

Врожденные пороки развития грудной клетки: трехплоскостная модель, классификация и количественная оценка (новый подход к тактической систематизации патологии)

И.А. Комолкин^{1,2}, А.Ю. Мушкин¹, Э.В. Ульрих²

¹ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии

² Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет

Congenital malformations of the chest: 3D model, classification and quantification (new approach to tactical systematization of pathology)

I. Komolkin^{1,2}, A. Mushkin¹, E. Ulrich²

¹ St. Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology

² St. Petersburg State Pediatric Medical University

© Коллектив авторов, 2019 г.

Резюме

Цель: систематизация врожденных деформаций грудной клетки на основе оригинальной тактической классификации, обозначенной аббревиатурой ASFI согласно основным классификационным признакам: тип порока (**ab**normality), симметричность деформации (**sym**metry), вариант функциональных нарушений (**fun**ction) и основные оценочные индексы (**in**dexes).

Материалы и методы исследования. В соответствии с трехплоскостной моделью выделены ведущие плоскости деформации и систематизированы данные 434 пациентов в возрасте от 1 года до 17 лет, в том числе 362 — с воронкообразной, 56 — с килевидной деформацией, 16 — с редкими синдромами, сопровождающимися деформацией грудной клетки (синдромы Поланда, Жене, Куррарино–Сильвермана, Ярхо–Левина). Представлены критерии оценки асимметрии грудной клетки и идентификаторы сопутствующих функциональных нарушений. **Заключение.** Предложенная классификация врожденных деформаций грудной клетки и количественные индексы предполагают бо-

лее объективную оценку патологии, планирование и анализ эффективности хирургического лечения. Принципы систематизации могут быть применены не только для врожденных деформаций грудной клетки, но и для деформаций другой этиологии — инфекционных, постманипуляционных (ятрогенных) и т.д.

Ключевые слова: врожденные деформации грудной клетки, ASFI-классификация, врожденный сколиоз, трехплоскостная модель, индексы оценки деформаций грудной клетки

Summary

Objective: to systematize the variants of congenital chest deformities according to original tactical ASFI-classification (abbreviation formed due to the main characteristic — type of chest **Ab**normality, chest **Sym**metry or asymmetry, **Fun**ctional disorders and metric **In**dexes). **Materials and methods.** 434 patients aged from 1 till 17 years (362 with funnel chest deformity, 56 with pectus carinatum and 16 with rare congenital malformations of the sterno-costal-vertebral complex (Poland, Jeune, Currarino–Silverman,

Jarcho–Levin syndromes) are separated according 3D chest model. Criteria of thorax asymmetry and functional dysfunctions are presented. **Results.** The proposed systematization of the chest malformations and quantitative indices suggest a more objective assessment of the pathology, and allows to use it as a working tool for thoracic orthopedics. The principles of systematization could be ap-

plied as for congenital as developed chest deformities, incl. infectious, post-manipulation (iatrogenic), etc.

Keywords: congenital chest deformities, ASFI-classification of chest deformities, congenital scoliosis, 3D chest model, quantitative assessment of congenital chest deformities

Введение

Врожденные деформации грудной клетки представлены широким спектром аномалий развития грудно-реберного комплекса (ГРК), которые могут быть как изолированными, так и встречаться в виде компонентов разных синдромов. На долю воронкообразной и килевидной деформаций приходится 91% и 7% всех врожденных деформаций грудной клетки при частоте 1–3 (для воронкообразной) и 0,6–0,97 (для килевидной) на 1000 новорожденных [1–8]. Только 2% аномалий грудной клетки приходится на редкие варианты деформаций при синдромах Поланда (Poland), Жене (Jeune), Куррарино–Сильвермана (Currarino–Silverman), Клиппеля–Фейля–Шпренгеля (Klippel–Feil–Schprengel, KFS) и др. [9–19], при этом в последние годы особое внимание уделяется сочетанным порокам грудной клетки и позвоночника, сводная статистика которых, однако, больше фокусируется на проблеме врожденных сколиозов в рамках EOS (early

onset scoliosis), чем на проблеме пороков грудной клетки [19–25].

Классификация деформаций грудной клетки имеет принципиальное тактическое значение, но даже однотипные или схожие по названию деформации порой весьма разнообразны по клиническим проявлениям и осложнениям [11, 26–28]. Ретроспективный анализ результатов обследования и лечения более 400 детей с различными аномалиями развития грудной клетки позволил нам предложить новый принцип классификации, фокусирующейся именно на вопросах тактики лечения.

Отправной точкой для тактической систематизации пороков ГРК стали: трехмерная (трехплоскостная) модель грудной клетки, базирующаяся на ней методика количественной оценки ее асимметрии, а также идентификация сопутствующих функциональных нарушений, осложняющих течение пороков.

Пространственная модель грудной клетки

Грудная клетка рассматривается как трехмерное (объемное) образование, в норме близкое по форме к усеченному конусу (рис. 1).

Условная плоскость, разделяющая грудную клетку по средней линии, формирует два гемиторакса, каждый из которых представляет собой неправильную усеченную пирамиду или параллелепипед. Объем каждого гемиторакса может быть определен перемножением трех параметров — вертикального (a), сагитального (переднезаднего, b) и горизонтального (c), что соответствует высоте, глубине и ширине объекта с поправками («допусками») на истинную неправильную форму пирамиды. Получаемый при перемножении этих параметров показатель в ортопедической литературе обозначается как SAL (space available for lung), условно он соответствует объему гемиторакса [19, 20], при этом в норме предполагается их симметричность с правой и левой стороны.

Выделение ведущей оси деформации позволяет отнести любой из вариантов аномалий грудной клетки к одному из следующих:

- шейные ребра (истинные или ложные), добавочное ребро или его отсутствие у нижнего грудного позвонка (соответственно торакализация

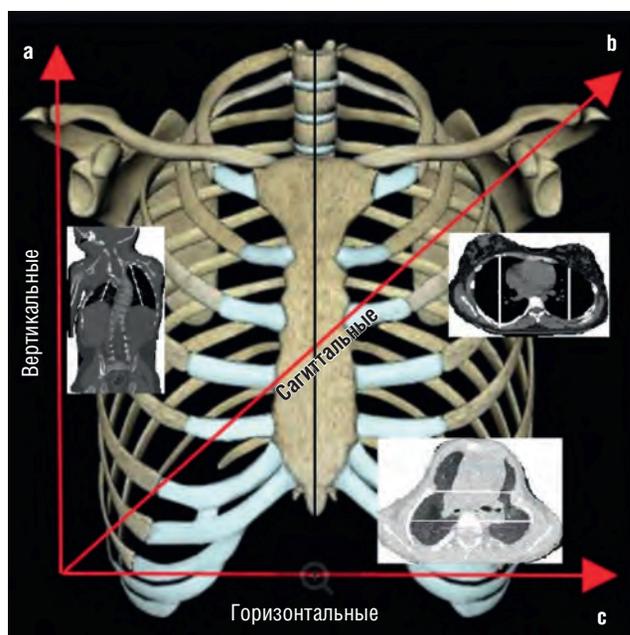


Рис. 1. Плоскостные параметры гемитораксов и примеры их нарушений при пороках развития грудно-реберного комплекса. Пояснения в тексте

Таблица 1

Систематизация деформаций грудной клетки по ведущей оси и клиническим вариантам

Ведущая ось деформации грудной клетки	Клинические варианты врожденных деформаций грудной клетки			
	воронкообразная деформация грудной клетки, килевидная деформация грудной клетки, синдром Поланда	синдром Жене	изолированная агенезия ребер с синдромом TIS без нейтрального порока позвоночника или с таким пороком	синдромы Ярхо-Левина, Клиппеля-Фейля-Шпренгеля, врожденного сколиоза + TIS
Сагиттальная	+	±	-	+
Горизонтальная	-	+	-	+
Вертикальная	-	-	+	+

Примечание. TIS — синдром торакальной недостаточности.

или люмбализация), нарушения сегментации ребер, а также ребра Люшка не сопровождаются деформациями грудной клетки, что соответствует **нейтральным** порокам;

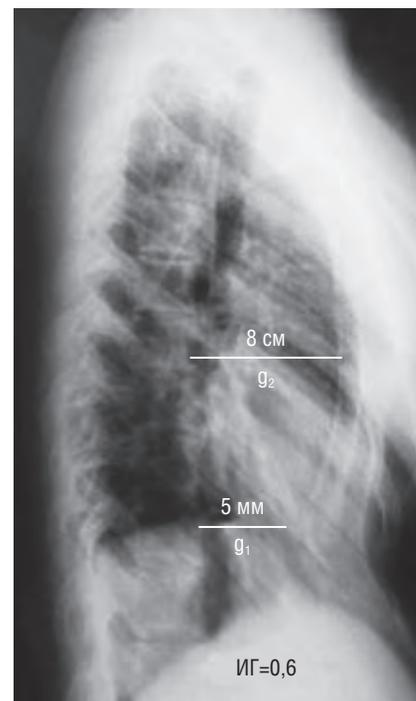
- воронкообразная и килевидная деформации грудной клетки, а также синдром Поланда сопровождаются нарушением формирования грудно-реберного каркаса в преимущественно переднезаднем, или **сагиттальном** направлении;
- к порокам с преимущественным нарушением **поперечного** формирования грудной клетки относится синдром Жене;
- аплазия или многоуровневые сращения ребер приводят к нарушениям **вертикального** развития ГРК и обычно описываются в рамках синдрома торакальной недостаточности (TIS). В изолированном виде, без вертебрального порока, такие аномалии встречаются достаточно редко, в то время как пороки развития грудно-реберно-позвоночного комплекса, такие как синдромы Ярхо-Левина, Клиппеля-Фейля-Шпренгеля и другие, обычно приводят к полиплоскостным, или **комбинированным** деформациям грудной клетки.

Выделение ведущей оси позволяет систематизировать врожденные деформации грудной клетки следующим образом (табл. 1).

Количественная характеристика деформаций грудной клетки

Для **симметричных** сагиттальных деформаций грудной клетки, таких как воронкообразная и килевидная, сохраняют свою информативность традиционные количественные показатели — индексы Халлера и Гжицкой (рис. 2).

В свою очередь, необходимость объективизации тяжести **асимметричных** пороков с выделением ведущих плоскостей требует представить группу



а



б

Рис. 2. Принципы расчета индексов Гжицкой и Халлера при симметричной воронкообразной деформации грудной клетки: а — индекс Гжицкой (ИГ) = g_1/g_2 , где g_1 и g_2 — минимальное и максимальное ретростернальное («грудно-позвоночное») расстояние; б — индекс Халлера (ИХ) = x_1/x_2 , где x_1 и x_2 — поперечный размер и ретростернальное расстояние, измеренные на уровне наибольшей деформации грудной клетки

метрических показателей (индексов), базирующихся на следующих расчетах: в условиях **нейтрального** или **симметричного** порока *a priori* предполагается, что гемитораксы равны и, следовательно, отношение их объемов, определенное справа и слева, равно 1 (формула 1):

$$(a_d \times b_d \times c_d) / (a_s \times b_s \times c_s) = 1, \quad (1)$$

где d и s — обозначения сторон — dextra и sinistra.

При асимметричных пороках возможно определение линейных размеров на каждом уровне, но с клинической точки зрения целесообразно оценивать наиболее выраженный (асимметричный) параметр. При этом «объем гемиторакса» (SAL) на каждой стороне может быть определен перемножением трех параметров, а их отношение на деформированной («уменьшенной» в объеме) и «здоровой» сторонах может быть обозначено как **индекс асимметрии** объемов **гемитораксов** (ИАГТ), но фактически соответствует ранее предложенному индексу асимметрии грудной клетки (ИАГК) [19] (формула 2):

$$\text{ИАГТ} = \text{ИАГК} = \frac{a^1 \times b^1 \times c^1}{a^2 \times b^2 \times c^2} \times 100\%, \quad (2)$$

где 1 и 2 — соответственно показатель уменьшенной в объеме и здоровой стороны.

Величина ИАГК не только представляет дополнительный показатель тяжести патологии, но и позволяет рассматривать его изменение как объективный критерий эффективности операции.

В случае симметричности какого-либо из линейных размеров (a, b или c) при расчете индекса они автоматически сокращаются, что позволяет их не учитывать при конкретных вариантах порока: так, при **сагиттальных пороках** асимметрия выражена за счет переднезаднего (сагиттального) размера гемитораксов. Соответственно ИАГК для этих вариантов можно рассчитать следующим образом (формула 3):

$$\text{ИАГКс} = \frac{b^1}{b^2} \times 100\%, \quad (3)$$

где b^1 — сагиттальный размер гемиторакса на стороне поражения; b^2 — тот же размер нормального гемиторакса.

Формула наиболее наглядна для пациентов с синдромом Поланда (рис. 3), однако может быть использована и для асимметричных вариантов воронкообразной грудной клетки.

Особенностью синдрома Жене (Juene) является прежде всего грубая боковая («горизонтальная») компрессия гемитораксов, которая и должна устраняться в ходе операции. Теоретически степень компрессии может быть рассчитана для каждого гемиторакса, но ввиду симметричного характера аномалии



Рис. 3. Аксиальный срез КТ грудной клетки пациентки Т., 17 лет. Диагноз: синдром Поланда справа.

$$\text{ИАГКс} = \frac{7,09}{10,03} \times 100\% = 70,68\%.$$

для оценки тяжести патологии перед операцией предлагается использовать индекс горизонтальной компрессии грудной клетки (ИГКГК), рассчитываемый по формуле (4):

$$\text{ИГКГК} = \frac{c^1}{c^2} \times 100\%, \quad (4)$$

где c^1 — поперечный размер грудной клетки на вершине компрессии; c^2 — ее поперечный размер на уровне неизменной части (чаще всего соответствует поперечному размеру грудной клетки в заднем отделе) (рис. 4).

При этапных операциях уже восстановленный гемиторакс может быть условно расценен как «здоровый», после чего поперечный размер гемитораксов может быть рассчитан для каждой стороны, а индекс

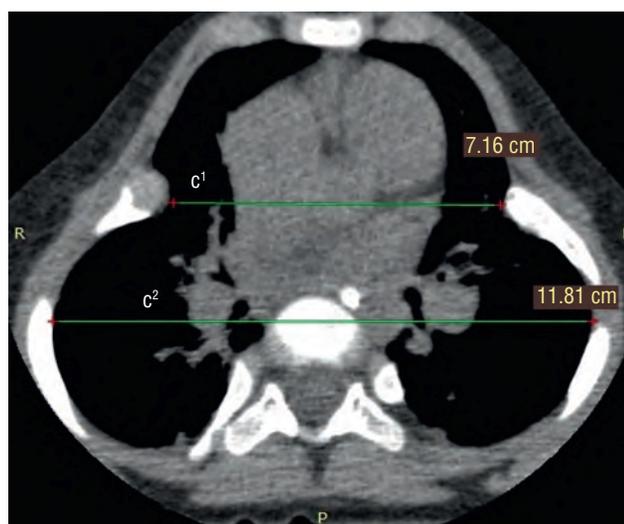


Рис. 4. КТ грудной клетки пациента И., 5 лет. Диагноз: синдром Жене.

$$\text{ИГКГК} = \frac{7,16}{11,01} \times 100\% = 65,03\%.$$

горизонтальной асимметрии гемитораксов (ИАГКг) будет соответствовать формуле:

$$\text{ИАГКг} = c_1/c_2 \times 100\%, \quad (5)$$

где показатели c_1 и c_2 соответствуют поперечным размерам гемитораксов на вершине компрессии на неоперированной и оперированной стороне соответственно.

Вертикальные пороки развития ГРК с преимущественным нарушением в кранио-каудальном направлении характерны для синдрома TIS, а также комбинированных пороков развития грудина-реберно-позвоночного комплекса при синдромах Ярхо-Левина, Клиппеля-Фейля-Шпренгеля и др. Односторонняя агенезия/аплазия и синостоз ребер ведут к снижению вертикального размера асимметричных гемитораксов грудной клетки, что позволяет рассчитать индекс вертикальной асимметрии грудной клетки (ИАГКв) по формуле (6):

$$\text{ИАГКв} = \frac{a^1}{a^2} \times 100\%, \quad (5)$$

где a^1 и a^2 — вертикальный размер грудной клетки на стороне деформированного гемиторакса и на контралатеральной стороне (рис. 5).

При комбинированных пороках с выраженным полиплоскостным нарушением формирования гемитораксов индекс асимметрии может быть рассчитан по исходной формуле (1) с перемножением двух (наиболее различающихся) или всех трех параметров.

Классификация

Анализ вариантов врожденных деформаций грудина-реберно-(позвоночного) комплекса (ГРПК) в 3D-системе координат позволил сформулировать новую классификацию пороков грудной клетки (табл. 2), кодификатор которой представляет собой рабочую матрицу, в которой основные классификационные признаки обозначены заглавными латинскими буквами. Диагноз врожденного порока развития грудной клетки строится по буквенным обозначениям (ASFI) с детализацией (расшифровкой) каждого параметра (табл. 2):

- А — порок развития грудной клетки; цифры 0, 1, 2, 3, 4 обозначают ведущую плоскость деформации, строчными латинскими буквами обозначаются конкретные варианты деформации (е, с, р и т.д.);
- S — симметричность деформации: 0 соответствует симметричной деформации, 1 — асимметричной;
- F — функциональные нарушения: 0 означает отсутствие функциональных нарушений, 1 — их наличие;

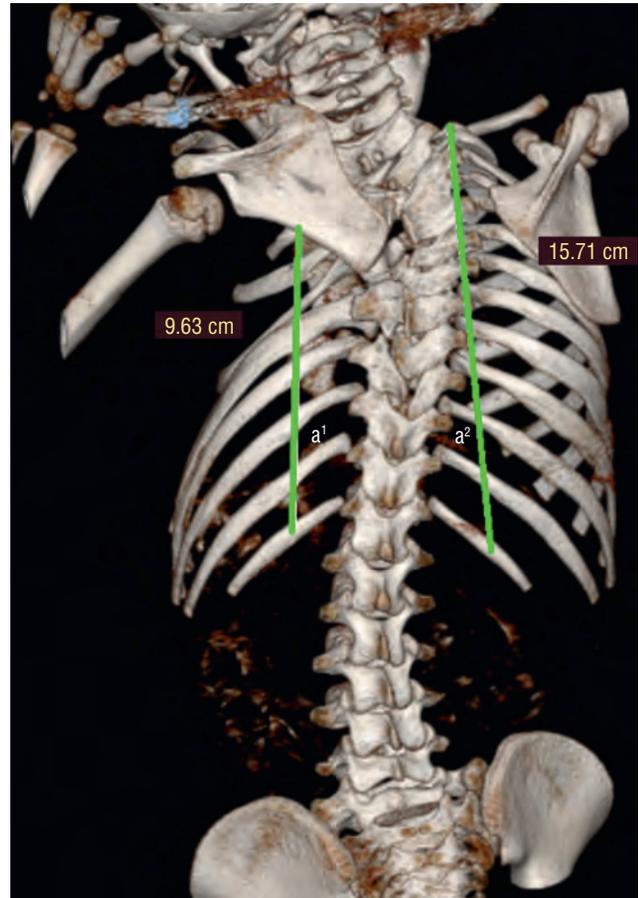


Рис. 5. КТ грудной клетки пациентки Я., 4 лет. Диагноз: синдром Ярхо-Левина + KFS (врожденный сколиоз + TIS).

$$\text{ИАГКв} = \frac{9,63}{15,71} \times 100\% = 61,3\%.$$

- I — индекс, используемый для характеристики деформации.
- В рамках предложенной системы некоторые конкретные варианты врожденных деформаций грудной клетки могут быть кодированы следующим образом (примеры):
- врожденные **симметричные** воронкообразная и килевидная деформации **без** функциональных нарушений — **A1eS0F0** и **A1cS0F0** соответственно, а объективизируют их тяжесть индексы Халлера и Гжицкой;
- синдром Поланда без функциональных нарушений соответствует коду **A1pS1F0**, с нарушением каркасной функции — **A1pS1F1fr**, объективизирующий индекс — ИАГКс;
- врожденная **асимметричная** воронкообразная деформация с функциональными сердечно-сосудистыми нарушениями — **A1eS1F1cv**; объективизирующие тяжесть деформации показатели — индексы Халлера, Гжицкой и ИАГКс;

Кодификатор врожденных пороков развития грудной клетки (ASFI)

Буквенное обозначение ведущих признаков	Градации признака	Лучевые индексы (I), объективизирующие тяжесть порока	Клинические варианты	Код
A — основной компонент (ось) деформации	0 — нейтральный порок		Нейтральные пороки, не вызывающие деформации: добавочные ребра, шейные ребра, ребро Люшка и т.д.	A0
	1 — сагиттальный (переднезадний)	ИГ, ИХ (ИАГК)	e — excavatum (воронкообразная деформация)	A1e
		ИХ, угол ротации грудины	c — carinatum (килевидная деформация)	A1c
		ИХ, угол деформации тела грудины	ec — excavatum+carinatum (киле-вороночная деформация, синдром Куррарино–Сильвермана)	A1ec
		ИАГКс	p — Poland (синдром Поланда) pe — Poland+excavatum pc — Poland+carinatum	A1p A1pe A1pc
	2 — горизонтальный	ИГКГК, ИАГКг (после этапной операции)	j — Jeune (синдром Жене)	A2
	3 — вертикальный (кранио-каудальный)	ИАГКв, SAL, угол Cobb	jl — Jarcho–Levin (синдром Ярхо–Левина, TIS)	A3
4 — комбинированный	ИАГК, ИАГКв, индекс SAL, угол Cobb	Сочетание синдромов: Ярхо–Левина, Клиппеля–Фейля–Шпренгеля, врожденного сколиоза и синдрома торакальной недостаточности	A4	
S — симметричность деформации	0 — симметричные	–	–	S0
	1 — асимметричные	–	–	S1
F — функциональные нарушения	0 — нет	–	–	F0
	1 — есть	–	cv (cordial-vascular) — сердечно-сосудистые; br (breath) — дыхательные; fr (frame) — каркасность	F1

Примечание. ИАГК — индекс асимметрии грудной клетки; ИАГКс — индекс сагиттальной асимметрии грудной клетки, ИАГКв — индекс вертикальной асимметрии грудной клетки; ИАГКг — индекс горизонтальной асимметрии грудной клетки; ИГКГК — индекс горизонтальной компрессии грудной клетки; ИГ — индекс Жижицкой; ИХ — индекс Халлера.

- синдром Жене, осложненный дыхательными нарушениями, кодируется как **A2S0F1br**, при этом метрическим показателем, определяющим его тяжесть, является ИГКГК. В свою очередь, после этапной односторонней коррекции патологии с купированной дыхательной недостаточностью порок будет соответствовать коду **A2S1F0**.

Ретроспективная систематизация собственного клинического материала

В конечном итоге все наблюдавшиеся нами больные, анализ особенностей патологии которых и послужил основанием для разработки классификации, на момент операции могли быть систематизированы следующим образом (табл. 3).

Выделение ведущего компонента (оси) деформации позволяет сформулировать унифицирован-

ный принцип выбора хирургической тактики при врожденных пороках грудной клетки.

- 1. Пороки типа A1:** основные корригирующие усилия должны быть направлены вдоль сагиттальной оси и приложены либо к груди (при симметричных пороках), либо к грудно-реберному каркасу (при асимметричных). Именно поэтому наиболее эффективными при данных пороках являются корригирующие торакопластики с фиксацией ГРК жесткими пластинами (Nuss), их комбинацией с фиксацией ребер либо, при пороке типа A1p — применение «Matrix rib» («протезов» ребер).
- 2. Пороки типа A2:** требуется коррекция реберного каркаса грудной клетки в горизонтальной плоскости. Учитывая многоуровневый характер деформации при синдроме Jeune, методом выбора при этой аномалии следует считать корригирующую

Таблица 3

Заключительная систематизация всех включенных в исследование больных в соответствии с разработанной классификацией

Тип деформации	Симметричность деформации		Функциональные нарушения				Всего больных
	S0	S1	F0	F1 _{cv}	F1 _{br}	F1 _{add} *	
A1e	251	111	62	319	300	–	362
A1c	22	24	44	25	2	–	46
A1ec	10	–	3	7	Нет	–	10
A1p	–	7	2	5	Нет	4	7
A2	4	–	Нет	3	4	–	4
A3**	–	–	–	–	–	–	–
A4	–	5	Нет	4	5	–	5
Всего	–	–	–	–	–	–	434

* Деформации типа A3 с изолированным уменьшением вертикальных размеров грудной клетки в нашем исследовании не встречались: во всех наблюдениях уменьшение гемиторакса носило комбинированный характер, что относит деформацию к типу A4.

торакопластику с применением Matrix rib (реберных «протезов»).

- Пороки типа A3:** основной корригирующий эффект должен достигаться путем вертикального увеличения грудной клетки. Именно поэтому при таких деформациях анатомически оправдано применение инструментария VEPTR («vertical expandable prosthesis thoracic rib»).
- Пороки типа A4:** коррекция деформации грудной клетки может быть достигнута только в результате комбинации воздействий, приложенных как к грудной клетке, так и к позвоночнику.

Обсуждение результатов

Современные классификации деформаций грудной клетки, как правило, формируются на следующих принципах [10, 11, 16, 27, 28]:

- использовании терминов, характеризующих внешний вид грудной клетки, — «воронкообразная» (pectus excavatum, PE), «килевидная» (pectus carinatum, PC), «грудь голубя» («pigeon chest») «выпукло-вогнутая» (комбинация PE и PC) и т.д.;
- для редких синдромов применяют эпонимические термины, соответствующие описавшим их авторам или больным: синдром Поланда, Жене, Ярхо–Левина, Клиппеля–Фейля–Шпренгеля (Poland, Jeune, Jarcho–Levin, Klippel–Feil–Schprengel) и т.д.;
- анато-морфологические классификации строятся на детализации вышеописанных вариантов за счет уточнения уровня поражения либо наиболее измененного отдела реберно-грудного каркаса;

- в наиболее поздних классификациях [27], касающихся, правда, только воронкообразных деформаций грудной клетки, помимо типичных обращается внимание на атипичные, к которым помимо торсионных деформаций грудины относят и сочетания деформаций грудной клетки со сколиозом (что, на наш взгляд, дискуссионно ввиду широкой распространенности такого сочетания).

Недостатком представленных классификаций является отсутствие их тактической направленности. Предложенная нами систематизация пороков развития грудной клетки выделяет три компонента деформации: ее ведущую плоскость, симметричность формы и функциональные нарушения, именно на коррекцию/ликвидацию которых и должны быть направлены планируемые хирургические манипуляции. А упрощение для торакального хирурга выбора оптимального имплантата — пластины Nuss и ее аналогов, горизонтальных и вертикальных протезов ребер, каждый из которых действует на грудную клетку в определенной плоскости, — позволит избежать принятия тактически необоснованных решений (например, применения системы VEPTR при горизонтальных пороках развития).

Заключение

Предложенная классификация пороков развития грудной клетки, обозначенная нами аббревиатурой **ASFI** по ее основным компонентам, достаточно унифицирована и воспроизводима, что позволяет рекомендовать ее в качестве рабочего инструмента в практике торакальной ортопедии.

Выделение ведущего компонента (плоскости) деформации должно упростить выбор метода реконструкции грудной клетки и ее операционной фиксации.

Простые и воспроизводимые количественные индексы, оцениваемые по рентгенографии и/или КТ грудной клетки, предполагают не только объективную

оценку тяжести патологии, но и эффективности ее хирургической коррекции.

Несмотря на то, что систематизация разработана исключительно для врожденных деформаций грудной клетки, ее принципы могут быть использованы для характеристики деформаций другой этиологии — инфекционных, постманипуляционных (ятрогенных) и т.д.

Список литературы

1. Комиссаров И.А., Комолкин И.А., Афанасьев А.П. Деформации грудной клетки у детей. Педиатр 2010; (1): 63–66. [Komissarov I.A., Komolkin I.A., Afanas'ev A.P. Chest deformities in children. *Pediatr* 2010; (1): 63–66 (In Russ.).]
2. Разумовский А.Ю., Савчук М.О. Опыт хирургического лечения килевидной деформации грудной клетки у детей. Детская хирургия 2011; (1): 4–8. [Razumovskij A.Ju., Savchuk M.O. Experience of surgical treatment of keeled chest deformity in children. *Pediatric surgery* 2011; (1): 4–8 (In Russ.).]
3. Разумовский А. Ю., Алхасов А. Б., Разин М. П. и др. Сравнительная характеристика эффективности различных способов оперативного лечения воронкообразной деформации грудной клетки у детей: мультицентровое исследование. Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста 2018; (1): 5–13. [Razumovskij A.Ju., Alhasov A.B., Razin M.P. *i dr.* Comparative characteristics of the effectiveness of various methods of surgical treatment of funnel chest deformity in children: a multicenter study. *Orthopedics, traumatology and reconstructive surgery of childhood* 2018; (1): 5–13 (In Russ.).]
4. Coelho M.S., Guimarães P.F. Pectus carinatum *Jornal brasileiro de pneumologia* 2007; 33 (4): 463–474. doi: 10.1590/S1806-37132007000400017.
5. Del-Frari B., Schwabegger A.H. Ten-year experience with the muscle split technique, bioabsorbable plates, and postoperative bracing for correction of pectus carinatum: the Innsbruck protocol *The Journal of thoracic and cardiovascular surgeon* 2011; 141 (6): 1403–1409. doi: 10.1016/j.jtcvs.2011.02.026.
6. Coelho de M.S., Silva R.F., Bergonse Neto N., Stori W. de S. et al. Pectus excavatum surgery: sternochondroplasty versus Nuss procedure? *The Annals of thoracic surgery* 2009; 88 (6): 1773–1779. doi: 10.1016/j.athoracsur.2009.07.051.
7. Coskun Z.K., Turgut H.B., Demirsoy S., Cansu A. The prevalence and effects of pectus excavatum and pectus carinatum on the respiratory function in children between 7-14 years old. *The Indian journal of pediatrics* 2010; 77 (9): 1017–1019. doi: 10.1007/s12098-010-0155-5.
8. Хирургия пороков развития у детей / под. ред. Г.А. Баирова. Л.: Медицина 1968; 688. [Child developmental malformation surgery ed. G.A. Bairov. Leningrad: Medicina 1968; 688 (In Russ.).]
9. Овсянников Д.Ю., Степанова Е.В., Беляшова М.А., Дегтярёва Е.А. Синдром Жёна: описание серии наблюдений. Актуальные вопросы педиатрии 2016; (1): 61–67 [Ovsjannikov D.Ju., Stepanova E.V., Beljashova M.A., Degtjarjova E.A. Jeune syndrome: a description of a series of observations. *Current issues of pediatrics* 2016; (1): 61–67 (In Russ.).]
10. Fokin A.A., Steuerwald N.M., Ahrens W.A., Allen K.E. Anatomical, histologic, and genetic characteristics of congenital chest wall deformities. *Seminars in thoracic and cardiovascular surgery* 2009; 21 (1): 44–57. doi: 10.1053/j.semctvs.2009.03.001.
11. Torre M., Rapuzzi G., Jasonni V., Varela P. Chest wall deformities: an overview on classification and surgical options. *Tor-*
12. *pics in thoracic surgery* ed. by P. Cardoso 2012; 117–136. doi: 10.5772/25950.
12. Chidambaram B., Mehta A.V. Currarino-Silverman syndrome (pectus carinatum type 2 deformity) and mitral valve disease. *Chest*. 1992; 102 (3): 780–782.
13. Cornier A.S., Ramirez N., Carlo S., Reiss A. Controversies surrounding Jarcho-Levin syndrome. *Current opinion in pediatrics* 2003; 15 (6): 614–620.
14. Davis J.T., Long F.R., Adler B.H., Castile R.G. et al. Lateral thoracic expansion for Jeune syndrome: evidence of rib healing and new bone formation. *The Annals of thoracic surgery* 2004; 77 (2): 445–448. doi: 10.1016/S0003-4975(03)01340-7.
15. Majdak-Paredes E.J., Shafiqhi M., Fatah F. Integrated algorithm for reconstruction of complex forms of Poland syndrome: 20-year outcomes. *Journal of plastic reconstructive & aesthetic surgery* 2015; 68 (10): 1386–1394. doi: 10.1016/j.bjps.2015.05.015.
16. Haje S.A., Haje D. de P., Silva Neto M., Cassia G. de S. et al. Pectus deformities: tomographic analysis and clinical correlation. *Skeletal radiology* 2010; 39 (8): 773–782. doi: 10.1007/s00256-010-0874-8.
17. Shamberge R.C., Welch K.J. Surgical correction of chondromesenchymal deformity (Currarino Silverman syndrome). *Journal of pediatric surgery* 1988; 23 (4): 319–322.
18. Tahernia A.C., Stamps P. «Jeune syndrome» (asphyxiating thoracic dystrophy). Report of a case, a review of the literature, and an editor's commentary. *Clinical pediatrics* 1977; 16 (10): 903–908. doi: 10.1177/000992287701601006.
19. Рябых С.О., Ульрих Э.В. Синдром торакальной недостаточности при врожденном сколиозе. Вестник хирургии им. И.И. Грекова 2011; (4): 73–78. [Rjabykh S.O., Ul'rikh E.V. Thoracic insufficiency syndrome in congenital scoliosis. *Vestnik hirurgii im. I.I. Grekova* 2011; (4): 73–78 (In Russ.).]
20. Ульрих Э.В., Мушкин А.Ю., Губин А.В. Вертебральная патология в синдромах. Новосибирск 2016; 220. [Ul'rih E.V., Mushkin A.Yu., Gubin A.V. Vertebral pathology in syndromes. Novosibirsk 2016; 220 (In Russ.).]
21. Campbell R.M., Hell-Vocke A.K. Growth of the thoracic spine in congenital scoliosis after expansion thoracoplasty. *Journal of bone and joint surgery* 2003; 85-A (3): 409–420.
22. Berdon W.E., Lampl B.S., Cornier A.S., Ramirez N. et al. Clinical and radiological distinction between spondylothoracic dysostosis (Lavy-Moseley syndrome) and spondylocostal dysostosis (Jarcho-Levin syndrome). *Pediatric Radiology* 2011; 41 (3): 384–388. doi: 10.1007/s00247-010-1928-8.
23. Yoshida A., Uemura S., Yamamoto M. et al. Correlation of asymmetric chest wall deformity and growth in patients with pectus excavatum. *Journal of pediatric surgery* 2013; 48 (4): 771–775. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2012.11.036.
24. Karlin J.G., Roth M.K., Patil V. et al. Management of thoracic insufficiency syndrome in patients with Jarcho-Levin syndrome using VEPTRs (Vertical Expandable Prosthetic Titanium Ribs). *Journal of bone and joint surgery* 2014; 96-A (21): e181 (1–8). doi: 10.2106/JBJS.M.00185.

25. Waldhausen J.H., Redding G.J., Song K.M. Vertical expandable prosthetic titanium rib for thoracic insufficiency syndrome: a new method to treat an old problem. *Journal of pediatric surgery* 2007; 42 (1): 76–80. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2006.09.059.
26. Papp L., Juhasz R., Travar S., Kolli A., Sorantin E. Automatic detection and characterization of funnel chest based on spiral CT. *Journal of X-ray science and technology* 2010; 18 (2): 137–144. doi: 10.3233/XST-2010-0249.
27. Choi J.H., Park I.K., Kim Y.T. et al. Classification of pectus excavatum according to objective parameters from chest computed tomography. *The Annals of thoracic surgery* 2016; 102 (6): 1886–1891. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.05.079.
28. Kelly R.E., Quinn A., Varela P. et al. Dymorphology of chest wall deformities: frequency distribution of subtypes of typical pectus excavatum and rare subtypes. *Archivos de bronconeumología* 2013; 49 (5): 196–200. doi: 10.1016/j.arbres.2012.09.013.

Поступила в редакцию 12.06.2019 г.

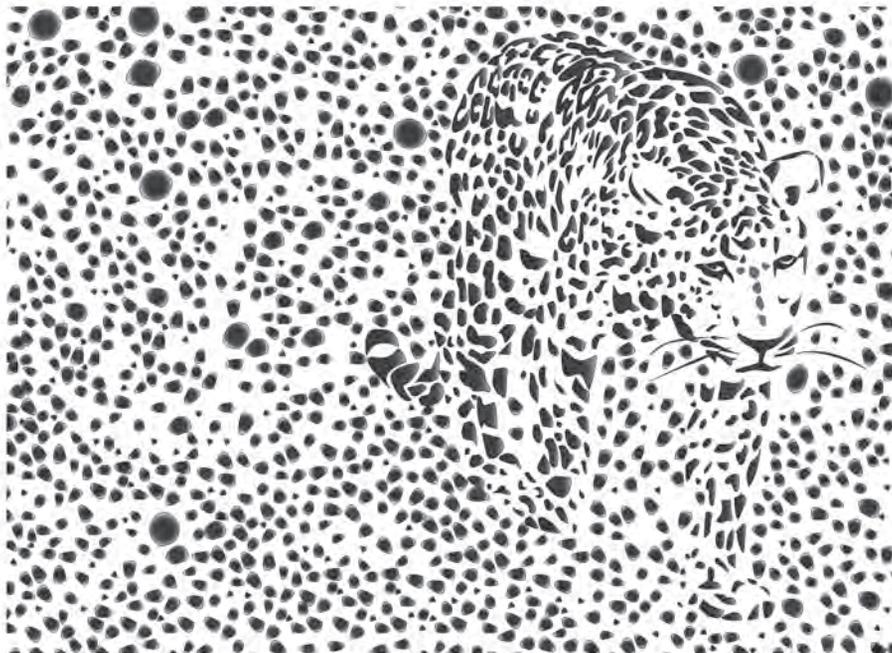
Сведения об авторах:

Комолкин Игорь Александрович — кандидат медицинских наук, научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института фтизиопульмонологии; 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 2-4; доцент кафедры хирургических болезней детского возраста им. акад. Г.А. Баирова Санкт-Петербургского государственного педиатрического медицинского университета; 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2; e-mail: igor_komolkin@mail.ru; ORCID 0000-0002-0021-9008;

Мушкин Александр Юрьевич — доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, руководитель клиники детской хирургии и ортопедии, руководитель научно-клинического центра патологии позвоночника, координатор направления «Внелегочный туберкулез» Санкт-Петербургского научно-исследовательского института фтизиопульмонологии; 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 2-4; e-mail: ayumushkin@mail.ru; ORCID 0000-0002-1342-3278;

Ульрих Эдуард Владимирович — доктор медицинских наук, профессор кафедры хирургических болезней детского возраста им. акад. Г.А. Баирова Санкт-Петербургского государственного педиатрического медицинского университета; 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2; e-mail: ulrih05@rambler.ru.

Выявление скрытой угрозы



На правах некоммерческой рекламы

T-SPOT® TB

