,05$.

Наблюдали уменьшение грудного кифоза и поясничного лордоза в раннем послеоперационном периоде, с незначительным восстановлением в конце периода наблюдения. Необходимо отметить, что средняя величина грудного кифоза у этих пациентов была выше физиологической нормы, поэтому его уменьшение не привело к лордозированию в грудном отделе позвоночника у большинства пациентов. В течение всего периода наблюдения отмечали восстановление фронтального баланса по данным рентгенографии, однако выявлено клиническое увеличение расстояния линии отвеса от межъягодичной складки, что, видимо, можно связать с некоторым увеличением поясничного противоискривления с сохранением коррекции основной сколиотической дуги (табл. 1).

Согласно выбранным нами пороговым параметрам, были выявлены пациенты с их превышением в конце периода наблюдения.

Данные о динамике основных рентгенологических параметров у пациентов с превышением клинических пороговых значений фронтального баланса представлены в табл. 2.

Все клинические нарушения фронтального баланса (кроме перекоса надплечий) возникают при остаточной основной сколиотической дуге более 50° в конце периода наблюдения и потере коррекции поясничного противоискривления. У всех пациентов с возникшим фронтальным дисбалансом расстояние от центроида тела

Th₁ позвонка до средней крестцовой линии до операции превышало 9 мм. Наклон нижнего инструментированного позвонка после операции у всех пациентов (кроме группы с перекосом надплечий) превышал 10°. Таким образом, клинические проявления фронтального дисбаланса возникают при недостаточной коррекции основной сколиотической дуги, потере коррекции противоискривления, сопровождаются смещением туловища. Дисбаланс надплечий может возникать изолированно от других нарушений фронтального баланса.

Путем построения одно- и многофакторных моделей логистической регрессии выявлены наиболее значимые однофакторные и многофакторные предикторы возникновения клинического фронтального дисбаланса в виде увеличения расстояния от линии отвеса до пупка более 15 мм (табл. 3).

Основной риск возникновения этого состояния был при остаточной величине основной сколиотической дуги при функциональной пробе более 112°. Этот важный однофакторный предиктор коррелирует с остаточной величиной сколиотической дуги после операции – более 63°. Показатель остаточной сколиотической дуги косвенно свидетельствует как об исходной величине деформации и ее мобильности, так и о степени операционного воздействия.

Для повышения предсказательной способности были выявлены многофакторные (коррелируемые) предик-

торы риска. Риск развития дисбаланса увеличивали возраст пациентов более 18,4 года (в 33,3 раза) и исходное расстояние от центроида Th₁ позвонка от среднекрестцовой линии более 9,5 мм (в 8,6 раза).

С целью анализа прогностических свойств у модели многофакторной регрессии фронтального дисбаланса с помощью ROC-анализа определены наилучшие по сумме показатели чувствительности (88,9 %) и специфичности (89,5 %) для порогового значения вероятности фронтального дисбаланса (расстояние от линии отвеса до пупка более 15 мм) – 20,6 %.

Используя полученное пороговое значение, у пациентов с рассчитанной по формуле модели вероятности фронтального дисбаланса более 20,6 % спрогнозировали риск возникновения нарушения фронтального баланса (расстояние от линии отвеса до пупка более 15 мм; рис. 1).

Проверку предсказательной способности полученной многофакторной модели провели на основании имеющихся исходных данных с известным окончательным результатом. У 47 пациентов имелся высокий риск возникновения клинического фронтального дисбаланса в виде увеличения расстояния от линии отвеса до пупка более 15 мм (табл. 4).

Таким образом, путем проверки полученной модели на имеющихся данных (с заранее известным результатом) удалось правильно спрогнозировать риск возникновения клинического фронтального дис-

Таблица 3

Основные предикторы возникновения клинического фронтального дисбаланса в виде увеличения расстояния от линии отвеса до пупка более 15 мм

Ковариаты	Однофакторные модели		Многофакторные модели	
	ОШ [95 % ДИ]	p	ОШ [95 % ДИ]	p
Величина основной сколиотической дуги в положении бокового наклона более 112°	40,0 [5,2; 856,4]	<0,001*	—	—
Величина основной сколиотической дуги после операции более 63°	19,5 [3,3; 165,89]	<0,001*	—	—
Возраст старше 18,4 года	33,3 [3,6; 790,5]	<0,001*	22,1 [1,4; 1490,3]	<0,001*
Отстояние центроида Th ₁ позвонка от среднекрестцовой линии более 9,5 мм	8,6 [2,0; 48,5]	<0,001*	7,8 [1,7; 43,5]	<0,001*

* Статистически значимые предикторы (статистически доказанная зависимость риска возникновения расстояния от линии отвеса до пупка более 15 мм от выявленных предикторов).

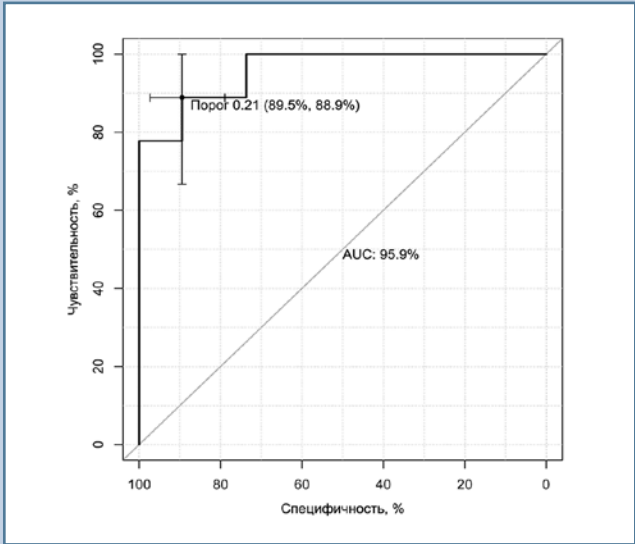


Рис. 1
ROC-кривая многофакторной модели возникновения клинического фронтального дисбаланса в виде увеличения расстояния от линии отвеса до пупка более 15 мм

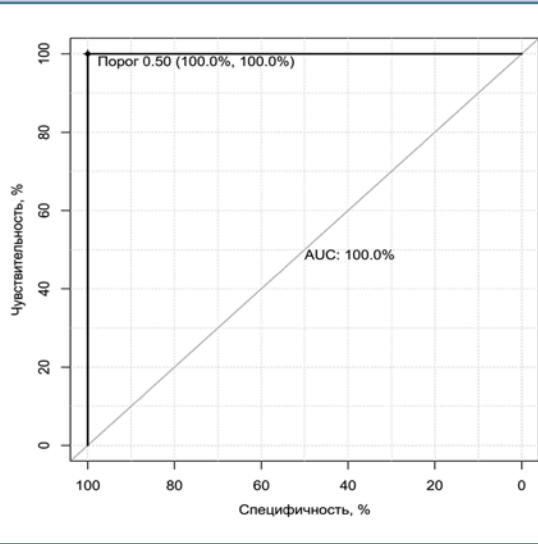


Рис. 2
ROC-кривая многофакторной модели перекоса надплечий более 5°

баланса у 8 из 12 пациентов, а в 34 случаях из 35 мы дали верный прогноз об отсутствии риска.

Путем построения однофакторных моделей логистической регрессии выявлены значимые однофакторные предикторы возникновения клинического фронтального дисбаланса в виде увеличения расстояния от линии отвеса до межъягодичной складки более 15 мм (табл. 5).

Наиболее важными предикторами риска сохранения или усугубления кли-

нического фронтального дисбаланса явились выраженный исходный фронтальный дисбаланс спереди, повышающий риск послеоперационных нарушений в 32,5 раза, и сзади, повышающий риск в 19,4 раза. Важное значение имеет послеоперационный наклон нижнего инструментированного позвонка более 19°, повышающий риск в 19,1 раза.

Величина основной сколиотической дуги в положении бокового наклона в сторону искривления более 79,5° повышает риск в 5,8 раза.

Мультипликативные, некоррелируемые значимые предикторы возникновения клинического фронтального дисбаланса в виде увеличения расстояния от линии отвеса до межъягодичной складки более 15 мм у пациентов не выявлены.

Путем построения одно- и многофакторных моделей логистической регрессии выявлены наиболее значимые однофакторные и многофакторные предикторы риска возникновения перекоса надплечий более 5° (табл. 6).

Общим фактором, влияющим как на перекос надплечий, так и на другие показатели фронтального дисбаланса, явилась послеоперационная величина сколиотической дуги (в данном случае более 63°), увеличивающая риск в 19,5 раза. Другим важным фактором была транспедикулярная фиксация при коррекции деформации позвоночника, увеличивающая риск в 18,7 раза.

Для повышения предсказательной способности были выявлены многофакторные (максимально не зависящие от других) предикторы риска.

Таблица 4
Сопряженность многофакторной модели возникновения клинического фронтального дисбаланса в виде увеличения расстояния от линии отвеса до пупка более 15 мм

	Расстояние более 15 мм	Расстояние менее 15 мм	Всего
Вероятно расстояние более 15 мм	8 (истинно положительный прогноз)	4 (ложноположительный прогноз)	12
Вероятно расстояние менее 15 мм	1 (ложноотрицательный прогноз)	34 (истинно отрицательный прогноз)	35
Всего	9 (расстояние более 15 мм)	38 (расстояние менее 15 мм)	47

Таблица 5

Основные предикторы возникновения клинического фронтального дисбаланса в виде увеличения расстояния от линии отвеса до межъягодичной складки более 15 мм

Ковариаты	Однофакторные модели	
	ОШ [95 % ДИ]	p
Расстояние от линии отвеса до межъягодичной складки до операции более 17,5 мм	32,5 [6,4; 212,0]	<0,001 *
Расстояние от линии отвеса до пупка более 17,5 мм	19,4 [3,1; 174,1]	<0,001 *
Наклон нижнего инструментированного позвонка после операции более 19°	19,1 [3,6; 114,7]	<0,001 *
Величина основной сколиотической дуги в положении бокового наклона более 79,5°	5,8 [1,6; 27,5]	<0,001 *

* Статистически значимые предикторы (статистически доказанная зависимость риска возникновения расстояния от линии отвеса до межъягодичной складки более 15 мм от выявленных предикторов).

Ими стали мужской пол (увеличение риска в 6,3 раза) и сопутствующая патология в виде синингомиелии и аномалии Киари, сердечно-сосудистой патологии и нарушений дыхательной системы (увеличение риска в 8,8 раза).

С целью анализа прогностических свойств у модели многофакторной регрессии развития перекоса надплечий с помощью ROC-анализа определены наилучшие по совокупности показатели чувствительности (100 %) и специфичности (100 %) для порогового значения вероятности перекоса надплечий более 5° – 50 %.

Используя полученное пороговое значение, у пациентов с рассчитанной по формуле модели вероятности перекоса надплечий более 50 % прогнозировали риск его развития (рис. 2).

Проверку предсказательной способности полученной многофакторной модели провели на основании имеющихся исходных данных с известным окончательным результатом. У 63 пациентов имелся высокий риск возникновения перекоса надплечий более 5° (табл. 7).

Таким образом, путем проверки полученной модели на имеющихся данных (с заранее известным результатом) удалось правильно спрогнозировать риск возникновения перекоса надплечий более 5° и его отсутствие у всех пациентов, что объясняется переобученностью модели из-за малого количества случаев перекоса надплечий более 5°.

Путем построения одно- и многофакторных моделей логистической регрессии выявлены наиболее значи-

мые однофакторные и многофакторные предикторы риска возникновения перекоса лопаток более 15° (табл. 8).

Основным значимым фактором риска явилась исходная величина перекоса лопаток более 12,5°, увеличивающая риск в 49,9 раза. Увеличение основной сколиотической дуги после операции на 10° ассоциировано с повышением шансов возникновения перекоса лопаток более 15° в 1,79 [1,34; 2,37] раза при прочих равных показателях в многофакторной модели.

Наклон нижнего инструментированного позвонка после операции более 21,5° увеличивал риск в 26 раз.

Следует отметить, что возникновение перекоса лопаток более 15° обусловлено их исходно грубым перекосом и зависит от степени коррекции основной сколиотической дуги и горизонтализации нижнего инструментированного позвонка в результате оперативного лечения.

Мультипликативные значимые предикторы перекоса лопаток более 15° у всех пациентов в многофакторной модели логистической регрессии не выявлены.

Ограничения. Малое количество событий дисбаланса, ограничивающее возможность построения многофакторных моделей и переобученность.

Клинический пример. Пациент С., 16 лет, с идиопатическим тяжелым грудным сколиозом, пролапсом митрального клапана и снижением жизненной емкости легких до 55 %.

Таблица 6

Основные предикторы возникновения перекоса надплечий более 5°

Ковариаты	Однофакторные модели		Многофакторные модели	
	ОШ [95 % ДИ]	p	ОШ [95 % ДИ]	p
Применение транспедикулярной фиксации	18,7 [2,0; 180,4]	<0,001 *	—	—
Величина основной сколиотической дуги после операции более 63°	19,5 [3,3; 165,6]	<0,001 *	—	—
Мужской пол	6,3 [1,2; 30,0]	<0,001 *	22,1 [1,4; 1490,3]	<0,001 *
Наличие сопутствующей патологии (синингомиелия и аномалия Киари, сердечно-сосудистая патология, патология дыхательной системы)	8,8 [2,0; 48,5]	<0,001 *	7,6 [1,7; 43,7]	<0,001 *

* Статистически значимые различающиеся параметры (статистически доказанная зависимость риска возникновения перекоса надплечий более 5° от выявленных предикторов).

Таблица 7
Сопряженность многофакторной модели возникновения перекоса надплечий более 5°

	Перекос надплечий более 5°	Перекос надплечий менее 5°	Всего
Вероятен перекос надплечий более 5°	3 (истинно положительный прогноз)	0 (ложноположительный прогноз)	3
Вероятен перекос надплечий менее 5°	0 (ложноотрицательный прогноз)	63 (истинно отрицательный прогноз)	63
Всего	3 (перекос надплечий более 5°)	63 (перекос надплечий менее 5°)	66

Таблица 8
Основные предикторы возникновения перекоса лопаток более 15°

Ковариаты	Однофакторные модели	
	ОШ [95 % ДИ]	p
Перекос лопаток до операции более 12,5°	49,90 [10,20; 369,60]	<0,001 *
Основная сколиотическая дуга после операции, при увеличении на 10°	1,79 [1,34; 2,37]	<0,001 *
Наклон нижнего инструментированного позвонка после операции более 21,5°	26,00 [4,30; 161,90]	<0,001 *

* Статистически значимые предикторы (статистически доказанная зависимость риска возникновения перекоса лопаток более 15° от выявленных предикторов).

С помощью ROC-анализа рассчитали значение риска фронтального дисбаланса (величина дуги при боковом наклоне менее 112°, остаточная дуга менее 63°, возраст менее 18 лет, расстояние от центроида Th₁ менее 9,5 мм) – 15,6 %, что ниже порогового значения (20,6 %), и риск перекоса надплечий (сопутствующая кардио- и пульмонологическая патология, мужской пол и применение транспедикулярной фиксации) – 74 %, превышающий пороговое значение в 50 %, несмотря на выраженную коррекцию основной сколиотической дуги (рис. 3–5).

В послеоперационном периоде после вертикализации клинически и рентгенологически перекос надплечий 35° вправо. Выраженного нарушения фронтального баланса нет (линия отвеса спереди по пупку, сзади справа от межъягодичной складки на 10 мм; рис. 4, 5).

Обсуждение

Необходимость статистически обоснованно предсказать результаты хирургического лечения идиопатического сколиоза была актуализирована в работе Schwab et al. [8]. Созданы классификация взрослых сколиозов с определением значимых пороговых параметров для прогнозирования исходов лечения и прогностические модели, позволяющие с точностью до 71 % выявлять риск возникновения осложнений.

Необходимость точного прогноза исхода лечения сколиоза в процессе планирования операции, включая математическую оценку трехмерной формы туловища пациента, подчеркивают Assi et al. [9].

Wondra et al. [10] разработали алгоритмы прогнозирования таких параметров неблагоприятных исходов при взрослых симптоматических

поясничных сколиозах, как «серьезные осложнения», повторная операция и повторная госпитализация. Вероятность возникновения осложнений составила 38,7 %, 30,1 % и 28,5 % с реальными данными 41,4 %, 20,7 % и 17,2 % соответственно. Авторы отмечают, что персонализированные модели прогнозирования помогают принять оптимальное решение при планировании оперативного вмешательства как хирургом, так и пациентом.

Pasha et al. [11] попытались предсказать трехмерные результаты коррекции идиопатического сколиоза. С учетом предоперационных данных точность прогноза составила 64 %, а с учетом планируемого хирургического воздействия – 75 %.

Sieberg et al. [2] выявили что основными факторами, которые могут влиять на удовлетворенность пациентов (по результатам анкетирования SRS-30) результатами хирургического лечения при идиопатическом сколиозе, являются предоперационное психическое здоровье, боль и ожидание определенных результатов от операции.

Важным компонентом результата хирургического лечения тяжелых идиопатических сколиозов является улучшение формы туловища пациента. Gardner et al. [12] отмечают, что хирургическая стратегия при подростковом идиопатическом сколиозе направлена на воссоздание симметрии туловища. Для этого требуется минимизировать как величину сколиоза, так и углы между сторонами туловища, а также воссоздать нормальный грудной кифоз. Для оценки изменения формы туловища использовалась система ISIS2. Возможность обсудить с пациентом послеоперационные изменения формы туловища позволяет персонализировать подход к прогнозированию результата оперативного лечения.

Для создания многофакторной модели прогнозирования рисков развития клинически значимого фронтального дисбаланса при хирургическом лечении тяжелого идиопатического сколиоза оценивали наиболее значимые клинико-рентгенологиче-



Рис. 3

Рентгенограммы пациента С., 16 лет: **а** – основная грудная сколиотическая дуга до операции – 117°, рентгенологически перекос надплечий отсутствует, расстояние от центроида Th₁ до среднестрелочной линии – 5 мм; **б** – основная дуга при боковом наклоне – 100°; **в** – основная грудная сколиотическая дуга после операции – 41°, перекос надплечий – 35° вправо



Рис. 4

Линия отвеса 10 мм от межъягодичной складки



Рис. 5

Клинически перекос надплечий – 35° вправо, линия отвеса спереди по пупку

ские параметры, традиционно используемые в нашей клинике. Клиническое обследование включало измерение антропометрических данных, количественно описывающих асимметрию

туловища [13]. Согласно определению Scoliosis Research Society, фронтальная компенсация (фронтальный баланс) – это вертикальное выравнивание центра С₇ позвонка над сре-

динной линией крестца [14]. Фронтальный баланс (наряду с сагиттальным) в настоящее время считается более важным фактором, чем величина коррекции сколиоза. И.Е. Никитюк и С.В. Виссарионов [15] в своем исследовании доказывают, что у пациентов с идиопатическим сколиозом сформирован неоптимальный двигательный стереотип, предположительно вследствие дисфункции сенсорной интеграции, поэтому в послеоперационном периоде наблюдается нарушение системы постурального контроля. Для достижения конечной цели – оптимально сбалансированного позвоночника – создано и создается множество классификаций для выбора уровней фиксации, протяженности спондилодеза [16]. Мы попытались количественно оценить клинические параметры асимметрии туловища, свидетельствующие о фронтальном балансе после хирургии тяжелых идиопатических сколиозов.

Выяснилось, что выраженное влияние на фронтальный баланс оказывают исходная величина сколиотической дуги, ее мобильность и степень коррекции. Поэтому максимальная первичная коррекция при тяжелых идиопатических сколиозах все же необходима и без ее достижения невозможно добиться оптимального послеоперационного фронтального баланса. По нашим данным, остаточная сколиотическая дуга после операции не должна превышать 63°, а когда ее величина при функциональных пробах велика (более 80°), необходимо планирование хирургического воздействия, позволяющего добиться выраженной коррекции, несмотря на исходную величину сколиоза. Выраженное влияние на риск возникновения фронтального дисбаланса оказывает возраст пациента более 18 лет и исходная фронтальная субкомпенсация (при рентгенологическом обследовании) более 9,5 мм. Нам удалось создать многофакторную модель прогнозирования риска возникновения клинического фронтального дисбаланса в виде увеличения расстояния от линии отвеса до пупка

более 15 мм с точностью предсказания 88,9 %, проверенной на имеющих результаты хирургического лечения 47 пациентов.

От величины коррекции деформации позвоночника зависел и перекос лопаток. На этот параметр также оказывал влияние наклон нижнего инструментированного позвонка более 21,5°. Однако выявить мультипликативные значимые предикторы, по которым можно было бы предсказать риск возникновения выраженного перекоса лопаток в послеоперационном периоде, при дооперационном обследовании не удалось.

Отдельно следует отметить факторы риска возникновения выраженного перекоса надплечий. Мы оценивали только клиническое проявление этого состояния, без анализа множества таких рентгенологических предикторов, как ключичный угол, наклон шеи, разница клювовидных отростков, реберно-ключичные углы и другие, описанные в литературе, посвященной балансу плечевого пояса. Тем не менее даже клинический послеоперационный дисбаланс надплечий может свидетельствовать о декомпенсации и необходимости повторной операции [17]. Оценивались только непосредственно клинический перекос надплечий в градусах, а так как анализировались данные клинического осмотра с 1998 г., не учитывались передний и задний подмышечные и трапезиевидные углы. Мы попытались выявить максимально не зависящие друг от друга факторы, которые оказывают влияние на риск возникновения перекоса надплечий в послеоперационном периоде. Оказалось, что риск возникновения выраженного перекоса надплечий вызывает транспедикулярная фиксация. Она

обеспечивает лучшую коррекцию сколиотической дуги, однако из-за большей жесткости фиксации может чаще вызывать перекос надплечий, чем ламинарная, что согласуется с данными литературы [17]. Влияет на возможный дисбаланс надплечий и большая остаточная сколиотическая дуга. Вопреки выводам некоторых авторов об отсутствии гендерного влияния [16], мы выявили связь повышения риска возникновения перекоса надплечий с мужским полом (в 6,3 раза). Наличие нейрохирургической, кардиологической и пульмонологической сопутствующей патологии также влияло на риск развития плечевого дисбаланса, повышая его в 8,8 раза. Была создана многофакторная модель прогнозирования риска возникновения выраженного перекоса надплечий с возможностью 100 % точности предсказания рисков при проверке результатов хирургического лечения 66 пациентов.

Таким образом, при прогнозировании рисков клинического фронтального дисбаланса при хирургическом лечении тяжелого идиопатического сколиоза с основной грудной сколиотической дугой необходимо применять тактику и методы оперативного лечения для достижения максимальной коррекции сколиотической дуги, учитывая возраст пациентов, исходную величину деформации, ее мобильность и компенсированность. При применении транспедикулярной фиксации необходимо учитывать такие факторы риска появления послеоперационного дисбаланса надплечий, как мужской пол и сопутствующая нейрохирургическая, кардиологическая и пульмонологическая патология.

Закключение

Выявление мультипликативных предикторов риска возникновения фронтального дисбаланса позволяет с чувствительностью 88,9 % прогнозировать риск увеличения расстояния от линии отвеса до пупка более 15 мм и с чувствительностью 100 % – риск перекоса надплечий более 5° при хирургическом лечении тяжелого идиопатического сколиоза с основной грудной сколиотической дугой. Для исключения риска возникновения фронтального дисбаланса необходимо стремиться к максимальной коррекции грудной сколиотической дуги, особенно при наличии других значимых факторов риска (возраст пациентов более 18 лет, остаточная величина сколиоза при функциональных пробах свыше 80°, исходная фронтальная субкомпенсация).

При планировании хирургического лечения с использованием транспедикулярной фиксации при коррекции грубых грудных сколиозов необходимо учитывать пол пациентов и наличие сопутствующей нейрохирургической, кардиологической и пульмонологической патологии для предотвращения возникновения дисбаланса надплечий.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Литература/References

1. **Bianco A, Al-Azzawi ZAM, Guadagno E, Osmanlliu E, Gravel J, Poenaru D.** Use of machine learning in pediatric surgical clinical prediction tools: A systematic review. J Pediatr Surg. 2023;58:908–916. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2023.01.020.
2. **Sieberg CB, Manganella J, Manalo G, Simons LE, Hresko MT.** Predicting post-surgical satisfaction in adolescents with idiopathic scoliosis: The role of pre-surgical functioning and expectations. J Pediatr Orthop. 2017;37:548–551. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000778.
3. **Михайловский М.В., Фомичев Н.Г.** Хирургия деформаций позвоночника. Новосибирск, 2002. [Mikhailovsky MV, Fomichev NG. Surgery for Spinal Deformities. Novosibirsk; 2002].

4. Михайловский М.В., Губина Е.В., Сергунин А.Ю., Новиков В.В. Отдаленные результаты хирургического лечения идиопатического и врожденного сколиоза с позиций самооценки пациента // Хирургия позвоночника. 2012. № 4. С. 19–25. [Mikhailovsky MV, Gubina EV, Sergunin AY, Novikov VV. Patient self-assessment of long-term results of surgery for idiopathic and congenital scoliosis. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2012;(4):19–25]. DOI: 10.14531/ss2012.4.19–25.
5. Chan CYW, Chong JSL, Lee SY, Ch'ng PY, Chung WH, Chiu CK, Hasan MS, Kwan MK. Parents'/patients' perception of the informed consent process and surgeons accountability in corrective surgery for adolescent idiopathic scoliosis: a prospective study. Spine. 2020;45:1661–1667. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003641.
6. Kubat O, Ovardia D. Frontal and sagittal imbalance in patients with adolescent idiopathic deformity. Ann Transl Med. 2020;8:29. DOI: 10.21037/atm.2019.10.49.
7. Sieberg CB, Simons LE, Edelstein MR, DeAngelis MR, Pielech M, Sethna N, Hresko MT. Pain prevalence and trajectories following pediatric spinal fusion surgery. J Pain. 2013;14:1694–1702. DOI: 10.1016/j.jpain.2013.09.005.
8. Schwab FJ, Lafage V, Farcy JP, Bridwell KH, Glassman S, Shainline MR. Predicting outcome and complications in the surgical treatment of adult scoliosis. Spine. 2008;33:2243–2247. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31817d1d4e.
9. Assi KC, Labelle H, Cheriet F. Statistical model based 3D shape prediction of post-operative trunks for non-invasive scoliosis surgery planning. Comput Biol Med. 2014;48:85–93. DOI: 10.1016/j.compbiomed.2014.02.015.
10. Wondra JP 2nd, Kelly MP, Greenberg J, Yanik EL, Ames CP, Pellise F, Vila-Casademunt A, Smith JS, Bess S, Shaffrey CI, Lenke LG, Serra-Burriel M, Bridwell KH. Validation of adult spinal deformity surgical outcome prediction tools in adult symptomatic lumbar scoliosis. Spine. 2023;48:21–28. DOI: 10.1097/BRS.0000000000004416.
11. Pasha S, Shah S, Newton P. Machine learning predicts the 3D outcomes of adolescent idiopathic scoliosis surgery using patient-surgeon specific parameters. Spine. 2021;46:579–587. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003795.
12. Gardner A, Berryman F, Pynsent P. The use of statistical modelling to identify important parameters for the shape of the torso following surgery for adolescent idiopathic scoliosis. J Anat. 2021;239:602–610. DOI: 10.1111/joa.13454.
13. Михайловский М.В. Хирургия идиопатического сколиоза: ближайшие и отдаленные результаты. Новосибирск, 2007. [Mikhayovskiy MV. Surgery for Idiopathic Scoliosis: Immediate and Long-term Results. Novosibirsk; 2007].
14. Marrache M, Wang Y, Miyajiri F, Sponseller PD; Scoliosis Research Society. Scoliosis Research Society Annual Meeting 2019 Abstracts. J Bone Joint Surg Am. 2020;102:e96. DOI: 10.2106/JBJS.20.00401.
15. Никитюк И.Е., Виссарионов С.В. Особенности постурального контроля у детей с тяжелыми формами идиопатического сколиоза // Пермский медицинский журнал. 2021. Т. 38, № 3. С. 76–87. [Nikityuk IE, Vissarionov SV. Features of postural control in children with severe forms of idiopathic scoliosis. Perm Medical Journal. 2021;38(3):76–87]. DOI: 10.17816/pmj38376%87.
16. Nikouei F, Ghandhari H, Ameri E, Mokarami F. Shoulder imbalance in adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review of the current state of the art. Arch Bone Jt Surg. 2022;10:992–1003. DOI: 10.22038/ABJS.2022.64282.3086.
17. Moorthy V, Goh GS, Guo CM, Tan SB, Chen JL, Soh RCC. Shoulder balance following correction surgery for adolescent idiopathic scoliosis: when is it achieved and does the type of construct matter? Clin Spine Surg. 2022;35:E175–E180. DOI: 10.1097/BSD.0000000000001154.

Адрес для переписки:

Васюра Александр Сергеевич
 630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
 Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии
 им. Я.Л. Цивьяна,
 awasera@mail.ru

Address correspondence to:

Vasyura Aleksandr Sergeyevich
 Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics
 n.a. Ya.L. Tsivyan,
 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia,
 awasera@mail.ru

Статья поступила в редакцию 06.08.2024

Рецензирование пройдено 05.09.2024

Подписано в печать 18.09.2024

Received 06.08.2024

Review completed 05.09.2024

Passed for printing 18.09.2024

Александр Сергеевич Васюра, канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела детской ортопедии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0002-2473-3140, awasera@mail.ru;
 Алексей Владимирович Бузунов, канд. мед. наук, научный сотрудник отдела детской ортопедии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0003-4438-8863, alekseibuzunov@mail.ru;
 Виталий Леонидович Лукинов, канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник отдела организации научных исследований, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0002-3411-508X, vitaliy.lukinov@gmail.com;
 Вячеслав Викторович Новиков, д-р мед. наук, начальник научно-исследовательского отделения детской ортопедии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0002-9130-1081, priboy_novikov@mail.ru.

Aleksandr Sergeyevich Vasyura, MD, PhD, senior researcher of the Department of Children Orthopaedics, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiryay, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0002-2473-3140, awasera@mail.ru;
Aleksey Vladimirovich Buzunov, MD, PhD, researcher of the Department of Children Orthopaedics, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiryay, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0003-4438-8863, alekseibuzunov@mail.ru;
Vitaliy Leonidovich Lukinov, PhD in Physics and Mathematics, leading researcher, Department of organization of scientific research, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiryay, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0002-3411-508X, vitality.lukinov@gmail.com;
Vyacheslav Viktorovich Novikov, DMSc, Head of the Department of pediatric orthopedic surgery, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiryay, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0002-9130-1081, priboy_novikov@mail.ru.

**Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна
проводит индивидуальное тематическое обучение на рабочем месте
в виде краткосрочных курсов повышения квалификации
по следующим циклам:**

1. Эндопротезирование и эндоскопическая хирургия суставов конечностей (80 ч).
2. Современная диагностика, консервативное и хирургическое лечение деформаций позвоночника детского возраста (144 ч).
3. Хирургия заболеваний и повреждений позвоночника (144 ч).
4. Дегенеративные заболевания позвоночника (80 ч).
5. Артроскопия плечевого сустава (80 ч).

**Занятия проводятся по мере поступления заявок.
После прохождения курсов выдается свидетельство о повышении квалификации.**

E-mail: niito@niito.ru

Тел.: 8 (383) 363-39-81