



## ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Оригинальная статья  
УДК 616.711-007.21-073.756.8  
<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2023-5-20-34>

### Магнитно-резонансная томография в диагностике изменений позвоночника и спинного мозга у детей с ахондроплазией

Константин Александрович Дьячков<sup>1</sup>, Галина Викторовна Дьячкова<sup>2</sup>,  
Анна Майоровна Аранович<sup>3</sup>, Оксана Германовна Прудникова<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г. А. Илизарова» Минздрава России, Курган, Россия

<sup>1</sup> [dka\\_doc@mail.ru](mailto:dka_doc@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-5105-3378>

<sup>2</sup> [dgv2003@list.ru](mailto:dgv2003@list.ru), <https://orcid.org/0000-0003-1973-4680>

<sup>3</sup> [aranovich\\_anna@mail.ru](mailto:aranovich_anna@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7806-7083>

<sup>4</sup> [pog6070@gmail.com](mailto:pog6070@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-1432-1377>

Автор, ответственный за переписку: Константин Александрович Дьячков,  
[dka\\_doc@mail.ru](mailto:dka_doc@mail.ru)

#### Резюме

В статье представлены возможности МРТ при оценке деформаций позвоночника, ответственных за неврологическую симптоматику, а также для выявления патологических изменений спинного мозга у 35 пациентов с ахондроплазией. Анализ МРТ-семиотики патологических изменений позвоночника у больных ахондроплазией свидетельствует о чрезвычайном их полиморфизме и различной степени выраженности. Анатомические отклонения от нормы в строении позвоночника больных ахондроплазией включают более 15 проявлений, частота которых различна и колеблется от 17 до 100 % у обследованных больных. Преобладают изменения, связанные с этиологическими причинами, дистрофические изменения встречаются значительно реже у пациентов в возрасте 15–18 лет.

**Ключевые слова:** магнитно-резонансная томография, ахондроплазия, позвоночник, спинной мозг, стеноз позвоночного канала

**Для цитирования:** Дьячков К. А., Дьячкова Г. В., Аранович А. М., Прудникова О. Г. Магнитно-резонансная томография в диагностике изменений позвоночника и спинного мозга у детей с ахондроплазией // Радиология — практика. 2023;(5):20-34. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2023-5-20-34>

© Дьячков К. А., Дьячкова Г. В., Аранович А. М., Прудникова О. Г., 2023

## ORIGINAL RESEARCH

Original research

# Magnetic Resonance Imaging in Diagnostics Changes in the Spine and Spinal Cord in Children with Achondroplasia

Konstantin A. Diachkov<sup>1</sup>, Galina V. Diachkova<sup>2</sup>,  
Anna M. Aranovich<sup>3</sup>, Oksana G. Prudnikova<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after  
Academician G.A. Ilizarov of the Ministry of Healthcare of Russia, Kurgan, Russia

<sup>1</sup> dka\_doc@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5105-3378>

<sup>2</sup> dgv2003@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1973-4680>

<sup>3</sup> aranovich\_anna@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7806-7083>

<sup>4</sup> pog6070@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1432-1377>;

Corresponding author: Konstantin A. Diachkov, dka\_doc@mail.ru

### Abstract

The article presents the possibilities of MRI in assessing spinal deformities responsible for neurological symptoms, as well as for detecting pathological changes in the spinal cord in 35 patients with achondroplasia. An analysis of the MRI semiotics of pathological changes in the spine in patients with achondroplasia indicates their extreme polymorphism and varying degrees of severity. Anatomical deviations from the norm in the structure of the spine of patients with achondroplasia include more than 15 manifestations, the frequency of which is different and ranges from 17 to 100 % in the examined patients. Changes associated with etiological causes predominate, dystrophic changes are much less common in patients aged 15-18 years.

**Keywords:** Magnetic Resonance Imaging, Achondroplasia, Spine, Spinal Cord, Spinal Canal Stenosis

**For citation:** *Diachkov K. A., Diachkova G. V., Aranovich A. M., Prudnikova O. G. Magnetic resonance imaging in diagnostics changes in the spine and spinal cord in children with achondroplasia // Radiology – Practice. 2023;5:20-34. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2023-5-20-34>*

### Актуальность

Интерес к ахондроплазии, давно известному и достаточно хорошо изученному ортопедами, рентгенологами, эндокринологами, генетиками заболеванью, сохраняется и в последние годы, о чем свидетельствуют данные PubMed. На запрос «achondroplasia» указано 3068 результатов с 1951 по

2023 год, причем за последние 10 лет опубликовано 837 работ, что составляет 27,3 % от общего количества (72 года). На запрос «achondroplasia spine» с 1951 по 2023 год опубликовано 326 статей. За последние 12 лет – 28 работ, что также свидетельствует об увеличении интереса ученых к данной проблеме [9, 11, 17, 18, 25]. Если в прошлые годы пу-

бликации касались больше клинически доминирующих симптомов, таких как ризомелия, особенности строения черепа, генетических аспектов, то в дальнейшем появилось большое количество исследований, касающихся других проявлений данного заболевания, которые включают более чем 20 групп патологических изменений различных органов и систем и предполагают междисциплинарные разработки [2, 11, 14, 18]. Еще А. В. Русаков в 1959 году отметил, что «при хондродистрофии нарушается гармоническое сочетание различных систем, поэтому едва ли было бы правильно для объяснения генеза этого заболевания полагать, что оно обусловлено только врожденной недостаточностью какой-либо части остеогенной мезенхимы» [7]. Открытие в 1994 году R. Shiang и др. у пациентов с ахондроплазией генетического дефекта экспрессии рецепторов фактора роста фибробластов подтвердило вовлечение при этом заболевании в патологический процесс всей соединительной ткани [23].

Большое внимание сейчас обращают на состояние позвоночника у больных ахондроплазией, изменения которого в виде кифоза, сколиоза, других деформаций, стеноза позвоночного канала требуют дополнительного исследования. Указывается на коморбидность, характерную для ахондроплазии, с различными проявлениями в разном возрасте [25]. У детей типичной рентгенологической особенностью является каудальное сужение расстояния между

корнями дужек поясничных позвонков, тогда как в норме это расстояние постепенно увеличивается [2, 15, 21]. Основной объем исследований позвоночника у больных ахондроплазией связан с применением рентгенографии и компьютерной томографии, очень небольшое количество работ основано на магнитно-резонансной томографии (МРТ), но возможности МРТ гораздо выше при оценке деформаций позвоночника, ответственных за неврологическую симптоматику, а также для выявления патологических изменений спинного мозга [9, 19, 21].

**Цель:** обоснование значения магнитно-резонансной томографии в диагностике патологических изменений позвоночника и спинного мозга у пациентов с ахондроплазией.

## Материалы и методы

Дизайн исследования: одномоментное (поперечное) исследование.

Критерии включения: пациенты до 18 лет с ахондроплазией.

Критерии исключения: пациенты старше 18 лет, пациенты с другими системными заболеваниями.

Всего позвоночник и спинной мозг был обследован у 35 пациентов с ахондроплазией, из них 22 мужского пола, 13 — женского. Средний возраст составил 11,3 года (7–18) (табл. 1).

Обследование проводили на магнитно-резонансном томографе Siemens Magnetom Aera с индукцией 1,5 Тл. Обследования проведены в режиме T2

Таблица 1

**Распределение пациентов с ахондроплазией по полу и возрасту**

Пол	Возрастные группы		
	6–11 лет	12–15 лет	16–18 лет
Мальчики	13	5	4
Девочки	6	3	4
Всего	19	8	8

tse (в коронарной плоскости параметры сканирования: TR 4030, TE 96, Fov 341/100, толщина среза 4 мм; в сагитальной плоскости: TR 2500, TE 76, Fov 220/150, толщина 3 мм), T1 tse (сагитальная плоскость: TR 350, TE 9,2, Fov 256/131,3, толщина 3 мм). Таким образом, получали серии качественных высококонтрастных изображений, анализ которых позволил оценить структуру костной, хрящевой и соединительной тканей. Измерения производили при помощи программы RadiAnt DICOM Viewer.

## Результаты

Изучение позвоночника у 35 пациентов с ахондроплазией в различном

возрасте показало, что выявленные изменения достаточно вариабельны, характеризовались выраженным полиморфизмом, проявлялись изменением анатомии позвонков, деформациями, дистрофическими изменениями (табл. 2).

Характер изменений спинного мозга и количество пациентов представлены в табл. 3.

У пациентов с ахондроплазией деформация позвоночника является сочетанным эффектом врожденной дисплазии и приобретенных дегенеративных изменений, что приводит к прогрессирующему стенозу позвоночного канала, усугубляемому грудопоясничным кифозом и компенсаторным поясничным гиперлордозом [6, 9, 10, 12, 15].

Таблица 2

### Распределение пациентов с ахондроплазией по характеру изменений позвоночника

Характер изменений позвоночника	Количество пациентов	
	n = 35	% к общему количеству
Укороченные ножки дуги позвонков	35	100
Уменьшение расстояния между ножками позвонков в каудальном направлении в поясничном отделе позвоночника	35	100
Уплощенные и/или передние клиновидные тела позвонков	14	40,0
Вдавнение задних покровных пластинок тел позвонков	20	57,1
Грудопоясничный кифоз	7	20
Сглаженность грудного кифоза	31	88,6
Поясничный гиперлордоз	30	85,7
Увеличение угла отклонения крестца	24	68,6
Сколиоз	6	17,1
Уменьшение размеров большого затылочного отверстия	19	54,3
Компрессия краниовертебрального перехода	9	26,0
Грыжи диска	7	20,0
Деформация копчика	21	60,0
Изменение формы межпозвоночных дисков	8	22,8

**Распределение пациентов с ахондроплазией по характеру изменений спинного мозга**

Характер изменений спинного мозга	Количество пациентов	
	n = 11	% к общему количеству
Миелопатия	9	26
Сирингомиелия	2	6

Укороченные ножки позвонков, как одна из причин стеноза, были выявлены у всех пациентов (на 6–9 % в сравнении с нормой) [2], что проявлялось уменьшением сагиттального размера и стенозом позвоночного канала до 0,8–1,2 см ( $0,93 \pm 0,31$ ) (рис. 1).

Уменьшение расстояния между ножками дуги позвонка в каудальном направлении в поясничном отделе позвоночника выявлено у всех пациентов, что проявлялось стенозом позвоночного канала. Данный показатель относится к важным дифференциально-диагностическим симптомам ахондроплазии. Уменьшение расстояния

между ножками дуг позвонков в поясничном отделе в каудальном направлении в различных возрастных группах колебалось от  $21,17 \pm 0,7$  для L1 до 16,9 для LV (рис. 2).

Уплощенные и/или передние клиновидные тела позвонков имели место у десяти пациентов. Сглаженность грудного кифоза отмечена у 29 пациентов (рис. 3).

Вдавленность задней поверхности тел позвонков отмечена у 15 пациентов, грудопоясничный кифоз — у 5 (рис. 4).

Поясничный гиперлордоз выявлен у 30 пациентов, однако степень его вы-

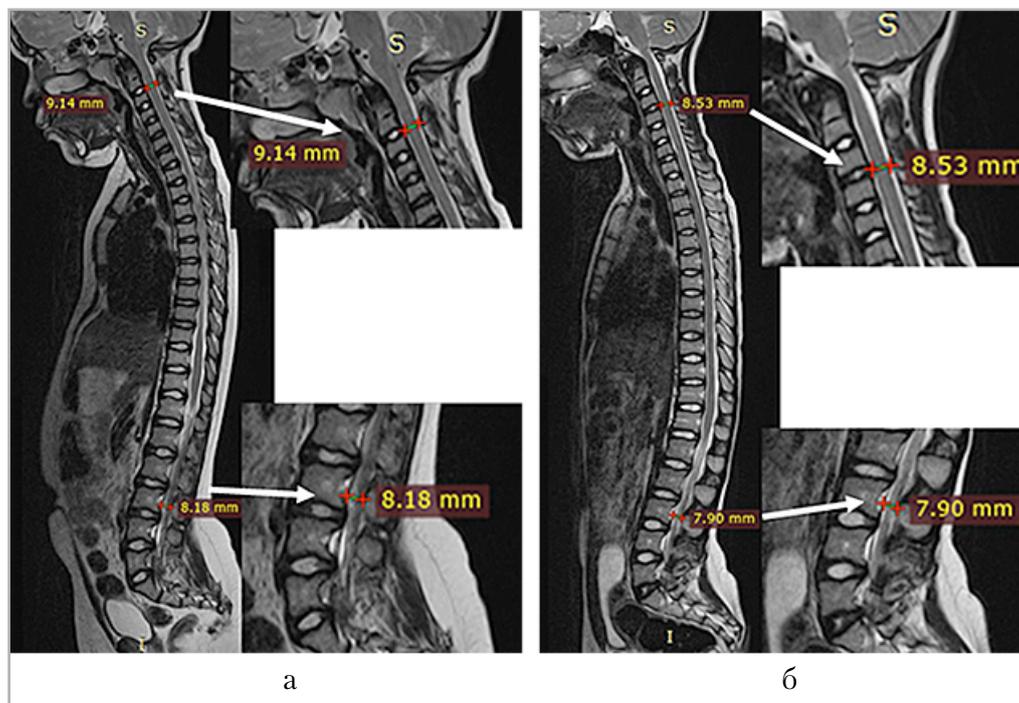


Рис. 1. Магнитно-резонансные томограммы позвоночника пациентов с ахондроплазией в режиме T2-ВИ в сагиттальной плоскости: увеличенные изображения зон интереса (стрелки); а — ребенок в возрасте 8 лет; б — пациент в возрасте 10 лет

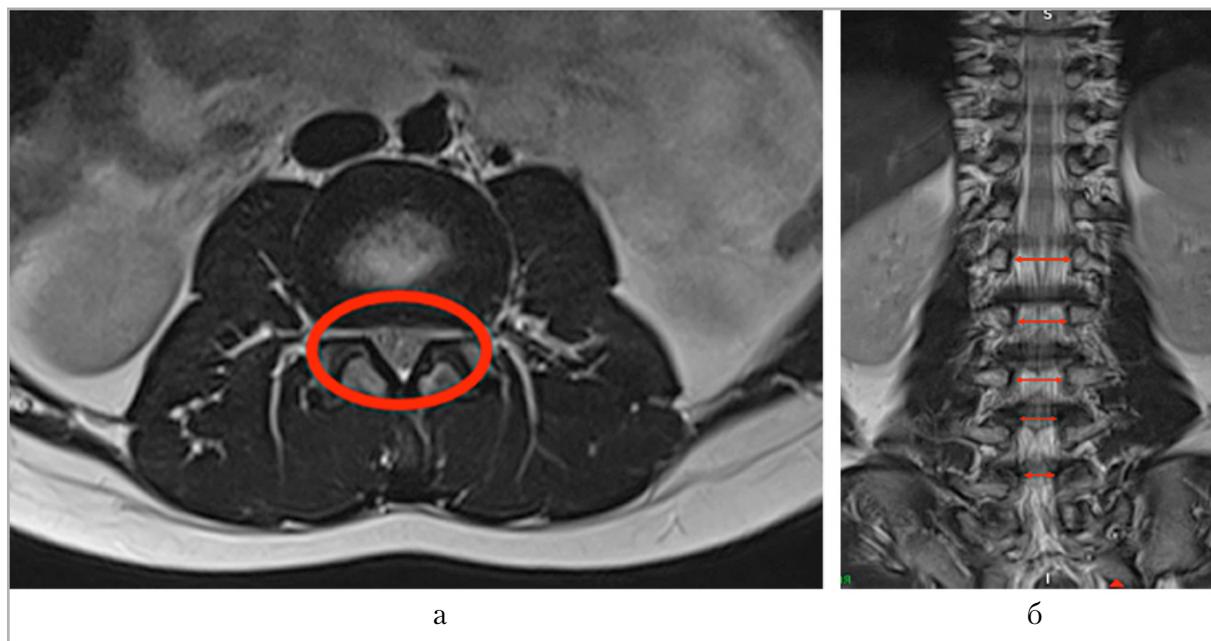


Рис. 2. Магнитно-резонансные томограммы позвоночника пациента 14 лет с ахондроплазией в режиме T2-ВИ в аксиальной (а) и коронарной (б) плоскостях: *красным овалом* выделена зона интереса (позвоночный канал) (а); *красными стрелками* обозначены расстояния между ножками дуг позвонков (б)

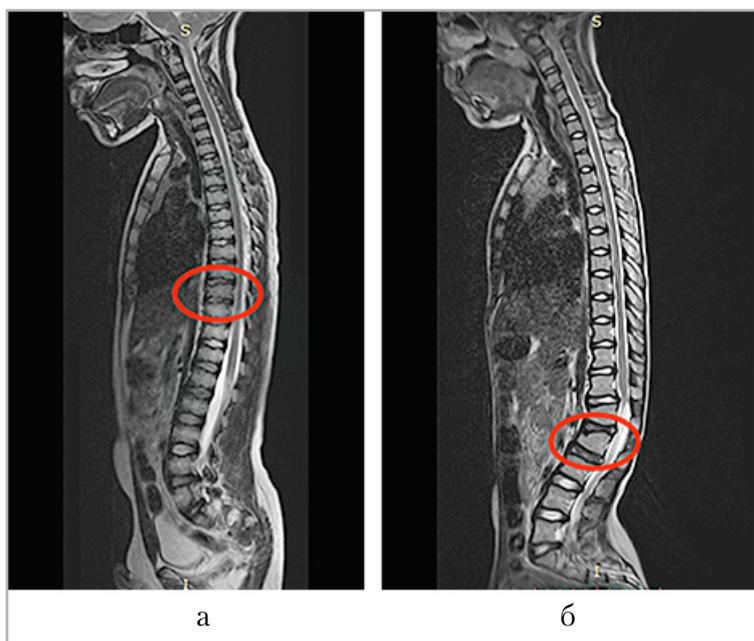


Рис. 3. Магнитно-резонансные томограммы позвоночника пациентов с ахондроплазией в режиме T2-ВИ в сагиттальной плоскости: *красным овалом* выделены зоны интереса: пациент 12 лет, уплощенные позвонки (а), пациент 14 лет, сглаженность грудного кифоза, клиновидный позвонок (б)

раженности была различной. У 16 больных он составлял 60–64°, у 7 — больше 65°, у 7 — больше 70°. Имело место также увеличение угла отклонения крестца.

Сколиоз выявлен у 6 пациентов. В пяти случаях имела место одна дуга (С-образный), у одного пациента — две дуги (S-образный) (рис. 5).

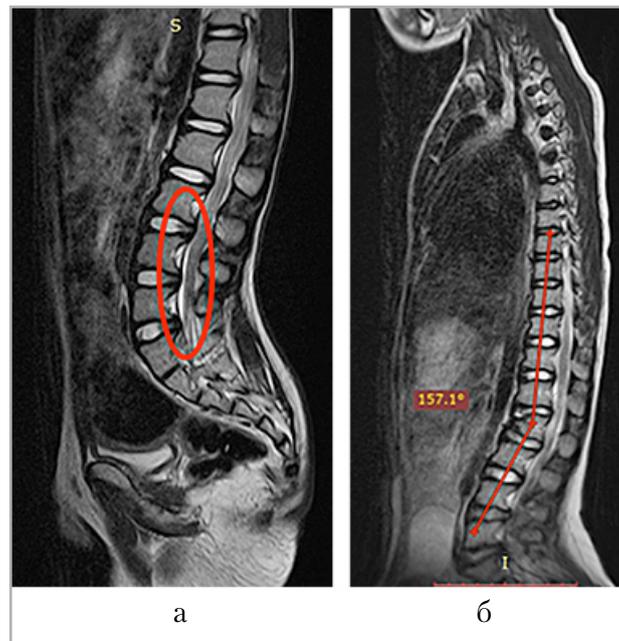


Рис. 4. Магнитно-резонансные томограммы позвоночника пациентов с ахондроплазией в режиме T2-ВИ в сагиттальной плоскости: *а* – вдавление задних покровных пластинок тел позвонков, пациент 14 лет (красный овал); *б* – сглаженность грудного кифоза, груднопоясничный кифоз (пациент 9 лет)

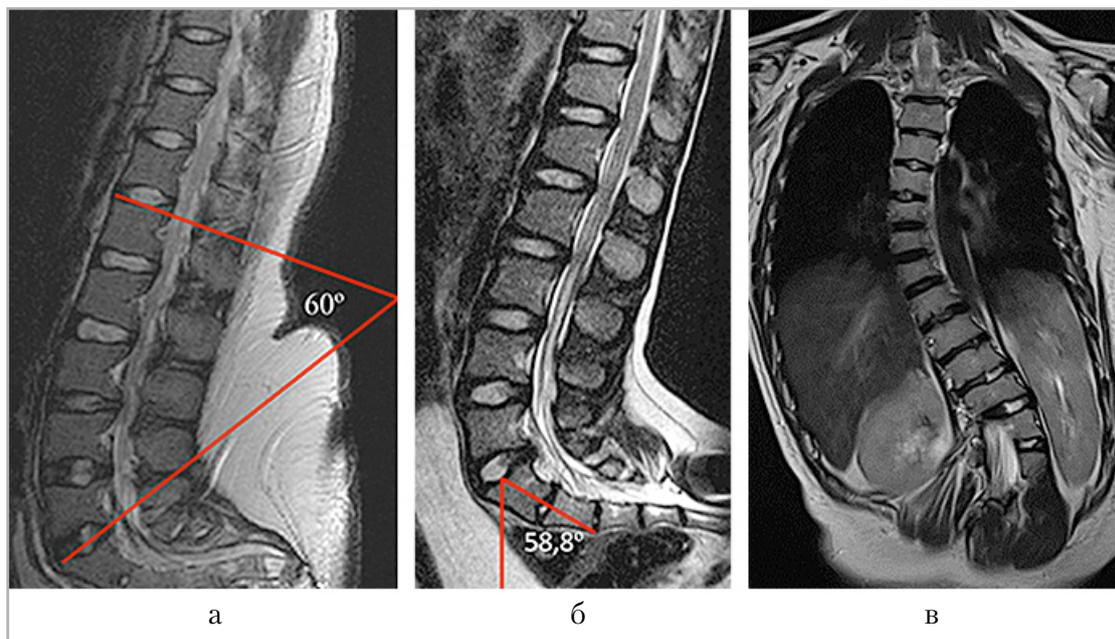


Рис. 5. Магнитно-резонансные томограммы позвоночника пациентов с ахондроплазией в режиме T2-ВИ: *а* – гиперлордоз (сагиттальная плоскость), пациент 16 лет; *б* – увеличение угла отклонения крестца (сагиттальная плоскость), пациент 16 лет; *в* – сколиоз (коронарная плоскость), пациент 14 лет

Уменьшение размеров большого затылочного отверстия (14 пациентов) характерно для многих пациентов с ахондроплазией (рис. 6, а) и сопро-

вождается цервико-медуллярной компрессией, приводящей к различным осложнениям: нарушения дыхания во сне, включая обструктивное апное, цен-

тральное апное, рестриктивную болезнь легких и нарушения регуляции вспомогательной дыхательной мускулатуры, хроническая дыхательная недостаточность [6, 8, 16, 26].

Дегенеративные изменения отмечены в основном в поясничном сегменте, на протяжении LI–LIII, сочетались с врожденными факторами увеличения тораколумбального стеноза, определяли выраженность стеноза позвоночного канала, что предрасполагало к возникновению неврологической симптоматики. Грыжи диска в нашем исследовании отмечены у семи больных в возрасте 15–18 лет (рис. 6, б).

Деформации копчика имели место у 18 пациентов. Величина деформации и ее характер были различными, но чаще имели вид «дверного крючка». Межпозвоночные диски двух-трех каудальных позвонков в поясничном

отделе у 8 пациентов имели клиновидную форму, высота по передней поверхности в два раза превышала высоту по задней (рис. 7).

Изменения спинного мозга имели место у 11 пациентов и проявлялись в виде миелопатии (миеломалаяции) или сирингомиелии (рис. 8). В случае миеломалаяции сигнал на T2-ВИ и T1-ВИ может соответствовать сирингомиелии, однако в случае миеломалаяции также будут присутствовать очаги с нечеткими контурами, гиперинтенсивные на T2-ВИ, но в отличие от сирингомиелии изоинтенсивные на T1-ВИ.

При анализе мышц поясничного отдела позвоночника у пациентов с ахондроплазией выявлена умеренная асимметрия площади параспинальных мышц и пояснично-подвздошной мышцы без фиброзного и жирового перерождения (рис. 9).

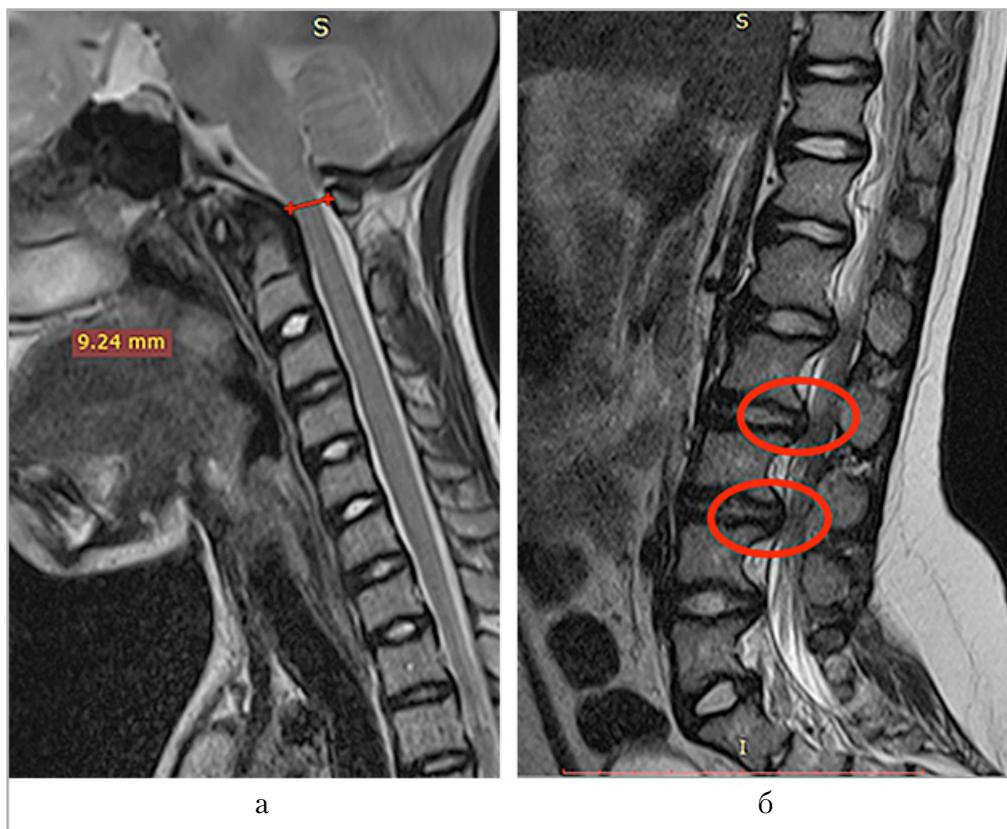


Рис. 6. Магнитно-резонансные томограммы позвоночника пациентов с ахондроплазией в режиме T2-ВИ в сагиттальной плоскости: а – уменьшение размеров большого затылочного отверстия у пациента 12 лет (красная линия); б – грыжи дисков у пациента с ахондроплазией 18 лет (красные овалы)

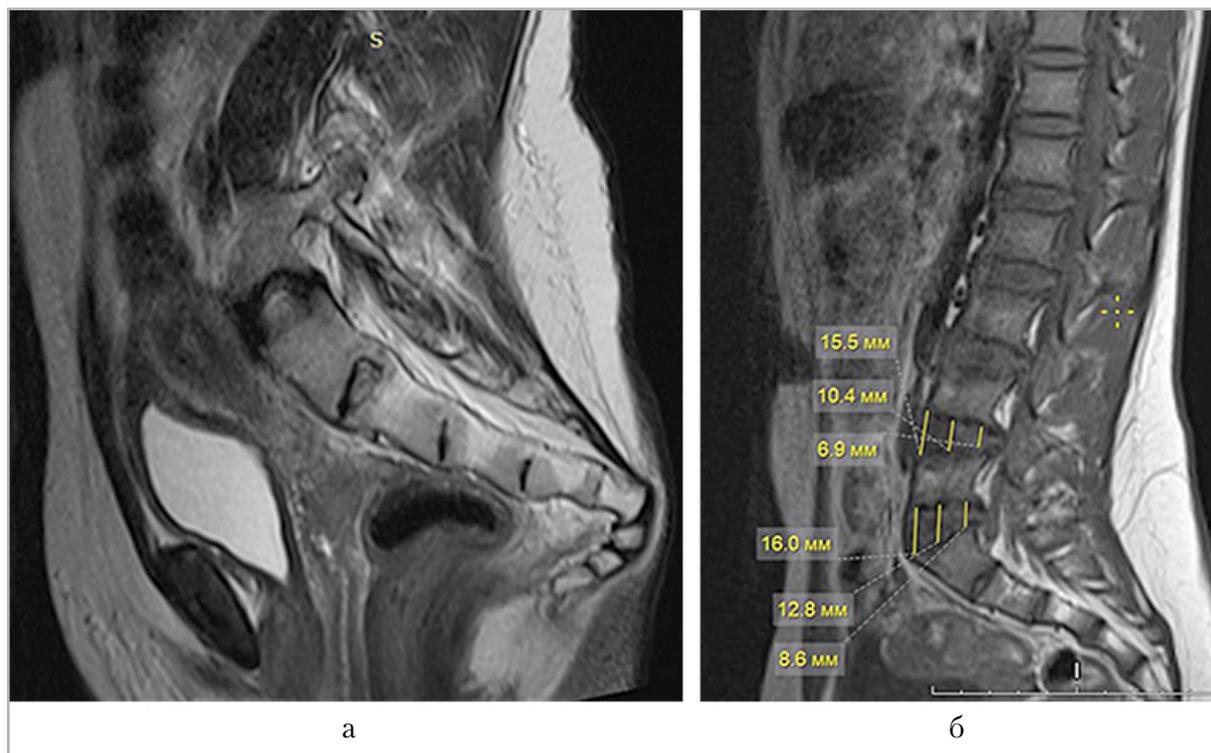


Рис. 7. Магнитно-резонансные томограммы пояснично-крестцового отдела позвоночника пациентов 16 лет с ахондроплазией в режиме T2-ВИ в сагиттальной плоскости: *а* – деформация копчика по типу «дверного крючка»; *б* – размеры и форма межпозвоночных дисков и форма каудальных позвонков в поясничном отделе

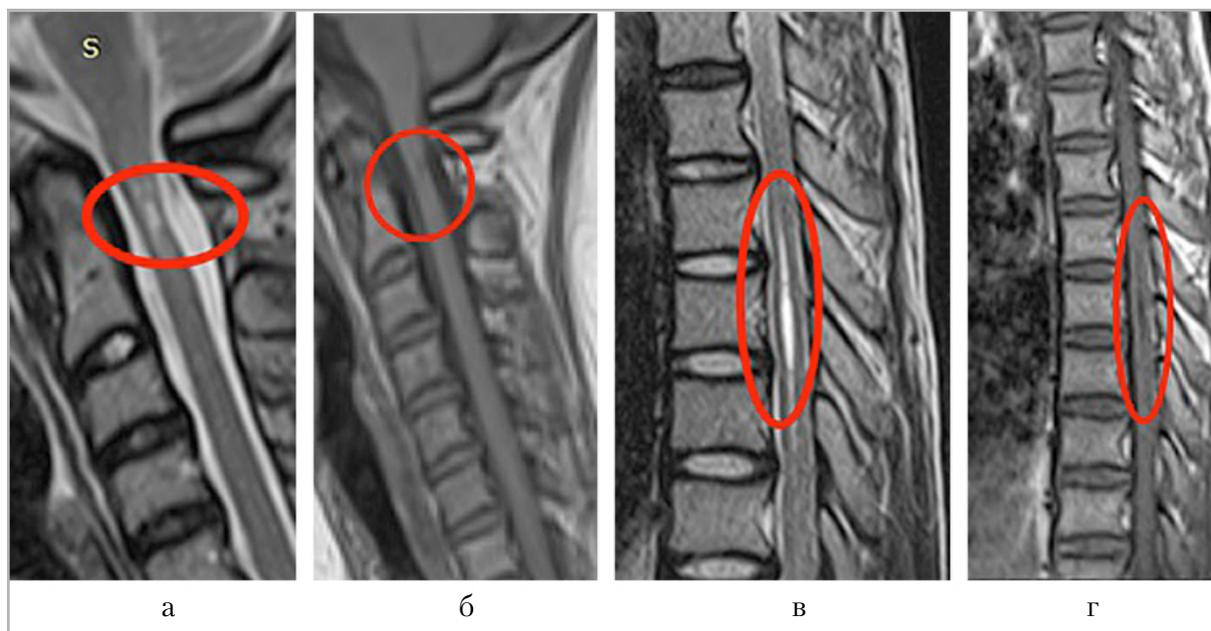


Рис. 8. Магнитно-резонансные томограммы спинного мозга пациентов с ахондроплазией в сагиттальной плоскости: *а, б* – миелопатия (миеломалаяция) (горизонтальный красный овал), пациент 12 лет, *а* – T2-ВИ, *б* – T1-ВИ; *в, г* – сирингомиелия (вертикальный красный овал), пациент 10 лет, *в* – T2-ВИ, *г* – T1-ВИ

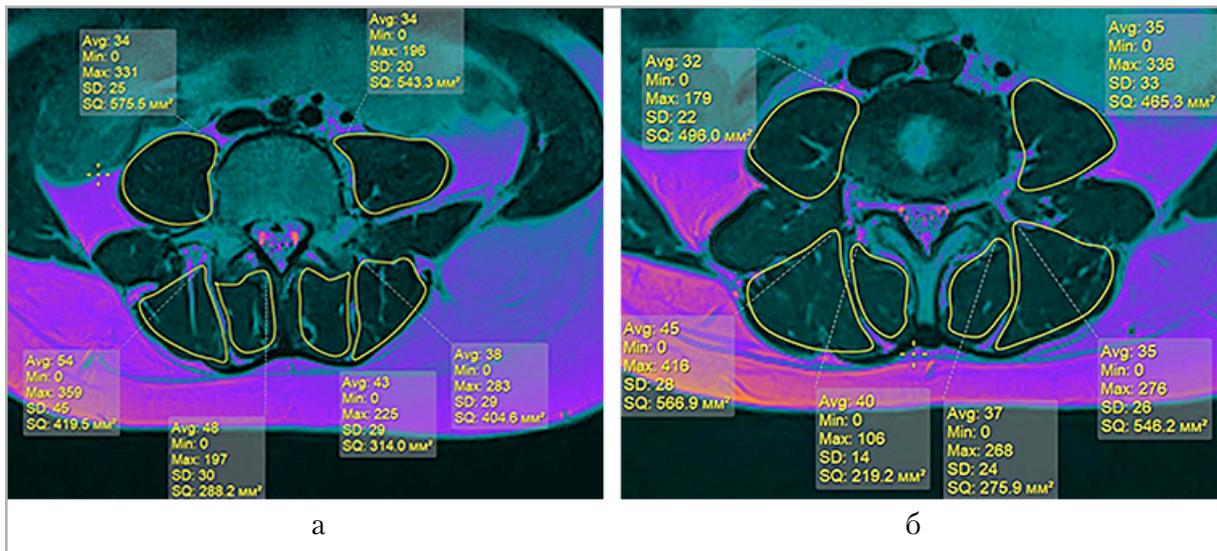


Рис. 9. Магнитно-резонансные томограммы поясничного отдела позвоночника пациентки с ахондроплазией, 12 лет, в режиме T2\_tse-tra-msma\_320. Паравертебральные и подвздошно-поясничные мышцы на различном уровне (а, б)

## Результаты и обсуждение

Изменения, выявляемые при МРТ позвоночника у пациентов с ахондроплазией, характеризовались выраженным полиморфизмом, проявлялись врожденными и дистрофическими изменениями у пациентов старшего возраста. Некоторые из описанных изменений были представлены в работах по рентгеновскому исследованию и при мультисрезовой компьютерной томографии (МСКТ) позвоночника у пациентов с ахондроплазией [1, 2], но МРТ дополняет данные рентгенографии и МСКТ, позволяет оценить состояние спинного мозга у пациентов с ахондроплазией, степень дегенеративных изменений, выраженность тораколюмбального стеноза, который является наиболее частым осложнением, возникающим в подростковом и взрослом возрасте [13, 17]. По мнению R. Calandrelli и др. (2022), при стенозе на уровне краниальных позвонков поясничного отдела позвоночника значение выше 60 % может быть критическим для появления неврологической симптоматики во взрослом возрасте [9]. В

связи с этим анализ степени выраженности врожденных и дегенеративных изменений позвоночника у пациентов, страдающих ахондроплазией, особенно в процессе устранения укорочения конечностей, важен для выявления факторов, предрасполагающих к возникновению неврологической симптоматики, или лечения уже возникших осложнений [4, 5, 17, 19]. Врожденные изменения позвоночника в исследованной группе больных в виде укороченных ножек позвонков и уменьшения расстояния между ножками позвонков в каудальном направлении в поясничном отделе позвоночника имели место у всех 35 пациентов как основные дифференциально-диагностические проявления ахондроплазии, что совпадает с ранее проведенными исследованиями [1].

Большая часть изменений позвоночника у пациентов с ахондроплазией выявляется в детском возрасте, учитывая этиологию заболевания, однако дистрофические изменения дисков, как правило, появляются с возрастом [9]. Из 35 пациентов обследованной группы грыжи дисков выявлены у семи пациентов в возрасте 15–18 лет.

Есть работы, где указано, что длина позвоночника была уменьшена у всех пациентов [15, 21], страдающих ахондроплазией, что совпадает и с нашими данными, но за счет нормальной высоты межпозвонковых дисков высота позвоночника у детей ненамного отличается от здоровых сверстников, что и обуславливает резкий диссонанс между длиной туловища и длиной конечностей [1].

Важным моментом при исследовании пациентов с ахондроплазией должно быть выявление и несkeletalных осложнений, которые проявляются в различном возрасте и должны быть учтены при хирургическом лечении [16, 22, 26].

Выявленные при МРТ изменения спинного мозга у пациентов с ахондроплазией в виде миелопатии и сирингомиелии, даже у небольшого количества пациентов, тем не менее обосновывают необходимость данного обследования, поскольку многим детям планируется удлинение конечностей, зачастую в несколько этапов, поэтому крайне важно знать о возможных проблемах спинного мозга [19, 24].

Известны изменения мышц верхних и нижних конечностей у пациентов с ахондроплазией [3], но параспинальные мышцы у пациентов в детском возрасте имеют нормальную структуру, отмечена только небольшая асимметрия при определении площади на аксиальном срезе.

## Заключение

Анализ МРТ-семиотики патологических изменений позвоночника у пациентов с ахондроплазией свидетельствует о чрезвычайном их полиморфизме и различной степени выраженности. Анатомические отклонения от нормы в строении позвоночника пациентов с ахондроплазией включают более 15 проявлений, частота которых различна и колеблется от 17 до 100 % в обследованной группе. Преобладают изменения, связанные с

этиологическими причинами, дистрофические изменения встречаются значительно реже у пациентов в возрасте 15–18 лет.

Применение МРТ для обследования пациентов с ахондроплазией обусловлено возможностью данного метода выявления риска развития неврологических симптомов, связанных со стенозом позвоночного канала, изучения состояния спинного мозга, особенно у пациентов с планируемыми хирургическими вмешательствами, когда МРТ целесообразно включать в обязательный алгоритм обследования [20].

## Список источников

1. Ахондроплазия: рук. для врачей / под ред. А. В. Попкова, В. И. Шевцова. М.: Медицина, 2001. 352 с.
2. Дьячкова Г. В., Аранович А. М., Новикова О. С., Щукин А. А. Клинико-рентгенологические особенности пояснично-крестцового отдела позвоночника у больных ахондроплазией // Гений Ортопедии. 2000. № 4. С. 46–48.
3. Дьячков К. А., Дьячкова Г. В., Корабельников М. А. Количественные рентгеноанатомические характеристики мышц у больных ахондроплазией различного возраста до и после удлинения нижних конечностей по данным КР, КТ, МРТ // Гений Ортопедии. 2006. № 4. С. 50–54.
4. Колесов С. В., Снетков А. А., Сажнев М. Л. Хирургическое лечение деформации позвоночника при ахондроплазии // Хирургия позвоночника. 2013. № 4. С. 17–22.
5. Прудникова О. Г., Аранович А. М. Клинико-рентгенологические аспекты сагиттального баланса позвоночника у детей с ахондроплазией // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2018. Т. 6, по. 4. С. 6–12.
6. Решиков Д. А., Пальм В. В., Васильев И. Г., Рассказчикова И. В. Цервико-медуллярная компрессия у детей с ахондроплазией: диагностика и лечение.

- // Голова и шея. Российский журнал. 2021. Т. 9, no. 1. С. 45–53.
7. Рушаков А. В. Введение в физиологию и патологию костной ткани: многотомное рук. по патанатомии. М.: Медгиз, 1959. Т. 5.
  8. Bedeschi M. F., Mora S., Antoniazzi F. et al. JAMP Group. The clinical management of children with achondroplasia in Italy: results of clinician and parent/caregiver surveys. *J. Endocrinol. Invest.* 2023 Jul 19.
  9. Calandrelli R., Pilato F., Massimi L. et al. Thoracolumbar stenosis and neurologic symptoms: Quantitative MRI in achondroplasia. *J. Neuroimaging.* 2022. No. 5(32). P. 884–893.
  10. Carlisle E. S., Ting B. L., Abdullah M. A. et al. Laminectomy in patients with achondroplasia: the impact of time to surgery on long-term function. *pine (Phila Pa 1976)*. 2011. No. 11(36). P. 886–892.
  11. Chan J. L., Quintero-Consuegra M. D., Kanim L. E. A. et al. Perioperative Complications Following Spine Surgery in Adult Patients with Achondroplasia. *Global Spine J.* 2023. 21925682231157373.
  12. da Silva L. C. A., Asma A., Ulusaloglu A. C. et al. Walking status and spinopelvic parameters in young children with achondroplasia: 10-year follow-up// *Spine Deform.* 2023 Jul 26.
  13. Hoover-Fong J., Scott C. I., Jones M. C. COMMITTEE ON GENETICS. Health supervision for people with achondroplasia. *Pediatrics.* 2020. 145: e20201010.
  14. Hoover-Fong J. E., Alade A. Y., Hashmi S. S. et al. Achondroplasia Natural History Study (CLARITY): a multicenter retrospective cohort study of achondroplasia in the United States. *Genet Med.* 2021. No. 8(23). P. 1498–1505.
  15. Huet T., Cohen-Solal M., Laredo J. D. et al. Lumbar spinal stenosis and disc alterations affect the upper lumbar spine in adults with achondroplasia. *Sci. Rep.* 2020. No. 10. P. 4699.
  16. Irving M., Alsayed M., Arundel P. et al. European Achondroplasia Forum guiding principles for the detection and management of foramen magnum stenosis *Orphanet J. Rare Dis.* 2023. No. 1(18). P. 219.
  17. Khalid K., Saifuddin A. Pictorial review: imaging of the spinal manifestations of achondroplasia. *Br. J. Radiol.* 2021. No. 1123(94). P. 20210223.
  18. Kitoh H., Matsushita M., Mishima K., Kamiya Y., Sawamura K. Disease-specific complications and multidisciplinary interventions in achondroplasia. *J. Bone Miner Metab.* 2022. No. 2(40). P. 189–195.
  19. Mackenzie W. G., Dhawale A. A., Demczko M. M. et al. Flexion-extension cervical spine MRI in children with skeletal dysplasia: is it safe and effective? *J. Pediatr. Orthop.* 2013. No. 33. P. 91–98.
  20. Nahm N. J., Mackenzie W. G. S., Mackenzie W. G. Achondroplasia natural history study (CLARITY): 60-year experience in orthopedic surgery from four skeletal dysplasia centers. *Orphanet. J. Rare Dis.* 2023. No. 1(18). P. 139.
  21. Pauli R. M. Achondroplasia: a comprehensive clinical review. *Orphanet. J. Rare Dis.* 2019. No. 14. P. 1.
  22. Pimenta J. M., Irving M., Cheung M., Mazzeo L., Landis S, Mukherjee S. Higher rates of non-skeletal complications and greater healthcare needs in achondroplasia compared to the general UK population: a matched cohort study using the CPRD database. *Orphanet. J. Rare Dis.* 2023. No. 1(8). P. 211.
  23. Shiang R., Thompson L. M., Zhu Y. Z., Church D. M, Fielder T. J., Bocian M., Winokur S. T., Wasmuth J. J. Mutations in the transmembrane domain of FGFR3 cause the most common genetic form of dwarfism, achondroplasia. *Cell.* 1994. No. 2(78). P. 335–342.
  24. Shim Y., Ko J. M., Cho T. J., Kim S. K., Phi J. H. Predictors of cervical myelopathy and hydrocephalus in young children with achondroplasia. *Orphanet. J. Rare Dis.* 2021. No. 1(16). P. 81.
  25. Stender M., Pimenta J. M., Cheung M., Irving M., Mukherjee S. Comprehensive

literature review on the prevalence of comorbid conditions in patients with achondroplasia. *Bone*. 2022; 162: 116472.

26. Wrobel W., Pach E., Ben-Skowronek I. Advantages and Disadvantages of Different Treatment Methods in Achondroplasia: A Review. *Int J. Mol. Sci.* 2021. No. 11(22). P. 5573.

## References

- Achondroplasia: a guide for doctors / ed. A. V. Popkov, V. I. Shevtsov. M.: Medicine, 2001. 352 p. (In Russ.).
- Diachkova G. V., Aranovich A. M., Novikova O. S., Shchukin A. A. Clinical and radiological features of the lumbosacral spine in patients with achondroplasia. *Geniy Ortopedii*. 2000;4:46-48. (In Russ.).
- Diachkov K. A., Diachkova G. V., Korabel'nikov M. A. Quantitative roentgen-and-anatomic characteristics of muscles in patients of different age with achondroplasia before and after lower limb lengthening according by CR, CT, MRT data. *Geniy Ortopedii*. 2006; 4:50-54. (In Russ.).
- Kolesov S. V., Snetkov A. A., Sazhnev M. L. Surgical treatment for spine deformity in achondroplasia. *Khirurgiya pozvonochnika*. 2013;4:17-22. (In Russ.).
- Prudnikova O. G., Aranovich A. M. Clinical and radiological aspects of the sagittal balance of the spine in children with achondroplasia. *Detskaya travmatologiya, ortopediya i vosstanovitel'naya khirurgiya*. 2018;6(4):6-12. (In Russ.).
- Reshchikov D. A., Pal'm V. V., Vasil'ev I. G., Rasskazchikova I. V. Cervicomedullary compression in children with achondroplasia: diagnosis and treatment. *Golova i sheya. Russkiy zhurnal*. 2021; 9(1):45-53. (In Russ.).
- Rusakov A. V. Introduction to the physiology and pathology of bone tissue: a multi-volume handbook. in pathology. Moscow: Medgiz, 1959. T. 5. (In Russ.).
- Bedeschi M. F., Mora S., Antoniazzi F. et al. JAMP Group. The clinical management of children with achondroplasia in Italy: results of clinician and parent/caregiver surveys. *J. Endocrinol. Invest.* 2023 Jul 19.
- Calandrelli R., Pilato F., Massimi L. et al. Thoracolumbar stenosis and neurologic symptoms: Quantitative MRI in achondroplasia. *J. Neuroimaging*. 2022;5(32):884-893.
- Carlisle E. S., Ting B. L., Abdullah M. A. et al. Laminectomy in patients with achondroplasia: the impact of time to surgery on long-term function. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011;11(36):886-892.
- Chan J. L., Quintero-Consuegra M. D., Kanim L. E. A., et al. Perioperative Complications Following Spine Surgery in Adult Patients with Achondroplasia. *Global Spine J.* 2023.21925682231157373.
- da Silva L. C. A., Asma A., Ulusaloglu A. C. et al. Walking status and spinopelvic parameters in young children with achondroplasia: 10-year follow-up// *Spine Deform.* 2023 Jul 26.
- Hoover-Fong J., Scott C. I., Jones M. C. COMMITTEE ON GENETICS. Health supervision for people with achondroplasia. *Pediatrics*. 2020;145:e20201010.
- Hoover-Fong J. E., Alade A. Y., Hashmi S. S. et al. Achondroplasia Natural History Study (CLARITY): a multicenter retrospective cohort study of achondroplasia in the United States. *Genet Med*. 2021;8(23):1498-1505.
- Huet T., Cohen-Solal M., Laredo J. D. et al. Lumbar spinal stenosis and disc alterations affect the upper lumbar spine in adults with achondroplasia. *Sci Rep*. 2020;10:4699.
- Irving M., Alsayed M., Arundel P. et al. European Achondroplasia Forum guiding principles for the detection and management of foramen magnum stenosis. *Orphanet J. Rare Dis.* 2023;1(18):219.
- Khalid K., Saifuddin A. Pictorial review: imaging of the spinal manifestations of achondroplasia. *Br. J. Radiol.* 2021; 1123(94):20210223.
- Kitoh H., Matsushita M., Mishima K., Kamiya Y., Sawamura K. Disease-specific

- complications and multidisciplinary interventions in achondroplasia. *J. Bone Miner Metab.* 2022;2(40):189-195.
19. Mackenzie W. G., Dhawale A. A., Demczko M. M. et al. Flexion-extension cervical spine MRI in children with skeletal dysplasia: is it safe and effective? *J. Pediatr. Orthop.* 2013;33:91–98.
  20. Nahm N. J., Mackenzie W. G. S., Mackenzie W. G. Achondroplasia natural history study (CLARITY): 60-year experience in orthopedic surgery from four skeletal dysplasia centers. *Orphanet. J. Rare. Dis.* 2023;1(18):139.
  21. Pauli R. M. Achondroplasia: a comprehensive clinical review. *Orphanet J. Rare. Dis.* 2019;14:1.
  22. Pimenta J. M., Irving M., Cheung M., Mazzeo L., Landis S, Mukherjee S. Higher rates of non-skeletal complications and greater healthcare needs in achondroplasia compared to the general UK population: a matched cohort study using the CPRD database. *Orphanet J. Rare. Dis.* 2023;1(8):211.
  23. Shiang R., Thompson L. M., Zhu Y. Z., Church D. M, Fielder T. J., Bocian M, Winokur S. T., Wasmuth J. J. Mutations in the transmembrane domain of FGFR3 cause the most common genetic form of dwarfism, achondroplasia. *Cell.* 1994; 2(78):335-342.
  24. Shim Y., Ko J. M., Cho T. J., Kim S. K., Phi J. H. Predictors of cervical myelopathy and hydrocephalus in young children with achondroplasia. *Orphanet J. Rare Dis.* 2021;1(16):81.
  25. Stender M., Pimenta J. M., Cheung M., Irving M., Mukherjee S. Comprehensive literature review on the prevalence of comorbid conditions in patients with achondroplasia. *Bone.* 2022;162:116472.
  26. Wrobel W., Pach E., Ben-Skowronek I. Advantages and Disadvantages of Different Treatment Methods in Achondroplasia: A Review. *Int J. Mol. Sci.* 2021;11(22):5573.

---

## Сведения об авторах / Information about the authors

**Дьячков Константин Александрович**, доктор медицинских наук, главный научный сотрудник лаборатории рентгеновских и ультразвуковых методов диагностики, заведующий рентгеновским отделением ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г. А. Илизарова» Минздрава России, Курган, Россия.  
640014, г. Курган, ул. М. Ульяновой, д. 6.  
+7 (3522) 45-37-49

Вклад автора: создание метаданных; проверка воспроизводимости результатов исследований; применение статистических методов.

**Diachkov Konstantin Aleksandrovich**, Doctor of Medical Sciences, the Leading Scientific Researcher, Head of Radiology Department National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after Academician G. A. Ilizarov of the Ministry of Healthcare of Russia, Kurgan, Russia.  
6, ul. M. Ulyanovoy, Kurgan, 640014, Russia. +7 (3522) 45-37-49

Authors' contribution: creating meta-data; checking results reproducibility; application of statistical methods.

**Дьячкова Галина Викторовна**, доктор медицинских наук, профессор, заведующая лабораторией рентгеновских и ультразвуковых методов диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г. А. Илизарова» Минздрава России, Курган, Россия.  
640014, г. Курган, ул. М. Ульяновой, д. 6.  
+7 (3522) 45-26-14

Вклад автора: идея; формулировка цели, разработка методологии; подготовка и написание первоначального проекта работы; внесение корректировки в первоначальный вариант.

**Diachkova Galina Viktorovna**, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the laboratory National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after Academician G. A. Ilizarov of the Ministry of Healthcare of Russia, Kurgan, Russia.

6, ul. M. Ulyanovoy, Kurgan, 640014, Russia.  
+7 (3522) 45-26-14

Authors' contribution: idea; formulating purpose, development of methodology; preparation and writing the initial draft of the work; correction of the initial draft.

**Аранович Анна Майоровна**, доктор медицинских наук, профессор, заведующая 17-м ортопедо-травматологическим отделением ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г. А. Илизарова» Минздрава России, Курган, Россия.

6, ul. M. Ulyanovoy, Kurgan, 640014, Russia.  
+7 (3522) 45-13-07

Вклад автора: участие в написании первоначального варианта статьи, подготовка иллюстраций.

**Aranovich Anna Mayorovna**, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the 17th Orthopedic and Traumatology Department National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after Academician G. A. Ilizarov of the Ministry of Healthcare of Russia, Kurgan, Russia.

6, ul. M. Ulyanovoy, Kurgan, 640014, Russia.  
+7(3522) 45-13-07

Authors' contribution: participation in writing the initial version of the article, preparation of illustrations.

**Прудникова Оксана Германовна**, доктор медицинских наук, старший научный сотрудник научно-клинической лаборатории патологии осевого скелета и нейрохирургии, заведующая травматолого-ортопедическим отделением № 10 ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г. А. Илизарова» Минздрава России, Курган, Россия.

640014, г. Курган, ул. М. Ульяновой, д. 6.  
+7 (3522) 45-33-57

Вклад автора: проверка воспроизводимости результатов исследований, редактирование статьи.

**Prudnikova Oksana Germanovna**, Doctor of Medical Sciences, Senior Scientific Researcher, Scientific and Clinical Laboratory of Axial Skeleton pathology and Neurosurgery, Head of Trauma and orthopedic Dept. No. 10 National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after Academician G. A. Ilizarov of the Ministry of Healthcare of Russia, Kurgan, Russia.

6, ul. M. Ulyanovoy, Kurgan, 640014, Russia.  
+7 (3522) 45-33 -57

Authors' contribution: checking the reproducibility of research results, editing the article.

### **Финансирование исследования и конфликт интересов**

Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

### **Research funding and conflict of interest**

The study was not funded by any sources. The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Статья поступила в редакцию 04.08.2023;  
одобрена после рецензирования 24.08.2023;  
принята к публикации 25.08.2023.

The article was submitted 04.08.2023;  
approved after reviewing 24.08.2023;  
accepted for publication 25.08.2023.