

ДВУХЭТАПНОЕ ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ИДИОПАТИЧЕСКОГО СКОЛИОЗА У ПАЦИЕНТОВ С НЕЗАВЕРШЕННЫМ КОСТНЫМ РОСТОМ

Загородный Н.И.¹, Сампиев М.Т.¹, Карпович Н.И.*¹,
Джоджуа А.В.², Чемуризева Х.М.¹, Лысенко И.С.¹

DOI: 10.25881/20728255_2022_17_4_2_51

¹ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва

² ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр им. Н.И. Пирогова», Москва

Резюме. Обоснование: подростковый идиопатический сколиоз (AIS) — это трехплоскостная деформация позвоночника с углом Кобба $\geq 10^\circ$ и осевой ротацией. В случаях прогрессирования деформации более $>50^\circ$ в независимости от степени костной зрелости показано хирургическое лечение. В большинстве случаев используется окончательный спондилодез с транспедикулярными системами, который ограничивает рост позвоночника у пациентов с незавершенным костным ростом.

Цель: описать хирургическую технику и опыт применения растущей конструкции LSZ в качестве 2-х этапного хирургического лечения AIS.

Методы: выполнен ретроспективный анализ пациентов с AIS, прошедших 2-х этапное хирургическое лечение. Пациенты наблюдались в течение использования растущей конструкции LSZ в среднем 40,5 месяцев (диапазон 23–64 месяца) и в течение 4 лет после замены растущей конструкции LSZ на транспедикулярную систему. Для анализа полученных данных использовались методы описательной статистики.

Результаты: 11 пациентов (10 девочек, 1 мальчик) со средним возрастом на момент выполнения 1-й операции $12,2 \pm 0,87$ SD. Все пациенты имели незавершенный костный рост с критерием Риссера от 0 до 2. Средняя кровопотеря 1-й операции составила $145,45 \pm 90,7$ мл, 2-й операции $209,1 \pm 66,4$ мл. Среднее время 1-й операции составило $85 \pm 16,88$ мин., 2-й операции $152,72 \pm 17,94$ мин. Предоперационный угол Кобб грудной дуги составлял $64,55 \pm 3,21^\circ$, поясничной дуги — $46 \pm 5,52^\circ$. После установки растущей конструкции LSZ грудная дуга скорректировалась до $17,63 \pm 5,14^\circ$, поясничная дуга — до $9,2 \pm 5,45^\circ$. Перед заменой растущей конструкции LSZ угол грудной дуги составлял $21,1 \pm 4,18^\circ$, поясничной дуги — $14 \pm 3,61^\circ$. После установки транспедикулярной конструкции угол грудной дуги был равен $11,45 \pm 4,84^\circ$, поясничной дуги — $6,4 \pm 4,72^\circ$. Итоговый процент коррекции для грудной и поясничной дуг составил $82,1 \pm 7,91\%$ и $85,64 \pm 5,47\%$, соответственно. Неврологических и инфекционных осложнений не наблюдалось.

Заключение: применение растущей конструкции LSZ позволяет выполнять первичную коррекцию и стабилизацию деформации позвоночника у пациентов с AIS с незавершенным костным ростом, минимизируя риски прогрессирования деформации и не препятствуя нормальному росту позвоночника. Первичное хирургическое вмешательство ввиду своих особенностей выполняется достаточно быстро, с маленькой относительно тяжести заболевания кровопотерей и не нарушая костной анатомии позвоночника, что позволяет выполнить замену данной конструкции с меньшими рисками, в сравнении с другими ревизионными вмешательствами у данной группы пациентов.

Ключевые слова: сколиоз, растущие конструкции, хирургическое лечение, спинальные системы.

Обоснование

Сколиоз определяется как трехплоскостная структуральная деформация позвоночника и туловища с углом Кобба $\geq 10^\circ$ и осевой ротацией. Подростковый идиопатический сколиоз (AIS) является наиболее распространенным типом сколиоза [1]. Примерно 10% диагностированных случаев AIS требуют консерватив-

TWO — STAGE SURGICAL TREATMENT OF IDIOPATHIC SCOLIOSIS IN PATIENTS WITH INCOMPLETE BONE GROWTH

Zagorodny N.V.¹, Sampiev M.T.¹, Karpovich N.I.*¹, Dzhodzua A.V.²,
Chemurzieva K.M.¹, Lysenko I.S.¹

¹ RUDN University, Moscow

² Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow

Abstract. Background: Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) is a three-dimensional deformity of the spine with a Cobb angle $\geq 10^\circ$ and axial rotation. In cases of deformity progression to more than $>50^\circ$, regardless of bone maturity, surgical treatment is indicated. In most cases, final fusion with pedicle screw systems are used, which limits the spine growth in patients with incomplete bone growth.

Aims: to describe the surgical technique and experience of using the LSZ growing system as a 2-stage surgical treatment of AIS.

Materials and methods: a retrospective analysis of patients with AIS who underwent 2-stage surgical treatment was performed. Patients treated with the LSZ growing system were observed for an average of 40.5 months (range 23–64 months) and for 4 years after the replacement of the LSZ growing systems with pedicle screw systems. Descriptive statistics methods were used to analyze the data obtained.

Results: Eleven patients (10 girls, 1 boy) with an average age of 12.2 ± 0.87 SD at the time of 1st surgery were treated. All patients had incomplete bone growth with Risser test 0 to 2. The average blood loss during the 1st surgery was 145.45 ± 90.7 ml, the 2nd surgery 209.1 ± 66.4 ml. The average duration of the 1st surgery was 85 ± 16.88 minutes, the 2nd surgery 152.72 ± 17.94 minutes. The preoperative Cobb angle of the thoracic curve was $64.55 \pm 3.21^\circ$, the lumbar curve $46 \pm 5.52^\circ$. After treatment with the LSZ growing system, the thoracic curve was corrected to $17.63 \pm 5.14^\circ$, the lumbar curve to $9.2 \pm 5.45^\circ$. Before replacing the LSZ growing system, the angle of the thoracic curve was $21.1 \pm 4.18^\circ$, the lumbar curve $14 \pm 3.61^\circ$. After placement of the pedicle screw system, the thoracic curve angle was $11.45 \pm 4.84^\circ$, the lumbar curve $6.4 \pm 4.72^\circ$. The final percentages of correction for the thoracic and lumbar curves were $82.1 \pm 7.91\%$ and $85.64 \pm 5.47\%$, respectively. Neurological and infectious complications were not observed.

Conclusions: Using the LSZ growing system allows to perform a primary correction and stabilization of spinal deformity in patients with AIS with incomplete bone growth, minimizing the risks of deformity progression and not preventing normal growth of the spine. Due to the advantages of the LSZ system, primary surgical intervention, is performed fairly quickly, with limited blood loss relative to the severity of the disease and without disturbing the bone anatomy, which allows for replacement of the LSZ growing system with less risks, compared with other revision interventions in this group of patients.

Keywords: scoliosis, surgical procedures, bone development.

ного лечения и примерно 0,1–0,3% — хирургического [2].

Основным консервативным методом лечения AIS являются ригидные корсеты. Корсетирование наиболее эффективно у пациентов с AIS с незавершенным костным ростом, имеющим деформацию в пределах $25\text{--}40^\circ$ [2; 3]. В случаях прогрессирования деформации более $>50^\circ$

* e-mail: galen7@yandex.ru

не зависимости от степени костной зрелости показано хирургическое лечение. В большинстве случаев используется окончательный спондилодез с транспедикулярными системами, который хорошо себя зарекомендовал [4; 5].

В последние годы идет активная разработка благоприятных для роста позвоночника хирургических систем, способствующих росту позвоночнику в правильном направлении, помогающих предотвратить прогрессирование деформации позвоночника и отдаляющих время выполнения окончательного спондилодеза [6]. В большинстве своем данные системы применяются у пациентов со сколиозом с ранним началом, но также имеются сообщения о применении данных имплантатов у пациентов с AIS с незавершенным костным ростом [7; 8].

Цель

Описать хирургическую технику и опыт применения растущей конструкции LSZ у 11 пациентов в качестве 2-х этапного хирургического лечения подросткового AIS.

Методы

Дизайн исследования

Выполнено ретроспективное обсервационное неконтролируемое исследование пациентов, прошедших 2-х этапное хирургическое лечение AIS на базе нашего центра.

Критерии соответствия

Критерии включения: пациенты с диагнозом AIS; основная структуральная грудная дуга; незавершенный костный рост (критерий Риссера 0–2); прошедшие установленный период наблюдения (не менее 4 лет после 2-й операции).

Критерии исключения: основная структуральная поясничная дуга; не пройден установленный период наблюдения; обращение в другую клинику для продолжения лечения.

Продолжительность исследования

Пациенты наблюдались в течение использования растущей конструкции LSZ в среднем 40,5 месяцев (диапазон 23–64 месяца) и в течение 4 лет после замены растущей конструкции LSZ на транспедикулярную систему.

Исследуемые параметры

Угол Кобб оценивался перед началом лечения, после установки растущей конструкции LSZ, перед заменой растущей конструкции LSZ, после замены на транспедикулярную систему и через 4 года после последней операции. Длительность 1-й и 2-й операций, кровопотеря, интра- и послеоперационные осложнения были задокументированы. Рост позвоночника с установленной конструкцией LSZ оценивался по коэффициенту роста конструкции, который выражается в отношении расстояния между проксимальным и дистальным точками контакта клипсы ламинарного крючка с пластиной к длине пластины.

Описание медицинского вмешательства

Все пациентам было запланировано и выполнено два хирургических вмешательства: 1 — коррекция сколиотической деформации при помощи растущей конструкции; LSZ 2 — замена растущей конструкции LSZ на стандартную транспедикулярную систему с выполнением спондилодеза по завершению костного роста позвоночника.

Результаты

Объекты (участники) исследования

Из 11 полноценно отслеженных пациентов было 10 девочек. Средний возраст на момент выполнения 1-й операции составил $12,2 \pm 0,87$ SD. Все пациенты имели основную грудную дугу деформации с или без поясничной компенсаторной дугой. Все пациенты имели нормальный профиль кифоза. Пациенты имели незавершенный костный рост с критерием Риссера от 0 до 2. Демографически данные пациентов представлены в табл. 1.

Основные результаты исследования

Интраоперационно.

Во время установки растущей конструкции LSZ протяженность фиксации составила $13,55 \pm 1,29$ позвонков, во время замены на транспедикулярную систему — $13,64 \pm 0,81$. Средняя кровопотеря 1-й операции составила $145,45 \pm 90,7$ мл, 2-ой операции $209,1 \pm 66,4$ мл. Среднее время 1-ой операции составило $85 \pm 16,88$ мин., 2-й операции — $152,72 \pm 17,94$ мин.

Рентгенологические данные

Предоперационный угол основной грудной дуги составлял $64,55 \pm 3,21^\circ$, поясничной дуги — $46 \pm 5,52^\circ$. После установки растущей конструкции LSZ грудная дуга скорректировалась до $17,63 \pm 5,14^\circ$. Поясничная дуга — до $9,2 \pm 5,45^\circ$. Процент коррекции для грудной и поясничной дуг составил $72,52 \pm 8,35^\circ$ и $80,59 \pm 10,77^\circ$, соответственно. Перед заменой растущей конструкции LSZ угол грудной

Табл. 1. Демографические данные пациентов

Пациенты, n	11 (10 женщин, 1 мужчина) Среднее \pm SD
Средний возраст пациентов на момент начала лечения, лет	$12,2 \pm 0,87$
Средний Риссер на момент лечения	$0,64 \pm 1,03$
Средний угол по кобб основной грудной дуги до операции в градусах	$64,55 \pm 3,21$
Средний угол по кобб добавочной поясничной дуги до операции в градусах	$46 \pm 5,52$
Средняя кровопотеря 1-ой операции, мил	$145,45 \pm 90,7$
Средняя кровопотеря 2-ой операции, мил	$209,1 \pm 66,4$
Среднее продолжительность 1-ой операции, мин.	$85 \pm 6,88$
Средняя продолжительность 2-ой операции, мин.	$152,72 \pm 17,94$

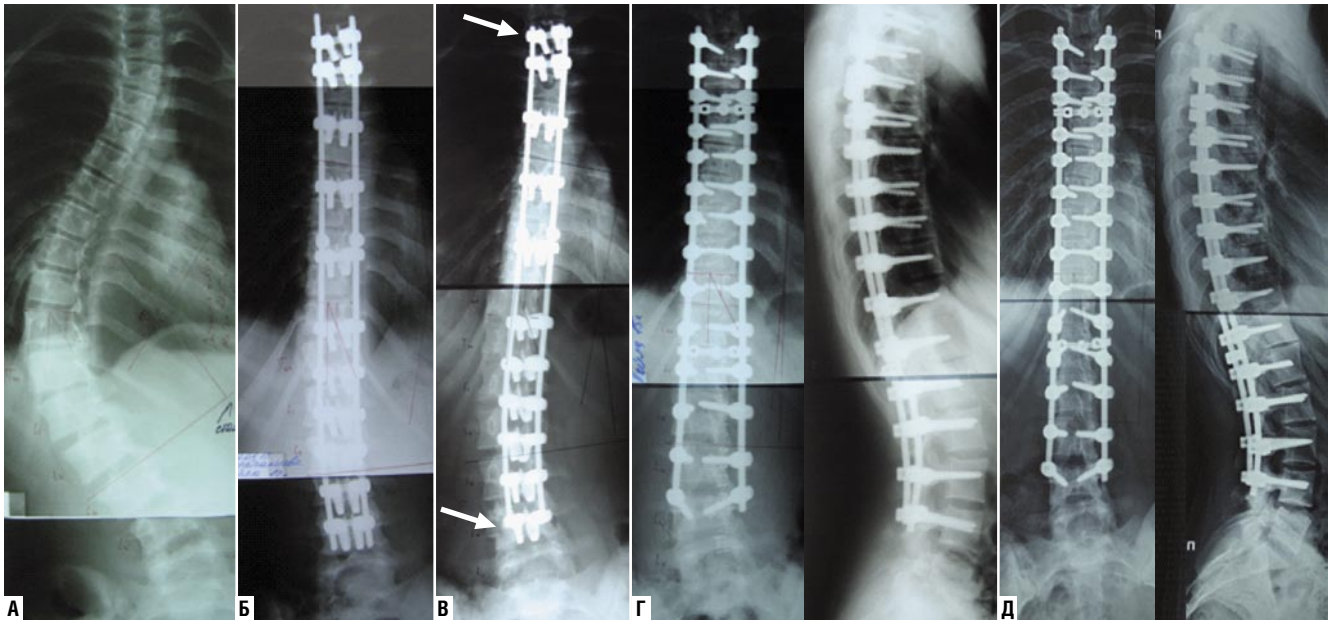


Рис. 1. Результат хирургического лечения пациентки 12 лет с AIS IAN по Ленке с углом деформации 69° . А — рентгенография позвоночника в прямой проекции до операции. Б — рентгенография позвоночника после установки растущей конструкции LSZ. Угол остаточной деформации 13° . В — через 3 года на повторном осмотре по данным рентгенографии позвоночника отмечается укорочение проксимальных и дистальных концов пластины за счет увеличения расстояния между проксимальными и дистальными точками крепления крючков к пластине, что свидетельствует о росте позвоночника (красные стрелки) Угол остаточной деформации 18° . Г — рентгенография позвоночника в 2-х проекциях после замены растущей конструкции LSZ на транспедикулярную систему. Угол кобб остаточной деформации 5° . Д — рентгенография позвоночника в 2-х проекциях на контрольном осмотре через 4 года после 2-ой операции. Угол деформации 4° .

Табл. 2. Динамики деформации позвоночника пациентов

	До операции, градусы \pm SD	После установки LSZ, градусы \pm SD	% коррекции после LSZ \pm SD	Перед заменой LSZ, градусы \pm SD	% потери коррекции \pm SD	Угол после окончательного спондилодеза, градусы \pm SD	Итоговая коррекция, % \pm SD	Через 4 года после 2-ой операции, градусы \pm SD
Основная грудная дуга	64,55 \pm 3,21	17,63 \pm 5,14	72,52 \pm 8,35	21,1 \pm 4,18	5,43 \pm 8,51	11,45 \pm 4,84	82,1 \pm 7,91	12,3 \pm 5,16
Поясничная дуга	46 \pm 5,52	9,2 \pm 5,45	80,59 \pm 10,77	14 \pm 3,61	10,89 \pm 6,01	6,4 \pm 4,72	85,64 \pm 5,47	6,6 \pm 2,32

дуги составлял $21,1\pm 4,18^\circ$, поясничной дуги — $14\pm 3,61^\circ$. После установки транспедикулярной конструкции угол грудной дуги был равен $11,45\pm 4,84^\circ$, поясничной дуги — $6,4\pm 4,72^\circ$. Подробные данные представлены в табл. 2. Как видно в таблице с течением времени происходит незначительная потеря коррекции, которая компенсируется выполнением 2-й операции. Стоит отметить, что у одного пациента наступило нарастание коррекции деформации на 12,1%, что мы связываем с возрастом установки растущей конструкции LSZ (10 лет), и как следствие, более ранней относительно возраста пациента замены конструкции (в 14 лет).

Рост позвоночника

Для оценки показателя роста позвоночника при установленной конструкции LSZ использовалась разница коэффициента конструкции перед удалением LSZ и в момент установки системы. Коэффициент конструкции выражается в отношении расстояния между

проксимальным и дистальным точками контакта клипсы ламинарного крючка с пластиной к длине пластины. Средний показатель коэффициента роста конструкции после установки LSZ составлял $0,9\pm 0,036$, перед удалением — $0,96\pm 0,05$. Разница коэффициента конструкции составила $0,063\pm 0,037$, что свидетельствует о росте позвоночника (Рис. 1, 2).

Замена конструкции LSZ

Ни у одного пациента не было отмечено образования спонтанного спондилодеза в момент выполнения операции по замене растущей конструкции LSZ, что позволило достичь дополнительной коррекции во время ее замены (табл. 2). Также у всех 11 пациентов имелись признаки металлоза разной степени выраженности, в основном в поясничном отделе позвоночника, что связано с большой мобильностью данного сегмента. Развитие металлоза воспринимается нами как неотъемлемая часть любой конструкции растущего типа.

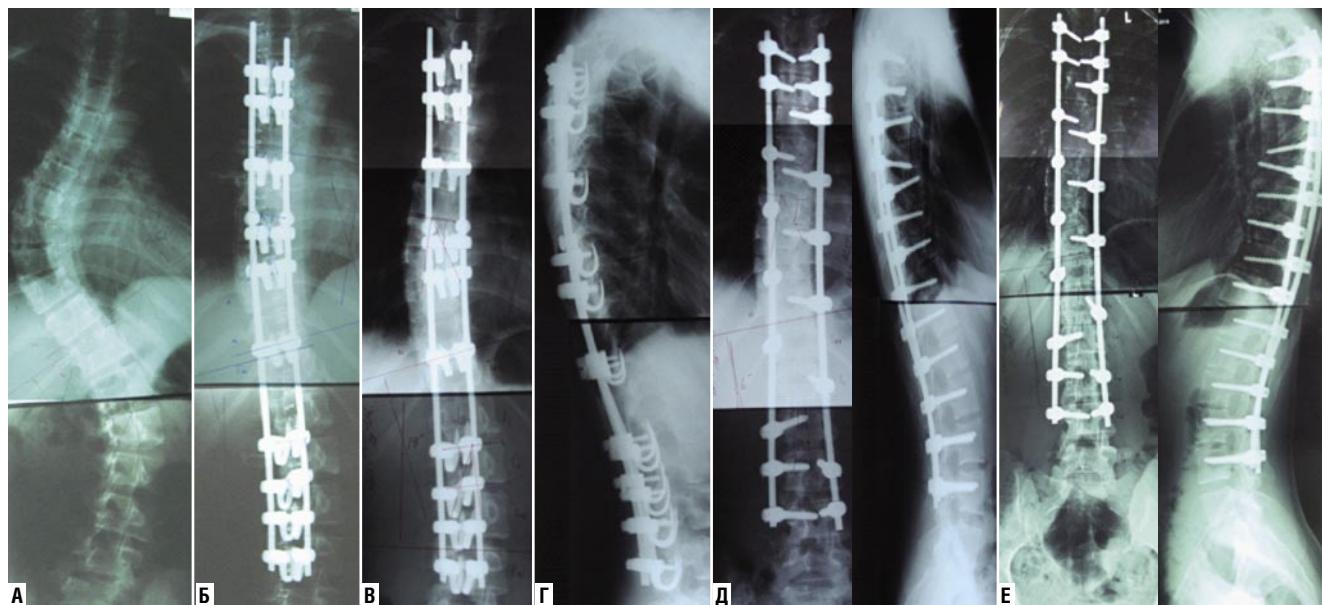


Рис. 2. Результат хирургического лечения пациентки 13 лет с AIS IIICN по Ленке. А — рентгенография позвоночника в прямой проекции до операции: угол основной дуги 63°, добавочной 52°. Б — рентгенография позвоночника в прямой проекции после установки растущей конструкции LSZ. Угол основной дуги 23°, добавочной дуги — 14°. В — рентгенография позвоночника в 2-х проекциях через 3 года с момента установки LSZ. Отмечается укорочение проксимального и дистального концов пластины (красные стрелки). Угол основной дуги 28°, добавочной — 18°. Г — рентгенография позвоночника в 2-х проекциях после замены растущей конструкции LSZ на транспедикулярную систему. Угол основной дуги 18°, добавочной дуги 6°. Д — рентгенография позвоночника в 2-х проекциях на контрольном осмотре через 5 лет после 2-й операции. Угол основной дуги 16°, добавочной дуги — 3°.

Среднее время с момента установки растущей конструкции LSZ до замены составило $40 \pm 10,55$ месяцев, что обусловлено периодом освоения техники транспедикулярной фиксации. По нашим наблюдениям оптимальный срок замены конструкции LSZ на транспедикулярную фиксацию составляет 3–4 года с момента установки LSZ.

Нежелательные явления

Не было отмечено неврологического дефицита ни у одного пациента после выполнения 1 и 2 этапов лечения. Инфекционных осложнений также не было. У 2 пациентов был выполнен перемонтаж растущей системы LSZ. У 1 пациента произошло прогрессирование деформации ниже уровня фиксации ввиду первоначального выполнения селективной фиксации грудного отдела позвоночника конструкцией LSZ. Данному пациенту было выполнено удлинение конструкции LSZ до 4 поясничного позвонка. У другого пациента в срок наблюдения 22 месяца сломалась 1 пластина в поясничном отделе позвоночника с миграцией фрагмента.

Выскальзывание клипс ламинарных крючков в проксимальных или дистальных отделах пластин мы не считаем за осложнение, т.к. это прогнозируемый процесс, происходящий в срок 3–4 и более лет наблюдения с момента установки растущей конструкции LSZ из-за роста позвоночника. Данное событие произошло у 5 пациентов. У 1 из этих пациентов выскальзывание клипс в проксимальном отделе пластин произошло в срок на-

блюдения 2 года. Мы не стали выполнять перемонтаж металлоконструкции в этот момент, т.к. признаков нестабильности всей конструкции не было, жалоб пациент не предъявлял. Данному пациенту выполнен 2-й этап лечения в запланированный срок 3 года.

Обсуждение

Резюме основного результата исследования

В этом отчете мы демонстрируем безопасность и результаты применения растущей конструкции LSZ при AIS у пациентов с незрелым скелетом. В этой когорте наблюдалось одномоментное удовлетворительное улучшение углов деформации с незначительной потерей достигнутой коррекции к 4-х летнему периоду наблюдения, что компенсировалось выполнением окончательного спондилодеза в последующем. Также, за счет выполнения транспедикулярной фиксации удалось достичь большей, в сравнении с первоначально достигнутой, коррекции. Ни один пациент не продемонстрировал ухудшения деформации вплоть до выполнения 2-го этапа хирургического лечения и никаких неврологических и инфекционных осложнений не возникло.

Обсуждение основного результата исследования

Концепция управления ростом при использовании растущих спинальных стержней основана на использовании потенциала роста позвоночного столба ребенка и взяла свое начало с техники скольжения тележки Luque. «Тележка» состояла из несращенного позвоночника, с

субламинарной проволокой, расположенной билатерально на множестве сегментов, соединенной с гладкими продольными стержнями, расположенными вдоль дужек позвонков. Результаты применения данной конструкции были противоречивыми, что связано с субпериостальным проведением проволоки и как следствие высокой частотой спонтанного спондиллодеза, высокой частотой ревизионных вмешательств, приближающейся к 100%, большим количеством инфекционных и неврологических осложнений, поэтому данный метод вышел из употребления, за исключением нескольких центров [9–11].

Техника Шилла включает в себя коррекцию апикальной части деформации за счет билатерально установленных моноаксиальных транспедикулярных винтов с фиксированной головкой и выполнения спондиллодеза на данном уровне. В проксимальных и дистальных отделах деформации имплантируются полиаксиальные винты без субпериостального обножения и выполнения спондиллодеза. В этих винтах блокирующая гайка не фиксирует стержень, а крепится к верхушке винта, тем самым позволяя винтам скользить в продольном направлении относительно стержней, не препятствуя росту позвоночника [12].

McCarthy и др. [13] в предварительном отчете показали многообещающий результаты применения данной конструкции в течение 2-х летнего периода наблюдения, но при более длительном наблюдении эти данные не подтвердились. Так Andras и др. [14] провели ретроспективное сравнительно исследование применения системы SHILLA и традиционных растущих стержней при лечении EOS. После выполнения первичной операции у группы SHILLA было большее улучшение деформации со средним углом Кобба 26° , по сравнению с группой растущих стержней, у которой средний угол Кобба составлял 38° . Однако со временем углы Кобба в группе SHILLA увеличились по сравнению со значениями, достигнутыми после выполнения 1-й операции. При окончательном наблюдении средний угол Кобба у пациентов с SHILLA составил 45° по сравнению с 35° в группе растущих стержней.

Стоит отметить, что тележка LUQUE и система SHILLA, как и другие благоприятные для роста позвоночника конструкции в основном используются у пациентов со сколиозом с ранним началом. Эта группа пациентов считается наиболее тяжелой с точки зрения лечения и исходов, что не позволяет нам сравнивать наши данные с имеющимися.

Анализируя исходы хирургического лечения пациентов с AIS, Kwan и др. [15] провели ретроспективный анализ результатов хирургического лечения 1057 пациентов с AIS, с применением задней транспедикулярной фиксации и спондиллодеза. Средний возраст пациентов составил $15,6 \pm 3,7$. У большинства пациентов отмечался Тип 1 деформации по Ленке (46,9%). Для грудных деформаций средние предоперационные и послеоперационные значения основной дуги составили $67,9 \pm 17,8^\circ$ и $24,0 \pm 12,1^\circ$, соответственно, со средним процентом коррекции

$65,3 \pm 11,7\%$. Средний предоперационный угол основной дуги для груднопоясничных/поясничных деформаций составил $62,3 \pm 13,9^\circ$, в то время как средний послеоперационный угол основной дуги составил $20,8 \pm 11,0^\circ$, со средним процентом коррекции $67,4 \pm 13,4\%$. Средняя продолжительность операции составила $146,8 \pm 49,4$ мин. Средняя интраоперационная кровопотеря составила $952,9 \pm 530,4$ мл при этом 53 пациентам (5%) потребовалось переливание аллогенной крови. Сравнивая полученными нами данные с общемировыми, можно предположить гипотезу о лучшей коррекции деформации позвоночника и возможности роста позвоночника в период до выполнения окончательной стабилизации позвоночника при применении нашего подхода. Последующие исследования с большей выборкой пациентов и полноценным статистическим анализом позволят подтвердить или опровергнуть данную гипотезу.

Оценивая надежность фиксации позвоночника ламинарными крючками LSZ, Wilke и соавт. [16] в эксперименте *in vitro* сравнили первичную и долгосрочную стабильность фиксации груднопоясничного отдела позвоночника ламинарными крючками LSZ в сравнении с транспедикулярными винтами. Были использованы двенадцать бисегментарных свежесзамороженных образцов груднопоясничного отдела позвоночника человека (T11–L1) со средним возрастом 74,5 года (диапазон 47–86 лет). Образцы были разделены на две группы с $n = 6$ сопоставимыми значениями возраста и МПКТ. Проведенные тесты показали аналогичную первичную и долгосрочную стабильность при сгибании/разгибании и тенденцию к большей гибкости при боковом изгибе и аксиальном вращении. Различия не были существенными как для первичной стабильности, так и для риска ослабления между обеими системами стабилизации.

Заключение

Разработка и внедрение в практику нашего центра растущей конструкции LSZ позволило выполнять первичную коррекцию и стабилизацию деформации позвоночника у пациентов с AIS с незавершенным костным ростом, минимизируя риски прогрессирования деформации и не препятствуя нормальному росту позвоночника. Первичное хирургическое вмешательство ввиду своих особенностей выполняется достаточно быстро, с маленькой относительно тяжести заболевания кровопотерей и не нарушая костной анатомии позвоночника, что позволяет выполнить замену данной конструкции с меньшими рисками, в сравнении с другими ревизионными вмешательствами у данной группы пациентов.

В настоящее время применение растущей конструкции LSZ в нашем центре ограничивается тяжелыми и сверхтяжелыми деформации позвоночника у пациентов с AIS с незавершенным ростом. Последующие публикации будут направлены на оценку эффективности представленного подхода у данной группы пациентов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).**ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES**

1. Yee D, Fong T, Lee CF, et al. A Meta-Analysis of the Clinical Effectiveness of School Scoliosis Screening. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010; 35(10): 1061-1071.
2. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, et al. 2016 SOSORT Guidelines: Orthopaedic and Rehabilitation Treatment of Idiopathic Scoliosis during Growth. Vol 13. *Scoliosis and Spinal Disorders*. 2018. doi: 10.1186/s13013-017-0145-8.
3. Weinstein SL, Dolan LA, Wright JG, Dobbs MB. Effects of Bracing in Adolescents with Idiopathic Scoliosis. *N Engl J Med*. 2013; 369(16): 1512-1521. doi: 10.1056/nejmoa1307337.
4. Unnikrishnan R, Renjithkumar J, Menon V. Adolescent idiopathic scoliosis: Retrospective analysis of 235 surgically treated cases. *Indian J Orthop*. 2010; 44(1): 35-41. doi: 10.4103/0019-5413.58604.
5. Jada A, Mackel CE, Hwang SW, et al. Evaluation and management of adolescent idiopathic scoliosis: A review. *Neurosurg Focus*. 2017; 43(4): 1-9. doi: 10.3171/2017.7.FOCUS17297.
6. Skaggs DL, Akbarnia BA, Flynn JM, Myung KS, Sponseller PD, Vitale MG. A classification of growth friendly spine implants. *J Pediatr Orthop*. 2014; 34(3): 260-274. doi: 10.1097/BPO.0000000000000073.
7. Hardesty CK, Huang RP, El-hawary R, et al. Early-Onset Scoliosis: Updated Treatment Techniques and Results. 2018; 6: 467-472. doi: 10.1016/j.jspd.2017.12.012.
8. M. N. What's New in Pediatric Spine Growth Modulation and Implant Technology for Early-Onset Scoliosis. 2016. *J Pediatr Orthop*. 2016.
9. Ouellet J. Surgical technique: Modern Luqué Trolley, a self-growing rod technique. *Clin Orthop Relat Res*. 2011; 469(5): 1356-1367. doi: 10.1007/s11999-011-1783-4.
10. Luque ER. Treatment of scoliosis without arthrodesis or external support: a preliminary report. *Orthop Trans*. 1977; 1: 37-38.
11. Pratt RK, Webb JK, Burwell RG, Cummings SL. Luque trolley and convex epiphysiodesis in the management of infantile and juvenile idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1999; 24(15): 1538-1547. doi: 10.1097/0000-7632-199908010-00007.
12. Morell SM, McCarthy RE. New developments in the treatment of early-onset spinal deformity: Role of the shilla growth guidance system. *Med Devices Evid Res*. 2016; 9: 241-246. doi: 10.2147/MDER.S77657.
13. McCarthy RE, Luhmann S, Lenke L, McCullough FL. The shilla growth guidance technique for early-onset spinal deformities at 2-year follow-up: A preliminary report. *J Pediatr Orthop*. 2014; 34(1): 1-7. doi: 10.1097/BPO.0b013e31829f92dc.
14. Andras LM, Joiner ERA, McCarthy RE, et al. Growing rods versus Shilla growth guidance: Better Cobb angle correction and t1-s1 length increase but more surgeries. *Spine Deform*. 2015; 3(3): 246-252. doi: 10.1016/j.js-pd.2014.11.005.
15. Kwan MK, Loh KW, Chung WH, Chiu CK, Hasan MS, Chan CYW. Perioperative outcome and complications following single-staged Posterior Spinal Fusion (PSF) using pedicle screw instrumentation in Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS): a review of 1057 cases from a single centre. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021; 22(1): 1-16. doi: 10.1186/s12891-021-04225-5.
16. Wilke HJ, Kaiser D, Volkheimer D, Hackenbroch C, Püschel K, Rauschmann M. A pedicle screw system and a lamina hook system provide similar primary and long-term stability: a biomechanical in vitro study with quasi-static and dynamic loading conditions. *Eur Spine J*. 2016; 25(9): 2919-2928. doi: 10.1007/s00586-016-4679-x.