



# Многосрезовая компьютерная томография в диагностике изменений ягодичных мышц у больных сколиозом разного возраста и с различной величиной деформации до лечения

Дьячкова Г.В.<sup>1,\*</sup>, Зейналов Ю.<sup>2</sup>, Корабельников М.А.<sup>3</sup>,  
Дьячков К.А.<sup>1</sup>, Ларионова Т.А.<sup>1</sup>, Сутягин И.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, ул. М. Ульяновой, 6, Курган, 640014, Российская Федерация

<sup>2</sup>Клиника Военно-медицинского управления Службы государственной безопасности Азербайджанской Республики, ул. Мектебли, 1, Баку, AZ1000, Республика Азербайджан

<sup>3</sup>Радиологический центр ГАУЗ ТО «Многопрофильный клинический медицинский центр “Медицинский город”», ул. Барнаульская, 32, Тюмень, 625041, Российская Федерация

## Резюме

**Цель исследования** – с помощью многосрезовой компьютерной томографии (МСКТ) изучить состояние ягодичных мышц у больных сколиозом различной этиологии.

**Материал и методы.** МСКТ впервые применена для исследования ягодичных мышц у 27 больных идиопатическим сколиозом. Больные были обследованы для изучения позвоночника с целью определения метода и тактики лечения сколиоза. Мышцы были дополнительно изучены с помощью рабочих станций и программ для обработки данных МСКТ. В контрольную группу включены 18 пациентов без клинически и КТ-выявленной патологии позвоночника и тазобедренного сустава, которые были обследованы в связи с заболеваниями органов малого таза.

**Результаты.** При деформациях позвоночника не более 60° у пациентов в возрасте до 18 лет изменения мышц заключались в умеренной гипотрофии, увеличении плотности, особенно средней ягодичной мышцы, до  $62,01 \pm 7,20$  HU. У больных в возрасте старше 18 лет плотность мышц уменьшалась при любой величине деформации и была тем меньше, чем старше были пациенты. У больных с деформацией позвоночника более 90° плотность большой ягодичной мышцы достоверно различалась на выпуклой и вогнутой стороне и была меньше ( $p < 0,05$ ) с вогнутой стороны, чем у пациентов с деформацией 60–90°.

**Заключение.** Результаты работы показали, что на состояние ягодичных мышц у больных сколиозом влияет не только величина деформации, но и возраст. У больных старше 18 лет изменения в мышцах при равной величине деформации выражены больше и проявляются гипотрофией, атрофией, жировым перерождением.

**Ключевые слова:** идиопатический сколиоз; ягодичные мышцы; многосрезовая компьютерная томография.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Дьячкова Г.В., Зейналов Ю., Корабельников М.А., Дьячков К.А., Ларионова Т.А., Сутягин И.В. Многосрезовая компьютерная томография в диагностике изменений ягодичных мышц у больных сколиозом разного возраста и с различной величиной деформации до лечения. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2020; 101 (3): 147–54. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2020-101-3-147-154>

Статья поступила 05.02.2020

Принята в печать 28.05.2020

## Multislice Computed Tomography in Diagnosing Changes in the Gluteal Muscles of Patients with Scoliosis at Different Ages and with Different Magnitudes of Deformation Before Treatment

Galina V. Diachkova<sup>1,\*</sup>, Yusif Zeynalov<sup>2</sup>, Mikhail A. Korabel'nikov<sup>3</sup>,  
Konstantin A. Diachkov<sup>1</sup>, Tat'yana A. Larionova<sup>1</sup>, Il'ya V. Sutyagin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Ministry of Health of the Russian Federation, ul. M. Ul'yanovoy, 6, Kurgan, 640014, Russian Federation

<sup>2</sup>Clinic of the Military Medical Department of the State Security Service of the Republic of Azerbaijan, ul. Mektebli, 1, Baku, AZ1000, Republic of Azerbaijan

<sup>3</sup>Radiologic Center of the Multidisciplinary Medical Center “Medical City”, ul. Barnaul'skaya, 32, Tyumen, 625041, Russian Federation

**Abstract**

**Objective.** To study the gluteal muscles in patients with scoliosis of various etiologies using multislice computed tomography (MSCT).

**Material and methods.** MSCT was first used to study the gluteal muscles of 27 patients with idiopathic scoliosis. The patients were examined to study the vertebral column in order to determine a method and tactics for scoliosis treatment. The muscles were additionally examined using workstations and programs for MSCT data processing. In a control group of 18 patients with no clinical manifestations of spinal and hip joint abnormalities or those detected on CT, their gluteal muscles were examined due to their pelvic organ diseases.

**Results.** Patients younger than 18 years of age who had spinal deformations of not more than 60 degrees had muscle changes as moderate hypotrophy, increased density, especially that of the gluteus medius muscle to  $62.01 \pm 7.20$  HU. In patients over 18 years of age, the muscle density decreased at any magnitude of deformation and was the smaller the older patients were. In patients with spinal deformation greater than 90 degrees, the density of the gluteus maximus muscle on the convex side was significantly different from that on the concave side and was less on the concave side ( $p < 0.05$ ) than in those with a deformation of 60–90 degrees.

**Conclusion.** The results showed that in patients with scoliosis, the gluteal muscles were affected not only by the magnitude of deformation, but also by age. In patients over 18 years of age, muscle changes with equal magnitudes of deformation were more pronounced and were manifested by hypotrophy, atrophy, and fatty degeneration.

**Keywords:** idiopathic scoliosis; gluteal muscles; multislice computed tomography.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Funding.** The study had no sponsorship.

**For citation:** Diachkova G.V., Zeynalov Yu., Korabel'nikov M.A., Diachkov K.A., Larionova T.A., Sutyagin I.V. Multislice computed tomography in diagnosing changes in the gluteal muscles of patients with scoliosis at different ages and with different magnitudes of deformation before treatment. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2020; 101 (3): 147–54 (in Russ.). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2020-101-3-147-154>

Received 05.02.2020

Accepted 28.05.2020

**Введение**

Работы многих авторов, занимающихся изучением adolescentного идиопатического сколиоза (АИС), посвящены в основном изучению характера, вида и величины деформации позвоночника, скорости прогрессирования сколиоза, состояния позвонков [1–4]. Достаточно много работ связано с оценкой состояния параспинальных мышц, мышц туловища, изучаемых различными способами [5, 6]. Эти исследования направлены как на изучение предполагаемой причины АИС, так и объективную оценку позвоночника с целью выбора метода лечения. Однако есть работы, посвященные исследованию тазобедренного сустава и состоянию мышц, имеющих отношение к обеспечению объема движения в этом суставе, у больных с патологией позвоночника [7, 8]. R.G. Burwell et al. проведен цикл исследований, касающихся многофакторной теории происхождения АИС, среди них есть работы, в которых представлены биомеханические данные не только о деформации позвоночника, но и о взаимоотношениях бедренной и большеберцовой костей, что может быть связано с возникновением или прогрессированием сколиоза [2, 9].

Среди специалистов, занимающихся изучением этиологии сколиоза, достаточно популярной была теория контрактурного синдрома, проявляющегося многими симптомами, в том числе нару-

шением отведения или приведения бедра, результатом которого были функциональное неравенство нижних конечностей и сколиоз [1, 10–12]. В число основных отводящих мышц бедра входят малая и средняя ягодичные мышцы, а также часть мышечных пучков большой ягодичной мышцы, при этом в очень ограниченном количестве работ, касающихся изучения мышц при сколиозе, упоминаются морфологические, биомеханические изменения ягодичных мышц у больных АИС [5, 6, 13]. В работе V. Sahgal et al. 1983 г. при изучении мышц у 15 больных идиопатическим сколиозом отмечены явления миопатии и значительное уменьшение волокон II типа в *M. gluteus maximus* и группе параспинальных мышц на вершине деформации, на вогнутой стороне. Ультраструктурные изменения параспинальных и ягодичных мышц заключались в нарушении структуры миофиламентов, расположения Z-полос и накопления гликогена, липидов и митохондрий [5]. В работах P. Mahaudens et al., F.C. Kuo et al. при электромиографии выявлены изменения различных показателей средней ягодичной мышцы по сравнению со здоровыми сверстниками, а также после оперативного лечения [4, 14].

Однако при изучении ягодичных мышц у больных АИС авторами не были использованы современные визуализационные методики, тогда как они

наиболее эффективны для предоперационного обследования больных.

Цель нашего исследования – изучить методом МСКТ состояние ягодичных мышц у больных adolescentным идиопатическим сколиозом для определения их плотностных характеристик, площади, толщины в сравнении с контрольной группой пациентов и в зависимости от величины деформации.

## Материал и методы

В рамках когортного сплошного ретроспективного бицентрового исследования у 27 больных идиопатическим сколиозом различной степени тяжести в возрасте от 15 до 47 лет методом МСКТ изучено состояние ягодичных мышц: большой ягодичной мышцы (*M. gluteus maximus*), средней ягодичной мышцы (*M. gluteus medius*), малой ягодичной мышцы (*M. gluteus minimus*). Пациенты были обследованы в 2017–2018 гг. для подготовки к оперативному лечению. Большинство больных составляли женщины (24 из 27). Грудной сколиоз был у 18, груднопоясничный – у 8, поясничный – у 1 пациента. Типичный правосторонний сколиоз был у 25 больных, левосторонний (атипичный) сколиоз средне- и нижегрудной локализации – у 2 пациентов. Для определения типа сколиоза использована классификация Lenke (2001 г.) [15]. Классификация представляет собой числовую шкалу, которая описывает различные типы деформаций в зависимости от их уровня (проксимальный грудной (PT), основной грудной (MT) и груднопоясничный/поясничный (TL/L)), а также фронтальный баланс поясничного отдела позвоночника (A/B/C) и сагиттальный профиль грудного отдела позвоночника (–/N/+). Комбинация классификационных критериев (например, «1BN») позволяет выбрать

оптимальное хирургическое лечение. Распределение больных по типу сколиоза представлено в таблице 1.

У 88,9% больных деформация составляла 60–120°, у 11,1% – от 40 до 59° (табл. 2).

Критерием включения в исследование было наличие идиопатического сколиоза до лечения, критериями исключения – наличие врожденной патологии позвоночника и спинного мозга, а также после операций, системная патология.

Для анализа плотности и толщины ягодичных мышц больные были разделены на группы по возрасту (до 18 лет и старше 18 лет – 2.1 и 2.2) и степени деформации (меньше 60° и больше 60° – 1.1 и 1.2).

Исследование проведено на томографе GE OPTIMA CT660 (США), изучены плотность, толщина, площадь ягодичных мышц. МСКТ позвоночника была выполнена пациентам для планирования хирургического вмешательства на позвоночнике. Мышцы были параллельно изучены с использованием рабочей станции и дополнительных программ. Определяли толщину и плотностные показатели мышц по шкале Хаунсфилда (HU) с выпуклой и вогнутой стороны деформации. Измерение площади, толщины и плотности мышцы на аксиальных срезах и при МРР проводили на срезах, перпендикулярных ее длине. Плотность определяли на всей площади поперечного сечения мышцы. Для этого на аксиальном срезе всю мышцу оконтуривали замкнутой линией, внутри которой измеряли плотность и площадь. Кроме того, исследовали локальную плотность мышц в отдельных участках, которые отличались по структуре от прилежащих зон мышечного брюшка. При обработке данных МСКТ использовали современные возможности рабочей станции. В связи с тем, что данные

Таблица 1

Распределение больных по типу сколиоза (классификация Lenke)

Пол	Тип сколиоза					
	1	2	3	4	5	6
Мужской	–	1	1	–	1	–
Женский	4	13	5	1	–	1

Таблица 2

Распределение больных по величине сколиотической деформации

Пол	Угол сколиотической деформации		
	40–59°	60–120°	Итого
Мужской	2	1	3
Женский	1	23	24
Всего, n (%)	3 (11,1)	24 (88,9)	27 (100)

о толщине мышц отличались как в зависимости от антропометрических показателей больных, так и анатомических изменений позвоночника, определяли отношение (в %) площади, толщины мышц с выпуклой стороны к вогнутой.

Поскольку в литературе отсутствуют данные о нормальной плотности ягодичных мышц, в качестве контрольной группы использованы показатели, полученные нами при исследовании больных различного возраста с патологией малого таза без изменений в области тазобедренного сустава. Больные были разделены на три группы: 1-я группа – от 18 до 35 лет, 2-я группа – от 36 до 55 лет, 3-я группа – от 56 до 65 лет. Исследование пациентов контрольной группы проведено на компьютерных томографах Somatom AR-MP и Somatom SMILE (Siemens). Определяли толщину мышц, их плотностные показатели по шкале Хаунсфилда.

Исследование выполнено в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г., а также «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. Все лица, участвовавшие в исследовании, подписали информированное согласие.

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета анализа данных Microsoft EXCEL-2010 и программы Attestat-2001. Для определения нормальности распределения выборки использовали критерий Шапиро–Уилка. При нормальном распределении количественных показателей применялся t-критерий Стьюдента. В остальных случаях использовали непараметрические методы (критерий Манна–Уитни, критерий Вилкоксона). Принятый уровень значимости – 0,05.

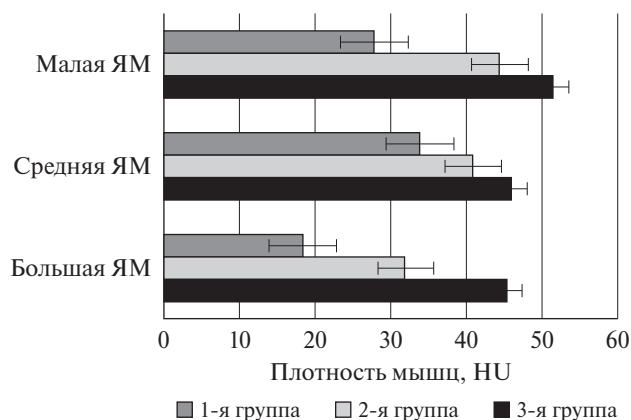


Рис. 1. Плотность ягодичных мышц (ЯМ) по данным КТ в зависимости от возраста у пациентов без клинической и КТ-патологии тазобедренного сустава

## Результаты

При изучении плотности мышц в зависимости от возраста у пациентов без клинической не выявленной по данным КТ патологии в области позвоночника и тазобедренных суставов было установлено, что малая ягодичная мышца имела большую плотность во всех возрастных группах, наименьшая плотность отмечена у большой ягодичной мышцы. С возрастом плотность всех мышц уменьшалась. Максимальное снижение плотности отмечено для большой ягодичной мышцы, минимальное – для средней ягодичной. Распределение изучаемых показателей по возрастным группам представлено на рисунке 1.

Средние значения плотности для отдельных мышц в норме тесно связаны с особенностями структуры мышечного брюшка каждой мышцы: высокие показатели соответствовали

Таблица 3

Средняя плотность ягодичных мышц в зависимости от величины сколиотической деформации, М±σ

Мышца, сторона деформации	Плотность мышц, HU	
	Деформация 60–90°	Деформация 91–120°
<i>M. gluteus maximus</i>		
выпуклая	57,59 ± 4,74	55,92 ± 5,51 <sup>1</sup>
вогнутая	56,09 ± 4,72 <sup>2</sup>	49,61 ± 12,67
<i>M. gluteus medius</i>		
выпуклая	57,57 ± 6,87	58,54 ± 10,07
вогнутая	57,98 ± 6,79	53,44 ± 8,47
<i>M. gluteus minimus</i>		
выпуклая	54,23 ± 5,02	52,96 ± 10,11
вогнутая	58,85 ± 14,71	54,25 ± 10,72

<sup>1</sup> p < 0,05 по сравнению с вогнутой стороной.

<sup>2</sup> p < 0,05 по сравнению с деформацией 91–120°.



Средняя плотность ягодичных мышц в зависимости от возраста,  $M \pm \sigma$ 

Мышца, сторона деформации	Плотность мышц, HU	
	До 18 лет	Старше 18 лет
<i>M. gluteus maximus</i> выпуклая вогнутая	$56,95 \pm 6,05$ $55,21 \pm 4,46$	$56,09 \pm 5,00^1$ $49,52 \pm 13,15$
<i>M. gluteus medius</i> выпуклая вогнутая	$60,05 \pm 4,08$ $58,20 \pm 5,96$	$57,55 \pm 10,74$ $53,02 \pm 8,69$
<i>M. gluteus minimus</i> выпуклая вогнутая	$56,62 \pm 8,50$ $57,40 \pm 12,30$	$51,74 \pm 9,42$ $54,08 \pm 11,22$

<sup>1</sup>  $p < 0,05$  по сравнению с вогнутой стороной этой же группы.

мышцам с большим содержанием фиброзной ткани, низкие свидетельствовали о жировом перерождении. Полученные данные позволили сравнить с использованием количественных параметров изменение мышц у больных идиопатическим сколиозом и у пациентов без явной патологии тазобедренного сустава и позвоночника.

Анализ плотностных показателей ягодичных мышц у больных АИС выявил прямую зависимость от величины деформации, но, в отличие от параспинальных мышц, изменения плотности и поперечного сечения мышц на вогнутой стороне не всегда были больше выражены, чем на выпуклой, чаще были изменены с обеих сторон и в большей степени зависели от давности заболевания (возраста больных). Согласно полученным данным, изменения проявлялись умеренным увеличением плотности, но при максимальном искривлении в грудном отделе плотность мышц изменялась незначительно (табл. 3).

У больных АИС в возрасте старше 18 лет плотность мышц уменьшалась при любой величине деформации, но у разных мышц этот показатель различался (табл. 4).

Даже при сравнительно небольших деформациях позвоночника ( $40-45^\circ$ ) у пациентов в возрасте до 18 лет плотность средней ягодичной мышцы была увеличена с обеих сторон, а малой ягодичной – была больше на  $44-49\%$  с выпуклой стороны деформации (рис. 2).

У пациентов старше 18 лет плотность мышц увеличивалась еще больше по сравнению с нормальными показателями, но если в поясничном отделе величина деформации была небольшой, плотность большой ягодичной мышцы увеличивалась на  $63\%$ , средней ягодичной – на  $32\%$ , малой ягодичной – на  $39\%$  (рис. 3).

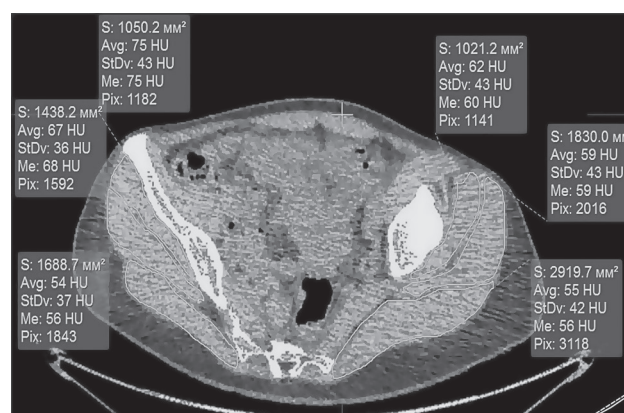


Рис. 2. МСКТ пояснично-крестцового отдела позвоночника и тазобедренных суставов больной X., 17 лет. Адолесцентный идиопатический сколиоз, деформация позвоночника  $45^\circ$ . Аксиальный срез, измерение площади и медианной плотности ягодичных мышц

Анализ толщины большой ягодичной мышцы в группе 1.1 (деформация до  $59^\circ$ ) показал, что толщина ее с левой (выпуклой) стороны была на  $16,8\%$  больше, чем с правой (рис. 4). При сравнении групп 1.1 и 1.2 было выявлено, что толщина большой ягодичной мышцы с вогнутой стороны достоверно больше в группе 1.2 (деформация более  $60^\circ$ ), что связано с небольшим увеличением ее длины и гипотрофией, выраженной сильнее на выпуклой стороне при значительных деформациях позвоночника (рис. 4, 5).

## Обсуждение

Во многих работах, посвященных изучению АИС, неоднократно рассматривался вопрос о роли мышц и других факторов в этиологии данного заболевания [2, 4–6]. Есть исследования, которые посвящены оценке изменений мышц при

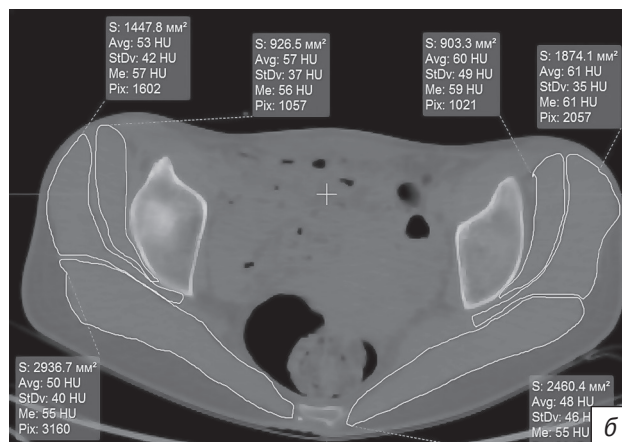
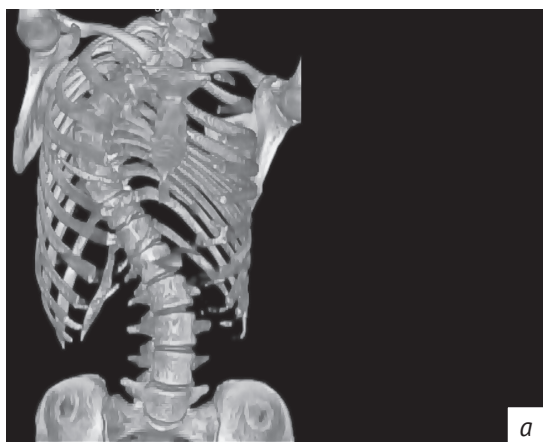


Рис. 3. МСКТ пояснично-крестцового отдела позвоночника и тазобедренных суставов больной Б., 28 лет. Адолесцентный идиопатический сколиоз, деформация позвоночника 109°:

а – VRT; б – аксиальный срез, измерение площади и медианной плотности ягодичных мышц

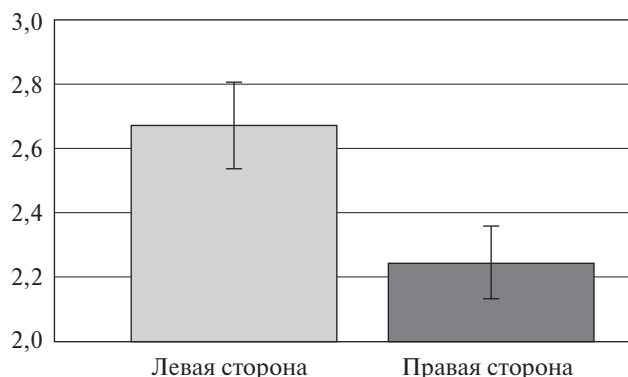


Рис. 4. Толщина большой ягодичной мышцы (см) в группе 1.1 с левой (выпуклой) и правой (вогнутой) стороны

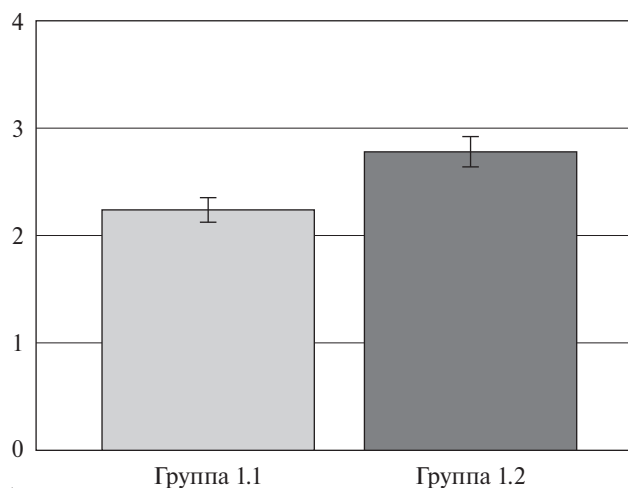


Рис. 5. Толщина большой ягодичной мышцы (см) в группах 1.1 и 1.2

АИС, выявленных различными методами, в том числе лучевой диагностики. В большинстве случаев речь идет о параспинальных мышцах. Тем не менее Н. Мау (1979 г.), предложивший теорию «контрактурного синдрома», рассматривает контрактуру тазобедренного сустава, связанную с нарушением приведения или отведения в тазобедренном суставе, как один из факторов возникновения АИС [11]. Т. Karski et al. (2002–2005 гг.) объясняют происхождение АИС с биомеханической точки зрения, когда недостаточная аддукция в тазобедренном суставе вызывает функциональное удлинение правой конечности и наклонное положение таза, тем самым инициируя груднопоясничный или пояснично-крестцовый сколиоз [3, 10]. Как следствие, развивается сколиоз в грудном отделе позвоночника. R.G. Burwell et al. (2008 г.) называют более 15 возможных причин сколиоза, в том числе контрактуру тазобедренного сустава и разницу в длине нижних конечностей [2]. В связи с этим трудно предположить, что при деформациях позвоночника, особенно S- и Z-образных, отсутствуют изменения в области тазобедренных суставов и ягодичных мышцах, которые играют важную роль в функционировании тазобедренного сустава.

Полученные нами методом МСКТ данные о состоянии ягодичных мышц можно сравнить только с единичными работами, в которых описаны морфологические изменения в ягодичных мышцах у больных АИС, установленные при гистологическом и гистохимическом исследованиях. Авторами отмечены явления миопатии и значительное уменьшение волокон II типа в *M. gluteus maximus* [5, 6]. Кроме того, есть ряд исследований, указывающих на тесную связь деформации позвоночника и патологических изменений в области таза, а также влияние мышц тазобедренного сустава,

ва и нижних конечностей на позвоночник [16–20]. Единственная работа по МСКТ ягодичных мышц посвящена изучению их у больных ахондроплазией, имеющих выраженные изменения в позвоночнике и тазобедренных суставах. После удлинения бедра и голени у больных отмечалось уменьшение толщины, площади поперечного сечения и плотности ягодичных мышц [21].

В нашем исследовании МСКТ поясничного отдела позвоночника и тазобедренных суставов у больных АИС, проведенная в качестве предоперационного обследования, позволила выявить гипотрофию мышц различной степени, проявляющуюся уменьшением толщины мышечного брюшка, увеличение плотности мышечной ткани или ее уменьшение. Степень изменений была связана с величиной деформации и возрастом пациентов. Полученные данные свидетельствуют о тесной взаимосвязи деформации позвоночника и анатомических изменений ягодичных мышц с нарушением их структуры и плотности. При этом детальное исследование ягодичных мышц с объективной количественной оценкой их показателей у больных АИС проведено впервые.

## Выводы

1. Симптомокомплекс рентгеносемиотических изменений ягодичных мышц у больных АИС включает анатомо-топографические отличия в сравнении с нормой, изменение плотности мышц, структуры, гипотрофию и атрофию различной степени, жировое перерождение.

2. Для малой и средней ягодичных мышц характерны более выраженные гипотрофия (атрофия) и повышение плотности, для большой ягодичной мышцы – умеренно выраженная гипотрофия с изменением структуры мышечного брюшка и жировое перерождение.

3. Плотность большой ягодичной мышцы (НУ) у больных с деформацией больше 59° достоверно выше с левой стороны (типичный правосторонний сколиоз).

4. Толщина большой ягодичной мышцы у больных с деформацией менее 59° с левой (выпуклой) стороны на 16,8% больше, чем с правой. При сравнении групп толщина большой ягодичной мышцы с вогнутой стороны достоверно больше в группе с деформацией свыше 59°.

## Литература [References]

- Burwell R.G., Aujla R.K., Cole A.A., Kirby A.S., Pratt R.K., Webb J.K. et al. Spine-rib rotation differences at the apex in pre-operative patients with adolescent idiopathic scoliosis: evaluation of a three-level ultrasound method. *Stud. Health Technol. Inform.* 2002; 91: 246–50.
- Burwell R.G., Dangerfield P.H., Freeman B.J. Concepts on the pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis. Bone growth and mass, vertebral column, spinal cord, brain, skull, extra-spinal left-right skeletal length asymmetries, disproportions and molecular pathogenesis. *Stud. Health Technol. Inform.* 2008; 135: 3–52.
- Karski T. Etiology of the so-called “idiopathic scoliosis”. Biomechanical explanation of spine deformity. Two groups of development of scoliosis. New rehabilitation treatment; possibility of prophylactics. *Stud. Health Technol. Inform.* 2002; 91: 37–46.
- Mahaudens P., Banse X., Mousny M., Detrembleur C. Gait in adolescent idiopathic scoliosis: kinematics and electromyographic analysis. *Eur. Spine J.* 2009; 18 (4): 512–21.
- Sahgal V., Shah A., Flanagan N., Schaffer M., Kane W., Subramani V. et al. Morphologic and morphometric studies of muscle in idiopathic scoliosis. *Acta Orthop. Scand.* 1983; 54 (2): 242–51.
- Yarom R., Robin G.C. Studies on spinal and peripheral muscles from patients with scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1979; 4 (1): 12–21.
- Park Y.S., Lim Y.T., Koh K., Kim J.M., Kwon H.J., Yang J.S. et al. Association of spinal deformity and pelvic tilt with gait asymmetry in adolescent idiopathic scoliosis patients: investigation of ground reaction force. *Clin. Biomech. (Bristol, Avon)*. 2016; 36: 52–7. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2016.05.005
- Vizkelety T., Glauber A. The function of the iliopsoas muscle and its role in the development of congenital dislocation of the hip. *Acta Orthop. Belg.* 1979; 45 (6): 641–50.
- Burwell R.G., Aujla R.K., Freeman B.J., Dangerfield P.H., Cole A.A., Kirby A.S. et al. Patterns of extra-spinal left-right skeletal asymmetries in adolescent girls with lower spine scoliosis: relative lengthening of the ilium on the curve concavity & of right lower limb segments. *Stud. Health Technol. Inform.* 2006; 123: 57–65.
- Karski J., Karski T., Kendzierski G., Tarczyńska M., Kałakucki J. “Contracture syndrome” in newborns and infants according to Prof. Hans Mau as an explanation of the “geography” and certain clinical features of idiopathic scoliosis. *Ortop. Traumatol. Rehabil.* 2005; 7 (1): 23–7.
- Mau H. Aetiopathogenesis of scoliosis, hip dysplasia and torticollis in infancy (author's transl). *Z. Orthop. Ihre Grenzgeb.* 1979; 117 (5): 784–9.
- Karski T., Kalakucki J., Karski J. “Syndrome of contractures” (according to Mau) with the abduction contracture of the right hip as causative factor for development of the so-called idiopathic scoliosis. *Stud. Health Technol. Inform.* 2006; 123: 34–9.
- Pingot M., Czernicki J., Kubacki J. Assessment of muscle strength of hip joints in children with idiopathic scoliosis. *Ortop. Traumatol. Rehabil.* 2007; 9 (6): 636–43.
- Kuo F.C., Wang N.H., Hong C.Z. Impact of visual and somatosensory deprivation on dynamic balance in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010; 35 (23): 2084–90. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181cc8108
- Ovadia D. Classification of adolescent idiopathic scoliosis (AIS). *J. Child. Orthop.* 2013; 7 (1): 25–8. DOI: 10.1007/s11832-012-0459-2
- Cheung K.M., Cheng A.C., Cheung W.Y., Chooi Y.S., Wong Y.W., Luk K.D. Right hip adduction deficit and adolescent idiopathic scoliosis. *J. Orthop. Surg. (Hong Kong)*. 2008; 16 (1): 24–6.
- Driscoll C., Aubin C.E., Canet F., Labelle H., Horton W., Dansereau J. Biomechanical study of patient positioning: influence of

- lower limb positioning on spinal geometry. *J. Spinal. Disord. Tech.* 2012; 25 (2): 69–76. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31820d5804
18. Kotwicki T., Walczak A., Szulc A. Trunk rotation and hip joint range of rotation in adolescent girls with idiopathic scoliosis: does the “dinner plate” turn asymmetrically? *Scoliosis.* 2008; 19 (3): 1. DOI: 10.1186/1748-7161-3-1
  19. Kruger K.M., Garman C.M.R., Krzak J.J., Graf A., Hassani S., Tarima S. et al. Effects of spinal fusion for idiopathic scoliosis on lower body kinematics during gait. *Spine Deform.* 2018; 6 (4): 441–7. DOI: 10.1016/j.jspd.2017.12.008
  20. Roussouly P., Pinheiro-Franco J.L. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur. Spine J.* 2011; 20 (Suppl. 5): 609–18. DOI: 10.1007/s00586-011-1928-x
  21. Дьячкова Г.В., Корабельников М.А., Дьячков К.А. Рентгенографическая и сонографическая характеристика ягодичных мышц у больных ахондроплазией. *Медицинская визуализация.* 2006; 4: 91–7.  
[Diachkova G.V., Korabelnikov M.A., Diachkov K.A. Radiographic and sonographic characteristics of gluteal muscles in patients with achondroplasia. *Medical Visualization.* 2006; 4: 91–7 (in Russ.).]

## Сведения об авторах | Information about the authors

**Дьячкова Галина Викторовна\***, д. м. н., профессор, заведующая лабораторией, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. академика Г.А. Илизарова» Минздрава России;  
orcid.org/0000-0003-1973-4680  
E-mail: dgy2003@list.ru

**Зейналов Юсиф**, к. м. н., ортопед-вертебролог, Клиника Военно-медицинского управления Службы государственной безопасности Азербайджанской Республики;  
orcid.org/0000-0002-6390-0423

**Корабельников Михаил Алексеевич**, врач-радиолог, Радиологический центр ГБУЗ ТО «Многопрофильный клинический медицинский центр “Медицинский город”»;  
orcid.org/0000-0001-6020-2489

**Дьячков Константин Александрович**, д. м. н., вед. науч. сотр, заведующий рентгеновским отделением, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. академика Г.А. Илизарова» Минздрава России;  
orcid.org/0000-0002-8490-3052

**Ларионова Татьяна Адиславовна**, к. м. н., ст. науч. сотр., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. академика Г.А. Илизарова» Минздрава России; orcid.org/0000-0002-0724-1339

**Сутягин Илья Вячеславович**, врач-ординатор, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. академика Г.А. Илизарова» Минздрава России; orcid.org/0000-0002-3998-6781

**Galina V. Diachkova\***, Dr. Med. Sc., Professor, Head of Laboratory, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Ministry of Health of the Russian Federation;  
orcid.org/0000-0003-1973-4680  
E-mail: dgy2003@list.ru

**Yusif Zeynalov**, Cand. Med. Sc., Orthopedist-Vertebrologist, Clinic of the Military Medical Department of the State Security Service of the Republic of Azerbaijan;  
orcid.org/0000-0002-6390-0423

**Mikhail A. Korabel'nikov**, Radiologist, Radiologic Center of the Multidisciplinary Medical Center “Medical City”;  
orcid.org/0000-0001-6020-2489

**Konstantin A. Diachkov**, Dr. Med. Sc., Leading Researcher, Head of Radiology Department, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Ministry of Health of the Russian Federation; orcid.org/0000-0002-8490-3052

**Tat'yana A. Larionova**, Cand. Med. Sc., Senior Researcher, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Ministry of Health of the Russian Federation;  
orcid.org/0000-0002-0724-1339

**Il'ya V. Sutyagin**, Radiologist, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Ministry of Health of the Russian Federation; orcid.org/0000-0002-3998-6781