

МРТ-СЕМИОТИКА ДИАСТЕМАТОМИЕЛИИ

Дьячков К.А., Дьячкова Г.В., Евреинова Я.В., Губин А.В.,
Рябых С.О., Зейналов Ю.Л., Савин Д.М.

Диастематомиелия (ДСМ) относится к достаточно редкой патологии позвоночника и спинного мозга с частотой заболеваемости 0,06%, с тяжелыми клиническими проявлениями.

Цель исследования. Изучить МРТ-семиотику различных типов диастематомиелии для выявления изменений, которые необходимо учитывать при планировании оперативного вмешательства.

Материал и методы. До лечения была выполнена МРТ у 38 больных с диастематомиелией, из них 10 мужского пола, 28 – женского. МРТ проводили на томографе Siemens Magnetom (1,5 Тл) использовали T1-взвешенные (T1-WI), T2-взвешенные (T2-WI) и T2-взвешенные в режиме жироподавления (STIR) в сагиттальной плоскости, T2-WI в аксиальной и фронтальной плоскостях.

Результаты. Расщепление спинного мозга на уровне грудно-поясничного перехода выявлено у 15 пациентов, в поясничном отделе позвоночника – у 17. Деформации позвоночника выявлены у 31 пациента. У 37 больных ДСМ сочеталась с аномалиями развития позвоночника, с нарушением сегментации или формирования. Костный характер перегородки имел место у 17 пациентов, фиброзный – в 16 случаях, у пяти больных перегородка отсутствовала. Выявлено 27 случаев сопутствующей патологии спинного мозга у пациентов с ДСМ I типа и в 31 случае – при ДСМ II типа.

Обсуждение. Анализ полученного материала показал, что МРТ позволила получить информацию о структуре позвоночника и состоянии спинного мозга, особенностях формирования, уровне и характере перегородки у больных диастематомиелией, что совпадает с мнением A.P. Trenga et al., 2016, A.N. Khan et al., 2016 по поводу эффективности и целесообразности использования МРТ при диагностике дизрафий.

Заключение. МРТ позволила выявить весь симптомокомплекс признаков, свойственных ДСМ (характер расщепления спинного мозга, строение перегородки, топографические особенности), а также сопутствующие изменения позвоночника и спинного мозга, что может иметь значение при выборе операции.

Ключевые слова: диастематомиелия, магнитно-резонансная томография, МРТ-семиотика.

Контактный автор: Дьячкова Г.В., e-mail: dgv2003@list.ru

Для цитирования: Дьячков К.А., Дьячкова Г.В., Евреинова Я.В., Губин А.В., Рябых С.О., Зейналов Ю.Л., Савин Д.М. МРТ-семиотика диастематомиелии. REJR 2019; 9(2):63-73. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-2-63-73.

Статья получена: 26.05.19

Статья принята: 05.07.19

MRI-SEMIOTICS OF DIASTEMATOMYELIA

Diachkov K.A., Diachkova G.V., Yevreinova Ya.V., Gubin A.V.,
Rabykh S.O., Zeinalov Yu.L., Savin D.M.

ДiaSTEMatomyelia (DSM) refers to rather rare pathology with 0,06% incidence but it is accompanied by considerable changes of the spine and spinal cord with severe clinical manifestations.

Purpose. To study MRI-semiotics of different types of diastematomyelia to define the changes required in planning the operative invasion.

Material and Methods. 38 patients with diastematomyelia including 10 males and

Федеральное
государственное
бюджетное учреждение
«Российский научный
центр «Восстановитель-
ная травматология и
ортопедия» имени
академика Г.А.
Илизарова»
г. Курган, Россия.

Russian Ilizarov Scientific
Center "Restorative
Traumatology and
Orthopedics".
Kurgan, Russia.

28 females were examined before treatment using MRI. MRI was performed using Siemens Magnetom T1-weighted (T1W1), T2-weighted (T2W1) and fat suppressed T2-weighted (STIR) MR images were used in the sagittal plane and T2W1 images were used in the axial and front planes.

Results. Spinal cord splitting was revealed in 15 cases at the level of thoracolumbar transition and in 17 cases it was observed in the lumbar spine. Spinal deformities were found in 31 patients. In 37 patients DSM was combined with different variants of the spine mal-developments and disorder of segmentation or formation. Bony septum was observed in 17 patients, the fibrous one was in 16 cases and in 5 patients it was absent. 27 cases of various accompanying pathology of the spinal cord were observed in the patients with DSM of Type I and 31 cases were revealed in DSM of Type II.

Analysis of obtained material indicated that MRI made possible to get the information regarding spinal structure and spinal cord condition and peculiarities of formation, level and character of septum in the patients with diastematomyelia concurring with opinion of AP Trenga et al., 2016, AN Khan et al., 2016, on efficacy and usefulness of MRI in diagnostics of dysgraphia.

Conclusion. MRI allowed us to reveal all symptoms complex of the signs typical of DSM (the character of splitting, structure of the septum, topographic peculiarities) as well as the accompanying pathological changes of the spine and spinal cord that can be crucial in making surgical solution.

Keywords: diastematomyelia, Magnetic Resonance Imaging, MRI-semiotics.

Corresponding author: Diachkova G.V.; e-mail: dgv2003@list.ru

For citation: Diachkov K.A., Diachkova G.V., Yevreinova Ya.V., Gubin A.V., Rabykh S.O., Zeinalov Yu.L., Savin D.M. MRI-semiotics of diastematomyelia. REJR 2019; 9(2):63-73. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-2-63-73.

Received: 26.05.19

Accepted: 05.07.19

Диастематомиелия (ДСМ) (diastematomyelia, Split Cord Malformation (SCM)) – один из вариантов спинальной дизрафии, при котором спинной мозг (СМ) расщепляется на две части перегородкой, расположенной в сагиттальной плоскости. По данным литературы, частота встречаемости спинальных дизрафий составляет 0,5-2,5 на 1000 новорожденных, девочки поражаются этим пороком значительно чаще мальчиков [1-7]. Несмотря на то, что данная аномалия позвоночника известна с 1837 г. (Ollivier С.Р., цит по Hilal S.K., 1974), только после разработки современных лучевых методов исследования (ультрасонография, миелография, КТ, МРТ) появилась возможность точной диагностики и определения частоты диастематомиелии, ее разновидностей [8, 9, 10]. Разделение диастематомиелии на два типа было предложено D. Pang с соавт. в 1992 г. При I типе (SCM I) костная, хрящевая или фиброзная перегородки пересекают позвоночный канал, спинной мозг и его оболочки в сагиттальном направлении. При II типе (SCM II) разделения позвоночного канала не возникает, а спинной мозг делится фиброзной перегородкой внутри единого дурального мешка на два рукава [11, 12]. А.К. Mahapatra et al. предложили новую субклассификацию для I типа ДСМ, в которой они выделили четыре под-

типа и обнаружили, что это имеет значительную прогностическую ценность, поскольку шансы на повреждение хорды во время операции оказываются выше в каком-либо конкретном типе [13]. Согласно этой подклассификации ДСМ I типа была подразделена на основании местоположения костной перегородки на 4 подтипа.

По данным литературы наиболее часто встречался 1a подтип [13]. Перегородка может располагаться в любом отделе позвоночника. Чаще она встречается в поясничном отделе на уровне L2-L4 сегментов [6, 14], реже – в грудном, еще реже – в шейном [5, 8]. Достаточно часто диастематомиелия встречается в комбинации с другими аномалиями развития позвоночника и спинного мозга и представляет значительные трудности при выборе тактики лечения [15-19].

Диагностический алгоритм при обследовании больных с подозрением на диастематомиелию начинается с полипозиционной рентгенографии позвоночника с последующей МРТ- и (или) контрастным КТ-исследованием [7, 20]. Выполнения КТ - или МРТ-исследования показано каждому больному даже при отсутствии признаков патологии позвоночного канала на обзорной рентгенограмме, если планируется коррекция врожденной деформации позвоноч-

ника для исключения патологии позвоночного канала и спинного мозга [21]. По мнению J. Kumar et al., МРТ является методом выбора при исследовании диастематомиелии [20, 22]. Многие авторы рекомендуют проводить МРТ исследование при подозрении на патологию позвоночного канала и спинного мозга в пренатальный (у плода) и постнатальный период для определения прогноза и стратегии лечения [23-27]. МРТ, по данным D.D. Dhingani с соавт. и Trenga A.P. с соавт. превосходит другие методики в точном определении характера спинальной дизрафии и является способом наиболее точной визуализации [28-30]. Однако подробного описания МРТ-семиотики при различных типах диастематомиелии ни в одном из исследований не приводится.

катушка использовалась для визуализации грудного и поясничного отдела позвоночника, в то время как головная и шейная катушки использовались для шейного отдела и визуализации головного мозга. Обработка проводилась с использованием FOV 200-250 мм у младенцев и детей и 250-350 мм у взрослых. Использовались T1-взвешенные (T1-WI), T2-взвешенные (T2-WI) и T2-взвешенные с жироподавлением последовательности в сагиттальной плоскости. Затем T2-WI в аксиальной и фронтальной плоскости. Выбранная толщина среза составляла 3-4 мм с интервалом среза 0,5-1,0 мм. Турбо-спиновые эхо-последовательности использовались со следующими параметрами T1-WI: R/TE/Flip Angle = 550/9.4/90°. T2-WI: TR/TE/Flip Angle = 4000/110/150.

Таблица №1. Распределение пациентов с диастематомиелией по полу и возрасту по данным МРТ.

Пол	Возрастные группы (лет)				
	1 - 7	8 - 13	14 - 19	20 - 25	26 - 31
мужской	6	2	2	-	-
женский	13	9	4	1	1
Всего	19	11	6	1	1

Таблица №2. Распределение пациентов с диастематомиелией 1 и 2 типов по полу и возрасту по данным МРТ.

Возрастные группы, лет	Тип ДСМ и пол пациентов			
	ДСМ I типа		ДСМ II типа	
	ж	м	ж	м
1 - 7	6	4	7	2
8 - 13	8	-	1	2
14 - 18	2	1	2	1
19 - 25	1	-	-	-
26 - 31	-	-	1	-
Всего	17	5	11	5

Цель работы.

Изучение МРТ-семиотики различных типов диастематомиелии для выявления изменений, которые необходимо учитывать при планировании объема оперативного вмешательства.

Материал и методы.

Методом МРТ было обследовано 38 больных с различными типами диастематомиелии, из них 10 мужского пола, 28 – женского (табл. 1).

Дизайн исследования: моноцентровое ретроспективное когортное исследование. Уровень доказательности – 4 (Case series (and poor quality cohort and case-control studies) [UK Oxford Версия 2009]).

МРТ проводили с помощью системы Siemens Magnetom Syngo MR (Siemens Healthcare, Эрланген, Германия) в положении пациента лежа на спине. Встроенная тельная

Критерии оценки: тип диастематомиелии по Pang; МРТ-морфология костной перегородки; характер расщепления спинного мозга; локализация; наличие деформации позвоночника; сочетание с вариантами аномалий развития позвоночника; наличие сопутствующей патологии спинного мозга.

Работа выполнена в соответствии со стандартами Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. Все лица, участвующие в исследовании, подписали информированное согласие на участие без идентификации личности (решение этического комитета ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад Г.А. Илизарова» Минздрава России от 11 декабря 2018

года, протокол № 5 (60).

Результаты.

Анализ данных МРТ показал, что диастематомиелия I типа выявлена у 22 пациентов, в том числе в 17 случаях у лиц женского пола. ДСМ II типа диагностирована у 16 пациентов,

также с преобладанием патологии у женщин. В большинстве случаев (30 больных) диагноз был поставлен в возрасте до 13 лет (табл. 2).

Важную роль играет определение локализации ДСМ, поскольку наличие перегородки может определять состояние спинного мозга, в

Таблица №3. Распределение больных по характеру и локализации аномалии позвоночника.

Характер и локализация ВАР		ДСМ I типа	ДСМ II типа
Характер ВАР			
	нарушение сегментации	1	1
	нарушение формирования	2	-
	смешанный тип	19	14
Локализация ВАР			
	шейный	-	1
	шейно-грудной	2	1
	грудной	3	4
	грудопоясничный	12	8
	поясничный	3	3
	пояснично-крестцовый	3	2

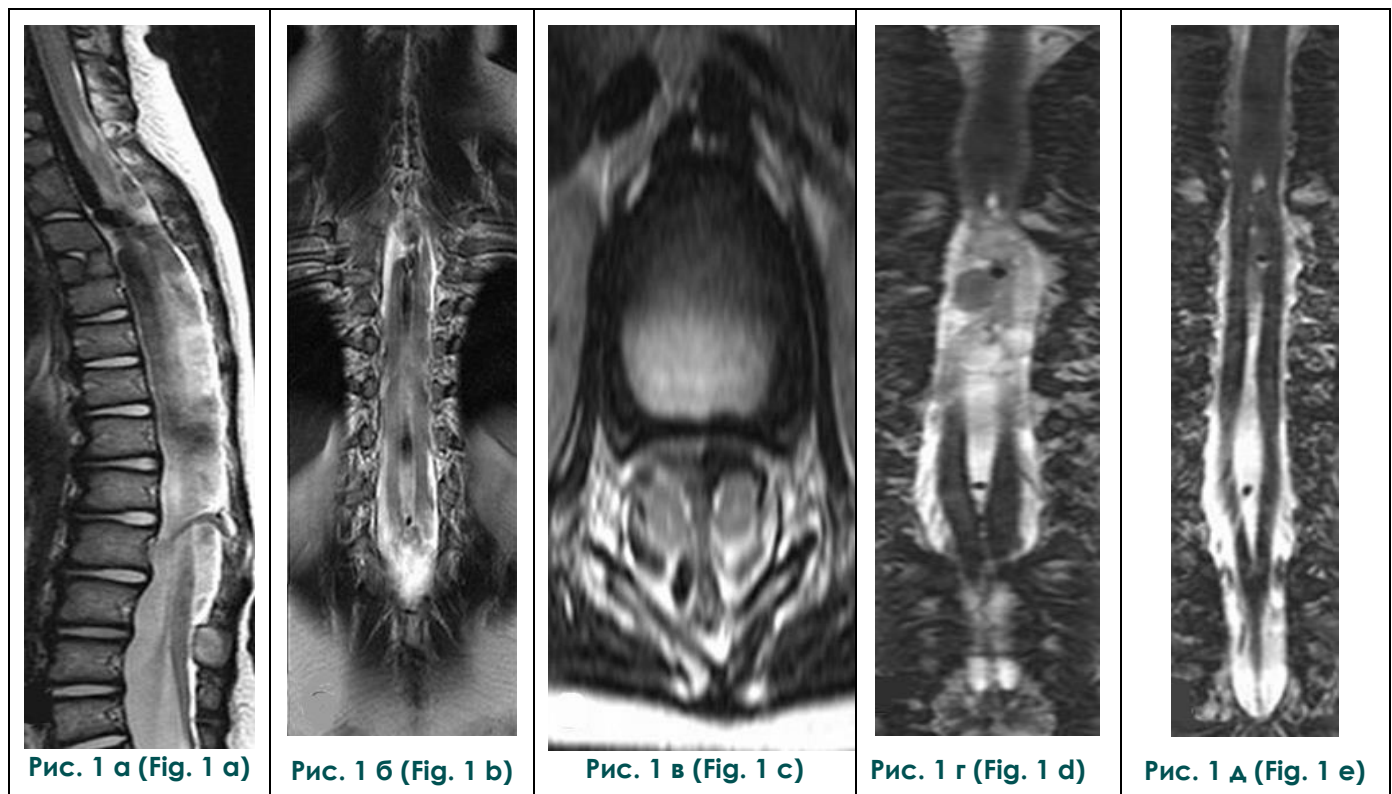


Рис. 1. МРТ позвоночника.

Пациент двух лет, диастематомиелия I тип. T2-ВИ (а, б, в); 3dciss (г, д). Симметричное расщепление.

Fig. 1. MRI of the spine.

Two years old male patient, Type I diastematomyelia. T2-WI (a, b, c); 3dciss (d,e). Symmetric splitting.

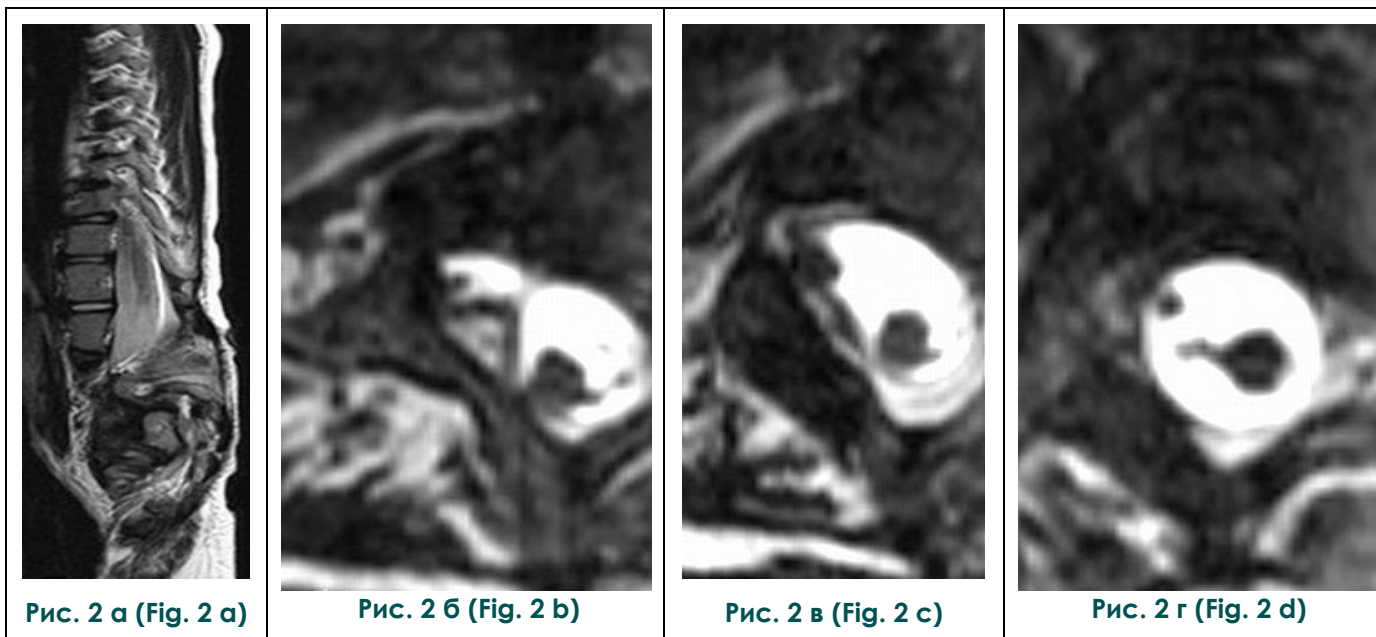


Рис. 2. МРТ позвоночника.

Пациентки Ш., 3.5 г. Диастематомиелия. Т2-ВИ (а); 3dciss (б-г). Ассиметричное расщепление.

Fig. 2. MRI of the spine.

Patient Sh., 3.5 y.o. Diastematomyelia. T2-WI (a); 3dciss (b-d). Asymmetric splitting.

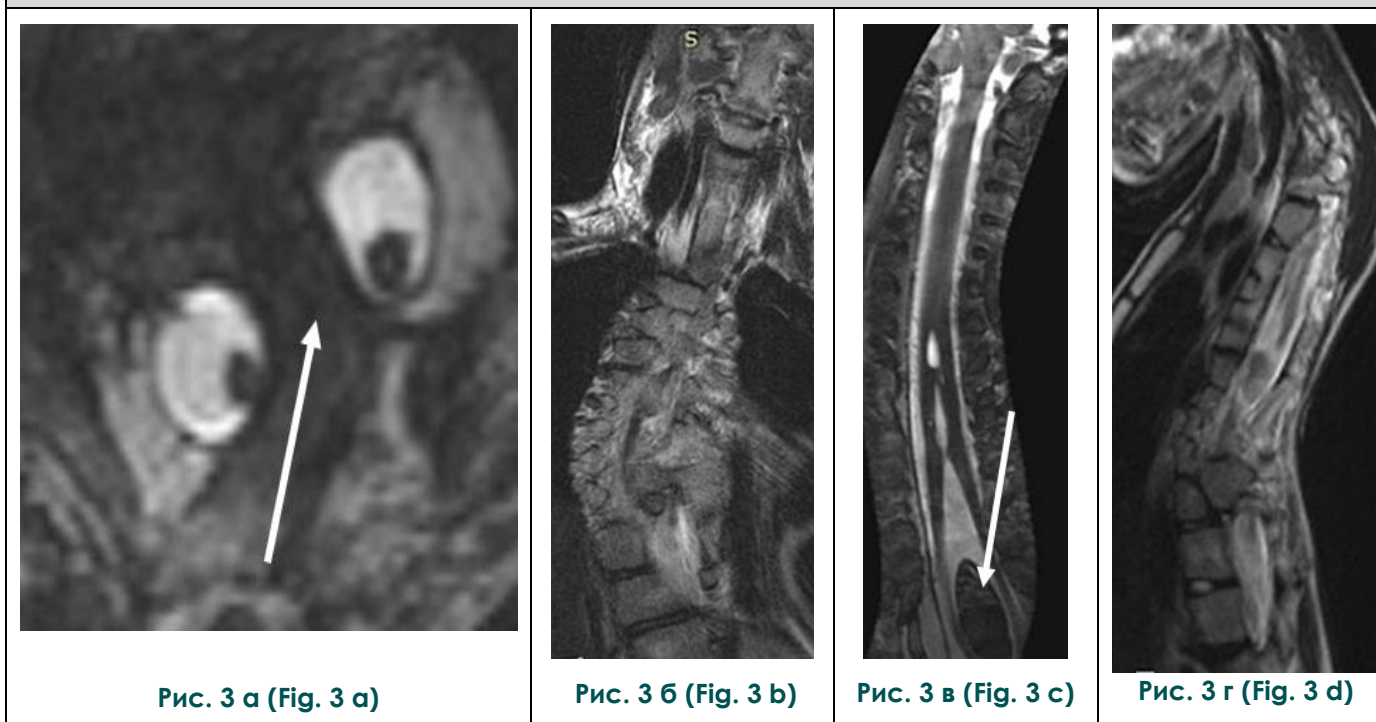


Рис. 3. МРТ груднопоясничного отдела позвоночника.

Пациентка К., 10 лет, диастематомиелия I тип, сирингомиелия. Т2-ВИ (а-г). Костная перегородка (стрелка).

Fig. 3. MRI of Thoracolumbar spine.

Patient K., 10 years old, Type I diastematomyelia, syringomyelia. T2-WI (a-d). Bone septum (arrow).

Таблица №4. Ассиметричное и симметричное расщепление спинного мозга у пациентов с диастематомиелией 1 и 2 типов, исходя из результатов МРТ.

Тип диастематомиелии	Расщепление спинного мозга		
	симметричное	асимметричное	без расщепления
ДСМ I типа	15	7	-
ДСМ II типа	4	11	1
Всего	19	18	1

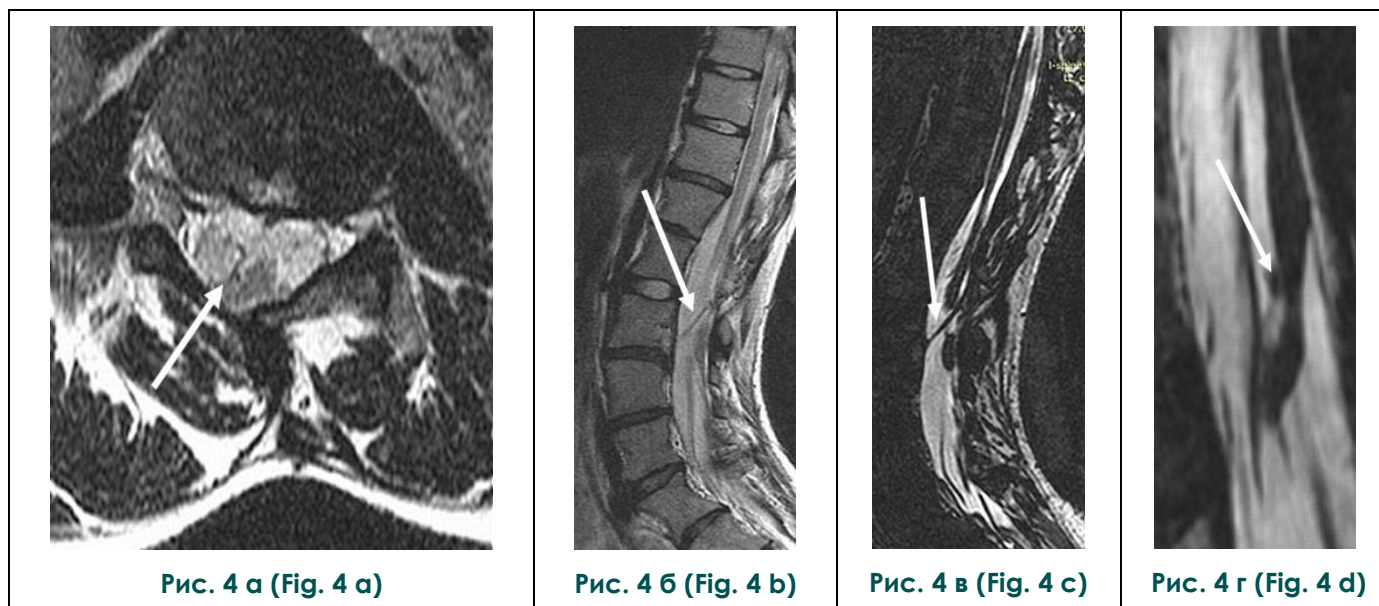


Рис. 4. МРТ позвоночника.

Пациентка 8 лет, диастематомиелия II тип T2-ВИ (а, б); 3dciss (в, г). Фиброзная перегородка (стрелка).

Fig. 4. MRI of the spine.

8 years old female patient, Type II diastematomyelia T-2WI (a, b); 3dciss (в, г). Fibrous septum (arrow).

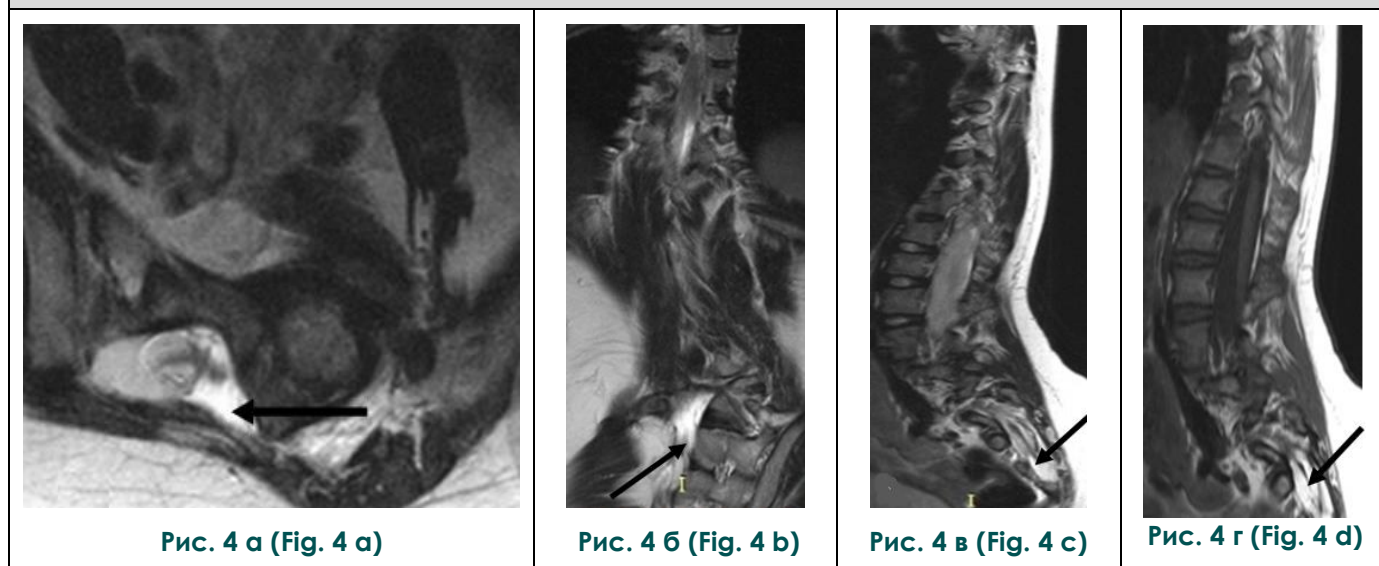


Рис. 4. МРТ позвоночника.

Пациент 7 лет, диастематомиелия I тип. Липомиеломенингоцеле (стрелка). T2ВИ (а, б, в); T1-ВИ (г). Дефект оболочки и незаращенный позвоночный канал.

Fig. 4. MRI of the spine.

7 years old male patient, Type I diastematomyelia. Lipomyelomeningocele (arrow). T2WI (a, b, c); T1-WI (d). Sheath defect and holorachischisis.

Таблица №5. Сопутствующая патология позвоночника и спинного мозга у пациентов с диастематомиелией.

Сопутствующая патология	Тип ДСМ и количество больных	
	ДСМ I типа	ДСМ II типа
сирингомиелия	10	4
липома	1	5
менингоцеле	-	1
интрамедуллярная киста	4	5
фиксированный спинной мозг	8	8
атрофия спинного мозга	1	-
липомиеломенингоцеле	-	1
менингорацикулоцеле	1	-
интрадуральная киста	-	2
синдром каудальной регрессии	1	2
Клиппеля-Фейля	1	1
периневральные кисты	-	1
миелопатия	-	1
Всего	27	31

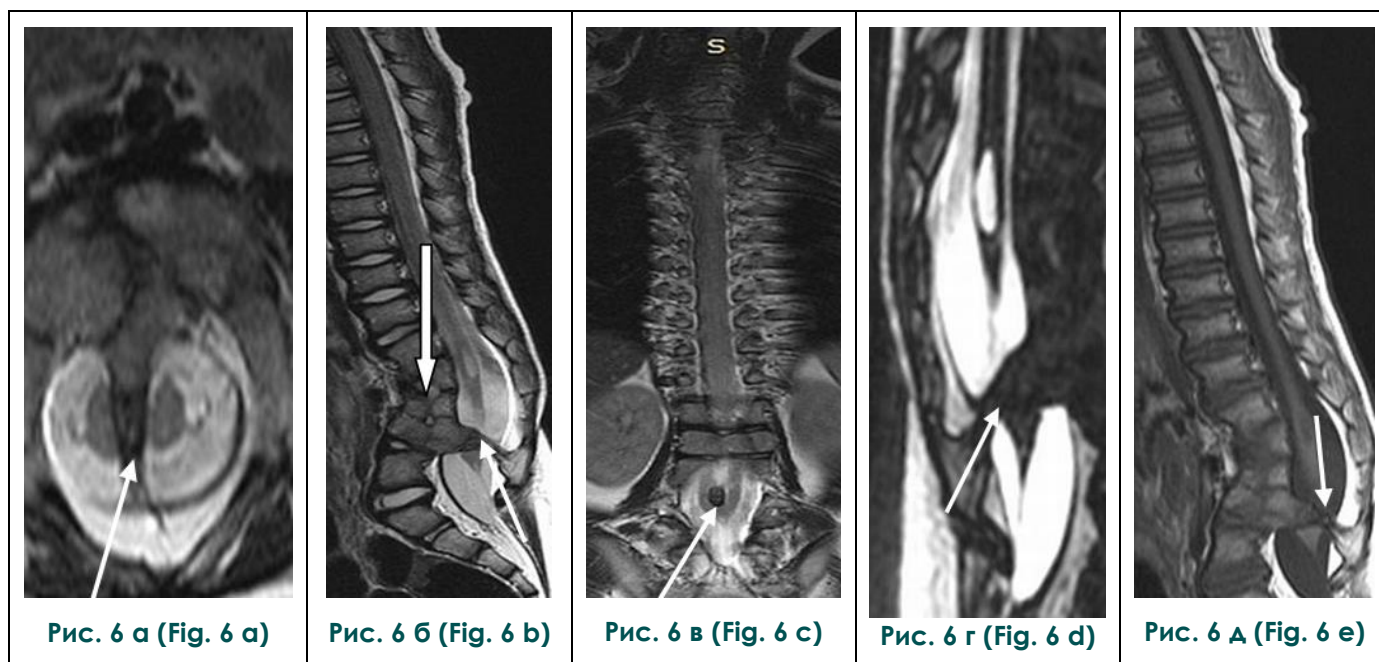


Рис. 6. МРТ позвоночника.

Пациента в возрасте 1 год 10 месяцев, диастематомиелия I типа, сирингомиелия, ВАР позвонков T2-ВИ (а, б, в); 3dciss (г); T1-ВИ (д). Костная перегородка (а, б, в, г, д - стрелка). Симметричное расщепление. Нарушение формирования и слияния позвонков на уровне L1-4 (фигурная стрелка).

Fig. 6. MRI of the spine.

Patient's spine at the age of 1 year 10 month, Type I diastematomyelia, syringomyelia, congenital mal-development of vertebrae T2WI (a, б, в); 3dciss (г); T1-WI (д). Bone septum (а, б, в, г, д - arrow). Symmetric splitting. Disorder of the formation and fusion of vertebra at L1-4 level (block arrow).

частности, в поясничном отделе. У 32 больных расщепление спинного мозга выявлено на уровне груднопоясничного перехода (15 человек) или в поясничном отделе позвоночника (17 пациентов). К достаточно частым клиническим проявлениям ДСМ относятся деформации позвоночника, которые выявлены у 31 пациента, в том числе в 22 случаях сколиоз различной степени тяжести, в семи – кифоз, в двух – гиперлордоз. В 11 случаях выявлен сколиоз с одной структурной дугой (С-образный), в 10 – двухапикальный (S-образный), у одного пациента – трехапикальный (E-образный).

У 37 больных ДСМ сочеталась с различными вариантами аномалий развития позвоночника, реже с нарушением сегментации или нарушением формирования, чаще с их сочетанием (табл. 3).

К одному из важных признаков ДСМ относится характер расщепления спинного мозга, который может влиять на развитие и динамику неврологической симптоматики (рис. 1, 2).

Тип ДСМ и характер расщепления спинного мозга представлен в таблице 4.

Размеры и морфологическое строение самой перегородки также могут влиять на возникновение неврологических осложнений, в связи с чем, при изучении данных МРТ, на это было обращено особое внимание. Костная перегородка имела место у 17 больных с ДМС I, фиброзная – у пяти. У больных с ДМС II фиброзная перегородка была у 11 больных, расщепление СМ без перегородки – у 5 пациентов.

МРТ позволила выявить детали строения перегородки, разделяющей спинной мозг. Костная перегородка визуализировалась в виде образования в структуре позвоночного канала различной толщины и высоты, идущего от тела позвонка к задней дуге, по сигнальным характеристикам соответствующим костной ткани (рис. 3).

Фиброзная перегородка определялась как соединительнотканый тяж, чаще всего идущий от тела позвонка к его задней дуге. Также диагностировались тяжи, идущие горизонтально к задней дуге вышележащего позвонка или визуализируемые только от тела позвонка до спинного мозга или от спинного мозга до задней дуги (рис. 4).

Различная сопутствующая патология позвоночника и спинного мозга у пациентов с ДСМ I выявлена в 27 случаях, при ДСМ I – в 31 (таблица 5).

На T1 и T2 – взвешенных изображениях для липомиеломенингоцеле характерен гиперинтенсивный сигнал, с исходным расположением в каудальных отделах спинного мозга, распространяющийся в подкожную область через дефект оболочки и незаращенный позвоночный канал (рис. 5).

Сирингомиелия выявлена у 14 больных различного возраста (рис. 6).

Обсуждение.

Основной целью исследования было изучить МРТ-семиотику диастематомии различного типа, сопутствующей патологии как спинного мозга, так и позвоночника для определения объективных критериев при планировании объема оперативного вмешательства. Кроме того, важно разработать оптимальный протокол исследования, который необходим для такого сложного метода исследования, как МРТ-сканирование. Мы согласны с мнением S. Avcu с соавт., (2010), что только применение соответствующего комплекса последовательностей позволяет выявить все имеющиеся варианты изменений костных структур, спинного мозга, жировой ткани [17].

В представленном исследовании в 32 случаях расщепление спинного мозга выявлено на уровне грудно-поясничного перехода или в поясничном отделе позвоночника, причем в 17 случаях перегородка располагалась каудальнее L1-L2. У большинства пациентов с диастематомией имел место 1a подтип расположения костной перегородки (костная перегородка в центре с одинаково разделенным спинным мозгом выше и ниже перегородки), что совпадает с данными литературы [13]. ДСМ часто сопровождается различными неврологическими осложнениями, в связи с прогрессирующим натяжением спинного мозга в процессе роста, особенно, при низком расположении конуса, спайками в позвоночном канале и аномально развитой утолщенной терминальной нитью [21, 31].

К достаточно частым клиническим проявлениям ДСМ относятся деформации позвоночника. В нашем исследовании у 31 пациента имели место деформации позвоночника, что составило 81,6% от общего количества больных, и превосходит соотношение (58,1%), представленное Э.В. Ульрихом (2008) [21]. Диастематомия по данным литературы часто ассоциируется с аномалиями развития позвонков и гидромиелией, что совпадает и с нашими данными, поскольку аномалия развития позвоночника выявлена у 37 больных из 38 [14, 18, 27]. Преобладал смешанный тип аномалии позвоночника, изолированные формы нарушения сегментации и формирования выявлено у двух больных в каждой группе, при этом сочетанные формы аномалий позвонков выявлены у 33 из 37 больных. Выявлено 58 вариантов сопутствующих аномалий развития СМ при ДСМ, что в относительных цифрах составляет 1,6 аномалии на одного пациента. У 16 больных выявлена фиксация СМ в терминальном отделе, у 9 – интрадуральная киста, в 14 случаях – сирингомиелия, которая, по мнению В.Ж. Вихенманн с соавт., обычно встречается при различных

формах спинальной дизрафии [32]. Анализ полученного материала показал, что МРТ позволила получить информацию о структуре позвоночника и состоянии спинного мозга, особенностях формирования, уровне и характере перегородки у больных диастематомиелией, что может повлиять на принятие хирургических решений, что совпадает с мнением AP Trenga et al., 2016, AN Khan et al., 2016 по поводу эффективности и целесообразности использования МРТ при диагностике дизрафий [10, 29].

Выводы.

1. Для получения полной информации о всех проявлениях диастематомиелии и сопутствующих изменениях позвоночника и спинного мозга, необходимо использовать набор последовательностей, в том числе T1-взвешенные (T1-WI), T2-взвешенные (T2-WI) и T2-взвешенные с жироподавлением последовательности в сагиттальной плоскости, T2WI в аксиальной и фронтальной плоскостях при толщине среза 3-4 мм с интервалом среза 0,5-1,0 мм.

2. МРТ семиотика диастематомиелии включала различные варианты расщепления спинного мозга (симметричное и асимметричное), которые в данном исследовании встретились в 19 и 18 случаях соответственно; строение перегородки (костная – 17 случаев, фиброзная – 16); сигнальные характеристики перего-

родки и топографические особенности.

3. Сопутствующие изменения позвоночника заключались в наличии деформации у 31 пациента, в том числе в 22 случаях сколиоз различной степени тяжести, в семи – кифоз, в двух – гиперлордоз; различные варианты аномалий развития позвоночника, в том числе нарушение сегментации, нарушение формирования, смешанный тип, который выявлен в большинстве случаев.

4. МРТ изменения спинного мозга, выявленные у 27 пациентов с ДСМ I и у 31 с ДСМ II, характеризовались фиксированным спинным мозгом и сирингомиелией.

5. МРТ позволила выявить весь симптомокомплекс признаков, свойственных диастематомиелии, а также сопутствующие патологические изменения позвоночника и спинного мозга, что свидетельствует об эффективности данного метода и необходимости включения его в диагностический алгоритм при обследовании пациентов с подозрением на диастематомиелию.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список литературы:

1. Ульрих Э. В. Хирургическое лечение пороков развития позвоночника у детей. Э. В. Ульрих, А. Ю. Мушкин. Спб., Элби - СПб., 2007. 103 с.
2. Ульрих Э.В. Комментарий к статье С. В. Виссарионова с соавт. Диагностика и лечение детей с диастематомиелией. Хирургия позвоночника: научно-практический журнал. 2011; 1: 75-76.
3. Ульрих, Э. В. Синдром расщепленного спинного мозга (диастематомиелия). СПб., Синтез Бук, 2012. 175 с.
4. Tortori-Donati P, Rossi A, Biancheri R. *Pediatric Neuroradiology*. Berlin: Springer. 2005; 1551-1608.
5. Sinha S., Agarwal D., Mahapatra A.K. Split cord malformations: an experience of 203 cases. *Childs Nerv. Syst.* 2006; 22: 3-7.
6. Huang SL, He XJ, Wang KZ, Lan BS. Diastematomyelia: a 35-year experience. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013 Mar 15;38(6):E344-9. doi: 10.1097/BRS.0b013e318283f6bc. PubMed PMID: 2349 975.
7. Cheng B, Li FT, Lin L. Diastematomyelia: a retrospective review of 138 patients. *J Bone Joint Surg Br*. 2012 Mar;94(3):365-72. doi: 10.1302/0301-620X.94B3.27897. PubMed PMID: 22371545.
8. Hilal S.K., Marton D., Pollack E. Diastematomyelia in children. *Radiographic study of 34 cases. Radiology*. 1974; 112 (3): 609-621.
9. Dammert S., Krings T., Kochs A., et al. Mehrschicht-Spiral-CT und MRT in der Diagnostik einer komplexen Diastematomyelie. *Klin. Neuroradiol*. 2002; 3: 136-140.
10. Khan AN, Naul LG, Turnbull I, Sabih D, Al-Okaili R. Imaging in spinal dysraphism and myelomeningocele: magnetic resonance imaging. Available from <http://emedicine.medscape.com/article/413899-overview#a4> [Assessed on 6-10-2016]
11. Pang D, Dias MS, Ahab-Barmada M. Split cord malformation: Part I: A unified theory of embryogenesis for double spinal cord malformations. *Neurosurgery*. 1992 Sep;31(3):451-80. Review. PubMed PMID: 1407428;
12. Pang D. Split cord malformation: Part II: Clinical syndrome. *Neurosurgery*. 1992 Sep;31(3):481-500. Review. PubMed PMID: 1407429
13. Mahapatra A.K., Gupta D.K. Split cord malformations: a clinical study of 254 patients and a proposal for new clinical-imaging classification. *J. Neurosurg*. 2005; 103 Suppl. 6: 531-536.
14. Kansal R, Mahore A, Kukreja S. Jarcho-Levin syndrome with diastematomyelia: A case report and review of literature. *J Pediatr Neurosci*. 2011 Jul;6(2):141-3. doi: 10.4103/1817-1745.92843. PubMed PMID: 22408667; PubMed Central PMCID:PMC3296412.
15. Губин А. В. Перспективы оказания помощи детям младшего и ювенильного возраста с хирургической патологией позвоночника. *Гений ортопедии*. 2011; 2: 123 - 127.
16. Avcu S., Köseoğlu N., Bulut M.D., Özen Ö., Ünal Ö. The association of tethered cord, syringomyelia, diastematomyelia, spinal epidermoid, spinal lipoma and dermal sinus tract in a child *JBR-BTR*. 2010; 93: 305-307.

17. Masri A, Bakri FG, Birkenhäger R, Alassaf A, Musharbash AF, Haroun A, Zak I. Mondini malformation associated with diastematomyelia and presenting with recurrent meningitis. *J Child Neurol*. 2011 May;26(5):622-4. doi:10.1177/0883073810387136. Epub 2011 Mar 18. PubMed PMID: 21421905.
18. Leung YL, Buxton N. Combined diastematomyelia and hemi-vertebra: a review of the management at a single centre. *J Bone Joint Surg Br*. 2005 Oct;87(10):1380-4. PubMed PMID: 16189312.
19. Ak H, Atalay T, Gülşen I. The association of the epidermoid cyst of the filum terminale, intradural spinal lipoma, tethered cord, dermal sinus tract, and type I diastematomyelia in a child. *World Neurosurg*. 2014 Dec;82(6):e836-7. doi:10.1016/j.wneu.2014.08.040. Epub 2014 Aug 19. PubMed PMID: 2515021
20. Shatla ES, Bedair el SM, Soliman A. A Sacral Mass in a Newborn: A Variant of Type II Diastematomyelia with Triple Splitting of the Cord. *Case Rep Pediatr* 2013;2013:307205. doi:10.1155/2013/307205. Epub 2013 May 8. PubMed PMID:23738178; PubMed Central PMCID: PMC36644769
21. Ульрих Э.В. Диастематомиелия как узел вертебрологической, ортопедической, нейрохирургической и соматической проблем. *Хирургия позвоночника*. 2008; 2: 18–24.
22. Kumar J., Afsal M., Garg A. Imaging spectrum of spinal dysraphism on magnetic resonance: A pictorial review *World J Radiol* 2017 April 28; 9(4): 178-190
23. Huisman TA, Rossi A, Tortori-Donati P. MR imaging of neonatal spinal dysraphia: what to consider? *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2012; 20: 45-61 [PMID: 22118592 DOI: 10.1016/j.mric.2011.08.010]
24. O'Neill BR, Gallegos D, Herron A, Palmer C, Stence NV, Hankinson TC, Corbett Wilkinson C, Handler MH. Use of magnetic resonance imaging to detect occult spinal dysraphism in infants. *J Neurosurg Pediatr*. 2017 Feb;19(2):217-226;
25. Nagaraj UD, Bierbrauer KS, Peiro JL, Kline-Fath BM. Differentiating Closed Versus Open Spinal Dysraphisms on Fetal MRI. *AJR Am J Roentgenol*. 2016 Dec;207(6):1316-1323. Epub 2016 Sep 9. PubMed PMID: 27610944.
26. Wei Q, Cai A, Wang X, Wang X, Xie L. The Value of Prenatal Ultrasonographic Diagnosis of Diastematomyelia. *J Ultrasound Med*. 2017 Jun;36(6):1129-1136. doi: 10.7863/ultra.16.04054. Epub 2017 Mar 17. PubMed PMID: 28304101.
27. Korostyshevskaya A, Makogon A, Savelov A, Avdeeva D, Tulupov A. Fetal diastematomyelia associated with vertebral malformation: ultrasound, MRI, and pathomorphological findings. *J Med Ultrason* (2001). 2015 Oct;42(4):559-63. doi:10.1007/s10396-015-0637-1. Epub 2015 May 19. PubMed PMID: 26576982.
28. Dhingani DD, Boruah DK, Dutta HK, Gogoi RK. Ultrasonography and magnetic resonance imaging evaluation of pediatric spinal anomalies. *J Pediatr Neurosci*. 2016 Jul-Sep;11(3):206-212. PubMed PMID: 27857788; PubMed Central PMCID: PMC5108122
29. Trenga AP, Singla A, Feger MA, Abel MF. Patterns of congenital bony spinal deformity and associated neural anomalies on X-ray and magnetic resonance imaging. *J Child Orthop*. 2016 Aug;10(4):343-52.
30. Kulkarni M, Ruparel M, Redkar R. Fetal diastematomyelia: MR imaging: A case report. *Indian J Radiol Imaging*. 2009 Feb;19(1):78-80. doi: 10.4103/0971-3026.45351. PubMed PMID: 19774146; PubMed Central PMCID: PMC2747417.
31. Jindal A., Mahapatra A.K. Split cord malformation. A study of 48 cases. *Indian. J. Pediatr*. 2000; 37: 603–607.
32. Bixenmann BJ, Kline-Fath BM, Bierbrauer KS, Bansal D. Prenatal and postnatal evaluation for syringomyelia in patients with spinal dysraphism. *J Neurosurg Pediatr*. 2014 Sep;14(3):316-21. doi: 10.3171/2014.5.PEDS13482. Epub 2014 Jul 4. PubMed PMID: 24995816.

References:

1. Ulrich E. V. Surgical treatment of spinal malformations in children. E. V. Ulrich, A. Yu. Mushkin. Spb., Elby - Spb., 2007. 103 p. (in Russian).
2. Ulrich E.V. Commentary on the article S.V. Vissarionov et al. Diagnosis and treatment of children with diastematomyelia. *Spinal Surgery: a scientific journal*. 2011; 1: 75-76 (in Russian).
3. Ulrich, E. V. Split-spinal cord syndrome (diastematoma). Spb., Sintez Beech, 2012. 175 p. (in Russian).
4. Tortori-Donati P, Rossi A, Biancheri R. *Pediatric Neuroradiology*. Berlin: Springer. 2005; 1551-1608.
5. Sinha S., Agarwal D., Mahapatra A.K. Split cord malformations: an experience of 203 cases. *Childs Nerv. Syst*. 2006; 22: 3–7.
6. Huang SL, He XJ, Wang KZ, Lan BS. Diastematomyelia: a 35-year experience. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013 Mar 15;38(6):E344-9. doi: 10.1097/BRS.0b013e318283f6bc. PubMed PMID: 2349 975.
7. Cheng B, Li FT, Lin L. Diastematomyelia: a retrospective review of 138 patients. *J Bone Joint Surg Br*. 2012 Mar;94(3):365-72. doi: 10.1302/0301-620X.94B3.27897. PubMed PMID: 22371545.
8. Hilal S.K., Marton D., Pollack E. Diastematomyelia in children. *Radiographic study of 34 cases*. *Radiology*. 1974; 112 (3): 609–621.
9. Dammert S., Krings T., Kochs A., et al. Mehrschicht-Spiral-CT und MRT in der Diagnostik einer komplexen Diastematomyelie. *Klin. Neuroradiol*. 2002; 3: 136-140.
10. Khan AN, Naul LG, Turnbull I, Sabih D, Al-Okaili R. Imaging in spinal dysraphism and myelomeningocele: magnetic resonance imaging. Available from <http://emedicine.medscape.com/article/413899-overview#a4> [Assessed on 6-10-2016]
11. Pang D, Dias MS, Ahab-Barmada M. Split cord malformation: Part I: A unified theory of embryogenesis for double spinal cord malformations. *Neurosurgery*. 1992 Sep;31(3):451-80. Review. PubMed PMID: 1407428;
12. Pang D. Split cord malformation: Part II: Clinical syndrome. *Neurosurgery*. 1992 Sep;31(3):481-500. Review. PubMed PMID: 1407429
13. Mahapatra A.K., Gupta D.K. Split cord malformations: a clinical study of 254 patients and a proposal for new clinical-imaging classification. *J. Neurosurg*. 2005; 103 Suppl. 6: 531–536.
14. Kansal R, Mahore A, Kukreja S. Jarcho-Levin syndrome with diastematomyelia: A case report and review of literature. *J Pediatr Neurosci*. 2011 Jul;6(2):141-3. doi: 10.4103/1817-

- 1745.92843. PubMed PMID: 22408667; PubMed Central PMCID:PMC3296412.
15. Gubin A.V. Prospects for assistance to children of younger and juvenile age with surgical pathology of the spine. The genius of orthopedics. 2011; 2: 123-127. (in Russian).
16. Avcu S., Köseoğlu N., Bulut M.D., Özen Ö., Ünal Ö. The association of tethered cord, syringomyelia, diastematomyelia, spinal epidermoid, spinal lipoma and dermal sinus tract in a child JBR-BTR. 2010; 93: 305-307.
17. Masri A, Bakri FG, Birkenhäger R, Alassaf A, Musharbash AF, Haroun A, Zak I. Mondini malformation associated with diastematomyelia and presenting with recurrent meningitis. *J Child Neurol*. 2011 May;26(5):622-4. doi:10.1177/0883073810387136. Epub 2011 Mar 18. PubMed PMID: 21421905.
18. Leung YL, Buxton N. Combined diastematomyelia and hemi-vertebra: a review of the management at a single centre. *J Bone Joint Surg Br*. 2005 Oct;87(10):1380-4. PubMed PMID: 16189312.
19. Ak H, Atalay T, Gülşen I. The association of the epidermoid cyst of the filum terminale, intradural spinal lipoma, tethered cord, dermal sinus tract, and type I diastematomyelia in a child. *World Neurosurg*. 2014 Dec;82(6):e836-7. doi: 10.1016/j.wneu.2014.08.040. Epub 2014 Aug 19. PubMed PMID: 2515021
20. Shatla ES, Bedair el SM, Soliman A. A Sacral Mass in a Newborn: A Variant of Type II Diastematomyelia with Triple Splitting of the Cord. *Case Rep Pediatr* 2013;2013:307205. doi: 10.1155/2013/307205. Epub 2013 May 8. PubMed PMID:23738178; PubMed Central PMCID: PMC36644769
21. Ulrich E.V. Diastematomyelia as a node of vertebrological, orthopedic, neurosurgical and somatic problems. *Spinal Surgery* 2008; 2: 18–24 (in Russian).
22. Kumar J., Afsal M., Garg A. Imaging spectrum of spinal dysraphism on magnetic resonance: A pictorial review *World J Radiol* 2017 April 28; 9(4): 178-190
23. Huisman TA, Rossi A, Tortori-Donati P. MR imaging of neonatal spinal dysraphia: what to consider? *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2012; 20: 45-61 [PMID: 22118592 DOI: 10.1016/j.mric.2011.08.010]
24. O'Neill BR, Gallegos D, Herron A, Palmer C, Stence NV, Hankinson TC, Corbett Wilkinson C, Handler MH. Use of magnetic resonance imaging to detect occult spinal dysraphism in infants. *J Neurosurg Pediatr*. 2017 Feb;19(2):217-226;
25. Nagaraj UD, Bierbrauer KS, Peiro JL, Kline-Fath BM. Differentiating Closed Versus Open Spinal Dysraphisms on Fetal MRI. *AJR Am J Roentgenol*. 2016 Dec;207(6):1316-1323. Epub 2016 Sep 9. PubMed PMID: 27610944.
26. Wei Q, Cai A, Wang X, Wang X, Xie L. The Value of Prenatal Ultrasonographic Diagnosis of Diastematomyelia. *J Ultrasound Med*. 2017 Jun;36(6):1129-1136. doi: 10.7863/ultra.16.04054. Epub 2017 Mar 17. PubMed PMID: 28304101.
27. Korostyshevskaya A, Makogon A, Savelov A, Avdeeva D, Tulupov A. Fetal diastematomyelia associated with vertebral malformation: ultrasound, MRI, and pathomorphological findings. *J Med Ultrason* (2001). 2015 Oct;42(4):559-63. doi: 10.1007/s10396-015-0637-1. Epub 2015 May 19. PubMed PMID: 26576982.
28. Dhingani DD, Boruah DK, Dutta HK, Gogoi RK. Ultrasonography and magnetic resonance imaging evaluation of pediatric spinal anomalies. *J Pediatr Neurosci*. 2016 Jul-Sep;11(3):206-212. PubMed PMID: 27857788; PubMed Central PMCID: PMC5108122
29. Trenga AP, Singla A, Feger MA, Abel MF. Patterns of congenital bony spinal deformity and associated neural anomalies on X-ray and magnetic resonance imaging. *J Child Orthop*. 2016 Aug;10(4):343-52.
30. Kulkarni M, Ruparel M, Redkar R. Fetal diastematomyelia: MR imaging: A case report. *Indian J Radiol Imaging*. 2009 Feb;19(1):78-80. doi: 10.4103/0971-3026.45351. PubMed PMID: 19774146; PubMed Central PMCID: PMC2747417.
31. Jindal A., Mahapatra A.K. Split cord malformation. A study of 48 cases. *Indian J. Pediatr*. 2000; 37: 603–607.
32. Bixenmann BJ, Kline-Fath BM, Bierbrauer KS, Bansal D. Prenatal and postnatal evaluation for syringomyelia in patients with spinal dysraphism. *J Neurosurg Pediatr*. 2014 Sep;14(3):316-21. doi: 10.3171/2014.5.PEDS13482. Epub 2014 Jul 4. PubMed PMID: 24995816..