

К оценке состояния внешнего дыхания недоношенных детей в раннем неонатальном периоде

В.В.Дашичев, А.Ю.Ляшенко, А.Ю.Карпов, Н.Ю.Плетнева, К.В.Дашичев, Н.С.Горина

Ярославская государственная медицинская академия

Изучение функции легких у преждевременно родившихся детей является важнейшей проблемой неонатологии, поскольку выживаемость таких новорожденных во многом определяется состоянием внешнего дыхания (ВД). Обследованы две группы преждевременно родившихся детей: 1-ю группу составили 23 ребенка с гестационным возрастом 25–32 нед и массой тела при рождении от 800 до 1500 г, вторую группу – 19 детей с гестационным возрастом 33–36 нед и массой тела при рождении от 1600 до 2600 г. Определялись парциальное напряжение газов капиллярной крови и электрическая проводимость легких с помощью электроимпедансной томографии легких в возрасте 1, 3 и 7 дней. Наиболее интенсивные адаптивные реакции ВД у недоношенных детей происходят в первые трое суток после рождения. Функциональное состояние ВД у детей, родившихся с низкой и очень низкой массой тела (1-й группы) в раннем неонатальном периоде характеризуется как недостаточно эффективное, клиническим эквивалентом которого является латентная дыхательная недостаточность. Метод электроимпедансной томографии легких позволяет рассчитывать на основе значений индекса электропроводности дыхательной зоны легких показатели, характеризующие дыхательный объем.

Ключевые слова: недоношенные дети, функция внешнего дыхания, электроимпедансная томография легких

On evaluation of the state of external respiration in premature infants in the early neonatal period

V.V.Dashichev, A.Yu.Lyashenko, A.Yu.Karpov, N.Yu.Pletneva, K.V.Dashichev, N.S.Gorina

Yaroslavl State Medical Academy

The study of function of the lungs in premature infants is a very important issue of neonatology, since survivability of such neonate is determined in many respects by the state of external respiration (ER). Two groups of premature infants were examined: group 1 comprised 23 infants with gestational age 25–32 weeks and the body weight at birth from 800 to 1500 g, the other group included 19 infants with gestational age 33–36 weeks and the body weight at birth from 1600 to 2600 g. Partial tension of capillary blood gases and electrical conduction of the lungs were determined by electric impedance tomography of the lungs at the age of 1, 3 and 7 days. The most intensive adaptive reactions of ER in premature infants occur on the first three days after birth. The functional state of ER in infants born with low and very low body weight (group 1) in the early neonatal period is characterized as insufficiently effective, its clinical equivalent being latent respiratory compromise. The method of electric impedance tomography of the lungs permits to calculate the characteristic indices of respiratory volume based on the values of the index of electroconductivity of the respiratory area of the lungs.

Key words: premature infants, function of external respiration, electric impedance tomography of lungs

Изучение функции легких у преждевременно родившихся детей является важнейшей проблемой неонатологии, поскольку выживаемость таких новорожденных во многом определяется состоянием внешнего дыхания. Критические состояния, связанные с патологией легких, развиваются у таких детей чаще в раннем неонатальном периоде [1–3]. Адекватная оценка функционального состояния органов дыхания у них затрудняется недостаточной разработкой соответствующих диагностических методов. Как показыва-

ют данные литературы, перспективным для исследования внешнего дыхания у новорожденных детей является электроимпедансная томография легких (ЭИТЛ), но практически все авторы используют этот метод для изучения структуры легочной ткани [4–7].

Целью настоящего исследования являлось изучение параметров внешнего дыхания с использованием метода ЭИТЛ и выявление закономерности постнатального становления функционального состояния легких у недоношенных детей в раннем неонатальном периоде.

Для корреспонденции:

Дашичев Валериан Валерианович, доктор медицинских наук, профессор кафедры факультетской педиатрии с пропедевтикой детских болезней Ярославской государственной медицинской академии

Адрес: 150000, Ярославль, ул. Революционная, 5
Телефон: (4852) 44-3217

Статья поступила 16.10.2007 г., принята к печати 05.03.2008 г.

Пациенты и методы

Под наблюдением находились 42 преждевременно родившихся ребенка с гестационным возрастом 25–36 нед и массой тела при рождении от 800 до 2600 г с относитель-

Таблица 1. Характеристика обследованных недоношенных детей, $M \pm m$

Показатели	1-я группа (n = 23)	2-я группа (n = 19)
Гестационный возраст, нед	29 ± 1,0	34 ± 0,7
Масса тела при рождении, г	1350,0 ± 108,4	1982,0 ± 146,8
Максимальная убыль массы, %	7,8	6,7

но благоприятно протекающей постнатальной адаптацией, не имевших дыхательных расстройств и тяжелой патологии других систем. В исследование были включены новорожденные без тяжелой сопутствующей патологии, их состояние в течение периода обследования расценивалось как средней тяжести, неврологический статус характеризовался умеренно выраженными синдромами повышенной нервно-рефлекторной возбудимости, либо общего угнетения центральной нервной системы. Все дети находились в отделении для недоношенных детей. В зависимости от массы тела и гестационного возраста при рождении дети были разделены на 2 группы. Первую группу составили 23 недоношенных новорожденных с гестационным возрастом 25–32 нед и массой тела при рождении от 800 до 1500 г. Во вторую группу были включены 19 детей с гестационным возрастом 33–36 нед и массой тела при рождении от 1600 до 2600 г. В табл. 1 представлены данные о распределении детей по группам с учетом гестационного возраста, массы тела при рождении, максимальной убыли массы. Обследование детей проводилось в возрасте 1, 3 и 7 суток жизни.

Оценка зрелости новорожденных осуществлялась по шкале Болларда, изучались соматический и неврологический статусы. Определение парциального напряжения кислорода (pO_2) и углекислого газа (pCO_2) в капиллярной крови производилось на аппарате «Stat Profile pHox» («Nova biomedical»). ЭИТЛ проводилась с помощью электроимпедансного томографа «ЭИТ-1» (НИИ РТЭ, Россия).

Для регистрации электроимпедансных томограмм легких 16 дисковых стальных электродов с диаметром 6 мм фиксировались вокруг грудной клетки на уровне 4 межреберья с помощью эластического пояса. На внутреннюю поверхность электродов предварительно наносился электропроводящий гель. Регистрация томограмм проводилась на компьютере в среднем через 1 ч после кормления, при спокойном дыхании ребенка в течение 20 сек. За этот промежуток времени регистрировались 222 томограммы. Визуализация органов грудной клетки на электроимпедансной томограмме основана на различии их электрической проводимости. Статически изображения органов грудной клетки в цветовой гамме получают в трансверсальной проекции («сверху вниз грудной клетки»). При этом размеры изображений органов на томограмме по сравнению с реальными уменьшены (рис. 1).

Количественная оценка электроимпедансной томограммы легких заключалась в определении индекса электриче-

ской проводимости в дыхательной зоне (то есть в зоне газообмена) и в зоне воздухопроводящих путей в фазах максимального вдоха и выдоха. Кадры этих моментов выбирались при просмотре томограмм в режиме непрерывного показа по максимальной и минимальной площади зоны воздухопроводящих путей. Электрическая проводимость в области позвоночника бралась как нулевая (точка отсчета), а в других зонах она определялась в условных единицах. У каждого ребенка вычислялись средние величины электрической проводимости правого и левого легкого (суммарно). Статистическая обработка данных проводилась с использованием компьютерной программы Statistica 6.0 (Statsoft, США).

Результаты исследования и их обсуждение

По данным ЭИТЛ между группами обследованных недоношенных новорожденных различия электрической проводимости в дыхательной зоне грудной клетки в 1-й день жизни было недостоверно (табл. 2). В возрасте 3 дней проводимость на пике выдоха имела тенденцию к повышению у детей 1-й группы, а у детей 2-й группы этот показатель существенно снижался. В возрасте 7 дней различия электрической проводимости легких нивелировались и при этом имело место тенденция к увеличению проводимости на пике выдоха у детей обеих групп. Электрическая проводимость легких определяется соотношением содержания в них воздуха, который является диэлектриком, и объемом жидкости, основную часть которой составляет кровь, обладающая свойствами проводника. Полученные данные свидетельствуют о том, что в течение первых трех дней после рождения у недоношенных детей двух групп происходят противоположные изменения соотношения содержания в легких воздуха и жидкости: у детей 1-й группы увеличивается фракция жидкости (крови), а у детей 2-й группы – фракция воздуха. При этом надо учитывать особенности гемодинамики, которые заключаются в сбросе крови из аорты в легочную артерию через открытые фетальные коммуникации, что может обуславливать гиперволемию малого круга кровообращения, более выраженную у глубоконедоношенных детей [8]. Очевидно, что в течение первых трех суток после рождения у глубоконедоношенных детей нарастает лево-правый сброс крови через фетальные коммуникации, тогда как у более зрелых детей он снижается. После 3-го дня жизни нивелирование различия электрической проводимости легких у детей обеих групп косвенно свидетельствует о стабилизации сброса крови через фетальные коммуникации (рис. 2). Эти обстоятельства несомненно влияют на такой фактор внешнего дыхания, как соотношение вентиляции и кровотока в легких.

Таблица 2. Показатели электрической проводимости легких, усл. ед.

Фазы дыхания	Недоношенные дети					
	1 сутки	1-я группа, возраст 3 сутки	7 сутки	1 сутки	2-я группа, возраст 3 сутки	7 сутки
Вдох, $M \pm m$	1,110 ± 0,184	1,234 ± 0,138 *	0,929 ± 0,159	0,990 ± 0,151	0,700 ± 0,08	1,020 ± 0,200
Выдох, $M \pm m$	1,436 ± 0,214	1,650 ± 0,205 **	1,422 ± 0,243	1,297 ± 0,220	1,090 ± 0,133 ***	1,625 ± 0,270

* $p < 0,01$ между группами детей одного возраста; ** $p < 0,05$ между группами детей одного возраста; *** $p < 0,05$ между фазами дыхания.

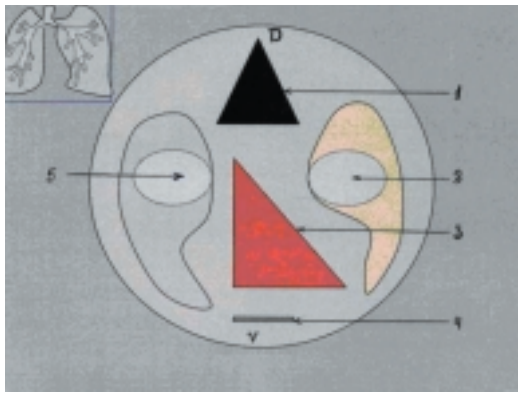


Рис. 1. Схематическое изображение органов грудной клетки на электроимпедансной томограмме легких. 1 – позвоночный столб, 2 – левое легкое, 3 – крупные сосуды и сердце, 4 – грудина, 5 – правое легкое, V и D – передняя и задняя стороны грудной клетки.

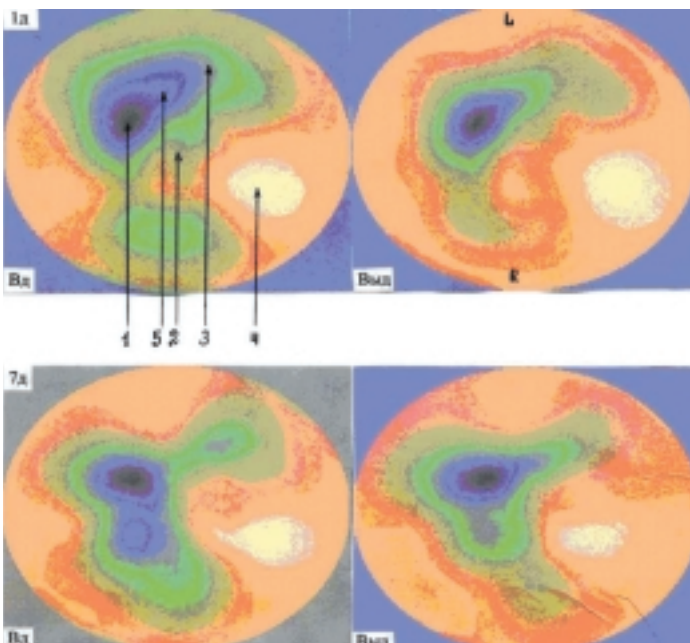


Рис. 2. Электроимпедансные томограммы легких недоношенного ребенка Г. (гестационный возраст – 29 нед, масса тела при рождении – 1300 г.) На вдохе (Вд) и выдохе (Выд) в возрасте одного дня (1д) и семи дней (7д). 1 – позвоночный столб, 2 – средостение, 3 – дыхательная зона, 4 – сердце, 5 – дыхательные пути; L и R – правая и левая стороны грудной клетки.

В процессе дыхания в легких существенно меняется объем воздуха, изменения же легочного кровотока менее значительны. Полное электрическое сопротивление грудной клетки в течение дыхательного цикла в значительной степени определяется содержанием воздуха в легких, что было подтверждено экспериментальным путем [9]. Эти данные позволяют считать, что разность между индексом электропроводности в дыхательной зоне в фазе выдоха (Эп выдох) и в фазе вдоха (Эп вдох) может characterizo-

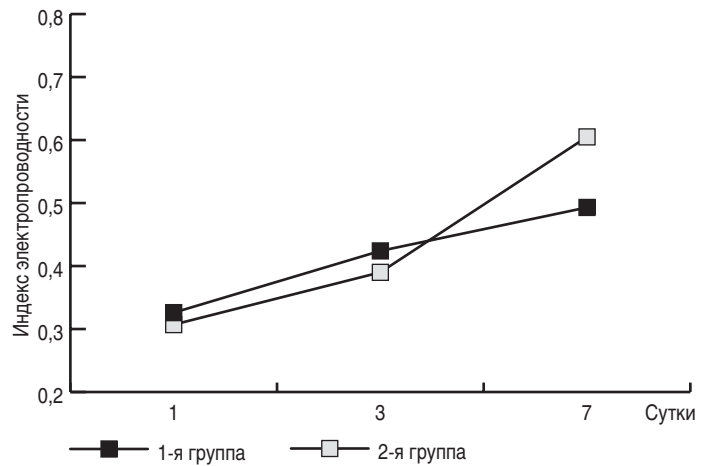


Рис. 3. Динамика разности индекса электропроводности легких, соответствующего дыхательному объему легких, у недоношенных детей в раннем неонатальном периоде.

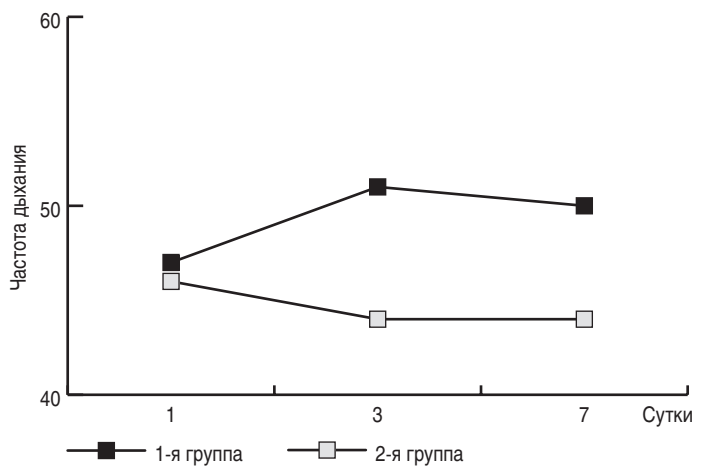


Рис. 4. Динамика частоты дыхания у недоношенных детей в раннем неонатальном периоде.

вать величину дыхательного объема (ДО еit). В таком случае математически эта связь выглядит следующим образом: $ДО\ eit = Эп\ вдох - Эп\ выдох$. По нашим данным у недоношенных новорожденных обеих групп с увеличением возраста динамика изменения индекса электропроводности в обеих фазах дыхания указывает на увеличение дыхательного объема в раннем неонатальном периоде, более выраженное у детей 2-й группы ($p < 0,05$) (рис. 3). Частота дыхания в обеих группах имела практически одинаковую исходную величину, но в последующие дни (до окончания раннего неонатального периода) у детей 1-й группы этот показатель имел более высокие значения, тогда как у детей 2-й группы он стабилизировался на менее высоких цифрах ($p < 0,05$) (рис. 4).

При изучении газового гомеостаза установлено, что средние значения pO_2 в капиллярной крови в первые сутки после

Таблица 3. Парциальное напряжение O_2 и CO_2 в капиллярной крови недоношенных детей, мм Hg

Показатели	1-я группа, возраст			2-я группа, возраст		
	1 сут	3 сут	7 сут	1 сут	3 сут	7 сут
$pO_2, M \pm m$	$50,3 \pm 1,6^*$	$51,8 \pm 1,6$	$54,3 \pm 2,3^*$	$54,8 \pm 1,6$	$54,9 \pm 1,5$	$59,9 \pm 1,6$
$pCO_2, M \pm m$	$33,0 \pm 1,2$	$35,2 \pm 1,6$	$39,7 \pm 1,8^{**}$	$31,1 \pm 0,9$	$33,5 \pm 1,04$	$35,7 \pm 1,2$

* $p < 0,05$ между группами детей соответствующего возраста; ** $p < 0,05$ внутри каждой группы, по сравнению с детьми в возрасте 1 сут жизни.

рождения у детей 1-й группы были ниже, чем у детей 2-й группы. В раннем неонатальном периоде у детей 1-й группы достоверного изменения pO_2 не отмечено, в то время как у детей 2-й группы к окончанию раннего неонатального периода установлено достоверное увеличение напряжения pO_2 в крови. pCO_2 в капиллярной крови на протяжении раннего неонатального периода у недоношенных детей обеих групп возрастало. При этом достоверные различия между ними до 3-го дня жизни отсутствовали, но к его окончанию данный показатель имел тенденцию к более высоким значениям у детей 1-й группы (табл. 3). Относительно низкие цифры pCO_2 в крови у недоношенных детей обеих групп в первые сутки после рождения указывают на гипервентиляцию легких. Этот механизм постнатальной адаптации внешнего дыхания является, видимо, универсальным [10].

Результаты нашей работы позволяют высказать предположение о том, что тот вариант биомеханики дыхания, имея в виду соотношение частоты и глубины дыхания, который устанавливается у недоношенных детей с низкой и очень низкой массой тела при рождении (1-й группы) в течение раннего неонатального периода, облегчает процесс вдоха при достаточно жесткой легочной ткани и требует меньше энергетических затрат дыхательной мускулатуры, но он менее эффективен с точки зрения газообмена, на что указывают более высокое парциальное напряжение CO_2 в крови и низкое – pO_2 . Эти данные позволяют говорить о том, что у недоношенных детей с низкой и очень низкой массой тела при рождении (1-й группы) в раннем неонатальном периоде еще не установилась координация различных звеньев функции внешнего дыхания.

Электроимпедансная томография легких существенно расширяет возможности оценки функции внешнего дыхания у недоношенных новорожденных детей в клинических условиях. Высокая чувствительность метода к изменениям функционального состояния легких, хороший контраст получаемых изображений, большая скорость проведения измерений обеспечивают перспективность использования метода электроимпедансной томографии легких для обследования органов дыхания у недоношенных детей. Поскольку метод безопасен для пациента и персонала, им можно обследовать ребенка многократно, и что особенно важно, это можно делать в режиме мониторингового наблюдения.

Литература

7. Cherepenin V., Bardin V., Karpov A. et al. Static impedance tomography in diagnostics of respiratory disorders of newborn infants. International Conference on Electrical Bio-Impedance and Electrical Impedance Tomography, Proceedings of ICEBI XII-EIT V Gdansk, 2004.
8. Дашичев В.В., Воловенко В.Н., Олендарь Н.В. Динамика функционального состояния сердечно-сосудистой системы в неонатальном периоде у недоношенных новорожденных с очень низкой массой тела при рождении. Педиатрия 2004; 1: 25–17.
9. Шинкаренко В.С., Чучалин А.Г. с соавт. Электроимпедансная томография в пульмонологии. Терапевтический архив 1997; 48–51.
10. Шабалов Н.П. Неонатология. 3-е изд. М.: МЕДпресс-информ, 2004; (1): 608.

1. Володин Н.Н. (ред.) Неонатология. Национальное руководство. ГЭОТАР МЕД, 2007.
2. Яцык Г. В. (ред.) Руководство по неонатологии. М.: Гардарики, 2004.
3. Царегородцев А.Д., Таболин В.А. Руководство по фармакотерапии в педиатрии и детской хирургии. Неонатология. М.: Медпрактика, 2004.
4. Pulletz S., Schmitz G., Zich G. et al. Distribution of region ventilation during restricted chest wall movement determined by EIT. ICEBI 2007, IFMBE 2007 Proceeding 17, P. 531–4.
5. Yesworth R.J., Bayford R. A new clinical and image analysis tool for monitoring neonatal lung function. ICEBI 2007, IFMBE 2007 Proceeding 17, P. 388–92.
6. Waterworth A.R., Brown B.H., Wilson A.J., Milnes P., Primhak R.A. and Smallwood R.H. The modeling of neonatal lung. 2nd EPSRC Engineering Network meeting Biomedical applications of EIT, London, 2000.