



М.Д. ЛЕВИН^{1,2}, В.И. АВЕРИН^{1,3},
Ю.Г. ДЕГТЯРЕВ^{1,3}, Т.М. БОЛБАС¹

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ПРАВОГО ЛЕГКОГО И ЕГО РОЛЬ В ДИАГНОСТИКЕ НЕКОТОРЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛЕГКИХ

ГУ «Республиканский научно-практический центр детской хирургии»¹, г. Минск, Республика Беларусь,
Государственный гериатрический центр (Дорот), Нетания, Израиль²,
УО «Белорусский государственный медицинский университет»³, г. Минск,
Республика Беларусь

Цель. Повысить точность диагностики заболеваний, сопровождающихся изменением объема легких, как у детей, так и у взрослых пациентов и более точно оценить динамику процесса.

Материал и методы. Проводим горизонтальную линию (изолинию) через нижний край 10 грудного позвонка. Справа по среднеключичной линии определяем высоту купола в сантиметрах. Она представляет собой перпендикуляр от купола до изолинии, который опускается (со знаком +) или возводится к изолинии (со знаком -). Мы также определяем глубину синуса, как расстояние от пересечения изолинии с правым краем грудной клетки до крайней точки пазухи. Если эта линия находится выше изолинии, то она имеет знак «плюс» (+), если ниже - «минус» (-). Интегральная характеристика объема легких, то есть индекс диафрагмы (ИД), представляет собой сумму высоты купола и глубины синуса в сантиметрах.

Результаты. В контрольной группе ИД ($3,04 \pm 0,15$) у детей достоверно не отличался от ИД у взрослых ($3,12 \pm 0,07$). При ателектазе легкого или при гидротораксе ИД увеличивается более чем на 5 у 93% пациентов. ИД был отрицательным при острой респираторной вирусной инфекции, аспирации, хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) и астме.

Заключение. Предлагаемый способ применим как у детей, так и у взрослых пациентов. Он позволяет более точно диагностировать заболевания, сопровождающиеся изменением объема легких, и оценить динамику процесса. При ИД 5 и более вероятность ателектаза приближается к 93%. ХОБЛ и хронические неспецифические заболевания легких (ХНЗЛ) могут иметь сходные клинические симптомы, но ИД снижается при ХОБЛ, а при ХНЗЛ увеличивается, что является надежным дифференциально-диагностическим признаком.

Ключевые слова: ателектаз, аспирация, хроническая обструктивная болезнь легких, объем легких, рентгенограмма легких

Objectives. To improve the accuracy of diagnostics of diseases accompanied by changes in lung volume in children and adults.

Method. A horizontal line (isoline) through the lower edge of the 10th thoracic vertebra was draw. On the right, along the midclavicular line, we determine the height of the dome in centimeters. It is perpendicular, lowered (with a + sign), or erected (with a - sign) from the dome to the isoline. We also define the depth of the sinus as the distance from the intersection of the isoline with the right edge of the chest to the extreme point of the sinus. If this line is above the isoline, then it has a (+) sign if it is below - (-) was determined. The integral characteristic of the lung volume, i.e., the diaphragm index (ID) is the sum of the dome height and sinus depth in centimeters.

Results. In children of the control group, ID (3.04 ± 0.15) did not differ significantly from ID in adults (3.12 ± 0.07). With atelectasis of the lung or with hydrothorax, ID increased by more than 5 in 93% of patients. The ID was significantly lower in acute respiratory viral infection, aspiration, COPD, and asthma.

Conclusion. The proposed method is applicable in children, and in adult patients. It allows you to more accurately diagnose diseases accompanied by lung volume changes and assess the dynamics of the process. With ID 5 or more, the probability of atelectasis approaches 93%.

Keywords: atelectasis, aspiration, chronic obstructive pulmonary disease, lung volume, X-ray of the lungs

Novosti Khirurgii. 2022 Sep-Oct; Vol 30 (5): 447-452

The articles published under CC BY NC-ND license

Method for Determining the Volume of the Right Lung and its Role
in the Diagnosis of Some Lung Diseases

M.D. Levin, V. I. Averin, Y. G. Degtyarev, T.M. Bolbas



Научная новизна статьи

Нами впервые предложен метод математического определения положения правой диафрагмы относительно костных ориентиров при рентгенографии легких, который позволяет более точно диагностировать заболевания, сопровождающиеся изменением объема легких, и оценить динамику процесса. Он также облегчает дифференциальную диагностику между хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) и хроническими неспецифическими заболеваниями легких (ХНЗЛ) как у детей, так и у взрослых.

What this paper adds

At the first time is proposed a method for the mathematical determination of the position of the right diaphragm relative to the bony landmarks in lung radiography, which allows us to more accurately diagnose diseases accompanied by a change in lung volume and evaluate the dynamics of the process. It also facilitates differential diagnosis between chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and chronic nonspecific lung disease (CNLD), both in children and adults.

Введение

В настоящее время при оценке рентгенограмм грудной клетки используются качественные характеристики. Уменьшение объема легких определяется по подъему купола диафрагмы. Он может быть разной степени и, как правило, определяется в сравнении с расположением диафрагмы на противоположной стороне. Следовательно, если оба легких уменьшены в объеме, расположение диафрагмы будет считаться нормальным. Уменьшение объема легких может быть подтверждено смещением средостения в сторону ателектаза. При сравнении снимков, сделанных во время лечения, часто бывает сложно определить динамику процесса. При некоторых заболеваниях объем легких увеличивается. Он характеризуется уплощением диафрагмы, раскрытием пазухи и горизонтальным ходом ребер [1]. Эти характеристики носят качественный характер и поэтому ненадежны. Для повышения точности определения объема правого легкого нами предложена методика определения положения правого купола диафрагмы относительно костных ориентиров.

Материал и методы

Изучены результаты обследования 200 па-

циентов, которые были разделены на 2 группы. Первую (контрольную) группу составили 61 пациент без легочной патологии, в том числе 44 ребенка в возрасте от 1,5 до 15 лет (в среднем 5,8 года). При поступлении в Центр детской хирургии (с 2015 г. — ГУ «РНПЦ детской хирургии») в 1980–1990 гг. по поводу болей в животе или перед плановой операцией им выполняли фронтальную рентгенограмму грудной клетки. У 17 взрослых в возрасте от 18 до 70 лет (в среднем $53 \pm 7,6$ года) была сделана фронтальная рентгенограмма во время госпитализации в гериатрическую больницу. Вторую группу составили 139 пациентов с различной патологией легких, в том числе 85 детей (таблица 1) и 54 в основном пожилых пациента, большинство из которых были прикованы к постели (таблица 2).

Статистика

Результаты исследования статистически обработаны пакетом прикладных программ «Statistica», лицензионный номер AXXR012E829129FA. Для анализируемых показателей проводили вычисление средней арифметической $[M \pm m]$, где M — среднее, m — стандартная ошибка среднего. Достоверность отличий оценивали по t -критерию Стьюдента. Уровень статистической значимости был установлен как $p < 0,05$.

Таблица 1

Индекс диафрагмы в норме и при некоторых заболеваниях легких у детей

	Число пациентов	Средний возраст (годы)	ИД (см)		Число пациентов с нормальным ИД	p (ИД)
			Границы	$M \pm m$		
Норма (контроль)	44	5,8	1,5–5,9	$3,04 \pm 0,15$	44	
ОРВИ	49	4,5	2,5–(–11)	$-3,74 \pm 0,36$	2 (4%)	$< 0,001$
Пневмония	9	6,1	0–6,4	$2,61 \pm 0,58$	8	$> 0,2$
ХНЗЛ	19	9,2	0–9	$+4,75 \pm 0,41$	–	$< 0,001$
Астма	8	10,2	–1,0–(–14)	$-6,42 \pm 0,81$	–	$< 0,001$

Примечание: ОРВИ — острая респираторная вирусная инфекция; ХНЗЛ — хронические неспецифические заболевания легких (ателектаз, бронхоэктазии).

Таблица 2

Индекс диафрагмы в норме и при некоторых заболеваниях легких у взрослых

	Число пациентов	Средний возраст	ИД (см)		Число пациентов с нормальным ИД	p (ИД)
			Границы	$M \pm m$		
Контроль	1	17	1–4	$3,12 \pm 0,17$	17	
Ателектаз	2	34 (5)	3–18	$9,39 \pm 0,59$	2	$< 0,001$ p 1–2
Аспирация	3	9	1–(–9)	$-2,83 \pm 1,04$	0	$< 0,001$ p 1–3
ХОБЛ	4	6	–2–(–23)	$-10,00 \pm 3,05$	0	$< 0,02$ p 3–4

Примечание: ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь легких.

Результаты

Измерение производилось на фронтальной рентгенограмме, сделанной при спокойном дыхании. Поскольку пищеводное отверстие в диафрагме находится на уровне тел 10–11 грудных позвонков, независимо от возраста пациента и фазы дыхания, и так как это наименее подвижная часть диафрагмы, мы проводим горизонтальную линию (изолинию) через нижний край 10-го грудного позвонка (рис. 1). Справа по среднеключичной линии определяем высоту купола в сантиметрах. Он представляет собой перпендикуляр, опущенный (со знаком «+») или возведенный (со знаком «-») от купола до изолинии. Мы также определяем глубину синуса как расстояние от пересечения изолинии с правым краем грудной клетки до крайней точки синуса. Если эта линия находится выше изолинии, то она имеет знак «плюс» (+), если ниже — «минус» (-). Интегральная характеристика объема легких, то есть индекс диафрагмы (ИД), представляет собой сумму высоты купола и глубины пазухи в сантиметрах [2] (рисунок 1).

Обсуждение

У детей контрольной группы диафрагма, как правило, располагалась выше изолинии. ИД варьировал от 1,5 до 5 (в среднем $3,04 \pm 0,15$). Его значение у младенцев ($2,97 \pm 0,26$) достоверно не отличалось ($p > 0,2$) от такового у детей старше года ($3,21 \pm 0,23$). Это связано с тем, что у новорожденных дно пазухи всегда находится выше изолинии, поэтому глубина пазухи выражается положительными числами. Значение ИД не зависело от того, был сделан снимок вертикально или горизонтально. При спокойном дыхании экскурсия диафрагмы настолько мала, что не влияет на точность диагностики. Результаты измерения ИД у детей представлены в таблице 1.

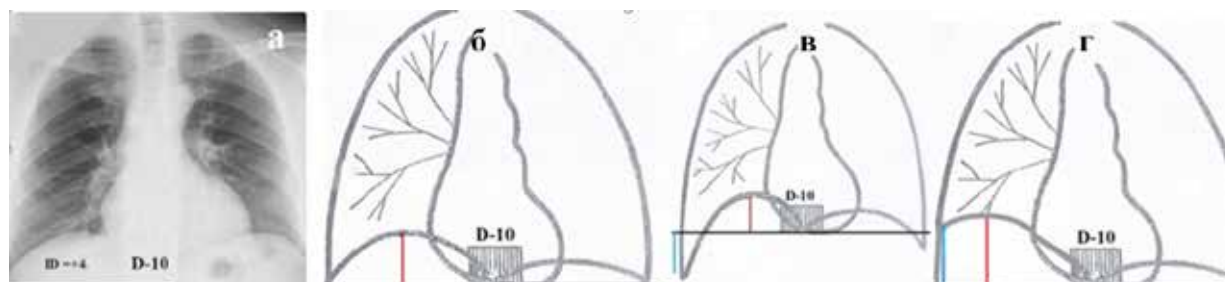
Почти во всех случаях, когда теоретически предполагалось изменение объема одного или обоих легких, ИД находился за пределами нормального диапазона. Лишь в 2 (4%) случаях, когда клиническая картина соответствовала острой респираторной инфекции, ИД был в пределах нормы. Этот симптом может иметь диагностическое значение при дифференциальной диагностике пневмонии и ОРВИ, поскольку при пневмонии (не при аспирации) объем легких не изменяется. При ателектазе диафрагма поднимается, и это всегда сопровождается увеличением ИД. На рис. 2 показаны случаи применения этого метода при анализе детских рентгенограмм.

В контрольной группе пациентов старше 18 лет ИД составлял от 2 до 4 ($3,12 \pm 0,07$) и не отличался от показателя ИД у детей ($p > 0,2$) (табл. 2).

Сужение мелких бронхов и образование воздушной ловушки в расширенных альвеолах вызывает увеличение объема легких, что приводит к опусканию диафрагмы и, как следствие, уменьшению ИД. Это происходит при ОРВИ, аспирации, ХОБЛ и всегда сопровождается снижением ИД. Снижение ИД всегда соответствовало клинической картине и было пропорционально тяжести дыхательной недостаточности. По величине ИД можно было судить о тяжести синдрома обструкции и отслеживать динамику процесса (рис. 3). Таблица 2 включает только состояния, которые часто встречались в гериатрическом центре.

Объем легких уменьшается в результате потери воздушности в результате обструкции бронха, что вызывает ателектаз соответствующих сегментов или долей. Уменьшение объема легкого также может быть при его сдавливании извне, например, при гидротораксе. Ателектаз может быть острым, например, после аспирации и закупорки дренирующего бронха, или хроническим, в результате воспаления, фиброзных изменений и бронхоэктазий [4].

Рис.1. Принцип предлагаемого способа. (а) Расположение диафрагмы у пациента с нормальным объемом правого легкого. (б) Схема для рисунка 1 а. Нижняя часть синуса находится на уровне изолинии. Высота диафрагмы (красная линия) находится на 4 см относительно изолинии (ИД = + 4). (в) По мере увеличения объема легких диафрагма опускается в основном из-за углубления пазухи (синяя линия). (г) Когда объем легких уменьшается, диафрагма поднимается. Движение диафрагмы напоминает движение птичьего крыла.



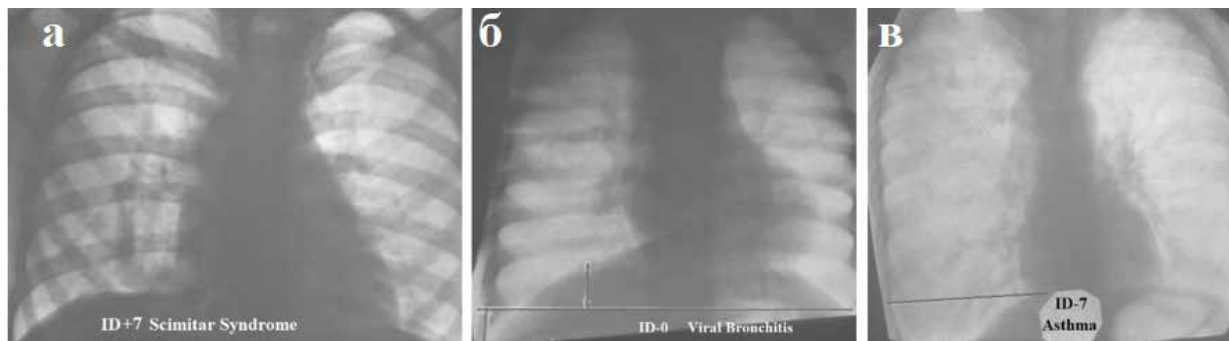


Рис. 2. (а) Пациент с синдромом Ятагана, который включает врожденный аномальный возврат легочной вены в нижнюю полую вену и в некоторых случаях гипоплазию правого легкого [3]. Правый купол диафрагмы выше левого, а объем правого легкого меньше левого. ИД = + 7, что подтверждает наличие гипоплазии правого легкого. (б) Младенец с острой респираторной инфекцией. Пушистые корни. Диафрагма опущена с обеих сторон. ИД=0. (в) Пациент во время приступа бронхиальной астмы. Грудная клетка бочкообразной формы. ИД = -7.

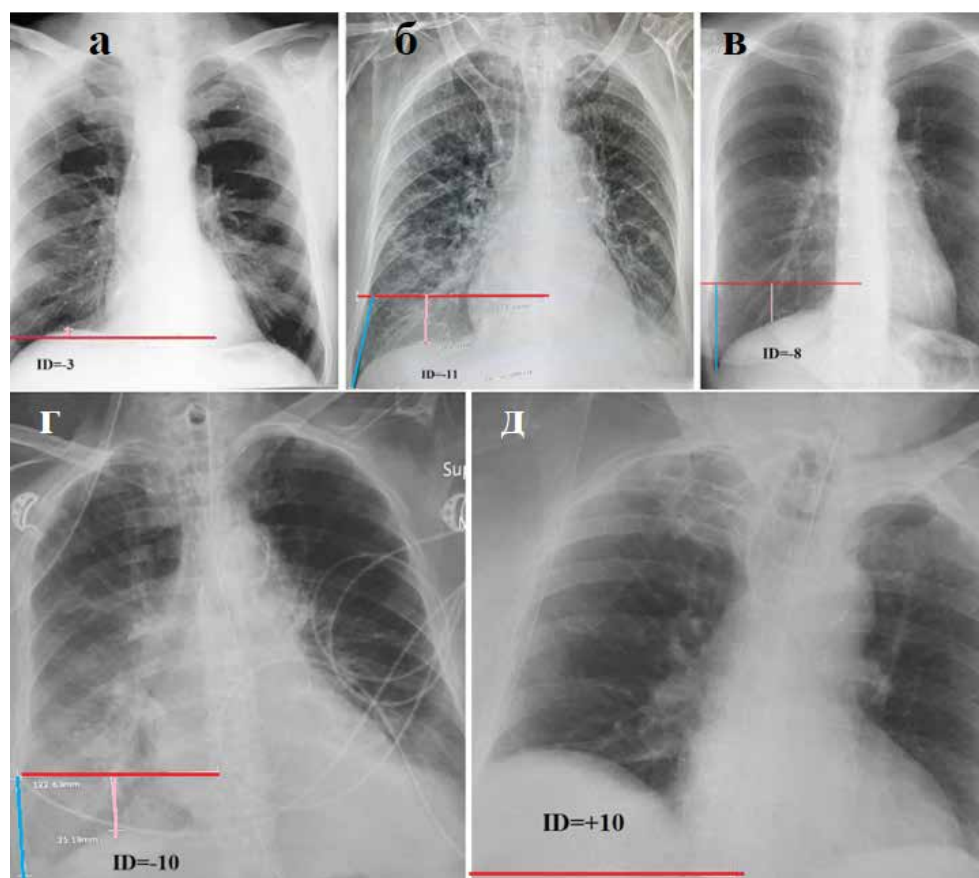


Рис. 3. Рентгенограммы взрослых с увеличенным объемом правого легкого. (а) Острая вирусная инфекция с пушистыми корнями и открытыми синусами (ИД=-3). (б) Состояние после массивной аспирации (ИД=-11). (в) ХОБЛ. Маленькое (капельное) сердце. ИД=-8. (г-д) Рентгенограммы пациента с интубацией трахеи. (г) Состояние после аспирации с правосторонней пневмонией и ателектазом нижней доли слева (ИД=-10). (д) Через полгода хронические изменения видны в нижних отделах с обеих сторон. Ателектаз нижней доли справа (ИД=+10). Расширенные бронхи на фоне сердечной тени слева.

Ателектаз с повышенным ИД достоверно установлен у 34 (87%) пациентов, в том числе в 12 (31%) случаях, когда на рентгенограммах не было смещения средостения и оба купола диафрагмы находились на одном уровне. Только значительное увеличение ИД относительно верхней границы нормы указывало на уменьшение объема легких. Правильность

диагноза подтверждена клинической картиной (периодическое повышение температуры с обильным выделением мокроты), анализом предыдущих рентгенограмм, в 4 случаях на боковой рентгенограмме обнаружен ателектаз. У 5 пациентов (таблица 2, в скобках) ателектаз был только у основания левого легкого. ИД у 3 из них был в пределах нормы. В одном случае

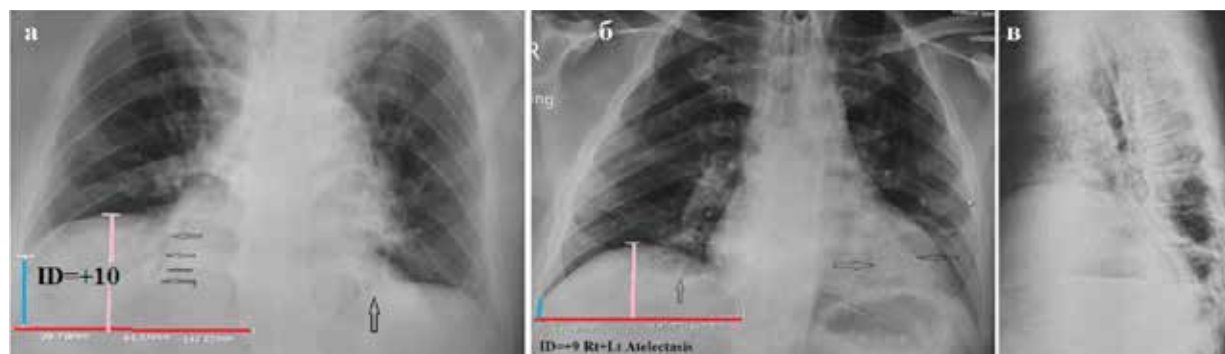


Рис. 4. Рентгенограммы пациентов с ателектазом легких. (а) Справа видны бронхоэктазы на фоне печеночной тени (стрелки) ИД = + 10. Ателектаз виден слева (стрелка). (б) Стрелки показывают ателектаз с обеих сторон. (в) На боковой рентгенограмме тень ателектаза накладывается на тень позвонков.

из пяти он был -9, вероятно, на фоне аспирации, а во втором — 0. В трех случаях ИД был больше 5, но других признаков ателектаза не было. Мы расцениваем эти случаи как ложные положительные (7%).

Ателектаз чаще всего наблюдался у «лежачих» пациентов (большинство из них с трахеостомой), у которых один или два раза в месяц повышалась температура и были обильные выделения из трахеостомы. У большинства пациентов при анализе предыдущих рентгенограмм в начальном периоде заболевания ИД находился в пределах нормы. На некоторых рентгенограммах, выполненных во время обострения воспалительного процесса, были обнаружены признаки бронхоэктазий, что подтвердило диагноз ателектаза с обеих сторон (рис. 4. а, б). В четырех случаях были сделаны боковые рентгенограммы. В каждом из них был подтвержден диагноз ателектаза (рис. 4 в).

В некоторых случаях на рентгенограммах не было смещения средостения, и оба купола диафрагмы находились на одном уровне. Только значительное увеличение ИД относительно верхней границы нормы указывало на уменьшение объема легких. Чтобы проверить достоверность ИД, мы оценивали клиническую картину, проанализировали предыдущие рентгенограммы и в некоторых случаях сделали боковую рентгенограмму.

Заключение

Предлагаемый способ определения объема легких не требует дополнительных рентгенограмм. Единственный фактор, снижающий точность определения, — глубокий вдох во время рентгенологического исследования. Поэтому этот метод применим у детей и у тяжелобольных любого возраста при длительном пребывании в стационаре, когда проводится многократное обследование. Он позволяет более точно диа-

гностировать заболевания, сопровождающиеся изменением объема легких, и оценить динамику процесса. При ИД, равном 5 и более, вероятность ателектаза приближается к 93%. ХОБЛ и ХНЗЛ могут иметь сходные клинические симптомы, но ИД снижается при ХОБЛ, а при ХНЗЛ увеличивается, что является надежным дифференциально-диагностическим признаком.

Финансирование

Работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательской работы кафедры детской хирургии ГУ «Белорусский государственный медицинский университет».

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и изделий медицинского назначения авторы не получали.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Этические аспекты

Исследования выполнены в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Протокол исследования утвержден локальным этическим комитетом ГУ «Белорусский государственный медицинский университет». На проведение исследований получено информированное согласие родителей, законных представителей, детей.

Согласие

Клинический случай представляется с научной и образовательной целями с согласия законных представителей ребенка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Goodman LR, ed. Felson's Principles of Chest Roentgenology, A Programmed Text. Fifth ed. Philadelphia, United States; 2020.
2. Левин МД. Метод определения объема легких и его роль в диагностике некоторых заболеваний у детей. *Здравоохранение Белоруссии*. 1988;(11):51-55.
3. Elsallabi O, Smer A, DeVrieze B, Sirineni G. Scimitar Syndrome. *J Gen Intern Med*. 2016 Feb;31(2):253-54. doi: 10.1007/s11606-015-3358-7
4. Butler JP, Malhotra A, Loring SH. Revisiting atelectasis in lung units with low ventilation/perfusion ratios. *J Appl Physiol (1985)*. 2019 Mar 1;126(3):782-86. doi: 10.1152/jappphysiol.00354.2018

Адрес для корреспонденции

220116, Республика Беларусь,
г. Минск, пр. Дзержинского, 83,
Белорусский государственный медицинский
университет, кафедра детской хирургии,
тел. раб.: +375 017 290-49-23,
e-mail: averinvi@mail.ru,
Аверин Василий Иванович

Сведения об авторах

Левин Михаил Давидович, д.м.н., рентгенолог Государственного гериатрического центра (Дорот), Нетания, Израиль.
<https://orcid.org/0000-0001-7830-1944>
Аверин Василий Иванович, доктор мед наук, профессор, заведующий кафедрой детской хирургии, Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск, Республика Беларусь.
<https://orcid.org/0000-0003-3343-8810>
Дегтярев Юрий Григорьевич, доктор мед наук, профессор кафедры детской хирургии Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск, Республика Беларусь.
<https://orcid.org/0000-0002-2696-4989>
Болбас Тамара Матвеевна, врач-рентгенолог, РНПЦ детской хирургии, г. Минск, Республика Беларусь.
<https://orcid.org/0000-0002-5291-9356>

Информация о статье

Поступила 19 января 2022 г.
Принята в печать 20 сентября 2022 г.
Доступна на сайте 31 октября 2022 г.

REFERENCES

1. Goodman LR, ed. Felson's Principles of Chest Roentgenology, A Programmed Text. Fifth ed. Philadelphia, United States; 2020.
2. Levin MD. Method for determining lung volume and its role in the diagnosis of certain diseases in children. *Zdravoochranenie Belorussii*. 1988(11): 51-55. (In Russ.)
3. Elsallabi O, Smer A, DeVrieze B, Sirineni G. Scimitar Syndrome. *J Gen Intern Med*. 2016 Feb;31(2):253-54. doi: 10.1007/s11606-015-3358-7
4. Butler JP, Malhotra A, Loring SH. Revisiting atelectasis in lung units with low ventilation/perfusion ratios. *J Appl Physiol (1985)*. 2019 Mar 1;126(3):782-86. doi: 10.1152/jappphysiol.00354.2018

Address for correspondence

220116, Republic of Belarus,
Minsk, Dzerzhinsky Ave., 83,
Belarusian State Medical University,
Department of Pediatric Surgery,
tel. office: +375 017 290-49-23,
e-mail: averinvi@mail.ru
Averin Vasily Ivanovich

Information about the authors

Levin Mikhail D., MD, Radiologist, State Geriatric Center (Dorot), Netanya, Israel.
<https://orcid.org/0000-0001-7830-1944>
Averin Vasily I., MD, Professor, Head of the Department of Pediatric Surgery, Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus.
<https://orcid.org/0000-0003-3343-8810>
Degtyarev Yuriy G., MD, Professor of the Department of Pediatric Surgery, Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus.
<https://orcid.org/0000-0002-2696-4989>
Bolbas Tamara M., Radiologist, Republican Scientific and Practical Center for Pediatric Surgery, Minsk, Republic of Belarus.
<https://orcid.org/0000-0002-5291-9356>

Article history

Arrived: 18 January 2022 г.
Accepted for publication: 23 September 2022
Available online: 31 October 2022