



КОМПРЕССИОННЫЕ ПЕРЕЛОМЫ ПОЗВОНОЧНИКА У ДЕТЕЙ: НЕ ПОРА ЛИ ЧТО-ТО МЕНЯТЬ?

Н.О. Хусаинов, С.В. Виссарионов

*Научно-исследовательский детский ортопедический институт
им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия*

Цель исследования. Анализ эффективности лечения детей с компрессионными переломами грудного и поясничного отделов позвоночника различными методами на основании литературных данных.

Материал и методы. Проведен систематический обзор литературы, посвященной методам диагностики и лечения компрессионных переломов позвоночника у детей. Поиск источников для анализа проводили по базам данных PubMed, Science Direct и Google Scholar.

Результаты. Отмечено существенное количество несоответствий между применяемыми подходами к лечению компрессионных переломов у детей и имеющимися данными литературы. В частности, ни один диагностический протокол не включает проведения МРТ в качестве инструмента подтверждения наличия перелома в связи с дороговизной метода и малой значимостью для выбора тактики лечения. Данные биомеханических исследований подвергают большому сомнению целесообразность длительного соблюдения постельного режима и ограничения сидения. Относительно корсетотерапии пациентов с компрессионными переломами продемонстрировано, что снабжение жесткими корсетами не позволяет добиться лучших результатов в сравнении с их отсутствием. Способность детей к ремоделированию остаточных деформаций позвонков обеспечивает восстановление их высоты и формы в подавляющем большинстве случаев. В настоящее время отсутствуют данные, подтверждающие факт более раннего развития дегенеративных заболеваний и болей в спине у детей, получивших компрессионные переломы позвонков.

Заключение. Результаты обзора позволяют провести анализ эффективности различных методов лечения и могут являться основой для пересмотра существующей тактики лечения детей с компрессионными переломами тел позвонков.

Ключевые слова: компрессионный перелом, дети, лечение, корсет, режим.

Для цитирования: Хусаинов Н.О., Виссарионов С.В. Компрессионные переломы позвоночника у детей: не пора ли что-то менять? // Хирургия позвоночника. 2019. Т. 16. № 4. С. 6–12.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2019.4.6-12>.

COMPRESSION FRACTURES OF THE SPINE IN CHILDREN: ISN'T IT TIME TO CHANGE SOMETHING?

N.O. Khusainov, S.V. Vissarionov

The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russia

Objective. To analyze the efficacy of various methods for treatment of children with compression fractures of the thoracic and lumbar spine on the basis of literature data.

Material and Methods. A systematic review of the literature on methods for the diagnosis and treatment of compression fractures of the spine in children was carried out. PubMed, Science Direct, and Google Scholar databases were searched for literature sources for analysis.

Results. A significant number of discrepancies between the approaches used in the treatment of compression fractures in children and the available literature data were noted. In particular, not any diagnostic protocol includes MRI as a tool to confirm the presence of a fracture, due to the high cost of the method and its low influence on the treatment tactic choice. The data of biomechanical studies cast doubt on the feasibility of long-term bed rest compliance and restrictions on sitting. As for bracing of patients with compression fractures, it has been demonstrated that wearing of rigid brace does not allow achieving better results in comparison with its absence. The child's ability to remodel residual deformations of vertebral bodies ensures the restoration of their height and shape in the vast majority of cases. Currently, there is no data confirming the fact of earlier development of degenerative diseases and back pain in children who sustained compression vertebral fractures.

Conclusion. The review results allow to analyze the efficacy of various treatment methods and can be the basis for reviewing the existing treatment tactics for children with compression fractures of the vertebral bodies.

Key Words: compression fractures, spine, children, treatment, brace, regimen.

Please cite this paper as: Khusainov NO, Vissarionov SV. Compression fractures of the spine in children: isn't it time to change something? *Hir. Pozvonoc. 2019;16(4):6–12. In Russian.*

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2019.4.6-12>.

Актуальность проблемы лечения детей с компрессионными переломами тел позвонков грудной и поясничной локализации обусловлена частотой встречаемости данных повреждений, а также значимостью социальных и экономических проблем, возникающих на этапах проводимого лечения в остром периоде и в ходе восстановительной терапии. Несмотря на то что в целом повреждения позвоночного столба в структуре детского травматизма сравнительно редки и составляют в среднем 1–3 % от общего числа травм опорно-двигательного аппарата, у 20–30 % пациентов повреждения локализованы в грудном отделе позвоночника, у 30–50 % – в поясничном [1–3]. До 80 % повреждений являются именно компрессионными переломами, относящимися к типу A1 по классификации AOSpine Thoracolumbar Classification System [4, 5]. Таким образом, среди всех повреждений позвоночного столба этот вид травмы встречается чаще всего, что лишний раз подчеркивает важность и значимость рассматриваемой проблемы.

Поскольку данные переломы относятся к категории неосложненных, механически и неврологически стабильных повреждений, они не представляют серьезной угрозы жизни и здоровью ребенка. Однако необходимо подчеркнуть, что всех пациентов с компрессионными переломами тел позвонков госпитализируют в стационар для дополнительного обследования, включающего МРТ, и лечения, которое продолжается и после выписки, нередко растягиваясь на годы [6]. Вполне естественно, что экономические затраты на таких пациентов должны быть довольно высокими. Попыткой разобраться, насколько оправдан такой подход, можно ли поступать иначе, а также эффективны ли методы, используемые в лечении пациентов данной группы, и явился данный систематический обзор.

Цель исследования – анализ эффективности лечения детей с компрессионными переломами грудного и поясничного отделов позвоночника различными методами на основании литературных данных.

Материал и методы

Настоящее исследование носит характер систематического обзора, посвященного одной проблеме. Формирование пула литературных источников для последующего анализа проводили с использованием баз данных PubMed, Science Direct и Google Scholar. В обзор включали статьи, посвященные диагностике, лечению и исходу заболевания пациентов детского возраста с компрессионными переломами позвонков грудного и поясничного отделов. Кроме того, проводили поиск литературы, освещающей биомеханические особенности позвоночника, для подтверждения существующих рекомендаций по ограничению физической активности у таких пациентов, в частности необходимости ограничения пребывания в положении сидя и исключения спортивных занятий на длительный срок после полученной травмы. Так, например, в PubMed поиск проводили, формируя запрос с использованием ключевых слов или фраз «wedge fractures, compression, spine, vertebrae, pediatric, treatment, bracing, outcome, diagnostics, MRI, children, posture, axial load», комбинируя их в зависимости от темы поиска. Критериями включения в обзор являлись наличие полного текста статьи, детский возраст пациентов, компрессионные переломы позвонков в качестве рассматриваемой нозологии. Исключали статьи, в которых шла речь о патологических переломах позвоночника у детей, а также описывающие результаты экспериментов *ex vivo* и компьютерного моделирования. Отдельно проводили поиск по проблеме биомеханики позвоночного столба при различных положениях туловища, в этом случае возраст пациентов не учитывали. Статус статьи (опубликована/подана в печать/на рецензии) также не учитывали. После сбора материала из всех запланированных источников статьи сверяли и исключали дубликаты. Всего, таким образом, в обзор включили 30 статей и одно учебное пособие. Уровень доказательности и дизайн

статей не учитывали. Решили не ограничивать глубину поиска информации каким-то конкретным временным промежутком по той причине, что уже на этапе первичного поиска стало понятно, что работы, посвященные рассматриваемой теме, малочисленны, а для некоторых из затрагиваемых вопросов – единичны. Для экстракции необходимой информации один из авторов прочитывал весь текст статьи и выделял ключевые позиции. Затем данные систематизировали согласно основным рассматриваемым вопросам (диагностика, лечение и исход заболевания), после чего проводили их анализ и делали выводы.

Результаты

Обзор решили начать с одного из крайне важных, на наш взгляд, вопросов – диагностики компрессионных переломов позвоночника у детей, а именно необходимости проведения МРТ. Традиционно, помимо клинического обследования, таким пациентам в дополнение к рентгенографии поврежденной области позвоночника выполняют МРТ для уточнения наличия перелома и количества поврежденных позвонков. Действительно, данные рентгенографии у ребенка малого возраста могут быть интерпретированы с трудом в связи с рентгенологическими особенностями детского скелета – физиологической клиновидностью тел позвонков на вершине грудного кифоза у детей школьного возраста, наличием апофизов [7, 8]. В случае сомнений используют дополнительные методы диагностики спинальной травмы, среди которых наибольшей точностью для определения характера и объема повреждений была и остается МСКТ [9]. Выполнение МРТ абсолютно показано при наличии неврологически осложненной спинальной травмы, а также для оценки состояния заднего опорного комплекса – в ряде случаев при наличии взрывных переломов его сохранность позволяет сделать выбор в пользу консервативного лечения [10]. Однако выполнение этого исследования у пациентов с ком-

прессиионными переломами позвонков нередко служит причиной гипердиагностики: гиперинтенсивность в T2- и STIR-режимах и гипointенсивность в T1-режиме на протяжении 5–8 позвонков трактуют как перелом, что ведет к назначению соответствующего лечения. Между тем наличие данных сигнальных характеристик при отсутствии пластической деформации замыкательных пластинок позвонков описано в литературе как *vertebral bone bruising* – ушиб позвонка. В 1989 г. Mink и Deutsch [11] на примере повреждения суставных поверхностей коленного сустава первыми описали данную нозологию. Эта ситуация лишняя раз подчеркивает необходимость совокупного анализа данных лучевого исследования и картины МРТ. Только клиновидная деформация тела позвонка или деформация замыкательной пластинки в результате полученной травмы в сочетании с изменениями сигнальных характеристик при МРТ-исследовании свидетельствует о компрессионном переломе позвонка. В настоящее время в литературе описаны немногие более 50 пациентов с ушибом позвонков, 26 из них – дети. Scheunemann et al. [12] в 2005 г. и Yokoуama et al. [13] в 2017 г. оценили результаты лечения таких пациентов: во всех случаях наблюдали полное выздоровление в течение 1 мес. на фоне иммобилизации в мягком корсете или при непродолжительном соблюдении постельного режима с последующей ранней вертикализацией. Для оценки результатов лечения авторы использовали данные клинического осмотра и контрольного МРТ: ни у одного пациента не было отмечено нарушения функции позвоночного столба или развития посттравматической деформации. Teli et al. [14] также не смогли выявить значимых посттравматических изменений у 30 взрослых пациентов, получивших ушиб тел позвонков. Данные результаты позволяют считать такие повреждения безопасными в плане прогноза и не требующими комплексного лечения.

Подходя к вопросам тактики лечения пациентов с подтвержденными компрессионными переломами позвонков, сначала стоит коснуться необходимости госпитализации ребенка в стационар. Такой подход совершенно оправдан при множественных и сочетанных повреждениях, состояниях, требующих наблюдения в динамике, коррекции терапии. Но в данном случае речь чаще всего идет о компенсированном и стабильном пациенте с изолированным механически и неврологически стабильным неосложненным повреждением позвоночника, целью госпитализации которого является, по сути, соблюдение постельного режима в условиях стационара и тракция на плоскости в сочетании с физиотерапией. Насколько оправдан такой подход? Horal et al. [15], Hubbard [16] и McPhee [17] смогли продемонстрировать преимущества ранней вертикализации в корсете в сравнении с длительным соблюдением постельного режима еще в 70–80 гг. XX в. Но этот суровый и необоснованный метод применяется до сих пор в сочетании с тракцией за подбородок или за подмышечные впадины. Между тем эффективность тракции при компрессионных переломах не имеет даже теоретического обоснования. В отличие от оскольчатых переломов, при которых отломки могут быть приближены путем лигamentотаксиса, компримированная губчатая кость в случае компрессионного повреждения может быть восстановлена по высоте только изнутри травмированного тела, как это происходит при баллонной кифопластике у взрослых [18]. Мы не обнаружили данных, доказывающих эффективность тракции у пациентов с компрессионными переломами позвоночника. Оценка эффективности физиотерапевтических методов в лечении пациентов данной группы не может быть проведена в силу того, что существует огромное количество работ с низкой степенью доказательности, которые не поддаются анализу с точки зрения современных подходов и принципов доказательной медицины.

После выписки из стационара начинается период соблюдения большого количества ограничений, одним из которых является длительный (от 3 до 6 мес.) запрет на пребывание в положении сидя и ограничение движений, вызывающих чрезмерное сгибание туловища. Пациенту и его семье приходится серьезно пересматривать образ жизни на ближайшие полгода с момента травмы: оформление обучения на дому, отсутствие возможности свободного передвижения на транспорте. Даже простое выполнение ежедневных гигиенических мероприятий может стать настоящим испытанием из-за боязни нарушения данных рекомендаций. Причиной, по которой вводится столь суровый запрет, является традиционное представление о возрастании нагрузки на позвоночный столб в положении сидя. Для выяснения истинности этого предположения Nachemson [19, 20] в 1963–1965 гг. первым начал проводить измерения давления в межпозвонковом диске при различных положениях тела в пространстве. Результаты его работы свидетельствовали об увеличении давления при сидении и наклонах вперед: в среднем нагрузка на позвоночник возрастала на 40 % в положении сидя, а каждые 20° наклона вперед увеличивали ее еще на 30 %. Автор использовал аппаратуру, которая в сравнении с современной не отличалась высокой точностью, поэтому позже другие исследователи неоднократно возвращались к этой теме и получали иные результаты. Так, по данным Wilke et al. [21], нагрузка на межпозвонковый диск L₄–L₅ в положениях пациента сидя и стоя одинакова. Стоит отметить, что все проводимые исследования, результаты которых представлены в литературе, ограничивались измерением давления на уровне дисков L₃–L₄ и L₄–L₅, поэтому они не могут быть в полной мере применимы к грудному отделу. Известно также, что отличительной особенностью грудного отдела позвоночника является более выраженная стабильность, обеспечиваемая наличием реберного каркаса [22], поэтому возможный

вред вследствие повышения нагрузки в положении сидя при компрессионных переломах грудных позвонков будет справедливо поставить под сомнение.

Эти моменты являются важными для понимания, так как именно данное ограничение ведет к наибольшим неудобствам для пациента и его семьи. С учетом сказанного существующие постулаты требуют дополнительного анализа и проведения научных исследований для переоценки и пересмысления имеющихся на сегодняшний день рекомендаций для пациентов с компрессионными переломами.

Рассматривая вопрос необходимости снабжения пациентов жесткими корсетами, следует обратить внимание на исследование Singer et al. [23], в котором проведена проспективная оценка результатов лечения 34 детей, получивших травму в возрасте от 1 до 17 лет (средний возраст 11,6 года); срок наблюдения – 7,9 года (от 2,4 до 13,1 года). Выбор метода лечения зависел от предпочтения лечащего врача: снабжение жестким груднопоясничным корсетом на срок до 6 недель после травмы (группа 1, n = 17) или немедленная вертикализация без корсета с исключением занятий активными видами спорта также на срок до 6 недель после травмы (группа 2, n = 17). Измеряя индекс клиновидности, авторы оценивали степень восстановления поврежденного позвонка в зависимости от возраста ребенка (старше или младше 12 лет), а также от факта использования корсета. Несколько лучшую степень восстановления высоты тела поврежденного позвонка наблюдали у пациентов младше 12 лет. При этом корсет существенным образом не влиял на процесс восстановления высоты. Также интересно мультицентровое исследование группы авторов из США [24], посвященное валидности шкалы TLICS у пациентов детского возраста, в котором приведены следующие данные: из 102 пациентов, которым было решено проводить консервативное лечение, 36 (35 %) получали его без использования корсета, 64

(63 %) использовали корсет на период 12 недель. Для двух пациентов статус был неизвестен. При этом у 86 (84 %) пациентов были компрессионные переломы позвоночника, у 12 (12 %) – взрывные, у 4 (4 %) – повреждения типа Chance. Из 102 пациентов 79 (77 %) были доступны для наблюдения в среднем через 4 мес. (0,6–95,0 мес.). В результате ни у одного пациента не были отмечены неврологические нарушения или ухудшения, потребовавшие оперативного лечения. В этой работе обращают на себя внимание два момента: факт отсутствия корсета у трети пациентов, подавляющее большинство которых имели компрессионные переломы позвоночника, а также сроки использования корсета (12 недель – это максимально долгий срок корсетотерапии, обнаруженный нами в зарубежной литературе). На этом фоне корсеты полужесткой фиксации в срок от 6 мес. до 2 лет после травмы вызывают ряд вопросов и ставят под сомнение необходимость их использования на протяжении столь длительного периода.

Наконец, при оценке отдаленных результатов лечения детей с компрессионными переломами позвонков необходимо вспомнить об исключительной способности детского организма ремоделировать остаточные деформации не только длинных трубчатых костей, но и позвоночника [25]. Неоднократно, с 70-х до начала 2000-х гг., публиковались данные о восстановлении высоты тел поврежденных позвонков у детей [5, 15, 17, 26–28]. Ретроспективная оценка позволила выделить прогностические факторы, влияющие на возможность такого ремоделирования. К ним относят возраст ребенка и степень костной зрелости, определяемую по тесту Risser, а также плоскость, в которой сформирована травматическая деформация. Установлено, что при значении теста Risser ≤ 2 хорошие исходы наблюдают и при консервативном лечении, и при его отсутствии. У пациентов с показателем теста Risser > 3 , даже при условии длительного консервативного лечения, не отмечено полного восстановления высоты тела поврежденного позвон-

ка [25, 27, 29]. Это же наблюдают и при деформации, сформированной в двух плоскостях, сагиттальной и фронтальной: у таких пациентов, вне зависимости от возраста, в большинстве случаев присутствуют остаточная деформация и риск развития посттравматического сколиоза [30].

Родителей пациентов занимает вопрос развития возможных неблагоприятных последствий полученной травмы – ранних дегенеративных изменений, посттравматических экзтрузий диска на уровне поврежденного сегмента, возникновений боли в спине в будущем. Именно эти страхи заставляют соблюдать любые рекомендации в попытке предотвратить столь значимые проблемы. Существует не так много работ, оценивающих отдаленные результаты лечения пациентов данной группы. Самый длительный период наблюдения (27–47 лет) заявлен в исследовании Moller et al. [31]. На примере 23 пациентов, получивших повреждение позвоночника в 16–18 лет, авторы продемонстрировали, что, несмотря на то что ни в одном случае не было отмечено восстановления формы и высоты тела позвонка, 18 (78 %) из 23 пациентов не имели никаких жалоб на функцию позвоночника, а значения шкалы Oswestry составили $2,5 \pm 6,3$. Стоит оговориться, что средняя частота возникновения боли в спине среди взрослого населения достигает 20 % [32]. Таким образом, продемонстрировано, что форма позвонка и его функция не всегда прямо коррелируют, а полное восстановление высоты тела поврежденного сегмента, очевидно, не должно являться конечной целью проводимого лечения. Хотя Kerttula et al. [33] и выявили несколько большую частоту развития дегенеративных изменений (достигавшую в группе исследования 57 %) после полученного компрессионного перелома, особенно при повреждении краниальной замыкательной пластинки, стоит отметить, что при этом связь между имевшей место травмой, возникшими изменениями и функцией позвоночника отсутство-

вала: никто из пациентов исследуемой группы не имел жалоб на боли в спине. В 2003 г. уже упомянутые выше Karlsson et al. [28] также представляли результаты МРТ позвоночника 20 взрослых пациентов, получивших компрессионные переломы в детском возрасте, чей средний возраст на момент повреждения составил 12 лет (7–16 лет). У 18 из них было диагностировано повреждение только одной колонны позвоночника, у 2 – повреждения типа В по классификации Denis. Все пациенты были вертикализированы без корсета сразу после исключения более серьезных повреждений. Авторы продемонстрировали, что дегенеративные изменения на уровне травмированного сегмента у пациентов данной группы не отмечались чаще, чем у условно здоровых людей в общей популяции. Однако все же была обнаружена несколько большая частота возникновения узлов Шморля в телах позвонков, смежных с поврежденным [28]. Angelliaume et al. [29] в 2017 г. провели ретроспективное мультицентровое исследование, посвященное влиянию полученного повреждения на изменения сагиттального профиля среди 48 пациентов (средний возраст на момент травмы 12 лет), средний срок наблюдения за которыми составил 49 мес. В работе продемонстрировано отсутствие прогрессирования локальной кифотической деформации и значительное увеличение поясничного лордоза, что позволило выдвинуть гипотезу о наличии компенсаторных механизмов у детей, помимо способности к ремоделированию, позволяющих предотвращать развитие посттравматического нарушения сагиттального баланса. Таким образом, в настоящий момент целый ряд работ демонстрирует, что пациенты данной группы в дальнейшей жизни не страдают от последствий перенесенного компрессионного перелома.

Мы не обнаружили исследований, посвященных необходимости длительного наблюдения или реабилитации детей с компрессионными

переломами позвонков, в том числе санаторного лечения и исключения занятий спортом надолго.

Мы намеренно не включили в итоговый анализ результаты отечественных исследований. Несмотря на то что настоящая работа не являлась попыткой проведения метаанализа, выяснилось, что большая часть исследований носит характер обзорных или эпидемиологических либо же имеет крайне низкий уровень доказательности. Кроме того, их объединяет общая и неизменная направленность в отношении оценки степени тяжести данных повреждений и подходов в лечении таких пациентов, выражением которой и является действующая система помощи детям с компрессионными переломами позвоночника.

Заключение

На данный момент в Российской Федерации практически решены вопросы диагностики и оказания помощи детям с нестабильными и осложненными повреждениями позвоночника, но в то же время проблема пациентов со стабильными компрессионными переломами грудного и поясничного отделов позвоночника по-прежнему остается нерешенной. Тактика ведения этих больных строится в основном на традиционных представлениях, относящихся к прошлому веку. Мы попытались собрать и обобщить данные последних лет с целью пересмотра существующих постулатов, которыми ортопеды-травматологи руководствуются при лечении детей с компрессионными переломами позвоночника. К ограничениям данной работы можно отнести тот факт, что она представляет собой систематический обзор, а не метаанализ и, таким образом, имеет невысокий уровень доказательности. Кроме того, для освещения некоторых позиций удалось найти ограниченное количество данных. Серьезного пересмотра, по нашему мнению, требует вопрос необходимости длительной госпитализации пациентов в стабильном состоянии с компрессионными пере-

ломами грудного и поясничного отделов позвоночника в остром периоде от момента повреждения. Нет никаких оснований считать, что длительное соблюдение постельного режима в раннем периоде после травмы способствует выздоровлению или улучшению исхода после полученного повреждения, как и то, что ранняя вертикализация таким пациентам вредна: наоборот, она возможна при отсутствии у них жалоб на боль и ограничение способности к самостоятельному передвижению, тогда и качество жизни пациента будет страдать меньше. Вызывает сомнение и необходимость соблюдения постельного режима после выписки из стационара в период восстановительного лечения.

Необходимость ограничения пребывания в положении сидя – крайне тяжелая и одновременно крайне сомнительная режимная мера, которую следует считать необоснованной при компрессионных повреждениях грудного и грудопоясничного отделов позвоночника. Действительно, данные биомеханических исследований свидетельствуют о возрастании нагрузки на позвоночный столб при сидении и наклонах вперед, но так ли эта нагрузка существенна для введения столь жестких ограничений на длительный период, особенно через несколько месяцев после травмы? Как правило, сидение у таких пациентов не сопровождается болевыми ощущениями, что может прямым или косвенным образом говорить о том, что стабильность поврежденного сегмента не страдает. Кроме того, при переломах позвонков грудного отдела роль мощного стабилизатора выполняют ребра и грудина пациента. Возможно, по этой же причине некоторые авторы не видят необходимости в снабжении детей жесткими фиксирующими корсетами: результаты их работ демонстрируют одинаковый исход в группах корсетированных и некорсетированных пациентов.

Очень важным, с нашей точки зрения, является доказанный факт того, что компрессионные пере-

ломы позвонков у детей не приводят к раннему развитию дегенеративных изменений в поврежденных сегментах и боли в спине – это миф, как и многие другие моменты, закрепившиеся на протяжении многих лет в рекомендациях специалистов и сре-

ди родителей пациентов. Надеемся, что данная работа сможет послужить основой для пересмотра подходов к ведению пациентов детского возраста с компрессионными переломами тел позвонков грудной и поясничной локализации.

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

Литература/References

1. Saul D, Dresing K. Epidemiology of vertebral fractures in pediatric and adolescent patients. *Pediatr Rep.* 2018;10:17–23. DOI: 10.4081/pr.2018.7232.
2. Sayama C, Chen T, Trost G, Jea A. A review of pediatric lumbar spine trauma. *Neurosurg Focus.* 2014;37:E6. DOI: 10.3171/2014.5.FOCUS1490.
3. Carreon LY, Glassman SD, Campbell MJ. Pediatric spine fractures: a review of 137 hospital admissions. *J Spinal Disord Tech.* 2004;17:477–482.
4. Junewick JJ, Borders HL, Davis AT. Pediatric thoracic spine injuries: a single-institution experience. *AJR Am J Roentgenol.* 2014;203:649–655. DOI: 10.2214/AJR.13.12143.
5. Kathrein A, Huber B, Waldegger M, Freund MC, Daniaux H. [Management of injuries of the thoracic and lumbar vertebrae in children]. *Orthopade.* 1999;28:441–450. In German.
6. Баиндурашвили А.Г., Виссаронов С.В., Павлов И.В., Кокушин Д.Н., Леин Г.А. Консервативное лечение детей с компрессионными переломами позвонков грудной и поясничной локализации в Российской Федерации (обзор литературы) // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2016. Т. 4. № 1. С. 48–56. [Baindurashvili AG, Vissarionov SV, Pavlov IV, Kokushin DN, Lein GA. Conservative treatment of children with vertebral compression fractures of the thoracic and lumbar spine in the Russian Federation: a literature review. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery.* 2016;4(1):48–56. In Russian]. DOI: 10.17816/PTORS4148-56.
7. Садофьева В.И. Нормальная рентгеноанатомия костно-суставной системы детей. Л., 1990. [Sadofieva VI. The Normal Radiological Anatomy of Bones and Joints in Children. Leningrad, 1990. In Russian].
8. Jaremko JL, Siminoski K, Firth GB, Matzinger MA, Shenouda N, Konji VN, Roth J, Brocchi AM, Reed MH, O'Brien MK, Nadel H, McKillop S, Kloiber R, Dubois J, Coblentz C, Charron M, Ward LM. Common normal variants of pediatric vertebral development that mimic fractures: a pictorial review from a national longitudinal bone health study. *Pediatr Radiol.* 2015;45:593–605. DOI: 10.1007/s00247-014-3210-y.
9. Reddy SP, Junewick JJ, Backstrom JW. Distribution of spinal fractures in children: does age, mechanism of injury, or gender play a significant role? *Pediatr Radiol.* 2003;33:776–781. DOI: 10.1007/s00247-003-1046-y.
10. Sledge JB, Allred D, Hyman J. Use of magnetic resonance imaging in evaluating injuries to the pediatric thoracolumbar spine. *J Pediatr Orthop.* 2001;21:288–293.
11. Mink JH, Deutsch AL. Occult cartilage and bone injuries of the knee: detection, classification, and assessment with MR imaging. *Radiology.* 1989;170(3 Pt 1):823–829. DOI: 10.1148/radiology.170.3.2916038.
12. Scheunemann D, Lehmann W, Briem D, Stork A, Windolf J, Rueger JM, Linhart W. [Clinical relevance of “bone bruise” detected by MRI following spinal injuries in children]. *Der Unfallchirurg.* 2005;108:638–644. DOI: 10.1007/s00113-005-0934-z. In German.
13. Yokoyama K, Endo K, Takata Y, Tezuka F, Manabe H, Yamashita K, Sakai T, Chikawa T, Nagamachi A, Sairyo K. Bone bruise of the thoracic spine caused by mild physical activity in children. *Case Rep Orthop.* 2017;2017:8451797. DOI: 10.1155/2017/8451797.
14. Teli M, de Roock N, Horwitz MD, Saifuddin A, Green R, Noordeen H. Radiographic outcome of vertebral bone bruise associated with fracture of the thoracic and lumbar spine in adults. *Eur Spine J.* 2005;14:541–545. DOI: 10.1007/s00586-004-0786-1.
15. Horal J, Nachemson A, Scheller S. Clinical and radiological long term follow-up of vertebral fractures in children. *Acta Orthop Scand.* 1972;43:491–503. DOI: 10.3109/17453677208991271.
16. Hubbard DD. Injuries of the spine in children and adolescents. *Clin Orthop Relat Res.* 1974;(100):56–65.
17. McPhee IB. Spinal fractures and dislocations in children and adolescents. *Spine.* 1981;6:533–537. DOI: 10.1097/00007632-198111000-00001.
18. McKiernan F, Faciszewski T, Jensen R. Reporting height restoration in vertebral compression fractures. *Spine.* 2003;28:2517–2521. DOI: 10.1097/01.BRS.0000092424.29886.C9.
19. Nachemson A. The influence of spinal movements on the lumbar intradiscal pressure and on the tensile stresses in the annulus fibrosus. *Acta Orthop Scand.* 1963;33:183–207. DOI: 10.3109/17453676308999846.
20. Nachemson A. The effect of forward leaning on lumbar intradiscal pressure. *Acta Orthop Scand.* 1965;35:314–328. DOI: 10.3109/17453676508989362.
21. Wilke HJ, Neef P, Caimi M, Hoogland T, Claes LE. New *in vivo* measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine.* 1999;24:755–762. DOI: 10.1097/00007632-199904150-00005.
22. Liebsch C, Graf N, Appelt K, Wilke HJ. The rib cage stabilizes the human thoracic spine: An *in vitro* study using stepwise reduction of rib cage structures. *PLoS One.* 2017;12:e0178733. DOI: 10.1371/journal.pone.0178733.
23. Singer G, Parzer S, Castellani C, Wegmann H, Lindbichler F, Till H, Eberl R. The influence of brace immobilization on the remodeling potential of thoracolumbar impact fractures in children and adolescents. *Eur Spine J.* 2016;25:607–613. DOI: 10.1007/s00586-015-4250-1.
24. Sellin JN, Steele WJ 3rd, Simpson L, Huff WX, Lane BC, Chern JJ, Fulkerson DH, Sayama CM, Jea A. Multicenter retrospective evaluation of the validity of the Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score system in children. *J Neurosurg Pediatr.* 2016;18:164–170. DOI: 10.3171/2016.1.PEDS15663.
25. Clark P, Letts M. Trauma to the thoracic and lumbar spine in the adolescent. *Can J Surg.* 2001;44:337–345.
26. Anderson JM, Schutt AH. Spinal injury in children: a review of 156 cases seen from 1950 through 1978. *Mayo Clin Proc.* 1980;55:499–504.
27. Pouliquen JC, Kassis B, Glorion C, Langlais J. Vertebral growth after thoracic or lumbar fracture of the spine in children. *J Pediatr Orthop.* 1997;17:115–120.
28. Karlsson MK, Moller A, Hasserijs R, Besjakov J, Karlsson C, Ohlin A. A modeling capacity of vertebral fractures exists during growth: an up-to-47-year follow-up. *Spine.* 2003;28:2087–2092. DOI: 10.1097/01.BRS.0000084680.76654.B1.

29. Angelliaume A, Simon AL, Boissiere L, Bouty A, Sales de Gauzy J, Vital JM, Gille O, Tournier C, Aunoble S, Pontailier JR, Lefevre Y. Conservative treatment of pediatric thoracic and lumbar spinal fractures: outcomes in the sagittal plane. J Pediatr Orthop B. 2017;26:73–79. DOI: 10.1097/BPB.0000000000000329.
30. Angelliaume A, Bouty A, Sales De Gauzy J, Vital JM, Gille O, Boissiere L, Tournier C, Aunoble S, Pontailier JR, Lefevre Y. Post-trauma scoliosis after conservative treatment of thoracolumbar spinal fracture in children and adolescents: results in 48 patients. Eur Spine J. 2016;25:1144–1152. DOI: 10.1007/s00586-014-3744-6.

31. Moller A, Hasselius R, Besjakov J, Ohlin A, Karlsson M. Vertebral fractures in late adolescence: a 27 to 47-year follow-up. Eur Spine J. 2006;15:1247–1254. DOI: 10.1007/s00586-005-0043-2.
32. Fatoye F, Gebrye T, Odeyemi I. Real-world incidence and prevalence of low back pain using routinely collected data. Rheumatol Int. 2019;39:619–626. DOI: 10.1007/s00296-019-04273-0.
33. Kerttula LI, Serlo WS, Tervonen OA, Paakko EL, Vanharanta HV. Post-traumatic findings of the spine after earlier vertebral fracture in young patients: clinical and MRI study. Spine. 2000;25:1104–1108. DOI: 10.1097/00007632-200005010-00011.

Адрес для переписки:

Хусаинов Никита Олегович
196603, Россия, Санкт-Петербург, Пушкин, ул. Парковая, 64–68,
Научно-исследовательский детский ортопедический
институт им. Г.И. Турнера,
nikitahusainov@gmail.com

Address correspondence to:

Khusainov Nikita Olegovich
The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopaedics,
64–68, Parkovaya str., Pushkin, St. Petersburg, 196603, Russia,
nikita_husainov@mail.ru

Статья поступила в редакцию 06.08.2019

Рецензирование пройдено 18.09.2019

Подписано в печать 25.09.2019

Received 06.08.2019

Review completed 18.09.2019

Passed for printing 25.09.2019

Никита Олегович Хусаинов, канд. мед. наук, научный сотрудник отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера, Россия, 196603, Санкт-Петербург, Пушкин, ул. Парковая, 64–68, ORCID: 0000-0003-3036-3796, nikitahusainov@gmail.com;

Сергей Валентинович Виссарионов, д-р мед. наук, проф., чл.-корр. РАН, заместитель директора по научной и учебной работе, руководитель отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера, Россия, 196603, Санкт-Петербург, Пушкин, ул. Парковая, 64–68, ORCID: 0000-0003-4235-5048, vissarionovs@gmail.com.

Nikita Olegovich Khusainov, MD, PhD, orthopedic traumatologist, researcher of the Department of spine pathology and neurosurgery, The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopaedics, 64–68, Parkovaya str., St. Petersburg, 196603, Russia, ORCID: 0000-0003-3036-3796, nikita_husainov@mail.ru;
Sergey Valentinovich Vissarionov, MD, DMSc, Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director for science and academic work, Head of the Department of spine pathology and neurosurgery, The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopaedics, 64–68, Parkovaya str., Pushkin, St. Petersburg, 196603, Russia, ORCID: 0000-0003-4235-5048, vissarionovs@gmail.com.