



ВЛИЯНИЕ ХИРУРГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ СКОЛИОТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ ТИПОВ I И III ПО LENKE НА БАЛАНС ПОЗВОНОЧНИКА У ПАЦИЕНТОВ 15–35 ЛЕТ

В.В. Белозеров, А.В. Пелеганчук, М.В. Михайловский

Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии

им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия

Цель исследования. Анализ влияния коррекции деформации позвоночника у пациентов 15–35 лет с идиопатическим сколиозом типов I и III по Lenke на параметры фронтального и сагиттального балансов.

Материал и методы. Проведена оценка динамики параметров сагиттального и фронтального балансов позвоночника у 268 пациентов 15–35 лет с идиопатическим сколиозом типов I и III по Lenke до и после хирургического лечения. Оценивали качество жизни пациентов, количество послеоперационных осложнений в зависимости от выраженности дисбаланса.

Результаты. Более половины пациентов (55,6 %) с идиопатическим сколиозом типов I и III по Lenke имеют исходные нарушения баланса, а выраженные отклонения встречаются в 14,6 % случаев. Предикторами выраженных нарушений баланса являются грубый сколиоз ($85,3^\circ \pm 30,3^\circ$), большой наклон L_5 ($10,3^\circ \pm 7,9^\circ$ до операции; $5,3^\circ \pm 4,8^\circ$ — после операции) и исходный сагиттальный дисбаланс ($32,75 \pm 27,70$ мм), большая остаточная сколиотическая дуга ($43,3^\circ \pm 23,1^\circ$), большой угол остаточного грудного кифоза ($32,3^\circ \pm 15,9^\circ$), а также меньший угол поясничного лордоза после операции ($52,3^\circ \pm 14,1^\circ$); $p < 0,05$. Основными компенсаторными элементами, помимо PT и SS, являются угол наклона L_5 во фронтальной плоскости и угол L_5-S_1 в сагиттальной плоскости. У молодых пациентов 15–35 лет мобильности диска на уровне L_5-S_1 вполне хватает для достижения более сбалансированного положения тела, даже при существенном изменении соотношения PI-LL.

Заключение. В отдаленном послеоперационном периоде выраженный дисбаланс позвоночника увеличивает риск развития механических послеоперационных осложнений до 50 %, при этом качество жизни пациентов не снижается, а повторные хирургические вмешательства требуются в единичных случаях. Коррекция сколиотической деформации позволяет на 6 % увеличить число пациентов без нарушений баланса, а количество грубых отклонений снизить в 2 раза.

Ключевые слова: фронтальный и сагиттальный баланс, сколиоз, качество жизни, предикторы дисбаланса.

Для цитирования: Белозеров В.В., Пелеганчук А.В., Михайловский М.В. Влияние хирургической коррекции сколиотических деформаций типов I и III по Lenke на баланс позвоночника у пациентов 15–35 лет // Хирургия позвоночника. 2023. Т. 20. № 3. С. 16–25.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2023.3.16-25>.

THE EFFECT OF SURGICAL CORRECTION OF LENKE TYPES I AND III SCOLIOTIC DEFORMITIES ON THE SPINAL BALANCE IN PATIENTS AGED 15–35 YEARS

V.V. Belozеров, A.V. Peleganchuk, M.V. Mikhaylovskiy

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

Objective. To analyze the effect of spinal deformity correction on the parameters of the frontal and sagittal balance in patients aged 15–35 years with Lenke types I and III idiopathic scoliosis.

Material and Methods. The dynamics of sagittal and frontal parameters of the spinal balance was assessed in 268 patients aged 15 to 35 years with Lenke type I and III idiopathic scoliosis before and after surgical treatment. The patients' quality of life and the number of postoperative complications were assessed depending on the imbalance severity.

Results. More than half of patients (55.6 %) with Lenke types I and III idiopathic scoliosis have initial balance disorders, and 14.6 % of them have pronounced abnormalities. Significant balance disorders are predicted by severe scoliosis ($85.3^\circ \pm 30.3^\circ$), greater L_5 tilt (10.3 ± 7.9 before surgery; 5.3 ± 4.8 after surgery) and initial sagittal imbalance (32.75 ± 27.7), large residual scoliotic curve ($43.3^\circ \pm 23.1^\circ$), large angle of residual thoracic kyphosis ($32.3^\circ \pm 15.9^\circ$), and smaller angle of lumbar lordosis after surgery ($52.3^\circ \pm 14.1^\circ$); $p < 0.05$. The main compensatory elements, in addition to PT and SS, are the angle of L_5 tilt in the frontal plane and the L_5-S_1 angle in the sagittal plane. In young patients aged 15–35 years, disc mobility at the L_5-S_1 level is sufficient to achieve a more balanced body position, even with a significant change in the PI-LL ratio.

Conclusion. In the long-term postoperative period, a pronounced imbalance of the spine increases the risk of mechanical postoperative complications up to 50 %, while the quality of life of patients does not decrease, and repeated surgical interventions are required in singu-

lar cases. Correction of scoliotic deformity allows increasing the number of patients without balance disorders by 6 %, and reducing the number of gross deviations by 2 times.

Key Words: frontal and sagittal balance, idiopathic scoliosis, quality of life, imbalance predictors.

Please cite this paper as: *Belozеров ВВ, Peleganchuk AV, Mikhaylovskiy MV. The effect of surgical correction of Lenke types I and III scoliotic deformities on the spinal balance in patients aged 15–35 years. Khirurgiya Pozvonochnika (Russian Journal of Spine Surgery). 2023;20(3):16–25. In Russian.*

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2023.3.16-25>.

Долгое время проблема сагиттального баланса изучалась только у взрослых пациентов, страдающих остеохондрозом. Множество работ посвящено описанию нормальных параметров баланса у взрослых, разработаны типы осанок, формулы и методики вычисления оптимальных пояснично-тазовых соотношений, а также внедрены в клиническую практику рекомендации и классификации, отражающие степень дисбаланса и позволяющие спланировать хирургическое лечение с учетом исходного состояния пациентов [1].

Цели хирургической коррекции идиопатического сколиоза подростков и деформаций позвоночника у взрослых (adult spinal deformity – ASD) существенно отличаются. При ASD улучшение функциональных результатов хирургического лечения невозможно без достижения оптимальных параметров сагиттального баланса. При юношеском сколиозе большая часть пациентов исходно находится в компенсированном состоянии по параметрам баланса, а основная задача лечения – коррекция внешнего вида, исправление косметического дефекта. При ASD у большинства пациентов наблюдается прогрессирующее уменьшение поясничного лордоза (LL), компенсируемое ретроверсией таза, более или менее гибким грудным отделом позвоночника, иногда – нижними конечностями [2]. Если механизмов компенсации недостаточно, возникает передний дисбаланс, связанный с шейным гиперлордозом и коррелирующий с неудовлетворительными функциональными показателями [3, 4]. При идиопатическом сколиозе предоперационная ситуация не соответствует ни одному из патологических паттернов при ASD [5].

В настоящий момент одной из основных действующих классификаций сколиозов, которая является

руководством к выбору уровня фиксации и способа коррекции, является классификация Lenke. Эта классификация не учитывает всех нюансов сагиттального контура позвоночника, поэтому в последнее время достаточно часто встречаются сообщения о том, что коррекция сколиоза производится не в соответствии с рекомендациями данной классификации (до 26 %). Это отражено в многоцентровом исследовании Clements et al. [4].

Хирургическая коррекция сколиотической деформации связана с большим количеством рисков развития послеоперационных осложнений, таких как проксимальный переходный кифоз (PJK – proximal junctional kyphosis), дистальный переходный кифоз (DJK – distal junctional kyphosis), феномен adding-on (связан с прогрессированием сколиотической дуги в сегментах, смежных с зоной спондилодеза), переломы и нестабильность металлоконструкции. Нарушения фронтального и сагиттального балансов позвоночника могут быть причиной развития болевого синдрома и вызывать неудовлетворенность пациента результатами хирургического лечения [6–9]. Особый интерес для исследования представляют молодые пациенты, у которых уже окончательно сформировались пояснично-тазовые взаимоотношения и физиологические изгибы позвоночника, но при этом еще не сформировались выраженные дегенеративные изменения в нижнепоясничном отделе позвоночника. Несмотря на возрастные рамки, установленные ВОЗ для молодого возраста, которые составляют 18–44 года, в литературе встречается множество сообщений о том, что после 35 леткратно увеличивается число пациентов с болями в нижней части пояснич-

цы. Целый ряд исследований посвящен описанию дегенеративных изменений позвоночника по результатам рентгенографии и МРТ у пациентов после 35 лет [10–15]. С другой стороны, обращают на себя внимание исследования, в которых сообщается о том, что к 15–16 годам в 90 % случаев параметр PI перестает быть динамическим, происходит закрытие Y-образного хряща, а нейровегетативная система позволяет давать адекватный и сбалансированный ответ организма на пространственные изменения [16, 17]. Таким образом, вполне оправданно проводить оценку баланса по взрослым критериям с 15 лет, но с учетом индивидуальных возрастных особенностей созревания костной ткани, а дополнительным критерием может служить тест Risser. В возрасте до 15 лет пояснично-тазовые взаимоотношения могут существенно отличаться от взрослых норм [18].

Цель исследования – анализ влияния коррекции деформации позвоночника у пациентов 15–35 лет с идиопатическим сколиозом типов I и III по Lenke на параметры фронтального и сагиттального балансов.

Дизайн: одноцентровое ретроспективное (с историческим контролем) когортное исследование.

Уровень доказательности – III.

Материал и методы

В клинику детской и подростковой вертебрологии Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна в 1997–2021 гг. с целью коррекции деформации позвоночника обратились 3343 пациента с идиопатическим сколиозом.

Пациенты

Для оценки баланса позвоночника выбрали пациентов со сколиотически-

ми дугами Lenke типов I и III, в которых основная дуга локализовалась в грудном отделе позвоночника. Основовопологающим моментом в выборе типа сколиотической деформации явилось желание исключить прямое влияние сколиотической болезни на параметры пояснично-тазового баланса. И даже при сколиотических дугах типа III по Lenke, у которых имелось поясничное противоискривление, нижний концевой позвонок в большинстве случаев располагался не ниже L₄ позвонка.

С целью оценки параметров баланса позвоночника отобрали пациентов 15–35 лет с тестом Risser не ниже 2, которым проведена коррекция сколиотической деформации сегментарным инструментарием III поколения. Из исследования исключили пациентов с тяжелой соматической патологией, ранее оперированных на позвоночнике, с ранней инфекцией области хирургического вмешательства с последующим удалением инструментария, а также пациентов, не имеющих постуральных рентгенограмм в динамике. Минимальный период наблюдения – 2 года. Таким образом, провели ретроспективный анализ рентгенологических параметров и данных анкет SRS-24 у 268 пациентов. Средний возраст пациентов на момент обращения составил 19,6 ± 5,1 года.

Методики

Оценку сагиттального баланса производили по сагиттальному модификатору классификации SRS-Schwab [19]. Данная классификация хоть и разработана для дегенеративных сколиозов, но имеет несколько градаций дисбаланса, которые можно применить и при идиопатическом сколиозе без дегенеративных изменений. Фронтальный баланс определяли по параметру CSVL. Смещение до 20 мм считалось вариантом нормы, от 20 до 40 мм принималось за умеренный дисбаланс и обозначалось «+», изменения более 40 мм свидетельствовали о существенном нарушении баланса и обозначались «++». По степени дисбаланса пациен-

тов разделили на 4 группы. К первой группе отнесли пациентов без отклонений баланса, ко второй – с умеренным нарушением одного из параметров, обозначенных как «+», к третьей – с умеренным нарушением двух и более параметров («+», «+»), к четвертой – с грубыми нарушениями параметров, обозначенных как «++».

Для оценки влияния уровня нижнего инструментированного позвонка (LIV – low instrumented vertebra) на параметры сагиттального баланса и качества жизни пациентов разделили на 3 группы: 1) L₃ позвонок и более проксимальные отделы; 2) L₄ позвонок; 3) L₅ позвонок. До уровня S₁ фиксация не доходила ни в одном случае.

Статистический анализ

Предикторы осложнений и недостаточной коррекции определяли построением моделей логистических регрессий. Парные числовые ассоциации целей и ковариату любого типа выявляли построением однофакторных моделей. Множественные числовые ассоциации определяли построением многофакторных моделей. Проверку статистических гипотез проводили при критическом уровне значимости $p = 0,05$, то есть различие считалось статистически значимым, если $p < 0,05$. Статистические расчеты проводили на языке R (version 4.1.3 (2022-03-10), Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>).

Все пациенты подписали информированное согласие на проведение

хирургического вмешательства и статистической обработке данных.

Результаты

Проведено сравнение исходных параметров сагиттального пояснично-тазового баланса у пациентов группы исследования и здоровых людей по данным Schwab [19] (табл. 1).

Полученные данные сопоставимы с показателями в группе условно здоровых пациентов по Schwab. Наличие основной сколиотической дуги в грудном отделе не приводит к статистически значимым изменениям в параметрах глобального (фронтального) и сагиттального поясничного баланса.

При использовании метода оценки параметров баланса по сагиттальному модификатору классификации SRS-Schwab с дополнительной оценкой параметров фронтального баланса из 268 пациентов не имели нарушений в параметрах лишь 119 (44,4 %), у 81 пациента были незначительные нарушения баланса только по одному из критериев («+»), что составило 30,2 % от общего числа. Умеренные нарушения баланса с наличием отклонений по двум и более параметрам «+» выявлены у 29 (10,8 %) пациентов, выраженные отклонения значений «++» – у 39 (14,6 %).

В структуре нарушений параметров баланса преобладало несоответствие показателей PI-LL ($n = 118$, из них 37 пациентов с грубыми отклонениями «++»). На втором месте – нарушение фронтального баланса ($n = 51$). Затем – нарушение глобального сагит-

Таблица 1

Параметры сагиттального баланса у здоровых пациентов 15–35 лет по данным Schwab и у пациентов с идиопатическим сколиозом исследуемой группы

Параметры	Норма по Schwab	Идиопатический сколиоз
PI, град.	52 ± 10	50,4 ± 10,1
PT, град.	13 ± 7	7,9 ± 6,6
SS, град.	39 ± 9	42,4 ± 8,0
LL, град.	60 ± 14	58,2 ± 11,3
TK, град.	38 ± 12	30,5 ± 18,6
SVA, мм	36 ± 33	27,3 ± 18,3

тального баланса (SVA; $n = 43$), причем с преобладанием отклонения туловища кзади. В общей группе из 268 пациентов у 177 был исходный отрицательный SVA. И лишь у небольшой группы пациентов исходно наблюдались высокие значения PT ($n = 9$; рис.1).

Провели анализ корреляционной зависимости оцениваемых параметров баланса (PI-LL, CSVL, SVA и PT) от основных рентгенологических данных до операции. Выявили, что PI-LL коррелирует с величиной грудного кифоза, поясничного лордоза, углом L_5-S_1 , а также с PI, PT и отрицательными значениями SVA ($p < 0,05$). PT коррелирует с PI. Показатель CSVL показывает взаимосвязь с таким параметром, как наклон L_5 , а SVA – с углом L_5-S_1 ($p < 0,05$).

Всем пациентам провели хирургическую коррекцию сколиотической деформации инструментарием III поколения по стандартной методи-

ке. Средний угол основной сколиотической дуги до операции – $64,4^\circ \pm 21,0^\circ$, после операции – $28,0^\circ \pm 17,0^\circ$, коррекция – $61,5 \pm 16,1\%$, потеря коррекции – $3,1 \pm 1,8\%$. Угол вторичной сколиотической дуги до операции – $39,0^\circ \pm 18,1^\circ$, после операции – $11,4^\circ \pm 13,3^\circ$, коррекция – $78,9 \pm 21,9\%$, потеря коррекции – $3,3 \pm 17,9\%$. Грудной кифоз до хирургического лечения составил $30,5^\circ \pm 18,6^\circ$, в конце периода наблюдения – $27,4^\circ \pm 12,3^\circ$. Поясничный лордоз до хирургического лечения – $58,2^\circ \pm 11,3^\circ$ в конце периода наблюдения – $53,8^\circ \pm 9,7^\circ$. В результате хирургического лечения идиопатических сколиозов удалось добиться удовлетворительной коррекции с минимальной потерей достигнутого результата в отдаленные сроки. Хирургическое лечение идиопатического сколиоза приводит к уменьшению грудного кифоза и поясничного лордоза, сохраняя средние значения

в пределах условной нормы. Средний срок послеоперационного наблюдения составил $3,99 \pm 1,96$ года.

Провели оценку динамики параметров сагиттального и фронтального балансов в зависимости от уровня фиксации. Показатель PI для пациентов с фиксацией на L_3 и L_4 позвонках составил 50° , а у группы с фиксацией на L_5 данный параметр был 56° .

Динамика наклона таза (PT) показывает одинаковые зависимости в трех группах. В раннем послеоперационном периоде идет незначительное увеличение данного параметра, а затем постепенное восстановление практически до исходного уровня (PT для уровня L_3 и L_4 составляет 7° в конце периода наблюдения, для уровня L_5 – 15°).

Наклон крестца (SS) остается стабильным у пациентов со спондилодезом до уровня L_4 (42°), а у пациентов с фиксацией до L_3 и L_5 позвонков



Рис. 1

Типы нарушения баланса при идиопатическом сколиозе: **а** – несоответствие показателей PI-LL (PI = 43° , LL = 68°); **б** – нарушение фронтального баланса (CSVl – 28 мм); **в** – нарушение глобального сагиттального баланса (SVA = -28 мм); **г** – высокие значения PT (28°)

показывает незначительное увеличение к концу периода наблюдения (44° и 45°).

При оценке глобального сагиттального баланса (SVA) учитывали положительные и отрицательные значения параметра. Наиболее стабильные значения наблюдали в группе с фиксацией на уровне L₄ позвонка. Наиболее высокие значения SVA с тенденцией к дисбалансу отмечены в группе со спондилодезом до уровня L₅, особенно при отрицательном балансе (SVA = -45 мм).

Глобальный фронтальный баланс (CSVL) исходно попадает в границы условной нормы по средним значениям во всех группах. Сразу после операции данный параметр испытывает наибольшие изменения и к последнему контролю практически соответствует предоперационным показателям.

Наиболее стабильный поясничный лордоз (LL) был в группе с фиксацией до L₃ позвонка, более выраженное уменьшение лордоза с последующим восстановлением произошло в группе с фиксацией до L₅ позвонка (51° сразу после операции, 55° на последнем контроле). Во всех группах лордоз соответствовал условной норме.

Грудной кифоз во всех исследуемых группах незначительно умень-

шен в послеоперационном периоде и составил 27° исходно и 23° в конце наблюдения для группы с фиксацией до уровня L₃, 31° и 26° соответственно для группы со спондилодезом до L₄, 29° и 27° – в группе с фиксацией до L₅ позвонка.

При изучении дополнительных параметров обращают на себя внимание угол L₅-S₁ и наклон L₅ позвонка. В группе с фиксацией до L₅ эти параметры наиболее отличаются.

Угол L₅-S₁ в сагиттальной плоскости у пациентов с фиксацией до L₅ позвонка в конце периода наблюдения составил 28° (против 23° и 25° в группах с фиксацией до L₃ и L₅ позвонков).

Наклон L₅ позвонка исходно существенно выше у пациентов из группы с фиксацией до L₅ позвонка (15,5° против 4° в группе с фиксацией до L₃ и 8° в группе с фиксацией до L₄), что делает обоснованной более протяженную фиксацию.

При оценке послеоперационного баланса 135 (50,4 %) из 268 пациентов не имели нарушений в параметрах, 87 (32,5 %) пациентов имели легкие нарушения баланса только по одному из критериев («+»). Умеренные нарушения баланса с наличием отклонений по двум и более параметрам «+» выявлены у 29 (10,8 %) пациентов, выраженные отклонения значений «+++» – у 17 (6,3 %). Структура нару-

шений параметров баланса осталась сопоставимой с предоперационной. Значительно преобладало несоответствие показателей PI-LL (n = 83). На втором месте – нарушение фронтального баланса (n = 47). Затем – нарушение SVA (n = 41), причем с преобладанием формирования отрицательного баланса.

У 177 пациентов был исходный отрицательный SVA. У небольшой группы пациентов наблюдались высокие значения PT (n = 16). Увеличение числа пациентов с дисбалансом по показателю PT говорит о чрезмерных компенсаторных реакциях организма в виде наклона таза для достижения более сбалансированного состояния. Количество пациентов с глобальными фронтальным и сагиттальным дисбалансами (по параметрам SVA и CSVL) остается примерно на том же уровне, что и до операции. Хирургическая коррекция сколиотической деформации помогает сделать более сбалансированным взаимоотношение PI-LL за счет попытки смоделировать физиологический поясничный лордоз.

Также провели анализ зависимости рентгенологических и возрастных параметров в группе без нарушения баланса и в группах с различными степенями дисбаланса. В табл. 2 и 3 отражены данные до операции и на последнем контрольном обследовании (не менее двух лет).

Таблица 2

Влияние рентгенологических и возрастных параметров до операции на степень дисбаланса

Параметры	Без дисбаланса	Легкий дисбаланс	Умеренный дисбаланс	Выраженный дисбаланс
Возраст, лет	19,0	19,6	20,6	21,9
Основная дуга, град.	59,7	68,5	61,8	85,3
Вторичная дуга, град.	35,4	43,5	35,3	49,1
Грудной кифоз, град.	27,7	20,2	27,5	44,8
Поясничный лордоз, град.	58,0	58,6	55,3	61,3
Наклон L ₅ , град.	6,0	6,5	7,5	10,3
L ₅ -S ₁ , град.	23,1	23,0	23,4	25,6
PI, град.	49,8	51,5	47,3	51,1
PT, град.	7,8	8,1	6,6	8,8
SS, град.	42,0	43,4	40,7	41,7
SVA (+), мм	17,2	22,6	18,9	19,8
SVA (-), мм	28,1	24,1	31,3	32,8
CSVL, мм	10,8	13,7	14,7	8,2

Таблица 3

Влияние рентгенологических параметров в конце срока наблюдения на степень дисбаланса

Параметры	Без дисбаланса	Легкий дисбаланс	Умеренный дисбаланс	Выраженный дисбаланс
Основная дуга, град.	25,1	30,6	25,5	43,3
Вторичная дуга, град.	11,0	12,5	8,0	18,4
Грудной кифоз, град.	24,3	30,8	27,6	32,3
Поясничный лордоз, град.	51,8	56,2	53,9	52,2
Наклон L ₅ , град.	3,5	4,1	3,5	5,3
L ₅ –S ₁ , град.	23,9	25,2	25,0	23,0
PI, град.	49,8	51,5	47,3	51,1
PT, град.	7,2	7,8	6,0	8,6
SS, град.	42,5	43,8	41,1	42,4
SVA (+), мм	14,1	18,6	25,8	26,3
SVA (-), мм	19,2	31,1	42,0	36,1
CSVL, мм	7,7	14,2	16,7	15,9

Несмотря на то что отмечается взаимосвязь увеличения значений большого числа параметров (возраст, основная дуга, вторичная дуга, грудной кифоз, поясничный лордоз, угол наклона L₅, угол L₅–S₁, отрицательный SVA и степень дисбаланса), статистически достоверную зависимость показали лишь немногие. Риском выраженного дисбаланса с высокой степенью достоверности могут явиться исходно более грубые сколиотические деформации с большим углом наклона L₅ позвонка и исходным нарушением фронтального баланса (CSVL; $p < 0,05$).

В послеоперационном периоде статистически достоверными показателями, связанными с формированием выраженного дисбаланса, явились более грубые остаточная сколиотическая дуга и грудной кифоз, а также меньший угол поясничного лордоза ($p < 0,05$).

Статистически достоверной связи уровня нижнего инструментированного позвонка со степенью дисбаланса не выявлено.

По результатам анкетирования оценили качество жизни в зависимости от уровня нижнего инструментированного позвонка. В результате прослеживается закономерность снижения баллов в сроки 6 мес. после операции практически по всем доменам в группе с фиксацией до L₅ позвонка, но статистически достоверной раз-

ницы не получено. Во время последнего контрольного обследования ситуация в значительной степени выравнивается. Незначительно ниже показатели по доменам боли и общего внешнего вида в группе с фиксацией до L₅ позвонка (общая сумма баллов 91 при фиксации на L₅; 92 – при фиксации на L₃ и выше, 94 – при фиксации на L₄; рис. 2).

Оценка качества жизни в зависимости от степени дисбаланса показывает, что в сроки 6 мес. после операции существенно ниже показатели по большинству из доменов в группе с выраженным дисбалансом, однако статистически значимым является только домен болевого синдрома ($p < 0,05$). На последнем контрольном обследовании показатели выравнива-

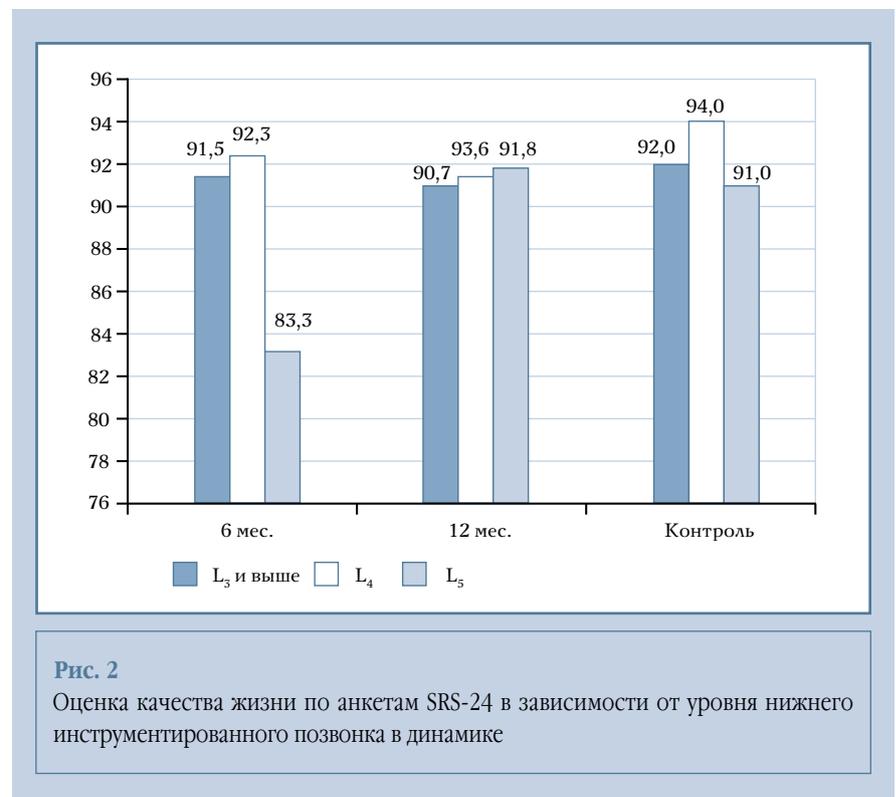


Рис. 2

Оценка качества жизни по анкетам SRS-24 в зависимости от уровня нижнего инструментированного позвонка в динамике

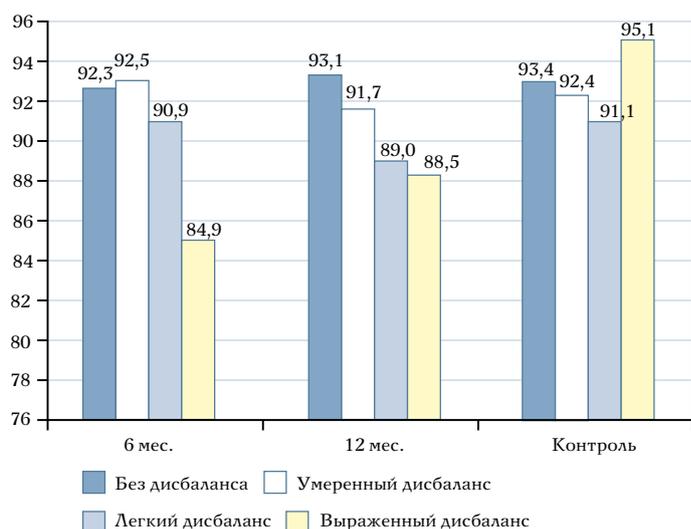


Рис. 3

Оценка качества жизни в зависимости от степени дисбаланса в динамике

ются по всем составляющим анкетам и даже превышают таковые в более сбалансированных группах (рис. 3).

В послеоперационном периоде выявлено 53 осложнения, что составило 19,8 %. Такой высокий процент связан с тем, что приняты во внимание все параметры, которые не позволяют назвать период после операции гладким. Для оценки влияния параметров баланса осложнения разделены на механические и немеханические. К первым отнесены переломы инструментария, нестабильность захвата и резорбция костной ткани. К немеханическим – РЖК, adding-on и прогрессирование сколиоза. Нестабильность металлокон-

струкции отмечена в 20 (7,5 %) случаях, причем в 14 из них нарушение было в области нижней части металлоконструкции. Резорбция костной ткани возникла вокруг элементов конструкции в 5 (1,7 %) случаях, перелом металлоконструкции – в 10 (3,7 %), РЖК, феномен adding-on и прогрессирование сколиоза в условиях металлоконструкции (при крюковой фиксации) – в 18 (6,7 %). РЖК встречался наиболее часто – 13 случаев, а прогрессирование сколиоза – 1 случай. Повторное хирургическое вмешательство было показано и проведено лишь в одном случае – ремонт дистальной части крюковой конструкции с заменой на транс-

педикулярную фиксацию. Остальные осложнения выявлялись в отдаленном периоде при проведении послеоперационного обследования, не вызвали болевого синдрома и не имели внешних клинических проявлений. Оценка количества осложнений в зависимости от степени дисбаланса представлена в табл. 4.

Оценили количество осложнений в зависимости от уровня фиксации (табл. 5).

При хирургической коррекции сколиоза крюковую фиксацию использовали в 38 (14,3 %) случаях. Количество осложнений в данной группе – 12 (31,6 %). С использованием гибридной фиксации (транспедикулярные винты в поясничном отделе и крюковая фиксация в грудном) операция проведена у 178 (66,9 %) пациентов, среди которых в 31 (17,4 %) случае выявлены осложнения. Тотальная транспедикулярная фиксация использована в 52 (18,8 %) случаях, у 10 (19,2 %) пациентов были осложнения.

У пациентов с фиксацией до L₅ позвонка выявлено одно осложнение при использовании крюковой фиксации в виде перелома стержня и одно осложнение с транспедикулярной фиксацией в виде перелома винта на уровне L₅ слева и резорбции костной ткани справа. При этом клинических проявлений в виде болевого синдрома у пациента не наблюдалось, а в динамике не выявлено увеличения зоны резорбции и нарастания диастаза между отломками.

Несмотря на небольшое количество наблюдений для групп с выраженным дисбалансом и с фиксацией на уровне

Таблица 4

Осложнения в зависимости от степени дисбаланса, n (%)

Осложнения	Без дисбаланса (126 пациентов)	Легкий дисбаланс (91 пациент)	Умеренный дисбаланс (29 пациентов)	Выраженный дисбаланс (16 пациентов)
Механические	15 (11,9)	9 (9,9)	4 (13,8)	8 (50,0)
Немеханические	7 (5,6)	9 (9,9)	1 (3,5)	–
Всего	22 (17,5)	18 (19,8)	5 (17,3)	8 (50,0)

Таблица 5

Осложнения в зависимости от нижнего уровня фиксации, n (%)

Осложнения	L ₃ и выше (140 пациентов)	L ₄ (121 пациент)	L ₅ (5 пациентов)
Механические	20 (14,3)	20 (16,5)	2 (40,0)
Немеханические	11 (7,9)	6 (5,0)	–
Всего	31 (22,2)	26 (21,5)	2 (40,0)

L₅, прослеживается существенно высокое количество механических осложнений в данных группах.

Обсуждение

Многие авторы основные проблемы дисбаланса связывают с гипокифозом грудного отдела позвоночника, который, в свою очередь, может провоцировать такие осложнения, как PJK, DJK, формирование декомпенсированного отрицательного сагиттального баланса [20, 21]. Полученные нами данные говорят об обратном: недостаточная коррекция кифоза в послеоперационном периоде может приводить к нарушению баланса.

При оценке средних значений параметров баланса получаем данные, сопоставимые с условной возрастной нормой. Подобные результаты нередко встречаются в современных публикациях [22, 23]. По нашим данным, в структуре идиопатических сколиозов грудной локализации у более половины пациентов имеется исходный дисбаланс, однако грубые нарушения параметров выявлены лишь у 14,6 % пациентов. Формирование сколиотической дуги, несомненно, может влиять на формирование поясничного лордоза, так как даже при изолированных грудных сколиотических дугах ротационный компонент деформации переходит в поясничный отдел, вызывая как проекционное, так и истинное изменение данного параметра. Изменение поясничного лордоза дает отклонение в разнице PI-LL, а также может вызывать формирование отрицательного глобального сагиттального контура.

Открытым остается вопрос о необходимости стремления к сохранению как можно большего количества свободных сегментов в поясничном отделе. Одни авторы приводят данные о нарушениях параметров баланса при более протяженном спондилодезе [24]. С другой стороны, есть сообщения о том, что даже низкий уровень фиксации не снижает качества жизни в отдаленном периоде [25]. При анализе причин дисбаланса выявили, что нарушение общего сагиттального контура связано с таким параметром, как угол L₅–S₁, а нарушение фронтального баланса зависит от исходного угла наклона L₅. Данный факт необходимо учитывать при планировании хирургического лечения, так как задачи хирургии могут существенно отличаться. Для одной группы пациентов важно в момент коррекции сколиотической деформации не нарушить баланс, а для второй группы – подбирать методики для восстановления параметров. Динамика таких параметров, как PT, SS, LL в послеоперационном периоде говорит о срабатывании механизмов компенсации для достижения оптимального баланса, причем происходят эти изменения даже при фиксации до L₅ позвонка. Для формирования сбалансированного положения тела во фронтальной плоскости во время операции должно быть стремление к достижению более горизонтального положения позвонка. Для сохранения глобально сагиттального баланса основным условием должно являться сохранение поясничного лордоза. У пациентов в возрасте 15–35 лет мобильности диска L₅–S₁ вполне достаточно для увеличения угла в послеопераци-

онном периоде с целью нормализации баланса. Вероятно, с развитием дегенеративных процессов на данном уровне возможность компенсации будет более низкой, в связи с чем при неверном планировании лордоза возможен после-операционный дисбаланс.

Неоспоримым остается тот факт, что хирургическое лечение сколиотических деформаций – это, прежде всего, коррекция косметических проявлений болезни [26], поэтому даже при выраженных отклонениях в параметрах баланса пациенты дают высокие оценки качества жизни по результатам анкетирования. Более низкие оценки связаны с недостаточной коррекцией основной и вторичной сколиотических дуг. Однако высокий процент осложнений не дает права не обращать внимания на параметры баланса, несмотря на то что повторные хирургические вмешательства потребовались лишь в единичных случаях. Большая часть пациентов, даже при наличии механических осложнений, в повторных операциях не нуждалась, так как сформированный костный блок и множество точек опоры не допускали грубого смещения нестабильных элементов.

Заключение

Таким образом, более половины пациентов (55,6 %) с идиопатическим сколиозом типов I и III по Lenke имеют исходные нарушения баланса, а выраженные отклонения встречаются в 14,6 % случаев. Предикторами выраженных нарушений баланса являются грубый сколиоз, большой наклон L₅ как до операции, так и после, большая остаточная сколиотическая дуга, большой угол остаточного грудного кифоза, а также меньший угол поясничного лордоза после операции (p < 0,05). Основными компенсаторными элементами, помимо PT и SS, являются угол наклона L₅ во фронтальной плоскости и угол L₅–S₁ в сагиттальной плоскости. У молодых пациентов в возрасте 15–35 лет мобильности диска на уровне L₅–S₁ вполне хватает для достижения более сбалансированного положе-

ния тела, даже при существенном изменении соотношения PI-L1.

Коррекция сколиотической деформации позволяет на 6 % увеличить число пациентов без нарушений баланса, а количество грубых отклонений

снизить в 2 раза. В отдаленном послеоперационном периоде выраженный дисбаланс позвоночника не снижает качества жизни, но при этом увеличивает риск развития механических послеоперационных осложнений до 50 %.

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

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.

Литература/References

1. **Крутько А.В.** Сагиттальный баланс. Гармония в формулах. Новосибирск, 2016. [Krutko AV. Sagittal Balance. Harmony in Formulas. Novosibirsk, 2016].
2. **Schwab F, Patel A, Ungar B, Farcy JP, Lafage V.** Adult spinal deformity – postoperative standing imbalance: how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective. Spine. 2010;35:2224–2231. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181ee6bd4.
3. **Lenke LG.** Lenke classification system of adolescent idiopathic scoliosis: treatment recommendations. Instr Course Lect. 2005;54:537–542.
4. **Clements DH, Marks M, Newton PO, Betz RR, Lenke L, Shufflebarger H.** Did the Lenke classification change scoliosis treatment? Spine. 2011;36:1142–1145. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318207e9c4.
5. **Lamartina C, Berjano P.** Classification of sagittal imbalance based on spinal alignment and compensatory mechanisms. Eur Spine J. 2014;23:1177–1189. DOI: 10.1007/s00586-014-3227-9.
6. **Gao A, Wang Y, Yu M, Wei F, Jiang L, Liu Z, Liu X.** Association between radiographic spinopelvic parameters and health-related quality of life in de novo degenerative lumbar scoliosis and concomitant lumbar spinal stenosis. Spine. 2020;45:E1013–E1019. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003471.
7. **Bernstein P, Hentschel S, Platzeck I, Huhne S, Ettrich U, Hartmann A, Seifert J.** Thoracic flat back is a risk factor for lumbar disc degeneration after scoliosis surgery. Spine J. 2014;14:925–932. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.07.426.
8. **Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, Kim J, Cho SK, Cheh G, Yoon J.** Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis after 3 different types of posterior segmental spinal instrumentation and fusions: incidence and risk factor analysis of 410 cases. Spine. 2007;32:2731–2738. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31815a7ead.
9. **Peng L, Lan L, Xiu P, Zhang G, Hu B, Yang X, Song Y, Yang X, Gu Y, Yang R, Zhou X.** Prediction of proximal junctional kyphosis after posterior scoliosis surgery with machine learning in the Lenke 5 adolescent idiopathic scoliosis patient. Front Bioeng Biotechnol. 2020;8:559387. DOI: 10.3389/fbioe.2020.559387.
10. **Teraguchi M, Yoshimura N, Hashizume H, Yamada H, Oka H, Minamide A, Nagata K, Ishimoto Y, Kagotani R, Kawaguchi H, Tanaka S, Akune T, Nakamura K, Muraki S, Yoshida M.** Progression, incidence, and risk factors for intervertebral disc degeneration in a longitudinal population-based cohort: the Wakayama Spine Study. Osteoarthritis Cartilage. 2017;25:1122–1131. DOI: 10.1016/j.joca.2017.01.001.
11. **Wong AYL, Karppinen J, Samartzis D.** Low back pain in older adults: risk factors, management options and future directions. Scoliosis Spinal Disord. 2017;12:14. DOI: 10.1186/s13013-017-0121-3.
12. **Parenteau CS, Lau EC, Campbell IC, Courtney A.** Prevalence of spine degeneration diagnosis by type, age, gender, and obesity using Medicare data. Sci Rep. 2021;11:5389. DOI: 10.1038/s41598-021-84724-6.
13. **Nieminen LK, Pyysalo LM, Kankaanpaa MJ.** Prognostic factors for pain chronicity in low back pain: a systematic review. Pain Rep. 2021;6:e919. DOI: 10.1097/PR9.0000000000000919.
14. **Mok FP, Samartzis D, Karppinen J, Fong DY, Luk KD, Cheung KM.** Modic changes of the lumbar spine: prevalence, risk factors, and association with disc degeneration and low back pain in a large-scale population-based cohort. Spine J. 2016;16:32–41. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.09.060.
15. **Boos N, Semmer N, Elfering A, Schade V, Gal I, Zanetti M, Kissling R, Buchegger N, Hodler J, Main CJ.** Natural history of individuals with asymptomatic disc abnormalities in magnetic resonance imaging: predictors of low back pain-related medical consultation and work incapacity. Spine. 2000;25:1484–1492. DOI: 10.1097/00007632-200006150-00006.
16. **Peterson JB, Doan J, Bomar JD, Wenger DR, Pennock AT, Upasani VV.** Sex differences in cartilage topography and orientation of the developing acetabulum: implications for hip preservation surgery. Clin Orthop Relat Res. 2015;473:2489–2494. DOI: 10.1007/s11999-014-4109-5.
17. **Parvaresh KC, Pennock AT, Bomar JD, Wenger DR, Upasani VV.** Analysis of acetabular ossification from the triradiate cartilage and secondary centers. J Pediatr Orthop. 2018;38:e145–e150. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001120.
18. **Хусайнов Н.О., Виссариев С.В., Кокушин Д.Н., Хальчицкий С.Е.** Концепция сагиттального баланса у пациентов детского возраста с заболеваниями позвоночника // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 2. С. 188. [Khusainov NO, Vissarionov SV, Kokushin DN, Khalchitskiy SE. Concept of sagittal balance in pediatric patients with spine disorders. Modern Problems of Science and Education. 2021;(2):188]. DOI: 10.17513/spno.30574.
19. **Schwab F, Lafage V, Boyce R, Skalli W, Farcy JP.** Gravity line analysis in adult volunteers: age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters, and foot position. Spine. 2006;31:E959–E967. DOI: 10.1097/01.brs.0000248126.96737.0f.
20. **La Maida GA, Zottarelli L, Mineo GV, Misaggi B.** Sagittal balance in adolescent idiopathic scoliosis: radiographic study of spino-pelvic compensation after surgery. Eur Spine J. 2013;22 Suppl 6:859–867. DOI: 10.1007/s00586-013-3018-8.
21. **Vidal C, Mazda K, Ilharreborde B.** Sagittal spino-pelvic adjustment in severe Lenke 1 hypokyphotic adolescent idiopathic scoliosis patients. Eur Spine J. 2016;25:3162–3169. DOI: 10.1007/s00586-016-4681-3.
22. **Newton PO, Fujimori T, Doan J, Reighard FG, Bastrom TP, Misaghi A.** Defining the “three-dimensional sagittal plane” in thoracic adolescent idiopathic scoliosis. J Bone Joint Surg Am. 2015;97:1694–1701. DOI: 10.2106/JBJS.O.00148.
23. **Brink RC, Schlosser TPC, Colo D, Vavruch L, van Stralen M, Vincken KL, Malmqvist M, Kruyt MC, Tropp H, Castelein RM.** Anterior spinal overgrowth is the result of the scoliotic mechanism and is located in the disc. Spine. 2017;42:818–822. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001919.
24. **Ozkunt O, Karademir G, Sariyilmaz K, Gemalmaz HC, Dikici F, Domanic U.** Analysing the change of sagittal balance in patients with Lenke 5 idiopathic scoliosis. Acta Orthop Traumatol Turc. 2017;51:377–380. DOI: 10.1016/j.aott.2017.08.002.
25. **Lavelle WF, Beltran AA, Carl AL, Uhl RL, Hesham K, Albanese SA.** Fifteen to twenty-five year functional outcomes of twenty-two patients treated with posterior

Cotrel-Dubouset type instrumentation: a limited but detailed review of outcomes. *Spinal Disord.* 2016;11:18. DOI: 10.1186/s13013-016-0079-6.

Адрес для переписки:

Белозеров Вадим Васильевич
630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна,
vad-belozerov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 23.08.2023

Рецензирование пройдено 12.09.2023

Подписано в печать 14.09.2023

26. **Rushton PR, Greivitt MP.** What is the effect of surgery on the quality of life of the adolescent with adolescent idiopathic scoliosis? A review and statistical analysis of the literature. *Spine.* 2013;38:786–794. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182837c95.

Address correspondence to:

Belozеров Vadim Vasilyevich
Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a.
Ya.L. Tsivyan,
17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia,
vad-belozerov@yandex.ru

Received 23.08.2023

Review completed 12.09.2023

Passed for printing 14.09.2023

Вадим Васильевич Белозеров, научный сотрудник отделения нейровертебрологии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0003-2441-2686, vad-belozerov@yandex.ru;

Алексей Владимирович Пелеганчук, канд. мед. наук, научный сотрудник отделения нейровертебрологии, заведующий отделением нейрохирургии № 2, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0002-4588-428X, apeleganchuk@mail.ru;

Михаил Витальевич Михайловский, д-р мед. наук, проф., главный научный сотрудник отдела детской вертебрологии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0002-4847-100X, MMibailovsky@niito.ru.

Vadim Vasilyevich Belozеров, researcher, Research Department of Neurovertebrology, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0003-2441-2686, vad-belozerov@yandex.ru;

Aleksey Vladimirovich Peleganchuk, MD, PhD, researcher, Research Department of Neurovertebrology, head of the Department of Neurosurgery No. 2, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0002-4588-428X, apeleganchuk@mail.ru;

Mikhail Vitalyevich Mikhaylovskiy, DMSc, Prof., chief researcher, Department of Pediatric Vertebrology, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0002-4847-100X, MMibailovsky@niito.ru.