

DOI: 10.24835/1607-0763-2018-6-105-115

## Роль магнитно-резонансной томографии при острой травме шейного отдела позвоночника у детей

Корнеев И.А., Ахадов Т.А., Мельников И.А., Исхаков О.С.,  
Семенова Н.А., Дмитренко Д.М., Манжурцев А.В., Ахлебинина М.И.,  
Меньщиков П.Е., Ублинский М.В.\*

НИИ неотложной детской хирургии и травматологии Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

## The role of magnetic resonance imaging in acute trauma of the cervical spine in children

Korneev I.A., Akhadov T.A., Mel'nikov I.A., Iskhakov O.S.,  
Semenova N.A., Dmitrenko D.M., Manzhurtsev A.V., Akhlebinina M.I.,  
Menshchikov P.E., Ublinskiy M.V.\*

Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow, Russia

**Цель исследования:** оценить роль магнитно-резонансной томографии (МРТ) в качестве метода диагностики у детей с травмой шейного отдела позвоночника и спинного мозга, сравнить соответствие результатов МРТ с неврологическими симптомами и шкалой ASIA.

**Материал и методы.** Исследовано 156 детей с острой травмой позвоночника и спинного мозга в возрасте от 6 мес до 18 лет. МРТ проводилась на томографе Phillips Achieva 3 Тл. Стандартный протокол исследования включал: миелографию (MYUR) в коронарной и сагиттальной проекциях, STIR и T2ВИ FS SE в сагиттальной проекции, T2ВИ SE или T2ВИ FSGE (аксиальная проекция), 3D T1ВИ FSGE до и после контрастного усиления. Контрастное вещество вводилось внутривенно в виде болюса из расчета 0,1 ммоль/кг (эквивалентно 0,1 мл/кг) со скоростью 3–4 мл.

**Результаты.** Причинами тупой травмы шейного отдела позвоночника явились: дорожно-транспортные происшествия (55), кататравма (60), травма “ныряльщика” (21), тупая травма (20). Были выявлены интрамедуллярные повреждения спинного мозга: сотрясение (49), ушиб/размозжение (27), гематомиелия (34), разрыв с расхождением отрезков (21), сопровождавшийся отеком (141); экстрамедуллярные повреждения: эпиле и субдуральные, внутри- и подсвязочные и гематомы мягких тканей (68), разрывы связок (48), переломы (108), вывих и подвывих позвонков (35), травматические грыжи диска (37), компрессия спинного мозга и/или корешков (63), нарушение статики (134), нестабильность (156).

**Заключение.** МРТ – оптимальный метод диагностики позвоночно-спинномозговой травмы. В острый период травмы она имеет ограниченное применение, но однако может служить методом первичной диагностики у этих больных. МРТ желательнее выполнять не позднее первых 72 ч после травмы. Наиболее оптимальными для визуализации травмы шейного отдела позвоночника и спинного мозга являются T2ВИ SE и STIR в сагиттальной проекции с подавлением сигнала от жира. Результаты МРТ на момент выполнения коррелируют с неврологической симптоматикой в соответствии со шкалой ASIA, а поэтому МРТ следует проводить у всех пациентов с острой травмой шейного отдела позвоночника, когда это возможно.

**Ключевые слова:** дети, магнитно-резонансная томография, шейный отдел позвоночника, спинной мозг, травма.

**Ссылка для цитирования:** Корнеев И.А., Ахадов Т.А., Мельников И.А., Исхаков О.С., Семенова Н.А., Дмитренко Д.М., Манжурцев А.В., Ахлебинина М.И., Меньщиков П.Е., Ублинский М.В. Роль магнитно-резонансной томографии при острой травме шейного отдела позвоночника у детей. *Медицинская визуализация*. 2018; 22 (6): 105–115.

DOI: 10.24835/1607-0763-2018-6-105-115.

\*\*\*

**Aim.** To evaluate the role of magnetic resonance imaging (MRI) as a diagnostic method in children with acute trauma of the cervical spine and spinal cord, to compare the



correspondence of MRI results with neurologic symptoms in accordance with the ASIA scale.

**Materials and methods.** 156 children with acute trauma of spine and spinal cord at the age from 6 months up to 18 years were studied. MRI was performed on a Phillips Achieva 3T scanner. The standard protocol included MYUR (myelography) in coronal and sagittal projections, STIR and T2VI FS SE in sagittal projection, T2VI SE or T2 \* VI FSGE (axial projection), 3D T1VI FSGE before and after contrast enhancement. Contrast substance was injected intravenously in the form of a bolus at the rate of 0.1 mmol/kg (equivalent to 0.1 ml/kg) at a rate of 3 to 4 ml.

**Results.** The causes of cervical spine blunt trauma were: road accidents (55), catatrauma (60), "diver" trauma (21), blunt trauma (20). Intramedullary lesions of the spinal cord were detected: concussion (49), bruising / crushing (27), hematoma (34), disruption with divergence of segments (21), accompanied by edema (141); extramedullary lesions: epi- and subdural, intralaminar and sub-connective and soft tissues hematomas (68), ruptures of bundles (48), fractures (108), dislocation and subluxation of the vertebrae (35), traumatic disc herniation (37), spinal cord compression and/or rootlets (63), statics violation (134), instability (156).

**Conclusion.** MRI is the optimal method for spinal cord injury diagnostics. In the acute period of injury this technique has limited application, but it can however serve as a primary diagnostic method in these patients. MRI should be performed no later than the first 72 hours after injury. The most optimal for visualization of cervical spine trauma and spinal cord are T2VI SE and STIR in sagittal projection with suppression of signal from fat. MRI results correlate with neurologic symptoms at the time of performance according to the ASIA scale, and therefore MRI should be performed in all patients with acute cervical spine trauma, whenever possible.

**Key words:** children, cervical spine, magnetic resonance imaging, trauma.

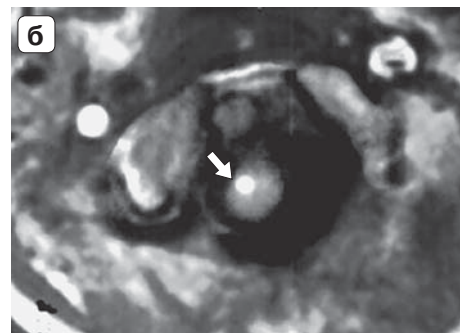
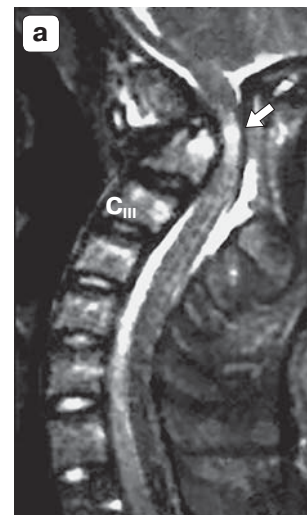
**Recommended citation:** Korneev I.A., Akhadov T.A., Mel'nikov I.A., Iskhakov O. S., Semenova N.A., Dmitrenko D.M., Manzhurtsev A.V., Akhlebinina M.I., Menshchikov P.E., Ublinskiy M.V. The role of magnetic resonance imaging in acute trauma of the cervical spine in children. *Medical Visualization*. 2018; 22 (6): 105–115. DOI: 10.24835/1607-0763-2018-6-105-115.

\*\*\*

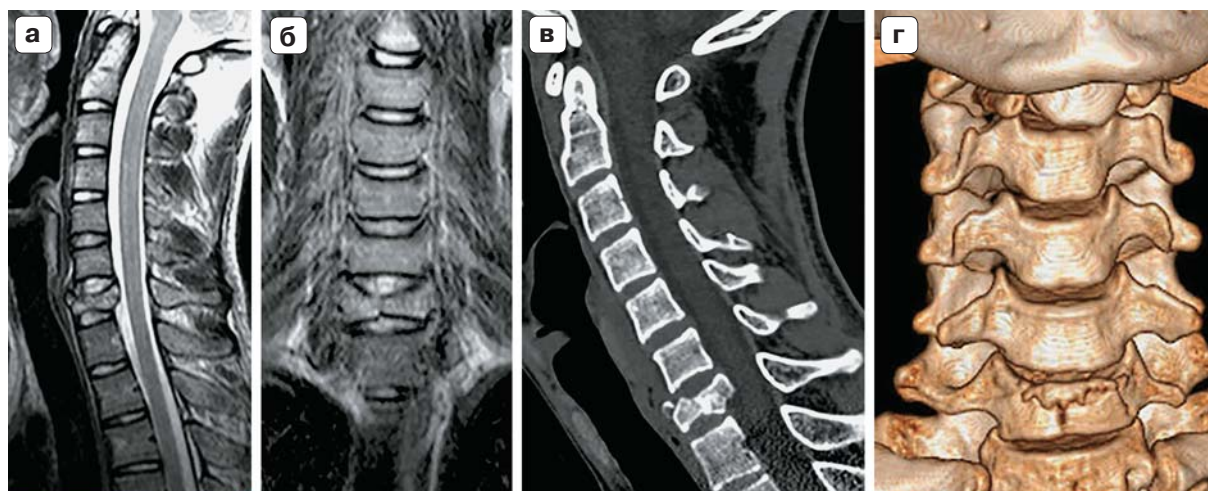
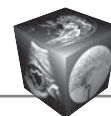
## Введение

Больные с травмой позвоночника и спинного мозга относятся к наиболее тяжелой категории пациентов. По данным В.В. Крылова и соавт. (2003), у 60–80% больных с сочетанной травмой повреждения позвоночника и спинного мозга составляют 7% от всей спинальной травмы. У них до 80% случаев развивается травматический шок, а летальность достигает 53,3% [1]. Приблизительно 3% пациентов, которые попадают в отделение неотложной помощи в результате автомобильной аварии или падения с высоты (кататравма), имеют серьезную травму шейного отдела позвоночника [2–5]. У 10–20% пациентов с травмой головы есть еще и травма шейного отдела позвоночника. До

17% случаев от всех травматических повреждений шейного отдела позвоночника бывает пропущенными или поздно диагностированными, а в 29% из последних имеется риск постоянного неврологического дефицита [6, 7]. Чаще всего повреждения шейного отдела позвоночника выявляются на двух уровнях: около 33% на уровне C<sub>II</sub> (рис. 1), 50% – на уровне C<sub>VI</sub> или C<sub>VII</sub> (рис. 2). При острой травме шейного отдела позвоночника, как и на других уровнях, диагностические мероприятия направлены на выяснение взаимосвязи повреждения спинного мозга с состоянием тел позвонков и дисков, смещением последних, размерами позвоночного канала, наличием гематомы и состоянием связок. Клиническое исследование неврологических нарушений при острой травме определяется сегментарным уровнем и делится на нарушения со стороны периферических корешков и самого спинного мозга. При дисфункции спинного мозга больных делят на лиц с ча-



**Рис. 1.** Оскольчатый перелом передней дуги аксиса и зубовидного отростка III типа с фиксированной ротацией, интрамедуллярная гематома (гематомиелия) – белая стрелка. а – T2ВИ SE, сагиттальная проекция, центральный срез; б – T1ВИ GE, аксиальная проекция, срез на границе зуб/тело C<sub>II</sub>.



**Рис. 2.** Оскольчатый перелом тела позвонка С<sub>VII</sub>. МРТ: а – сагиттальная проекция – Т2ВИ SE; б – коронарная проекция – Т2ВИ SE; МСКТ: в – центральная сагиттальная реконструкция; г – 3D-реконструкция.

стичным и полным повреждением. После клинического установления факта травмы необходимо исключить переломы позвонков, травму связок и спинного мозга. Это диктует расширенную визуализацию [8, 9].

Рентгенограммы и компьютерные томограммы шейного отдела позвоночника обычно получают для выявления переломов и оценки нестабильности позвоночника, но состояние мягкотканых элементов остается не оцененным. Выбор тактики лечения повреждений позвоночника зависит от точной диагностики, корреляции анатомических, патологических и функциональных изменений. Для этих целей необходимо выполнить МРТ [8, 9]. При МРТ, которая обладает высоким разрешением, исключительной чувствительностью по контрастности мягких тканей, могут быть выявлены как костные повреждения, так и травма спинного мозга, ее протяженность, наличие компрессии спинного мозга, гематомы, смещения дисков и состояние связок, что имеет большое значение для выбора тактики лечения и предположения исходов травмы и лечения. Однако до настоящего времени накопленный материал по МРТ при острой травме невелик [2, 4, 5, 10–13]. МРТ является первым диагностическим методом, позволяющим прямо визуализировать не только топик и протяженность повреждения спинного мозга, но и всех других структур, составляющих зону травмы [6, 13–16].

### Материал и методы

Нами исследовано 156 детей с острой травмой позвоночника и спинного мозга. Мальчиков было 104, девочек – 52, возраст их колебался от 6 мес до 18 лет. Причинами травмы шейного отдела по-

звоночника явились: 1) дорожно-транспортные происшествия у 55 пострадавших, из них 41 были сбиты автомобилем, а 14 находились в салоне автомобиля, 2) падения с высоты – 60, 3) травма “ныряльщика” – 21, 4) тупая травма – 20 детей. Изолированное повреждение позвонков в остром периоде травмы было только у 9 детей, у остальных 147 травма шейного отдела позвоночника включала изменения всех его структур, включая спинной мозг.

Всем больным при подозрении на травму позвоночника при поступлении в стационар была выполнена рентгенография позвоночника в двух проекциях, после которой проводилась КТ. По объективным причинам МРТ выполнена в сроки от 1 ч до 7 сут после травмы.

МРТ проводилась на магнитно-резонансном томографе Phillips Achieva 3 Тл с использованием специализированной спинальной катушки. Стандартный протокол исследования включал: ориентировочную быструю программу для централизации срезов всей МРТ в сагиттальной, аксиальной и фронтальной плоскостях, миелографию (MYUR) в двух проекциях (коронарная и сагиттальная), STIR и T2ВИ FS SE (сагиттальная проекция), T2ВИ SE или T2\*ВИ FS GE (аксиальная проекция), 3D T1ВИ FS GE до и после контрастного усиления. Поле зрения равнялось 280 мм, толщина срезов 2–3 мм. Контрастное вещество (Гадовист, Bayer) вводилось внутривенно в виде болюса из расчета 0,1 ммоль/кг (эквивалентно 0,1 мл/кг) при скорости введения 3–4 мл с последующим сканированием.

Результаты МРТ были проанализированы по виду повреждения позвонков, спинного мозга, дисков и связок. Оценивались не только прямые признаки повреждения, но и косвенные.





## Результаты

По данным рентгенографии и КТ у 156 детей с острой травмой шейного отдела позвоночника и спинного мозга диагностированы 102 перелома позвонков, у 6 детей признаков перелома не было, 40 нарушений статики, 58 нестабильностей позвоночника, 37 дислокационных изменений в виде вывиха и подвывиха. Результаты МРТ отличались от данных рентгенографии и КТ и представлены в таблице.

Как видно из таблицы, наиболее частыми интрамедуллярными повреждениями были сотрясение и ушибы спинного мозга, среди экстрамедуллярных повреждений преобладали переломы позвонков и различной локализации гематомы, затем следовали разрывы связок.

## Обсуждение

Острая травма позвоночника и спинного мозга является комплексным патологическим процессом, включающим потенциальную нестабильность позвоночника, переломы позвонков и различные варианты повреждения спинного мозга и нервных корешков, дисков, связок и мышц.

Клиническое исследование неврологических нарушений при острой травме определяется сегментарным уровнем и делится на нарушения со стороны периферических корешков и самого спинного мозга. При дисфункции спинного мозга больных делят на лиц с частичным и полным повреждением.

При остром повреждении позвоночника диагностические мероприятия концентрируются на выяснении взаимоотношения повреждения спинного мозга с состоянием тела позвонка, размера-

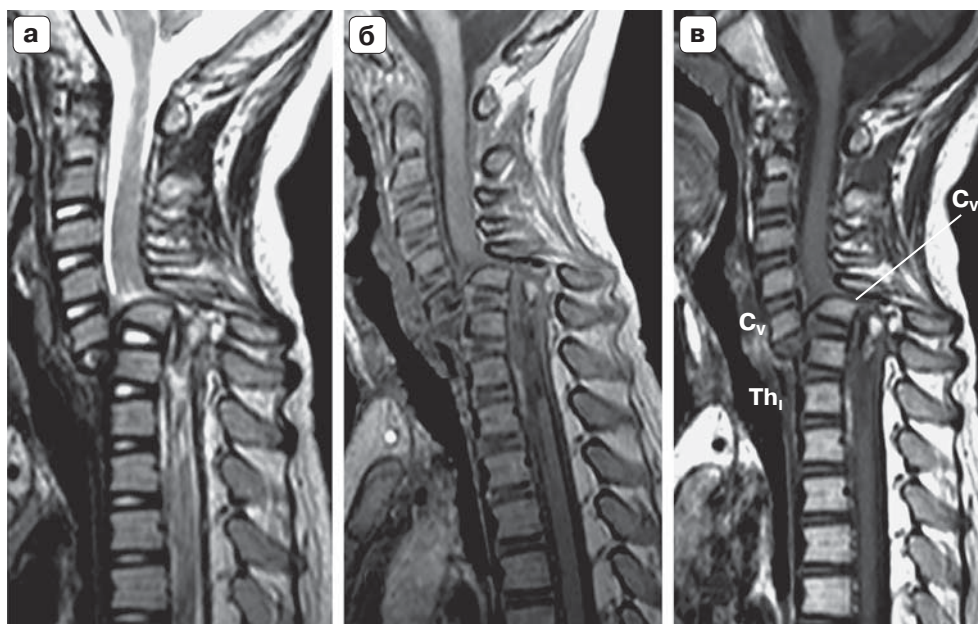
ми позвоночного канала, смещением диска, наличием гематомы и состоянием связок.

Оптимальным временем для не только хирургического лечения, но и консервативной терапии при повреждении спинного мозга считаются первые 6 ч. Соответственно и проведение МРТ должно укладываться в это время. Однако если по объективным причинам она не была выполнена, то следует провести исследование не позднее первых 72 ч от момента поступления в стационар [4, 7, 17–20]. МРТ у наших пациентов была выполнена в сроки от 3 до 7 дней.

При МРТ у пострадавших с острой травмой позвоночника и спинного мозга протокол исследования строится таким образом, чтобы были получены: МР-миелограммы в сагиттальной и коронарной проекциях, Т2ВИ в импульсной последовательности (ИП) спин-эхо (SE) и STIR в сагиттальной проекции, T1- в коронарной и Т2ВИ в аксиальной проекции. Т2ВИ оптимальны с многокомпонентным эхо [4, 5, 14, 18, 21, 22]. ИП GRE обычно в начальных этапах исследования из-за повышенной ее чувствительности к артефактам магнетизации и негомогенности не применялась. Однако опыт исследований показал, что в большинстве сложных диагностических случаев возникает необходимость в контрастусиленных изображениях. Получение Т1ВИ SE в трех проекциях, даже в варианте 3D, занимает много времени, что неприемлемо у детей с тяжелым соматическим состоянием при политравме. Поэтому как альтернативные Т1ВИ SE были выбраны Т1ВИ GRE в варианте 3D как без контрастного, так и с контрастным усилением, позволяющие перформатирование в любой необходимой плос-

Виды и частота повреждений шейного отдела позвоночника и спинного мозга по данным МРТ

Виды повреждений			
интрамедуллярные повреждения	количество	экстрамедуллярные повреждения	количество
Сотрясение спинного мозга	49	Экстрамедуллярные гематомы (эпи- и субдуральные, внутри- и подсвязочные, мягких тканей)	68
Ушиб/размозжение	27	Компрессия спинного мозга и/или корешков	63
Гематомиялия	34	Повреждения связок (разрывов)	48
Разрыв с расхождением отрезков	21	Переломы позвонков	108
Локальный (очаговый) и/или диффузный отек	141	Вывих и подвывих	35
		Нарушение статики	134
		Нестабильность	156
		Травматические грыжи диска	37



**Рис. 3.** Полный разрыв спинного мозга  $C_{v-vi}$ . Множественные разрывы связок с гематомой задней продольной связки  $C_{vii}-Th_{iv}$ . Компрессионный перелом тел позвонков  $C_{v,vi}$ . Разрыв межпозвоночного диска  $C_{v-vi}$ . Полный вывих шейного отдела позвоночника на уровне позвонков  $C_v, C_{vi}$ . МРТ: сагиттальная проекция. а – T2ВИ SE; б – T1ВИ GE; в – T1ВИ SE.

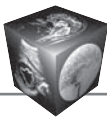
кости [4, 22–24]. Следует отметить, что для улучшения качества визуализации и повышения достоверности всех типов изображений необходимо использовать подавление сигнала от жира (FS) [17, 18, 22, 25].

МРТ выявляет анатомические изменения спинного мозга как при полном, так и неполном повреждении. Эти изменения МР-сигнала спинного мозга варьируют от увеличения объема спинного мозга в результате отека и/или кровоизлияния до полного перерыва (рис. 3). Четко видимые компрессии спинного мозга и/или дурального пространства указывают на мелкие костные фрагменты перелома, смещенные в позвоночный канал, но невидимые, так как корковая кость не дает МР-сигнала. В итоге есть МРТ-признак компрессии спинного мозга и/или дурального пространства, но не визуализирована ее причина. Ограниченная визуализация костных элементов не позволяет при оценке повреждения костных структур назвать МРТ методом выбора. Обязательно выполнение рентгенографии или КТ.

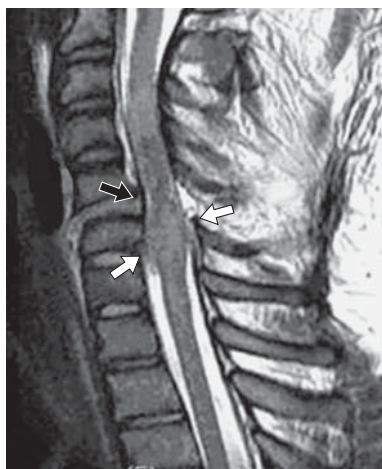
Повреждение спинного мозга отражается на характере и интенсивности МР-сигнала. Описаны 4 типа изменений сигнала при травме [3, 10, 22, 26]: тип I – истинная геморрагия, на T2ВИ имеется участок с центральным гипоинтенсивным МР-сигналом, окруженный ободком с гиперинтенсивным сигналом, на T1ВИ вся зона повреждения дает неоднородный сигнал; тип II – отек, на T2ВИ

зона поражения имеет гиперинтенсивный МР-сигнал (рис. 4, 5), на T1ВИ сигнал изоинтенсивен нормальному спинному мозгу (рис. 6); тип III – ушиб, петехиальные кровоизлияния, на T2ВИ имеется толстый гиперинтенсивный ободок с центральным изоинтенсивным нормальному спинному мозгу сигналом, на T1ВИ сигнал изоинтенсивный; тип IV – перерыв спинного мозга, независимо от импульсной последовательности и взвешенности изображения характеризуется полным отсутствием МР-сигнала, контуры которого на уровне повреждения нечеткие [3, 4].

Проведенный анализ корреляции МРТ-признаков повреждения спинного мозга с неврологической симптоматикой в соответствии со шкалой ASIA показал, что I тип изменений характерен для больных с тяжелым повреждением спинного мозга и кровоизлиянием в него без последующего существенного улучшения неврологического статуса. При II типе, когда имеется отек или неполное повреждение спинного мозга, измененные неврологические функции медленно улучшаются. Восстановление возможно вплоть до нормы. Сами МРТ-изменения I и II типа быстро исчезают. При III типе (контузия спинного мозга или мелкие кровоизлияния) регресс неврологической симптоматики более медленный, чем при II типе, восстановление функций частичное. У больных с IV типом сигнала (полный перерыв спинного мозга) улучшения не бывает [3, 4, 17, 23, 27, 28].



**Рис. 4.** Атлantoаксиальная дистракция. Сагиттальная проекция, T2ВИ SE: взрывной перелом Джеферсона передней дуги (черная стрелка указывает на отломки) при сохранном связочном аппарате и текториальной мембраны, отек (белые стрелки).



**Рис. 5.** Сагиттальная проекция, центральный срез T2ВИ SE: гематомиелия, разрыв задней продольной и желтой связок (белые стрелки), травматическая грыжа межпозвонкового диска C<sub>v-vi</sub> (черная стрелка).

Таким образом, МРТ может оказаться полезной для прогнозирования неврологического исхода с учетом МРТ-картины в момент травмы.

Экстремедуллярное повреждение позвоночника включает в себя: суб- и эпидуральные гематомы, посттравматическую грыжу межпозвонкового диска (рис. 7), компрессию спинного мозга и корешков, вызванные смещением костными отлом-



**Рис. 6.** Сагиттальная проекция, центральный срез T1ВИ SE: ушиб спинного мозга, гематомиелия, разрыв задней продольной связки (стрелка), травматическая грыжа межпозвонкового диска C<sub>v-vi</sub> (тонкая стрелка).

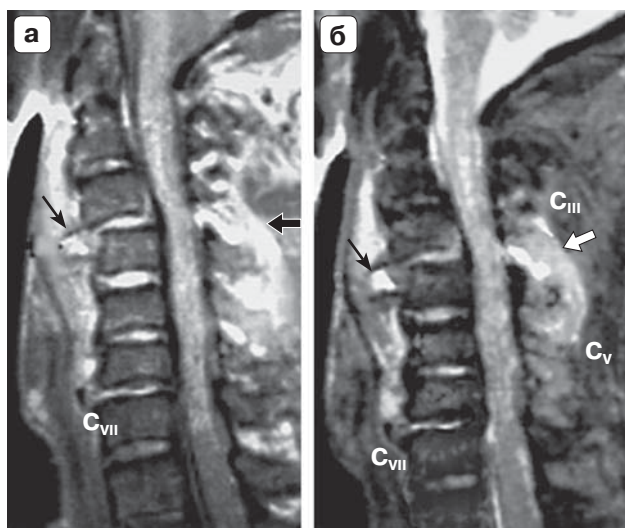
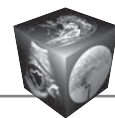
ками или эпидуральной гематомой. Эти повреждения четко визуализируются при МРТ. Признаком суб- и эпидуральной гематомы является наличие объемного образования. МРТ при суб- и эпидуральных гематомах четко позволяет судить о степени сужения дурального пространства, протяженности и выраженности компрессии спинного мозга. Характер МР-сигнала зависит от сроков и соответственно от трансформации гемоглобина. Острая гематома в срок до 24 ч дает изоинтенсивный МР-сигнал на T1ВИ и гипоинтенсивный на T2ВИ, что является результатом наличия внутриклеточного деоксигемоглобина. По мере перехода деоксигемоглобина в метгемоглобин МР-сигнал от гематомы становится более интенсивным как на T1ВИ, так и на T2ВИ [4].

При острой травматической грыже межпозвонковых дисков (рис. 7, 8) имеется отличие от хронического поражения диска, выражающееся в отсутствии снижения МР-сигнала на T2ВИ внутри пространства диска и скудности дегенеративных изменений позвонков.

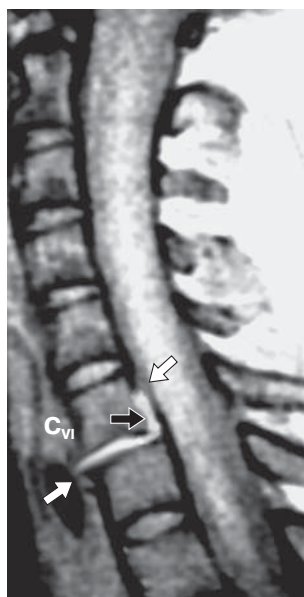
До внедрения МРТ диагноз разрыва передней и задней продольных и желтой связок мог быть установлен только на основе наличия подвывиха при рентгенографии или клинической подвижности при сгибании-разгибании. При МРТ связки видны в виде линейных структур с низкой интенсивностью МР-сигнала независимо от ИП и времени релаксации: T1- и T2 (см. рис. 7, 8) [4, 21, 24, 29, 30].

Переломы позвонков при МРТ выявляются хуже, чем при рентгенографии. Однако МРТ из-за

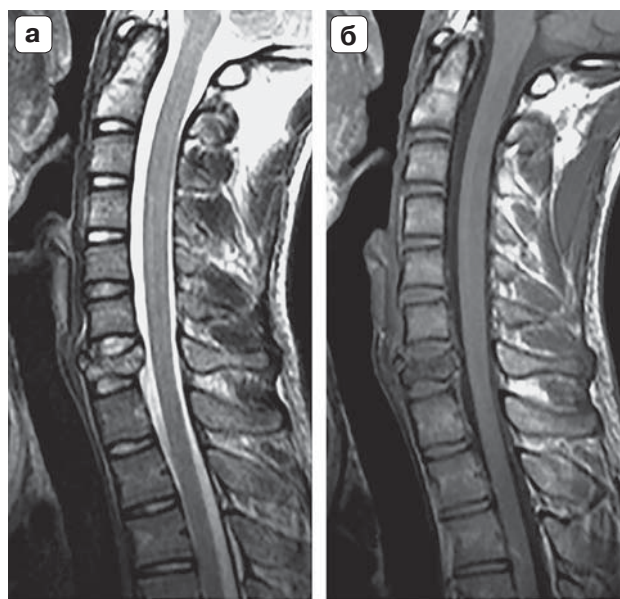




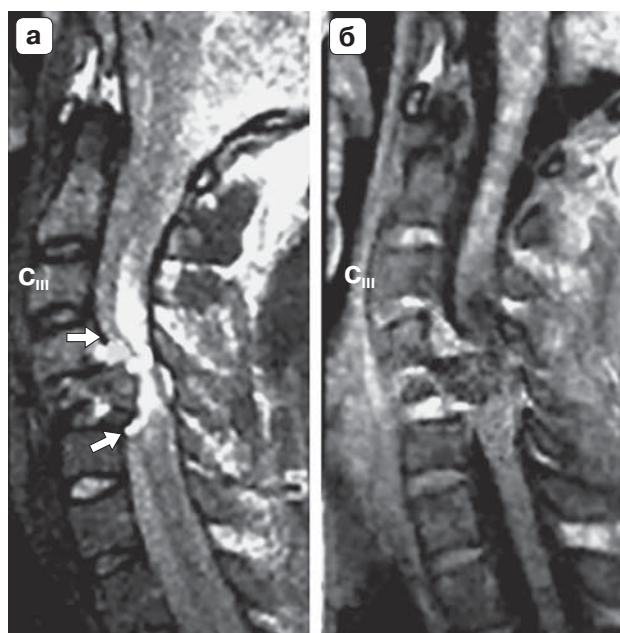
**Рис. 7.** Сагитальная проекция: а – Т1ВИ GRE; б – Т2ВИ SE. Разрыв передней продольной связки с паравerteбральной подсвязочной гематомой, гематомиелия, разрыв межостистых связок  $C_{III}-C_{IV}$ , травматическая задняя грыжа диска  $C_{III}-C_{IV}$ , травматическая передняя грыжа диска  $C_{VI}-C_{VII}$ . Имеются нестабильность шейного отдела позвоночника, антелистез  $C_{III}$ ; передняя продольная связка разорвана на уровне нижнего края  $C_{III}$ ; здесь же в подсвязочном пространстве – гематома (тонкая черная стрелка) с гиперинтенсивным сигналом; спинной мозг увеличен в объеме с неоднородным гиперинтенсивным МР-сигналом; межпозвоночный диск  $C_{III}-C_{IV}$  пролабирует в позвоночный канал вдоль тела  $C_{III}$  кверху,  $C_{VI}-C_{VII}$  – кпереди, сигнал дисков неизменен; разрыв межостистых связок (белая стрелка)  $C_{III}-C_{IV}$  – неоднородный слабоусиленный МР-сигнал.



**Рис. 8.** Сагитальная проекция, Т2ВИ SE. Ушиб спинного мозга а – гиперинтенсивный сигнал на отрезке  $C_{II}-Th_1$ . Разрыв передней и задней продольных связок (стрелки), травматическая грыжа межпозвоночного диска  $C_{VI}-C_{VII}$  (черная стрелка).



**Рис. 9.** Сагитальная проекция: а – Т2ВИ SE; б – Т1ВИ SE. Оскольчатый перелом тела позвонка  $C_{VII}$ .



**Рис. 10.** Компрессионный взрывной перелом тела  $C_{VI}$ , травматические грыжи, разрыв задней продольной связки (стрелки), компрессия и перерыв спинного мозга. Отломок  $C_{VI}$  и фрагмент межпозвоночного диска  $C_{VI}-C_{VI}$  и  $C_{VI}-C_{VI}$  с неизмененным сигналом (травматическая грыжа) смещены в позвоночный канал, что обуславливает разрыв задней продольной связки, компрессию и перерыв спинного мозга – зона с неоднородным гиперинтенсивным сигналом на Т2ВИ SE (а), гипоинтенсивным сигналом на Т1ВИ GRE (б), сагитальная проекция.



возможности получения прямого изображения в трех плоскостях может в ряде случаев выявить переломы, не диагностированные даже при КТ [2, 4, 13, 26, 31, 32]. Перелом дает линейный сигнал, изоинтенсивный по отношению к костному мозгу как на T1-, так и на T2ВИ (рис. 9). Его можно обнаружить, если линия перелома идет непрерывно через кортикальный слой и спонгиозную кость позвонка или задние его элементы. Смещенный кзади фрагмент позвонка виден четко при больших его размерах на T1-, лучше на T2ВИ (рис. 10) [2, 17, 33]. Основываясь на сопоставлении интенсивности сигнала и морфологических изменений, выделили 3 МРТ-типа костных повреждений [2, 33]. Повреждения I типа: гипоинтенсивный сигнал на T1ВИ и гиперинтенсивный на T2ВИ соответствует кровоизлиянию и отеку. Они в 75%, выявленные при МРТ на T2ВИ и лучше на STIR, не определяются на рентгенограммах. Повреждения II типа: сигнальные изменения аналогичны I типу, но распространяются помимо тела позвонка на замыкательную пластинку – это разрыв замыкательных пластинок (кортикальной кости), сочетающийся с медуллярной геморрагией и отеком. Повреждения I и II типа часто сочетаются с травмой передней и задней продольной связок, реже желтой связки [30]. Повреждения III типа характеризуются значительным снижением интенсивности сигнала на T1- и T2ВИ вплоть до исчезновения его в области, прилегающей к кортикальной кости. Кроме того, МРТ может выявить “скрытые” переломы или микропереломы позвонков, которые не видны ни на обзорных рентгенограммах, ни на линейных томограммах. Эти переломы, обусловленные микроваскулярным разрывом в медуллярном пространстве, получает подтверждение при КТ и скинтиграфии.

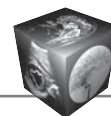
### Заключение

МРТ является оптимальным методом диагностики травматических изменений спинного мозга и позвоночника. В острый период травмы она имеет ограниченное применение, но все же может служить методом первичной диагностики у этой категории больных. МРТ желательнее выполнять не позднее первых 72 ч после травмы. Наиболее оптимальными для визуализации травмы шейного отдела позвоночника и спинного мозга являются T2ВИ SE и STIR с подавлением сигнала от жира в сагиттальной проекции. Результаты МРТ коррелируют с неврологической симптоматикой в соответствии со шкалой ASIA на момент выполнения МРТ, а поэтому МРТ следует проводить у всех пациентов с острой травмой шейного отдела позвоночника, когда это возможно.

### Список литературы

1. Крылов В.В., Галанкина И.Е., Поздняков А.В., Гринь А.А., Попов С.В. Причины летальных исходов и ошибки диагностики при повреждении позвоночника и спинного мозга у больных с сочетанной травмой. *Нейрохирургия*. 2003; 3: 17–21.
2. Ахадов Т.А., Панов В.О., Айххофф У. Травма спинного мозга и позвоночника и ее последствия. Монография. Акад. наук России. М., 2000: 586–633.
3. Ахадов Т.А., Рушанов И.И., Панова М.М. Магнитно-резонансная томография в диагностике заболеваний позвоночника и спинного мозга. Часть 2. Семиотика заболеваний. *Новости науки и техники*. 1997; 2.
4. Ахадов Т.А., Саруханян О.О., Кешишян Р.А. Магнитно-резонансная томография спинальной травмы у детей. М.: Коммерческие технологии, 2012: 123–135.
5. Bagley L.J. Imaging of spinal trauma. *Radiol. Clin. N. Am.* 2006; 44 (1): 1–12.
6. Flanders A. Spine Cervical injury. *Radiology Assistant*. 2008.
7. Harrop J.S., Jeyamohan S., Sharan A., Ratliff J., Flanders A., Maltenfort M., Falowski S., Vaccaro A. Acute Cervical Fracture or Congenital Spinal Deformity. *J. Spinal Cord. Med.* 2008; 31: 83–87.
8. Hadley M.N., Walters B.C., Grabb P.A., Oyesiku N.M., Przybylski G.J., Resnick D.K., Ryken T.C. Radiographic assessment of the cervical spine in symptomatic trauma patients. *Neurosurgery*. 2002; 50 (3): 30–35.
9. Hadley M.N., Walters B.C., Grabb P.A., Oyesiku N.M., Przybylski G.J., Resnick D.K., Ryken T.C. Radiographic assessment of the cervical spine in symptomatic trauma patients. *Neurosurgery*. 2002; 50 (3): 36–43.
10. Chakeres D.W., Flickinger F., Bresnahan J.C., Beattie M.S., Weiss K.L., Miller C., Stokes B.T. MR imaging of acute spinal cord trauma. *Am. J. Neuroradiol.* 1987; 8 (1): 5–10.
11. Colombo N., Maccagnano C., Corona C., Beltramello A., Scialfa G. Cervical Spine Trauma: A Guide to Neuro-radiological Diagnosis. *Rivista di Neuroradiol.* 1997; 10 (1): 63–103.
12. Martínez-Pérez R., Paredes I., Cepeda S., Ramos A., Castaño-León A.M., García-Fuentes C., Lobato R.D., Gómez P.A., Lagares A. Spinal cord injury after blunt cervical spine trauma: correlation of soft-tissue damage and extension of lesion. *Am. J. Neuroradiol.* 2014. 35 (5): 1029–1034. DOI: <https://doi.org/10.3174/ajnr.A3812>.
13. Kumar Y., Hayashi D. Role of magnetic resonance imaging in acute spinal trauma: a pictorial review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2016. DOI: 10.1186/s12891-016-1169-6.
14. Dundamadappa S.K., Cauley K.A. MR imaging of acute cervical spinal ligamentous and soft tissue trauma. *Emerg. Radiol.* 2016. 19 (4): 277–286. DOI: 10.1007/s10140-012-1033-4.
15. Miranda P., Gomez P., Alday R. Acute traumatic central cord syndrome: analysis of clinical and radiological correlations. *J. Neurosurg. Sci.* 2008; 52: 107–112.
16. Kawakyu-O'Connor D., Bordia R., Nicola R. Magnetic resonance imaging of spinal emergencies. *Magn. Reson. Imaging Clin. N. Am.* 2016. 24: 325–344. DOI: 10.1016/j.mric.2015.11.004.
17. Miyajiri F., Furlan J.C., Aarabi B., Arnold P.M., Fehlings M.G. Acute cervical traumatic spinal cord injury: MR imaging findings correlated with neurologic outcome: prospective study with 100 consecutive patients. *Radiology*. 2007; 243: 820–827.





18. Leybold B.G., Flanders A.E., Burns A.S. The early evolution of spinal cord lesions on MR imaging following traumatic spinal cord injury. *Am. J. Neuroradiol.* 2008; 29: 1012–1016.
19. Goradia D., Linnau K.F., Cohen W.A., Mirza S., Hallam D.K., Blackmore C.C. Correlation of MR imaging findings with intraoperative findings after cervical spine trauma. *Am. J. Neuroradiol.* 2007; 28: 209–215.
20. Bozzo A., Marcoux J., Radhakrishna M., Pelletier J., Goulet B. The role of magnetic resonance imaging in the management of acute spinal cord injury. *J. Neurotrauma.* 2011; 28: 1401–1411.
21. Pizones J., Izquierdo E., Sánchez-Mariscal F., Zúñiga L., Álvarez P., Gómez-Rice A. Sequential damage assessment of the different components of the posterior ligamentous complex after magnetic resonance imaging interpretation: prospective study 74 traumatic fractures. *Spine.* 2012; 37: E662–667.
22. Talbott J.F., Whetstone W.D., Readdy W.J., Ferguson A.R., Bresnahan J.C., Saigal R., Hawryluk G.W., Beattie M.S., Mabray M.C., Pan J.Z., Manley G.T., Dhall S.S. The Brain and Spinal Injury Center score: a novel, simple, and reproducible method for assessing the severity of acute cervical spinal cord injury with axial T2-weighted MRI findings. *J. Neurosurg. Spine.* 2015; 23: 495–504. DOI: 10.3171/2015.1.SPINE141033.
23. Dare A.O., Dias M.S., Li V. Magnetic resonance imaging correlation in pediatric spinal cord injury without radiographic abnormality. *J. Neurosurg.* 2002; 97: 33–39.
24. Carrino J.A., Manton G.L., Morrison W.B., Vaccaro A.R., Schweitzer M.E., Flanders A.E. Posterior longitudinal ligament status in cervical spine bilateral facet dislocations. *Skeletal Radiol.* 2006; 35: 510–514.
25. Zhang J.S., Huan Y. Multishot diffusion-weighted MR imaging features in acute trauma of spinal cord. *Eur. Radiol.* 2014; 24: 685–692. DOI: 10.1007/s00330-013-3051-3.
26. Kulkarni M.V., McArdle C.B., Kopanicky D., Miner M., Cotler H.B., Lee K.F., Harris J.H. Acute spinal cord injury: MR imaging at 1.5 T. *Radiology.* 1987; 164 (3): 837–843. DOI: 10.1148/radiology.164.3.3615885.
27. Andreoli C., Colaiacomo M.C., Rojas Beccaglia M., Di Biasi C., Casciani E., Gualdi G. MRI in the acute phase of spinal cord traumatic lesions: relationship between MRI findings and neurological outcome. *Radiol. Med.* 2005; 110: 636–645.
28. Liao C.C., Lui T.N., Chen L.R., Chuang C.C., Huang Y.C. Spinal cord injury without radiological abnormality in preschool-aged children: correlation of magnetic resonance imaging findings with neurological outcomes. *J. Neurosurg.* 2005; 103: 17–23.
29. Rihn J.A., Fisher C., Harrop J., Morrison W., Yang N., Vaccaro A.R. Assessment of the posterior ligamentous complex following acute cervical spine trauma. *J. Bone J. Surg. Am.* 2010; 92: 583–589.
30. Pizones J., Sánchez-Mariscal F., Zúñiga L., Álvarez P., Izquierdo E. Prospective analysis of magnetic resonance imaging accuracy in diagnosing traumatic injuries of the posterior ligamentous complex of the thoracolumbar spine. *Spine.* 2013; 38: 745–751. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31827934e4.
31. Kang J.D., Figgie M.P., Bohlman H.H. Sagittal measurements of the cervical spine in subaxial fractures and dislocations: an analysis of two hundred and eighty-eight patients with and without neurological deficits. *J. Bone J. Surg. Am.* 1994; 76 (11): 1617–1628.
32. Radcliff K., Su B.W., Kepler C.K., Rubin T., Shimer A.L., Rihn J.A., Harrop J.A., Albert T.J., Vaccaro A.R. Correlation of posterior ligamentous complex injury and neurological injury to loss of vertebral body height, kyphosis, and canal compromise. *Spine.* 2012; 37 (13): 1142–1150.
33. Harrop J.S., Jeyamohan S., Sharan A., Ratliff J., Flanders A., Maltenfort M., Falowski S., Vaccaro A. Acute Cervical Fracture or Congenital Spinal Deformity. *J. Spinal Cord. Med.* 2008; 31 (1): 83–87.

## References

1. Krylov V.V., Galankina I.E., Pozdnyakov A.V., Grin A.V., Popov A.A. Causes of deaths and diagnostic errors in spine and spinal cord injury in patients with concomitant injury. *Neurohirurgiya.* 2003; 3: 17–21. (In Russian)
2. Akhadov T.A., Panov V.O., Ayhhofov U. Spine and spinal cord injury and its consequences. Monograph. Acad. Russian Science. M., 2000: 586–633. (In Russian)
3. Akhadov T.A., Rushanov I.I., Panova M.M. Magnetic resonance imaging in diagnosis of diseases of spine and spinal cord. Part 2. Diseases semiotics. *Novosti nauki i tehniki.* 1997; 2. (In Russian)
4. Akhadov T.A., Sarukhanyan O.O., Keshishyan R.A. Magnetic resonance imaging of spinal injury in children. M.: Kommercheskie tehnologii, 2012: 123–135. (In Russian)
5. Bagley L.J. Imaging of spinal trauma. *Radiol. Clin. N. Am.* 2006; 44 (1): 1–12.
6. Flanders A. Spine Cervical injury. *Radiology Assistant.* 2008.
7. Harrop J.S., Jeyamohan S., Sharan A., Ratliff J., Flanders A., Maltenfort M., Falowski S., Vaccaro A. Acute Cervical Fracture or Congenital Spinal Deformity. *J. Spinal Cord. Med.* 2008; 31: 83–87.
8. Hadley M.N., Walters B.C., Grabb P.A., Oyesiku N.M., Przybylski G.J., Resnick D.K., Ryken T.C. Radiographic assessment of the cervical spine in symptomatic trauma patients. *Neurosurgery.* 2002; 50 (3): 30–35.
9. Hadley M.N., Walters B.C., Grabb P.A., Oyesiku N.M., Przybylski G.J., Resnick D.K., Ryken T.C. Radiographic assessment of the cervical spine in symptomatic trauma patients. *Neurosurgery.* 2002; 50 (3): 36–43.
10. Chakeres D.W., Flickinger F., Bresnahan J.C., Beattie M.S., Weiss K.L., Miller C., Stokes B.T. MR imaging of acute spinal cord trauma. *Am. J. Neuroradiol.* 1987; 8 (1): 5–10.
11. Colombo N., Maccagnano C., Corona C., Beltramello A., Scialfa G. Cervical Spine Trauma: A Guide to Neuro-radiological Diagnosis. *Rivista di Neuroradiol.* 1997; 10 (1): 63–103.
12. Martínez-Pérez R., Paredes I., Cepeda S., Ramos A., Castaño-León A.M., García-Fuentes C., Lobato R.D., Gómez P.A., Lagares A. Spinal cord injury after blunt cervical spine trauma: correlation of soft-tissue damage and extension of lesion. *Am. J. Neuroradiol.* 2014. 35 (5): 1029–1034. DOI: <https://doi.org/10.3174/ajnr.A3812>.
13. Kumar Y., Hayashi D. Role of magnetic resonance imaging in acute spinal trauma: a pictorial review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2016. DOI: 10.1186/s12891-016-1169-6.
14. Dundamadappa S.K., Cauley K.A. MR imaging of acute cervical spinal ligamentous and soft tissue trauma. *Emerg. Radiol.* 2016. 19 (4): 277–286. DOI: 10.1007/s10140-012-1033-4.



15. Miranda P, Gomez P, Alday R. Acute traumatic central cord syndrome: analysis of clinical and radiological correlations. *J. Neurosurg. Sci.* 2008; 52: 107–112.
16. Kawakyu-O'Connor D., Bordia R., Nicola R. Magnetic resonance imaging of spinal emergencies. *Magn. Reson. Imaging Clin. N. Am.* 2016. 24: 325–344. DOI: 10.1016/j.mric.2015.11.004.
17. Miyajiri F., Furlan J.C., Aarabi B., Arnold P.M., Fehlings M.G. Acute cervical traumatic spinal cord injury: MR imaging findings correlated with neurologic outcome: prospective study with 100 consecutive patients. *Radiology.* 2007; 243: 820–827.
18. Leypold B.G., Flanders A.E., Burns A.S. The early evolution of spinal cord lesions on MR imaging following traumatic spinal cord injury. *Am. J. Neuroradiol.* 2008; 29: 1012–1016.
19. Goradia D., Linnau K.F., Cohen W.A., Mirza S., Hallam D.K., Blackmore C.C. Correlation of MR imaging findings with intraoperative findings after cervical spine trauma. *Am. J. Neuroradiol.* 2007; 28: 209–215.
20. Bozzo A., Marcoux J., Radhakrishna M., Pelletier J., Goulet B. The role of magnetic resonance imaging in the management of acute spinal cord injury. *J. Neurotrauma.* 2011; 28: 1401–1411.
21. Pizones J., Izquierdo E., Sánchez-Mariscal F., Zúñiga L., Álvarez P., Gómez-Rice A. Sequential damage assessment of the different components of the posterior ligamentous complex after magnetic resonance imaging interpretation: prospective study 74 traumatic fractures. *Spine.* 2012; 37: E662–667.
22. Talbott J.F., Whetstone W.D., Readdy W.J., Ferguson A.R., Bresnahan J.C., Saigal R., Hawryluk G.W., Beattie M.S., Mabray M.C., Pan J.Z., Manley G.T., Dhall S.S. The Brain and Spinal Injury Center score: a novel, simple, and reproducible method for assessing the severity of acute cervical spinal cord injury with axial T2-weighted MRI findings. *J. Neurosurg. Spine.* 2015; 23: 495–504. DOI: 10.3171/2015.1.SPINE141033.
23. Dare A.O., Dias M.S., Li V. Magnetic resonance imaging correlation in pediatric spinal cord injury without radiographic abnormality. *J. Neurosurg.* 2002; 97: 33–39.
24. Carrino J.A., Manton G.L., Morrison W.B., Vaccaro A.R., Schweitzer M.E., Flanders A.E. Posterior longitudinal ligament status in cervical spine bilateral facet dislocations. *Skeletal Radiol.* 2006; 35: 510–514.
25. Zhang J.S., Huan Y. Multishot diffusion-weighted MR imaging features in acute trauma of spinal cord. *Eur. Radiol.* 2014; 24: 685–692. DOI: 10.1007/s00330-013-3051-3.
26. Kulkarni M.V., McArdle C.B., Kopanicky D., Miner M., Cotler H.B., Lee K.F., Harris J.H. Acute spinal cord injury: MR imaging at 1.5 T. *Radiology.* 1987; 164 (3): 837–843. DOI: 10.1148/radiology.164.3.3615885.
27. Andreoli C., Colaiacono M.C., Rojas Beccaglia M., Di Biasi C., Casciani E., Gualdi G. MRI in the acute phase of spinal cord traumatic lesions: relationship between MRI findings and neurological outcome. *Radiol. Med.* 2005; 110: 636–645.
28. Liao C.C., Lui T.N., Chen L.R., Chuang C.C., Huang Y.C. Spinal cord injury without radiological abnormality in preschool-aged children: correlation of magnetic resonance imaging findings with neurological outcomes. *J. Neurosurg.* 2005; 103: 17–23.
29. Rihn J.A., Fisher C., Harrop J., Morrison W., Yang N., Vaccaro A.R. Assessment of the posterior ligamentous complex following acute cervical spine trauma. *J. Bone J. Surg. Am.* 2010; 92: 583–589.
30. Pizones J., Sánchez-Mariscal F., Zúñiga L., Álvarez P., Izquierdo E. Prospective analysis of magnetic resonance imaging accuracy in diagnosing traumatic injuries of the posterior ligamentous complex of the thoracolumbar spine. *Spine.* 2013; 38: 745–751. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31827934e4.
31. Kang J.D., Figgie M.P., Bohlman H.H. Sagittal measurements of the cervical spine in subaxial fractures and dislocations: an analysis of two hundred and eighty-eight patients with and without neurological deficits. *J. Bone J. Surg. Am.* 1994; 76 (11): 1617–1628.
32. Radcliff K., Su B.W., Kepler C.K., Rubin T., Shimer A.L., Rihn J.A., Harrop J.A., Albert T.J., Vaccaro A.R. Correlation of posterior ligamentous complex injury and neurological injury to loss of vertebral body height, kyphosis, and canal compromise. *Spine.* 2012; 37 (13): 1142–1150.
33. Harrop J.S., Jeyamohan S., Sharan A., Ratliff J., Flanders A., Maltenfort M., Falowski S., Vaccaro A. Acute Cervical Fracture or Congenital Spinal Deformity. *J. Spinal Cord. Med.* 2008; 31 (1): 83–87.

**Для корреспонденции\*:** Ублинский Максим Вадимович – 119180 Москва, ул. Большая Полянка, д. 22. Тел.: +7-929-620-21-77.  
E-mail: maxublinsk@mail.ru

**Корнеев Илья Александрович** – врач-рентгенолог отдела лучевых методов диагностики НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ г. Москвы.

**Ахатов Толибджон Абдуллаевич** – доктор мед. наук, профессор, руководитель отдела лучевых методов диагностики НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ г. Москвы.

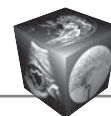
**Мельников Илья Андреевич** – канд. мед. наук, врач-рентгенолог отдела лучевых методов диагностики НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ г. Москвы.

**Исхаков Олимджон Садыкович** – доктор мед. наук, заведующий отделением нейрохирургии НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ г. Москвы.

**Семенова Наталия Александровна** – доктор биол. наук, главный научный сотрудник НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ г. Москвы.

**Дмитренко Дмитрий Михайлович** – врач-рентгенолог отдела лучевых методов диагностики НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ г. Москвы.

**Манжурцев Андрей Валерьевич** – научный сотрудник отдела лучевых методов диагностики НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ г. Москвы.



**Ахлебинина Мария Игоревна** – врач-рентгенолог отдела лучевых методов диагностики НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ г. Москвы.

**Меньщиков Петр Евгеньевич** – научный сотрудник отдела лучевых методов диагностики НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ г. Москвы.

**Ублинский Максим Вадимович** – канд. биол. наук, научный сотрудник отдела лучевых методов диагностики НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ г. Москвы.

**Contact\***: Maksim V. Ublinsky – 119180 Moscow, Bolshaya Polyanka, 22. Phone: +7-929-620-21-77. E-mail: maxublinsk@mail.ru

**Илья А. Корнейев** – radiologist, radiology department, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow.

**Tolibdzhon A. Akhadov** – doct. od med. sci., Professor, Head of radiology department, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow.

**Илья А. Мельников** – cand. of med. sci., radiologist, radiology department, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow.

**Olimdzhon S. Iskhakov** – doct. od med. sci., Head of Neurosurgery Department, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow.

**Natalia A. Semenova** – doct. of biol. sci., Chief Researcher, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow.

**Dmitry M. Dmitrenko** – radiologist, radiology department, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow.

**Andrey V. Manzhurtsev** – researcher, radiology department, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow.

**Maria I. Akhlebinina** – radiologist, radiology department, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow.

**Petr E. Menshikov** – researcher, radiology department, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow.

**Maksim V. Ublinsky** – cand. of biol. sci., researcher, radiology department, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow.

Поступила в редакцию 22.10.2018.  
Принята к печати 15.01.2019.

Received on 22.10.2018.  
Accepted for publication on 15.01.2019.