



# ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ ТРАКЦИЯ В ХИРУРГИИ ИДИОПАТИЧЕСКОГО СКОЛИОЗА ПОДРОСТКОВ

М.В. Михайловский<sup>1</sup>, В.В. Новиков<sup>1</sup>, М.А. Садовой<sup>1,2</sup>, А.С. Васюра<sup>1</sup>, В.А. Суздалов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский государственный медицинский университет, Новосибирск, Россия

**Цель исследования.** Анализ эффективности интраоперационной тракции, в том числе в зависимости от исходной величины сколиотической дуги, при идиопатическом сколиозе подростков. **Материал и методы.** Из электронной базы отобраны и проанализированы данные пациентов, соответствующих следующим критериям: диагноз — идиопатический сколиоз (типы I, III, V по Lenke); возраст — от 11 до 20 лет; операция выполнена из дорсального доступа; тип фиксации — крючковый либо гибридный (педикулярные шурупы — только в поясничном отделе, от двух до четырех уровней); отсутствие операций на позвоночнике в анамнезе; срок наблюдения — минимум 2 года.

**Результаты.** Сглаживание грудного кифоза и выпрямление поясничного лордоза в ходе коррекции достоверно более выражены в группе с тракцией, послеоперационная динамика сагиттального контура грудного и поясничного отделов позвоночника не имеет существенных различий в зависимости от использования тракции. В условиях интраоперационной тракции достоверно снижается кровопотеря, а время вмешательства уменьшается статистически незначимо. Нормализация фронтального дисбаланса в ближайшем и отдаленном послеоперационном периодах различна в двух группах, но эти различия незначимы. Наибольшая эффективность интраоперационной тракции отмечена в группе с деформациями от 50 до 75°, хотя и при сколиозах меньшей и большей величины интраоперационная тракция увеличивала достигнутую коррекцию.

**Заключение.** Операция, выполненная с интраоперационной тракцией, позволяет получить большую коррекцию в ходе вмешательства и меньшую потерю коррекции в ходе длительного послеоперационного наблюдения, чем без дистрагирующего воздействия. Это в равной степени относится как к основной, так и к вторичной дуге искривления.

**Ключевые слова:** интраоперационная тракция, идиопатический сколиоз, сколиоз подростков.

INTRAOPERATIVE TRACTION IN SURGERY FOR ADOLESCENT IDIOPATHIC SCOLIOSIS

M.V. Mikhaylovskiy<sup>1</sup>, V.V. Novikov<sup>1</sup>, M.A. Sadovoy<sup>1,2</sup>, A.S. Vasyura<sup>1</sup>, V.A. Suzdalov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

**Objective.** To analyze the effectiveness of intraoperative traction in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis, including in relation to the initial magnitude of scoliotic curve.

**Material and Methods.** Data on patients meeting the following criteria were selected from the electronic database and analyzed: idiopathic scoliosis (Lenke types I, III, V); age 10 to 20 years; surgery performed through posterior approach; hook or hybrid (using of pedicle screws only in the lumbar spine, at 2–4 levels) fixation; no previous history of spine surgery; and follow-up period at least two years.

**Results.** Flattening of thoracic kyphosis and alignment of lumbar lordosis during surgical correction were significantly more pronounced in the traction group. Postoperative changes in the sagittal contour of the thoracic and lumbar spine did not differ significantly between the traction and no-traction groups. Intraoperative traction was associated with significantly reduced blood loss, though operation time decreased statistically insignificantly. Normalization of the frontal imbalance in the immediate and long-term postoperative periods was different in the two groups, but these differences were insignificant. Intraoperative traction was most effective in the group with deformities of 50° to 75°, although it also increased the achieved correction in patients with scoliosis of a smaller and greater magnitude.

**Conclusion.** The operation performed with intraoperative traction allows achieving greater correction during an intervention and smaller loss of correction during a long follow-up period than that without a distraction influence. This applies equally to both primary and secondary curvatures.

**Key Words:** intraoperative traction, idiopathic scoliosis, adolescent scoliosis.

Please cite this paper as: Mikhaylovskiy MV, Novikov VV, Sadovoy MA, Vasyura AS, Suzdalov VA. Intraoperative traction in surgery for adolescent idiopathic scoliosis. *Hir. Pozvonoc.* 2017;14(2):8–13. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2017.2.8-13>.

Для цитирования: Михайловский М.В., Новиков В.В., Садовой М.А., Васюра А.С., Суздалов В.А. Интраоперационная тракция в хирургии идиопатического сколиоза подростков // Хирургия позвоночника. 2017. Т. 14. № 2. С. 8–13. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2017.2.8-13>.

Применение аксиальной тракции для исправления деформаций позвоночника имеет давнюю историю. Самым

древним литературным источником является, вероятно, Srimad Bhagwat Mahapuranam, написанный между

3500 и 1800 г. до Рождества Христова и содержащий индийские мифологические тексты. В частности, бог Криш-

на, вознамерившись исправить тяжелую (в трех местах) деформацию позвоночника у одной из своих приверженок, наступил ногой на ее стопы, двумя пальцами взял ее за подбородок и потянул вверх, в результате чего деформация была полностью устранена. Гиппократ, Гален, Ибн Сина применяли аксиальную тракцию с той же целью, но с помощью других средств. Нередко результатом такого лечения была параплегия [11].

В современных условиях аксиальная тракция используется как в ходе вмешательства [3], так в до- и послеоперационном периодах [5, 13]. Тракция базируется на вязкоэластических свойствах вертебральных и паравертебральных мягких тканей, что позволяет добиваться большего объема коррекции [2]. Теоретически тракционное воздействие на позвоночник может уменьшить ротационный компонент деформации [8] и минимизировать усилие, прилагаемое к вертебральному инструментарию.

Исследований, посвященных эффективности интраоперационной скелетной тракции, крайне мало, а их результаты противоречивы. Mac-Thiong et al. [15] полагают, что необходимости в тракции нет. Выводы LaMothe et al. [12] свидетельствуют об определенной эффективности метода. Во всех публикациях эффективность интраоперационной тракции (ИОТ) рассматривается вне зависимости от исходной величины сколиотической деформации.

Мы используем интраоперационное аксиальное воздействие на позвоночник при коррекции сколиотических деформаций с 1996 г., предполагая, что оно способствует увеличению коррекции сколиотической дуги и нормализации фронтального баланса туловища пациента.

Цель исследования – анализ эффективности ИОТ, в том числе в зависимости от исходной величины сколиотической дуги, у пациентов с идиопатическим сколиозом подростков.

## Материал и методы

Из электронной базы данных были отобраны пациенты, соответствующие следующим критериям:

- диагноз «идиопатический сколиоз» (типы I, III, V по Lenke);
- возраст от 11 до 20 лет;
- операция выполнена из дорсального доступа;
- тип фиксации крючковый либо гибридный (педикулярные шурупы – только в поясничном отделе, от двух до четырех уровней);
- отсутствие операций на позвоночнике в анамнезе;
- срок наблюдения – минимум 2 года.

Всего вышеуказанным критериям соответствовали 548 пациентов, из которых 373 оперированы с применением ИОТ, а 175 – без нее. Средний возраст пациентов – 15,6 года в группе ИОТ, 15,9 года – в группе без ИОТ (БИОТ). В группе ИОТ соотношение женщин и мужчин составило 335 к 38, в группе БИОТ – 161 к 14. Грудные деформации I типа по Lenke превалировали в обеих группах (266 и 130) над грудопоясничными III типа (66 и 28) и поясничными V типа (41 и 17).

После введения пациента в наркоз до поворота в положение на животе осуществляли фиксацию скобы ЦИТО к костям свода черепа (теменным буграм), затем проводили спицы Киришнера во фронтальной плоскости через обе берцовые кости в надлодыжечных областях и фиксировали в скобах для скелетного вытяжения. Первоначальная тракция не превышала 3–5 кг, перед имплантацией стержней ее увеличивали до 50 % веса тела, а после монтажа инструментария снижали до исходной величины. Сразу после операции скобы и спицы удаляли.

Во всех случаях для костной пластики использовали только локальные аутотрансплантаты (остистые, поперечные, суставные отростки, полудужки), забор которых осуществляли на всем протяжении зоны инструментального спондиледа. Количество двигательных сегментов, включаемых

в эту зону, было практически одинаковым в обеих группах: 12–13 уровней.

Спондилографию грудного и поясничного отделов позвоночника в положении стоя выполняли перед операцией, перед выпиской пациента и в конце периода наблюдения. В эти сроки определяли угол Cobb для первичной и вторичной дуг, величину грудного кифоза, поясничного лордоза, фронтальный баланс (отстояние центроида Th<sub>1</sub> позвонка от средней крестцовой линии), а также интраоперационную кровопотерю и длительность вмешательства для обеих групп.

*Статистика.* Все парные сравнения проводили с помощью критерия Манна – Уитни. Это непараметрический критерий, который не требует нормального распределения данных, в отличие, например, от критерия Стьюдента. Если сравнивали несколько групп, использовали критерий Краскела – Уоллеса – обобщение критерия Манна – Уитни для нескольких групп. Все манипуляции с данными проводили в пакете R.

## Результаты

Все результаты представлены в табл.

*Основная дуга.* Исходная величина деформации в группе ИОТ – 60,5°, коррекция – 32,7°, потеря коррекции – 3,1°; в группе БИОТ – 54,1°, 26,2°, 5,9° соответственно. Различия статистически значимы.

Мы попытались объяснить влияние исходной величины основной дуги на полученный результат в трех группах: до 50°, от 50° до 75° и более 75°. Оказалось, что ИОТ увеличивает полученную коррекцию во всех группах, но в наибольшей степени это относится к пациентам с деформациями от 50° до 75°. Коррекция без ИОТ составила 27,9°, при использовании ИОТ – 34,9°. Это различие статистически значимо (критерий Манна – Уитни – 1,244e-0,9).

*Вторичная дуга.* Исходная величина деформации в группе ИОТ – 44,2°, коррекция – 20,6°, потеря коррекции – 1,4°; в группе БИОТ – 37,7°, 14,2°, 2,3°

Таблица

Основные параметры сколиотической деформации в условиях применения интраоперационной тракции (ИОТ) и без тракции

Анализируемые параметры	Средний показатель в группе без ИОТ	Средний показатель в группе с ИОТ	Критерий Манна – Уитни
Коррекция первичной дуги, град.	26,2	32,7	9.477e-13
Потеря коррекции первичной дуги, град.	6,0	3,1	5.004e-11
Коррекция противоискривления, град.	14,4	20,6	2.2e-16
Потеря коррекции противоискривления, град.	2,3	1,4	0.0007357
Уменьшение грудного кифоза, град.	-1,3	7,8	2.2e-16
Послеоперационное увеличение грудного кифоза, град.	1,8	0,9	0.06501
Сглаженность поясничного лордоза, град.	3,1	7,0	6.211e-12
Послеоперационное увеличение поясничного лордоза, град.	1,8	0,9	0.06501
Уменьшение фронтального дисбаланса, мм	5,7	3,0	0.2364
Послеоперационное уменьшение фронтального дисбаланса, мм	-4,1	-4,4	0.8711

соответственно. Различия статистически значимы.

**Грудной кифоз.** Исходная величина деформации в группе ИОТ – 30,8°, после операции уменьшена на 7,3°, в дальнейшем – увеличение кифоза на 0,9°; в группе БИОТ – на 23,4°, 2,4°, 2,6° соответственно. Интраоперационное сглаживание кифоза в обеих группах статистически значимо, увеличение в отдаленном послеоперационном периоде статистически незначимо.

**Поясничный лордоз.** Исходная величина деформации в группе ИОТ – 58,2°, после операции уменьшена на 6,7°, в дальнейшем – увеличение лордоза на 1,0°; в группе БИОТ – на 54,8°, 3,2°, 1,8° соответственно. Интраоперационное сглаживание лордоза в обеих группах статистически значимо, увеличение в отдаленном послеоперационном периоде статистически незначимо.

**Фронтальный дисбаланс.** В группе ИОТ уменьшен в среднем на 3 мм; в группе БИОТ – на 5,7 мм, в отдаленном послеоперационном периоде дисбаланс продолжал уменьшаться: в группе ИОТ на 4,1 мм; в группе БИОТ – на 4,4 мм. Все изменения статистически недостоверны.

**Продолжительность операции** в группе БИОТ составила 183,7 мин, а в группе ИОТ – 165,9 мин. Различия статистически незначимо (критерий Манна – Уитни 0.01166).

**Кровопотеря.** У пациентов в группе БИОТ средняя кровопотеря составила 1005,1 мл, в группе ИОТ – 867,7 мл, то есть при использовании ИОТ кровопотеря уменьшается в среднем на 137,4 мл. Различия статистически значимо согласно критерию Манна – Уитни (1.215e-07).

### Обсуждение

Работы, касающиеся эффекта ИОТ при использовании дистрактора Harrington, нам не известны. Авторы инструментария CD в одной из первых публикаций, посвященных его применению, рекомендовали постоянное использование ИОТ в хирургии идиопатического сколиоза подростков, имея в виду целый ряд возможных преимуществ: стабилизацию позвоночника в ходе вмешательства и облегчение имплантации крюков и шурупов, а также увеличение доинструментальной коррекции деформации. Они использовали ИОТ, уменьшаемую в момент имплантации первого стержня, в серии из 250 пациентов и не выявили ни одного неврологического осложнения [13].

Первое исследование, посвященное эффективности ИОТ в лечении идиопатического сколиоза подростков, опубликовано в 2004 г. Mac-Thiong et al [15]. Авторы сравнили две группы пациентов, оперированных с применением ИОТ (40 человек) и без

нее (100 человек). Накожную тракцию начинали после введения в наркоз и укладки пациента с грузами от 25 до 30 фунтов до одной трети веса тела пациента (по выбору оперирующего хирурга). Результаты несколько разочаровали: несмотря на то что в группе исследования деформации исходно были меньше, при этом более мобильны, а протяженность спондилодеза и количество педикулярных шурупов больше, чем в контрольной, разница в достигнутой коррекции основной дуги была незначительной. Существенные различия отмечены в области поясничного противоискривления. Здесь ИОТ продемонстрировала большую эффективность. Что касается сагиттального контура позвоночного столба, ИОТ сглаживает поясничный лордоз и мало влияет на динамику грудного кифоза. Продолжительность вмешательства и кровопотеря в группе исследования были существенно выше, чем в контрольной (2447 мл, 351 мин и 1742 мл, 301 мин соответственно), но убедительного объяснения такому различию авторы не приводят. Серьезных осложнений, связанных с применением ИОТ, авторы не отметили. Основываясь на этих находках, Mac-Thiong et al. [15] не рекомендуют повседневное использование ИОТ в хирургии идиопатического сколиоза.

Hamzaoglu et al. [6] представили результаты интраоперационной гало-

феморальной тракции при лечении тяжелых (свыше 100°) сколиотических деформаций. У 15 пациентов основную дугу удалось исправить со 112° до 60°, компенсаторную – с 69° до 40°, кифоз уменьшен со 102° до 48°. Тракция в начале вмешательства составляла 12 кг (6 кг – за голову, по 3 кг – за ноги), а в дальнейшем увеличивалась каждый час на 1 кг, достигая 12 кг за голову и столько же – за ноги (не более 30–50 % от веса тела пациента). Хирургическая техника предусматривала резекцию суставных отростков и дорсальный релиз (удаление над-, межостистых и желтых связок). Авторы высоко оценивают интраоперационную галотракцию в связи с хорошей коррекцией, минимизацией осложнений и увеличением плевральных полостей с улучшением функции легких. В сроки более двух лет послеоперационная потеря коррекции составила 4° для основной дуги и 2° для грудного кифоза. К сожалению, отсутствие группы сравнения не дает возможности оценить вклад ИОТ в достигнутый результат.

Влияние ИОТ (за череп и бедра с усилием до 50 % от веса тела) на коррекцию тяжелых сколиотических деформаций и, в первую очередь, на деротацию апикального позвонка продемонстрировали Jhaveri et al. [8]. Они оперировали 22 пациентов с идиопатическим сколиозом и нейромышечными деформациями в условиях ИОТ и констатировали достоверное уменьшение ротации апикального позвонка (измеренной по Nash – Moe) – с 3,1° до 2,4°. Из 22 пациентов уменьшение этого показателя отмечено у 14 (64 %), при этом угол Cobb уменьшен с 88° до 49° (44,3 % коррекции). Деротация, достигнутая в результате применения ИОТ, позволяет, помимо всего прочего, облегчить манипуляции на деформированном позвоночнике (декортикация и т.д.).

Lewis et al. [14], предполагая, что ИОТ может вызывать натяжение и ишемию спинного мозга, исследовали моторные вызванные потенциалы у пациентов с идиопатическим сколиозом подростков. Оказалось, что

ИОТ ассоциируется с частыми изменениями вызванных потенциалов: начало изменений отмечено в среднем на 94 мин вмешательства, они могли быть одно- или двусторонними и начинали исчезать в среднем через 5,5 мин после ослабления или прекращения тракции. На момент ушивания раны изменения исчезали полностью или частично, но ни в одном случае не было выявлено неврологического дефицита. Факторами риска изменений вызванных потенциалов авторы считают грудную локализацию первичной дуги, увеличение угла Cobb и ригидность деформации.

Kulkarni и Shah [10] представили результаты применения интраоперационного скелетного вытяжения у 10 взрослых пациентов с запущенными деформациями. Скелетное вытяжение использовали с грузом в 50 % веса тела за ноги и треть веса тела за голову. Применяли только дорсальную коррекцию. Деформацию удалось уменьшить с 89° до 40° (55 % коррекции). Апикальная ротация, измеренная по Nash – Moe, уменьшена с III до II ст. Осложнений, связанных с использованием тракции, в том числе неврологических, не было. По мнению авторов, ИОТ позволяет отказаться от вентрального доступа, облегчает имплантацию шурупов, эффективна и безопасна.

Da Cunha et al. [4] оперировали 72 пациентов с идиопатическим сколиозом позвоночника (45 – с ИОТ, 27 – без ИОТ). Использовали скелетное вытяжение, тяга не превышала 50 % от веса тела. Все операции с применением гибридных конструкций выполнены из дорсального доступа. В группе ИОТ время операции составило 375 мин, кровопотеря – 1485 мл; в группе БИОТ – 447 мин и 2083 мл соответственно. Коррекция основной дуги в группе ИОТ – 62,5 % (исходно 62°); БИОТ – 58,0 % (исходно 63°). Осложнений, связанных с ИОТ, не отмечено.

Alsayegh et al. [1] сравнили две группы пациентов с идиопатическим сколиозом подростков, оперированных с помощью черепно-феморальной

тракции и без нее (соответственно 28 и 45 пациентов). При ИОТ резко снижались кровопотеря (1485 против 2083 мм) и длительность операции (375 против 447 мин). Коррекция сколиотической деформации в двух группах была почти одинакова (62,5 против 58,1 %). Осложнений, связанных с ИОТ, не отмечено, в том числе неврологических.

LaMothe et al. [12] представили обзор литературы с целью ответить на следующие вопросы: дает ли интраоперационная тракция какие-либо преимущества и не связано ли это с риском для пациентов? Всего в девяти отобранных для обзора публикациях представлены результаты оперативного лечения 150 пациентов с идиопатическим сколиозом и 106 – с нейромышечным.

Осложнения, вызванные ИОТ, немногочисленны. На 150 операций по поводу идиопатического сколиоза приходится один случай тракционной деротации кожного пролежня и 19 случаев обратимых изменений показателей интраоперационного мониторинга спинного мозга без клинических последствий. Анализ литературных данных показал, что ИОТ может быть использована для улучшения коррекции идиопатического сколиоза при условии адекватной оценки характеристик дуги и мониторинга спинного мозга. ИОТ позволяет отказаться от переднего доступа. Влиянием ИОТ можно объяснить сглаженность физиологических изгибов – грудного кифоза и поясничного лордоза.

Целый ряд публикаций посвящен применению ИОТ в хирургии нейромышечных сколиозов [7, 9, 16, 17]. Авторы констатируют эффективность ИОТ, однако, поскольку при последних ДЦП тракция используется асимметрично для коррекции перекоса таза, эти работы мы не обсуждаем, но упоминаем для полноты картины.

Мы обследовали самую большую из числа опубликованных когорту пациентов, полученные данные не во всем совпадают с ранее опубликованными. Так, оказалось, что операция, выполненная с ИОТ, позволяет

получить большую коррекцию в ходе вмешательства и меньшую потерю коррекции в ходе длительного послеоперационного наблюдения, чем без дистрагирующего воздействия. Это в равной степени относится как к основной, так и вторичной дуге искривления. Сглаживание грудного кифоза и выпрямление поясничного лордоза при коррекции также достоверно более выражены в группе с ИОТ, а послеоперационная динамика сагиттального контура грудного и поясничного отделов позвоночника не имеет существенных различий в зависимости от применения ИОТ. В условиях ИОТ достоверно снижается кровопотеря, время вмешательства сокращается, но это различие статистически незначимо. Нормализация фронтального дисбаланса как в ближайшем, так и в отдаленном послеоперационном

периодах различна в двух группах, но эти различия также статистически незначимы. Наибольшая эффективность ИОТ отмечена в группе пациентов с деформациями от 50° до 75°, хотя и при сколиозах меньшей и большей величины ИОТ увеличивала достигнутую коррекцию.

White и Panjabi [18] доказали, что с позиций биомеханики деформации более 57° лучше корригируются с помощью аксиальной тракции, нежели трансляционного маневра. Наши данные подтверждают этот вывод, поскольку ИОТ наиболее эффективно работает именно в группе пациентов с деформациями от 50° до 75°. Осложнений, связанных с применением ИОТ, мы не отметили.

## Заключение

Интраоперационная скелетная тракция может существенно увеличить степень коррекции как первичной, так и вторичной дуги искривления, особенно при деформациях от 50° до 75°. ИОТ также сопровождается уменьшением послеоперационной потери коррекции и интраоперационной кровопотери, но не влияет на динамику восстановления фронтального баланса. Уменьшение потери коррекции и снижение кровопотери мы не склонны напрямую связывать с использованием ИОТ, для этого нет достаточных оснований. Для подтверждения или отрицания такой связи необходимы дополнительные исследования.

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

## Литература/References

1. **Alsayegh S, LaMothe J, Letal M, Parsons D, Ferri-de-Barros F.** Intraoperative skull femoral traction (ISFT) in posterior instrumentation for adolescent idiopathic scoliosis: safety and effect on perioperative care. *Can J Surg.* 2013;56(4 Suppl 2):S55.
2. **Clark JA, Hsu LC, Yau AC.** Viscoelastic behaviour of deformed spines under correction with halo pelvic distraction. *Clin Orthop Relat Res.* 1975;(110):90–111.
3. **Cotrel Y, Dubouset J, Guillaumat M.** New universal instrumentation in spinal surgery. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;227:10–23.
4. **Da Cunha RJ, Al Sayegh S, LaMothe JM, Letal M, Johal H, Parsons DL, Ferri-de-Barros F.** Intraoperative skull-femoral traction in posterior spinal arthrodesis for adolescent idiopathic scoliosis: the impact on perioperative outcomes and health resource utilization. *Spine.* 2015;40:E154–E160. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000711.
5. **Ferguson RL, Allen BL Jr.** Staged correction of neuromuscular scoliosis. *J Pediatr Orthop.* 1983;3:555–562. DOI: 10.1097/01241398-198311000-00001.
6. **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.* 2008;33:979–983. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31816c8b17.
7. **Huang MJ, Lenke LG.** Scoliosis and severe pelvic obliquity in a patient with cerebral palsy: surgical treatment utilizing halo-femoral traction. *Spine.* 2001;26:2168–2170.
8. **Jhaveri SN, Zeller R, Miller S, Lewis SJ.** The effect of intra-operative skeletal (skull femoral) traction on apical vertebral rotation. *Eur Spine J.* 2009;18:352–356.
9. **Keeler KA, Lenke LG, Good CR, Bridwell KH, Sides B, Luhmann SJ.** Spinal fusion for spastic neuromuscular scoliosis: is anterior releasing necessary when intraoperative halo-femoral traction is used? *Spine.* 2010;35:E427–E433. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181d9527e.
10. **Kulkarni AG, Shah SP.** Intraoperative skull-femoral (skeletal) traction in surgical correction of severe scoliosis (>80°) in adult neglected scoliosis. *Spine.* 2013;38:659–664. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318277c874.
11. **Kumar K.** Spinal deformity and axial traction. *Spine.* 1996;21:653–655.
12. **LaMothe JM, Al Sayegh S, Parsons DL, Ferri-de-Barros F.** The use of intraoperative traction in pediatric scoliosis surgery: a systematic review. *Spine Deformity.* 2015;3:45–51. DOI: 10.1016/j.jspd.2014.06.007.
13. **Letts RM, Palakar G, Bobecko WP.** Preoperative skeletal traction in scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1975;57:616–619.
14. **Lewis SJ, Gray R, Holmes LM, Strantzas S, Jhaveri S, Zaarour C, Magana S.** Neurophysiological changes in deformity correction of adolescent idiopathic scoliosis with intraoperative skull-femoral traction. *Spine.* 2011;36:1627–1638. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318216124e.
15. **Mac-Thiong JM, Labelle H, Poitras B, Rivard CH, Joncas J.** The effect of intraoperative traction during posterior spinal instrumentation and fusion for adolescent idiopathic scoliosis. *Spine.* 2004;29:1549–1554. DOI: 10.1097/01.BRS.0000131421.66635.AF.
16. **Takeshita K, Lenke LG, Bridwell KH, Kim YJ, Sides B, Hensley M.** Analysis of patients with nonambulatory neuromuscular scoliosis surgically treated to the pelvis with intraoperative halo-femoral traction. *Spine.* 2006;31:2381–2385. DOI: 10.1097/01.brs.0000238964.73390.b6.
17. **Vialle R, Delecourt C, Morin C.** Surgical treatment of scoliosis with pelvic obliquity in cerebral palsy: the influence of intraoperative traction. *Spine.* 2006;31:1461–1466. DOI: 10.1097/01.brs.0000219874.46680.87.
18. **White AA, Panjabi MM, eds.** *Practical Biomechanics of Scoliosis and Kyphosis.* Clinical Biomechanics of the Spine, 2nd ed. Philadelphia: J.B. Lippincott, 1990.

**Адрес для переписки:**

Михайловский Михаил Витальевич  
630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,  
Новосибирский НИИТО,  
MMihailovsky@niito.ru

Статья поступила в редакцию 26.12.2016  
Рецензирование пройдено 30.01.2017  
Подписана в печать 06.02.2017

**Address correspondence to:**

Mikhaylovskiy Mikhail Vitalyevich,  
NNIITO, Frunze str., 17,  
Novosibirsk, 630091, Russia,  
MMihailovsky@niito.ru

Received 26.12.2016  
Review completed 30.01.2017  
Passed for printing 06.02.2017

*Михаил Витальевич Михайловский, д-р. мед. наук, проф., заведующий отделением детской и подростковой вертебралогии, Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия, MMihailovsky@niito.ru;*

*Вячеслав Викторович Новиков, д-р. мед. наук, травматолог-ортопед отдела детской и подростковой вертебралогии, руководитель функциональной группы детской и подростковой вертебралогии, Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия, niito@niito.ru;*

*Михаил Анатольевич Садовой, д-р. мед. наук, проф., директор, Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, заведующий кафедрой организации здравоохранения и общественного здоровья, Новосибирский государственный медицинский университет, Новосибирск, Россия, niito@niito.ru;*

*Александр Сергеевич Васюра, канд. мед. наук, травматолог-ортопед отдела детской и подростковой вертебралогии, Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия, niito@niito.ru;*

*Василий Александрович Суздалов, канд. мед. наук, травматолог-ортопед отдела детской и подростковой вертебралогии, Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия, niito@niito.ru.*

*Mikhail Vitalievich Mikhaylovskiy, DMSc, Prof., Head of Department of Children and Adolescent Spine Surgery, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan, Novosibirsk, Russia, MMihailovsky@niito.ru;*

*Vyacheslav Viktorovich Novikov, DMSc, traumatologist-orthopedist in the Department of Children and Adolescent Spine Surgery, head of functional unit of children and adolescent spine surgery, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan, Novosibirsk, Russia, niito@niito.ru;*

*Mikhail Anatolyevich Sadovoy, MD, DMSc, Prof., director, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan, head of the Department of Health Care Management and Public Health, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia, niito@niito.ru;*

*Aleksandr Sergeyevich Vasyura, MD, PhD, traumatologist-orthopedist in the Department of Children and Adolescent Spine Surgery, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan, Novosibirsk, Russia, niito@niito.ru;*

*Vasily Aleksandrovich Suzdalov, MD, PhD, traumatologist-orthopaedist in the Department of Children and Adolescent Spine Surgery, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan, Novosibirsk, Russia, niito@niito.ru.*