

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568950>

Оценка эффективности предоперационной гало-тракции пациентов с тяжёлыми деформациями позвоночника с применением динамографии

С.В. Колесов, М.Б. Цыкунов, С.Б. Багиров, А.И. Казьмин, В.С. Переверзев

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Основным методом лечения пациентов с тяжёлыми формами идиопатического сколиоза является хирургический метод. При тяжёлых деформациях позвоночника как этап предоперационной подготовки возможно использовать гало-тракцию. Однако при ригидных деформациях достаточно сложно оценить результаты тракционной подготовки. Тем не менее возможно применение аппарата биологической обратной связи Tergumed Pegasus 3D в оценке изменения мобильности позвоночника.

Цель. Оценить эффективность предоперационной гало-тракционной подготовки у пациентов с тяжёлыми деформациями позвоночника с применением динамографии.

Материалы и методы. Проведён проспективный анализ результатов предоперационной подготовки 15 пациентов с тяжёлыми сколиотическими деформациями позвоночника. Все пациенты получали в качестве предоперационной подготовки гало-тракцию стоя в прогулочной раме или сидя в кресле-каталке. Выполнены расчёт индекса мобильности деформации, измерение объёма движений и статической силы мышц позвоночника в трёх плоскостях динамографическим методом до и после тракционной подготовки. Проведён статистический анализ полученных данных с применением критерия Уилкоксона.

Результаты. Изменения величины индекса мобильности до и после предоперационной подготовки оказались статистически незначимыми ($p > 0,05$). Анализ изменения объёма движений позвоночника обнаружил увеличение объёма движений практически во всех плоскостях, кроме разгибания и наклонов вбок в выпуклую сторону деформации. Статистически значимое увеличение объёма движений отмечено при поворотах в аксиальной плоскости в выпуклую и вогнутую стороны деформации, при наклонах вбок в вогнутую сторону ($p < 0,05$), а при сгибании позвоночника получено статистически незначимое улучшение показателей. Исследование статической силы мышц позвоночника продемонстрировало увеличение силы во всех плоскостях, однако статистически значимые изменения обнаружены при наклонах вбок в выпуклую и вогнутую стороны, повороте в выпуклую сторону и разгибании спины.

Заключение. Полученные данные демонстрируют увеличение силы мышц позвоночника после проводимой гало-гравитационной подготовки, а также повышение мобильности. Динамография показала свою эффективность при оценке предоперационной гало-тракционной подготовки у пациентов с тяжёлыми деформациями позвоночника, однако требуются дальнейшие исследования с более высоким уровнем доказательности.

Ключевые слова: динамография; гало-тракция; сколиоз.

Как цитировать:

Колесов С.В., Цыкунов М.Б., Багиров С.Б., Казьмин А.И., Переверзев В.С. Оценка эффективности предоперационной гало-тракции пациентов с тяжёлыми деформациями позвоночника с применением динамографии // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 4. С. 419–430. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568950>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568950>

Evaluation of the effectiveness of preoperative halo-traction in patients with severe spinal deformities using dynamography

Sergey V. Kolesov, Mikhail B. Tsykunov, Samir B. Bagirov, Arkadii I. Kazmin, Vladimir S. Pereverzev

Priorov National Medical Research Center, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Surgical treatment is the main method of treatment for patients with severe forms of idiopathic scoliosis. In severe spinal deformities, halo-traction can be used as a preoperative preparation stage. However, it is difficult to assess the results of traction preparation in rigid deformities. Nevertheless, the Tergumed Pegasus 3D biofeedback device can be used to assess changes in spinal mobility.

AIM: To evaluate the effectiveness of preoperative halo-traction preparation in patients with severe spinal deformities using dynamography.

MATERIALS AND METHODS: We prospectively analysed the results of 15 patients with severe spinal scoliotic deformities preoperatively. All patients received halo-traction while standing in a walking frame or sitting in a wheelchair as a preoperative preparation. We calculated the deformity mobility index, measured the volume of movement and static strength of spinal muscles in three planes using the dynamographic method before and after traction preparation. The data were statistically analysed using the Wilcoxon test.

RESULTS: Changes in the mobility index before and after preoperative preparation were statistically insignificant ($p > 0.05$). Analysis of changes in the spinal movement volume revealed an increase in the range of motion in almost all dimensions, except for extension and lateral bending to the convex side of the deformity. A statistically significant increase in the movement volume was observed in axial rotations to the convex and concave sides of the deformity, and in lateral bends to the concave side ($p < 0.05$), while spinal flexion showed a statistically insignificant improvement. The study of static spinal muscle strength showed an increase in strength in all angles, but statistically significant changes were found in lateral bending to the convex and concave sides, turning to the convex side, and back extension.

CONCLUSION: The data obtained demonstrate an increase in the strength of the spinal muscles after halo-gravity training, as well as an increase in mobility. Dynamography has been shown to be effective in assessing preoperative halotraction preparation in patients with severe spinal deformities, but further studies with a higher level of evidence are required.

Keywords: dynamography; halo-traction; scoliosis.

To cite this article:

Kolesov SV, Tsykunov MB, Bagirov SB, Kazmin AI, Pereverzev VS. Evaluation of the effectiveness of preoperative halo-traction in patients with severe spinal deformities using dynamography. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(4):419–430. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto568950>

Received: 31.08.2023

Accepted: 05.10.2023

Published: 14.12.2023

ОБОСНОВАНИЕ

Сколиоз — трёхмерная деформация позвоночника, характеризующаяся искривлением во фронтальной плоскости более 10° с ротационным компонентом [1–4]. Распространённость идиопатического сколиоза, по данным литературы, составляет 0,47–5,2% [5]. Идиопатический сколиоз чрезвычайно редко встречается в младенчестве и раннем детстве, но его распространённость составляет от 1 до 2% среди школьников до 15 лет [6]. Дегенеративные изменения объясняют дальнейший рост распространённости до более чем 8% у взрослых в возрасте от 25 лет и старше и до 68% у лиц в возрасте от 60 до 90 лет [7, 8].

Основным методом лечения пациентов с тяжёлыми формами идиопатического сколиоза является хирургический метод. Одним из этапов предоперационного планирования является определение мобильности деформации. В своё время А.И. Казьмин предложил индекс стабильности [9–12], который определялся как соотношение величины угла деформации лёжа и величины угла в положении стоя. В дальнейшем индекс мобильности рассчитывался как отношение величины угла деформации при выполнении функциональной рентгенографии — тракционном тесте позвоночника (вытяжении лёжа) к величине угла сколиотической деформации стоя [13, 14]. Деформация в пределах величин 0,7–1 (в процентном соотношении — 70–100%) считается ригидной.

По данным литературы, предлагаются различные виды функциональных проб для определения мобильности: стоя и лёжа, с боковыми наклонами (bending tests), лёжа на животе с мануальным давлением на область вершины деформации дуги и противодуги (prone push спондилография), рентгенография с вытяжением грузом, составляющим 30–50% от массы тела, или в условиях наркоза [15–17]. При деформациях более 50° – 60° , по мнению некоторых авторов, использование спондилограмм с тракционным тестом информативнее, нежели с боковыми наклонами [18–20].

При тяжёлых деформациях позвоночника как этап предоперационной подготовки возможно использовать гало-тракцию. Этот метод достаточно безопасный [21]. Литературные данные указывают на благоприятное операционное течение, меньшую кровопотерю, улучшение показателей лёгочной вентиляции (показатель жизненной ёмкости лёгочной ткани, ЖЕЛ), подтверждённые статистическими методами обработки. Всё это улучшает предоперационный общий, респираторный и нутритивный статусы пациента, помогая быстро адаптироваться в послеоперационном периоде [23, 28, 29]. Однако при ригидных деформациях достаточно сложно оценить результаты тракционной подготовки. Аппарат биологической обратной связи (БОС) Tergumed Pegasus 3D используется реабилитологами для лечебной физкультуры. Однако он является лечебно-диагностической станцией для позвоночника, позволяющей проводить тестирование статической силы

мышц, участвующих в движении позвоночника, а также определять объём движения во всех плоскостях.

Цель исследования — оценить эффективность предоперационной гало-тракционной подготовки у пациентов с тяжёлыми деформациями позвоночника с применением динамографии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведён проспективный анализ результатов предоперационной подготовки 15 пациентов (3 мужчин, 12 женщин) с тяжёлыми деформациями позвоночника.

Критерии соответствия

Все пациенты были сопоставимы между собой и имели IV степень деформации позвоночника (по В.Д. Чаклину). Средний возраст пациентов составил 26,1 года с медианным значением 26 (95% доверительный интервал (ДИ) 20,8–31,4). Средний угол основной сколиотической деформации составил 103° с медианным значением 96° (95% ДИ 91,3–116°).

Локализация сколиотических дуг по отделам позвоночника у пациентов была следующей:

- правосторонняя грудная и левосторонняя поясничная дуги (10 пациентов);
- правосторонняя грудная деформация без противодуги в поясничном отделе (2 пациента);
- сколиотическая деформация у остальных 3 пациентов была правосторонней груднопоясничной (2 человека) или правосторонней поясничной (1 человек).

Все пациенты получали в качестве предоперационной подготовки гало-тракцию стоя в прогулочной раме и сидя в кресле-каталке по 6–8 часов в сутки.

Условия проведения

В исследовании участвовали пациенты, проходившие лечение в 7-м травматолого-ортопедическом отделении патологии позвоночника ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» МЗ РФ, г. Москва.

Продолжительность исследования

Исследование проведено в период с июля 2021 по октябрь 2022 года.

Описание медицинского вмешательства

Всем больным проведены клиническое обследование, лучевая диагностика, включающая постуральную спондилографию и рентгенограммы с тракционным тестом, причём тракционные спондилограммы выполнялись при поступлении и после предоперационной подготовки, за сутки до операции. Проведён расчёт индекса мобильности (ИМ) деформации у каждого пациента до и после тракционной подготовки в зависимости от расположения деформации. Результаты ИМ представлены в табл. 1.

Таблица 1. Расчёт индекса мобильности деформации, объёма движений и статической силы мышц позвоночника до и после тракционной подготовки в зависимости от расположения деформации

IM Th до	IM L до	IM L после	Угол сгибания до	Угол сгибания после	Сила сгибания до	Сила сгибания после	Сила наклона выгнкл. до	Сила наклона выгнкл. после	Сила ротации выгнкл. до	Сила ротации выгнкл. после	Угол наклона до	Угол наклона после	Угол ротации до	Угол ротации после	Сила разгибания до	Сила разгибания после	Сила наклона до	Сила наклона после	Сила ротации до	Сила ротации после									
0,60	0,66	0,63	0,67	60,00	61,00	40,00	40,00	40,00	43,00	72,00	40,00	50,00	31,00	49,00	15,00	31,00	22,00	21,00	41,00	48,00	46,00	68,00	32,00	35,00	26,00	35,00	22,00	29,00	
0,78	0,39	0,80	0,48	56,00	53,00	57,00	48,00	48,00	57,00	64,00	49,00	37,00	32,00	58,00	12,00	28,00	42,00	33,00	48,00	45,00	67,00	75,00	86,00	98,00	37,00	69,00	24,00	50,00	
1,00	0,39	1,00	0,85	48,00	46,00	40,00	48,00	48,00	30,00	54,00	116,00	118,00	32,00	73,00	24,00	26,00	27,00	34,00	30,00	47,00	54,00	71,00	23,00	138,00	41,00	55,00	20,00	17,00	
0,76	0,71	0,64	0,76	43,00	45,00	35,00	37,00	37,00	46,00	77,00	63,00	83,00	40,00	82,00	78,00	89,00	53,00	50,00	29,00	36,00	43,00	71,00	190,00	200,00	78,00	105,00	55,00	76,00	
0,74	0,82	0,72	0,82	52,00	59,00	45,00	54,00	54,00	30,00	42,00	66,00	64,00	27,00	35,00	15,00	18,00	24,00	26,00	30,00	48,00	40,00	34,00	58,00	72,00	21,00	29,00	14,00	10,00	
0,80	0,76	0,82	0,78	55,00	53,00	42,00	39,00	39,00	36,00	35,00	71,00	59,00	42,00	50,00	50,00	47,00	34,00	35,00	39,00	43,00	41,00	29,00	59,00	73,00	58,00	56,00	50,00	53,00	
0,95	0,94	0,87	0,84	58,00	58,00	43,00	53,00	53,00	45,00	63,00	45,00	57,00	41,00	51,00	35,00	47,00	44,00	44,00	38,00	47,00	56,00	72,00	80,00	117,00	53,00	62,00	35,00	51,00	
0,93	0,88	-	-	50,00	51,00	40,00	43,00	47,00	47,00	50,00	128,00	128,00	101,00	84,00	85,00	108,00	42,00	42,00	21,00	35,00	35,00	56,00	158,00	163,00	72,00	91,00	92,00	125,00	
0,86	0,83	0,84	0,77	47,00	55,00	43,00	45,00	45,00	28,00	39,00	22,00	33,00	18,00	35,00	9,00	10,00	43,00	44,00	48,00	60,00	81,00	73,00	48,00	54,00	13,00	34,00	16,00	20,00	
0,78	0,68	0,74	0,65	57,00	57,00	52,00	34,00	34,00	55,00	58,00	66,00	45,00	69,00	69,00	51,00	49,00	57,00	51,00	50,00	26,00	56,00	74,00	108,00	160,00	69,00	62,00	38,00	65,00	
0,93	0,82	0,87	0,85	51,00	55,00	37,00	40,00	40,00	44,00	51,00	60,00	48,00	46,00	40,00	35,00	46,00	38,00	42,00	46,00	48,00	55,00	66,00	69,00	99,00	64,00	52,00	46,00	36,00	
0,92	0,98	0,98	0,98	47,00	48,00	29,00	29,00	29,00	35,00	36,00	70,00	36,00	49,00	36,00	44,00	31,00	43,00	35,00	29,00	34,00	28,00	34,00	34,00	110,00	88,00	62,00	56,00	42,00	28,00
0,75	0,65	0,72	0,61	54,00	55,00	44,00	45,00	45,00	76,00	79,00	53,00	76,00	67,00	78,00	74,00	81,00	51,00	47,00	51,00	48,00	74,00	77,00	102,00	188,00	78,00	135,00	57,00	64,00	
0,66	0,59	-	-	65,00	63,00	61,00	51,00	51,00	36,00	42,00	24,00	33,00	29,00	36,00	17,00	13,00	55,00	35,00	55,00	54,00	66,00	63,00	55,00	74,00	31,00	44,00	22,00	40,00	
0,98	1,00	-	-	49,00	56,00	38,00	40,00	40,00	45,00	51,00	64,00	74,00	64,00	71,00	35,00	48,00	34,00	34,00	40,00	45,00	28,00	39,00	109,00	120,00	37,00	40,00	33,00	30,00	

Примечание (здесь и в табл. 2, 3). ИМ — индекс мобильности, Th — грудной отдел, L — поясничный отдел.

Note (here and in Table 2, 3). ИМ — mobility index, Th — thoracic spine, L — lumbar spine.



Рис. 1. Положение пациента X. в аппарате.

Fig. 1. The position of patient X. in the device.

Аналогично двукратно, при поступлении и после тракционной подготовки, пациентам выполнено измерение объёма движений позвоночника и статической силы мышц в аппарате интеллектуальной системы с БОС Tergumed Pegasus 3D. Процедура исследования следующая. Сперва производится настройка аппарата для пациента в положении сидя. Специальными фиксаторами зажимаются плечи пациента, крылья подвздошных костей. Кресло регулируется по высоте, чтобы угол сгибания в тазобедренных суставах составлял 90 градусов. Производится компьютерная калибровка аппарата. Данные фиксаторов и положения пациента сохраняются в памяти компьютера и используются для следующих исследований этого же пациента. На рис. 1 продемонстрировано положение пациента X. в аппарате. Следующим шагом является исследование объёма движений и силы мышц в различных плоскостях. Тестирование объёма движений происходит в динамическом режиме, его подвижные части двигаются с пациентом в трёх плоскостях, осуществляя сгибание-разгибание, наклоны вправо-влево и ротации туловища вправо-влево. Исследование силы производится в статическом режиме: пациент выполняет движение, аппарат неподвижен. Каждое движение осуществляется троекратно, компьютером выдаются усреднённые данные. Результаты исследования пациента X. продемонстрированы на рис. 2.

Методы регистрации исходов

Для оценки результатов предоперационной гало-тракционной подготовки оценивались результаты полученных данных по объёму движений и силы мышц в следующих направлениях: сгибание и разгибание в сагиттальной плоскости, а во фронтальной и аксиальной (трансверсальной, как указывает аппарат) — в выпуклую и вогнутую стороны относительно поясничной деформации. У 2 пациентов отсутствовала поясничная дуга, их результаты оценивались, как у пациентов в группе с двумя дугами — правосторонней грудной и левосторонней поясничной. Результаты исследования объёма движений и статической силы представлены в табл. 1.

Этическая экспертиза

Не проводилась.

Статистический анализ

Для оценки полученных данных выполнен статистический анализ с помощью критерия Уилкоксона с использованием программы Jamovi 2.3.21. Проводилась проверка нормальности распределения при помощи критерия Колмогорова–Смирнова. С учётом связанных выборок применяли парный критерий Уилкоксона. Различия принимали за статистически значимые при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При анализе величины индекса мобильности до и после предоперационной подготовки как в грудном, так и в поясничном отделе отмечено его уменьшение: в грудном

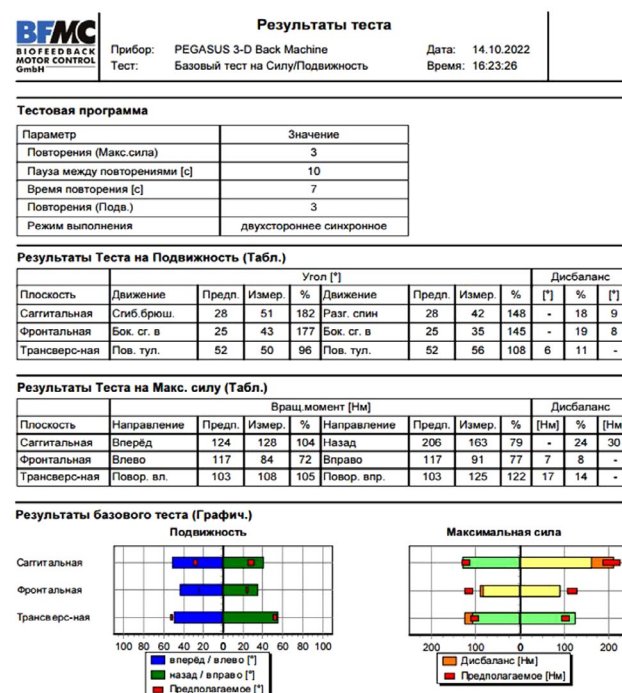


Рис. 2. Результаты исследования пациента X.

Fig. 2. The results of the research of patient X.

отделе — с 0,829 до 0,740, а в поясничном — с 0,798 до 0,755, что говорит об увеличении мобильности дуг. Однако эти изменения оказались статистически незначимыми: в грудном отделе $p=0,065$, в поясничном — 0,380.

Анализ изменения объёма движений позвоночника обнаружил увеличение объёма движений практически во всех плоскостях, кроме разгибания, где он уменьшился с 44,8 до 40,9°, и наклонов в выпуклую сторону деформации, где он остался неизменным — 43,1°, причём при статистическом анализе данные изменения оказались статистически незначимыми, $p=0,139$ и 0,726 соответственно (табл. 2, 3). В остальных плоскостях получены следующие данные: статистически значимое увеличение объёма движений при поворотах в аксиальной плоскости в выпуклую ($p=0,001$) и вогнутую ($p=0,023$) сторону деформации; при наклонах вбок в вогнутую сторону ($p=0,038$). В сгибании позвоночника отмечено улучшение показателей, но полученные изменения статистически незначимы ($p=0,246$) (табл. 2, 3). Из полученных данных видно, что увеличение объёма движений всё же является статистически значимым в определённых плоскостях после гало-тракционной подготовки пациентов, несмотря на то, что индекс мобильности демонстрирует статистически незначимое улучшение и остаётся в пределах ригидных показателей.

Что касается статической силы мышц, участвующих в движениях позвоночника, то полученные данные говорят об увеличении силы мышц во всех плоскостях, однако изменения статистически значимы в следующих движениях: наклоны до и после тракционной подготовки в выпуклую ($p=0,035$) и вогнутую ($p=0,013$) сторону, повороты в выпуклую сторону ($p=0,047$) и разгибания в сагиттальной плоскости ($p=0,005$). При поворотах в вогнутую сторону $p=0,053$, а при сгибании — 1,000. Силовой тест также демонстрирует увеличение статической силы глубоких мышц позвоночника в результате тракционной подготовки.

ОБСУЖДЕНИЕ

Вопрос выбора тактики хирургической коррекции пациентов с тяжёлыми деформациями дискуссионен. Как известно, в арсенале спинального хирурга имеются различные методы мобилизации позвоночника из заднего доступа, например за счёт релиза связочного аппарата (межостистых, жёлтой связок), фасетэктомии, задних остеотомий — по Смит–Петерсену (SPO), по Ponte, вертебротомии. Возможен и передний релиз: за счёт резекции головок рёбер, дискэктомии [22].

Классической методикой хирургического лечения тяжёлых деформаций являются трёхколонные вертебротомии, которые травматичны, сопровождаются выраженной интраоперационной кровопотерей и высоким риском неврологического дефицита [23–25].

За последнее десятилетие роль переднего релиза отошла на второй план [25, 26]. Вентральные доступы

зачастую приводят к ухудшению лёгочной функции, prolongации длительности пребывания пациентов в стационаре, а задний доступ оказывает лучшее влияние на функцию лёгких по сравнению с открытыми или эндоскопическими передними релизами, особенно у пациентов с ослабленной функцией дыхательной системы [27]. Чтобы уменьшить эти риски, хирурги используют различные методы, в частности, обращаются за помощью к гало-гравитационной тракции.

Гало-тракционная подготовка является хорошо переносимой и достаточно безопасной процедурой [21]. Серьёзные осложнения встречаются редко, а остальные легко поддаются лечению. Данные метаанализа [28] и ретроспективных исследований различных авторов [23] указывают на благоприятное операционное течение, меньшую кровопотерю, улучшение показателей лёгочной вентиляции (ЖЕЛ), подтверждённые статистическими методами обработки. Всё это улучшает предоперационный общий, респираторный и нутритивный статусы пациента, помогая быстро адаптироваться в послеоперационном периоде [29]. Кроме того, различные методы гало-тракции позволяют комбинировать их с различными видами остеотомий позвоночника для более эффективной коррекции.

В нашем исследовании показана эффективность динамографического контроля при гало-тракционной подготовке, проведённой с помощью аппарата Tergumed Pegasus 3D. Полученные данные демонстрируют увеличение силы мышц позвоночника, мобильности в определённых плоскостях. Причём данные изменения статистически значимы при имеющейся недостоверности изменения индекса мобильности.

Нами найдено немного литературных данных по применению аппаратов БОС. В основном описывается их использование в реабилитационных целях при дегенеративных заболеваниях позвоночника. Два исследования проведено на здоровых людях. Veerle K. Stevens с соавт. [30] в 2006 году оценили работу поясничных мышц позвоночника и прямой мышцы живота у лиц без симптома LBP (боли внизу спины). Авторами установлено, что многораздельным мышцам (лат. *Musculi multifidi*) отводится важная функция — сегментарной стабилизации поясничного отдела позвоночника, что в дальнейшем позволяет создавать эффективные программы реабилитации для пациентов с болями внизу спины.

В 2015 году была опубликована работа Eline De Ridder с соавт., в которой исследовалась взаимосвязь между дозированием нагрузки и вовлечением мышц-разгибателей спины при выполнении экстензии туловища [31]. В работе описаны различные методы оценки работы мышц-разгибателей спины. Обнаружено, что применение аппарата Tergumed позволяет точно определять нагрузку и фактическую активность мышц-разгибателей спины при интенсивных нагрузках как метод прямой оценки. Полученные данные подтверждены статистическим методом обработки.

Таблица 2. Описательная статистика. Изменения средних величин индекса мобильности и результатов измерения аппарата биологической обратной связи Terugged Pegasus 3D
Table 2. Descriptive statistics. Changes in the average values of the mobility index and measurement results of the Terugged Pegasus 3D BFB device

	IM Th до	IM Th после	IM L до	IM L после	Угол сгибания до	Угол сгибания после	Угол наклона до	Угол наклона после	Угол ротации до	Угол ротации после	Угол наклона до	Угол наклона после	Угол ротации до	Угол ротации после	Угол наклона до	Угол наклона после	Угол ротации до	Угол ротации после	Сила разгибания до	Сила разгибания после	Сила наклона до	Сила наклона после	Сила ротации до	Сила ротации после				
N	15	15	12	12	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15			
Пропущено	5	5	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
Среднее	0,829	0,740	0,798	0,755	52,8	54,3	43,1	43,1	43,5	54,2	62,5	62,7	45,9	56,5	38,6	44,8	40,9	38,2	39,7	44,3	51,3	60,1	85,8	112	49,3	61,7	37,7	46,3
95% ДИ средняя нижняя граница	0,763	0,636	0,727	0,670	49,6	51,5	38,5	39,2	36,6	46,2	46,6	46,6	34,0	46,3	24,8	29,1	34,8	33,5	34,1	39,6	42,4	50,6	60,6	84,6	37,5	45,7	24,6	30,2
95% ДИ средняя верхняя граница	0,896	0,844	0,870	0,840	56,0	57,2	47,6	47,0	50,4	62,2	78,4	78,9	57,8	66,6	52,4	60,5	46,9	42,9	45,2	49,0	60,2	69,7	111	139	61,2	77,7	49,1	62,3
Медиана	0,800	0,760	0,810	0,775	52	55	42	43	44	51	63	57	41	51	35	46	42	35	40	47	54	68	80	99	53	56	35	40
Стандартное отклонение	0,12	0,188	0,113	0,133	5,82	5,19	8,26	7,07	12,50	14,40	28,70	29,20	21,50	18,30	24,90	28,40	10,90	8,51	10,10	8,49	16,10	17,20	45,50	49,30	21,40	28,90	20,60	28,90
Минимум	0,600	0,390	0,630	0,480	43	45	29	29	28	35	22	33	18	35	9	10	22	21	21	26	28	29	23	35	13	29	14	10
Максимум	1,00	1,00	1,00	0,980	65	63	61	54	76	79	128	128	101	84	85	108	57	51	55	60	81	77	190	200	78	135	92	125

Таблица 3. Статистический анализ с определением критерия Уилкоксона**Table 3.** Statistical analysis with the definition of the Wilcoxon criterion

Параметр сравнения		Значение Т-критерия	Уровень значимости, $p < 0,05$
ИМ Th до	ИМ Th после	93,00	0,065
ИМ L до	ИМ L после	51,00	0,380
Угол сгибания до	Угол сгибания после	28,50	0,246
Угол наклона выпукл. до	Угол наклона выпукл. после	40,00	0,726
Угол ротации выпукл. до	Угол ротации выпукл. после	1,50	<0,001
Сила сгибания до	Сила сгибания после	53,00	1,000
Сила наклона выпукл. до	Сила наклона выпукл. после	18,50	0,035
Сила ротации выпукл. до	Сила ротации выпукл. после	24,50	0,047
Угол разгибания до	Угол разгибания после	76,50	0,139
Угол наклона вогн. до	Угол наклона вогн. после	23,00	0,038
Угол ротации вогн. до	Угол ротации вогн. после	19,50	0,023
Сила разгибания до	Сила разгибания после	10,00	0,005
Сила наклона вогн. до	Сила наклона вогн. после	16,00	0,013
Сила ротации вогн. до	Сила ротации вогн. после	25,50	0,053

В 2019 году Jacek Wilczyński и Alicja Kasprzak провели исследование 41 женщины с синдромом болей внизу спины на фоне дегенеративных изменений [32]. В данном исследовании аппарат Tergumed использовался не только для оценки определённых параметров силы, но и в качестве тренажёра с БОС, позволяющей использовать его в лечебных целях.

В.Д. Ерёмченко и Н.Л. Иванова в своей статье отмечают, что Tergumed 3D является универсальной диагностической, тестовой и реабилитационной станцией для всего позвоночника [33]. Он позволяет объективно оценивать диапазон движений во всех трёх плоскостях, его дефицит, изометрическую и динамическую силу мышц, их дисбаланс. Полученные данные применяются для разработки реабилитационных методик для лечения пациентов с заболеваниями позвоночника. Кроме того, авторы отмечают, что аппарат может использоваться как критерий оценки эффективности мероприятий, направленных на коррекцию дисбаланса силы паравертебральных мышц. Также оптимизация режима асимметричной нагрузки у детей с деформациями позвоночника начальных степеней может служить эффективным средством профилактики усиления степени деформации и её коррекции.

Касательно деформаций позвоночника Г.С. Лупандина-Болотова с соавт. опубликовали ряд работ, посвящённых исследованию применения аппарата Tergumed 3D при оценке реабилитации подростков в возрасте от 12 до 16 лет с нарушениями осанки и сколиозами I–II степени [34–36]. В первых двух научных работах оценивались результаты применения аппарата БОС при проведении дополнительных тренировок в изометрическом режиме. Исследования

проводились с использованием контрольных групп пациентов, применением статистического анализа. Полученные данные демонстрировали улучшение показателей антропометрии, стабилотрии, миографии паравертебральных мышц, значимое улучшение мышечной силы и тренированности у пациентов в группе применения аппарата [35], причём лучших результатов удавалось достичь за меньшие сроки [34]. Ограничением этих исследований было отсутствие точно установленного диагноза.

В ещё одном сообщении Г.С. Лупандиной-Болотовой с соавт. [36] о методах диагностики нарушений осанки и деформаций позвоночника отмечается, что значимость показаний прибора Tergumed 3D доказана Н. Schaar с соавт. [37].

Нами прибор применялся для исследования пациентов с тяжёлыми деформациями позвоночника IV степени. Научных работ с использованием динамографии в оценке функционального результата при предоперационной галотракции при тяжёлых сколиотических деформациях в литературе нам не встретилось.

Ограничение исследования

Ограничением исследования является малая выборка пациентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные демонстрируют увеличение силы мышц позвоночника после проводимой гало-гравитационной подготовки, а также повышение мобильности в ряде плоскостей. Динамографический метод показал

свою эффективность при оценке предоперационной галотракционной подготовки у пациентов с тяжёлыми деформациями позвоночника, однако требуются дальнейшие исследования с более высоким уровнем доказательности.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведённым исследованием и публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесов С.В. Хирургия деформаций позвоночника / под ред. С.П. Миронова. Москва: Авторская академия, 2014. 272 с.
2. Михайловский М.В. Этапы развития вертебральной хирургии: исторический экскурс // Хирургия позвоночника. 2004. № 1. С. 10–24.
3. Адамбаев З.И., Киличев И.А. Тракционная терапия (обзор литературы) // Достижения науки и образования. 2017. Т. 20, № 7. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/traksiionnaya-terapiya-obzor-literatury>. Дата обращения: 29.03.2023.
4. Konieczny M.R., Senyurt H., Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis // *J Child Orthop*. 2013. Vol. 7, № 1. P. 3–9. doi: 10.1007/s11832-012-0457-4
5. Comité Nacional de Adolescencia SAP; Comité de Diagnóstico por Imágenes SAP; Sociedad Argentina de Ortopedia y Traumatología Infantil; Sociedad Argentina de Patología de la Columna Vertebral (SAPCV); Comité de Diagnóstico por Imágenes; Colaboradores. Consenso de escoliosis idiopática del adolescente [Adolescent idiopathic scoliosis] // *Arch Argent Pediatr*. 2016. Vol. 114, № 6. P. 585–594. doi: 10.5546/aap.2016.585
6. Willner S., Udén A. A prospective prevalence study of scoliosis in Southern Sweden // *Acta Orthop Scand*. 1982. Vol. 53, № 2. P. 233–7. doi: 10.3109/17453678208992208
7. Carter O.D., Haynes S.G. Prevalence rates for scoliosis in US adults: results from the first National Health and Nutrition Examination Survey // *Int J Epidemiol*. 1987. Vol. 16, № 4. P. 537–44. doi: 10.1093/ije/16.4.537
8. Schwab F., Dubey A., Gamez L., El Fegoun A.B., Hwang K., Pagala M., Farcy J.P. Adult scoliosis: prevalence, SF-36, and nutritional parameters in an elderly volunteer population // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005. Vol. 30, № 9. P. 1082–5. doi: 10.1097/01.brs.0000160842.43482.cd
9. Казьмин А.И., Фищенко В.Я. Дискотомия (Этиология, патогенез и лечение сколиоза). Москва: Медицина, 1974. 200 с.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных и фотографий.

ADDITIONAL INFO

Author contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

10. Джалилов Я.Р. Комплексное ортопедо-хирургическое лечение сколиотической болезни // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2002. Т. 9, № 3. С. 47–52. doi: 10.17816/vto99941

11. Ветрилэ С.Т., Кулешов А.А., Швец В.В. Сравнительный анализ результатов хирургического лечения сколиоза с применением дистрактора Harrington в сочетании с методом Luque и системы Cotrel-Dubousset // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 1999. Т. 6, № 2. С. 7–15. doi: 10.17816/vto104799

12. Ветрилэ С.Т., Швец В.В., Кулешов А.А. Результаты хирургического лечения больных сколиозом по Харрингтону в различных сочетаниях с другими методиками // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 1996. Т. 3, № 1. С. 3–6. doi: 10.17816/vto64039

13. Ветрилэ С.Т., Кисель А.А., Кулешов А.А. Оценка эффективности одноэтапной хирургической коррекции сколиотической деформации позвоночника инструментарием Cotrel — Dubousset // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2004. Т. 11, № 4. С. 58–68. doi: 10.17816/vto200411458-67

14. Кулешов А.А. Тяжёлые формы сколиоза. Оперативное лечение и функциональные особенности некоторых органов и систем: дис. ... д-ра мед. наук. Москва, 2007. Режим доступа: <https://www.disscat.com/content/tyazhelye-formy-skolioza-operativnoe-lechenie-i-funktsionalnye-osobennosti-nekotorykh-organo?ysclid=lp5ogu1eyk942975917>

15. Cheung K.M., Luk K.D. Prediction of correction of scoliosis with use of the fulcrum bending radiograph // *J Bone Joint Surg Am*. 1997. Vol. 79, № 8. P. 1144–50. doi: 10.2106/00004623-199708000-00005

16. Kleinman R.G., Csongradi J.J., Rinsky L.A., Bleck E.E. The radiographic assessment of spinal flexibility in scoliosis: a study of the efficacy of the prone push film // *Clin Orthop Relat Res*. 1982. № 162. P. 47–53.

17. Hamzaoglu A., Ozturk C., Aydogan M., Tezer M., Aksu N., Bruno M.B. Posterior only pedicle screw instrumentation with intraoperative halo-femoral traction in the surgical treatment of severe scoliosis (>100 degrees) // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008. Vol. 33, № 9. P. 979–83. doi: 10.1097/BRS.0b013e31816c8b17
18. White A.A., Panjabi M.M. *Clinical biomechanics of the spine*. Philadelphia: Lippincott, 1978.
19. Polly D.W. Jr, Sturm P.F. Traction versus supine side bending. Which technique best determines curve flexibility? // *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998. Vol. 23, № 7. P. 804–8. doi: 10.1097/00007632-199804010-00013
20. Vaughan J.J., Winter R.B., Lonstein J.E. Comparison of the use of supine bending and traction radiographs in the selection of the fusion area in adolescent idiopathic scoliosis // *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996. Vol. 21, № 21. P. 2469–73. doi: 10.1097/00007632-199611010-00012
21. Rinella A., Lenke L., Whitaker C., Kim Y., Park S.S., Peelle M., Edwards C. 2nd, Bridwell K. Perioperative halo-gravity traction in the treatment of severe scoliosis and kyphosis // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005. Vol. 30, № 4. P. 475–82. doi: 10.1097/01.brs.0000153707.80497.a2
22. Sucato D.J. Management of severe spinal deformity: scoliosis and kyphosis // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010. Vol. 35, № 25. P. 2186–92. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181feab19
23. Shi B., Liu D., Shi B., Li Y., Xia S., Jiang E., Qiu Y., Zhu Z. A Retrospective Study to Compare the Efficacy of Preoperative Halo-Gravity Traction and Postoperative Halo-Femoral Traction After Posterior Spinal Release in Corrective Surgery for Severe Kyphoscoliosis // *Med Sci Monit*. 2020. Vol. 26. P. e919281. doi: 10.12659/MSM.919281
24. Qiao J., Xiao L., Sun X., Liu Z., Zhu Z., Qian B., Qiu Y. Three column osteotomy for adult spine deformity: comparison of outcomes and complications between kyphosis and kyphoscoliosis // *Br J Neurosurg*. 2018. Vol. 32, № 1. P. 32–36. doi: 10.1080/02688697.2018.1427214
25. Kandwal P., Vijayaraghavan G.P., Nagaraja U.B., Jayaswal A. Severe Rigid Scoliosis: Review of Management Strategies and Role of Spinal Osteotomies // *Asian Spine J*. 2017. Vol. 11, № 3. P. 494–503. doi: 10.4184/asj.2017.11.3.494
26. Сажнев М.Л. Хирургическое лечение сколиотической деформации с использованием остеотомии по Смит-Петерсену: дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2013. Режим доступа: <https://www.disserscat.com/content/khirurgicheskoe-lechenie-skolioticheskoi-deformatsii-s-ispolzovaniem-osteotomii-po-smit-pete?ysclid=lp5ox8bkut432207374>
27. Mehrpour S., Sorbi R., Rezaei R., Mazda K. Posterior-only surgery with preoperative skeletal traction for management of severe scoliosis // *Arch Orthop Trauma Surg*. 2017. Vol. 137, № 4. P. 457–463. doi: 10.1007/s00402-017-2642-x
28. Yang C., Wang H., Zheng Z., Zhang Z., Wang J., Liu H., Kim Y.J., Cho S. Halo-gravity traction in the treatment of severe spinal deformity: a systematic review and meta-analysis // *Eur Spine J*. 2017. Vol. 26, № 7. P. 1810–1816. doi: 10.1007/s00586-016-4848-y
29. McIntosh A.L., Ramo B.S., Johnston C.E. Halo Gravity Traction for Severe Pediatric Spinal Deformity: A Clinical Concepts Review // *Spine Deform*. 2019. Vol. 7, № 3. P. 395–403. doi: 10.1016/j.jspd.2018.09.068
30. Stevens V.K., Parlevliet T.G., Coorevits P.L., Mahieu N.N., Bouche K.G., Vanderstraeten G.G., Danneels L.A. The effect of increasing resistance on trunk muscle activity during extension and flexion exercises on training devices // *J Electromyogr Kinesiol*. 2008. Vol. 18, № 3. P. 434–45. doi: 10.1016/j.jelekin.2006.10.009
31. De Ridder E., Danneels L., Vleeming A., Vanderstraeten G., Van Ranst M., Van Oosterwijck J. Trunk extension exercises: How is trunk extensor muscle recruitment related to the exercise dosage? // *J Electromyogr Kinesiol*. 2015. Vol. 25, № 4. P. 681–8. doi: 10.1016/j.jelekin.2015.01.001
32. Wilczyński J., Kasprzak A. Dynamics of Changes in Isometric Strength and Muscle Imbalance in the Treatment of Women with Low back Pain // *Biomed Res Int*. 2020. Vol. 2020. P. 6139535. doi: 10.1155/2020/6139535
33. Ерёменко В.Д., Иванова Н.Л. Тренажеры «Tergumed 3D» и «Proxomed Tergumed 700»: изучение опыта применения в реабилитации при дорсопатиях // *Материалы IV Студенческой заочной международной научной конференции, посвящённой 85-летию образования ИрГТУ, «Физическая культура и спорт — основа здоровья нации»; апрель 27–29 2015; Иркутск / под ред. М.М. Колокольцева. Том 2. Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2015. С. 772–776.*
34. Лупандина-Болотова Г.С., Поляков С.Д., Корнеева И.Т. Метод стабилотрии в оценке динамики функциональных вертебральных изменений у детей 12–16 лет при использовании в комплексе реабилитации лечебно-диагностической системы «Тергумед 3D» // *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. 2011. № 12(96). С. 36–40.
35. Лупандина-Болотова Г.С., Корнеева И.Т., Поляков С.Д. Лечебно-диагностическая система «Тергумед 3D» в комплексной реабилитации подростков с функциональными вертебральными нарушениями // *Современная медицина: актуальные вопросы*. 2013. № 25. С. 115–122.
36. Лупандина-Болотова Г.С., Тайбулатов Н.И., Игнатов Д.А., и др. Функциональные нарушения при деформациях позвоночника и методы их коррекции // *Вопросы современной педиатрии*. 2015. Т. 14, № 2. С. 201–206. doi: 10.15690/vsp.v14i2.1287
37. Schaar H., Simon J., Mattes K. Reliability of isometric maximum strength tests of the trunk with elite athletes at the CTT-Pegasus®. 8th WCPAS. Germany, Magdeburg, 2008. P. 3–6.

REFERENCES

1. Kolesov S.V. *Surgery of spinal deformities*. Mironov S.P., editor. Moscow: Author's Academy; 2014. 272 p. (In Russ).
2. Mikhailovsky M.V. Stages of development of vertebral surgery: a historical digression. *Spine surgery*. 2004;(1):10–24. (In Russ).
3. Adambaev Z.I., Kiličev I.A. Traction therapy (literature review). *Achievements of science and education*. 2017;20(7). Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/traktsionnaya-terapiya-obzor-literatury>. Accessed: 29.03.2023. (In Russ).

4. Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. *J Child Orthop*. 2013;7(1):3–9. doi: 10.1007/s11832-012-0457-4
5. Comité Nacional de Adolescencia SAP; Comité de Diagnóstico por Imágenes SAP; Sociedad Argentina de Ortopedia y Traumatología Infantil; Sociedad Argentina de Patología de la Columna Vertebral (SAPCV); Comité de Diagnóstico por Imágenes; Colaboradores. Consenso de escoliosis idiopática del adolescente [Adolescent idiopathic scoliosis]. *Arch Argent Pediatr*. 2016;114(6):585–594. (In Spanish). doi: 10.5546/aap.2016.585
6. Willner S, Udén A. A prospective prevalence study of scoliosis in Southern Sweden. *Acta Orthop Scand*. 1982;53(2):233–7. doi: 10.3109/17453678208992208
7. Carter OD, Haynes SG. Prevalence rates for scoliosis in US adults: results from the first National Health and Nutrition Examination Survey. *Int J Epidemiol*. 1987;16(4):537–44. doi: 10.1093/ije/16.4.537
8. Schwab F, Dubey A, Gamez L, El Fegoun AB, Hwang K, Pagala M, Farcy JP. Adult scoliosis: prevalence, SF-36, and nutritional parameters in an elderly volunteer population. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(9):1082–5. doi: 10.1097/01.brs.0000160842.43482.cd
9. Kazmin AI, Fishchenko VYa. *Discotomy (Etiology, pathogenesis and treatment of scoliosis)*. Moscow: Medicine; 1974. 200 p. (In Russ).
10. Jalilov YaR. Complex orthopedic and surgical treatment of scoliotic disease. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2002;9(3):47–52. (In Russ). doi: 10.17816/vto99941
11. Vetrile ST, Kuleshov AA, Shvets VV. Comparative analysis of the results of surgical treatment of scoliosis using the Harrington distractor in combination with the Luque method and the Cotrel-Dubousset system. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 1999;6(2):7–15. (In Russ). doi: 10.17816/vto104799
12. Vetrile ST, Shvets VV, Kuleshov AA. Results of surgical treatment of patients with scoliosis according to Harrington in various combinations with other methods. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 1996;3(1):3–6. (In Russ). doi: 10.17816/vto64039
13. Vetrile ST, Kisel AA, Kuleshov AA. Evaluation of the effectiveness of single-stage surgical correction of scoliotic spinal deformity with Cotrel — Dubousset tools. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2004;11(4):58–68. (In Russ). doi: 10.17816/vto200411458-67
14. Kuleshov AA. *Severe forms of scoliosis. Surgical treatment and functional features of some organs and systems* [dissertation]. Moscow; 2007. Available from: <https://www.dissercat.com/content/tyzhelye-formy-skolioza-operativnoe-lechenie-i-funktsionalnye-osobennosti-nekotorykh-organo-ysclid=lp5ogu1eyk942975917> (In Russ).
15. Cheung KM, Luk KD. Prediction of correction of scoliosis with use of the fulcrum bending radiograph. *J Bone Joint Surg Am*. 1997;79(8):1144–50. doi: 10.2106/00004623-199708000-00005
16. Kleinman RG, Csongradi JJ, Rinsky LA, Bleck EE. The radiographic assessment of spinal flexibility in scoliosis: a study of the efficacy of the prone push film. *Clin Orthop Relat Res*. 1982;(162):47–53.
17. Hamzaoglu A, Ozturk C, Aydogan M, Tezer M, Aksu N, Bruno MB. Posterior only pedicle screw instrumentation with intraoperative halo-femoral traction in the surgical treatment of severe scoliosis (>100 degrees). *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(9):979–83. doi: 10.1097/BRS.0b013e31816c8b17
18. White AA, Panjabi MM. *Clinical biomechanics of the spine*. Philadelphia: Lippincott; 1978.
19. Polly DW Jr, Sturm PF. Traction versus supine side bending. Which technique best determines curve flexibility? *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998;23(7):804–8. doi: 10.1097/00007632-199804010-00013
20. Vaughan JJ, Winter RB, Lonstein JE. Comparison of the use of supine bending and traction radiographs in the selection of the fusion area in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21(21):2469–73. doi: 10.1097/00007632-199611010-00012
21. Rinella A, Lenke L, Whitaker C, Kim Y, Park SS, Peelle M, Edwards C 2nd, Bridwell K. Perioperative halo-gravity traction in the treatment of severe scoliosis and kyphosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(4):475–82. doi: 10.1097/01.brs.0000153707.80497.a2
22. Sucato DJ. Management of severe spinal deformity: scoliosis and kyphosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(25):2186–92. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181feab19
23. Shi B, Liu D, Shi B, Li Y, Xia S, Jiang E, Qiu Y, Zhu Z. A Retrospective Study to Compare the Efficacy of Preoperative Halo-Gravity Traction and Postoperative Halo-Femoral Traction After Posterior Spinal Release in Corrective Surgery for Severe Kyphoscoliosis. *Med Sci Monit*. 2020;26:e919281. doi: 10.12659/MSM.919281
24. Qiao J, Xiao L, Sun X, Liu Z, Zhu Z, Qian B, Qiu Y. Three column osteotomy for adult spine deformity: comparison of outcomes and complications between kyphosis and kyphoscoliosis. *Br J Neurosurg*. 2018;32(1):32–36. doi: 10.1080/02688697.2018.1427214
25. Kandwal P, Vijayaraghavan GP, Nagaraja UB, Jayaswal A. Severe Rigid Scoliosis: Review of Management Strategies and Role of Spinal Osteotomies. *Asian Spine J*. 2017;11(3):494–503. doi: 10.4184/asj.2017.11.3.494
26. Sazhnev ML. *Surgical treatment of scoliotic deformity using Smith-Petersen ostomy* [dissertation]. Moscow; 2013. Available from: <https://www.dissercat.com/content/khirurgicheskoe-lechenie-skolioticheskoi-deformatsii-s-ispolzovaniem-osteotomii-po-smit-pete-ysclid=lp5ox8bku432207374> (In Russ).
27. Mehrpour S, Sorbi R, Rezaei R, Mazda K. Posterior-only surgery with preoperative skeletal traction for management of severe scoliosis. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2017;137(4):457–463. doi: 10.1007/s00402-017-2642-x
28. Yang C, Wang H, Zheng Z, Zhang Z, Wang J, Liu H, Kim YJ, Cho S. Halo-gravity traction in the treatment of severe spinal deformity: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2017;26(7):1810–1816. doi: 10.1007/s00586-016-4848-y
29. McIntosh AL, Ramo BS, Johnston CE. Halo Gravity Traction for Severe Pediatric Spinal Deformity: A Clinical Concepts Review. *Spine Deform*. 2019;7(3):395–403. doi: 10.1016/j.jspd.2018.09.068
30. Stevens VK, Parlevliet TG, Coorevits PL, Mahieu NN, Bouche KG, Vanderstraeten GG, Daneels LA. The effect of increasing resistance on trunk muscle activity during extension and flexion exercises on training devices. *J Electromyogr Kinesiol*. 2008;18(3):434–45. doi: 10.1016/j.jelekin.2006.10.009
31. De Ridder E, Danneels L, Vleeming A, Vanderstraeten G, Van Ranst M, Van Oosterwijck J. Trunk extension exercises: How is trunk extensor

muscle recruitment related to the exercise dosage? *J Electromyogr Kinesiol.* 2015;25(4):681–8. doi: 10.1016/j.jelekin.2015.01.001

32. Wilczyński J, Kasprzak A. Dynamics of Changes in Isometric Strength and Muscle Imbalance in the Treatment of Women with Low back Pain. *Biomed Res Int.* 2020;2020:6139535. doi: 10.1155/2020/6139535

33. Eremenko VD, Ivanova NL. Simulators «Tergumed 3D» and «Proxomed Tergumed 700»: studying the experience of use in rehabilitation for dorsopathies. In: Kolokoltsev MM, editor. Materials of the IV Student correspondence International scientific conference dedicated to the 85th anniversary of the education of IrSTU «Physical culture and sport — the basis of the health of the nation»; April 27–29 2015; Irkutsk. Volume 2. Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University; 2015. P. 772–776. (In Russ).

34. Lupandina-Bolotova GS, Polyakov SD, Korneeva IT. The method of stabilometry in assessing the dynamics of functional vertebral

changes in children aged 12–16 years when used in the rehabilitation complex of the therapeutic and diagnostic system «Tergumed 3D». *Therapeutic physical culture and sports medicine.* 2011;12(96):36–40. (In Russ).

35. Lupandina-Bolotova GS, Korneeva IT, Polyakov SD. Therapeutic and diagnostic system «Tergumed 3D» in the complex rehabilitation of adolescents with functional vertebral disorders. *Modern medicine: topical issues.* 2013;(25):115–122. (In Russ).

36. Lupandina-Bolotova GS, Taybulatov NI, Ignatov DA, et al. Functional disorders in spinal deformities and methods of their correction. *Issues of modern pediatrics.* 2015;14(2):201–206. (In Russ). doi: 10.15690/vsp.v14i2.1287

37. Schaar H, Simon J, Mattes K. *Reliability of isometric maximum strength tests of the trunk with elite athletes at the CTT-Pegasus®.* 8th WCPAS. Germany, Magdeburg; 2008. P. 3–6.

ОБ АВТОРАХ

Колесов Сергей Васильевич, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0001-9657-8584;
eLibrary SPIN: 1989-6994;
e-mail: dr-kolesov@yandex.ru

Цыкунов Михаил Борисович, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0002-0994-8602;
eLibrary SPIN: 8298-8338;
e-mail: rehcito@mail.ru

* **Багиров Самир Бейукиши оглы**;
адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10;
ORCID: 0000-0003-1038-1815;
eLibrary SPIN: 9620-7038;
e-mail: bagirov.samir22@gmail.com

Казьмин Аркадий Иванович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0003-2330-0172;
eLibrary SPIN: 4944-4173;
e-mail: kazmin.cito@mail.ru

Переверзев Владимир Сергеевич, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-6895-8288;
eLibrary SPIN: 8164-1389;
e-mail: vcpereverz@gmail.com

AUTHORS' INFO

Sergey V. Kolesov, MD, Dr. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0001-9657-8584;
eLibrary SPIN: 1989-6994;
e-mail: dr-kolesov@yandex.ru

Mikhail B. Tsykunov, MD, Dr. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0002-0994-8602;
eLibrary SPIN: 8298-8338;
e-mail: rehcito@mail.ru

* **Samir B. Bagirov**;
address: 10 Priorova str., 127299, Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0003-1038-1815;
eLibrary SPIN: 9620-7038;
e-mail: bagirov.samir22@gmail.com

Arkadii I. Kazmin, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0003-2330-0172;
eLibrary SPIN: 4944-4173;
e-mail: kazmin.cito@mail.ru

Vladimir S. Pereverzov, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0002-6895-8288;
eLibrary SPIN: 8164-1389;
e-mail: vcpereverz@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author