

9. Manninen P.H., Patterson S., Lam A.M., Gelb A.W., Nantau W.E. Evoked potential monitoring during posterior fossa aneurysm surgery: a comparison of two modalities. *Can. J. Anaesth.* 1994; 41 (2): 92—7.
10. Neuloh G., Schramm J. Monitoring of motor evoked potentials compared with somatosensory evoked potentials and microvascular Doppler ultrasonography in cerebral aneurysm surgery. *J. Neurosurg.* 2004; 100: 389—99.
11. Kang De-Zhi, Wu Zan-Yi, Lan Qing, Yu Liang-Hong, Lin Zhang-Ya, Wang Chen-Yang, Lin Yuan-xiang. Combined monitoring of evoked potentials during microsurgery for lesions adjacent to the brainstem and intracranial aneurysms. *Chin. Med. J.* 2007; 120 (18): 1567—73.
12. Wilkins R.H., Radtke R.A., Erwin C.W. Value of intraoperative brainstem auditory evoked potential monitoring in reducing the auditory morbidity associated with microvascular decompression of cranial nerves. *Skull Base Surg.* 1991; 1 (2).
13. Friedman W.A., Kaplan B.J., Dietrich Gravenstein B.S., Rhoton A.I. Jr. Intraoperative brain-stem auditory evoked potentials during posterior fossa microvascular decompression. *J. Neurosurg.* 1985; 62: 552—7.
14. Selesnick S.H., Goldsmith D.V. Issues in the optimal selection of a cranial nerve monitoring system. *Skull Base Surg.* 1993; 3 (4).
15. Гнездицкий В.В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике. М.: МЕДпресс-информ; 2003.
16. Guérit J.-M., Amantini A., Amodio P., Andersen K.V., Butler S., de Weerd A. et al. Consensus on the use of neurophysiological tests in the intensive care unit (ICU): Electroencephalogram (EEG), evoked potentials (EP), and electroneuromyography (ENMG). *Neurophysiol. Clin.-Clin. Neurophysiol. — Neurophysiol Clin.* 2009; 39 (2): 71—83.
17. Daroff R.B., Fenichel G.M., Jankovic J., Mazziotta J.C., Bradley's neurology in clinical practice. 6th ed. Elsevier; 2012; vol. 1—2.
18. Masafumi Fukuda, Shigeki Kameyama, Yoshiho Honda, Hidetoshi Yamazaki, Tadashi Kawaguchi, Akira Tamura et al. Short-latency somatosensory evoked potentials in patients with brain stem tumor: Study of N₂₀ and N₁₈ potentials. *Neurol. Med. Chir. (Tokyo).* 1997; 37: 525—32.
19. Thorn Yamada, Tetsuro Ishida, Yutaka Kudo, Rodnitzky R.L., Jun Kimura. Clinical correlates of abnormal P14 in median SEPs. *Neurology.* 1986; 36: 765.
20. Baehr M., Frotscher M. Duus' topical diagnosis in neurology: Anatomy, physiology, signs, symptoms 4ts. Completely revised edition. Stuttgart; New York: Thieme; 2005.
- strategy in violation of swallowing in patients with damage to the brain stem. *Voprosy neyrokhirurgii.* 2006; 4: 24—8 (in Russian).
6. Nuwer M.R., Daube J., Fischer C., Schramm J., Yingling C.D. Neuromonitoring during surgery. Report of an IFCN Committee. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1993; 87 (5): 263—76.
7. Schekutiev G.A., Lazarev V.A., Tchurilov M.V. Somatosensory evoked potential in intracranial aneurysm surgery with endovascular occlusion. *J. Neurosurg. Anesth.* 1997; 9 (1): 94.
8. Schekutiev G.A. Neuromonitoring: current state and prospects of development. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatelnosti.* 1998; 48; 4: 747—56 (in Russian).
9. Manninen P.H., Patterson S., Lam A.M., Gelb A.W., Nantau W.E. Evoked potential monitoring during posterior fossa aneurysm surgery: a comparison of two modalities. *Can. J. Anaesth.* 1994; 41 (2): 92—7.
10. Neuloh G., Schramm J. Monitoring of motor evoked potentials compared with somatosensory evoked potentials and microvascular Doppler ultrasonography in cerebral aneurysm surgery. *J. Neurosurg.* 2004; 100: 389—99.
11. Kang De-Zhi, Wu Zan-Yi, Lan Qing, Yu Liang-Hong, Lin Zhang-Ya, Wang Chen-Yang, Lin Yuan-xiang. Combined monitoring of evoked potentials during microsurgery for lesions adjacent to the brainstem and intracranial aneurysms. *Chin. Med. J.* 2007; 120 (18): 1567—73.
12. Wilkins R.H., Radtke R.A., Erwin C.W. Value of intraoperative brainstem auditory evoked potential monitoring in reducing the auditory morbidity associated with microvascular decompression of cranial nerves. *Skull Base Surg.* 1991; 1 (2).
13. Friedman W.A., Kaplan B.J., Dietrich Gravenstein B.S., Rhoton A.I. Jr. Intraoperative brain-stem auditory evoked potentials during posterior fossa microvascular decompression. *J. Neurosurg.* 1985; 62: 552—7.
14. Selesnick S.H., Goldsmith D.V. Issues in the optimal selection of a cranial nerve monitoring system. *Skull Base Surg.* 1993; 3 (4).
15. Gnezditskiy V.V. Evoked potentials in clinical practice. Moscow: MEDpress-inform; 2003 (in Russian).
16. Guérit J.-M., Amantini A., Amodio P., Andersen K.V., Butler S., de Weerd A. et al. Consensus on the use of neurophysiological tests in the intensive care unit (ICU): Electroencephalogram (EEG), evoked potentials (EP), and electroneuromyography (ENMG). *Neurophysiol. Clin.-Clin. Neurophysiol. — Neurophysiol Clin.* 2009; 39 (2): 71—83.
17. Daroff R.B., Fenichel G.M., Jankovic J., Mazziotta J.C., Bradley's neurology in clinical practice. 6th ed. Elsevier; 2012; vol. 1—2.
18. Masafumi Fukuda, Shigeki Kameyama, Yoshiho Honda, Hidetoshi Yamazaki, Tadashi Kawaguchi, Akira Tamura et al. Short-latency somatosensory evoked potentials in patients with brain stem tumor: Study of N₂₀ and N₁₈ potentials. *Neurol. Med. Chir. (Tokyo).* 1997; 37: 525—32.
19. Thorn Yamada, Tetsuro Ishida, Yutaka Kudo, Rodnitzky R.L., Jun Kimura. Clinical correlates of abnormal P14 in median SEPs. *Neurology.* 1986; 36: 765.
20. Baehr M., Frotscher M. Duus' topical diagnosis in neurology: Anatomy, physiology, signs, symptoms 4ts. Completely revised edition. Stuttgart; New York: Thieme; 2005.

REFERENCES

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2014
УДК 616.24-008.64-036.11-053.31-07

Ю.С. Александрович¹, С.А. Блинов², К.В. Пшениснов^{1,2}, Е.В. Паршин^{1,2}

КРИТЕРИИ ТЯЖЕСТИ ПОРАЖЕНИЯ ЛЕГКИХ У НОВОРОЖДЕННЫХ С РЕСПИРАТОРНЫМ ДИСТРЕСС-СИНДРОМОМ

¹ГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет; ²ЛОГБУЗ детская клиническая больница Комитета здравоохранения Ленинградской области, Санкт-Петербург, Россия

Оптимизация респираторной поддержки и профилактика вентиляторассоциированных повреждений легких являются одними из наиболее важных проблем неонатальной реаниматологии. Цель исследования. Улучшить результаты интенсивной терапии дыхательной недостаточности у недоношенных новорожденных путем оптимизации респираторной поддержки на основе анализа биомеханических свойств легких и газового состава крови. Материал и методы. Обследованы 138 новорожденных с массой тела 1500 (1300—1740) г и сроком гестации 30,5 (29—32) нед, нуждавшихся в ИВЛ. Оценка по шкале Апгар на 1-й минуте была равна 5 (4—6) баллам, а на 5-й — 7 (6—7) баллам. Для оценки биомеханических свойств легких исследовали динамический комплаенс легких, аэро-

Поступила 20.12.13

динамическое сопротивление верхних дыхательных путей, коэффициент перерастяжения, константу времени и коэффициент RVR, отражающий паттерн самостоятельного дыхания пациента. Результаты исследования. Выявлено, что наиболее значимыми показателями биомеханических свойств легких, отражающих тяжесть поражения дыхательной системы, являются динамический комплаенс, аэродинамическое сопротивление дыхательных путей, коэффициент C_{20}/C и константа времени. Продемонстрирована корреляционная зависимость между индексом оксигенации, клинической оценкой степени тяжести дыхательной недостаточности и длительностью ИВЛ. Заключение. Коэффициент перерастяжения и константа времени имеют выраженную корреляционную зависимость с уровнем индекса оксигенации, что позволяет их использовать для скрининговой оценки тяжести состояния пациента при поступлении в отделение реанимации и интенсивной терапии.

Ключевые слова: биомеханические свойства легких, динамический комплаенс, аэродинамическое сопротивление дыхательных путей, новорожденные, респираторный дистресс-синдром, гипоксически-ишемическая энцефалопатия

EVALUATION OF THE LUNG DISEASE SEVERITY IN INFANTS WITH RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME

Aleksandrovich Ju. S.¹, Blinov S. A.^{1,2}, Pshenisnov K. V.^{1,2}, Parshin E. V.^{1,2}

¹Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, Saint-Petersburg, Russia; ²Leningrad Regional Children's Hospital, Saint-Petersburg, Russia

Optimization of respiratory support and prevention of ventilator-associated lung injury are the most important problems of neonatal resuscitation and intensive care. The aim of the study: To improve the results of intensive care for respiratory failure in preterm infants by optimizing respiratory support on the basis of the analysis of the biomechanical characteristics of the lungs and blood gas. Materials and Methods: The study included 138 infants with birth weight 1500g (1300-1740g) and a gestational age of 30.5 (29-32) weeks in need of mechanical ventilation. Apgar score at one minute was equal to 5.0 (4.0-6.0) points, and the fifth - 7.0 (6.0-7.0) points. Biomechanical properties of lung investigated the dynamic lung compliance, aerodynamic upper airway resistance, the coefficient of hyperextension, the time constant and the coefficient of RVR, reflecting the patient's spontaneous breathing pattern were evaluated. Results: It was found that the most significant biomechanical characteristics of lungs, reflecting the severity of the respiratory failure are the dynamic compliance, aerodynamic airway resistance, coefficient C_{20}/C , and the time constant. Correlation between the index of oxygenation, clinical assessment of the severity of respiratory failure and the duration of control mechanical ventilation was demonstrated. Conclusion: Rate of hyperextension and time constant are expressed by the correlation with the level of the oxygenation index, which allows them to be used for screening evaluation of severity critically ill patients during admission to the neonatal intensive care unit.

Key words: biomechanical characteristics of lungs, dynamic compliance, aerodynamic airway resistance, neonate, respiratory distress syndrome, hypoxic-ischemic encephalopathy

Введение. Респираторная поддержка является одним из наиболее важных компонентов интенсивной терапии критических состояний у новорожденных, однако она может оказывать не только положительное, но и неблагоприятное влияние [1—5].

Наиболее распространенными осложнениями инвазивной ИВЛ у новорожденных являются вентиляторассоциированное повреждение легких и синдром утечки воздуха, которые могут стать причиной ухудшения состояния ребенка, прогрессирования основного заболевания, развития полиорганной недостаточности и наступления летального исхода [1, 4, 6, 7].

Именно поэтому основной задачей терапии является оптимизация режима респираторной поддержки и подбор максимально безопасных параметров ИВЛ в зависимости от этиологии и ключевых звеньев патогенеза дыхательной недостаточности [1, 4].

Одним из перспективных методов оценки эффективности ИВЛ у новорожденных является мониторинг биомеханических свойств легких в сочетании с анализом газового состава артериальной крови, позволяющий предотвратить вентиляторассоциированное повреждение легких и прогнозировать длительность ИВЛ, однако, работы, посвященные данной проблеме в неонатальной практике единичны, что и явилось основанием для проведения настоящего исследования [1, 8—10].

Цель исследования — улучшить результаты интенсивной терапии дыхательной недостаточности у недоношенных новорожденных путем оптимизации респираторной поддержки на основе анализа биомеханических свойств легких и газового состава крови.

Информация для контакта.

Александрович Юрий Станиславович (Aleksandrovich Jurij Stanislavovich), e-mail: Jalex1963@mail.ru

Материал и методы. Исследование проводили на базе кафедры анестезиологии, реаниматологии и неотложной педиатрии ФП и ДПО ГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Минздрава РФ, отделения анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии ЛОГБУЗ детская клиническая больница. В исследование были включены 138 новорожденных, общая характеристика которых представлена в табл. 1.

Средняя масса тела детей составила 1500 (1300—1740) г, а срок гестации — 30,5 (29—32) нед. Оценка по шкале Апгар на 1-й минуте была равна 5 (4—6) баллам, а на 5-й — 7 (6—7) баллам.

Всем детям проводили респираторную поддержку, которая включала применение конвекционной ИВЛ, а также использовали специальные режимы защиты легких (volume guarantee) и методику создания постоянного положительного давления в дыхательных путях с помощью носовых канюль (НСРАР — nasal continuous positive airway pressure). Для проведения ИВЛ использовали аппарат ИВЛ Babylog 8000 plus. Для обеспечения адекватного температурного гомеостаза новорожденного ребенка использовали систему Thermo Monitoring (Baby Therm 8010). Для оценки эффективности проводимой респираторной поддержки и интенсивной терапии осуществляли графический мониторинг вентиляции, оценку биомеханических свойств легких и показателей кислородного статуса, а также проводили стандартный мониторинг жизненно важных функций организма.

С целью оценки биомеханических свойств легких исследовали динамический комплаенс легочной ткани — C (в мл/см вод. ст.); аэродинамическое сопротивление верхних дыхательных путей — R (в см вод. ст.); коэффициент перерастяжения легких C_{20}/C (отношение последних 20% кривой комплаенса на графике объем—давление к общему значению комплаенса); константу времени (T_c , мс) и величину коэффициента RVR (отношение частоты дыханий в минуту к дыхательному объему), отражающего наличие спонтанной дыхательной активности пациента.

Исследование показателей газового состава, кислотно-основного состояния и кислородного статуса осуществляли ежедневно на анализаторе ABL 835 Flex (Radiometer, Дания).

Таблица 1

Общая характеристика детей, включенных в исследование

Характеристика	Показатель
Общее количество пациентов	138
Масса тела при рождении, г	1500 (1300—1740)
Количество мальчиков	80
Количество девочек	58
Масса тела мальчиков при рождении, г	1528 (1300—1855)
Масса тела девочек при рождении, г	1500 (1270—1660)
Срок гестации, нед	30,5 (29—32)
Возраст матери, годы	26 (22—32)
Число беременностей	2,5 (1—4)
Роды	1-е (1—2-е)
Родоразрешение через естественные родовые пути	69 (50%)
Оперативное родоразрешение (кесарево сечение)	69 (50%)
Первый профиль (шкала угнетение-раздражение)	-0,90 (-1,00 — -0,87)
Применение препаратов экзогенного сурфактанта, %	51 (36,96)
Оценка по шкале SNAPPE II в 1-е сутки пребывания в ОРИТ	39 (23—41)
Оценка по шкале NTISS в 1-е сутки пребывания в ОРИТ	22 (21—24)
Оценка по шкале Апгар на 1-й минуте, баллы	5,0 (4,0—6,0)
Оценка по шкале Апгар на 5-й минуте, баллы	7,0 (6,0—7,0)
Возраст на момент поступления в ОРИТ, ч	36 (19—65)
Продолжительность пребывания в ОРИТ, сут	9,78 (6,73—13,65)
Продолжительность ИВЛ, сут	5,0 (3,0—9,0)
Число пациентов с летальным исходом	5
Время наступления летального исхода, сут	6,4 (5,9—12,3)

Индекс оксигенации (IO) рассчитывали по формуле

$$IO = \frac{MAP \cdot FiO_2 \cdot 100\%}{p_aO_2}$$

Ежедневную оценку неврологического статуса ребенка проводили с помощью шкалы угнетение-раздражение ЦНС [11].

Анализ лабораторных показателей осуществляли в соответствии с требованиями клинических лабораторных исследований [12].

Исследования проводили на трех этапах: 1-й — поступление в ОРИТ (ИВЛ); 2-й — стабилизация состояния, перевод на ВИВЛ и 3-й — последний день респираторной поддержки.

Данные статистически обрабатывали с использованием программы Statistica v. 9.0. Учитывая, что большинство полученных данных не соответствовало закону нормального распределения, результаты представлены в виде медианы, 25-го и 75-го перцентилей. Анализ достоверности различий между группами осуществляли с использованием методов непараметрической статистики (*U*-тест Манна—Уитни и критерий Вилкоксона) и метода ANOVA с поправкой Бонферрони. За критический уровень значимости было принято значение $p < 0,05$ [13, 14]. Статистическая достоверность ($p < 0,001$) между показателями 1-й и 2-й, 1-й и 3-й, 2-й и 3-й группами.

Результаты исследования и их обсуждение. С целью оценки особенности респираторной поддержки и биомеханических свойств легких у новорожденных с РДСН в зависимости от тяжести гипоксемии и длительности ИВЛ все пациенты были разделены на 4 группы. В 1-ю группу вошли дети с длительностью вентиляции до 5 сут, а

Таблица 2

Респираторная поддержка и биомеханические свойства легких в зависимости от уровня индекса Горовица и длительности ИВЛ

Показатель	Биомеханические свойства легких	
	$p_aO_2/FiO_2 < 100$ мм рт. ст.	
	≤ 5 сут ($n = 21$)	≥ 6 сут ($n = 34$)
Содержание кислорода в дыхательной смеси, %	0,60 (0,50—0,90)	0,85* (0,60—1,0)
Среднее давление в дыхательных путях, мм рт. ст.	8,57 (7,66—9,59)	10,18* (8,52—12,07)
Профиль угнетение-раздражение	-0,88 (-1,0 — -0,8)	-1,0*** (-1,06 — -1,0)
Индекс оксигенации	11,3 (9,1—14,1)	18,8 (13,5—24,96)**
Индекс Горовица, мм рт. ст.	80,5 (62,2—92,3)	56,9 (47,0—75,0)**
Динамический комплаенс	0,48 (0,38—0,57)	0,45 (0,29—0,61)
Аэродинамическое сопротивление дыхательных путей	172 (125—218)	103 (72—161)
Коэффициент C_{20}/C	3,16 (2,65—3,67)	1,49 (0,93—2,90)
Временная константа, с	83 (47—118)	40(33—97)
Коэффициент RVR	3,9 (3,4—4,4)	6,2 (3,9—7,1)
	$p_aO_2/FiO_2 > 100$ мм рт. ст.	
Содержание кислорода в дыхательной смеси, %	0,34 (0,29—0,45)	0,41** (0,32—0,50)
Среднее давление в дыхательных путях, мм рт. ст.	6,58 (5,52—7,49)	7,22* (6,45—8,73)
Профиль угнетение-раздражение	-0,88 (-0,94 — -0,78)	-0,97*** (-1,13 — -0,88)
Индекс оксигенации	4,0 (2,96—5,12)	5,4 (4,6—6,3)**
Индекс Горовица, мм рт. ст.	159,9 (135,3—187,6)	129,4 (113,2—167,1)**
Динамический комплаенс	0,61 (0,43—0,80)	0,59 (0,56—0,71)
Аэродинамическое сопротивление дыхательных путей	140 (105—218)	150 (108—164)
Коэффициент C_{20}/C	2,23 (1,35—3,35)	2,80 (2,64—3,44)
Временная константа, с	105 (53—160)	84 (65—96)
Коэффициент RVR	9,1 (4,4—11,3)	7,2 (5,6—9,7)

* — $p < 0,05$. ** — $p < 0,01$. *** — $p < 0,001$.

во 2-ю — более 5 сут с показателями индекса Горовица менее 100 мм рт. ст. В 3-ю и 4-ю группы были включены дети с длительностью вентиляции до 5 и более 5 сут соответственно и индексом Горовица более 100 мм рт. ст. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 3

Градации тяжести поражения легких

Показатель	0 баллов	1 балл	2 балла
Содержание кислорода в дыхательной смеси, %	До 0,4	Более 0,4 и менее 0,7	Более 0,7
Среднее давление в дыхательных путях, мм рт. ст.	До 7	Более 7 и менее 9	Более 9
Профиль угнетение-раздражение	Более (-1,0)	Менее и равно -1,0	
Индекс оксигенации	До 5	Более 5 и менее 15	Более 15
Индекс Горовица, мм рт. ст.	Более 150	Более 75 и менее 150	Менее 75

Во всех четырех группах независимо от степени выраженности гипоксемии и длительности ИВЛ при поступлении выявлены статистически значимые различия, характерные для 5 показателей, которые включали фракцию кислорода в дыхательной смеси, среднее давление в дыхательных путях, индекс оксигенации, индекс Горовица (pO_2/FiO_2) и оценку по шкале угнетение-раздражение, что свидетельствует о клинической значимости рассматриваемых признаков.

На основании полученных данных проведено экспертное разделение каждого показателя на 3 группы в зависимости от степени тяжести с присвоением каждому показателю балльной оценки (табл. 3).

При оценке от 0 до 3 баллов поражение легких оценивалось как легкое, 4—6 баллов — средней степени и 7—9 баллов — поражение легких тяжелой степени.

В дальнейшем в зависимости от тяжести поражения легких по предложенной шкале все дети были разделены на 3 соответствующие группы, результаты сравнительного анализа представлены в табл. 4.

При анализе показателей респираторной поддержки у новорожденных в зависимости от степени тяжести поражения дыхательной системы были выявлены статистически значимые ($p < 0,001$) различия между всеми параметрами, что свидетельствует о целесообразности применения предложенной шкалы в клинической практике.

Особого внимания заслуживают результаты, полученные при сравнительном анализе биомеханических свойств легких (табл. 5).

Респираторная поддержка в зависимости от степени тяжести поражения дыхательной системы

Показатель	1-я группа (n = 63)	2-я группа (n = 43)	3-я группа (n = 32)
FiO_2 , %	0,30 (0,29—0,40)	0,50 (0,45—0,60)	1,0 (0,8—1,0)
PIP, см вод. ст.	18 (17—20)	22 (20—24)	28 (24—31)
PEEP, см вод. ст.	3 (3—3)	3 (3—3)	3 (3—3)
f, число в минуту	38 (32—42)	45 (44—48)	50 (47—53)
Tin, с	0,36 (0,35—0,37)	0,38 (0,37—0,38)	0,39 (0,38—0,40)
MAP, см вод. ст.	6,33 (5,63—6,97)	8,42 (7,53—9,13)	10,5 (9,1—13,5)
IO	4,0 (2,95—4,69)	8,5 (6,4—9,9)	23,0 (17,3—25,8)
IndVent	19,7 (15,9—28,6)	37,9 (29,8—47,2)	58,3 (41,1—75,1)
p_aO_2/FiO_2	166,1 (138,4—190,0)	100,9 (88,7—116,4)	52,8 (45,5—59,5)

Таблица 5

Биомеханические свойства легких в зависимости от степени тяжести поражения дыхательной системы

Показатель	1-я группа (n = 17)	2-я группа (n = 13)	3 группа (n = 10)
C, мл/см вод. ст.	0,64 (0,47—0,80)	0,58 (0,54—0,71)	0,38 (0,29—0,55)*, **
R, см вод. ст. л/с	160 (144—218)	108 (72—131)*	109 (76—160)*
C_{20}/C	3,17 (2,71—3,58)	1,88 (1,35—2,64)**	1,56 (0,93—2,65)**
Tc, мс	116 (84—136)	68 (48—86)**	38 (33—76)**
RVR, дыханий/мл	9,3 (7,0—10,6)	6,9 (4,2—8,4)	5,8 (4,3—6,7)

* — $p < 0,05$. ** — $p < 0,01$.

Выявлено, что наиболее значимыми показателями биомеханических свойств легких, отражающих тяжесть поражения дыхательной системы, являются динамический комплаенс, аэродинамическое сопротивление дыхательных путей, коэффициент C_{20}/C и константа времени.

В частности, наиболее высокие показатели комплаенса легких были характерны для детей 1-й группы с легкой степенью поражения дыхательной системы, которые составили 0,64 (0,47—0,80) мл/см вод. ст., что превысило показатели 2-й и 3-й групп на 10 и 41% соответственно и явилось статистически значимым. Наиболее высокие показатели аэродинамического сопротивления дыхательных путей, коэффициента C_{20}/C и константы времени также были характерны для детей 1-й группы. Кроме этого, необходимо отметить, что максимальные значения коэффициента RVR были характерны для 1-й, а минимальные — для 3-й группы новорожденных, хотя выявленные различия и статистически незначимы ($p > 0,05$).

При анализе показателей газового состава и кислотно-основного состояния крови в зависимости от степени тяжести поражения дыхательной системы также были выявлены статистически достоверные различия (табл. 6). В 1-й группе новорожденных имели место более высокие значения pH, pO_2 , $сtO_2$, гемоглобина, эритроцитов и более низкие значения pCO_2 , $p50$ и индекса доставки кислорода, в то время как в 3-й группе наблюдалась обратная картина. Статистически значимыми различия были характерны только для pH, напряжения углекислого газа и индекса $p50$, при этом различия между показателями 2-й и 3-й групп отсутствовали.

С целью верификации наиболее достоверного показателя данной шкалы, имеющего прогностическую значимость, выполнен корреляционный анализ суммарной оценки шкалы и каждого из ее составляющих с длительностью вентиляции (табл. 7).

Выявлено, что наиболее сильная положительная корреляционная связь с длительностью вентиляции характерна для индекса оксигенации ($R = 0,49$; $p < 0,001$) и суммарной оценки тяжести поражения легких по предложенной шкале ($R = 0,48$; $p < 0,001$) (табл. 8).

Влияние IO на длительность респираторной поддержки представлено на рис. 1.

При проведении корреляционного анализа между биомеханическими свойствами легких и IO наиболее сильная отрицательная корреляционная зависимость выявлена между коэффициентом перерастяжения ($R = -0,57$; $p < 0,001$) и константой времени ($R = -0,59$; $p < 0,001$).

Корреляционные зависимости уровня IO, константы времени и коэффициента перерастяжения представлены на рис. 2 и 3.

Таким образом, скрининговая оценка основных показателей биомеханических свойств легких (комплаенс, аэродинамическое сопротивление дыхательных путей, константа времени), коэффициента C_{20}/C и IO при поступлении позволяет оценить тяжесть поражения дыхательной системы, провести соответствующую коррекцию параметров респираторной поддержки и спрогнозировать длительность ИВЛ. Особое внимание должно быть уделено оценке коэффициента C_{20}/C , который должен быть не менее 0,8, так как в противном случае может быть перерастяжение легких.

Газовый состав, КОС и кислородный статус крови в зависимости от степени тяжести поражения дыхательной системы

Показатель	1-я группа (n = 62)	2-я группа (n = 43)	3-я группа (n = 32)
pH	7,41 (7,35—7,45)	7,35 (7,26—7,41)**	7,32 (7,27—7,36)***
pCO ₂ , мм рт. ст.	32,5 (25,8—37,7)	38,9 (32,9—51,0)**	42,5 (36,3—48,4)***
pO ₂ , мм рт. ст.	54,2 (45,6—62,2)	51,9 (40,9—60,7)	47,8 (40,6—53,1)*
p50, мм рт. ст.	18,20 (16,86—20,31)	19,56 (18,03—20,94)*	20,07 (18,93—21,56)**
Лас, ммоль/л	2,9 (2,1—3,8)	2,2 (1,8—3,5)	3,0 (2,0—4,9)
pO ₂ (v), мм рт. ст.	37,4 (32,4—45,0)	39,9 (30,3—54,8)	36,4 (25,5—39,6)
pO ₂ (x), мм рт. ст.	27,7 (25,9—28,6)	26,7 (23,4—29,8)	23,7 (22,7—26,3)
ctO ₂ , ммоль/л	9,0 (8,3—9,4)	8,4 (7,4—10,3)	7,3 (6,6—9,3)
ctO ₂ (av), ммоль/л	1,3 (0,7—1,9)	1,0 (0,6—1,5)	1,6 (0,8—2,8)
O ₂ Ext	0,14 (0,08—0,20)	0,13 (0,08—0,18)	0,22 (0,14—0,30)
DO ₂ , мл/мин	36 (21—57)	35 (29—44)	30 (19—39)
DO ₂ ind, мл/мин/м ²	233 (186—427)	286 (237—341)	244 (129—264)
VO ₂ , мл/мин	2,0 (2,0—10,0)	3,0 (2,0—8,0)	7,0 (3,0—10,0)
VO ₂ ind, мл/мин/м ²	20,7 (13,1—82,3)	22,9 (16,4—62,1)	54,1 (20,3—71,7)
p50 (a), мм рт. ст.	20,57 (18,07—21,24)	20,83 (19,29—21,77)	20,34 (17,47—23,77)
Shunt, %	29,2 (16,1—39,6)	36,3 (16,0—63,5)	31,0 (26,0—66,7)
Hb, г/л	176 (151—200)	170 (146—185)	157 (142—173)*
Eg, · 10 ¹² /л	5,04 (4,30—5,84)	4,97 (4,43—5,40)	4,53 (4,00—4,89)
BE	-2,8 (-5,2 — -1,1)	-3,6 (-6,4 — -0,8)	-4,4 (-6,0 — -1,7)
HCO ₃ ⁻	20,1 (18,0—22,5)	21,4 (18,3—24,7)	21,0 (19,7—23,2)б*

* — p < 0,05. ** — p < 0,01. *** — p < 0,001.

Таблица 7

Взаимосвязь компонентов шкалы степени тяжести поражения дыхательной системы и длительности вентилиции (n = 137)

Фактор	Spearman R	p
Фракция кислорода во вдыхаемой смеси, FiO ₂	0,38	< 0,001
Среднее давление в дыхательных путях, MAP	0,38	< 0,001
Индекс оксигенации, IO	0,49	< 0,001
Индекс Горовица, pO ₂ /FiO ₂	0,38	< 0,001
Оценка по шкале угнетение-раздражение, X	0,40	< 0,001
Сумма баллов	0,48	< 0,001

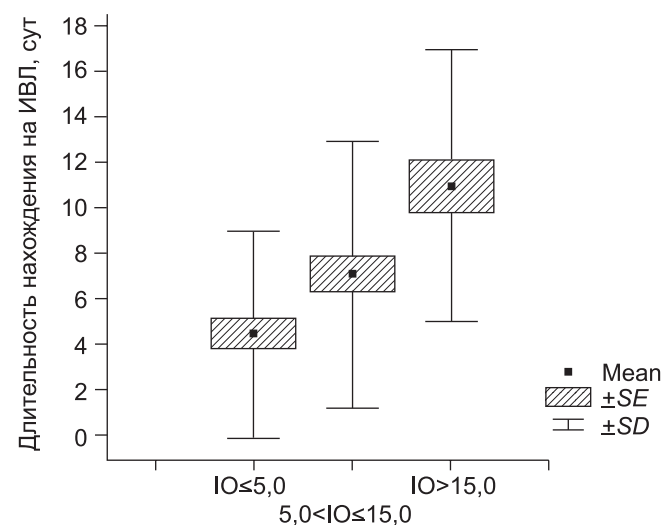


Рис. 1. Длительность ИВЛ в зависимости от индекса оксигенации (IO) при поступлении.

Таблица 8

Взаимосвязь биомеханических свойств легких и уровня индекса оксигенации при поступлении (n = 42)

Фактор	Spearman R	p
C, мл/см H ₂ O	-0,36	< 0,05
R, см H ₂ O/л/с	-0,42	< 0,01
C ₂₀ /C	-0,57	< 0,001
Tc, мс	-0,59	< 0,001
RVR, дыханий/мл	-0,27	> 0,05

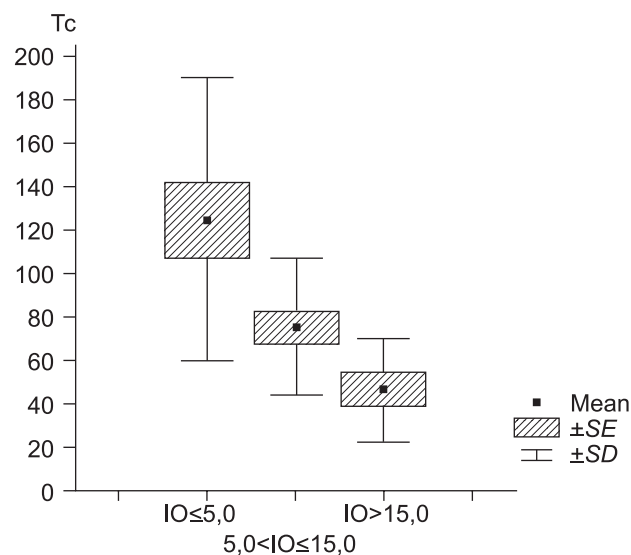


Рис. 2. Влияние константы времени на IO при поступлении.

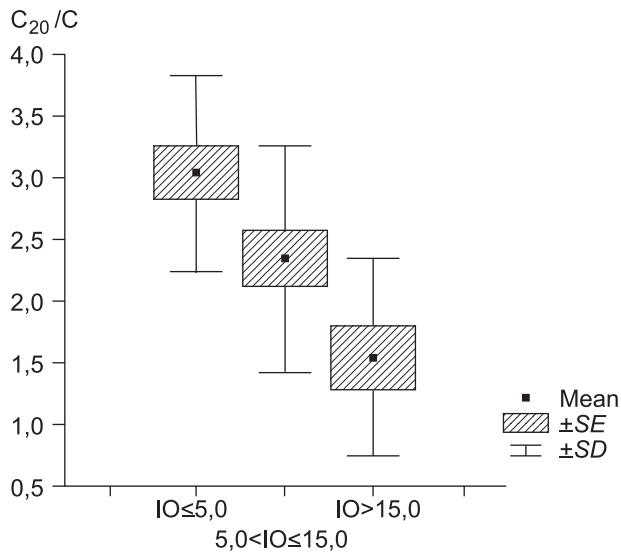


Рис. 3. Корреляционная зависимость C20/C и IO при поступлении.

ВЫВОДЫ

1. Основными показателями, отражающими тяжесть поражения дыхательной системы у новорожденных в критическом состоянии, являются фракция кислорода в дыхательной смеси, среднее давление в дыхательных путях, индекс оксигенации, индекс Горовица (pO_2/FiO_2) и оценка по шкале угнетение-раздражение.

2. Индекс оксигенации является основным и наиболее чувствительным показателем, отражающим тяжесть поражения легких и позволяющим прогнозировать длительность респираторной поддержки.

3. Коэффициент перерастяжения и константа времени являются наиболее значимыми показателями биомеханических свойств легких, имеющими выраженную корреляционную зависимость с уровнем индекса оксигенации, что позволяет их использовать для скрининговой оценки тяжести состояния пациента при поступлении в отделение реанимации и интенсивной терапии.

4. Индекс оксигенации менее 5 при поступлении характерен для пациентов с длительностью ИВЛ до 5 сут, а более 15 — для детей, нуждающихся в длительной ИВЛ, более 10 сут.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев В.И., Александрович Ю.С., Паршин Е.В. Респираторная поддержка у детей. СПб.: ЭЛБИ-СПб; 2009.
2. Awasthi S., Tahazzul M., Ambast A., Govil Y.C., Jain A. Longer duration of mechanical ventilation was found to be associated with ventilator-associated pneumonia in children aged 1 month to 12 years in India. *J. Clin. Epidemiol.* 2013; 66 (1): 62—6.
3. Gautam A., Ganu S.S., Tegg O.J., Andresen D.N., Wilkins B.H., Schell D.N. Ventilator-associated pneumonia in a tertiary paediatric intensive care unit: a 1-year prospective observational study. *Crit. Care Resuscit.* 2012; 14 (4): 283—9.
4. Goldsmith J.P., Karotkin E.H. Assisted ventilation of the neonate. 5th ed. Saunders; 2010.
5. Zhang D.S., Chen C., Zhou W., Chen J., Mu D.Z. Pathogens and risk factors for ventilator-associated pneumonia in neonates. *Zhongguo Dang Dai Er Ke Za Zhi.* 2013; 15 (1): 14—8.
6. Abbasi S., Sivieri E., Roberts R., Kirpalani H. Accuracy of tidal volume, compliance, and resistance measurements on neonatal ventilator displays: an in vitro assessment. *Pediatr. Crit. Care Med.* 2012; 13 (4): e262—8.
7. Jeng M.J., Lee Y.S., Tsao P.C., Soong W.J. Neonatal air leak syn-

drome and the role of high-frequency ventilation in its prevention. *J. Chin. Med. Assoc.* 2012; 75 (11): 551—9.

8. Паршин Е.В., Кушнерик Л.А., Блинов С.А. Значение исследования глубокой картины кислородного статуса в неонатальном отделении реанимации и интенсивной терапии. *Клиническая анестезиология и реаниматология.* 2006; 33 (6): 37—45.
9. Choukroun M.L., Tayara N., Fayon M., Demarquez J.L. Early respiratory system mechanics and the prediction of chronic lung disease in ventilated preterm neonates requiring surfactant treatment. *Biol. Neonate.* 2003; 83 (1): 30—5.
10. Liu X.H., Huang H.J., Li T., Li A.Q., Qi L.F. Dynamic change in respiratory mechanic dynamics and its clinical significance during mechanical ventilation in hyaline membrane disease of children. *Zhongguo Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue.* 2006; 18 (6): 331—3.
11. Пальчик А.Б., Шабалов Н.П. Гипоксически-ишемическая энцефалопатия новорожденных. М.: МЕДпресс-информ; 2006.
12. Меньшиков В.В. Лабораторные методы исследования в клинике. М.: Медицина; 1988.
13. Юнкеров В.И., Григорьев С.Г. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований. СПб.: ВМедА; 2005.
14. Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. Клиническая эпидемиология. Основы доказательной медицины. М.: Медиа Сфера; 2004.

REFERENCES

1. Gordeev V.I., Aleksandrovich Ju.S., Parshin E.V. Respiratory support for children. St. Petersburg: JeLBI-SPb; 2009 (in Russian).
2. Awasthi S., Tahazzul M., Ambast A., Govil Y.C., Jain A. Longer duration of mechanical ventilation was found to be associated with ventilator-associated pneumonia in children aged 1 month to 12 years in India. *J. Clin. Epidemiol.* 2013; 66 (1): 62—6.
3. Gautam A., Ganu S.S., Tegg O.J., Andresen D.N., Wilkins B.H., Schell D.N. Ventilator-associated pneumonia in a tertiary paediatric intensive care unit: a 1-year prospective observational study. *Crit. Care Resuscit.* 2012; 14 (4): 283—9.
4. Goldsmith J.P., Karotkin E.H. Assisted ventilation of the neonate. 5th ed. Saunders; 2010.
5. Zhang D.S., Chen C., Zhou W., Chen J., Mu D.Z. Pathogens and risk factors for ventilator-associated pneumonia in neonates. *Zhongguo Dang Dai Er Ke Za Zhi.* 2013; 15 (1): 14—8.
6. Abbasi S., Sivieri E., Roberts R., Kirpalani H. Accuracy of tidal volume, compliance, and resistance measurements on neonatal ventilator displays: an in vitro assessment. *Pediatr. Crit. Care Med.* 2012; 13 (4): e262—8.
7. Jeng M.J., Lee Y.S., Tsao P.C., Soong W.J. Neonatal air leak syndrome and the role of high-frequency ventilation in its prevention. *J. Chin. Med. Assoc.* 2012; 75 (11): 551—9.
8. Parshin E.V., Kushnerik L.A., Blinov S.A. The value of the study deep picture of the oxygen status in the neonatal intensive care unit. *Clinical Anesthesiology and Reanimatology.* 2006; 33 (6): 37—45 (in Russian).
9. Choukroun M.L., Tayara N., Fayon M., Demarquez J.L. Early respiratory system mechanics and the prediction of chronic lung disease in ventilated preterm neonates requiring surfactant treatment. *Biol. Neonate.* 2003; 83 (1): 30—5.
10. Liu X.H., Huang H.J., Li T., Li A.Q., Qi L.F. Dynamic change in respiratory mechanic dynamics and its clinical significance during mechanical ventilation in hyaline membrane disease of children. *Zhongguo Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue.* 2006; 18 (6): 331—3.
11. Pal'chik A.B., Shabalov N.P. Hypoxic-ischemic encephalopathy of neonate. Moscow: MEDpress-inform; 2006 (in Russian).
12. Men'shikov V.V. Laboratory methods analysis in clinic. Moscow: Medicine; 1988 (in Russian).
13. Junkerov V.I., Grigor'ev S.G. Mathematical and statistical analysis of data for medical research. St. Petersburg: Military Medical Academy named after S.M. Kirov; 2005.
14. Fletcher R., Fletcher S., Vagner Je. Clinical epidemiology. Evidence-based medicine. Moscow: Media Sfera; 2004.

Поступила 10.09.13