

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗОНЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ДЕТЕЙ С НЕСТАБИЛЬНЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ПОЗВОНОЧНИКА

Виссарионов С.В.<sup>1</sup>, Картавенко К.А.<sup>1</sup>, Баиндурашвили А.Г.<sup>1</sup>, Кокушин Д.Н.<sup>1</sup>, Филиппова А.Н.<sup>1</sup>, Барт В.А.<sup>2</sup>, Залетина А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, e-mail: turner01@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, e-mail: vbartvit@mail.ru

**Цель исследования:** провести сравнительный анализ восстановления высоты травмированного тела позвонка, просвета позвоночного канала на уровне перелома в зависимости от сроков проведения хирургического вмешательства и характера повреждения позвонка. Проведен анализ хирургического лечения 54 пациентов в возрасте от 4 лет 2 месяцев до 17 лет 11 месяцев с повреждением позвонка типа А грудного и поясничного отделов позвоночника. В структуре повреждений подтип А2 составил 8 пациентов, А3 - 30 и А4 - 16 больных. При повреждении подтипа А2 изменения высоты передней и средней колонн поврежденного позвонка не отмечалось вне зависимости от срока проведения хирургического вмешательства и составило от 0 до 1 мм. С переломами подтипа А3, у оперированных в первые двое суток, восстановление высоты тела травмированного позвонка составило от 1 до 14 мм, с 3-х по 7-е сутки - от 0 до 10 мм, в отсроченном периоде - 0-4 мм. При повреждениях подтипа А4 восстановление высоты тела поврежденного позвонка, у оперированных в первые двое суток, составило от 3 до 11 мм, с 3-х по 7-е сутки - от 2 до 16 мм, в отсроченном периоде - от 2 до 10 мм. Высота тела позвонка с подтипом компрессионного повреждения А2 не изменяется вне зависимости от сроков проведения вмешательства. При повреждении А3 наиболее полноценно восстанавливается у оперированных в первые двое суток с момента травмы. В более поздние сроки высота тела позвонка изменяется незначительно или остается прежней. С переломом подтипа А4 восстановление высоты не зависит от сроков проведения операции. Таким образом, хирургическое вмешательство при изолированной компрессионной травме грудного и поясничного отделов позвоночника рекомендовано выполнять в первые двое суток.

**Ключевые слова:** нестабильное повреждение позвоночника, травма позвоночника у детей, открытая репозиция, высота позвонка.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF RECOVERY OF THE DAMAGE AREA AFTER SURGICAL TREATMENT OF CHILDREN WITH UNSTABLE SPINAL FRACTURES

Vissarionov S.V.<sup>1</sup>, Kartavenko K.A.<sup>1</sup>, Baindurashvili A.G.<sup>1</sup>, Kokushin D.N.<sup>1</sup>, Filippova A.N.<sup>1</sup>, Bart V.A.<sup>2</sup>, Zaletina A.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Institution "H.Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint-Petersburg, e-mail: turner01@mail.ru;

<sup>2</sup>St. Petersburg State University, Saint-Petersburg, vbartvit@mail.ru

**To conduct a comparative analysis of the restoration of the height of the injured vertebral body, the lumen of the spinal canal at the fracture level, depending on the timing of the surgical intervention and the nature of the vertebral injury. The analysis of surgical treatment of 54 patients aged from 4 years 2 months to 17 years 11 months with type A vertebra injury of the thoracic and lumbar spine. In the structure of injuries, the A2 subtype was 8 patients, A3 - 30 and A4 - 16 patients. In case of damage to the A2 subtype, changes in the height of the anterior and middle columns of the damaged vertebra were not observed regardless of the duration of the surgical intervention and ranged from 0 to 1 mm. With fractures of the A3 subtype, in those operated on in the first two days, the restoration of the body height of the injured vertebra ranged from 1 to 14 mm, from the 3rd to the 7th day - from 0 to 10 mm, in the delayed period - 0 - 4 mm. With injuries of the A4 subtype, the restoration of the body height of the injured vertebra in those operated on in the first two days ranged from 3 to 11 mm, from 3 to 7 days - from 2 to 16 mm, in the delayed period - from 2 to 10 mm. The height of the vertebral body with the A2 compression injury subtype does not change regardless of the timing of the intervention. In case of A3 injury, it is most fully restored in those operated on in the first two days from the moment of injury. At a later date, the height of the vertebral body changes slightly or remains the same. With a fracture of the A4 subtype, the restoration of height does not depend on the timing of the operation. Thus, it is recommended to**

## **perform surgical intervention for isolated compression trauma of the thoracic and lumbar spine in the first two days.**

Keywords: unstable spinal injury, spinal injury in children, open reduction, vertebral height.

В общей структуре травм опорно-двигательной системы у детей повреждения позвоночника составляют от 5 до 7% [1]. На протяжении последних нескольких лет количество детей с травмами позвоночного столба остается на прежнем уровне. Однако тяжесть самого повреждения становится более значительной [2]. Компрессионный механизм повреждения превалирует в структуре костно-травматических повреждений позвоночного столба [3].

В формировании посттравматического кифоза при повреждениях позвоночника у детей основополагающим патогенетическим фактором служит наличие механической нестабильности на уровне поврежденных колонн травмированного позвонка. Снижение высоты тела поврежденного позвонка, как основополагающий компонент развития посттравматических деформаций, признано многими исследователями [4; 5].

Методы измерения, разработанные для численной характеристики степени повреждения костных структур травмированного сегмента позвоночника, основанные на анализе спондилограмм и КТ-сканов, исходно имели свое применение у пациентов, относящихся к взрослой возрастной категории. Внедрение же их для оценки выраженности травматического повреждения растущих позвоночно-двигательных сегментов у детей произошло в более позднее время [6].

Однако до настоящего времени в имеющихся работах не проводили оценку восстановления формы и высоты травмированного тела позвонка, а также просвета позвоночного канала на уровне перелома в зависимости от сроков проведения операции и характера костного повреждения тела позвонка у пациентов детского возраста. В отечественной и зарубежной литературе мы не нашли научно обоснованных исследований, посвященных сравнительному анализу влияния перечисленных параметров при нестабильных повреждениях позвоночника у детей.

Цель исследования: провести сравнительный анализ восстановления формы и высоты травмированного тела позвонка, а также просвета позвоночного канала на этом уровне у детей с нестабильными изолированными повреждениями позвонка в зависимости от сроков проведения операции и характера перелома.

**Материалы и методы исследования.** Проведён анализ результатов хирургического лечения 54 пациентов (22 мужского пола и 32 женского) в возрасте от 4 лет 2 месяцев до 17 лет 11 месяцев с изолированным повреждением позвонка типа А грудного или поясничного отделов позвоночника. В исследование включены больные с повреждением двух колонн позвоночного столба – передней и средней, что согласно концепции F. Denis относится к

нестабильным переломам позвоночника. В нашем исследовании все пациенты имели соответствующие признаки повреждения.

Критериями включения пациентов в исследование являлись: изолированное одноуровневое повреждение позвонка типа А по алгоритму морфологических нарушений позвонков классификации АО-TLICS [7], наличие локального травматического кифоза, отсутствие неврологических нарушений по классификации ASIA, отсутствие повреждения заднего опорного комплекса, возраст пациента до 18 лет, согласие родителей ребенка на включение в исследование. Критериями исключения являлись: множественные и многоуровневые повреждения тел позвонков, повреждения позвонков типа В и С, изолированные переломы позвонков, сопровождающиеся неврологическим дефицитом, полное или частичное повреждение заднего связочного комплекса, возраст пациента старше 18 лет.

По типу повреждений все переломы позвоночника относились к типу А. В структуре этих видов повреждений подтип А2 отмечен у 8 пациентов, А3 – у 30 больных и А4 – у 16 детей. Учитывая небольшое количество больных в каждой группе исследования, с целью проведения статистического анализа полученных результатов мы не разделяли подтипы повреждений на подгруппы.

В грудном отделе повреждения локализовались на уровне Th6 позвонка у 3 пациентов, Th7 – у 2 и Th12 – у 4. Переломы позвонков поясничного отдела в исследовании встречались на всех уровнях: на уровне L1 - в 20 наблюдениях, на уровне L2 – в 7, L3 – в 11, L4 – в 5 и L5 – у 2 детей (таблица 1).

Таблица 1

Распределение пациентов по подтипу и уровню повреждения

	Грудной отдел			Поясничный отдел				
	Th6	Th7	Th12	L1	L2	L3	L4	L5
A2	1	1	-	1	1	2	2	-
A3	2	1	4	12	3	6	1	1
A4	-	-	-	7	3	3	2	1
Всего	3	2	4	20	7	11	5	2

Всем пострадавшим при поступлении проводили обследование по стандартной методике, включающей рентгенограмму позвоночника в двух проекциях в положении лежа и КТ поврежденного отдела позвоночного столба.

По рентгенограммам оценивали тип повреждения, высоту передней и средней колонн поврежденного позвонка до и после хирургического вмешательства. Согласно данным КТ уточняли характер костных повреждений, оценивали величину диастаза между костными

отломками, измеряли переднезаднее расстояние позвоночного канала на уровне повреждения. На основании данных лучевого исследования, непосредственно после операции и в отдаленном периоде наблюдения (от 2 до 10 лет), оценивали высоту и форму тела поврежденного позвонка, величину просвета позвоночного канала, а также расстояние между костными отломками тела травмированного позвонка при отсутствии их консолидации в процессе роста ребенка.

Измерение высоты передней и средней колонн травмированного позвонка проводили по рентгенограммам, выполненным в боковой проекции, при помощи программного обеспечения Image J. Получали истинную величину исследуемых параметров, выраженную в миллиметрах.

Величину просвета позвоночного канала измеряли по данным КТ в аксиальной плоскости на уровне повреждения и оценивали в процентах.

У всех пациентов сразу после травмы имел место выраженный болевой синдром в зоне повреждения, патологическая локальная кифотическая деформация позвоночного столба на этом уровне и нестабильный характер самого повреждения. Клинико-рентгенологическая картина повреждения являлась показанием к проведению хирургического вмешательства, направленного на восстановление высоты тела поврежденного позвонка, воссоздание физиологических профилей и стабилизацию травмированного позвоночно-двигательного сегмента.

Все дети были оперированы в сроки от нескольких часов до 3 недель от момента травмы. В более поздние сроки пациенты поступали из регионов Российской Федерации по независящим от нас причинам (поздняя диагностика, невозможность быстрой транспортировки, тяжелое состояние ребенка, обусловленное жизнеугрожающим состоянием).

Всем пациентам выполняли заднюю непрямую репозицию и транспедикулярную стабилизацию поврежденного позвоночно-двигательного сегмента с опорой на соседние, относительно сломанного, интактные тела позвонков, в сочетании с задним локальным спондилодезом. Исключение составляли позвонки, переломы которых локализовались в зоне грудопоясничного перехода. В этой ситуации фиксацию продлевали на один позвонок выше или ниже в зависимости от уровня поврежденного позвонка, тем самым способствовали восстановлению физиологического профиля травмированного грудопоясничного перехода позвоночника и предотвращали от развития контактного кифоза в этой зоне.

Для сравнения высоты передней и средней колонн в динамике применены парные критерии знаков и Вилкоксона, диаграммы Тьюки «ящики с усами». Расчеты проведены в компьютерном статистическом пакете *Statistica 7* (StatSoft, Inc.). Критический уровень статистической значимости установлен на уровне  $p < 0,05$ .

## Результаты исследования и их обсуждение

Величина локального травматического кифоза при повреждении грудных позвонков составила от 12° до 37° по Cobb (среднее, медиана 23°, 21°). Травматический кифоз в поясничном отделе находился в диапазоне от -12° до 26° (11°, 10°).

При повреждении подтипа А2 четверо из 8 детей оперированы в первые 24 часа от момента травмы, 2 пациентам операция проведена на 2-е и 7-е сутки, и 2 пострадавшим детям операция выполнена на 8-е и 15-е сутки соответственно. Изменение высоты передней и средней колонн травмированного позвонка у детей, оперированных в первые сутки, наблюдалось лишь в одном случае и составило 3 мм за счет репозиции частично фрагментированного отломка передней колонны split-перелома во фронтальной плоскости (рисунок 1 А, Б). В 3 наблюдениях восстановление высоты обеих колонн не отмечалось. Восстановление высоты колонн тела поврежденного позвонка (таблица 2) у 4 детей, оперированных со 2-х до 15-х суток с момента травмы, составило от 0 до 1 мм (среднее 0,5 мм).

Форма позвонка при данном подтипе повреждения не изменялась.

Таблица 2

Величина восстановления высоты передней колонны позвоночника в зависимости от уровня повреждения и времени выполнения хирургического вмешательства при переломе позвонка подтипа А2

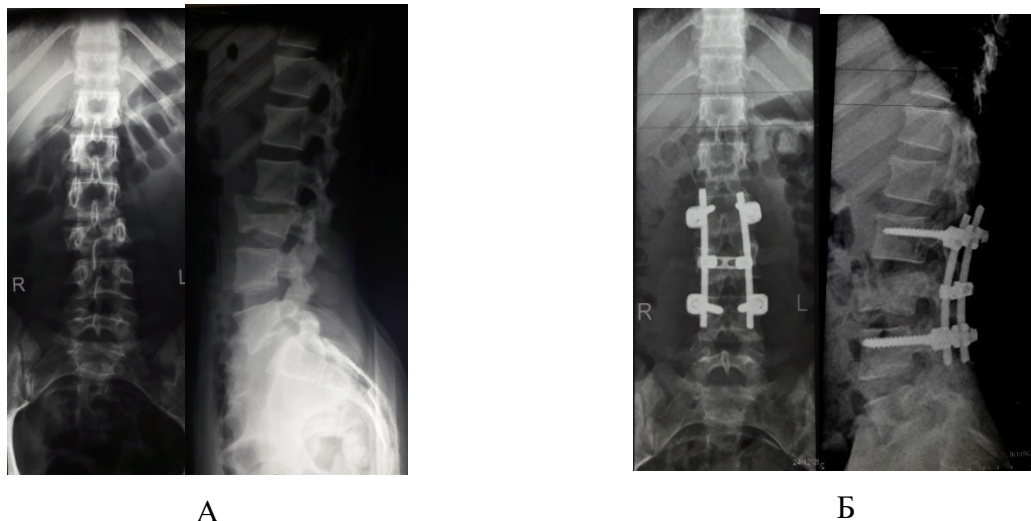
Уровень повреждения	Величина восстановления высоты передней колонны (мм) и сроки проведения вмешательства от момента травмы		
	Первые 24 часа	2-7-е сутки	8-15-е сутки
Th6	-	0	-
Th7	-	-	1
L1	3	-	-
L2	-	-	0
L3	0; 0*	-	-
L4	0	1	-

\*- в ячейке таблицы указано значение восстановления высоты передней колонны отдельно для каждого пациента.

Спинальный стеноз при данном подтипе повреждения до хирургического лечения наблюдался у трех пациентов (37,5%) и составлял 14, 22 и 37% соответственно (среднее, медиана 24%, 22%). Пациенты с А2 подтипом перелома и спинальным стенозом оперированы в первые 24 часа, на 7-е и на 8-е сутки от момента травмы. После операции

стеноз позвоночного канала ликвидирован полностью только у пациента, оперированного в самые ранние сроки. У двух больных спинальный стеноз уменьшен с 22 и 14% соответственно до 16 и 7% соответственно (среднее, медиана 11,5%, 10,5%).

Величина коррекции травматического кифоза составила от исходных  $-12-31^\circ$  (среднее, медиана  $10^\circ, 8^\circ$ ) до  $-37-18^\circ$  значений ( $-4^\circ, -1,5^\circ$ ).



*Рис. 1. Рентгенограммы пациента К., 16 лет. Повреждение L3 позвонка подтип А2 (split-повреждение): А – до операции, высота передней колонны составляет 18 мм, высота средней колонны снижена до 15 мм, величина травматического кифоза  $7^\circ$ ; Б – после транспедикулярной репозиции и стабилизации, выполненной в день травмы, высота передней колонны L3 позвонка составляет 18 мм, высота средней колонны восстановлена до 18 мм, величина поясничного лордоза составляет  $-32^\circ$*

У 11 детей с повреждением позвоночника подтип А3 операция выполнена в первые двое суток от момента травмы, 10 детям хирургическое вмешательство проведено со 2-х по 7-е сутки включительно, 9 детей оперированы в сроки с 8-х по 31-е сутки с момента травмы. Восстановление высоты тела травмированного позвонка (таблица 3) у детей, оперированных в первые сутки (рисунок 4 А, Б), составило от 1 до 14 мм (среднее 5,5 мм), при проведенной операции со 2-х по 7-е сутки – от 0 до 10 мм (среднее 4,6 мм), в отсроченном периоде – 0-4 мм (среднее 1,0 мм), незначительное восстановление высоты и формы тела поврежденного позвонка. Максимальное восстановление указанных параметров наблюдалось при операции, выполненной в первые двое суток от момента повреждения, и более значимо отмечено у пациентов с повреждениями на уровне L1-L4 позвонков.

Таблица 3

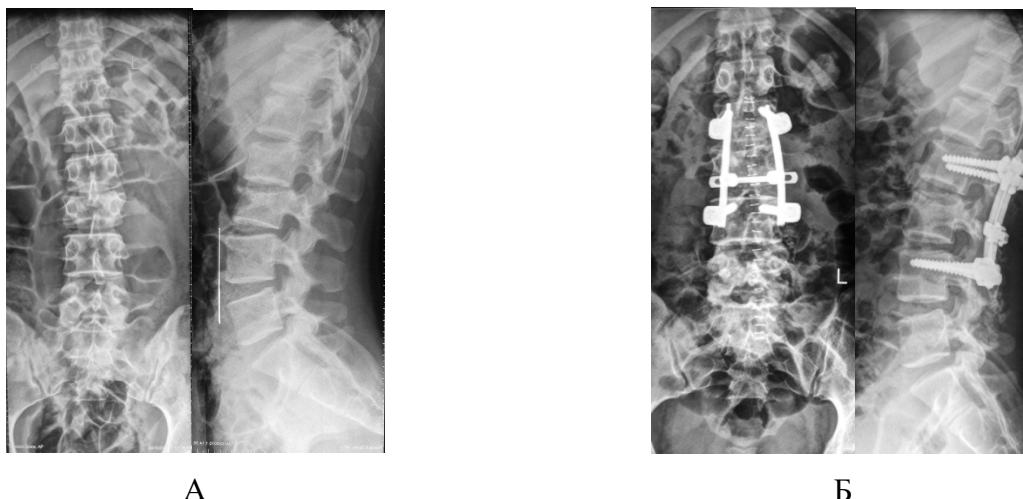
Величина изменения высоты передней колонны позвоночника в зависимости от уровня повреждения и времени выполнения хирургического вмешательства при переломе позвонка подтипа А3

Уровень повреждения	Величина восстановления высоты передней колонны (мм) и сроки проведения вмешательства от момента травмы		
	Первые 24 часа	2-7-е сутки	8-31-е сутки
Th6	1	-	0
Th7	-	-	3
Th12	6; 4*	-	0; 1*
L1	8; 4*	0; 2; 3; 5; 5; 9; 10*	0; 2; 4*
L2	14; 12*	4	-
L3	5; 4*	1; 5*	0; 0*
L4	6	-	-
L5	3	-	-

\*- в ячейке таблицы указано значение восстановления высоты передней колонны отдельно для каждого пациента.

Величина коррекции локального травматического кифоза у 11 детей, оперированных в первые сутки от момента травмы, составила от  $-12^{\circ}$  -  $37^{\circ}$  (среднее, медиана  $13^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ) до  $-25^{\circ}$  -  $25^{\circ}$  ( $-7^{\circ}$ ,  $-8^{\circ}$ ). При проведенной операции со 2-х по 7-е сутки локальный травматический кифоз исправлен с  $2^{\circ}$  -  $26^{\circ}$  ( $14^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ) до величины  $-8^{\circ}$  -  $6^{\circ}$  ( $-3^{\circ}$ ,  $-4^{\circ}$ ). При операции, выполненной в сроки от 8-х до 31-х суток с момента повреждения, величина кифоза составила от  $6^{\circ}$  до  $25^{\circ}$  ( $17^{\circ}$ ,  $19^{\circ}$ ) и корригирована до значений  $-4^{\circ}$  -  $11^{\circ}$  ( $2^{\circ}$ ,  $2^{\circ}$ ).

Спинальный стеноз у пациентов с А3 подтипом повреждения, оперированных в первые сутки от момента травмы, наблюдался в 10 случаях (90,1%) из 11 и находился в диапазоне от 4 до 19% (среднее, медиана 10%, 10%). После проведения операции у всех пациентов стеноз ликвидирован полностью (рисунок 2). При данном типе повреждений позвонков пациенты, оперированные со 2-х по 7-е сутки, имели стеноз позвоночного канала в 9 наблюдениях из 10 (90%) с величиной от 1% до 29% (среднее, медиана 13%, 13%). Ликвидация стеноза полностью достигнута у 8 пациентов. У одного больного с величиной стеноза позвоночного канала 29% после операции остаточная величина спинального стеноза составила 1%.



*Рис. 2. Рентгенограммы пациента Ч., 14 лет, оперированного в первые сутки после травмы. Повреждения L3 позвонка подтип A3:*

*A – до операции снижение высоты передней и средней колонны L3 позвонка до 29 и 32 мм соответственно, спинальный стеноз 100%, левосторонний травматический сколиоз 11°, патологический кифоз -6°; Б – после транспедикулярной репозиции и стабилизации, восстановление высоты передней и средней колонн L3 позвонка до 33 и 36 мм соответственно, ликвидирован стеноз позвоночного канала, исправлена сколиотическая деформация, величина поясничного лордоза -42°*

При подтипе повреждения A4 шесть пациентов оперированы в первые сутки от момента травмы, 5 пациентов – со 2-х по 7-е сутки, 5 детям вмешательство произведено с 8-х суток и в течение 1 года (до 191-х). Восстановление высоты передней и средней колонн сломанного позвонка у детей (таблица 4), оперированных в первые сутки после травмы, составило диапазон от 3 до 11 мм (среднее 7,0 мм), у 5 пациентов, оперированных со 2-х по 7-е сутки – от 2 до 16 мм (среднее 10,6 мм), у пациентов, которым проведена операция в течение первого года после травмы – от 2 до 10 мм (среднее 4,2 мм). Практически у всех пациентов, вне зависимости от сроков проведенной операции, была восстановлена форма тела поврежденного позвонка.

Таблица 4

Величина изменения высоты передней колонны позвоночника в зависимости от уровня повреждения и времени выполнения хирургического вмешательства при переломе позвонка подтипа A4

Уровень повреждения	Величина восстановления высоты передней колонны (мм) и сроки проведения вмешательства от момента травмы		
	Первые 24 часа	2-7-е сутки	8-191-е сутки
L1	3; 4*	6	2; 2; 3; 10*



L2	-	15; 16*	4
L3	8; 11*	2	-
L4	6	14	-
L5	10	-	-

\*- в ячейке таблицы указано значение восстановления высоты передней колонны отдельно для каждого пациента.

Локальный травматический кифоз после операции корригирован от исходных  $-6^{\circ} - 26^{\circ}$  значений (среднее, медиана  $12^{\circ}, 9^{\circ}$ ) до  $-24^{\circ} - 7^{\circ}$  ( $-6^{\circ}, -8^{\circ}$ ).

Стеноз позвоночного канала у пациентов с А4 подтипом повреждения выявлен у всех пациентов и составлял от 4 до 25% (среднее, медиана 16%, 17%). У шести пациентов, оперированных в первые 24 часа от момента травмы, спинальный стеноз составлял 4-25% (14%, 14%). У 5 детей, оперированных со 2-х по 7-е сутки от момента травмы – 15–24% (18%, 17%). У оставшихся 5 детей с данным видом повреждения, операция которым проведена с 8-х по 191-е сутки, спинальный стеноз составлял 10-24%. У всех детей с подтипом перелома А4, перенесших хирургическое вмешательство, спинальный стеноз ликвидирован до 0%. Исключение составил один пациент, которому выполнена операция на 191-е сутки от момента получения травмы, у которого спинальный стеноз ликвидирован до 1%.

Н-критерий Крускала-Уоллиса не показал значимого различия между группами А2, А3 и А4 по срокам проведения операции от момента травмы,  $P=0,4$  (рисунок 3), это позволило проводить статистическую оценку показателей высоты колонн травмированного позвоночника и спинального стеноза непараметрическими методами.

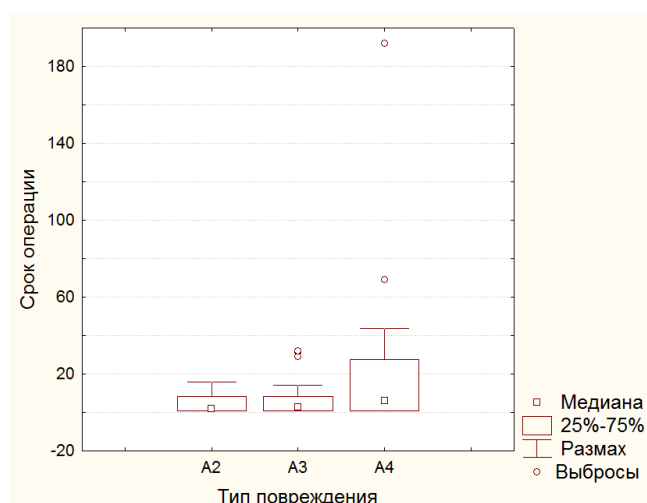


Рис. 3. Диаграмма Тьюки распределения сроков операции для пациентов с тремя подтипами повреждений

Проверку статистической значимости различия восстановления высоты передней и средней колонн позвоночника после операции проводили с помощью критерия знаков (в группе пациентов с А2 подтипом повреждения) и критерия Вилкоксона (для пациентов с А3 и А4 подтипом повреждения). Оба примененные критерия статистического анализа показали отсутствие различия в восстановлении передней и средней колонн позвоночника у пациентов с А2 подтипом повреждения на уровне значимости  $P > 0,5$  (рисунок 4).

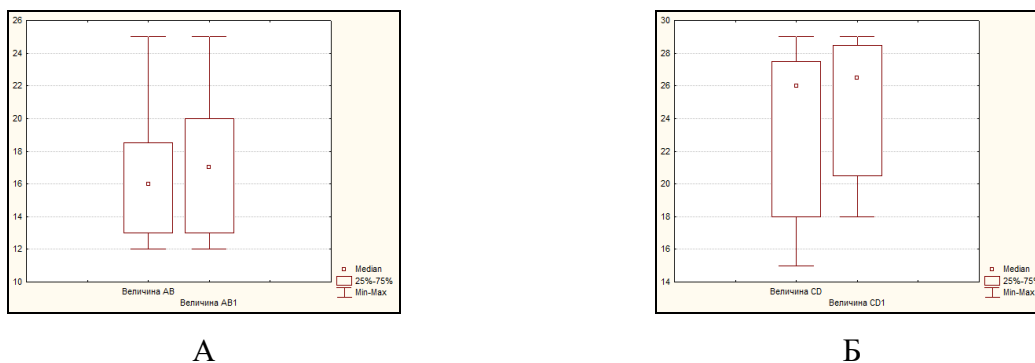


Рис. 4. Диаграммы Тьюки «ящики с усами» для группы пациентов с А2 подтипом повреждения: А – различие в восстановлении передней колонны поврежденного позвонка, Б – различие в восстановлении высоты средней колонны травмированного позвонка. Величина АВ и АВ1 – высота передней колонны до и после операции, мм, величина CD и CD1 – высота средней колонны до и после операции, мм

По тем же критериям было определено статистически значимое различие в восстановлении величины передней и средней колонн позвоночника на уровне травмированного позвонка в группах пациентов с А3 (рисунок 5) и А4 (рисунок 6) подтипами повреждения. Уровни значимости изменения высоты передней колонны соответствовали  $P < 0,0001$  при А3 подтипе перелома и  $P < 0,0004$  при А4 подтипе.

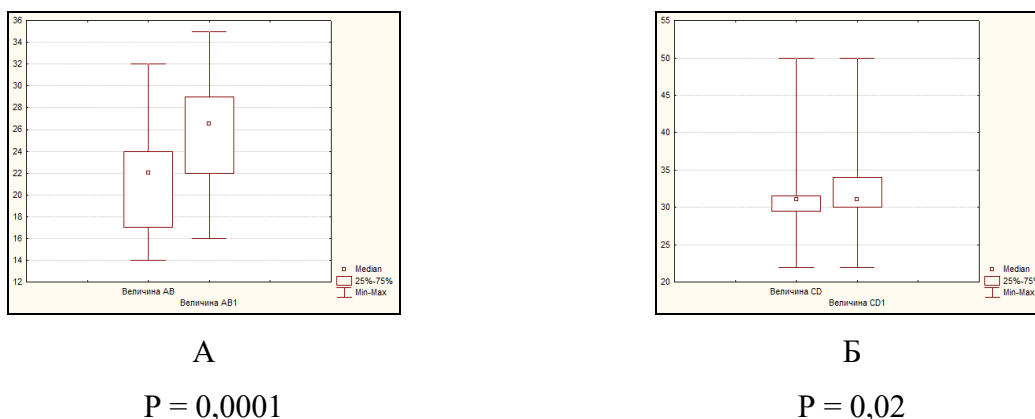


Рис. 5. Диаграммы Тьюки «ящики с усами» при А3 типе повреждения: А – различие в восстановлении передней колонны поврежденного позвонка, Б – различие в восстановлении высоты средней колонны травмированного позвонка; величина АВ и АВ1 – высота передней колонны до и после операции, мм, величина CD и CD1 – высота

средней колонны до и после операции, мм;  $P$  – уровень значимости критерия Вилкоксона

Однако при статистическом анализе восстановления высоты средней колонны поврежденного позвонка при данных типах переломов примененный критерий оценки показал бóльшую статистическую значимость различия этого параметра при А4 подтипе перелома ( $P = 0,008$ ) вне зависимости от сроков проведения хирургического вмешательства, чем при А3 ( $P = 0,02$ ).

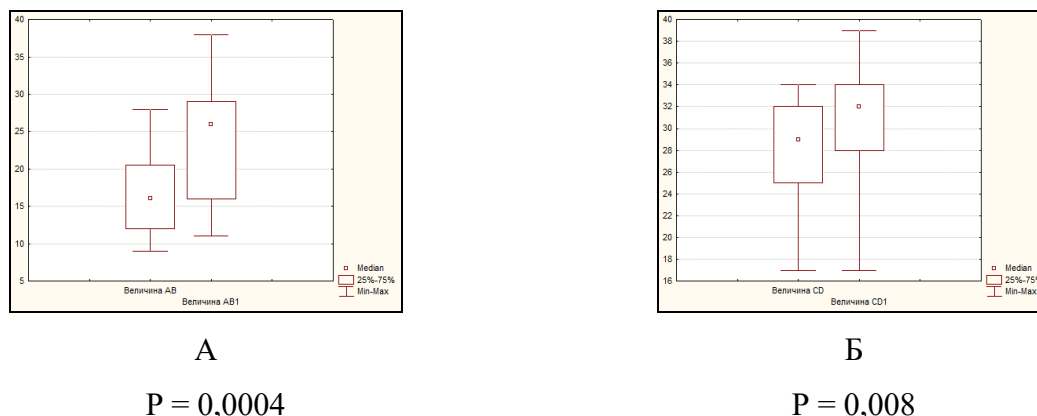


Рис. 6. Диаграммы Тьюки «ящики с усами» при А4 подтипе повреждения: А – различие в восстановлении передней колонны поврежденного позвонка, Б – различие в восстановлении высоты средней колонны травмированного позвонка. Величина АВ и АВ1 – высота передней колонны до и после операции, мм, величина CD и CD1 – высота средней колонны до и после операции, мм;  $P$  – уровень значимости критерия Вилкоксона

Статистическую оценку ликвидации стеноза позвоночного канала провели с помощью рассеяния значений, выраженных в процентах, и отразили с помощью диаграммы (рисунок 7). Черная пунктирная линия соответствует одинаковым значениям спинального стеноза до и после операции. Хорошо видно, что все пациенты уменьшили свои значения стеноза. Красный горизонтальный пунктир условно разделяет пациентов на группы 1 и 2, соответственно, с малым и большим остаточным стенозом. Обращает на себя внимание, что ни одного пациента с подтипом повреждения А4 не определяется в группе над красной пунктирной линией. Показательно, что даже для пациента К. (№21), оперированного на 191-й день после травмы, ликвидировать спинальный стеноз удалось с 24 до 0,5%. В связи с этим анализ связи выраженности спинального стеноза и сроков операции для пациентов с А4 морфологическим подтипом проводился отдельно. В указанной группе коэффициент корреляции Спирмена  $\rho = 0,6$  при значимости отличия от нуля  $P = 0,015$ . Это говорит о наличии связи сроков операции с послеоперационным стенозом даже при небольших значениях последнего при подтипе повреждения А4.

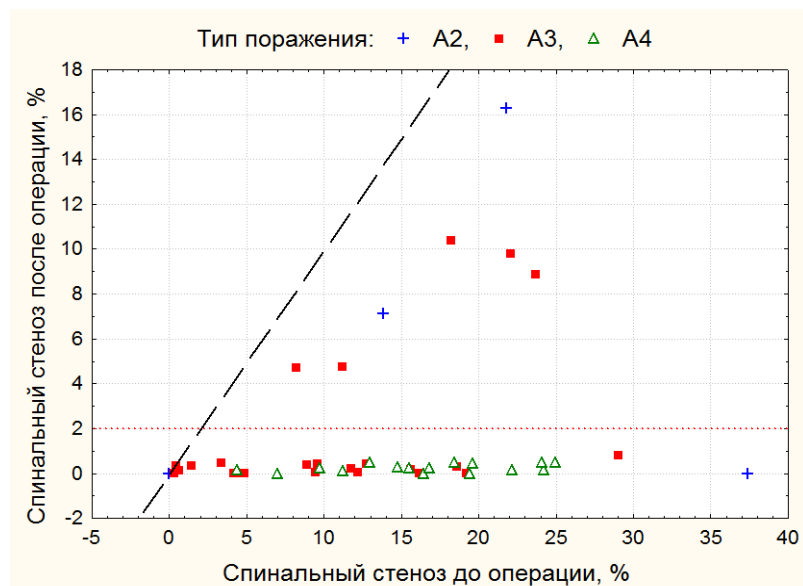


Рис. 7. Диаграмма рассеяния значений спинального стеноза до и после операции.

*Штрихи – стационарная линия*

Ангулометрия позвоночника при нестабильных повреждениях включает в себя измерение величины локальной травматической деформации во фронтальной и сагиттальной плоскостях. Однако единого мнения относительно метода проведения измерения травматического кифоза в мировой практике до настоящего времени не существует, но все используемые способы измерения в большей или меньшей степени коррелируют с данными измерения по Cobb [8]. Некоторые авторы применяют классический метод измерения локального кифоза между перпендикулярами, проведенными по верхней и нижней замыкательным пластинкам смежных с поврежденным позвонков (бисегментарный метод), другие – измеряют моносегментарный угол Гарднера, применяют метод измерения «смежных кортикальных пластин» и «угловую деформацию поврежденного позвонка» [9]. В ряде случаев проводят оценку травматической деформации методом «задних кортикальных пластинок», определяя угол повреждения пересечением линий, проведенных продольно задним кортикалам смежных с поврежденным позвонков. Последний способ измерения в настоящее время все больше приобретает исторический интерес в результате низкой корреляционной зависимости получаемых данных.

Измерение высоты тела сломанного позвонка проводят двумя методами. Первый заключается в измерении высоты передней и средней колонны позвоночника на уровне поврежденного позвонка по передней и задней его кортикальным пластинкам. При этом высоту передней колонны обозначают аббревиатурой AVH (anterior vertebral height), а высоту задней колонны – PVH (posterior vertebral height). Второй метод заключается в последовательном измерении высот только передней колонны позвоночника сначала позвонка выше поврежденного (V1), самого травмированного позвонка (V2) и передней

колонны нижележащего, относительно сломанного, позвонка (V3). Оба метода проводят по боковым рентгенограммам, и созданы они для определения степени компрессии поврежденного позвонка. При первом методе VBCR (vertebral body compression ratio) определяется по формуле:  $VBCR = AVH/PVH$ ; при втором методе AVBC (anterior vertebral body compression percentage) высчитывается по формуле:  $AVBC = V2/[V1 + V3/2] \times 100\%$  и выражается в процентах [10-12].

При проведении анализа литературы, посвященной вопросам хирургического лечения детей с нестабильными повреждениями позвоночника, нами были обнаружены только отдельные публикации, затрагивающие данную тематику [13-15].

При повреждениях позвонка подтипа A2 после проведенного хирургического вмешательства вне зависимости от сроков его выполнения восстановление высоты и формы тела позвонка не отмечалось ни у одного пациента. Это объяснялось наличием значительного диастаза между костными фрагментами на уровне передней и средней колонн тела поврежденного позвонка, а также внедрением между ними участков дискового аппарата. Мы преднамеренно не стремились к выполнению передней реконструкции у пациентов с данным типом повреждений в ближайшие сроки после осуществления дорсального этапа операции. Учитывая детский возраст больных, мы рассчитывали на консолидацию отломков тела поврежденного позвонка, а также восстановление его высоты и формы в процессе активного периода роста. В связи с этим мы осуществляли периодическое контрольное наблюдение за пациентами (1 раз в 6 месяцев) с оценкой клинической картины и данных лучевых методов исследования за динамикой процессов репарации в зоне повреждения. Однако в процессе контрольных осмотров ни у одного травмированного мы не смогли констатировать факт восстановления высоты и формы тела поврежденного позвонка, а, следовательно, и восстановление его опороспособности. Кроме того, у 4 пациентов (50%) в процессе дальнейшего роста и развития появлялись жалобы на периодические боли в области послеоперационной раны, усиливающиеся после физической и статической нагрузок, которые отсутствовали при выписке ребенка из стационара. По данным лучевых методов исследования, имело место отсутствие консолидации отломков тела поврежденного позвонка, отмечались процессы лизиса костных отломков и, как результат, снижение высоты передней и средней колонн тела поврежденного позвонка по сравнению с ранним послеоперационным периодом. В связи с этим у всех пациентов данная ситуация потребовала восстановления опороспособности тела сломанного позвонка и проведения второго этапа операции, заключающегося в удалении костных отломков тела позвонка с выше- и нижележащими дисками, реконструкции его передней и средней колонн титановым протезом тела позвонка в сочетании с костной пластикой. Отсутствие полноценного восстановления высоты и формы тела позвонка сказывалось и на состоянии стеноза

позвоночного канала. Только в одном наблюдении у пациента, оперированного в первые часы от момента травмы, отмечалась полная ликвидация спинального стеноза.

Хорошее восстановление высоты передней и средней колонн поврежденного позвонка по рентгеновским снимкам отмечалось при повреждениях типа А3 только в первые сутки от момента повреждения. Особенно близкое к физиологической норме восстановление высоты передней колонны тела поврежденного позвонка отмечалось при наличии свободного костного отломка или отломков тела позвонка на уровне повреждения с наличием диастаза. Увеличение высоты передней и средней колонн тела поврежденного позвонка приводило к восстановлению сагиттального профиля сломанного сегмента позвоночного столба. Реконструкция передней и средней колонн поврежденного позвонка потребовалась только у 1 пациента, оперированного в ранние сроки от момента травмы, с повреждением в грудном отделе позвоночника. В этом отделе восстановление высоты и формы тела поврежденного позвонка происходило с наименьшими показателями. Вероятнее всего, это объясняется наличием реберного каркаса и ограниченной мобильностью позвоночно-двигательного сегмента в этой зоне при проведении корригирующих манипуляций. У остальных 10 пациентов с этими сроками хирургического вмешательства проведение передней реконструкции не потребовалось. Операции, выполненные в более отдаленный период от момента травмы, не приводили к значительному восстановлению высоты передней и средней колонн тела поврежденного позвонка. Однако у пациентов в возрасте от 10 лет 8 месяцев отмечалось постепенное восстановление высоты колонны тела поврежденного позвонка, в процессе роста и развития ребенка, после выполненного вмешательства на фоне установленной металлоконструкции. Эта ситуация объяснялась значительными потенциями роста пациента, которые были направлены на воссоздание костных структур сломанного позвонка. Восстановление формы и высоты тела поврежденного позвонка не происходило в 36% наблюдений, в результате импрессионного перелома тела травмированного позвонка. Отсутствие восстановления высоты и формы тела поврежденного позвонка не происходило по причине прочного контакта костных балок тела сломанного позвонка.

При переломах тел позвонков типа А4 восстановление высоты и формы тела позвонка после хирургического вмешательства происходило как в ранние, так и в более отдаленные сроки проведения операции от момента травмы (от нескольких часов до 191 дня). Это объяснялось значительными повреждениями тела позвонка и фрагментацией его на множество отломков, наличием диастаза между ними, что являлось благоприятной основой для восстановления тела поврежденного позвонка во время проведения не прямой репозиции за счет лигаментотаксиса. Несмотря на это, консолидации отломков тела поврежденного позвонка не наблюдалось ни у одного пациента, что объяснялось наличием диастаза между отломками более 5 мм по данным КТ, наличием множественных отломков и внедрением

между ними участков поврежденного дискового аппарата. Несмотря на достаточно удовлетворительное воссоздание высоты и формы тела поврежденного позвонка у пациентов с данным типом повреждения, восстановления его опороспособности не происходило. У этой категории травмированных в процессе роста и развития, так же как у пациентов с повреждением типа А2, по данным лучевых методов исследования отмечались процессы лизиса костных отломков, отсутствие их консолидации и, как результат, снижение высоты передней и средней колонн тела поврежденного позвонка по сравнению с ранним послеоперационным периодом. Учитывая эти факты, все пациенты после таких вмешательств потребовали проведения передней реконструкции тела поврежденного позвонка в объеме дискэктомии, удаления костных отломков и корпородеза титановым протезом тела позвонка в сочетании с костной пластикой, которая была выполнена в сроки от 4 до 6 месяцев после проведения первой операции.

### **Заключение**

Высота и форма тела позвонка с подтипом компрессионного повреждения А2 не изменяются после оперативного лечения вне зависимости от сроков проведения вмешательства. При повреждениях типа А3 высота тела позвонка и его форма восстанавливаются наиболее полноценно у детей, оперированных в первые двое суток с момента травмы. Ликвидация стеноза позвоночного канала также наблюдается при проведении хирургического лечения в остром травматическом периоде. При проведении операции в более поздние сроки высота тела и форма травмированного позвонка восстанавливаются незначительно или не изменяются, совместно со стенозом позвоночного канала. Однако остаточный спинальный стеноз, при сохранном неврологическом статусе, не требует экстренных хирургических мероприятий. У детей с переломом позвоночника подтипа А4 высота тела позвонка и его форма восстанавливаются вне зависимости от сроков проведения операции, проведение операции позволяет полностью ликвидировать стеноз позвоночного канала.

Хирургическое вмешательство при изолированных нестабильных переломах позвонков грудного и поясничного отделов рекомендовано выполнять в первые двое суток от момента повреждения. При переломах подтипа А2 и А4 показана передняя реконструкция на уровне сломанного тела позвонка после задней не прямой репозиции и стабилизации поврежденного позвоночно-двигательного сегмента. При изолированных повреждениях подтипа А3 выполнение задней репозиции в ранние сроки от момента травмы не требует осуществления передней реконструкции.

*Работа выполнена в рамках программы Союзного государства «Разработка новых спинальных систем с использованием технологий прототипирования в хирургическом лечении детей с тяжелыми врожденными деформациями и повреждениями позвоночника».*

## Список литературы

1. Баиндурашвили А.Г., Виссарионов С.В., Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Позвоночно-спинномозговая травма у детей. СПб.: Онли-Пресс, 2016. 8 с.
2. Залетина А.В., Виссарионов С.В., Баиндурашвили А.Г., Кокушин Д.Н., Соловьева К.С. Повреждение позвоночника и спинного мозга у детского населения // Международный журнал прикладных и международных исследований. 2017 № 12-1. С.69-73.
3. Reinhold M., Knop C., Beisse R., Audigé L., Kandziora F., Pizanis A., Pranzl R., Gercek E., Schultheiss M., Weckbach A., Bühren V., Blauth M. Operative treatment of 733 patients with acute thoracolumbar spinal injuries: comprehensive results from the second, prospective, internet-based multicenter study of the Spine Study Group of the German Association of Trauma Surgery. *Eur. Spine J.* 2010. V. 19. P. 1657-1676.
4. Lee K.Y., Kim M-W., Seok S.Y., Kim D.R., Im C.S. The Relationship between Superior Disc-Endplate Complex Injury and Correction Loss in Young Adult Patients with Thoracolumbar Stable Burst Fracture. *Clinics in Orthopedic Surgery* 2017. V.9. P. 465-471. DOI: 10.4055/cios.2017.9.4.465.
5. F. De Iure, G. Lofrese, P. De Bonis, M. Cappuccio, F. Cultrera, S. Battisti Vertebral body spread in thoracolumbar burst fractures can predict posterior construct failure. *The Spine Journal.* *Spine J.* 2018. V. 18(6). P. 1005-1013. DOI: 10.1016/j.spinee.2017.10.064.
6. Виссарионов С.В., Белянчиков С.М., Солохина И.Ю., Икоева Г.А., Кокушин Д.Н. Неврологические нарушения у детей с осложненными повреждениями позвоночника в грудном и поясничном отделах до и после хирургического лечения // Хирургия позвоночника 2014. № 3. P. 8–21. DOI: 10.14531/ss2014.3.8-21.
7. Vaccaro A.R., Schroeder G.D., Kepler C.K., Oner F. C., Vialle L.R., Kandziora F., Koerner J.D., Kurd M.F., Reinhold M., Schnake K.J., Chapman J., Aarabi B., Fehlings M.G., Dvorak M.F. The surgical algorithm for the AO Spine thoraco lumbar spine injury classification system. *Eur. Spine J.* 2016. V. 25. P. 1087–1094. DOI: 10.1007/s00586-015-3982-2.
8. Sadiqi S., Verlaan J., Lehr A.M., Chapman J.R., Dvorak M.F., Rajasekaran S., Schnake K.J., Vaccaro A.R., Oner F.C. Measurement of kyphosis and vertebral body height loss in traumatic spine fractures: an international study. *Eur. Spine J.* 2017. V. 26. P. 1483–1491. DOI: 10.1007/s00586-016-4716-9.
9. Jiang S.D., Wu Q.Z., Lan S.H., Dai L.Y. Reliability of the measurement of thoracolumbar burst fracture kyphosis with Cobb angle, Gardner angle, and sagittal index. *Arch Orthop. Trauma Surg.* 2012. V. 132. P. 221-225.



10. Joaquim A.F., Ghizoni E., Tedeschi H., da Cruz HYF, Patel A.A. Clinical results of patients with thoracolumbar spine trauma treated according to the Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score. *J. Neurosurg Spine*. 2014. V. 20. P. 562–567.
11. Hiyama A., Watanabe M., Katoh H., Sato M., Nagai T., Mochida J. Relationships between posterior ligamentous complex injury and radiographic parameters in patients with thoracolumbar burst fractures. *Injury*. 2015. V. 46(2). P. 392–810. DOI: 1016/j.injury.2014.10.047.
12. Pneumaticos S.G., Karampinas P.K., Triantafilopoulos G., Koufos S., Polyzois V., Vlamis J. Evaluation of TLICS for thoracolumbar fractures. *Eur. Spine J*. 2016. V. 25(4). P. 1123–710.1007/s00586-015-3889-y.
13. Daniels A.H., Sobel A.D., Ebersson C.P. Pediatric thoracolumbar spine trauma. *J. Am Acad. Orthop. Surg*. 2013. V. 21(12). P. 707-716. DOI: 10.5435/JAAOS-21-12-707.
14. Ilharreborde B., Hirsch C., Presedo A., Penneçot G.F., Mazda K. Circumferential fusion with anterior strut grafting and short-segment multipoint posterior fixation for burst fractures in skeletally immature patients: a preliminary report. *J. Pediatr Orthop*. 2012. V. 32(5). P. 440-444. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31824b6e00.
15. Agrawal M., Garg M., Kumar A., Singh P.K., Satyarthee G.D., Agrawal D., Chandra P.S., Kale S.S. Management of Pediatric Posttraumatic Thoracolumbar Vertebral Body Burst Fractures by Use of Single-Stage Posterior Transpedicular Approach. *World Neurosurg*. 2018. V. 117. P. e22-e33. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.05.088.