

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto624425>

Деформации позвоночника и другие ортопедические нарушения у детей с килевидной деформацией грудной клетки

Е.А. Воробьева^{1,3}, А.Ю. Разумовский^{2,3}, В.Э. Дубров¹, Д.Ю. Выборнов^{2,3},
И.В. Крестьяшин^{2,3}, З.Б. Митупов^{2,3}, Е.Л. Вахова^{2,3}, А.О. Шомина^{2,3}

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

² Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия;

³ Детская городская клиническая больница им. Н.Ф. Филатова, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В связи с яркой клинической манифестацией килевидная деформация грудной клетки зачастую является поводом для первичного обращения к врачу детей, имеющих ряд сопутствующих ортопедических отклонений.

Цель. Выявление ортопедических нарушений, характерных для детей с килевидной деформацией грудной клетки, а также оценка их частоты, клинических проявлений и связи с различными модифицируемыми и немодифицируемыми факторами.

Материалы и методы. В обсервационное моноцентровое одномоментное исследование были включены 147 детей от 5 до 17 лет с килевидной деформацией грудной клетки. Обследование пациентов включало ортопедический осмотр и рентгенографию позвоночника. Категориальные параметры описывали путём указания абсолютных значений и процентных долей в выборке, количественные — при помощи средних арифметических и стандартных отклонений. Для оценки связи категориальных и количественных величин использовали Т-критерий Стьюдента, для оценки взаимной связи категориальных величин — коэффициент Хи-квадрат ($p < 0,05$).

Результаты. У 3 из 147 (2,0%) детей килевидная деформация грудной клетки являлась проявлением синдрома Марфана. 56 (38,1%) пациентов жаловались на боли в спине, у 125 (85,0%) была выявлена мобильная плоско-вальгусная стопа, у 108 (73,5%) — нарушения осанки. У 22 (15,0%) детей была обнаружена болезнь Шейермана–Мау, у 57 (38,8%) — другие признаки остеохондропатии позвоночника. Жалобы на боли в спине были ассоциированы с единственным объективным признаком — склерозом и узурацией концевых пластин позвонков. Дети, регулярно занимавшиеся спортом, связанным с силовой нагрузкой на мышцы спины, жаловались на боли значительно реже вне зависимости от степени деформации позвоночника.

Заключение. Килевидная деформация грудной клетки у детей в абсолютном большинстве случаев является не изолированным пороком развития, а одним из проявлений дисплазии соединительной ткани и/или дискоординированного роста ребёнка. Таким образом, всем детям с килевидной деформацией грудной клетки должен быть проведён полный ортопедический осмотр. В связи с высокой частотой болевого синдрома в области спины и его значимой связью со слабостью мышечного каркаса всем детям с килевидной деформацией грудной клетки рекомендованы консультация специалиста по лечебной физкультуре и контролируемые занятия видами спорта, связанными с силовыми нагрузками на мышцы спины.

Ключевые слова: килевидная деформация грудной клетки; осанка; остеохондропатия позвоночника; болезнь Шейермана–Мау; боль в спине.

Как цитировать:

Воробьева Е.А., Разумовский А.Ю., Дубров В.Э., Выборнов Д.Ю., Крестьяшин И.В., Митупов З.Б., Вахова Е.Л., Шомина А.О. Деформации позвоночника и другие ортопедические нарушения у детей с килевидной деформацией грудной клетки // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 2. С. 159–171. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto624425>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto624425>

Spinal deformities and other orthopedic disorders in children with pectus carinatum

Ekaterina A. Vorobyeva^{1,3}, Aleksandr Y. Razumovskiy^{2,3}, Vadim E. Dubrov¹,
Dmitriy Y. Vybornov^{2,3}, Ilya V. Krestyashin^{2,3}, Zorikto B. Mitupov^{2,3}, Ekaterina L. Vakhova^{2,3},
Alena O. Shominova^{2,3}

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;

² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;

³ Filatov Munitsipal children's hospital, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Owing to its clear clinical manifestation, pectus carinatum is often the reason for the initial visit to the doctor of children with several concomitant orthopedic abnormalities.

AIM: To identify concomitant orthopedic disorders in children with pectus carinatum and assess their frequency, clinical manifestations, and relationships with various modifiable and non-modifiable factors.

MATERIALS AND METHODS: This observational, single-center, cross-sectional study included 147 patients aged 5–17 years with pectus carinatum. Orthopedic examination and radiography of the spine were performed. Categorical values were described by reporting absolute values and percentages in the sample and quantitatively using arithmetic averages and standard deviations. The Student's T-test and Chi-square coefficient were used for assessing the relationship ($p < 0.05$).

RESULTS: In 3/147 (2.0%) children, pectus carinatum was a symptom of genetically confirmed Marfan syndrome. Among 147 children with pectus carinatum, 56 (38.1%) complained of back pain, 125 (85.0%) had a mobile plano-valgus foot, and 108 (73.5%) had postural disorders. Scheuermann disease was detected in 22 (15.0%) children and signs of spinal osteochondrosis in 57 (38.8%). Back pain was associated with sclerosis/usuration of the vertebral end plates. Children who regularly engaged in sports involving forceful load on the back muscles complained of pain less often, regardless of the degree of spine deformity.

CONCLUSIONS: Mobile flat foot, sagittal component of posture disorders, and spinal osteochondrosis are common in children with pectus carinatum. Thus, children with keel chest deformity should undergo orthopedic examination and spinal X-ray in a standing position. Because of the high incidence of back pain and its association with insufficient muscular frame development, children with pectus carinatum are recommended to regularly engage in physical therapy and/or sports associated with loads on the back muscles.

Keywords: pectus carinatum; posture; spinal osteochondrosis; Scheuermann disease; back pain.

To cite this article:

Vorobyeva EA, Razumovskiy AY, Dubrov VE, Vybornov DY, Krestyashin IV, Mitupov ZB, Vakhova EL, Shominova AO. Spinal deformities and other orthopedic disorders in children with pectus carinatum. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(2):159–171. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto624425>

Received: 11.12.2023

Accepted: 10.01.2024

Published online: 02.05.2024

ОБОСНОВАНИЕ

Килевидная деформация грудной клетки (КДГК), в отличие от воронкообразной, крайне редко проявляется при рождении или в раннем возрасте (до 3 лет): как правило, родители отмечают возникновение кия в старшем детском возрасте и его резкое увеличение в пубертатном периоде [1, 2]. Несмотря на позднюю манифестацию, этиология и патогенез формирования кия, вероятно, кроются в генетически детерминированных системных нарушениях. Так, КДГК является одним из диагностических критериев синдрома Марфана, синдрома Нунан и других наследственных заболеваний, связанных с нарушением структуры соединительной ткани [1, 3]. Что касается детей с несиндромальными формами КДГК, в 28% случаев у таких пациентов удаётся обнаружить близких родственников с деформациями грудной клетки [2]. В отечественной литературе несиндромальные формы КДГК, наряду с воронкообразной деформацией, рассматривают как одно из проявлений неспецифической дисплазии соединительной ткани (ДСТ) [4].

Клинические наблюдения, наравне с генетическими и генеалогическими, свидетельствуют в пользу системного характера нарушений у детей с КДГК [2, 5, 6]. S.A. Najе и соавт. (2009) выявили усиление грудного кифоза у 14% пациентов с деформациями грудной клетки [7]. N. Alaca и соавт. (2021) сообщили о жалобах 13,3% детей с КДГК на боли в спине, при этом у 52,2% пациентов была выявлена покатая форма плеч, у 68,3% — различная высота положения надплечий, у 35,6% — патологический кифоз, у 4,3% — сколиоз (все перечисленные результаты значимо отличались от показателей контрольной группы, включавшей подростков без деформаций грудной клетки). Ранее в ДГКБ им. Н.Ф. Филатова была отмечена повышенная частота встречаемости болезни Шейермана–Мау (Ш-М) у детей с КДГК [8]. В связи со своей яркой клинической манифестацией именно КДГК зачастую является поводом для первичного обращения к врачу детей, имеющих не выявленные ранее комплексные ортопедические нарушения, которые не были предметом жалоб со стороны пациента и его родителей. Создание протокола первичного обследования и лечения таких пациентов требует предварительного исследования наиболее характерных для детей с КДГК ортопедических отклонений, анализа их частоты, клинических проявлений и связи с различными модифицируемыми и немодифицируемыми факторами.

Цель исследования — выявление ортопедических нарушений, характерных для детей с килевидной деформацией грудной клетки, а также оценка их частоты, клинических проявлений и связи с различными модифицируемыми и немодифицируемыми факторами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Было проведено одномоментное срезовое моноцентровое наблюдательное исследование, в которое были включены все дети с КДГК, обратившиеся к ортопеду или торакальному хирургу в Детскую городскую клиническую больницу им. Н.Ф. Филатова в 2021 году.

Критерии соответствия

Критериями включения в исследование стали согласие родителей или иных законных представителей на участие в исследовании и выявление у ребёнка КДГК при клиническом осмотре. *Из выборки были исключены* пациенты с детским церебральным параличом и другими неврологическими нарушениями, а также дети, имеющие в анамнезе оперативные вмешательства на органах грудной клетки, пороки развития сердца или лёгких, переломы позвоночника, рёбер или грудины.

Условия проведения

Исследование было проведено в условиях консультативно-диагностического центра Детской городской клинической больницы им. Н.Ф. Филатова в 2021 году.

Продолжительность исследования

Исследование являлось одномоментным срезовым, формирование выборки производили в течение 2021 года.

Описание медицинского вмешательства и интерпретации клинических данных

В ходе первичного осмотра детей и подростков регистрировали жалобы, послужившие причиной обращения к врачу, и особенности семейного анамнеза. Пациентов прицельно расспрашивали о наличии жалоб на боли в спине в покое и при физических нагрузках, регулярности (2 раза в неделю и более) занятий спортом. Помимо наличия или отсутствия спортивного анамнеза специально отмечали характер спортивных нагрузок: плавание, виды спорта, связанные с силовой нагрузкой на мышцы спины, грудной клетки и пояса верхних конечностей (занятия в тренажёрном зале, борьба, гребля и др.), и прочие (футбол, теннис и др.). Отдельно отмечали детей, прекративших занятия спортом в течение года перед обращением в связи с субъективными причинами со стороны ребёнка (ощущение усталости или боли в спине, утомляемость, отсутствие мотивации и т.п.).

При первичном осмотре устанавливали морфологические особенности грудной клетки ребёнка. По расположению вершины кия относительно грудины выявляли симметричные деформации (грудина является наиболее выступающей точкой и не ротирована), правосторонние и левосторонние формы (вершина кия расположена латерально и представлена рёберными хрящами, грудина, как правило, ротирована).

Всем пациентам измеряли рост и массу тела, отмечали наличие стрий на кожном покрове. В ходе ортопедического осмотра определяли тип осанки (нормальная, ослабленная, кифотическая, лордотическая, кифолордотическая, прямая спина) [9], фиксировали крыловидное выстояние лопаток, приведение плеч кпереди, наличие или отсутствие шейного гиперлордоза. Всем детям проводили функциональные прямой и боковой тесты Адамса. Оценка гипермобильности суставов проводили по общепринятой для детей старшего возраста балльной шкале Бейтона [10], включающей следующие показатели: пассивное разгибание пятого пальца кисти более 90° , пассивное приведение первого пальца к сгибательной поверхности предплечья, переразгибание в локтевых и коленных суставах более 10° (каждый из признаков оценивался 1 баллом при моностеральном проявлении, 2 баллами — при билатеральном), касание пола ладонями при наклоне без сгибания в коленных суставах (1 балл). Согласно шкале Бейтона, 3–4 балла соответствовали лёгкой степени гипермобильности, 5–8 баллов — умеренной, 9 баллов — выраженной гипермобильности [10].

При ортопедическом осмотре отмечали патологическую установку стоп ребёнка и оценивали мобильность стопы, регистрировали факт использования ортопедических стелек или оперативной коррекции плоскостопия (артрозрез).

В связи с выявлением в более раннем исследовании повышенной частоты болезни Ш-М у бессимптомных пациентов детского возраста с КДГК [8] всем детям выполняли рентгенографию грудного и поясничного отделов позвоночника в прямой и боковой проекциях в положении стоя. На рентгенограммах в прямой проекции отмечали наличие и степень фронтальной девиации оси позвоночника (сколиоза). Для рентгенологической оценки сагиттального баланса использовали измерение наиболее клинически значимых параметров — грудного кифоза, поясничного лордоза и угла наклона крестца [11]. Важно отметить, что в зарубежной литературе распространены два варианта оценки величины грудного кифоза: измерение наибольшего угла между замыкательными пластинками позвонков в пределах грудного отдела или фиксированного угла между верхней замыкательной пластинкой T4 и нижней замыкательной пластинкой T12 [11, 12]. В работе использовали общепринятый в отечественной литературе метод измерения величины наибольшей дуги, расположенной между переходными позвонками, вне зависимости от её уровня [13, 14]. Угол поясничного лордоза измеряли между линиями верхней замыкательной пластинки L1 и замыкательной пластинкой крестца [12]. Наклон крестца (sacral slope) оценивали путём измерения угла между горизонтальной линией и верхней замыкательной пластинкой S1 [15]. Полученные значения изгибов позвоночника в боковой проекции сравнивали с описанными в литературе нормальными значениями (грудной кифоз — от 19° до 45° , поясничный лордоз — от 30° до 60° , наклон крестца — от 35° до 45°) [16].

При анализе рентгенограмм отмечали наличие или отсутствие структурных нарушений тел позвонков, являющихся признаками ювенильной остеохондропатии: асептических некрозов апофизов, склероза и узурации замыкательных пластинок тел позвонков, грыж Шморля. Рентгенологическим диагностическим критерием болезни Ш-М считали клиновидную деформацию трёх смежных позвонков более 5° [14]. Кроме признаков остеохондропатии, при оценке рентгенограмм отмечали все патологические «случайные находки»: расщепление дужек позвонков, спондилолиз, спондилолистез и др.

Этическая экспертиза

Проведение клинического исследования было одобрено локальным этическим комитетом МНОЦ МГУ им. М.В. Ломоносова от 14.09.2020 г., протокол № 10/20.

Статистический анализ

Размер выборки предварительно не рассчитывали. Для статистической обработки данных был использован программный пакет SPSS Statistics 28 (SPSS Inc., Chicago). Категориальные значения описывали путём указания абсолютных значений и процентных долей в выборке. Антропометрические показатели роста и индекса массы тела (ИМТ) сравнивали с популяционными средними для детей от 5 до 19 лет, опубликованными на сайте ВОЗ (2007) [17]. «Ряды» количественных значений (возраст, величины дуг позвоночника на рентгенограммах) оценивали на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. Для возраста была получена асимптотическая значимость 0,152, для всех параметров, описывающих дуги позвоночного столба, — 0,200, таким образом, выборки имели нормальное распределение и были описаны при помощи средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD), границ 95% доверительного интервала. Для оценки связи болевого синдрома в области спины с ростом и возрастом использовали T-критерий Стьюдента (нулевая гипотеза — средний возраст и рост детей, отмечающих и не отмечающих боли в области спины, не различаются, критерий значимости различий $p < 0,05$). Для исследования связи болевого синдрома в спине с фактом занятий различными видами спорта (категориальные пары признаков) использовали расчёт коэффициента Хи-квадрат, критерий значимости $p < 0,05$ [18].

РЕЗУЛЬТАТЫ

За исследуемый период в ДГКБ им. Н.Ф. Филатова обратились 147 детей с килевидной деформацией грудной клетки: 123 (83,7%) мальчика и 24 (16,3%) девочки, средний возраст составил $12,9 \pm 2,5$ года.

Основной причиной обращения к врачу у всех детей явился неудовлетворительный внешний вид грудной

Таблица 1. Особенности семейного анамнеза детей с килевидной деформацией грудной клетки**Table 1.** Family history of the children with pectus carinatum

Патология	Количество детей, <i>n</i> (доля в выборке, %)
Деформации грудной клетки:	27 (18,4)
– килевидная	18 (12,2)
– воронковидная	8 (5,4)
– килевидная и воронковидная	1 (0,7)
Синдром Марфана	3 (2,0)
Сколиоз	21 (14,3)
Болезнь Шойермана–May	1 (0,7)
Плоскостопие	30 (20,4)

клетки. 17 (11,6%) детей жаловались на повышенную утомляемость и плохую переносимость физической нагрузки, 56 (38,1%) пациентов самостоятельно или при активном расспросе отмечали боли в спине и/или регулярно возникающее ощущение напряжения/мышечного утомления в области спины, по интенсивности сравнимое с болевым синдромом.

На момент первичного осмотра 88 (59,9%) детей регулярно (2 раза в неделю и более) занимались спортом, из них 40 (27,2%) — плаванием, 44 (29,9%) — видами спорта, связанными с интенсивными силовыми нагрузками на мышцы спины (борьба, занятия в тренажёрном зале, спортивные танцы, акробатика, гребля, скалолазание и др.). 34 ребёнка (23,1%) прекратили регулярные занятия спортом в течение последнего года по субъективным причинам (повышенная утомляемость, отсутствие

желания или мотивации, нехватка времени, социальные трудности и др.).

Особенности семейного анамнеза пациентов представлены в табл. 1.

У 3 (2,0%) детей КДГК являлась симптомом генетически подтверждённого синдрома Марфана. У 11 (7,5%) пациентов деформация грудной клетки была врождённым пороком, у 136 (92,5%) — приобретённым, из них 119 (81%) отмечали появление или резкое увеличение килея в период активного роста.

Рост 120 (81,6%) детей с КДГК превышал средний показатель для возрастной группы (по данным ВОЗ, 2007), а у 118 (80,3%) ИМТ оказался ниже возрастной медианы [17].

У 68 пациентов (46,3%) деформация грудной клетки была симметричной, у 51 (34,7%) — правосторонней, у 28 (19,0%) — левосторонней.

Выявленные по результатам кинического осмотра сопутствующие ортопедические нарушения, а также их частота представлены в табл. 2. Результаты клинической оценки состояния осанки отражены в табл. 3. Рентгенологические показатели сагиттального баланса, а также обнаруженные при рентгенографии позвоночника детей с КДГК признаки остеохондропатии и другие патологические находки показаны в табл. 4.

На рис. 1 представлены результаты ортопедического осмотра и рентгенограмма грудного отдела позвоночника ребёнка 16 лет с КДГК и жалобами на боль в нижнегрудном и поясничном отделах позвоночника.

Связь болевого синдрома в области спины с ростом, возрастом, состоянием осанки, деформацией позвоночного столба, нарушением структуры позвонков и спортивным анамнезом отражена в табл. 5.

Таблица 2. Сопутствующие ортопедические нарушения и признаки дисплазии соединительной ткани у детей с килевидной деформацией грудной клетки**Table 2.** Concomitant orthopedic disorders and signs of connective tissue dysplasia in children with pectus carinatum

Ортопедические нарушения	Количество детей, <i>n</i> (доля в выборке, %)	
Разница в длине нижних конечностей более 1 см	10 (6,8)	
Мобильная плоско-вальгусная стопа*	125 (85,0)	
Приведение переднего отдела стопы	5 (3,4)	
<i>Признаки дисплазии соединительной ткани</i>		
	отсутствует (<3 баллов)	
Генерализованная гипермобильность суставов по шкале Бейтона	лёгкая (3–4 балла)	96 (65,3)
	умеренная (5–8 баллов)	26 (17,7)
	выраженная (9 баллов)	25 (17,0)
		0 (0)
Миопия	17 (11,6)	
Астигматизм	6 (4,1)	
Стрии в области спины	20 (13,6)	

Примечание. * — из 22 пациентов с нормальной установкой стоп 12 постоянно носили индивидуальные ортопедические стельки, 2 пациентам был выполнен артролиз.

Note. * — 12 patients of 22 with normal foot alignment used foot orthoses, 2 children had underwent arthrolysis previously.

Таблица 3. Нарушения осанки и мышечного баланса у детей с килевидной деформацией грудной клетки, *n* (%)Table 3. Posture and muscle balance disorders in children with pectus carinatum, *n* (%)

Состояние осанки	Нормальная осанка	39 (26,5)
	Ослабленная осанка	18 (12,2)
	Кифотическая осанка	49 (33,3)
	Лордотическая осанка	15 (10,2)
	Кифолордотическая осанка	19 (12,9)
	Прямая спина (<i>spina recta</i>)	7 (4,8)
Другие отклонения сагиттального баланса и мышечного тонуса в области грудной клетки, шеи	Крыловидные лопатки	115 (78,2)
	Усиление шейного лордоза	119 (81,0)
	Покатые, приведённые кпереди плечи	134 (91,2)

Таблица 4. Рентгенологические показатели и структурные нарушения позвонков у детей с килевидной деформацией грудной клетки, *n* (%)Table 4. X-ray parameters and structural disorders of the vertebrae in children with pectus carinatum, *n* (%)

Сколиоз	Отсутствует	62 (42,2)
	Менее 10° (сколиоз I степени)	75 (51,0)
	От 10 до 25° (сколиоз II степени)	8 (5,4)
	От 26 до 50° (сколиоз III степени)	2 (1,4)
	Более 50° (сколиоз IV степени)	0 (0)
Грудной кифоз	Средняя величина дуги, <i>M±SD</i>	32,6±12,3
	Нормальный кифоз	98 (66,7)
	Сглаженный кифоз	23 (15,6)
	Усиленный кифоз	26 (17,7)
Поясничный лордоз	Средняя величина дуги, <i>M±SD</i>	54,5±10,1
	Нормальный лордоз	100 (68,0)
	Сглаженный лордоз	6 (4,1)
	Усиленный лордоз	41 (27,9)
Наклон крестца (<i>sacral slope</i>)	Средняя величина, <i>M±SD</i>	38,0±8,4
	Нормальный	70 (47,6)
	Уменьшен	39 (26,5)
	Избыточен	38 (25,9)
Остеохондропатия	Болезнь Шейермана–Мау (клиновидная деформация 3 смежных позвонков более 5°)	22 (15,0)
	Асептический некроз апофизов (<i>limbus vertebrae</i>)	57 (38,8)
	Узурация и/или повышение плотности, «слоистость» концевых пластин тел позвонков	57 (38,8)
	Грыжи Шморля	36 (24,5)
Другие рентгенологические находки	Спондилез и спондилолистез I степени L5-S1	20 (13,6)
	Расщепление дужки позвонка L5 (<i>spina bifida occulta</i>)	6 (4,2)

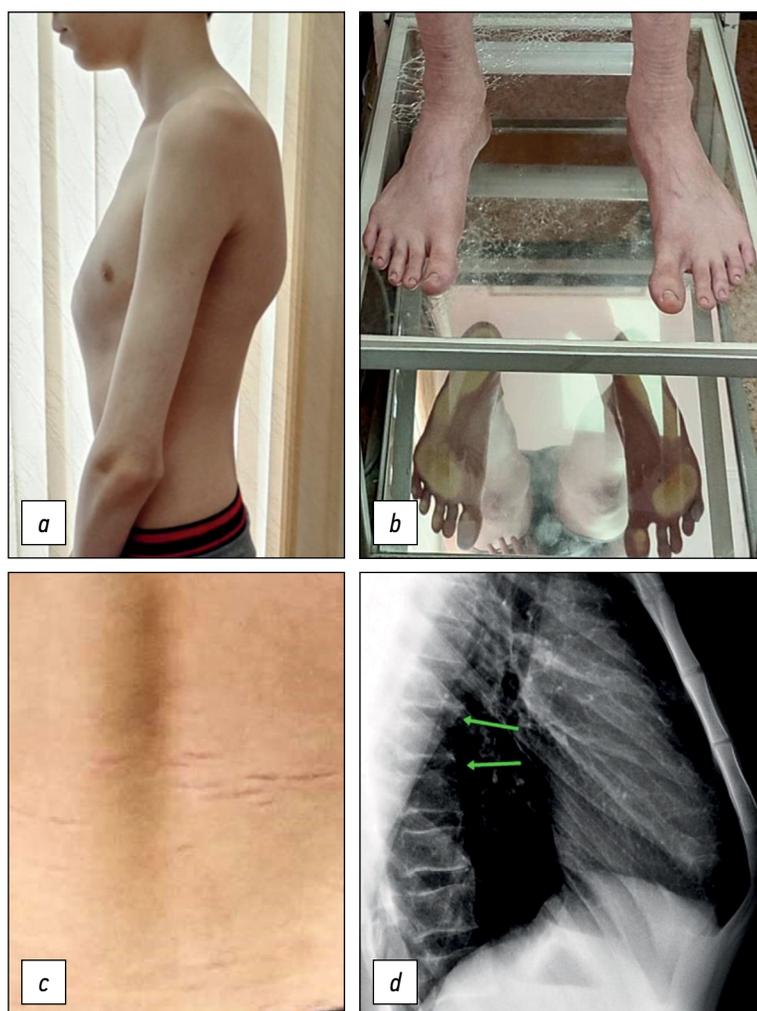


Рис. 1. Результаты клинического и инструментального обследования юноши 16 лет с килевидной деформацией грудной клетки: *a* — привычная поза ребёнка — ослабленная осанка, крыловидное выстояние лопаток, приведение впереди плеч, шейный гиперлордоз; *b* — приведение переднего отдела левой стопы; *c* — стрии на спине в поясничной области; *d* — на рентгенограммах грудной клетки в боковой проекции — склероз и узурация концевых пластинок позвонков (признаки ювенильной остеохондропатии).

Fig. 1. The results of a clinical and instrumental examination of a 16-year-old boy with pectus carinatum: *a* — the child's usual posture — weak posture, pterygoid scapular protrusion, adduction of the shoulders anteriorly, cervical hyperlordosis; *b* — adduction of the left forefoot; *c* — stretch marks on the back in the lumbar region; *d* — sclerosis and usuration of the end plates of the vertebrae (signs of juvenile osteochondrosis) on the lateral radiographs of the chest.

ОБСУЖДЕНИЕ

Семейный анамнез

Согласно результатам настоящего исследования, отягощённый семейный анамнез деформаций грудной клетки удалось выявить у 18,4% больных. Несколько отличные результаты были опубликованы N. Alasa и соавт., обнаружившими отягощённый семейный анамнез у 28% детей с КДГК [2]. Несмотря на различия количественного показателя, значимость генетического фактора в формировании патологии не вызывает сомнений.

Результаты антропометрии

Полученные в настоящем исследовании данные о сниженном ИМТ у 80,3% детей с КДГК согласуются с результатами N. Alasa и соавт. (2021). Авторы сравнивали

ИМТ подростков с КДГК и относительно здоровых представителей контрольной группы и обнаружили значимые различия — 17,5 кг/м² по сравнению с 20,7 кг/м² в группе контроля [2]. Вероятно, снижение ИМТ отчасти связано с высоким ростом пациентов (превышение среднего показателя для возрастной группы в 81,6% случаев), что, однако, не противоречит факту склонности пациентов с КДГК к общей астении.

Результаты общего ортопедического осмотра и признаки дисплазии соединительной ткани у детей с килевидной деформацией грудной клетки

Наиболее частым сопутствующим ортопедическим нарушением у детей с КДГК стало мобильное плоскостопие.

Таблица 5. Связь болевого синдрома в области спины у детей с килевидной деформацией грудной клетки с ростом, возрастом, деформациями позвоночного столба, рентгенологическими признаками ювенильной остеохондропатии и данными спортивного анамнеза

Table 5. The relationship between back pain and height, age, spinal column deformities, radiological signs of juvenile osteochondrosis and sports history data in children with pectus carinatum

Показатель	Статистический инструмент, количество степеней свободы и критерий значимости различий	<i>p</i>
<i>Общие данные</i>		
Рост		0,144
Возраст	Коэффициент корреляции Стьюдента, <i>df</i> =2, <i>p</i> =0,05	0,003*
<i>Нарушения осанки</i>		
Патологическая осанка	Хи-квадрат, <i>df</i> =2, <i>p</i> =0,05	
<i>Патологические дуги позвоночного столба (по результатам рентгенографии)</i>		
Сколиоз II и более степени		0,292
Патологический кифоз		0,678
Патологический лордоз	Хи-квадрат, <i>df</i> =2, <i>p</i> =0,05	0,304
Патологический наклон крестца		0,894
<i>Нарушения структуры позвонков (по результатам рентгенографии)</i>		
Узурации, склероз концевых пластин		0,029*
Некрозы апофизов		0,385
Клиновидная деформация 3 и более смежных позвонков	Хи-квадрат, <i>df</i> =2, <i>p</i> =0,05	0,126
Грыжи Шморля		0,834
<i>Спортивный анамнез</i>		
Наличие/отсутствие		0,082
Плавание		0,936
Виды спорта, включающие силовые нагрузки на мышцы спины, грудной клетки, пояса верхних конечностей	Хи-квадрат, <i>df</i> =2, <i>p</i> =0,05	0,042*

Примечание. * — различия показателей между группами детей, отмечающих и не отмечающих наличие болевого синдрома в области спины, статистически значимы.

Note. * — statistically significant differences between the groups of children with and without back pain.

В настоящее время это состояние расценивают не как заболевание, требующее лечения, а как проявление неспецифической ДСТ и дискоординированного роста ребёнка [4, 10]. Несмотря на выявление у ряда детей с КДГК других признаков ДСТ (стрии, миопия, астигматизм), у большинства пациентов (65,3%) не было отмечено генерализованной гипермобильности суставов, у 17,7 и 17,0% наблюдалась лёгкая и умеренная степень гипермобильности соответственно. У 6,8% детей была обнаружена разница в длине нижних конечностей более 1 см, что приводило к асимметрии осанки и зачастую ошибочно трактовалось при профилактических осмотрах как сколиотическая деформация позвоночника.

Деформации позвоночного столба и нарушения осанки у детей с килевидной деформацией грудной клетки

Полученные в настоящем исследовании результаты сопоставимы с литературными данными. S.A. Haje и соавт.

(2009) при обследовании 4012 пациентов с деформациями грудной клетки выявили усиление грудного кифоза у 14% больных (в настоящем исследовании — у 17,7%), сколиоз I–II степени (угол Кобба от 5 до 19°) — у 42% пациентов (в настоящем исследовании — у 51,0%), сколиоз III–IV степени (угол Кобба от 20 до 52°) — у 1,3% больных (в настоящем исследовании — у 1,4%) [7]. Отличие частоты сколиоза I–II степени объясняется использованием различных классификаций: в данной работе применяли классификацию сколиоза по Чаклину, соответственно, сколиоз I степени регистрировали при выявлении торсии позвонков и патологической дуги во фронтальной плоскости более 1°, а не более 5°, как в работе S.A. Haje и соавт.

Повышенная частота деформаций позвоночного столба и нарушений осанки у подростков с КДГК была отмечена N. Alaca и соавт. (2021) [2]: авторы выявили у 52,2% пациентов покату форму плеч, у 68,3% — различную высоту положения надплечий, у 35,6% — патологический кифоз, у 4,3% — сколиоз (все перечисленные результаты

значимо отличались от показателей контрольной группы — подростков без деформаций грудной клетки). Статистически значимыми оказались ухудшение осанки по шкале New York Posture Rating (в среднем 43,3 балла по сравнению с 59,1 в группе контроля). Более значимые нарушения осанки у подростков с КДГК описаны N. Alaca и соавт. в 2020 г.: у 100% пациентов — усиление шейного лордоза, у 95,7% — покатая форма плеч, у 91,3% — разная высота положения надплечий, у 83,3% — кифотическая осанка, у 56,6% — сколиотическая осанка [5]. Результаты настоящего исследования несколько отличаются от данных, опубликованных N. Alaca и соавт. [5]: самым распространённым типом нарушения также стала кифотическая осанка (постуральная круглая спина), однако её частота оказалась значительно ниже (33,3 против 83,3% по данным N. Alaca и соавт. [5]). Важно отметить, что кифотическая осанка встречалась у пациентов значительно реже, чем крыловидное выстояние лопаток и шейный гиперлордоз (78,2 и 81,0% соответственно), зачастую создающие ложное впечатление об усилении грудного кифоза и кифотическом типе осанки (рис. 2). Эти состояния возможно дифференцировать при помощи двух приёмов. Во-первых, осмотр спины ребёнка позволяет оценить степень выстояния лопаток относительно позвоночника и, соответственно, их влияние на формирование ложного кифотического сагиттального профиля. Во-вторых, для кифотической осанки строго облигатным признаком

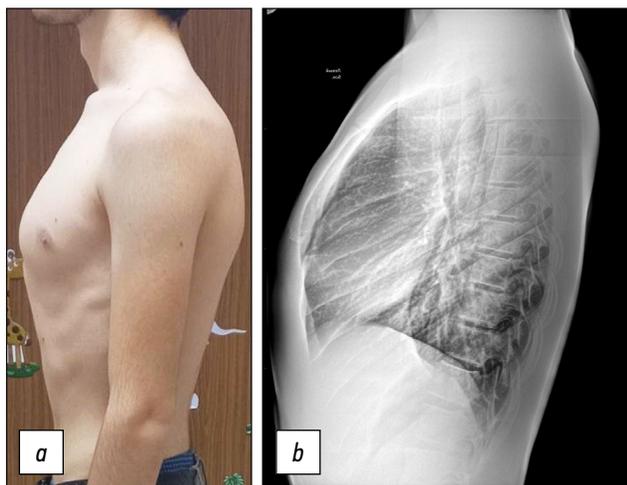


Рис. 2. Внешний вид (а) и рентгенограмма грудной клетки в боковой проекции (б) юноши 17 лет с килевидной деформацией грудной клетки. Выстоящие лопатки создают ложное представление об увеличении грудного кифоза. Отклонения туловища от вертикальной оси в сагиттальной плоскости нет, осанка не нарушена. На рентгенограммах в боковой проекции грудной кифоз в норме.

Fig. 2. Appearance (a) and radiographs (b) of a 17-year-old child with pectus carinatum. Protruding shoulder blades create a false impression of increased thoracic kyphosis. There is no deviation of the body from the vertical axis in the sagittal plane, there is no posture disturbance. On lateral radiographs, thoracic kyphosis is normal.

является смещение центра тяжести кпереди (вертикальная линия, проведённая на сагиттальном профиле вниз от заднего края ушной раковины, располагается кпереди от центра плечевых суставов, больших вертелов и переднего края наружной лодыжки) [9].

Ранее авторами был выявлен феномен повышенной распространённости болезни Ш-М среди детей с КДГК, а также манифестации болевого синдрома у подростков с сочетанием КДГК и болезнью Ш-М в возрасте 15–16 лет [8]. Аналогично, в настоящем исследовании из 147 детей с КДГК болезнь Ш-М была выявлена у 22 (15,0%) пациентов. Ригидный грудной кифоз на момент осмотра сформировался только у одного юноши 16 лет. У 8 из 9 (89,9%) детей младшей возрастной группы (5–13 лет) болезнь Ш-М не имела клинических проявлений и была выявлена только при скрининговой рентгенографии, в то время как в старшей возрастной группе (14–16 лет) 11 из 13 (84,6%) подростков с симптомокомплексом «КДГК+болезнь Ш-М» жаловались на боли в спине.

Болевой синдром в области спины и его связь с объективными клиническими данными и спортивным анамнезом

N. Alaca и соавт. (2021) сообщили о жалобах 13,3% детей с КДГК на боли в спине [2]. По результатам настоящего исследования этот показатель оказался значительно выше — 38,1%. В связи со столь высокой распространённостью жалобы, непосредственно влияющей на качество жизни, авторы сочли необходимым проведение более глубокого анализа литературных и клинических данных с целью выявления факторов, ассоциированных с болью в спине у детей с КДГК.

По данным С. Hasler (2013), болевой синдром в области спины впервые возникает в детском и подростковом возрасте более чем в 20% наблюдений. Авторы отмечают, что манифестация болевого синдрома в области спины, как правило, ассоциирована с двумя основными факторами: во-первых, с высокой скоростью линейного роста, приводящей к мышечной дискоординации, а во-вторых — с гиподинамией или, напротив, профессиональными занятиями спортом. Дизайн настоящего исследования не позволял оценить пиковую скорость роста пациентов, однако мы отметили, что у 81,6% детей с КДГК рост оказался выше медианы для соответствующей возрастной группы. Анализ связи спортивного анамнеза с болевым синдромом в области спины позволил выявить следующую закономерность: дети, регулярно занимавшиеся видами спорта, включающими силовые нагрузки на мышцы спины, грудной клетки и пояса верхних конечностей, жаловались на боли в спине значительно реже вне зависимости от степени деформации позвоночного столба ($p=0,042$). При этом связь жалоб на болевой синдром с наличием спортивного анамнеза не достигла статистической значимости ($p=0,082$), а занятия плаванием не оказывали значимого влияния на частоту болевого синдрома ($p=0,936$).

Единственной объективной клинической находкой, достоверно ассоциированной с жалобами на боли в спине у детей с КДГК, оказались склероз и узурация концевых пластин позвонков ($p=0,029$). Литературные сведения об объективных клинических данных, связанных с болевым синдромом в области спины у подростков, очень разнородны, а иногда и противоречивы [18–21]. По результатам метаанализа А. Lawan и соавт. (2021) [19], изменения концевых пластинок позвонков (склероз, узурации и грыжи Шморля) оказались достоверно ассоциированными с болевым синдромом в области спины. При этом авторы отмечают, что широкий размах численных показателей в различных работах позволяет говорить лишь о средней вероятности корреляции событий, и констатируют необходимость стандартизации подходов к оценке как клинических, так и инструментальных данных.

Отдельного внимания заслуживает обсуждение клинической значимости такого рентгенологического признака остеохондропатии, как асептические некрозы апофизов позвонков. При этой патологии на рентгенограммах отмечают нарушение структуры (лизис или склероз) апофизов, нарушение взаимного расположения апофиза и тела позвонка. В случае прогрессирования процесса у детей старших возрастных групп и взрослых формируется так называемый *limbus vertebrae* — протрузия пульпозного ядра через апофизарное кольцо. *Limbus vertebrae* часто становится случайной находкой при скрининговом обследовании бессимптомных подростков, занимающихся видами спорта, связанными с циклическим переразгибанием спины, и, в соответствии с современными представлениями, считается вариантом нормы [20]. Литературный поиск позволил обнаружить ряд клинических случаев, описывающих *limbus vertebrae* у пациентов с болевым синдромом в области позвоночника, однако авторы работ единогласно трактуют характер боли как механический (спазм паравертебральных мышц или радикулопатия). Таким образом, связь *limbus vertebrae* с болевым синдромом в области спины до сих пор остаётся недоказанной [20, 21].

По данным С.С. Hasler [22], позвонок с незакрытой зоной роста испытывает два вида нагрузки: со стороны непосредственно прикрепленных к нему мышц и со стороны смежных межпозвоночных дисков. В результате на позвоночник воздействуют деформирующие силы изгиба, сжатия, растяжения и сдвига, приводящие к развитию наиболее частых патологий: болезни Ш-М, дископатий, спондилолиза, переломов позвонков и сколиоза [22].

Несмотря на обнаружение столь очевидных морфологических изменений позвоночника, по мнению авторов, боль в области спины у подростков, как правило, бывает вызвана не структурными нарушениями позвонков, а функциональными причинами — локальным мышечным спазмом (миогелозом) в паравертебральной или пояснично-тазовой области.

Непервостепенная значимость морфологических нарушений позвоночника в формировании болевого синдрома была отмечена и А. Smith и соавт. в 2008 году: по результатам проведённого ими исследования, нарушения осанки у подростков 13–15 лет были ассоциированы с более высокой частотой болевого синдрома в нижних отделах спины (рентгенограммы в исследовании не оценивали) [23]. По результатам настоящего исследования, значимой связи болевого синдрома с нарушениями осанки обнаружено не было.

Несовершенство мышечного каркаса (недостаточность функции статических мышц) у детей с КДГК было подтверждено N. Alaca и соавт. (2021): сила мышц спины у подростков с КДГК составила 18,8 кг и значимо отличалась от показателя контрольной группы — 32,7 кг [2]. Оценка силы и тонуса статических мышц не входила в задачи настоящего исследования, однако некоторое представление о состоянии мышечного каркаса можно составить путём анализа жалоб и анамнестических данных. При первичном обращении только 11,6% детей жаловались на повышенную утомляемость и плохую переносимость физической нагрузки, однако факт прекращения регулярных занятий спортом в течение последнего года 23,1% пациентов свидетельствует в пользу значительно более широкой распространённости общей астении среди детей с КДГК. По данным ряда авторов [2, 5, 7] и результатам настоящего исследования, нарушения мышечного баланса (крыловидные лопатки, шейный гиперлордоз и приведение плеч) присутствуют более чем у 80% детей с КДГК, в то время как более серьёзные отклонения — деформации позвоночного столба и структурные нарушения позвонков — менее чем у половины. Вероятно, снижение тонуса мышц и отставание пассивного растяжения мышечного фиброзного каркаса во время пубертатного скачка линейного роста у детей с КДГК следует рассматривать в качестве первичного этиологического фактора как для манифестации болевого синдрома в области спины, так и для развития ювенильной остеохондропатии и нарушений осанки. В свою очередь, узурации и склероз концевых пластин позвонков являются не прямым этиологическим фактором болевого синдрома, а первым рентгенологическим проявлением дискоординации нагрузки на позвоночник.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Килевидная деформация грудной клетки у детей в абсолютном большинстве наблюдений является не изолированным пороком развития, а одним из проявлений дисплазии соединительной ткани и/или дискоординированного роста ребёнка. Наиболее частыми ортопедическими нарушениями у детей с килевидной деформацией грудной клетки являются мобильная плоская стопа, нарушения сагиттального баланса позвоночника (кифотическая или кифолордотическая осанка, спондилолистез L5-S1) и ювенильная остеохондропатия грудного и поясничного отделов позвоночника (в том числе болезни

Шейермана–Мау). Таким образом, всем детям с килевидной деформацией грудной клетки должен быть проведён полный ортопедический осмотр, выполнена рентгенография грудного и пояснично-крестцового отделов позвоночника в положении стоя. В связи с высокой частотой болевого синдрома в области спины и его значимой связью с недостаточным развитием мышечного каркаса всем детям с килевидной деформацией грудной клетки необходимо рекомендовать консультацию специалиста по лечебной физкультуре и регулярные занятия лечебной физкультурой и/или видами спорта, связанными с силовыми нагрузками на мышцы спины, грудной клетки и яса верхних конечностей.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Е.А. Воробьёва — обследование и лечение пациентов с килевидной деформацией грудной клетки, статистическая обработка и анализ данных, написание текста статьи; А.Ю. Разумовский — обследование и лечение детей с килевидной деформацией грудной клетки, организация работы мультидисциплинарной бригады для оказания помощи таким пациентам, редактирование текста статьи; В.Э. Дубров — разработка дизайна исследования, написание и рецензирование текста статьи, организация взаимодействия с локальным этическим комитетом и подготовка материалов для его заседания; Д.Ю. Выборнов — обследование и лечение пациентов с килевидной деформацией грудной клетки, организация работы мультидисциплинарной бригады для оказания помощи таким пациентам, редактирование текста статьи; И.В. Крестьяшин, З.Б. Митупов, Е.Л. Вахова — обследование и лечение пациентов с килевидной деформацией грудной клетки, написание и рецензирование текста статьи; А.О. Шомина — обследование и лечение пациентов с килевидной деформацией грудной клетки, написание текста статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kolvekar S.K., Pilegaard H.K. Chest Wall Deformities and Corrective Procedures. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. 170 p. doi: 10.1007/978-3-319-23968-2
2. Alaca N., Yüksel M. Comparison of physical functions and psychosocial conditions between adolescents with pectus excavatum, pectus carinatum and healthy controls // *Pediatr Surg Int.* 2021. Vol. 37, № 6. P. 765–75. doi: 10.1007/s00383-021-04857-7
3. Loeys B.L., Dietz H.C., Braverman A.C., et al. The revised Ghent nosology for the Marfan syndrome // *J Med Genet.* 2010. Vol. 47, № 7. P. 476–485. doi: 10.1136/jmg.2009.072785
4. Аббакумова Л.Н., Арсентьев В.Г., Гнусев С.Ф., и др. Наследственные и многофакторные нарушения соединительной ткани у детей. Алгоритмы диагностики. Тактика ведения. Российские рекомендации // *Педиатр.* 2016. № 2. С. 5–39. doi: 10.17816/PED725-39

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведённым исследованием и публикацией настоящей статьи.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных и фотографий 15.04.2021 г. и 22.02.2022 г.

ADDITIONAL INFO

Author contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. E.A. Vorobyeva — clinical examination and treatment of patients with pectus carinatum, analyzing the data, writing the text of the article; A.Y. Razumovskiy — clinical examination and treatment of children with pectus carinatum, organization of a multidisciplinary medical team working, editing the text of the article; V.E. Dubrov — development of the research design, writing and reviewing the text of the article, organizing interaction with the local ethics committee and preparing materials for its meeting; D.Y. Vybornov — clinical examination and treatment of children with pectus carinatum, organization of a multidisciplinary medical team working, editing the text of the article; I.V. Krest'yashin, Z.B. Mitupov, E.L. Vakhova — clinical examination and treatment of patients with pectus carinatum, writing and reviewing the text of the article; A.O. Shominova — clinical examination and treatment of patients with pectus carinatum, writing the text of the article.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript 15.04.2021 and 22.02.2022.

5. Alaca N., Alaca İ., Yüksel M. Does physiotherapy applied in conjunction with compression brace treatment in patients with pectus carinatum have efficacy? A preliminary randomized-controlled study // *Pediatr Surg Int.* 2020. Vol. 36, № 7. P. 789–97. doi: 10.1007/s00383-020-04675-3
6. Desmarais T.J., Keller M.S. Pectus carinatum // *Curr Opin Pediatr.* 2013. Vol. 25, № 3. P. 375–381. doi: 10.1097/MOP.0b013e3283604088
7. Haje S.A., de Podestá Haje D. Orthopedic approach to pectus deformities: 32 years of studies // *Rev Bras Ortop.* 2009. Vol. 44, № 3. P. 191–198. doi: 10.1016/S2255-4971(15)30067-7
8. Воробьёва Е.А., Разумовский А.Ю., Дубров В.Э., и др. Сочетание килевидной деформации грудной клетки и болезни Шейермана — Мау у детей: эмпирическая закономерность или сомитный синдром // *Российский вестник детской хирургии,*

анестезиологии и реаниматологии. 2023. Т. 13, № 1. С. 13–24. doi: 10.17816/psaic1491

9. Magee D.J., Manske R.C. *Orthopedic physical assessment*. 7th ed. Missouri: Elsevier, 2021. doi: 10.17816/psaic1491

10. Мицкевич В.А. Ортопедия первых шагов. 5-е изд. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2021. 359 с.

11. Vialle R., Levassor N., Rillardon L., et al. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects // *J Bone Joint Surg Am*. 2005. Vol. 87, № 2. P. 260–267. doi: 10.2106/JBJS.D.02043

12. Schlösser T.P., Vincken K.L., Rogers K., et al. Natural sagittal spino-pelvic alignment in boys and girls before, at and after the adolescent growth spurt // *Eur Spine J*. 2015. Vol. 24, № 6. P. 1158–1167. doi: 10.1007/s00586-014-3536-z

13. Ульрих Э.В., Мушкин А.Ю. *Вертебрология в терминах, цифрах и рисунках*. Санкт-Петербург: ЭЛБИ-СПб, 2002. 187 с. EDN: VTGEGN

14. Михайловский Н.В.; Общероссийская общественная организация «Ассоциация травматологов-ортопедов России». *Болезнь Шойермана–Мау. Клинические рекомендации* [Internet]. Новосибирск, 2013. 27 с. Дата обращения: 24.10.2023. Режим доступа: https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Ffiles.cito-priorov.ru%2Fcito%2Fkr_association%2F%25D0%2591%25D0%25BE%25D0%25BB%25D0%25B5%25D0%25B7%25D0%25BD%25D1%258C%2520%25D0%25A8%25D0%25BE%25D0%25B9%25D0%25B5%25D1%2580%25D0%25BC%25D0%25B0%25D0%25BD%25D0%25B0-%25D0%259C%25D0%25B0%25D1%2583.doc&wdOrigin=BROWSELINK

REFERENCES

1. Kolvekar SK, Pilegaard HK. *Chest Wall Deformities and Corrective Procedures*. Switzerland: Springer International Publishing; 2016. 170 p. doi: 10.1007/978-3-319-23968-2

2. Alaca N, Yüksel M. Comparison of physical functions and psychosocial conditions between adolescents with pectus excavatum, pectus carinatum and healthy controls. *Pediatr Surg Int*. 2021;37(6):765–75. doi: 10.1007/s00383-021-04857-7

3. Loeys BL, Dietz HC, Braverman AC, et al. The revised Ghent nosology for the Marfan syndrome. *J Med Genet*. 2010;47(7):476–85. doi: 10.1136/jmg.2009.072785

4. Abbakumova LN, Arsentev VG, Gnusaev SF, et al. Multifactorial and hereditary connective tissue disorders in children. Diagnostic algorithms. Management tactics. Russia guidelines. *Pediatrician*. 2016;7(2):5–39. (In Russ). doi: 10.17816/PED725-39

5. Alaca N, Alaca İ, Yüksel M. Does physiotherapy applied in conjunction with compression brace treatment in patients with pectus carinatum have efficacy? A preliminary randomized-controlled study. *Pediatr Surg Int*. 2020;36(7):789–97. doi: 10.1007/s00383-020-04675-3

6. Desmarais TJ, Keller MS. Pectus carinatum. *Curr Opin Pediatr*. 2013;25(3):375–81. doi: 10.1097/MOP.0b013e3283604088

7. Haje SA, de Podestá Haje D. Orthopedic approach to pectus deformities: 32 years of studies. *Rev Bras Ortop*. 2009;44(3):191–8. doi: 10.1016/S2255-4971(15)30067-7

8. Vorobyeva EA, Razumovskiy AYU, Dubrov VE, et al. Combination of pectus carinatum and Scheuermann-Mau disease in children: an empirical pattern or somite syndrome? *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2023;13(1):13–24. doi: <https://doi.org/10.17816/psaic1491>

15. Legaye J., Duval-Beaupère G., Hecquet J., et al. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves // *Eur Spine J*. 1998. Vol. 7, № 2. P. 99–103. doi: 10.1007/s005860050038

16. Lovell W.W., Winter R.B., Morrissy R.T., Weinstein S.L. *Lovell and Winter's pediatric orthopaedics*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2006. 1545 p.

17. WHO [Internet]. Growth reference data for 5–19 years; 2007. Дата обращения: 20.10.2023. Режим доступа: WHO. [toolsgrowth-reference-data-for-5to19-years 2007](https://www.who.int/growth-referenc)

18. White S.E. *Basic & Clinical Biostatistics*. 5th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2020. 368 p.

19. Lawan A., Crites V.J., Battié M.C. The association between vertebral endplate structural defects and back pain: a systematic review and meta-analysis // *Eur Spine J*. 2021. Vol. 30, № 9. P. 2531–2548. doi: 10.1007/s00586-021-06865-6

20. Alagheband S.J., Clapp A.D., Narducci D.M., et al. *Limbus Vertebra* // *Cureus*. 2021. Vol. 13, № 3. P. e13954. doi: 10.7759/cureus.13954

21. Sanal H.T., Yilmaz S., Simsek I. *Limbus vertebra* // *Arthritis Rheum*. 2012. Vol. 64, № 12. P. 4011. doi: 10.1002/art.34630

22. Hasler C.C. Back pain during growth // *Swiss Med Wkly*. 2013. Vol. 143. P. w13714. doi: 10.4414/smw.2013.13714

23. Smith A., O'Sullivan P., Straker L. Classification of sagittal thoraco-lumbo-pelvic alignment of the adolescent spine in standing and its relationship to low back pain // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008. Vol. 33, № 19. P. 2101–2107. doi: 10.1097/BRS.0b013e31817ec3b0

9. Magee DJ, Manske RC. *Orthopedic physical assessment*. 7th ed. St. Louis, Missouri: Elsevier; 2021. 1549 p.

10. Mitskevich VA. *Orthopedics of the first steps*. 5th ed. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy; 2021. 359 p. (In Russ).

11. Vialle R, Levassor N, Rillardon L, et al. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. *J Bone Joint Surg Am*. 2005;87(2):260–7. doi: 10.2106/JBJS.D.02043

12. Schlösser TP, Vincken KL, Rogers K, et al. Natural sagittal spino-pelvic alignment in boys and girls before, at and after the adolescent growth spurt. *Eur Spine J*. 2015;24(6):1158–67. doi: 10.1007/s00586-014-3536-z

13. Ulrih EV, Mushkin AYU. *Vertebrology in terms, figures and drawings*. Saint Petersburg: ELBI-SPb; 2002. 187 p. (In Russ). EDN: VTGEGN

14. Mihaylovskiy N.V.; Russian association of trauma and orthopedic surgeons. *Scheuermann disease. Clinical guidelines* [Internet]. Novosibirsk; 2013. 27 p. [cited 2023 Oct 24]. Available from: https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Ffiles.cito-priorov.ru%2Fcito%2Fkr_association%2F%25D0%2591%25D0%25BE%25D0%25BB%25D0%25B5%25D0%25B7%25D0%25BD%25D1%258C%2520%25D0%25A8%25D0%25BE%25D0%25B9%25D0%25B5%25D1%2580%25D0%25BC%25D0%25B0%25D0%25BD%25D0%25B0-%25D0%259C%25D0%25B0%25D1%2583.doc&wdOrigin=BROWSELINK (In Russ).

15. Legaye J, Duval-Beaupère G, Hecquet J, Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J*. 1998;7(2):99–103. doi: 10.1007/s005860050038

16. Lovell WW, Winter RB, Morrissy RT, Weinstein SL. *Lovell and Winter's pediatric orthopaedics*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.

17. WHO [Internet]. *Growth reference data for 5–19 years* [updated 2007; cited 24 Oct 2023]. Available from: WHO. toolsgrowth-reference-data-for-5to19-years 2007

18. White SE. *Basic & Clinical Biostatistics*. 5th ed. New York: McGraw-Hill Education; 2020.

19. Lawan A, Crites Videman J, Battié MC. The association between vertebral endplate structural defects and back pain: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2021;30(9):2531–48. doi: 10.1007/s00586-021-06865-6

20. Alagheband SJ, Clapp AD, Narducci DM, Cudahy R, Pujalte G. Limbus Vertebra. *Cureus*. 2021;13(3):e13954. doi: 10.7759/cureus.13954

21. Sanal HT, Yilmaz S, Simsek I. Limbus vertebra. *Arthritis Rheum*. 2012;64(12):4011. doi: 10.1002/art.34630

22. Hasler CC. Back pain during growth. *Swiss Med Wkly*. 2013;143:w13714. doi: 10.4414/smw.2013.13714

23. Smith A, O'Sullivan P, Straker L. Classification of sagittal thoraco-lumbo-pelvic alignment of the adolescent spine in standing and its relationship to low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(19):2101–7. doi: 10.1097/BRS.0b013e31817ec3b0

ОБ АВТОРАХ

* Воробьева Екатерина Андреевна;

адрес: Москва, Ломоносовский проспект, дом 27, корпус 1, 119192;
ORCID: 0000-0002-0086-6475;
eLibrary SPIN: 1465-0545;
e-mail: ea.traum-ort@yandex.ru

Разумовский Александр Юрьевич, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0003-3511-0456;
eLibrary SPIN: 3600-4701;
e-mail: 1595105@mail.ru

Дубров Вадим Эрикович, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0001-5407-0432;
eLibrary SPIN: 8598-7995;
e-mail: vduort@gmail.com

Выборнов Дмитрий Юрьевич, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0001-8785-7725;
eLibrary SPIN: 2660-5048;
e-mail: dgkb13@gmail.com

Крестьяшин Илья Владимирович, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-9131-9847;
eLibrary SPIN: 5549-6267;
e-mail: krest_xirurg@mail.ru

Митупов Зорикто Батоевич, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0002-0016-6444;
eLibrary SPIN: 5182-1748;
e-mail: zmitupov@mail.ru

Вахова Екатерина Леонидовна, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-4509-7120;
eLibrary SPIN: 2124-9679;
e-mail: vel_1202@mail.ru

Шоминава Алёна Олеговна;

ORCID: 0000-0001-7205-0937;
e-mail: alshominova@icloud.com

AUTHORS' INFO

* Ekaterina A. Vorobyeva;

address: 27-1 Lomonosovsky Prospect, Moscow 119192, Russia;
ORCID: 0000-0002-0086-6475;
eLibrary SPIN: 1465-0545;
e-mail: ea.traum-ort@yandex.ru

Alexander Y. Razumovskiy, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;

ORCID: 0000-0003-3511-0456;
eLibrary SPIN: 3600-4701;
e-mail: 1595105@mail.ru

Vadim E. Dubrov, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;

ORCID: 0000-0001-5407-0432;
eLibrary SPIN: 8598-7995;
e-mail: vduort@gmail.com

Dmitry Y. Vybornov, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;

ORCID: 0000-0001-8785-7725;
eLibrary SPIN: 2660-5048;
e-mail: dgkb13@gmail.com

Il'ya V. Krest'yashin, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0002-9131-9847;
eLibrary SPIN: 5549-6267;
e-mail: krest_xirurg@mail.ru

Zoricto B. Mitupov, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0002-0016-6444;
eLibrary SPIN: 5182-1748;
e-mail: zmitupov@mail.ru

Ekaterina L. Vakhova, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0002-4509-7120;
eLibrary SPIN: 2124-9679;
e-mail: vel_1202@mail.ru

Alena O. Shominova;

ORCID: 0000-0001-7205-0937;
e-mail: alshominova@icloud.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author