

ЛЕКЦИЯ

© А.А. ГРИНЬ, Е.В. ГРИГОРЬЕВА, 2013

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ПОЗВОНОЧНО-СПИННОМОЗГОВОЙ ТРАВМЫ (ЧАСТЬ 2)¹**А.А. Гринь, Е.В. Григорьева**

НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Москва

Работа представляет собой продолжение лекции о лучевых методах диагностики при спинальной травме и посвящена роли магнитно-резонансной томографии (МРТ) и спинальной сонографии — сравнительно недавно используемым в клинической практике, но уже зарекомендовавшим себя наиболее информативными методами в диагностике патологии мягкотканых структур и некоторых рентгенонегативных изменений позвоночника. Работа предназначена для специалистов по нейрохирургии, неврологии и лучевой диагностике. Надеемся, что несмотря на довольно краткое описание методов, МРТ и спинальная сонография найдут более широкое применение в остром и отсроченном периоде спинальной травмы.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, спинальная сонография, травма позвоночника.

This article presents the continuation of lecture dedicated to radiological diagnostic methods of vertebral and spinal trauma and enlightens the role of magnetic resonance imaging (MRI) and spinal sonography for diagnostics of vertebral and spinal trauma. The last one is recently used method, but it is already showed itself as the most informative in diagnostics of soft tissue pathologies and some radiolucent changes of vertebrae. This manuscript is aimed on neurosurgeons, neurologists and specialists in radiological diagnostics. We hope that in spite of rather brief descriptions of these methods MRI and spinal sonography will be more widely used in acute and delayed periods of vertebral and spinal trauma.

Key words: magnetic resonance imaging, spinal sonography, vertebral and spinal trauma.

Актуальность проблем диагностики и лечения спинальной травмы отчасти обусловлена прогрессивным развитием спинальной нейрохирургии и появлением новых принципов лечения поврежденных позвоночника и спинного мозга. Эти принципы можно свести к следующему:

- а) декомпрессия сосудисто-нервных элементов позвоночника;
- б) полное восстановление оси позвоночника в трехмерном пространстве;
- в) создание надежного спондилодеза с применением фиксирующих систем.

Для адекватного выбора тактики лечения необходимо владеть полной информацией не только о состоянии костных структур, но и связочного аппарата позвоночника, межпозвонковых дисков и прежде всего спинного мозга. Суммируя данные об информативности спондилографии и компьютерной томографии (КТ), очевидно, что на все эти вопросы рентгеновские методы не дают однозначного ответа, даже при применении контрастного вещества (при миелографии и КТ-миелографии). Для планирования оперативного вмешательства необходимо дополнительное применение других методов лучевой диагностики.

Можно без преувеличения сказать, что с внедрением в клиническую практику магнитно-резонансной томографии (МРТ) начался «золотой век» диагностики повреждений мягкотканых структур позвоночника в целом и спинного мозга и оболочек в частности. Благодаря высокой

чувствительности и специфичности метод способен дифференцировать самые ранние и мелкие изменения в позвоночном канале при травме, а высокая разрешающая способность и многоплоскостное сканирование делают полученные изображения наглядными не только для специалистов лучевой диагностики, но и для нейрохирургов (при хорошем знании анатомии). Метод основан на сочетанном применении магнитного поля и радиочастотного излучения и отличается высокой чувствительностью и точностью (более 98%) в выявлении изменений связочного аппарата позвоночника, межпозвонковых дисков, спинного мозга, паравертебральных тканей. МРТ позволяет получать изображения в нестандартной плоскости (включая косые проекции для лучшей визуализации подвздошно-крестцовых сочленений и корешков в крестцовом отделе) и не несет лучевой нагрузки, что позволяет многократно использовать его на любом этапе лечения [5, 8].

Стандартная методика МРТ позвоночника, независимо от исследуемого отдела, включает T2- и T1-взвешенные изображения (ВИ) в сагиттальной плоскости, T2ВИ в коронарной плоскости, STIR (или аналогичную импульсную последовательность с подавлением сигнала от жировой ткани) в сагиттальной плоскости, МР-миелографию и T2ВИ/T2* Gre в аксиальной плоскости. Оптимальная толщина среза для шейного отдела, в зависимости от используемого оборудования — 2–3 мм, для грудного отдела — 3–4 мм, для по-

¹ Часть 1 опубликована в журнале «Нейрохирургия» № 4 2012 г., с. 8–16.

яснично-крестцового отдела — 3—4 мм. При исследовании шейного отдела позвоночника обязательным считается захват краниовертебрального перехода сверху и до 3 грудных позвонков снизу. При исследовании пояснично-крестцового отдела оптимальной считается укладка, при которой захватывают позвонки Th11-Th12 [9]. Увеличение поля обзора при исследовании пояснично-крестцового отдела позвоночника позволяет визуализировать патологию почек, костей таза, мышц спины. Необходимости в применении внутривенного контрастирования при МРТ позвоночника, как правило, не возникает. Исключения составляют наблюдения, при которых требуется дифференциальная диагностика при посттравматических спондиллодисцитах, арахноидитах, эпидуритах, патологических переломах на фоне вторичных изменений, сопутствующих опухолевым процессам. При подозрении на разрыв спинного мозга неинвазивная МРТ и МР-миелография позволяют с высокой точностью визуализировать свободные фрагменты на уровне разрыва.

Однако и у МРТ есть ряд ограничений:

1. Противопоказания: искусственный водитель ритма, операции на сердце и сосудах с использованием металлических материалов, нарушения сердечного ритма по типу мерцательной аритмии, первая половина беременности, инородные металлические тела (пуля, осколок), даже если они не входят в области исследования.

2. Исследование затруднено после установки металлоконструкций, кроме конструкций из немагнитных материалов (титан). В большинстве случаев информация о состоянии спинного мозга на фоне артефактов от металла недостоверна.

3. Длительность исследования: стандартный протокол сканирования длится до 15—20 мин, в течение которых пациент должен лежать абсолютно неподвижно. Существуют т.н. «быстрые» протоколы для пациентов с выраженным болевым синдромом и пациентов в критическом состоянии, но их длительность также составляет не менее 7—10 мин.

4. Для проведения исследования пациентам в тяжелом состоянии необходимо дополнительное оборудование (немагнитный аппарат ИВЛ, устройства для оценки показателей жизнедеятельности по время исследования, пригодные для работы в сильном магнитном поле).

5. Пациентам с выраженным болевым синдромом, детям до 6 лет, пациентам в неадекватном состоянии требуются премедикация и присутствие реаниматолога во время исследования.

В норме физиологические изгибы позвоночника на сагиттальных и фронтальных срезах МРТ аналогичны таковым на спондилограммах. Структура тел позвонков однородна, интенсивность сигнала костного мозга слабо понижена на T2ВИ, понижена на STIR, средняя либо слабо повышенная на T1ВИ. По заднему краю тел грудных и поясничных позвонков видны мелкие треугольной формы дефекты — места выхода базально-вертебральных вен [9]. Кортикальный слой позвонков, продольные, боковые и желтые

связки, замыкательные пластинки должны быть пониженной интенсивности во всех импульсных последовательностях. Высота межпозвонковых дисков примерно одинакова в каждом отделе (в норме допустимо небольшое проекционное снижение на уровне C7-Th1, L5-S1 и на высоте грудного кифоза), интенсивность сигнала повышена на T2ВИ, средняя — на T1ВИ, межпозвонковые диски не выступают в просвет позвоночного канала. Дуральный мешок не деформирован, интенсивность сигнала цереброспинальной жидкости (ЦСЖ) повышена на T2ВИ и STIR, понижена — на T1ВИ. Структура спинного мозга однородна, диаметр одинаковый на уровне исследования, интенсивность сигнала понижена на T2ВИ и STIR, средняя — на T1ВИ. Центральный канал менее 2 мм в диаметре. Конус спинного мозга расположен на уровне позвонка L1 и заканчивается у мужчин на уровне нижнего края позвонка L1, а у женщин — на уровне верхнего края позвонка L2. Сагиттальный размер позвоночного канала колеблется от 14 до 16 мм (Ахадов Т.А. и соавт., 2000). Данные по интенсивности МР-сигнала различных структур позвоночника суммированы в табл. 1 [8].

Таблица 1 / Table 1

Характеристики МР-сигнала различных структур позвоночника в норме и при патологии / Characteristics of MRI-signal from different vertebral structures in their normal condition and within various pathologies

Импульсные последовательности	T2ВИ	T1ВИ	STIR	Gre
Тела позвонков (костный мозг)	Гипо-	Изо-	Гипо-	Изо-
Кортикальный слой и замыкательные пластинки тел позвонков	Гипо-	Гипо-	Гипо-	Гипо-
Связки позвоночника	Гипо-	Гипо-/изо-	Гипо-	Гипо-/изо-
Межпозвонковые диски	Гипер-	Изо-	Гипер-	Изо-
Спинной мозг	Гипо-	Изо-	Гипо-	Изо-
ЦСЖ	Гипер-	Гипо-	Гипер-	Гипо-
Мышцы	Гипо-	Изо-	Гипо-	Изо-
Жировая ткань	Гипер-	Гипер-	Гипо-	Гипер-
Кровь - острая фаза - подострая фаза - хроническая фаза	-гипо- -гипер- Неоднородно гипер-	-гипо-/изо- - гипер- Неоднородно гипер-	Гипер- Гипер- Гипер-	Изо-/гипер- Гипер- Неоднородно гипо-
Контузия тел позвонков	Гипер-	Гипо-	Гипер-	Гипо-
Воздух/газ	Гипо-	Гипо-	Гипо-	Гипо-
Отек (например, ушиб спинного мозга)	Гипер-	Изо-/гипо-	Гипер-	Изо-
Киста	Гипер-	Гипо-	Гипер-	Гипо-
Гемангиома	Гипер-	Гипер-	Гипо-	Гипер-

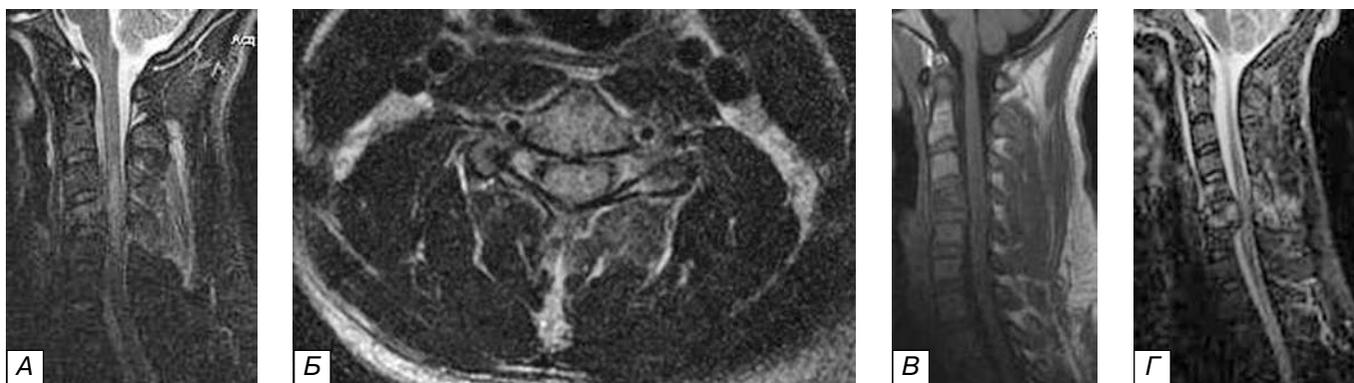


Рис. 1. МР-семиотика ушибов спинного мозга. Компрессионный перелом позвонка С4 без существенного смещения; интенсивность сигнала спинного мозга на уровне С3-С6 диффузно повышена, объем увеличен (отек): А – сагиттальная проекция в режиме STIR; Б – аксиальная проекция в Т2ВИ; В – сагиттальная проекция в Т1ВИ; Г – МРТ шейного отдела позвоночника в режиме STIR больного с переломовывихом позвонка С5, компрессионно-оскольчатый перелом позвонка С6, стенозом позвоночного канала, ушибом спинного мозга на уровне С5-С7: интенсивность сигнала спинного мозга повышена, контуры относительно четкие, объем локально увеличен. Интенсивность сигнала поврежденных позвонков повышена, кортикальный слой прерывист.

Fig. 1. MRI semiotics of spinal cord contusions. The compressive fracture of C4 vertebra without significant displacement of bone fragments; the intensity of signal from spinal cord at the level of C3-C6 is diffuse increased with enlargement of spinal cord volume (edema): А – STIR, sagittal view; Б – T2, axial view; В – T1, sagittal view; Г – cervical MRI (STIR) of patient with dislocation-fracture of C5 vertebra and compressive-bursting fracture of C6 vertebra as well as with stenosis of vertebral canal and spinal cord contusion at the level of C5-C7: the intensity of signal from spinal cord is increased; the margins of spinal cord are relatively clear with local enlargement of its volume. The intensity of signal from damaged vertebrae is increased with discontinuity of their cortical layers.

Показания к МРТ при травме позвоночника зависят от цели исследования. В первые 3 суток после травмы МРТ проводят с целью диагностики:

- контузий и рентгенонегативных переломов позвонков (т.н. стрессовых, субхондральных переломов, либо переломов без существенного смещения отломков);

- состояния спинного мозга и оболочек (ушибов, отека, частичного либо полного перерыва, эпидуральных кровоизлияний), однако четко дифференцировать ушиб от интрамедуллярной гематомы в остром периоде трудно;

- патологии межпозвоночных дисков и связочного аппарата позвоночника (разрывов задней и передней продольных связок, травматических грыж);

- нарушений ликвородинамики (для определения уровня, степени и причины стеноза позвоночного канала, гидромиелии);

- патологии паравертебральных тканей (ушибов и разрывов мышц позвоночника, отека мягких тканей, сопутствующих повреждений почек, мочевого пузыря, легких, средостения).

С помощью МРТ, начиная с 3-х суток после травмы позвоночника, становится возможным дифференцировать отек и кровоизлияние. Это связано с эволюцией гемоглобина излившейся крови, который на 2–3-и сутки переходит в метгемоглобин, являющийся мощным парамагнетиком. Метгемоглобин изменяет характеристики МР-сигнала, и гематома любой локализации становится высокоинтенсивной на Т1ВИ, сначала по периферии, затем диффузно. Сохраняющийся перифокаль-

Таблица 2 / Table 2

МР-признаки повреждения спинного мозга при травмах (Ахадов Т.А. и соавт., 2000) / Typical MRI-signs for spinal cord damage because of trauma (by Akhadov T.A. et al., 2000)

Тип изменений	Т2ВИ	Т1ВИ	Морфологический субстрат	Обратимость изменений
I	Центральный участок пониженной интенсивности с перифокальным отеком	Неоднородная интенсивность сигнала, с 3-х суток с участками повышения интенсивности	Кровоизлияние	Обратимы, исход зависит от объема поражения
II	Диффузное повышение интенсивности сигнала	Интенсивность сигнала практически не изменена	Отек	Полностью обратимы
III	Центральный участок средней интенсивности с перифокальным отеком (повышенной интенсивности)	Средней интенсивности, иногда с мелкими включениями повышенной интенсивности	Ушиб, петехиальные кровоизлияния	Положительная динамика через 7-10 дней после травмы, в исходе часто нисходящая атрофия
IV	Отсутствие МР-сигнала от спинного мозга, повышение интенсивности сигнала от свободных фрагментов на уровне разрыва	Прерывистость контура спинного мозга, хорошо визуализируются свободные фрагменты	Перерыв спинного мозга	Необратимы

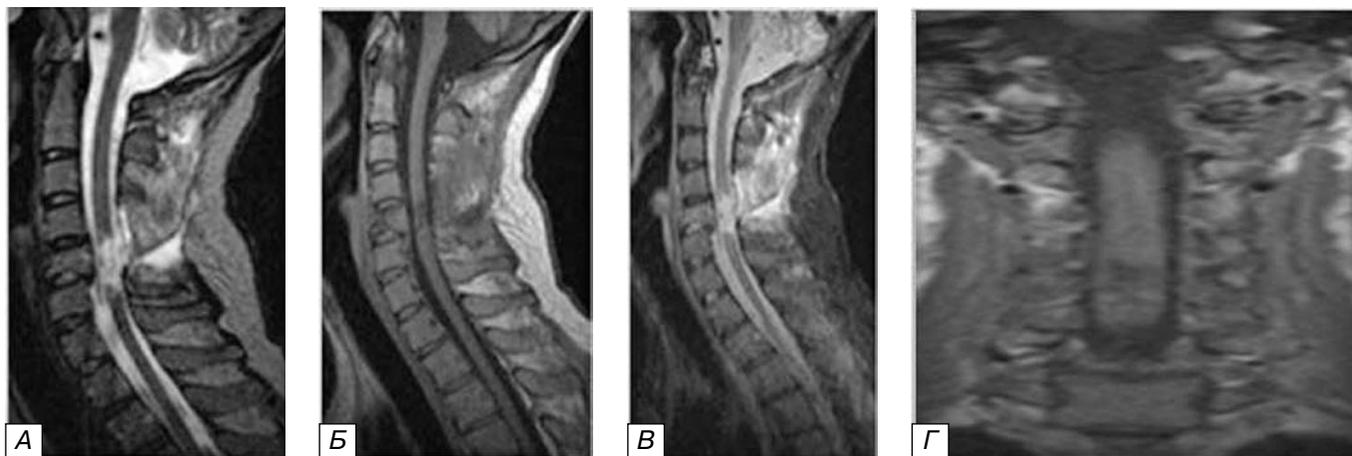


Рис. 2. МРТ шейного отдела позвоночника (травма ныряльщика) в сагиттальной: А) Т2ВИ; Б) Т1ВИ; В) STIR и фронтальной: Г) Т1ВИ проекциях. Компрессионный перелом тела позвонка С5 со смещением костных отломков в просвет позвоночного канала, отек задней и передней продольных связок. Состояние после операции (декомпрессионная ламинэктомия С4-С5), посттравматический послеоперационный отек межостистых связок С4-С6. Интенсивность сигнала спинного мозга на уровне С5 повышена, контуры прерывисты: свидетельство его полного перерыва.

Fig. 2. Cervical MRI of patient with “diver trauma” in sagittal: А) Т2ВИ; Б) Т1ВИ; В) STIR and frontal: Г) Т1ВИ views. The compressive fracture of С5 vertebra with bone fragments displacement into the lumen of vertebral canal and with edema of posterior and anterior longitudinal ligaments. The postoperative condition after decompressive laminectomy of С4-С5: posttraumatic postoperative edema of interspinous ligaments at the level of С4-С6. The signal intensity from spinal cord at the level of С5 is increased with discontinuity of spinal cord margins that is evidence of its complete rupture.

ный отек вызывает формирование кольцевидной зоны повышенной интенсивности на Т2ВИ вокруг интрамедуллярной гематомы, диаметр спинного мозга увеличен, контуры относительно четкие, перидуральное пространство сужено [1]. При наличии ушиба спинного мозга с геморрагическим пропитыванием наблюдается диффузное повышение интенсивности сигнала на Т2ВИ в сочетании со слабым неоднородным повышением интенсивности на Т1ВИ уже на 2–3-и сутки (это характерно для мелких петехиальных кровоизлияний). Диаметр спинного мозга также увеличен (рис. 1).

Суммируя МР-данные при различных видах травм в острой стадии, по данным Т.А. Ахадова и соавт. (2000), повреждение спинного мозга может быть представлено в виде отека, кровоизлияния, контузии (ушиба) и частичного/полного перерыва (рис. 2) [1]. В зависимости от патологического субстрата Т.А. Ахадов и соавт. выделили 4 типа МР-изменений спинного мозга при травме (табл. 2).

В отличие от спондилографии с помощью МРТ стало возможным непосредственно оценивать состояние межпозвонковых дисков и связочного аппарата позвоночника [5]. В диагностике посттравматических грыж дисков МРТ занимает ведущее место. При наличии у пациента компрессионной радикулярной или миелорадикулярной симптоматики, при отсутствии на рентгеновских и КТ снимках костной патологии, на МР-томограммах часто обнаруживают посттравматические грыжи межпозвонковых дисков (рис. 3). Точная диагностика уровня и характера повреждения позволяет провести минимально инвазивную операцию.

Часто травма позвоночника и спинного мозга возникает на фоне дегенеративно-дистрофических изменений. Это особенно характерно для шейного отдела позвоночника [7]. Задние протрузии и грыжи межпозвонковых дисков, задние и задне-

боковые остеофиты тел позвонков, гипертрофия задней продольной связки приводят к сужению позвоночного канала в переднем отделе, а гипертрофия желтых связок и артроз дугоотростчатых сочленений — к сужению позвоночного канала в заднем отделе. При гиперэкстензионных травмах происходит переразгибание шейного отдела позвоночника. Если у пострадавшего уже были выраженные дегенеративно-дистрофические изменения с признаками полифакторного стеноза в шейном отделе, то дополнительное переразгибание усугубляет ситуацию и приводит к резкому ущемлению спинного мозга между элементами позвоночного канала: сокращенными гипертрофированными желтыми связками, краевыми остеофитами, диско-остеофитными разрастаниями. Для такого вида повреждений характерен центрорамедуллярный синдром — поражение в большей степени центральных отделов спинного мозга, что обусловлено особенностями его кровоснабжения. Кинетическая энергия, вызывающая этот тип повреждений, может быть небольшой, целостность костных структур не нарушена, и при РКТ диагностируется обычная картина дегенеративно-дистрофических изменений. Только при МРТ обнаруживают характерные изменения МР-сигнала в центральных отделах спинного мозга, причем для гиперэкстензионных травм на фоне стеноза позвоночного канала на нескольких уровнях характерно повреждение верхнего уровня в результате его большей подвижности (рис. 4).

Основным методом диагностики травм костных структур остаются классический рентгеновский метод и рентгеновская компьютерная томография. Однако это совсем не означает, что роль МРТ в оценке повреждений позвонков сведена к минимуму (рис. 5). Именно клиническое использование МРТ привнесло в практику новые

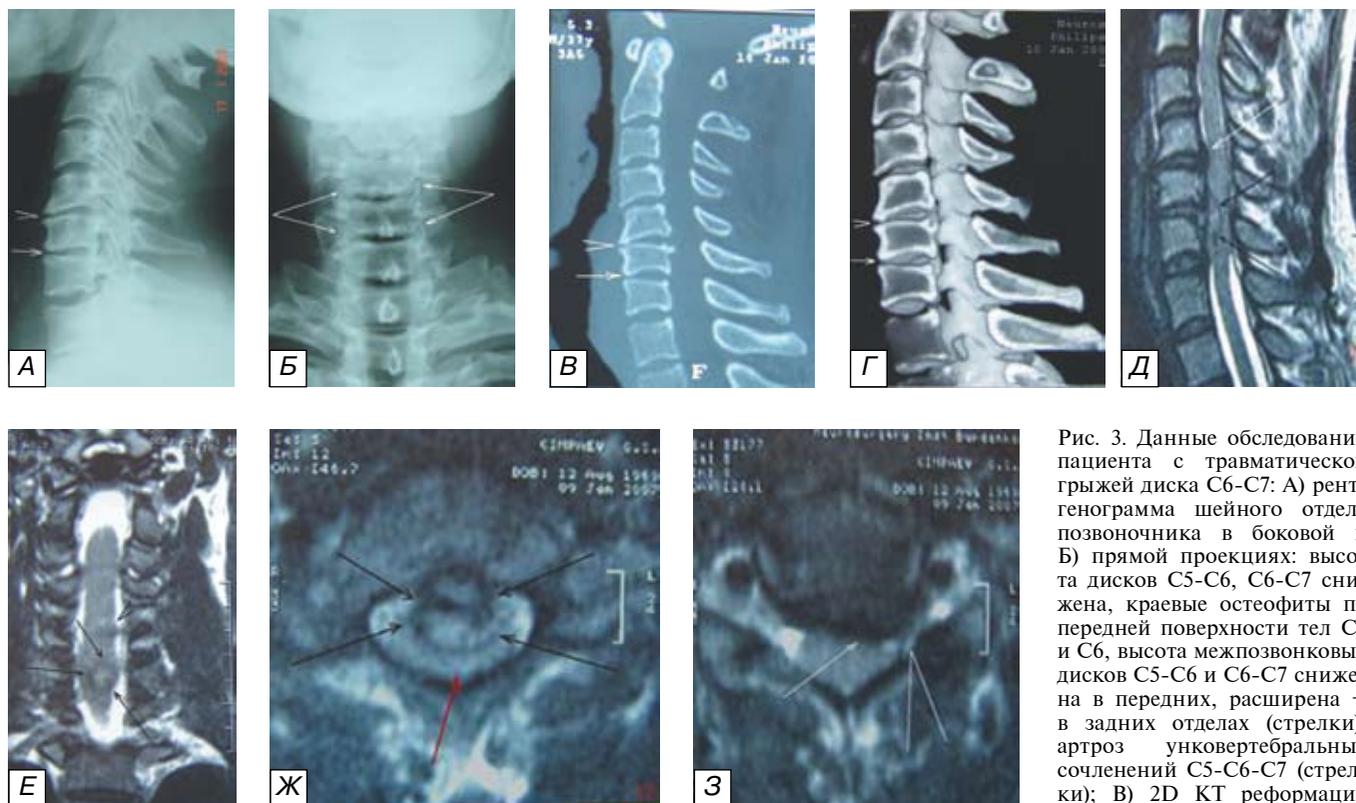


Рис. 3. Данные обследования пациента с травматической грыжей диска С6-С7: А) рентгенограмма шейного отдела позвоночника в боковой и Б) прямой проекциях: высота дисков С5-С6, С6-С7 снижена, краевые остеофиты по передней поверхности тел С5 и С6, высота межпозвоночных дисков С5-С6 и С6-С7 снижена в передних, расширена – в задних отделах (стрелки), артроз унковертебральных сочленений С5-С6-С7 (стрелки); В) 2D КТ реформация и Г) 3D КТ-реконструкция

в сагиттальной плоскости: видны костные разрастания по передней и задней поверхностям тел С5 и С6, уплотнение замыкающих пластинок на уровне исследования (более выражено в сегментах С5-С6, С6-С7), снижение высоты межпозвоночных дисков С5-С6 и С6-С7, аналогично данным спондилограмм – признаки гиперфлексионного повреждения (стрелки); МРТ шейного отдела позвоночника, Т2ВИ в сагиттальной (Д), фронтальной (Е) и аксиальной (Ж,З) проекциях: межпозвоночный диск С6-С7 выстоит в просвет позвоночного канала центрально на 5 мм, повышенной интенсивности (отек), задняя продольная связка истончена, контур прерывист, структура экструзии неоднородна – задняя центральная секвестрированная грыжа С6-С7 с тенденцией к распространению каудально до уровня С7-Т1 (черные стрелки) с грубой компрессией спинного мозга (красная стрелка). На уровне С5-С6 задняя левосторонняя латеральная дегидратированная (давняя) грыжа диска (белые стрелки), с признаками сужения левого межпозвоночного отверстия (головки стрелок). На уровне межпозвоночных дисков С3-С4, С4-С5, С7-Т1 видны задние протрузии, гипертрофия задней продольной связки на уровне исследования.

Fig. 3. The examination data of patient with traumatic C6-C7 intervertebral disk hernia: A) roentgenogram of cervical spine in lateral and B) frontal projections: the height of C5-C6 and C6-C7 disks is lowered with marginal osteophytes along anterior surfaces of C5 and C6 vertebral bodies; the height of intervertebral C5-C6 and C6-C7 disks is lowered in anterior parts and enlarged in posterior parts (arrows) with uncovertebral arthrosis of C5-C6-C7 (arrows); B) 2D- CT reformation and Г) 3D-CT reconstruction in sagittal view: there are osteophytes along anterior and posterior surfaces of C5 and C6 vertebral bodies with sclerosis of end-plates at the examined level (more expressed at the level of C5-C6 and C6-C7), the height decrease of C5-C6 and C6-C7 intervertebral disks similarly to spondylogram data – signs of hyperflexion damage (arrows); Cervical MRI (T2) in sagittal (Д), frontal (Е) and axial (Ж,З) views: C6-C7 intervertebral disk is median prominent into the lumen of vertebral canal till 5 mm and has increased intensity of signal (edema), the posterior longitudinal ligament is thinned, the disk's margins are discontinuous, the structure of extrusion is nonhomogenous – the posterior median sequestrate C6-C7 diskal hernia with tendency to caudal expansion till C7-Th1 level (black arrow) with severe compression of spinal cord (red arrow). The posterior lateral left-sided dehydrated (old) C5-C6 diskal hernia (white arrows) with signs of left intervertebral foramen narrowing (arrowheads) is seen. There are posterior C3-C4, C4-C5, C7-Th1 protrusions and hypertrophia of posterior longitudinal ligament at the level of examination.

термины, такие как контузия (костный ушиб), субхондральное и остеохондральное повреждение, стрессовый перелом [12, 15]. Применение МРТ впервые позволило напрямую визуализировать костный мозг и оценить такие состояния, как остеопороз, остеонекроз, значительно улучшило комплексную диагностику посттравматических изменений и дало возможность визуализировать рентгенонегативные повреждения.

Изменение интенсивности сигнала костного мозга при травмах носит название **контузии**. В литературе этот термин часто трактуют как отек или ушиб. Однако посттравматическая контузия имеет более сложный характер и включает как отек, так и мелкие кровоизлияния, трабекуляр-

ные микропереломы, а в период заживления — фиброзную ткань и новообразованные сосуды. Поэтому термин «контузия» предпочтителен.

Если на фоне контузии субкортикально определяются линейные сигналы пониженной интенсивности на Т1ВИ, не достигающие кортикального слоя, речь идет о трабекулярной импрессии — признаке **субхондрального повреждения** [15]. Линия импрессии может быть различной интенсивности на Т2ВИ и STIR, в зависимости от степени повреждения трабекул, и в остром периоде она может быть четко видна без сопутствующего отека. Субхондральные повреждения тел позвонков на фоне остеопороза или предшествующей асимметричной нагрузки иногда называют стрессовыми переломами.

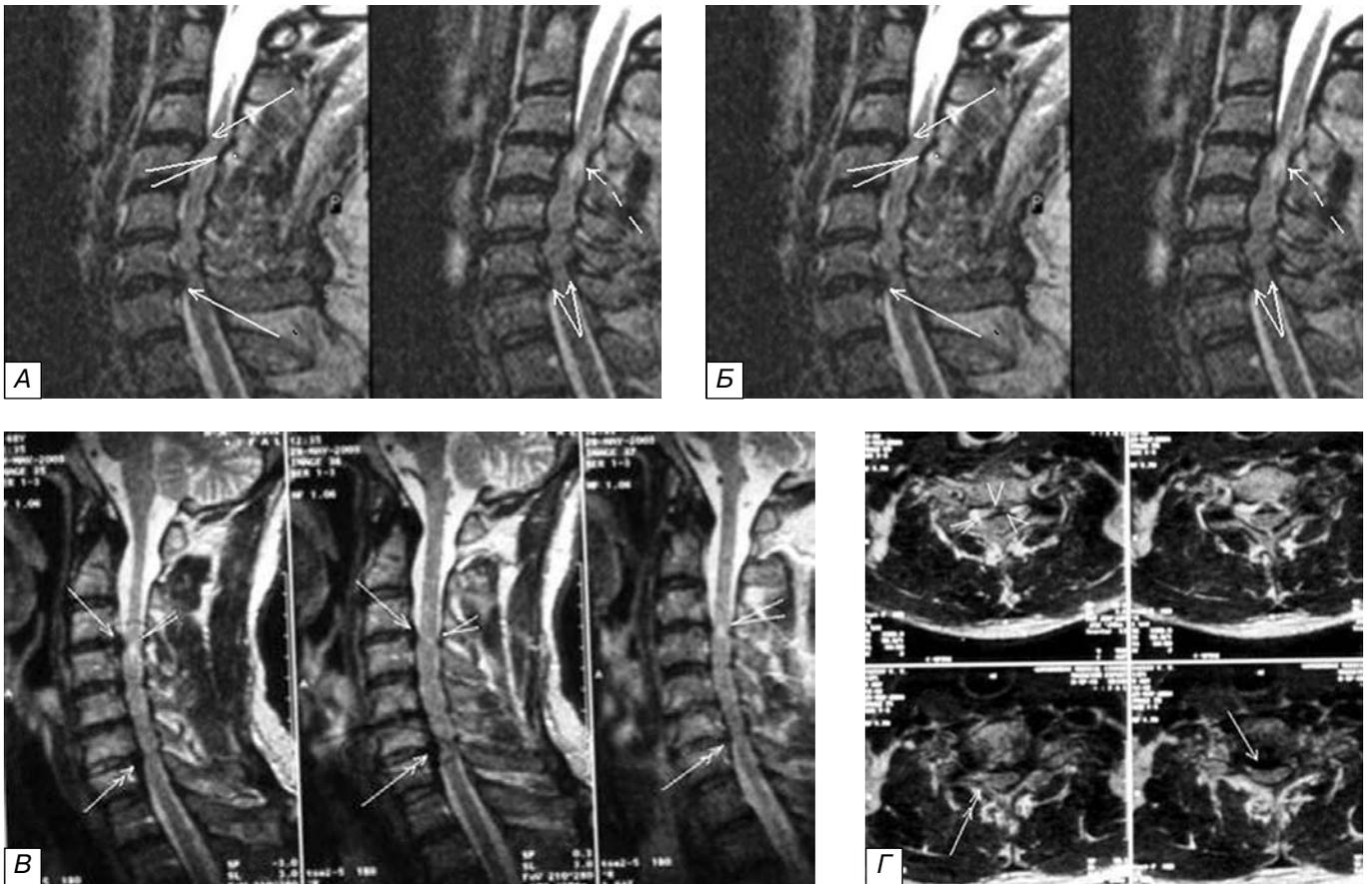


Рис. 4. МРТ шейного отдела позвоночника пациента Б. с травмой спинного мозга в сагиттальной (А) и аксиальной (Б) проекциях, Т2 ВИ: отек спинного мозга — компрессионная миелопатия — отмечена на уровне диска С3-С4 и тела С4 пунктирной стрелкой на сагиттальном и головкой стрелки — на аксиальном срезах. Костно-травматических повреждений не выявлено. Травма получена на фоне дегенеративно-дистрофических изменений: спондилоартроз, дегидратация межпозвоноковых дисков С3-С4, С4-С5, С5-С6, С6-С7, спондилез, задние протрузии дисков С3-С4, С6-С7 (стрелки), гипертрофия желтых связок (двойная стрелка); МРТ шейного отдела позвоночника пациента Н. в сагиттальной (В) и аксиальной (Г) проекциях в Т2 ВИ: травма спинного мозга и перелом правой дужки позвонка С4 с незначительным смещением в позвоночный канал (двойная стрелка). Сужение просвета позвоночного канала за счет задних протрузий дисков С3-С4, С6-С7 (стрелки), заднебоковых остеофитов, гипертрофии задней продольной (головки стрелок на аксиальных срезах) и желтых связок. Очаг миелопатии на сагиттальных срезах в виде повышения интенсивности МР-сигнала отмечен головками стрелок.

Fig. 4. Cervical MRI (T2) of patient Б. with spinal cord trauma in sagittal (А) and axial (Б) views: the spinal cord edema — compression myelopathy — is marked at the level of C3-C4 disk and C4 vertebral body by dotted line on sagittal slices and by arrowhead — on axial slices. There are no bone damages. The trauma was suffered against degenerative-dystrophic changes: spondylarthrosis, dehydration of C3-C4, C4-C5, C5-C6 and C6-C7 intervertebral disks, spondylosis, the posterior protrusions of C3-C4 and C6-C7 disks (arrows), the hypertrophy of yellow ligaments (double arrow); Cervical MRI (T2) of patient Н. in sagittal (В) and axial (Г) views: spinal cord trauma and fracture of right C4 vertebral arch with slight displacement into the lumen of vertebral canal (double arrow). The narrowing of vertebral canal lumen because of posterior protrusions of C3-C4 and C6-C7 disks (arrows), posterolateral osteophytes as well as due to hypertrophy of posterior longitudinal ligament (arrowheads on axial slices) and yellow ligaments. The myelopathy focus is seen on sagittal slices as zone of MRI-signal increased intensity zone and marked by arrowheads.

Если линейный сигнал низкой интенсивности на Т1ВИ, высокой или средней — на Т2ВИ выходит на кортикальный слой — это признак **остеохондрального повреждения**, часто сопровождающийся дефектами замыкательных пластинок, но без смещения отломков. Основная задача МРТ — определить размеры повреждения кортикального слоя, и, следовательно, оценить стабильность костного фрагмента. При наличии мелкого фрагмента повреждение может считаться стабильным, тогда как вовлечение в патологический процесс кортекса на большом протяжении говорит о склонности к смещению, даже если суставные взаимоотношения на момент исследования не нарушены (рис. 6).

Описанные изменения костных структур со временем могут восстанавливаться. Однако не следует использовать МРТ с целью наблюдения процесса консолидации костных изменений. Контузия, субхондральные повреждения сохраняют свой вид еще долгое время (в среднем 6—8 мес), даже после того, как рентгенографическая картина нормализуется и наступает консолидация. Остаточным явлением полного заживления считают тонкий фиброзный рубец в костном мозге [11, 15].

Р.А. Green и соавт. (2004) в течение трех лет при выявлении у больного перелома позвонка на одном уровне выполняли МРТ всего позвоночного столба. В результате из 127 пациентов у 77% выявлено дополнительное повреждение позвонков на

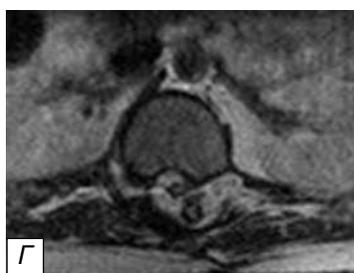
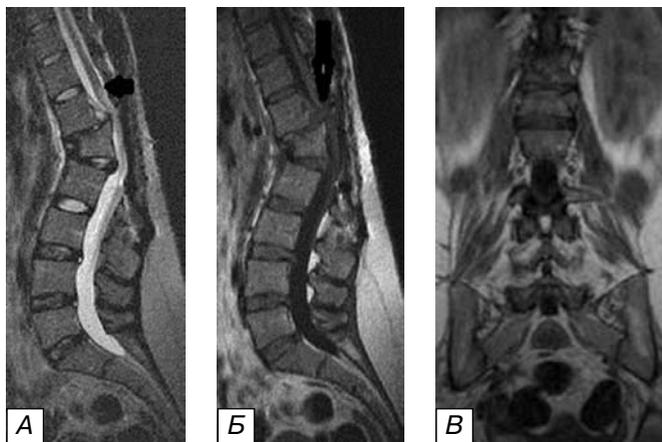


Рис. 5. МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника, в сагиттальной: А) Т2ВИ, Б) Т1ВИ, фронтальной: В) Т1ВИ и аксиальной: Г) Т2ВИ проекциях. Определяется состояние после декомпрессии. Компрессионно-оскольчатый перелом позвонка L1 со смещением отломков в просвет позвоночного канала (стрелка), с признаками компрессии спинного мозга. Конус спинного мозга на уровне перелома на Т2ВИ повышенной интенсивности (отек, короткая стрелка).

Fig. 5. Lumbosacral MRI in sagittal: А) T2, Б) T1, frontal: В) T1 and axial: Г) T2 views. The condition after decompression surgery. The compressive-bursting fracture of L1 vertebra with bone fragments displacement into lumen of vertebral canal (arrow) and compression of spinal cord. The medullary cone has high-intensity signal on T2 (edema – short arrow) at the fracture level.

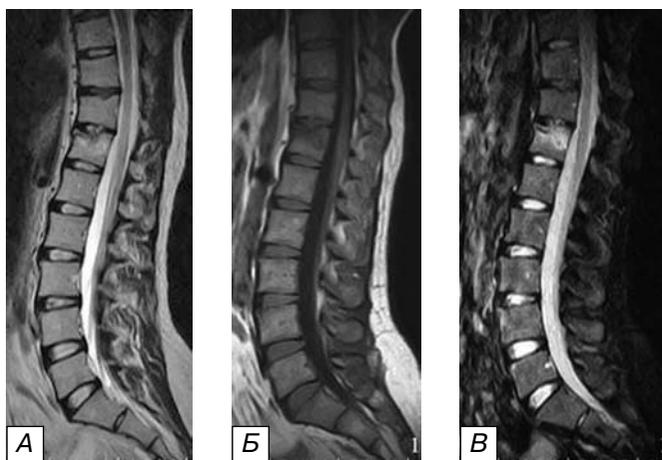


Рис. 6. МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника в сагиттальной проекции, острая травма: А) Т2ВИ, Б) Т1ВИ и В) STIR. Отмечается повышение интенсивности сигнала тела Th12 на Т2ВИ и STIR, понижение интенсивности на Т1ВИ (признаки контузии костного мозга), контур верхней замыкательной пластинки деформирован, прерывист. Позвонки не смещены в просвет позвоночного канала, дуральный мешок и конус спинного мозга не изменены.

Fig. 6. Lumbosacral MRI in sagittal view, acute trauma: А) T2, Б) T1 and В) STIR. The increased intensity of MRI signal from Th12 vertebra in T2 and STIR regimes is seen as well as decrease of signal intensity in T1 regime (signs of bone marrow contusion) with deformation and discontinuity of upper end-plate contour. The vertebra doesn't displace into the lumen of vertebral canal with no changes of dural sac and medullary cone.

других уровнях, а частота несмежных переломов составила 34%. При более тщательном изучении проблемы многоуровневой травмы с использованием МРТ выяснилось, что у 20—50% пациентов отмечается повреждение 2 и более сегментов, причем у трети этих больных — на разных уровнях. Это вовсе не означает, что все описанные повреждения требуют хирургического лечения, но их обнаружение влияет на тактику лечения (рис. 7, 8). С учетом этих данных, казалось бы, следует рекомендовать МРТ всех отделов позвоночника как при наличии неврологической симптоматики при нормальной КТ- и рентгеновской картине, так и при обнаружении повреждений позвоночника хотя бы на одном уровне. Выполнение этой рекомендации, однако, напрямую зависит от техни-

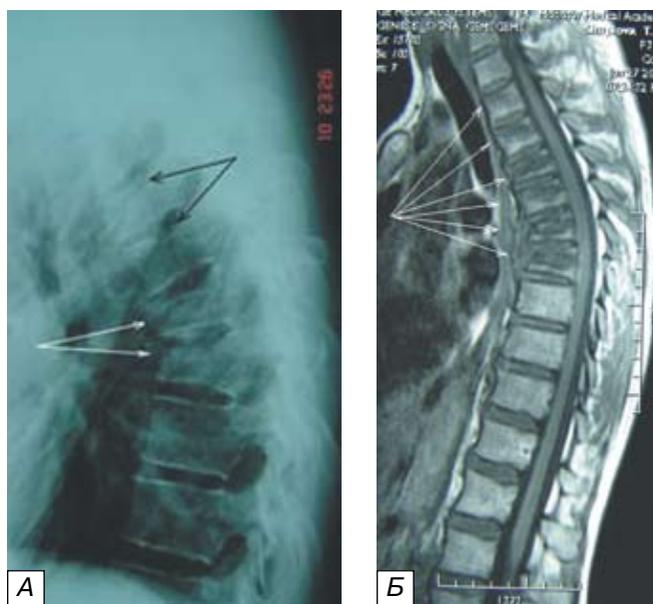


Рис. 7. Данные больной Ш. с повреждением Th2-Th7 позвонков: А) рентгенография грудного отдела позвоночника в боковой проекции: видны компрессионные нестабильные переломы тел Th6-Th7 позвонков (белые стрелки) с кифотической деформацией позвоночного столба на 46° и грыжи Шморля в позвонках Th4, Th5 (черные стрелки). Б) МРТ грудного отдела позвоночника в сагиттальной проекции, Т1ВИ: определяются нестабильные компрессионные переломы позвонков Th4, Th6, Th7 и стабильные компрессионные переломы позвонков Th2, Th3, Th5. На уровне Th6-Th7 паравerteбрально в передних отделах визуализируется участок сигнала пониженной интенсивности на Т1ВИ, передняя продольная связка на уровне Th5-Th8 утолщена, слабо повышенной интенсивности, контуры нечеткие (признаки кровоизлияния в превerteбральную клетчатку и частичного повреждения передней продольной связки).

Fig. 7. Examination data of patient Ш. with damage of Th2-Th7 vertebrae: А) roentgenogram of thoracic spine in lateral projection: there are compressive unstable fractures of Th6-Th7 vertebral bodies (white arrows) with kyphotic deformation of vertebral column up to 46° and Schmorl's nodules in Th4 and Th5 vertebral bodies (black arrows). Б) Thoracic MRI in sagittal view (T1): there are unstable compressive fractures of Th4, Th6 and Th7 vertebrae and stable compressive fractures of Th2, Th3 and Th5 vertebrae. There is the paravertebral zone of decreased intensity signal on T1 regime in anterior parts at the level of Th6-Th7, the anterior longitudinal ligament is thickened at the level of Th5-Th8 vertebrae with slightly increased intensity of signal and vague contours (the signs of hemorrhage into prevertebral cellular tissue and partial damage of the anterior longitudinal ligament).

ческого оснащения каждого конкретного лечебного учреждения, общего состояния пациента и высокой стоимости исследования.

Возвращаясь к проблемам диагностики рентгено-негативных переломов и контузий, стоит отметить, что у ряда пострадавших после травмы позвоночника в остром периоде рентгенологические и КТ-признаки повреждения позвонков могут быть не выявлены. А через 5–8 мес внезапно или после незначительной физической нагрузки на уровне прежней травмы возникает резкая боль, и при рентгенографии позвоночника диагностируют компрессионный перелом позвонка (болезнь Верней–Кюммеля, посттравматический спондилит) (рис. 9).

Мы объясняем это тем, что в момент травмы происходит контузия, сопровождающаяся кровоизлиянием в тело позвонка, нарушается его кровоснабжение и возникает асептическое воспаление, переходящее в некроз костных балок, в результате чего через несколько месяцев, даже после минимальной нагрузки, может произойти

перелом позвонка. Возможно, это случается при недиагностированном повреждении позвонков и продолжающихся повседневных нагрузках. Эти нагрузки мешают репаративным процессам в поврежденном позвонке, костные балки лизируются, и позвонки в конечном итоге могут сломаться.

Чувствительность МРТ в диагностике контузии и кровоизлияний в костный мозг позволяет диагностировать эти изменения уже в остром периоде, что важно не только для прогноза травмы и определения объема операции или сроков консервативного лечения, но и для выработки тактики ранней реабилитации позвоночника. Избежав осевой нагрузки в раннем посттравматическом периоде на поврежденный позвонок, мы создаем условия для нормального течения репаративных процессов и позволяем избежать асептического некроза. При соблюдении определенного режима опорная функция позвонка будет полностью восстановлена.

Если проблемы диагностики переломов и травматических грыж межпозвоночных дисков освещены подробно (рис.10), то повреждениям связок позвоночника, мелких суставов и пара-

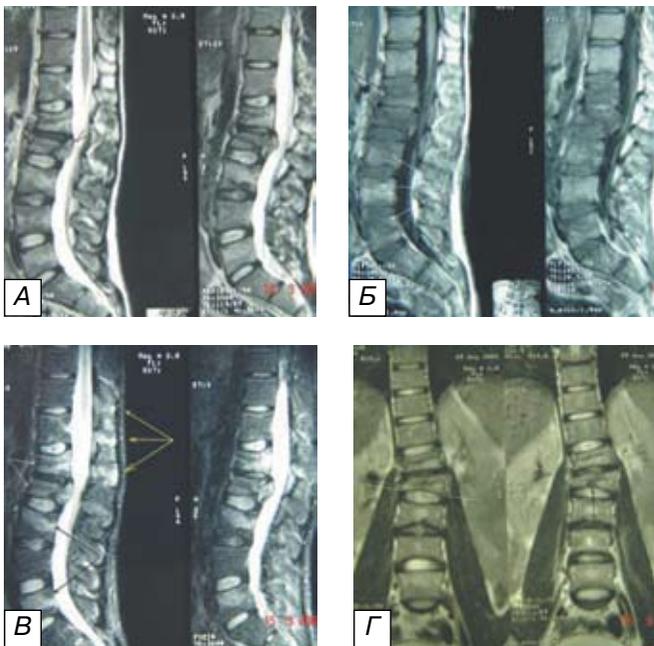


Рис. 8. МРТ поясничного отдела позвоночника в сагиттальной проекции при его множественных повреждениях: А) Т2ВИ, Б) Т1ВИ и В) STIR. Видны компрессионные переломы тел L1, L2, L3 с повреждением верхней замыкательной пластинки L3, грыжи Шморля нижних замыкательных пластинок L2 и L3, контузия тела L5 позвонка (стрелки), переломы остистых отростков позвонков Th11-Th12-L1 и отек межостистой связки на этом уровне (желтые стрелки). Повышение интенсивности сигнала от тела L4 на Т1ВИ связано с жировой дегенерацией. Г) фронтальная проекция, Т2ВИ: левосторонняя сколиотическая деформация позвоночного столба (стрелка), продольный перелом тела L2 (двойная стрелка).
Fig. 8. Lumbar MRI in sagittal view at patient with multiple vertebral damages: А) T2, Б) T1 and В) STIR. The compressive fractures of L1, L2 and L3 vertebral bodies with damage of upper end-plate of L3 vertebra, Schmorl's nodule of lower end-plates of L2 and L3 vertebrae, the contusion of L5 vertebral body (arrows), the fractures of Th11-Th12-L1 spinous processes and interspinous ligament edema at that level (yellow arrows) are seen. The increase of signal intensity from L4 vertebral body on T1 regime is because of adipose degeneration. Г) frontal view, T2ВИ: left-sided scoliotic deformation of vertebral column (arrow), the longitudinal fracture of L2 vertebral body (double arrow).

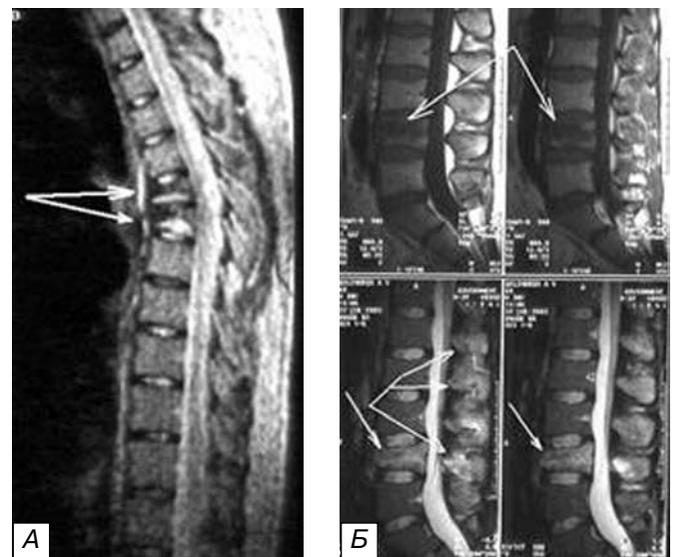


Рис. 9. Посттравматический спондилит Верней–Кюммеля. А) МРТ в сагиттальной проекции грудного отдела позвоночника, Т2ВИ. Диагностированы компрессионные переломы тел Th4, Th5, возникшие через 5 мес с момента травмы; Б) МРТ в сагиттальной проекции поясничного отдела позвоночника, Т1ВИ (вверху) и Т2ВИ (внизу). Повышение интенсивности сигнала на Т2ВИ, понижение – на Т1ВИ, свидетельствующие об отеке костного мозга в позвонке L4, диагностированы через 4 мес с момента травмы. Обоим пациентам после травмы в остром периоде была выполнена рентгенография всех отделов позвоночника, при которой костно-травматических повреждений выявлено не было. Оба пациента предъявляли жалобы на боли в грудном и в поясничном отделах позвоночника соответственно.
Fig. 9. Posttraumatic Kummel-Verneuil spondylitis. А) Thoracic MRI in sagittal view, T2. The compressive fractures of Th4 and Th5 vertebrae are occurred since 5 months after trauma; Б) Lumbar MRI in sagittal view, T1 (above image) and T2 (below image). The increase of signal intensity on T2 and its decrease on T1 indicate the edema of L4 vertebral bone marrow which was diagnosed since 4 months after trauma. Both patients were complaining about pains in thoracic and lumbar spine respectively and underwent the roentgenography of all vertebral column parts which has no revealed any bone damages.

вертебральных мышц в современной литературе авторы до сих пор не уделяли должного внимания. Тем не менее, несравнимые по значимости для жизни и трудоспособности пациента, эти мелкие травмы все же играют важную роль в развитии болевого синдрома, могут имитировать более серьезные повреждения [9, 12] и служить причиной инвалидизации.

При травме позвоночника чаще других страдает задняя продольная связка. Повреждение может включать отек, частичный, либо полный разрыв. При отеке толщина связки резко увеличивается, интенсивность сигнала повышается на T2ВИ и остается изо-гипоинтенсивной на T1ВИ, контуры связки прерываются, дуральный мешок может быть компримирован. Частичный разрыв часто сопровождается мелкими кровоизлияниями в связку и развитием травматической грыжи диска, причем задняя продольная связка становится неоднородной как на T2ВИ, так и на T1ВИ (см. рис. 10). При полном разрыве связки наблюдается прерывистость ее контура, вещество диска может обнаруживаться в просвете позвоночного канала. Реже при травмах позвоночника наблюдается повреждение передней продольной связки, причем признаки частичного и полного разрыва аналогичны, за исключением травматической грыжи диска, что связано с особенностями прикрепления связки. Повреждение передней продольной связки часто сопровождается отеком превертебральной клетчатки и сопутствующими повреждениями внутренних органов.

Травматический разрыв дуготростчатых сочленений (как правило, односторонний либо несимметричный) чаще всего сопровождается спондилолистез. Суставная щель поврежденного сочленения асимметрично расширена, содержит сигнал высокой интенсивности на T2ВИ (скоп-

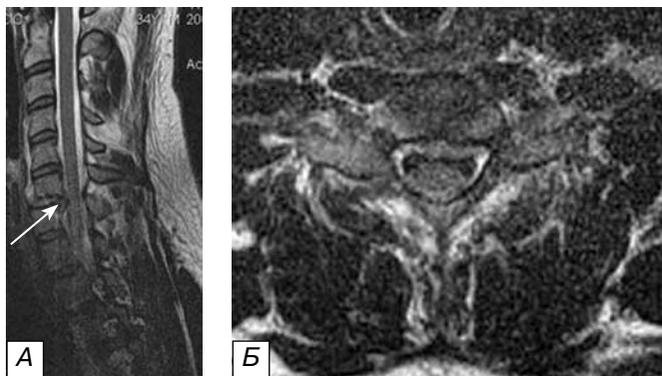


Рис. 10. МРТ пациента с разрывом межпозвоночного диска C6-7 А) в сагиттальной и Б) аксиальной проекциях, T2ВИ. Видна травматическая грыжа межпозвоночного диска C6-C7. Интенсивность сигнала диска повышена (стрелки), задняя продольная связка утолщена, повышенной интенсивности, межпозвоночный диск выступает в просвет позвоночного канала (стрелки).

Fig. 10. Cervical MRI of patient with intervertebral C6-7 disk rupture: А) in sagittal and Б) axial views, T2. The traumatic intervertebral C6-C7 disk hernia is seen. The signal intensity from intervertebral disk is increased (arrows), the posterior longitudinal ligament is thickened with increased intensity of MRI signal, the intervertebral C6-7 disk is prominent into the lumen of vertebral canal (arrows).

ление жидкости), суставные взаимоотношения могут быть нарушены (рис. 11). С подобной МР-картиной часто сочетаются отек и повышение интенсивности прилежащей желтой связки и глубоких мышц спины (рис. 12).

Перелом заднебоковых элементов позвоночного канала (дужек, дуготростчатых сочленений, остистых отростков) всегда сопровождается частичным разрывом межостистых и надостистых связок, ушибом глубоких мышц спины или мышц задней поверхности шеи. При ушибе мышцы наблюдается повышение интенсивности сигнала от нее на STIR и T2ВИ, увеличение объема мышцы, нечеткость контуров (рис. 13). В более позднем периоде наступают фиброзные изменения: неоднородное повышение сигнала на T2 и T1ВИ, уменьшение объема мышцы. Аналогичные изменения паравертебральных тканей наблюдаются после операций на позвоночнике на уровне ламинэктомии.

Исход спинальной травмы в большой степени зависит от первичного поражения спинного мозга. Уже через полтора месяца после полного перерыва спинного мозга на уровне травмы при МРТ отмечаются множественные сигналы пониженной интенсивности на T2ВИ, средней на T1ВИ, характерные для фиброзных изменений [11] (рис. 14).

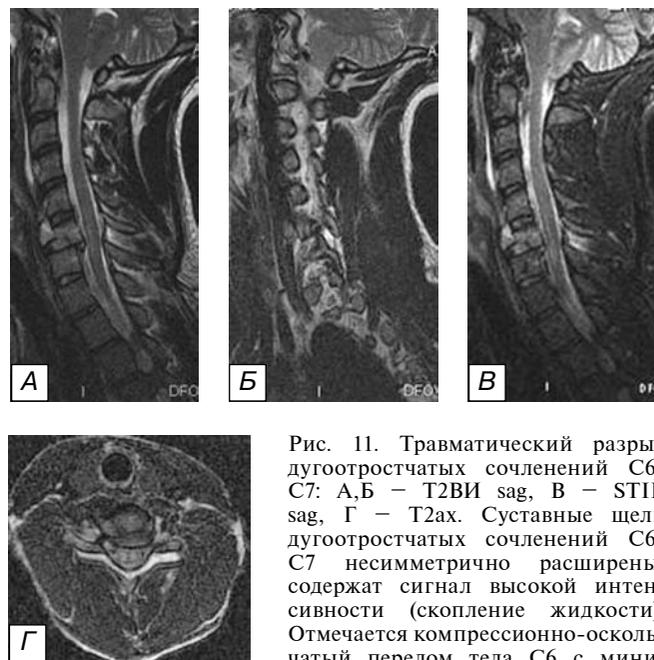


Рис. 11. Травматический разрыв дуготростчатых сочленений C6-C7: А,Б – T2ВИ sag, В – STIR sag, Г – T2ax. Суставные щели дуготростчатых сочленений C6-C7 несимметрично расширены, содержат сигнал высокой интенсивности (скопление жидкости). Отмечается компрессионно-оскольчатый перелом тела C6 с минимальным смещением в просвет позвоночного канала, задняя продольная связка на уровне C6-C7 отека. Интенсивность сигнала спинного мозга на уровне C6-C7 повышена на STIR и T2ВИ (отек). Частичный разрыв межостистых связок C6-C7.

Fig. 11. The traumatic rupture of C6-C7 facet joints: А,Б – T2 sag, В – STIR sag, Г – T2ax. The articular cavities of C6-C7 facet joints are asymmetric expanded and have the high-intensity signal (the gathering of liquid). There are compressive-bursting fracture of C6 vertebral body with its minimal displacement into the lumen of vertebral canal, the posterior longitudinal ligament is edematous at the level of C6-C7 vertebrae. The signal intensity from spinal cord is increased on STIR and T2 regimes (edema) at the level of C6-C7 vertebrae. The partial rupture of C6-C7 interspinous ligaments is marked by dotted line.

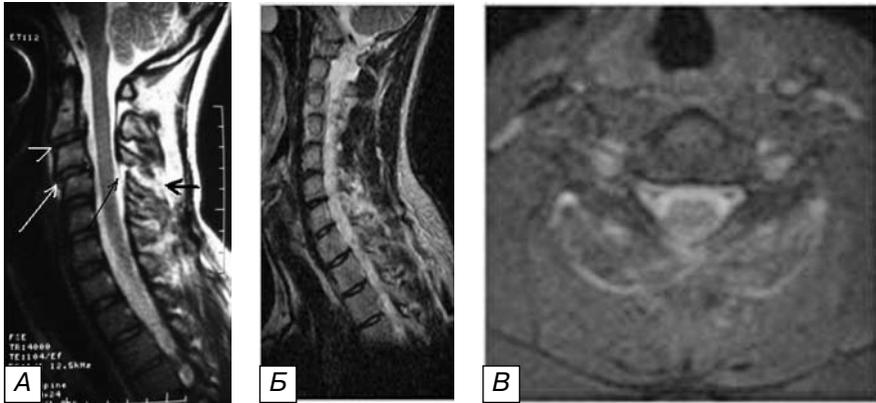


Рис. 12. МРТ шейного отдела позвоночника А) T2 ВИ sag: перелом дужек позвонка C2, разрывы дисков C2-C3, C3-C4 с небольшим смещением C2 (головка стрелки) и C3 (белая стрелка) позвонков кпереди и разрывом желтой (черная длинная стрелка) и межостистой (черная короткая стрелка) связок на уровне C3-4; МРТ шейного отдела позвоночника Б) T2ВИ sag, В) Gre T2ВИ ax: перелом остистого отростка C6, выраженный отек паравертебральных мышц на уровне травмы.

Fig. 12. Cervical MRI: A) T2 sag: the fracture of C2 vertebral arches and the ruptures of C2-C3 and C3-C4 disks with slight antedisplacement of C2 (arrowhead) and C3 (white arrow) vertebrae and the rupture of yellow (black long arrow) and interspinous (black short arrow) ligaments at the level of C3-4 vertebrae; Cervical MRI: Б) T2 sag, В) Gre T2 ax: the fracture of C6 spinous process with severe edema of paravertebral muscles at the level of trauma.

Эта картина часто имитирует неполное повреждение спинного мозга и может стать причиной ложного прогноза состояния пациента. Избежать ошибки помогает сравнение с данными МРТ в остром либо подостром периодах травмы.

При неполном перерыве либо тяжелом ушибе спинного мозга исходом могут стать миеломалиция и нисходящая атрофия, при которой

на МР-изображениях в сагиттальной плоскости наблюдается постепенное уменьшение диаметра спинного мозга с максимальным истончением его на уровне травмы и характерной неоднородностью сигнала на T1ВИ, свидетельствующей о глиозных изменениях [5] (см. рис. 14).

Исходом интрамедуллярной гематомы может стать посттравматическая киста спинного мозга.

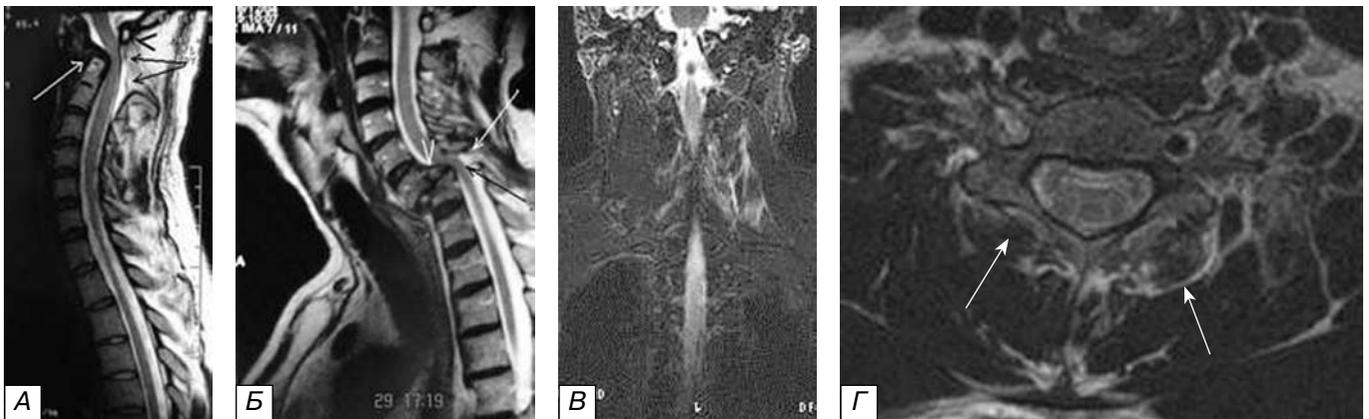


Рис. 13. А — МРТ шейного отдела позвоночника, T2ВИsag: осложненный перелом зубовидного отростка C2 (белая стрелка), вывих C1 кпереди с грубой компрессией спинного мозга спереди задними отделами C2, а сзади — дужкой C1 (головка стрелки), которая находится по нижнему краю задних отделов большого затылочного отверстия; полный разрыв желтой и межостистой связок на уровне C1-C2 (черные стрелки). Б — МРТ шейного отдела позвоночника, T2ВИsag: осложненный двусторонний сцепившийся вывих C6, компрессионный перелом C7, компрессия спинного мозга (черная стрелка) травматической грыжей диска C6-C7 (головка стрелки) и задним краем тела C7; спинной мозг анатомически цел; виден разрыв задней желтой и межостистой связок (белая стрелка). В-Д — перелом дужки C5 справа с переходом на поперечное отверстие (пунктирная стрелка), ушиб паравертебральных мышц на уровне травмы (короткие стрелки), в просвете правой позвоночной артерии сигнал высокой интенсивности (косвенные признаки тромбоза): В — STIR cor, Г — T2ВИ ax, Д — КТ, ax.

Fig. 13. А — cervical MRI, T2sag: the complicated fracture of C2 odontoid process (white arrow), the anterior dislocation of C1 with severe anterior compression of spinal cord by posterior parts of C2 vertebra and by C1 vertebral arch at the back (arrowhead), which is placed along inferior border of posterior parts of foramen

magnum; the complete rupture of yellow and interspinous ligaments at the level of C1-C2 vertebrae (black arrows). Б — cervical MRI, T2sag: the complicated two-sided locked C6 dislocation, the compressive fracture of C7 vertebra, the compression of spinal cord (black arrow) by traumatic C6-C7 diskal hernia (arrowhead) and posterior border of C7 vertebral body; the spinal cord remains anatomical continuous; the rupture of posterior yellow and interspinous ligaments is marked by white arrow. В-Д — the fracture of C5 vertebral arch at the right with continuation on to transverse foramen (dotted arrow) with contusion of paravertebral muscles at the level of trauma (short arrows), the high-intensity signal from the lumen of right vertebral artery (indirect signs of thrombosis): В — STIR cor, Г — T2 ax, Д — CT, ax.

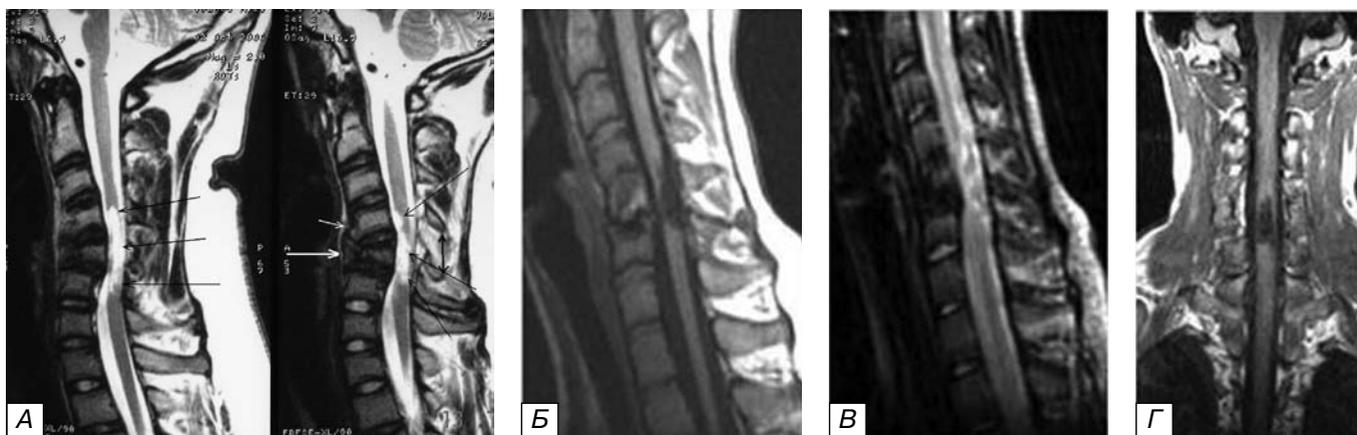


Рис. 14. Атрофические изменения спинного мозга после травмы: А) МРТ шейного отдела позвоночника, T2ВИ sag, через год после осложненного компрессионно-оскольчатого перелома позвонка С5 (белая длинная стрелка), с формированием переднего остеофита по нижнему краю позвонка С4 (белая короткая стрелка), разрывом желтой и межостистой связок (двусторонняя стрелка) на уровне С4-С5 и полным перерывом спинного мозга. На уровне С4-С6 контуры спинного мозга не прослеживаются (черные стрелки); Б) МРТ T1ВИsag, В) T2ВИ sag и Г) T1ВИ cor через год после травмы: состояние после операции по поводу компрессионного перелома тела С5, травматической грыжи межпозвонкового диска С5-С6. На уровне С5-С6 задний контур спинного мозга прерывист, диаметр уменьшен, структура резко неоднородна за счет глиозных изменений.

Fig. 14. The atrophic changes of spinal cord after trauma: А) cervical MRI, T2 sag, 1 year after complicated compressive-bursting fracture of C5 vertebra (white long arrow) with the forming of anterior osteophyte along the inferior border of C4 vertebra (white short arrow) as well as with rupture of yellow and interspinous ligaments (double arrow) at the level of C4-C5 vertebrae and complete rupture of spinal cord. There are no visible contours of spinal cord at the level of C4-C6 vertebra (black arrows); Б) MRI T1 sag, В) T2 sag and Г) T1 cor since 1 year after trauma: the condition after operation because of compressive fracture of C5 vertebral body with traumatic intervertebral C5-C6 diskal hernia. The posterior contour of spinal cord is discontinuous with the decrease of spinal cord diameter at the level of C5-C6 vertebra; the spinal cord structure is hardly nonuniform because of glial changes.

Иногда злоупотребляют термином «сирингомиелическая киста» в случаях, когда речь идет о последствиях спинальной травмы, что мы считаем ошибкой, так как истинная сирингомиелия — аномалия развития спинного мозга и не имеет никакой связи с событиями в постнатальном периоде. Более правильным будет называть любые кистозные изменения спинного мозга на уровне травмы интрамедуллярными кистами. Такие кисты могут быть неправильной формы, с содержанием, по интенсивности сигнала равным таковому от ЦСЖ (т.е. повышенной интенсивности на T2ВИ и STIR, пониженной на T1ВИ), локализующиеся на уровне предшествовавшей гематомы, с незначительным перифокальным глиозом на T1ВИ (рис.15). При необходимости дифференцировать такую картину в позднем посттравматическом периоде от спинальной опухоли достаточно провести исследование с внутривенным контрастным усилением (посттравматические интрамедуллярные кисты не накапливают контрастное вещество) [11].

Среди осложнений после спинальных травм отдельное место занимают воспалительные процессы, в том числе арахноидиты. МРТ — единственный метод исследования, позволяющий неинвазивно визуализировать нервные корешки и элементы конского хвоста [5]. При исследовании в коронарной плоскости при арахноидите отмечают утолщение корешков, изменение их нормального хода (практически горизонтального в шейном и грудном отделе, нисходящего — в пояснично-крестцовом отделе). В остром периоде воспаления интенсивность сигнала нервных ко-

решков повышена, контуры нечеткие, в отдаленном периоде вследствие фиброзных изменений отмечают неоднородность структуры и четкие, неровные контуры пораженных нервных элементов. Для воспалительных изменений элементов конского хвоста характерны деформация, изменение нормального хода, снижение подвижности и сближение между собой (рис. 16).

Последствием спинальной травмы можно считать псевдоменингоцеле (рис. 17). Это со-



Рис. 15. МРТ поясничного отдела позвоночника у пациентки через год после травмы. А — T1ВИ sag: компрессионный перелом позвонка L1с небольшим смещением в просвет позвоночного канала. Интрамедуллярно в конусе спинного мозга киста с четкими ровными контурами; Б — T2ВИ ax демонстрирует центральное расположение кисты. Сопутствующая патология — двусторонний гидронефроз.

Fig. 15. Lumbar MRI at female patient since 1 year after trauma. А — T1 sag: the compressive fracture of L1 vertebra with its slight displacement into the lumen of vertebral canal. There is the intramedullary cyst with distinct clear borders in the medullary cone; Б — T2 regime (axial view) shows the median localization of cyst. This patient also had the two-sided hydronephrosis as comorbidity.



Рис. 16. МРТ поясничного отдела позвоночника: интра-медуллярная гематома конуса спинного мозга (округлый сигнал неоднородно повышенной интенсивности на T2 и T1 ВИ), элементы «конского хвоста» на уровне L2 сближены, спаяны между собой. А – T1ВИ sag, Б – T2ВИ sag, В – T2ВИ ax.
 Fig. 16. Lumbar MRI: intramedullary hematoma of medullary cone (the round signal with nonuniform increased intensity on T2 and T1 regimes) is seen; the components of cauda equina are brought together at the level of L2 vertebra and soldered against each other. А – T1 sag, Б – T2 sag, В – T2 ax.

стояние возникает после проникающих ранений позвоночника, множественных переломов дужек, либо оперативных вмешательств с удалением заднебоковых элементов позвоночного канала на большом протяжении. В отдаленном периоде в таких случаях оболочки спинного мозга деформируются и смещаются в сторону костного дефекта, формируя подобие грыжевого мешка

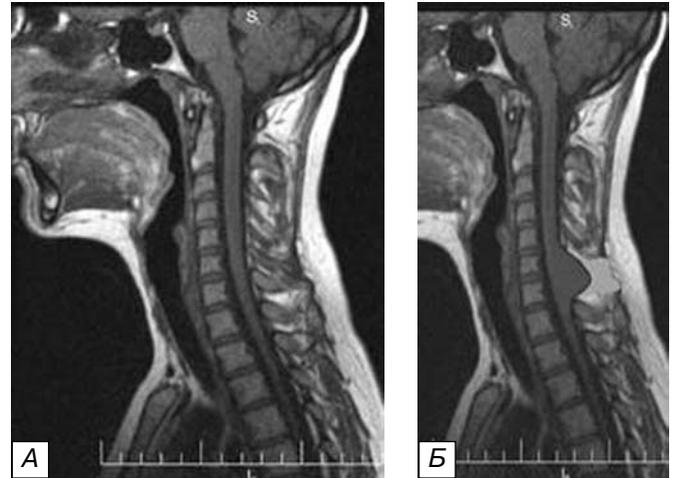


Рис. 17. А) МРТ, T1ВИ sag – норма; Б) МРТ, T1ВИ sag. Посттравматическое псевдоменингоцеле (пояснения в тексте). Смещение дурального мешка в области костного дефекта.
 Fig. 17. А) normal MRI, T1 sag; Б) MRI, T1 sag. Posttraumatic pseudomeningocele (explanation in text). Arrow shows the displacement of dural sac at the region of bone defect.

на уровне бывшей травмы или области операции. В спаечный процесс могут быть вовлечены нервные корешки, дуральный мешок, фиброзно измененные желтые связки. С помощью МРТ можно оценить составляющие псевдоменингоцеле и максимально локализовать уровень спаечного процесса.

Таким образом, как и при КТ, протокол проведения МРТ позвоночника составляют с учетом следующей схемы:

1. Описание оси позвоночника, с указанием уровня деформации, наличия бокового смещения, ротации позвонков.
2. Оценка высоты тел позвонков, структура, состояния связок позвоночника, наличия структурных изменений тел позвонков (в том числе дегенеративных, гемангиом, контузий, переломов). При переломах необходимо указать степень снижения высоты тела позвонка в процентах, описать разрывы связок, отек заднебоковых элементов позвонка, что также может быть косвенным признаком повреждения.
3. Оценка высоты и интенсивности сигнала межпозвонковых дисков.
4. Описание выстояния межпозвонковых дисков, краниокаудального распространения, наличия секвестра, связи экструзии с желтой связкой и нервными корешками.
5. Оценка состояния дурального мешка, нервных корешков, целостности спинного мозга и элементов конского хвоста на уровне исследования.
6. Описание сагиттального размера позвоночного канала на уровне выстояний по средней линии в сагиттальной плоскости (соответствует измерению в аксиальной проекции до уровня желтых связок), поперечного размера фораминальных каналов на уровне сужений.

7. Оценка состояния желтых связок и дугоотростчатых сочленений (при МРТ хорошо визуализируются все признаки артроза и артрита мелких суставов позвоночника, скопление жидкости в полости суставов, краевые остеофиты, реактивный отек желтых связок).

8. Оценка состояния паравертебральных мышц (разрывы, ушибы, гематомы, асимметричная гипертрофия либо жировая дистрофия поясничной мышцы), оценка крестцово-подвздошных сочленений и краниовертебрального перехода.

Резюмируя данные комплексного обследования пациентов со спинальной травмой В. Tins и V.N. Cassar-Pullicino (2009) приводят преимущества и недостатки отдельных методов лучевой диагностики для оценки тех или иных видов повреждения позвоночника (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

Целесообразность использования различных лучевых методов диагностики для оценки различных видов повреждения позвоночника и спинного мозга / Advisability of different radiological methods usage for estimation of various types of vertebral and spinal cord damages

Повреждения	Локализация	Рентгенография ¹	КТ ²	МРТ
Стабильные/нестабильные		+	++	+++
Переломы	Основания черепа	±	+++	±
	Тела позвонков	++	++	±
	Задние элементы	+	+++	±
Нарушение соотношений	Позвонки	++	++	++
	Межпозвоночные суставы	+	+++	++
	Задние элементы	+	+++	±
Мягкотканые повреждения без нарушения соотношений	Паравертебральные	±	+	+++
	Связки	±	+	+++
	Межпозвоночные диски	±	±	+++
	Спинальный мозг	-	±	+++
Сужение позвоночного канала	Мягкими тканями	-	±	+++
	Костное	±	+++	++
Дополнительные спинальные повреждения		+	++	+++
Прочие	Шейно-грудной переход	±	++	++
	Сочетанные повреждения	±	+++	+
	Повреждения сосудов	-	+	++
	Проникающие повреждения	±	++	++

Примечание: Рентгенография¹ – серия снимков в 3 проекциях и дополнительные снимки при необходимости в различных укладках; КТ² – спиральное сканирование с реконструкцией в трех плоскостях; - не пригоден; ± мало пригоден; + пригоден; ++ хорошо пригоден; +++ метод выбора.

Ультразвуковое исследование (спинальная сонография, эхоспондилография)

Спинальное ультразвуковое исследование (УЗИ) — не самый распространенный метод диагностики у пациентов с травмой позвоночника, хотя методика пред- и интраоперационного УЗИ спинного мозга отражена в ряде работ отечественных и зарубежных авторов [15].

Исследование просто в применении, может быть проведено с помощью стандартной аппаратуры, не требует специальных датчиков или предварительной подготовки пациента. Абсолютных противопоказаний к проведению спинального УЗИ нет [15].

Эффективность исследования напрямую зависит от возраста пациента и наличия акустического окна, поэтому предпочтительно использование спинального УЗИ интраоперационно и в послеоперационном периоде.

Спинальный канал исследуют со спины. Положение пациента варьирует, чаще всего УЗИ проводят в положении пациента сидя с наклоном туловища вперед. Некоторые авторы допускают произвольное положение пациента, то есть в любой позиции, при которой может быть достигнуто достаточное сгибание его тела [2]. Цель сгибания — раздвинуть задние элементы позвонков и обеспечить акустическое окно для осмотра позвоночного канала. У пациентов в тяжелом состоянии следует избегать гиперфлексии из-за опасности остановки дыхания. Относительным противопоказанием можно считать нестабильный перелом, при котором любые резкие движения поврежденного отдела позвоночника противопоказаны.

Из-за сужения акустического окна у взрослых пациентов в предоперационном периоде исследование часто проводят сегментарно, из интерларинарного доступа, слегка сдвигая датчик кнаружи от средней линии и возвращая его медиально, с центрацией на спинномозговой канал между тенями дужек. Иногда для более четкого определения просвета позвоночного канала полезно начинать сканирование в области крестца, имеющего характерный ступенчатый вид, и следовать краниально вдоль его оси.

Интраоперационно после ламинэктомии исследование проводят через залитый в операционную рану изотонический физиологический раствор.

Для проведения спинального УЗИ желательно использовать аппараты с функцией spilt-screen, позволяющей получить панорамное изображение. Исследование проводят с помощью стандартного линейного датчика с максимально высокой частотой (до 13 МГц), который обеспечивает максимальную пенетрацию, а также с помощью конвексного датчика для лучшего контакта в области краниовертебрального сочленения. В послеоперационном периоде используют линейный датчик с частотой 5 МГц [2, 3].

Сканирование начинают в сагиттальной плоскости, позволяющей определить размер спинномозгового канала, оценить спинной мозг на

протяжении. После определения области интереса исследование продолжают в аксиальной проекции. В сагиттальной проекции при сканировании вдоль оси позвоночника визуализируется гипэхогенный спинной мозг, окруженный ЦСЖ, и экзогенные нервные корешки (рис. 18). Продольная экзогенная линия в центре спинного мозга соответствует центральному эхо-комплексу, который расположен близко к центральному каналу спинного мозга и соответствует промежутку между миелинизированной вентральной комиссурой и задним отделом вентральной медианной щели. Вершину конуса спинного мозга идентифицируют по его форме и расположению в верхней части поясничного отдела. Локализацию конуса можно определить во время сканирования, отметив визуально уровень позвонков, либо используя последнее ребро или пояснично-крестцовое сочленение. Каудальная часть дурального мешка содержит ЦСЖ и лоцируется обычно на уровне S2. На аксиальных изображениях спинного мозга центральный эхо-комплекс визуализируется как экзогенная точка, расположенная центрально либо слегка вентрально по отношению к центру гипэхогенного спинного мозга (см. рис. 18). При сканировании хорошо видны твердая мозговая оболочка (ТМО) и экзогенные корешки конского хвоста, которые на аксиальных изображениях должны быть расположены в проекции делений 2, 4, 8, 10 часового циферблата. Размер и форма спинного мозга варьируют в зависимости от уровня исследования.

Исследование в режиме реального времени — обязательный компонент спинального УЗИ. Таким образом, это единственный метод лучевой диагностики, который позволяет визуализировать не только структурные изменения, но и оценить движения самого спинного мозга и

ТМО. В норме при сканировании в режиме реального времени осцилляции спинного мозга заметны уже в возрасте 1—2 мес, и причиной их являются сердечные сокращения. Более медленные движения спинного мозга отмечаются при изменении положения тела пациента, дыхании, плаче. Ритмические движения спинного мозга часто являются результатом передаточной пульсации от сдавленной передней спинальной артерии при компрессии содержимого позвоночного канала. В этом случае пульсация спинного мозга совпадает с частотой сердечных сокращений.

Среди нейрохирургов распространено убеждение, что при сохраненной пульсации ТМО спинной мозг свободен от компрессии в пределах субарахноидального пространства. Это мнение ошибочно. ТМО и спинной мозг могут двигаться независимо друг от друга. Ориентироваться, как и в предыдущем случае, следует на ритм движений и его совпадение с частотой сердцебиений.

Допплерография сосудов спинного мозга дает возможность неинвазивно определить состояние позвоночных артерий. Однако применение цветного доплеровского картирования у взрослых ограничено в связи с выраженными артефактами от костных структур. В режиме цветного доплеровского сканирования визуализируют срединную артерию и латеральные вены спинного мозга.

При острой травме спинальная сонография позволяет оценить состояние спинного мозга на уровне исследования, а сканирование в режиме реального времени помогает установить точную локализацию внутримозговых и эпидуральных кровоизлияний, частичных и полных разрывов спинного мозга. Прямыми признаками повреждения спинного мозга являются повышение эхогенности (отек, венозный застой, кровоизлияние), непрямыми — смещение спинного мозга

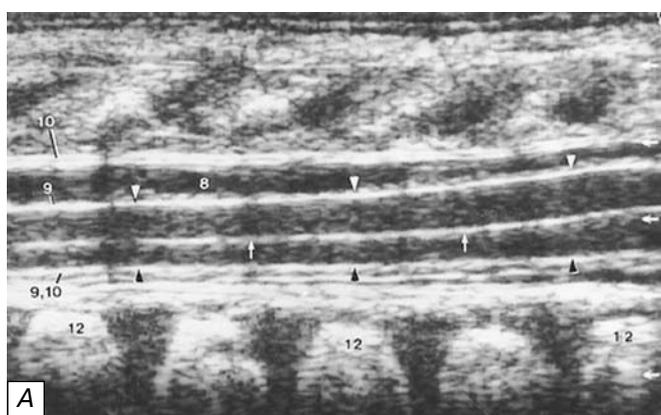


Рис. 18. Спинальная сонография, норма. А — сагиттальная проекция на уровне нижнего грудного отдела позвоночника: спинной мозг (головки стрелок), центральный эхо-комплекс (стрелка), ТМО (10), тела позвонков (12); Б — аксиальная проекция на том же уровне: спинной мозг (головки стрелок), центральный эхо-комплекс (стрелка), корешки в проекции делений 2 и 10 часового циферблата (5), зубчатые связки в проекции делений 3 и 9 часового циферблата (11), субарахноидальное пространство (8), тело позвонка (12), дужки позвонка (13), паравerteбральные мышцы (16). (Karin M. Unsinn et al. //RadioGraphics.-July.-2000.-V.-20.-P.923-938).

Fig. 18. Normal spinal sonography. А — sagittal view at the level of lower thoracic spine: spinal cord (arrowheads), median echo-complex (arrow), spinal roots in the projection of 2 and 10 positions of hour-hand (5), dentate ligaments in the projection of 3 and 9 positions of hour-hand (11), subarachnoid space (8), vertebral body (12), vertebral archs (13), paravertebral muscles (16). (Karin M. Unsinn et al. //RadioGraphics.-July.-2000.-V.-20.-P.923-938).

в результате эпидурального скопления жидкости (крови) в сочетании с изменениями экзогенности, снижением амплитуды, либо отсутствием нормальных осцилляций. В позднем посттравматическом периоде отмечается неоднородное повышение экзогенности спинного мозга на уровне травмы в результате развития глиозных изменений и изменение диаметра спинного мозга при миеломалиции. Оценка подвижности спинного мозга и элементов конского хвоста — основное показание к спинальному УЗИ в послеоперационном периоде, поскольку позволяет диагностировать ранние ишемические изменения и контролировать развитие спаечного процесса [14].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Гринь Андрей Анатольевич — д-р мед.наук, ведущий научный сотрудник отделения неотложной нейрохирургии НИИ СП им. Н.В. Склифосовского (Москва), главный нейрохирург Департамента здравоохранения г. Москвы, e-mail: aagreen@yandex.ru

Григорьева Елена Владимировна — врач-рентгенолог отделения компьютерной и магнитно-резонансной томографии НИИ СП им. Н.В. Склифосовского (Москва), канд.мед.наук, e-mail: Iara333@yahoo.com

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ахадов Т.А., Панов В.О., Айхофф У.* Магнитно-резонансная томография спинного мозга и позвоночника //РАН, 2000. — 747 с.

2. *Григорьева Е.В., Ахмеджанов Ф.М.* Спинальное УЗИ в педиатрии: роль метода в диагностике пороков развития спинного мозга и послеоперационных состояний //Радиология-практика. — 2006. — № 3. — 7с.
3. *Григорьева Е.В.* Возможности лучевой диагностики в оценке последствий хирургических вмешательств у детей с аномалиями развития позвоночника и спинного мозга. //Дисс. канд. наук. — 2004. — 109с.
4. *Кассар-Пулличино В.Н., Имхоф Х.* Спинальная травма в свете диагностических изображений. //М.: МЕДпресс., 2009 — 264с.
5. *Корниенко В.Н., Пронин И.Н.* Диагностическая нейрорадиология //М.: Мед. Лит. — 2008. — С.1151-1317
6. *Лившиц А.В.* Хирургия спинного мозга //М. — 1990. — 220с.
7. *Маринчек Б., Донделинджер Р.* Неотложная радиология //М.: Видар. — 2009. — С.181-196
8. *Трофимова Т.Н., Ананьева Н.И., Назинкина Ю.В.* и др. // Нейрорадиология. Под ред. Т.Н. Трофимовой. — С-Пб. — 2009.—136с.
9. *Труфанов Г.Е., Рамешвили Т.Е.* Лучевая диагностика травм головы и позвоночника // Руководство для врачей. — СПб. — 2006. — 200с.
10. *Труфанов Г.Е., Фокин В.А.* Магнитно-резонансная томография //Руководство для врачей. — СПб. — 2007. — 688 стр.
11. *Холин А.В.* Магнитно-резонансная томография при заболеваниях центральной нервной системы //С-Пб. — 2007. — 253с.
12. *Brandt-Zawadsky M.N., Normann D.* MRI of the central nervous system. N.Y.: Lippincott Williams&Wilkins, 2001. — 240p.
13. *Higgins Charles B., Hrisac H., Helms C.A.* Magnetic Resonance Imaging of the Body //N-Y., Lippincott. — 1997. — 1588p.
14. *Holsbeeck M.T., Introcaso J.H.* //Musculoskeletal ultrasound. — USA. — 2001. — 213p.
15. *Vahlensieck M., Genant H.G.* et al. //MRI of the Musculoskeletal System. — Thieme. — 2000. — P.19-47