

ОБЗОРЫ

УДК 616.711-007.55-053.5/6-089

**АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕНТРАЛЬНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ
КОРРЕКЦИИ ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ
С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ****Кокушин Д.Н., Хусайнов Н.О.***ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Пушкин, e-mail: partgerm@yandex.ru*

Хирургическое лечение деформаций позвоночника, представленных идиопатическим сколиозом, является одним из актуальных вопросов современной вертебрологии. В настоящее время «золотым стандартом» лечения данной патологии является транспедикулярная фиксация и стабилизация позвоночника на протяжении сколиотической дуги деформации, позволяющая получить полноценную трехмерную коррекцию, деротацию позвонков, восстановление физиологических профилей позвоночника, стабильную фиксацию и сохранение достигнутого результата в отдаленном периоде наблюдения. Обзор посвящен обобщению данных современной научной литературы об особенностях применения вентральной динамической коррекции при хирургическом лечении пациентов с идиопатическим сколиозом. Вентральная динамическая коррекция при хирургическом лечении пациентов с идиопатическим сколиозом является альтернативой операции дорсального спондилодеза, осуществляемого посредством многоопорной транспедикулярной системой, и предназначена для сохранения движения позвоночника. Исходя из показаний для применения системы VBT, в ряде случаев ее можно рассматривать как альтернативу корсетного лечения у детей с незавершенным костным ростом и небольшой величиной сколиотической дуги. В недавних исследованиях с небольшим сроком наблюдения система VBT демонстрирует многообещающие результаты в качестве метода модуляции роста, способствующего коррекции сколиоза, предлагая при этом потенциальное дополнительное преимущество в сохранении некоторой гибкости в инструментальном сегменте. Коррекция сколиотической деформации, клинические результаты и среднесрочные оценки SRS-22 были аналогичными для системы VBT и дорсальных многоопорных систем. Однако исследователями выявлена большая частота осложнений и повторных операций при использовании VBT по сравнению с дорсальным спондилодезом в отдаленном периоде наблюдения (≥ 36 мес.), что обуславливает необходимость долгосрочных рандомизированных проспективных исследований в дальнейшем.

Ключевые слова: идиопатический сколиоз, хирургическое лечение, вентральная спинальная система, динамическая фиксация, VBT

**ASPECTS OF THE USE OF VENTRAL DYNAMIC CORRECTION
IN THE SURGICAL TREATMENT OF PATIENTS WITH IDIOPATHIC SCOLIOSIS****Kokushin D.N., Khusainov N.O.***Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery of Ministry of Health of the Russian Federation, Pushkin, e-mail: partgerm@yandex.ru*

Surgical treatment of spinal deformities represented by idiopathic scoliosis is one of the topical issues of modern vertebrology. Currently, the «gold standard» of treatment of this pathology is transpedicular fixation and stabilization of the spine throughout the scoliotic arch of deformation, which allows to obtain a full-fledged three-dimensional correction, derotation of the vertebrae, restoration of the physiological profiles of the spine, stable fixation and preservation of the achieved result in the separated observation period. The review is devoted to generalizing the data of modern scientific literature on the features of the use of ventral dynamic correction in the surgical treatment of patients with idiopathic scoliosis. Ventral dynamic correction in the surgical treatment of patients with idiopathic scoliosis is an alternative to dorsal fusion surgery performed by a multi-support transpedicular system, and is designed to preserve the movement of the spine. Based on the indications for the use of the VBT system, in some cases it can be considered as an alternative to corset treatment in children with incomplete bone growth and a small scoliotic arch. In recent studies with a short follow-up period, the VBT system shows promising results as a growth modulation method that contributes to the correction of scoliosis, while offering a potential additional advantage in maintaining some flexibility in the instrumental segment. Correction of scoliotic deformity, clinical results and medium-term SRS-22 evaluations were similar for the VBT system and dorsal multi-support systems. However, the researchers revealed a higher frequency of complications and repeated operations when using VBT compared to dorsal fusion in the long-term follow-up period (≥ 36 months), which necessitates long-term randomized prospective studies in the future.

Keywords: idiopathic scoliosis, surgical treatment, ventral spinal system, dynamic fixation, VBT

Хирургическое лечение деформаций позвоночника, представленных идиопатическим сколиозом, является одним из актуальных вопросов современной вертебрологии. В настоящее время «золотым стандартом»

лечения данной патологии является транспедикулярная фиксация и стабилизация позвоночника на протяжении сколиотической дуги деформации, позволяющая получить полноценную трехмерную коррекцию, де-

ротацию позвонков, восстановление физиологических профилей позвоночника, стабильную фиксацию и сохранение достигнутого результата в отдаленном периоде наблюдения [1, 2]. В зависимости от тяжести и выраженности сколиотического процесса, обуславливающего анатомо-антропометрические особенности позвонков [3, 4], возможно выполнение коррекции искривления позвоночника как из дорсального, так и из комбинированного доступов с выполнением остеотомий в необходимом объеме для достижения полноценной мобилизации позвоночно-двигательных сегментов на вершине сколиотической дуги и с предпочтительным применением тотальной транспедикулярной фиксации [5, 6]. При незавершенном росте пациента и выраженной деформации позвоночника величиной более 40 градусов по Cobb рационально использовать корсетное лечение, позволяющее в ряде случаев достичь положительной динамики в течении заболевания и осуществить окончательное оперативное лечение на этапе завершения роста ребенка [7]. В то же время использование спинальных систем, предполагающих проведение этапных хирургических вмешательств по мере роста и развития ребенка и прогрессирования сколиотической деформации, связано с риском развития ряда осложнений и уменьшения эффективности окончательного результата хирургической коррекции, описанного авторами как закон убывающей отдачи (закон Sankar'a) [8]. В последнее время нашла применение и развитие техника «vertebral body tethering» (VBT), заключающаяся в осуществлении динамической коррекции и фиксации деформированного отдела позвоночника вентральной системой, опорные элементы которой устанавливаются на боковые поверхности тел позвонков по выуклой стороне сколиотической дуги и соединяют специальным «кордом». Данная методика подразумевает отсутствие выполнения этапа спондилодеза и сохранение объема движений в фиксируемых позвоночно-двигательных сегментах [9].

В связи с вышеизложенным целью нашего обзора явилось описание современных аспектов применения вентральной динамической коррекции при хирургическом лечении пациентов с идиопатическим сколиозом.

A.R. Krakow et al. на основании критериев, определенных IDE FDA как показания для применения VBT при коррекции деформаций позвоночника (возраст 8–16 лет, шкала Sanders'a ≤ 4 , величина грудной дуги от 35° до 60° , поясничная дуга $< 35^\circ$), проведен ретроспективный анализ 359 паци-

ентов с идиопатическим сколиозом, прошедших хирургическое лечение в период с 2016 по 2019 г. 75 (20,9%) пациентов соответствовали данным критериям для использования VBT при коррекции деформации грудного отдела позвоночника [10]. По данным A.F. Buyuk et al. при оценке объема движений по данным функциональных рентгенограмм позвоночника, выполненных через 1 год после установки 32 пациентам системы VBT, на которых авторы проводили сравнительное измерение с дооперационными значениями на тех же уровнях во фронтальной (боковые наклоны) и сагиттальной (сгибание-разгибание) плоскостях, установлено, что объем движений во фронтальной плоскости уменьшился на 77%, на рентгенограммах в боковой проекции, сделанных через 1 год после операции, средний угол кифоза составил $33^\circ \pm 13^\circ$ при сгибании и $11^\circ \pm 14^\circ$ при разгибании. Авторами сделан вывод, что данные результаты подтверждают концепцию о том, что движение позвоночника в сагиттальной плоскости сохраняется после установки системы VBT на грудной отдел, хотя функциональное значение еще предстоит определить [11].

При проведении анализа литературы необходимо отметить, что основная часть публикаций, посвященных вопросам применения техники вентральной динамической коррекции сколиоза, касается хирургического лечения пациентов, средний возраст которых составлял 12 лет. По типу деформации преобладали деформации позвоночника с ведущей грудной дугой, величина деформации в среднем составляла 40° по Cobb. Период наблюдения в данных исследованиях составлял до двух лет. Так, A.F. Samdani et al. при анализе результатов хирургического лечения 11 пациентов (8 девочек, средний возраст – $12,3 \pm 1,6$ года, шкала Sanders – $3,4 \pm 1,1$) с идиопатическим сколиозом грудной локализации с двухлетним наблюдением, которым в среднем фиксировали $7,8 \pm 0,9$ позвонков (Th5-L2). Угол сколиоза до операции составил $44,2 \pm 9,0^\circ$, $20,3 \pm 11,0^\circ$ после операции, $13,5 \pm 11,6^\circ$ – через 2 года. Серьезных осложнений авторами не отмечено, 2 пациентам через 2 года после операции выполняли повторные вмешательства для предотвращения гиперкоррекции [12]. Сходные результаты получили M. Boudissa et al. Авторы использовали минимально инвазивный видеоторакоскопический доступ, прооперировано шесть пациентов с мобильной деформацией в грудном отделе позвоночника, величиной $45 \pm 10^\circ$ [13]. В следующем проспективном исследовании 21 пациента, средний воз-

раст – 11,1 года, выполнена торакоскопическая установка винтов по выпуклой стороне деформации в грудном отделе позвоночника, зафиксировано в среднем 7,1 позвонка. Угол сколиоза до операции – 48,2 градуса по Cobb, после операции – 16, через 2 года – 10 градусов в среднем. Сразу после операции был выявлен и консервативно вылечен 1 случай хилоторакса, один случай обрыва троса обнаружен на третьем году после операции и заменен торакоскопически. Авторами сделан вывод, что VBT является безопасным и эффективным вариантом хирургического лечения идиопатического сколиоза у пациентов с незавершенным ростом при условии ее применения в соответствии со строгими критериями включения [14]. A. Alana et al. провели анализ хирургического лечения 31 пациента, 29 девочек, 2 мальчика, средний возраст на момент операции – 12,1 года (10–14 лет), пациенты разделены на пять групп по шкале Sanders'a: 1, 2, 3, 4–5 и 6–7. Период наблюдения в среднем 27,1 (12–62) месяца. Угол сколиоза до операции – $47 \pm 7,6^\circ$. У четырех (12,9%) пациентов были легочные и у шести (19,4%) – механические осложнения. Двум пациентам (6,5%) потребовалась повторная операция. Отмечен меньший риск механических осложнений у пациентов Sanders 3, 4 и 5 [15]. При анализе осложнений, связанных с применением VBT при идиопатическом сколиозе у 120 пациентов с периодом наблюдения 2 года, в послеоперационном периоде ревизионных вмешательств не отмечено, частота осложнений составила 0,8% – 1 пневмоторакс. У 5 пациентов после выписки развились осложнения: внутренняя ликворея, экссудативный плеврит, потребовавший дренирования – 2 случая, 1 случай поверхностной раневой инфекции и пневмонии. Через 1 год после операции частота возникновения рецидива составила 1,7%, а частота осложнений – 8,3%. У четырех пациентов развились осложнения после 90 дней: 2 случая парестезий верхних конечностей, 1 утечка ликвора, 1 случай появления поясничного противоискривления, потребовавший увеличения зоны фиксации. Через 2 года после операции частота возникновения рецидива составила 6,7%, а частота осложнений – 15,8% [16]. При анализе ближайших результатов применения вентральной динамической коррекции сколиоза у 19 пациентов 13–44 лет с завершенным ростом (количество уровней динамической фиксации – от 6 до 12, проксимальный уровень фиксации – Th5, наиболее дистальный – L4) авторами выявлена положительная первичная результативность по показателям BASH и SRS-22 [9].

При анализе литературы, отражающей период наблюдения более двух лет, получены следующие данные. В исследовании C.E. Baker et al. 17 пациентам установлено 19 систем VBT (13 грудных и 6 поясничных). Проведено четыре (24%) ревизионных вмешательства, три из них на поясничном отделе позвоночника. Отмечено девять случаев (47%) разрыва корда. Метод VBT требует дальнейшего изучения с более длительными результатами для определения оптимальных критериев для его использования [17]. В следующем исследовании изучены результаты лечения у 112 пациентов (116 первичных процедур VBT). На момент операции средний возраст составлял $12,7 \pm 1,4$ года (8,2–16,7). Период наблюдения составил в среднем 37 ± 9 месяцев (15–64). У 25 пациентов (22%) отмечено 28 осложнений. 15 пациентам (13%) потребовалось 18 ревизионных операций [18]. В когорте из 29 пациентов, средний возраст – $12,7 \pm 1,5$ года (10,2 – 16,7 лет), при помощи системы VBT фиксировано $7,2 \pm 1,4$ позвонка, угол сколиоза до операции составил 42° по Cobb. 27 пациентов при последнем осмотре имели завершенный костный рост (Sanders ≥ 7), у 20 пациентов величина остаточной деформации составила $\leq 30^\circ$ (74% отличных результатов). Подозрение на разрыв корда отмечено на уровне ≥ 1 у 14 пациентов (48%). Двум пациентам выполнен дорсальный спондилодез, 4 – ревизия корда [19]. В следующем одноцентровом проспективном исследовании проведен анализ отдаленных результатов хирургического лечения (4 года) у 5 пациентов женского пола в возрасте от 9 до 12 лет с грудным сколиозом. Количество фиксированных позвонков, как и в предыдущих исследованиях, составило 7–8. Угол сколиоза до операции – $40,1^\circ$ в среднем. Коррекция деформации – 0% до $133,3\%$ за 4 года. Отмечено 20 нежелательных явлений, из которых 16 были легкими и 4 – средней степени тяжести. 4 случая пневмонии, прогрессирование поясничного противоискривления или перкоррекция произошли у 3 пациентов, 2 из которых потребовали проведения спондилодеза [20]. В следующем исследовании авторами проанализированы результаты лечения 57 пациентов (49 девочек и 8 мальчиков), средний возраст – $12,4 \pm 1,3$ года. У пациентов в среднем было зафиксировано $7,5 \pm 0,6$ позвонка. Период наблюдения – $55,2 \pm 12,5$ месяцев. Угол грудной дуги до операции – $40,4^\circ \pm 6,8^\circ$ и $18,7^\circ \pm 13,4^\circ$ во время последнего наблюдения. У 80% пациентов во время последнего наблюдения величина деформации составила $<30^\circ$. Серьезных неврологических или легоч-

ных осложнений не возникло. У 7 (12,3%) из 57 пациентов выполнялись ревизионные вмешательства [21].

При проведении сравнительного анализа результатов хирургического лечения пациентов с идиопатическим сколиозом тип 1 или 2 по Lenkes с помощью стандартного дорсального инструментального спондилодеза у 62 пациентов и 20 пациентов с VBT, с величиной деформации от 35° до 60° и поясничным противоискривлением менее 35° по Cobb, тест Риссера 0 или Sanders 4 и менее. Между группами не было обнаружено различий в демографических показателях, клинических переменных и рентгенографических показателях [22]. В другом исследовании сходного дизайна (21 пациент – группа VBT и 22 пациента – дорсальный спондилодез) с периодом наблюдения 37 месяцев в среднем при оценке по шкалам SRS-22 и SF-36 выявлено, что группа VBT имеет достоверно лучшую поясничную амплитуду движений, выносливость сгибателей и разгибателей туловища и силу мышц туловища с высокой статистической значимостью. Также обнаружено, что группа VBT имеет более высокие баллы по качеству жизни, в том числе лучшие средние общие баллы SRS-22 и лучшие средние баллы SF-36 MCS/PCS с также высокой статистической значимостью [23].

Анализ данных проведенных обзорных исследований и метаанализа по применению системы VBT для лечения идиопатического сколиоза у подростков с использованием торакоскопического инструментария показал следующие результаты. Всего прооперировано 530 пациентов, 81,7% женщин. Среднее время операции составило 371,5 минуты, средняя кровопотеря – 502,85 мл. Средний угол сколиоза до операции – $52,9^\circ$, после операции – $17,9^\circ$, величина коррекции – 62,7%. Количество фиксированных позвонков составило 6,3. Показатели легочной функции вернулись к дооперационным значениям через 2 года после операции, а частота осложнений составила 21,3% [24]. P.O. Newton et al. в своем исследовании провели сравнительный анализ результатов лечения пациентов с идиопатическим сколиозом грудной локализации дорсальной многоопорной транспедикулярной металлоконструкцией (26 пациентов) и системой VBT (23 пациента). Средний период наблюдения составил 3,6 года. До операции группы были одинаковыми по величине деформации (угол сколиоза $53 \pm 8^\circ$ – группа VBT и $54^\circ \pm 7^\circ$ – группа дорсального спондилодеза ($p = 0,4$)). На момент окончательного наблюдения когорты VBT имела значительно большую

остаточную деформацию, угол сколиоза составил $33 \pm 18^\circ$ по сравнению с $16 \pm 6^\circ$ для группы с дорсальными системами ($p < 0,001$). В когорте VBT проведено 9 повторных вмешательств, и ни одной в когорте дорсального спондилодеза. Изменения произошли в среднем через 2,3 года после операции – 12 пациентов (52%) имелись признаки разрыва корда, из этих пациентов 4 прошли ревизию [25].

M. Shin et al. проведен метаанализ, в котором выполнили сравнение послеоперационных результатов между пациентами с идиопатическим сколиозом, после процедур VBT (211 пациентов) и дорсального спондилодеза (1069 пациентов). Общее число осложнений составили 26% для VBT против 2% для дорсального спондилодеза, а показатели повторных операций составили 14,1% для VBT против 0,6% для дорсального спондилодеза. Общее число повторных операций в периоде наблюдения ≥ 36 месяцев составила 24,7% в VBT против 1,8% для дорсального спондилодеза. Коррекция деформации, клинические результаты и среднесрочные оценки SRS-22 были аналогичными. Таким образом, исследователи выявили большую частоту осложнений и повторных операций при VBT по сравнению с дорсальным спондилодезом в отдаленном периоде наблюдения (≥ 36 месяцев). Авторами сделан вывод о необходимости долгосрочных рандомизированных проспективных исследований в дальнейшем [26].

Заключение

Вентральная динамическая коррекция при хирургическом лечении пациентов с идиопатическим сколиозом является альтернативой операции дорсального спондилодеза, осуществляемого посредством многоопорной транспедикулярной системы, и предназначена для сохранения движения позвоночника. Исходя из показаний для применения системы VBT, в ряде случаев ее можно рассматривать как альтернативу корсетного лечения у детей с незавершенным костным ростом и небольшой величиной сколиотической дуги.

В недавних исследованиях с небольшим сроком наблюдения система VBT демонстрирует многообещающие результаты в качестве метода модуляции роста, способствующего коррекции сколиоза, предлагая при этом потенциальное дополнительное преимущество в сохранении некоторой гибкости в инструментальном сегменте. Коррекция сколиотической деформации, клинические результаты и среднесрочные оценки SRS-22 были аналогичными для си-

стемы VBT и дорсальных многоопорных систем. Однако исследователями выявлена большая частота осложнений и повторных операций при использовании VBT по сравнению с дорсальным спондилодезом в отдаленном периоде наблюдения (≥ 36 месяцев), что обуславливает необходимость долгосрочных рандомизированных проспективных исследований в дальнейшем.

Список литературы

1. Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н., Беляничиков С.М., Мурашко В.В., Картавенко К.А., Надиров Н.Н. Хирургическое лечение детей с идиопатическим сколиозом типа LENKE I с применением тотальной транспедикулярной фиксации // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2014. Т. 2. № 2. С. 3–8.
2. Виссарионов С.В., Надиров Н.Н., Беляничиков С.М., Кокушин Д.Н., Мурашко В.В., Картавенко К.А. Оперативное лечение детей с груднопоясничным идиопатическим сколиозом транспедикулярными спинальными системами // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2015. Т. 3. № 3. С. 15–20.
3. Кокушин Д.Н., Виссарионов С.В., Баиндурашвили А.Г., Барт В.А. Анализ анатомо-антропометрических параметров позвонков у детей с идиопатическим сколиозом грудной локализации с применением 3D-КТ-навигации // Хирургия позвоночника. 2016. Т. 13. № 1. С. 27–36.
4. Кокушин Д.Н., Виссарионов С.В., Баиндурашвили А.Г., Барт В.А., Богатырев Т.Б. Оценка анатомо-антропометрических параметров костных структур позвонков у детей с идиопатическим сколиозом груднопоясничной и поясничной локализации с использованием навигации // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 9–1. С. 53–59.
5. Vissarionov S., Schroeder J.E., Novikov S.N., Kokyshin D., Belanchikov S., Kaplan L. The utility of 3-dimensional-navigation in the surgical treatment of children with idiopathic scoliosis. *Spine Deform.* 2014. Vol. 2. No. 4. P. 270–275.
6. Виссарионов С.В., Филиппова А.Н., Кокушин Д.Н., Мурашко В.В., Беляничиков С.М., Хусаинов Н.О. Хирургическая коррекция тяжелых форм идиопатического кифосколиоза у детей // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2019. Т. 7. № 3. С. 5–14.
7. Völlner F., Dingeldey E., Schmitz S., Grifka J.C., Matussek J. Conservative und operative Therapie der idiopathischen Skoliose [Conservative and surgical treatment of idiopathic scoliosis]. *Orthopade.* 2020. Vol. 49. No. 7. P. 635–646. German. Erratum in: *Orthopade.* 2021 Feb. Vol. 50. No. 2. P. 162.
8. Sankar W.N., Skaggs D.L., Yazici M., Johnston C.E. 2nd, Shah S.A., Javidan P., Kadakia R.V., Day T.F., Akbarnia B.A. Lengthening of dual growing rods and the law of diminishing returns. *Spine.* 2011. Vol. 36. P. 806–809.
9. Колесов С.В., Переверзев В.С., Пантелеев А.А., Швец В.В., Горбатюк Д.С. Первый опыт вентральной динамической коррекции сколиозов у подростков с законченным ростом и взрослых: хирургическая техника и ближайшие результаты // Хирургия позвоночника. 2021. Т. 18. № 3. С. 19–29.
10. Krakow A.R., Magee L.C., Cahill P.J., Flynn J.M. Could have tethered: predicting the proportion of scoliosis patients most appropriate for thoracic anterior spinal tethering. *Spine Deform.* 2021. Vol. 9. No. 4. P. 1005–1012.
11. Buyuk A.F., Milbrandt T.A., Mathew S.E., Larson A.N. Measurable thoracic motion remains at 1 year following anterior vertebral body tethering, with sagittal motion greater than coronal motion. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2021 Jul. Vol. 16. P. 1–7.
12. Samdani A.F., Ames R.J., Kimball J.S., Pahys J.M., Grewal H., Pelletier G.J., Betz R.R. Anterior vertebral body tethering for idiopathic scoliosis: two-year results. *Spine (Phila Pa 1976).* 2014. Vol. 15. No. 39 (20). P. 1688–1693.
13. Boudissa M., Eid A., Bourgeois E., Griffet J., Courvoisier A. Early outcomes of spinal growth tethering for idiopathic scoliosis with a novel device: a prospective study with 2 years of follow-up. *Childs Nerv Syst.* 2017. Vol. 33. No. 5. P. 813–818.
14. Pehlivanoglu T., Oltulu I., Ofluoglu E., Sarioglu E., Altun G., Korkmaz M., Yildirim K., Aydogan M. Thoracoscopic Vertebral Body Tethering for Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Minimum of 2 Years' Results of 21 Patients. *J. Pediatr Orthop.* 2020. Vol. 40. No. 10. P. 575–580.
15. Alanay A., Yuceskul A., Abul K., Ergene G., Senay S., Ay B., Cebeci B.O., Yalinay Dikmen P., Zulemcan T., Yavuz Y., Yilgor C. Thoracoscopic Vertebral Body Tethering for Adolescent Idiopathic Scoliosis: Follow-up Curve Behavior According to Sanders Skeletal Maturity Staging. *Spine (Phila Pa 1976).* 2020. Vol. 45. No. 22. E1483–E1492.
16. Abdullah A., Parent S., Miyanji F., Smit K., Murphy J., Skaggs D., Gupta P., Vitale M., Ouellet J., Saran N., Cho R.H., Group PSS, El-Hawary R. Risk of early complication following anterior vertebral body tethering for idiopathic scoliosis. *Spine Deform.* 2021. Vol. 9. No. 5. P. 1419–1431.
17. Baker C.E., Kiezbak G.M., Neal K.M. Anterior vertebral body tethering shows mixed results at 2-year follow-up. *Spine Deform.* 2021. Vol. 9. No. 2. P. 481–489.
18. Rushton P.R.P., Nasto L., Parent S., Turgeon I., Aldebeyan S., Miyanji F. Anterior Vertebral Body Tethering for Treatment of Idiopathic Scoliosis in the Skeletally Immature: Results of 112 Cases. *Spine (Phila Pa 1976).* 2021. Vol. 46. No. 21. P. 1461–1467.
19. Hoernschemeyer D.G., Boeyer M.E., Robertson M.E., Loftis C.M., Worley J.R., Tweedy N.M., Gupta S.U., Duren D.L., Holzhauser C.M., Ramachandran V.M. Anterior Vertebral Body Tethering for Adolescent Scoliosis with Growth Remaining: A Retrospective Review of 2 to 5-Year Postoperative Results. *J Bone Joint Surg Am.* 2020. Vol. 102. No. 13. P. 1169–1176.
20. Wong H.K., Ruiz J.N.M., Newton P.O., Gabriel Liu K.P. Non-Fusion Surgical Correction of Thoracic Idiopathic Scoliosis Using a Novel, Braided Vertebral Body Tethering Device: Minimum Follow-up of 4 Years. *JBJS Open Access.* 2019. Vol. 4. No. 4. E0026.
21. Samdani A.F., Pahys J.M., Ames R.J., Grewal H., Pelletier G.J., Hwang S.W., Betz R.R. Prospective Follow-up Report on Anterior Vertebral Body Tethering for Idiopathic Scoliosis: Interim Results from an FDA IDE Study. *J Bone Joint Surg Am.* 2021. Vol. 103. No. 17. P. 1611–1619.
22. Qiu C., Talwar D., Gordon J., Capraro A., Lott C., Cahill P.J. Patient-Reported Outcomes Are Equivalent in Patients Who Receive Vertebral Body Tethering Versus Posterior Spinal Fusion in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Orthopedics.* 2021. Vol. 44. No. 1. P. 24–28.
23. Pehlivanoglu T., Oltulu I., Erdag Y., Akturk U.D., Korkmaz E., Yildirim E., Sarioglu E., Ofluoglu E., Aydogan M. Comparison of clinical and functional outcomes of vertebral body tethering to posterior spinal fusion in patients with adolescent idiopathic scoliosis and evaluation of quality of life: preliminary results. *Spine Deform.* 2021. Vol. 9. No. 4. P. 1175–1182.
24. Padhye K., Soroceanu A., Russell D., El-Hawary R. Thoracoscopic Anterior Instrumentation and Fusion as a Treatment for Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review of the Literature. *Spine Deform.* 2018. Vol. 6. No. 4. P. 384–390.
25. Newton P.O., Bartley C.E., Bastrom T.P., Kluck D.G., Saito W., Yazay B. Anterior Spinal Growth Modulation in Skeletally Immature Patients with Idiopathic Scoliosis: A Comparison with Posterior Spinal Fusion at 2 to 5 Years Postoperatively. *J Bone Joint Surg Am.* 2020. Vol. 102. No. 9. P. 769–777.
26. Shin M., Arguelles G.R., Cahill P.J., Flynn J.M., Baldwin K.D., Anari J.B. Complications, Reoperations, and Mid-Term Outcomes Following Anterior Vertebral Body Tethering Versus Posterior Spinal Fusion: A Meta-Analysis. *JBJS Open Access.* 2021. Vol. 6. No. 2. E21.00002.