

© 2022 ФГБУ «НМИЦ ДГОИ
им. Дмитрия Рогачева»
Минздрава России
Поступила 21.04.2022
Принята к печати 13.05.2022

DOI: 10.24287/1726-1708-2022-21-2-42-47

Возможности импульсной осциллометрии в диагностике функции легких у детей после аллогенной трансплантации гемопоэтических стволовых клеток

Т.В. Кудинова¹, Ю.В. Скворцова¹, Д.Е. Бостанов^{1, 2}

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, Москва

²ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, Москва

Контактная информация:

Кудинова Татьяна Владимировна,
заведующая отделением функциональной
диагностики и визуализации
ЛРНЦ «Русское поле», врач отделения
функциональной диагностики
ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия
Рогачева» Минздрава России
Адрес: 117997, Москва,
ул. Саморы Машела, 1
E-mail: tatyana.kudinova@
fccho-moscow.ru

В статье проанализированы возможности использования импульсной осциллометрии в диагностике респираторных нарушений у детей с онкогематологическими заболеваниями после аллогенной трансплантации гемопоэтических стволовых клеток (ТГСК). Настоящее исследование одобрено независимым этическим комитетом и утверждено решением ученого совета НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева. Проведен сравнительный анализ показателей импульсной осциллометрии и спирометрии до ТГСК и на 30-е, 90-е, 180-е, 360-е сутки после нее. Выявлено, что нарушения вентилиционной функции легких у данной группы пациентов встречаются достаточно часто, достоверно увеличиваясь к 3 мес динамического контроля. При этом увеличение показателя реактанса при частоте 5 Гц является одним из наиболее ранних признаков нарушения функции внешнего дыхания, что может быть использовано для своевременной диагностики легочных осложнений после аллогенной ТГСК.
Ключевые слова: импульсная осциллометрия, спирометрия, аллогенная трансплантация гемопоэтических стволовых клеток, дети

Кудинова Т.В. и соавт. Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии. 2022; 21 (2): 42–47. DOI: 10.24287/1726-1708-2022-21-2-42-47

© 2022 by «D. Rogachev NMRCPhOI»

Received 21.04.2022
Accepted 13.05.2022

The potential of impulse oscillometry in lung function assessment in children after allogeneic hematopoietic stem cell transplantation

T.V. Kudinova¹, Yu.V. Skvortsova¹, D.E. Bostanov^{1, 2}

¹Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology of Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow

²National Medical Research Center for Children's Health of Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow

Correspondence:

Tatiana V. Kudinova,
Head of the Department of Functional
Diagnosis and Imaging of the Russkoe
Pole Treatment and Rehabilitation Center,
a medical doctor at the Department
of Functional Diagnosis of the Dmitry
Rogachev National Medical Research
Center of Pediatric Hematology, Oncology
and Immunology of Ministry of
Healthcare of the Russian Federation
Address: 1 Samory Mashela St.,
Moscow 117997, Russia
E-mail: tatyana.kudinova@
fccho-moscow.ru

The article analyzes the potential of using impulse oscillometry in the diagnosis of respiratory disorders in children with oncological and hematological diseases after allogeneic hematopoietic stem cell transplantation (HSCT). The study was approved by the Independent Ethics Committee and the Scientific Council of the Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology of Ministry of Healthcare of the Russian Federation. A comparative analysis of parameters of impulse oscillometry and spirometry before and on Days 30, 90, 180 and 360 after HSCT was carried out. It was revealed that pulmonary ventilation function impairments are quite common in this group of patients, worsening significantly by month 3 of follow-up. An increase in reactance at a frequency of 5 Hz is one of the earliest signs of impaired respiratory function, which can be used for timely diagnosis of pulmonary complications after allogeneic HSCT.

Key words: impulse oscillometry, spirometry, allogeneic hematopoietic stem cell transplantation, children

Kudinova T.V., et al. Pediatric Hematology/Oncology and Immunopathology. 2022; 21 (2): 42–47.
DOI: 10.24287/1726-1708-2022-21-2-42-47

Импульсная осциллометрия (ИОМ) – это неинвазивный метод исследования функции легких, не требующий от пациента высокой степени кооперации, он может применяться у детей раннего возраста и обследуемых, которые по тяжести состояния не могут адекватно выполнить форсированный выдох. Принцип методики заключается в оценке реакции бронхов на генерируемые аппаратом и превышающие физиологическую частоту дыха-

тельных движений внешние осцилляции (порции воздуха, подаваемые в дыхательные пути с определенной периодичностью). К настоящему времени частота этих колебаний стандартизирована и составляет от 5 до 35 Гц [1]. Каждая осцилляция в ротовой полости создает давление и имеет свою амплитуду потока, что и анализируется в дальнейшем. Для корректной регистрации получаемых данных пациенту необходимо выполнить минимум 3 спокойных

дыхательных цикла. Далее путем математической обработки с использованием спектрального анализа Фурье рассчитывается общее сопротивление дыхательных путей (Zrs), представленное эластической, инерционной и фрикционной составляющими.

Фрикционный компонент, образованный сопротивлением при трении воздушного потока и стенки дыхательных путей, называется резистансом (Rrs). Другая составляющая общего бронхиального сопротивления – реактанс (Xrs) – формируется в результате 2 разнонаправленных воздействий эластического и инерционного компонентов, возникающих вследствие подвижности органов грудной клетки, легочной ткани и бронхов в процессе дыхания. При определенной частоте происходит нивелирование показателей Xrs , когда общее дыхательное сопротивление представлено лишь фрикционным компонентом. Указанную частоту называют резонансной ($Fres$) [2–4]. Таким образом, по изменению параметров ИОМ при различных колебаниях можно делать выводы об уровне поражения дыхательных путей. Так, повышение резистанса при частоте осцилляций 20 Гц ($Rrs20$) речь идет о вовлечении в патологический процесс крупных бронхов, а об увеличенном сопротивлении на уровне периферических дыхательных путей судят по величине Xrs при частоте 5 Гц ($Xrs5$) [5]. По данным авторов, повышение $Xrs5$ наряду с $Fres$ является одним из наиболее чувствительных маркеров, отражающих наличие обструкции у пациентов детского возраста [6].

Из-за простоты проведения подобный метод исследования в настоящее время имеет широкое применение в педиатрической практике. Однако, как в мировой, так и в отечественной литературе данные ИОМ у пациентов детского возраста с онкогематологическими заболеваниями представлены крайне недостаточно.

По данным статистики, у детей в структуре всех злокачественных новообразований первое место занимают острые лейкозы, достигая показателя 38–40%, среди них на долю острого лимфобластного лейкоза (ОЛЛ) приходится до 78–80%, на долю острого миелоидного лейкоза (ОМЛ) – 17–20%, чем обусловлена высокая летальность от этих состояний [7]. Приобретенная идиопатическая апластическая анемия (ПИАА), напротив, является редким заболеванием с частотой 2–6 на 1 млн детей в год [8], но так же, как и гемобластозы, требует современных протоколов лечения.

Одним из высокоэффективных методов лечения при острых лейкозах высокого риска и рефрактерных формах, а также при ПИАА и других незлокачественных заболеваниях является проведение аллогенной трансплантации гемопоэтических стволовых клеток (ТГСК). Для этого реципиенту в целях частич-

ного или полного замещения кроветворения вводят гемопоэтические стволовые клетки (ГСК) родственного (полностью или частично совместимого (гаплоидентичного)) или неродственного совместимого донора, предварительно назначая цитостатические препараты и/или лучевую терапию, обеспечивающие миелосупрессию, иммуносупрессию и приживание трансплантата [9]. Общая 10-летняя выживаемость при таком лечении составляет 80–90% [10], но сопровождается появлением ранних (возникающих в период до 100 сут после ТГСК) и поздних (более 100 дней после трансплантации) последствий токсического воздействия на различные органы и системы, в том числе легкие.

Целью данного исследования явилась оценка возможностей ИОМ в диагностике дыхательных нарушений у детей после аллогенной ТГСК и сопоставление полученных результатов с данными спирометрии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено среди пациентов, получавших лечение в ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России в период с февраля 2013 г. по февраль 2022 г. Настоящее исследование одобрено независимым этическим комитетом и утверждено решением ученого совета НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева.

В работу включен 91 ребенок с острыми лейкозами и ПИАА в возрасте от 5 до 18 лет (средний возраст 11,9 года): 51 мальчик и 40 девочек (таблица 1).

В группу обследованных не включали пациентов с бронхиальной астмой в анамнезе и другими хроническими заболеваниями легких.

Таблица 1

Распределение пациентов по диагнозам и в зависимости от вида ТГСК (донора)

Table 1
Distribution of patients by diagnosis and the type of hematopoietic stem cell transplantation (HSCT) (donor)

Диагноз Diagnosis	Аллогенная ТГСК Allogeneic HSCT		
	от родственного совместимого донора from a matched related donor	от неродственного совместимого донора from a matched unrelated donor	от гаплоидентичного родственного донора from a haploidentical related donor
ПИАА (n = 28) AIAA (n = 28)	11	11	6
ОЛЛ (n = 33) ALL (n = 33)	7	3	23
ОМЛ (n = 29) AML (n = 29)	5	4	20
Острый лейкоз со смешанным иммунофенотипом (n = 1) Mixed phenotype acute leukemia (n = 1)	1	–	–

Note. AIAA – acquired idiopathic aplastic anemia; ALL – acute lymphoblastic leukemia; AML – acute myeloid leukemia.

Исследование функции внешнего дыхания (ФВД) было выполнено на аппарате MasterScreen IOS (Viasys Healthcare, Германия) пациентам до аллогенной ТГСК, а также в динамике на 30-е, 90-е, 180-е сутки и через год после нее.

В работе использованы результаты одних из самых доступных легочных тестов у детей – спирометрии и ИОМ.

По результатам спирометрии, выполненной в соответствии со стандартами качества исследований Американского торакального общества (American Thoracic Society), Европейского респираторного общества (European Respiratory Society), Российского респираторного общества [11–13], проанализированы следующие показатели [14]:

- форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ);
- объем форсированного выдоха за первую секунду ($ОФВ_1$);
- $ОФВ_1$ /ФЖЕЛ (индекс Генслера);
- пиковая скорость выдоха (ПСВ);
- максимальная объемная скорость (МОС) на участке кривой поток–объем форсированного выдоха 25% ($МОС_{25}$);
- МОС на участке кривой поток–объем форсированного выдоха 50% ($МОС_{50}$);
- МОС на участке кривой поток–объем форсированного выдоха 75% ($МОС_{75}$);
- средняя объемная скорость на участке кривой поток–объем форсированного выдоха между 25% и 75% ($СОС_{25-75}$).

При проведении ИОМ, выполненной по рекомендациям Н. Smith и соавт. [1], проанализированы следующие параметры:

- дыхательный импеданс при частоте осцилляций 5 Гц ($Zrs5$);
- резистивный (фрикционный компонент) дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 и 20 Гц ($Rrs5$ и $Rrs20$ соответственно);
- реактивный компонент дыхательного импеданса при $Xrs5$, величину которого оценивали в процентах относительно должных значений и по абсолютной разнице между его должным и измеренным показателями ($\Delta Xrs5 = Xrs_{\text{долж}} - Xrs$);
- Fres.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных результатов показал, что до проведения аллогенной ТГСК у 9% ($n = 6$) пациентов в группе гемобластозов выявлены нарушения вентиляционной функции легких с преобладанием изменений по обструктивному типу ($n = 5$). В этой же группе

больных по данным ИОМ обнаружены изменения у 10% ($n = 7$) детей с острыми лейкозами, из них в 2 (3%) случаях зарегистрировано повышение общего дыхательного сопротивления, у 5 обследованных были увеличены показатели Xrs и Fres. Вероятно, указанные нарушения могут являться результатом проведенной ранее химио- и лучевой терапии [15–17], что косвенно подтверждают данные ФВД у пациентов с ПИАА, у которых исходно изменения выявлены не были (таблицы 2–5).

На 30-е сутки посттрансплантационного исследования у четверти больных с гемобластозами (25,5%) зарегистрированы признаки повышения бронхиального сопротивления преимущественно в малых дыхательных путях, что отражалось в повышении реактивного компонента на ИОМ. В то же время данные спирометрии демонстрируют снижение различных показателей у 17% пациентов, следует отметить, что в 1 случае появились признаки генерализованного нарушения бронхиальной проходимости со снижением всех скоростных показателей и возникновением кашля в клинической картине. У пациентов с ПИАА к 30-м суткам после ТГСК доля нарушений достигала 23% по результатам обоих методов исследования (таблицы 2–5).

К 3 мес после ТГСК количество выявленных изменений у детей с острыми лейкозами, по данным ИОМ, значимо не изменилось (27%), при этом выявлено снижение спирометрических данных (до 34%) с нарастанием степени этих изменений. В группе детей с ПИАА, напротив, нарушение функции легких более наглядно демонстрировали параметры ИОМ, которые регистрировались у трети обследованных (35%). Доля детей с нарушением спирометрии снизилась до 15% (таблицы 2–5).

Через 6 мес наблюдения в группе гемобластозов отмечено снижение количества спирометрических изменений (до 21%), при этом у трети (31%) обследованных сохранялись нарушения осциллометрических данных. У детей с ПИАА через полгода после ТГСК доля нарушений спирометрии и ИОМ значимо снизилась и составила 10% и 6% соответственно (таблицы 2–5).

При исследовании ФВД через год после аллогенной ТГСК в группе детей с гемобластозами у каждого пятого ребенка отмечалось снижение спирометрических показателей со снижением показателя ФЖЕЛ и у трети обследованных (29%) сохранялись признаки повышения бронхиального сопротивления по данным ИОМ. При этом у детей с ПИАА через год динамического контроля нарушения спирометрии и ИОМ составили 7% и 10% соответственно (таблицы 2–5).

Таким образом, во время посттрансплантационного наблюдения за детьми с острыми лейко-

зами изменения функциональных показателей легких были обнаружены при каждом контрольном обследовании. При этом доля пациентов с выявленными нарушениями была наибольшей на сроке 3 мес после ТГСК, тогда как выраженность этих

изменений нарастала к 1 году динамического контроля.

Динамика изменений ФВД у детей с ПИАА выглядела иначе. Не имея предтрансплантационных нарушений со стороны легочной функции, данная группа

Таблица 2

Средние результаты основных показателей ИОМ у детей с гемобластозами до и в различные сроки после ТГСК

Table 2

Mean values of the main impulse oscillometry (IO) parameters in children with hemoblastoses before and after HSCT

Показатели ИОМ, % от должного значения IO parameters, % of the predicted values	До ТГСК (n = 65) Before HSCT (n = 65)	30 сут после ТГСК (n = 47) 30 days after HSCT (n = 47)	90 сут после ТГСК (n = 44) 90 days after HSCT (n = 44)	6 мес после ТГСК (n = 34) 6 months after HSCT (n = 34)	1 год после ТГСК (n = 26) 1 year after HSCT (n = 26)
Zrs5	104,1 ± 20,3	94,9 ± 21,9	91,8 ± 16,7	99,1 ± 19,1	97,7 ± 19,3
Rrs5	103,3 ± 19,9	93,1 ± 20,3	90 ± 15,4	96,6 ± 19,3	95,9 ± 18,5
Rrs20	104,7 ± 20,4	99,3 ± 21,6	97,4 ± 17,8	103,1 ± 23,1	107,3 ± 21,2
Xrs5	123,9 ± 54,8	138,2 ± 85,8*	144,9 ± 79,4**	162,1 ± 95,8**	191,5 ± 146,3**
DeltaXrs5	0,04 ± 0,02	0,04 ± 0,03	0,05 ± 0,03	0,03 ± 0,03	0,04 ± 0,03
Fres, Гц Fres, Hz	14,8 ± 4,6	13,4 ± 4,5	13,5 ± 4,4	13,1 ± 3,8	11,3 ± 3,6

Примечание. Здесь и в таблицах 3–5: снижение по сравнению с исследованием до ТГСК: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

Note. Here and in tables 3–5: a decrease compared to the test results obtained prior to HSCT: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

Таблица 3

Средние результаты основных показателей ИОМ у детей с ПИАА до и в различные сроки после ТГСК

Table 3

Mean values of the main impulse oscillometry parameters in children with acquired idiopathic aplastic anemia before and after HSCT

Показатели ИОМ, % от должного значения IO parameters, % of the predicted values	До ТГСК (n = 24) Before HSCT (n = 24)	30 сут после ТГСК (n = 13) 30 days after HSCT (n = 13)	90 сут после ТГСК (n = 17) 90 days after HSCT (n = 17)	6 мес после ТГСК (n = 15) 6 months after HSCT (n = 15)	1 год после ТГСК (n = 13) 1 year after HSCT (n = 13)
Zrs5	100,8 ± 18	87,9 ± 20,1	104,9 ± 31,7	85,9 ± 12,9	105,7 ± 31,9
Rrs5	100,4 ± 18,2	86,9 ± 19,8	101,5 ± 29,3	84,9 ± 12,7	105 ± 32,2
Rrs20	102,5 ± 18,2	95,5 ± 16,5	107,4 ± 22,2	99,5 ± 15,4	106,6 ± 24
Xrs5	99,1 ± 24,1	99,8 ± 33,8	144,5 ± 65,2**	95,8 ± 24,2	112,9 ± 29,5*
DeltaXrs5	0,04 ± 0,03	0,06 ± 0,04	0,04 ± 0,02	0,04 ± 0,03	0,02 ± 0,01
Fres, Гц Fres, Hz	15,5 ± 5,4	14,5 ± 3,9	12,9 ± 4,4	12,2 ± 3,4	14,3 ± 3,9

Таблица 4

Средние результаты основных показателей спирометрии у детей с гемобластозами до и в различные сроки после ТГСК

Table 4

Mean values of the main spirometry parameters in children with hemoblastoses before and after HSCT

Показатели спирометрии, % от должного значения Spirometry parameters, % of the predicted values	До ТГСК (n = 65) Before HSCT (n = 65)	30 сут после ТГСК (n = 47) 30 days after HSCT (n = 47)	90 сут после ТГСК (n = 44) 90 days after HSCT (n = 44)	6 мес после ТГСК (n = 35) 6 months after HSCT (n = 35)	1 год после ТГСК (n = 25) 1 year after HSCT (n = 25)
ФЖЕЛ FVC	108 ± 10,4	103,2 ± 11,4	102,8 ± 13,1	101,1 ± 13,9*	106,5 ± 15,6
ОФВ ₁ FEV ₁	108,6 ± 12,7	107,4 ± 11,4	104,3 ± 14,8	103,4 ± 14,4	106,9 ± 14,6
Индекс Генслера Gaensler index	89,4 ± 6,8	89,7 ± 6,1	87,6 ± 6,9	89,3 ± 7,6	87,6 ± 8,9
ПСВ PEF	99,4 ± 12,6	97,6 ± 15,3	94,1 ± 19,8	96,9 ± 15,8	107,4 ± 14,9
МОС ₂₅ MEF ₂₅	105,7 ± 14,9	103,7 ± 18,2	101,7 ± 19,9	131,7 ± 62,1	110,9 ± 17,9
МОС ₅₀ MEF ₅₀	104,2 ± 19,8	104,1 ± 20,9	97,4 ± 24,2	98,9 ± 21,5	102,4 ± 17,7
МОС ₇₅ MEF ₇₅	95,9 ± 24,5	94,4 ± 28,5	88,6 ± 29,9*	87,9 ± 28,03*	94,5 ± 25,2
СОС _{25–75} MFEF _{25–75}	101,2 ± 19,3	102,3 ± 21,7	95,5 ± 25,1	96,1 ± 23,1	100 ± 18,6

Notes. Here and in table 5: FVC – expiratory forced vital capacity; FEV₁ – forced expiratory volume in first second; PEF – peak expiratory flow; MEF₂₅ – maximal expiratory flow at 25% of the FVC on the forced expiratory flow-volume curve; MEF₅₀ – maximal expiratory flow at 50% of the FVC on the forced expiratory flow-volume curve; MEF₇₅ – maximal expiratory flow at 75% of the FVC on the forced expiratory flow-volume curve; MFEF_{25–75} – mean forced expiratory flow between the 25% and 75% of the FVC on the forced expiratory flow-volume curve.

Таблица 5

Средние результаты основных показателей спирометрии у детей с ПИАА до и в различные сроки после ТГСК

Table 5

Mean values of the main spirometry parameters in children with acquired idiopathic aplastic anemia before and after HSCT

Показатели спирометрии, % от должного значения Spirometry parameters, % of the predicted values	До ТГСК (n = 28) Before HSCT	30 сут после ТГСК (n = 19) 30 days after HSCT	90 сут после ТГСК (n = 20) 90 days after HSCT	6 мес после ТГСК (n = 18) 6 months after HSCT	1 год после ТГСК (n = 13) 1 year after HSCT
ФЖЕЛ FVC	111,7 ± 8,2	107,6 ± 15,9	99,1 ± 10,2*	103,6 ± 12,8*	109,9 ± 13,7
ОФВ ₁ FEV ₁	113,7 ± 8,2	111 ± 14,4	102 ± 10,6*	105,5 ± 14*	111,1 ± 11,9
Индекс Генслера Gaensler index	87,3 ± 4,3	87,6 ± 5,2	87,6 ± 4,8	86,6 ± 3,9	86,7 ± 3,3
ПСВ PEF	99,8 ± 12,3	100,2 ± 12,2	101,5 ± 11,3	93,5 ± 16,8	105,9 ± 13,6
МОС ₂₅ MEF ₂₅	106,7 ± 13,7	106,8 ± 12,3	106,1 ± 11,6	100,7 ± 18,1	110,5 ± 13,8
МОС ₅₀ MEF ₅₀	107,4 ± 14,1	105,4 ± 20,9	96,4 ± 14,1*	101,5 ± 13,5	101,4 ± 12,5
МОС ₇₅ MEF ₇₅	91,9 ± 17,6	95 ± 29,4	87,4 ± 22,9	88 ± 19,6	83,7 ± 13,4
СОС ₂₅₋₇₅ MEF ₂₅₋₇₅	100,9 ± 15	103,4 ± 22,1	93,5 ± 15,3*	96,9 ± 14,4	96,7 ± 11,2

обследованных через 3 мес наблюдения демонстрировала наибольшие изменения, которые носили преимущественно обратимый характер, не превышая к 1 году 10%.

Несмотря на то, что средние по группе скоростные и объемные показатели спирометрии находились в границах нормальных значений в обеих группах пациентов на всех этапах обследования, было установлено их достоверное снижение к 90-м суткам по сравнению с исходными данными и возвращением к исходному уровню через 1 год динамического контроля.

По результатам ИОМ наиболее показательным было изменение величины Xrs5, характеризующей сопротивление на уровне периферических дыхательных путей. У детей с гемобластозами достоверное повышение среднего по группе показателя Xrs5 выявлялось уже на 30-е сутки после ТГСК, достигая максимума к 1 году наблюдения, что может быть объяснено субклиническим прогрессированием респираторных нарушений. При этом, по данным авторов, при наличии фиброзных изменений в легких показатель Fres не изменяется, а резистивный компонент теряет частотную зависимость, что согласуется с полученными результатами [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение ИОМ у детей с онкогематологическими заболеваниями в комплексной диагностике дыхательной системы оправдано, так как позволяет выявлять респираторные нарушения уже на ранних сроках после аллогенной ТГСК, когда клинические признаки поражения легких часто отсутствуют. При этом даже изолированное повышение Xrs5 может являться одним из предикторов ухудшения дыхательной функции.

Полученные результаты требуют дальнейшего изучения на большой выборке пациентов в целях оценки необходимости более раннего назначения терапии, в частности при иммунном поражении респираторной системы.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Не указан.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

ORCID

Kudinova T.V. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5608-8097>

Skvortsova Yu.V. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0566-053X>

Bostanov D.E. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9577-8717>

Литература

1. Smith H.J., Peinhold P., Goldman V.D. Forced oscillation technique and impulse oscillometry. *Eur Respir Monogr* 2005; 10 (31): 72–105.
2. Леонтьева Н.М., Демко И.В., Собко Е.А., Ищенко О.П., Соловьева И.А. Метод импульсной осциллометрии в диагностике ранних изменений функционального состояния респираторной системы у больных бронхиальной астмой легкого течения. *Архив внутренней медицины* 2019; 3: 213–21. DOI: 10.20514/2226-6704-2019-9-3-213-221
3. Rundell K.W., Evans T.M., Baumann J.M., Kertesz M.F. Lung function measured by impulse oscillometry and spirometry following eucapnic voluntary hyperventilation. *Can Respir J* 2005; 12 (5): 257–63.
4. Marrota A., Klennert M.D., Price M.R., Larsen G.L., Liu A.H. Impulse oscillometry provides an effective measure of lung dysfunction in 4-year-old children at risk for persistent asthma. *J Allergy Clin Immunol* 2003; 112 (2): 317–22.
5. Лукина О.Ф., Фастовская А.М., Хан М.А., Середа Е.В., Симонова О.И., Тарасова О.В. Импульсная осциллометрия в оценке нарушений дыхания у детей с хроническими заболеваниями легких. *Функциональная диагностика в педиатрии* 2010; 2 (3): 24–8.
6. Vogel J., Smidt U. Impulse oscillometry – Analysis of lung mechanics in general practice and the clinic, epidemiological and experimental research. Frankfurt am Main: pmi Verlagsgruppe GmbH; 1994.
7. Маякова С.А., Немировченко В.С., Попа А.В. Клинические рекомендации по диагностике и лечению детей, больных острыми лейкозами. М.; 2014.
8. Румянцев А.Г., Масчан А.А. Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению приобретенной апластической анемии у детей. М.; 2015.
9. Афанасьев Б.В., Зубаровская Л.С., Моисеев И.С. Аллогенная трансплантация гемопоэтических стволовых клеток у детей: настоящее, проблемы, перспективы. *Российский журнал детской гематологии и онкологии* 2015; 2 (2): 28–42. DOI: 10.17650/2311-1267-2015-2-2-28-42
10. Michelson P.H., Goyal R., Kuriand G. Pulmonary complications of haematopoietic cell transplantations in children. *Pediatr Respir Rev* 2007; 8: 46–61.
11. Miller M.R., Hankinson J., Brusasco V., Burgos F., Casaburi R., Coates A. ATS/ERS Task Force. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J* 2005; 26 (3): 319–38.
12. Wanger J., Clausen J.L., Coates A., Pedersen O.F., Brusasco V., Burgos F. Standardisation of the measurement of lung volumes. *Eur Respir J* 2005; 26 (3): 511–22.
13. Чучалин А.Г., Айсанов З.Р., Чикина С.Ю., Черняк А.В., Калманова Е.Н. Федеральные клинические рекомендации Российского респираторного общества по использованию метода спирометрии. *Пульмонология* 2014; 6: 11–23.
14. Савельев Б.П., Ширяева И.С. Функциональные параметры системы дыхания у детей и подростков. Руководство для врачей. М.: Медицина; 2001. 232 с.
15. Скворцова Ю.В., Руднева А.Е., Делягин В.М., Лерхендорф Ю.А., Терещенко Г.В., Балашов Д.Н. и др. Поздние неинфекционные поражения легких у детей после аллогенной трансплантации гемопоэтических стволовых клеток. *Онкогематология* 2010; 1 (10): 29–36.
16. Oh A., Patel P., Sweiss K., Chowdhery R., Dudek S., Rondelli D. Decreased pulmonary function in survivors of allogeneic hematopoietic stem cell transplantation in long-term periods. *Bone Marrow Transplant* 2016; 51: 283–5.
17. Fridh M.K., Simonen C., Schmidt-Andersen P., Nissen A., Christensen J.F., Larsen A., et al. Cardiorespiratory fitness and physical performance after childhood hematopoietic stem cell transplantation: a systematic review and meta-analysis. *Bone Marrow Transplant* 2021; 56: 2063–78.