

## Оценка связей между восприятием, паттернами и биомеханикой дыхания у лиц с различными вентиляционными возможностями аппарата внешнего дыхания при респираторной терапии

*Карзилов А.И., Тетенев Ф.Ф., Бодрова Т.Н.*

## Estimation of relations between breathing perception, breathing patterns and the respiratory biomechanics in persons with various ventilator possibilities of the respiratory system at respiratory therapy

*Karzilov A.I., Tetenev F.F., Bodrova T.N.*

*Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск*

© Карзилов А.И., Тетенев Ф.Ф., Бодрова Т.Н.

Полученные данные имеют признаки фундаментального исследования с уровнем доказательности С. Проанализированы связи между восприятием дыхания, одышкой, функционированием дыхательного центра (ДЦ) и биомеханикой дыхания у здоровых лиц (ЗЛ,  $n = 20$ ), больных бронхиальной астмой (БА,  $n = 30$ ) и хроническим обструктивным бронхитом (ХОБ,  $n = 30$ ) при электростимуляции диафрагмы (ЭСД) и последующих ингаляциях бронхолитика беродуала. Проведен описательный, сравнительный, корреляционный, канонический, кластерный, факторный, регрессионный и информационный анализ полученных данных. Установлено, что ЭСД и беродуал обладают адаптационным воздействием на сенсорные отделы центральной нервной системы (СО ЦНС) и функционирование ДЦ. На основе полученных взаимосвязей представлены структурные модели функциональных биомеханических систем аппарата внешнего дыхания (АВД), регулируемых ДЦ, у ЗЛ, больных БА и ХОБ. Даны качественные описания особенностей моделей функционирования СО ЦНС, ДЦ и АВД у здоровых лиц, больных БА и ХОБ.

**Ключевые слова:** восприятие дыхания, одышка, паттерны дыхания, аппарат внешнего дыхания, механика дыхания, электростимуляция диафрагмы, беродуал, респираторная терапия.

The data obtained have attributes of fundamental investigation with the evidence-based level C. The relations between the breathing perception, dyspnoea, respiratory center (RC) functioning and respiratory mechanics have been studied in healthy persons (HP,  $n = 20$ ), patients with bronchial asthma (BA,  $n = 30$ ) and chronic obstructive pulmonary disease (COPD,  $n = 30$ ) at an electrical stimulation of diaphragm (ESD) and subsequent inhalations of the bronchodilator Berodual. Descriptive, comparative, correlative, canonical, cluster, factorial, regressive and informative analysis of the results has been performed. It has been found that ESD and Berodual have the adaptable action on the sensory parts of the central nervous system (SPCNS) and functioning of RC. On the basis of the correlations obtained, structural models of the functional biomechanical systems of the respiratory system (RS) adjusted by RC, in HP, BA patients and COPD patients are proposed. Peculiarities of the models of functioning SPCNS, RC and RS in HP, BA patients and COPD patients have been described qualitatively.

**Key words:** breathing perception, dyspnoea, breathing patterns, respiratory system, respiratory mechanics, diaphragm electrostimulation, Berodual, respiratory therapy.

УДК 616.2-08:612.2

### Введение

Важным вопросом клинической физиологии дыхания является изучение его регуляции у лиц с различными функциональными возможностями аппарата внешнего дыхания (АВД) в покое и при воздействии эффективных методов респираторной терапии [2, 4, 7, 9, 10, 12, 15].

Основными причинами снижения функциональных возможностей АВД, в первую очередь вентиляционной, являются хронические обструктивные болезни легких (ХОБЛ) с ведущим бронхообструктивным синдромом (БОС), представленные бронхиальной астмой (БА) и хроническим обструктивным бронхитом (ХОБ), часто сопровождающиеся

развитием хронической дыхательной недостаточности (ХДН) [9, 11, 16, 20, 21].

Развитие ХДН обуславливает применение респираторной терапии на всех этапах лечения больных с БОС [9—11, 13, 14, 20, 21]. Эффективными методами респираторной терапии больных с БОС и ХДН в реабилитационном периоде являются электростимуляция диафрагмы (ЭСД) [9, 10, 13, 14] и бронхолитические препараты комбинированного действия [9—11, 20, 21].

Регуляция дыхания в клинических условиях оценивается паттернами дыхания (ПД) и восприятием дыхания (ВД) [2, 4, 5, 7, 9—11, 15, 16, 18, 21]. Формирование ПД связано с работой дыхательного центра (ДЦ) [2, 4, 7]. Восприятие дыхания у больных с БОС и ХДН проявляется одышкой — ощущением повышенной работы дыхательной мускулатуры по преодолению возросшего внутрилегочного сопротивления (ВЛС), формирующегося в сенсорных отделах ЦНС (сенсорная кора, лимбическая система) и связанного с интенсивностью афферентного потока, поступающего с дыхательной мускулатуры в сенсорные отделы ЦНС [3, 5, 7, 9, 10, 12, 15, 16, 18, 21].

По данным литературы, остается малоизученным вопрос о влиянии ЭСД и ингаляционных бронхолитиков на регуляцию дыхания и связь между сенсорными отделами ЦНС, функционированием дыхательного центра и биомеханическими параметрами АДВ у здоровых лиц и больных с БОС.

Целью настоящей работы явилось изучение восприятия дыхания и его связи с деятельностью ДЦ и биомеханикой дыхания у лиц с различными вентиляционными возможностями АДВ, представленных группой здоровых и больных с БОС, в условиях относительного покоя, при разовом и курсовом применении ЭСД и последующих ингаляциях комбинированного бронхолитического препарата беродуала.

## Материал и методы

Исследования проводились на группе здоровых лиц — 1-я группа (20 мужчин, средний возраст 20,2 года), больных бронхиальной астмой — 2-я группа (30 человек, из них 18 мужчин, 12 женщин, средний возраст 43,7 года), больных хроническим обструктивным бронхитом — 3-я группа (30 человек, из них 22 мужчины, 8 женщин, средний возраст 50,9 года).

Группа здоровых лиц была представлена тщательно обследованными людьми без заболеваний легких в анамнезе. Для исключения возрастных и половых влияний на восприятие дыхания группа была сформирована только из лиц мужского пола молодого возраста, занимающихся спортом и имеющих 2—3-й спортивный разряд.

У всех больных БА и ХОБ отмечалась одышка при обычных физических нагрузках. Для исследования отбирались больные с течением болезни средней степени тяжести в фазе затухающего обострения.

Таким образом, исследуемые 1-й группы характеризовались наилучшими функциональными способностями АДВ, а исследуемые 2-й и 3-й групп — сниженными функциональными способностями АДВ.

Оценка восприятия дыхания у здоровых лиц проводилась в баллах по оригинальной методике [10]. Для оценки выраженности одышки (ОД) в баллах у больных с БОС применялась визуальная аналоговая шкала [10, 11, 21].

Функционирование ДЦ оценивалось по максимальному времени задержки дыхания  $T$ , с, после спокойного выдоха; содержанию углекислого газа  $\text{CO}_2$  в альвеолярном воздухе, %, определяемого косвенным методом по К.П. Бутейко [1]; продолжительности вдоха  $T_i$ , выдоха  $T_e$ , дыхательного цикла  $T_t$ , с; индексу инспираторной активности ИИА =  $T_i/T_t$ ; дыхательному объему  $V_t$ , л; скорости вдоха  $V_i$  и выдоха  $V_e$ , л/с; частоте дыхания в минуту  $F$ ; минутному объему дыхания  $V$ , л/мин [4, 7, 9, 15]. Биомеханические свойства легких оценивались по объему форсированного выдоха в первую секунду (ОФВ<sub>1</sub>), л; общей работе дыхания  $A_t$ , кгм/мин; удельной работе дыхания  $A_p$ , кгм/л, определяемым по кривым объема и транспульмонального давления при текущем значении  $V$  [7, 12, 15, 17, 22], регистрируемыми при помощи пневмотахографа с интегратором («Медфизприбор», г. Казань).

Выбор параметров исследования объяснялся следующим образом. ОД и ВД характеризовали состояние сенсорных отделов ЦНС [5, 7, 9, 12, 15, 16, 18, 21]. По  $T$  оценивали время наступления непреодолимого дыхательного позыва (императивный стимул дыхания [5]), характеризующего активность центрального инспираторного механизма (ЦИМ) ДЦ, по  $\text{CO}_2$  — адаптацию дыхательного центра к стимулирующему влиянию  $\text{CO}_2$ , по  $F$  судили о функции ритмообразования ДЦ [2, 4, 5, 7, 9, 12, 15]. О вентиляторном эффекте ДЦ и АДВ судили

по  $V$ , о структуре дыхательного цикла и паттернах дыхания — по  $Ti$ ,  $Te$ ,  $Tt$ ,  $Vt$ , ИИА,  $Vi$ ,  $Ve$  [2, 4, 7, 9, 12, 15]. По  $ОФВ_1$  оценивали состояние бронхиальной проходимости, по  $At$  — суммарное ВЛС, преодолеваемое дыхательной мускулатурой, по  $Ap$  — экономичность вентиляции [7, 12, 15, 17, 22]. При проведении корреляционного, регрессионного и факторного анализов дополнительно учитывался возраст  $B$  исследуемых лиц.

В 1-й группе проводился разовый сеанс электростимуляции диафрагмы, во 2-й и 3-й группах ЭСД проводилась курсом в 10—15 сеансов. Длительность каждого сеанса составляла 30 мин. Сеансы ЭСД проводились пациентам в клиностагическом положении с помощью электростимулятора серийного производства ЭСД-2П (Чебоксарский электроаппаратный завод) с учетом рекомендаций [14]. Беродуал, обладающий комбинированным бронхолитическим действием, применялся в виде дозированного аэрозоля (производство фирмы «Boehringer Ingelheim» (Германия), 1 доза аэрозоля содержит 0,02 мг ипратропиума бромид — М-холинолитика и 0,05 мг фенотерола гидрохлорида —  $\beta_2$ -стимулятора). Исследование проводилось в утренние часы, натощак. Больным БА и ХОБ за сутки до начала исследования отменяли бронхолитические препараты. Перед сеансом ЭСД исследуемых тщательно инструктировали. Через 30 мин после окончания сеанса ЭСД исследуемые получали четыре ингаляционные дозы (высшая разовая терапевтическая доза) беродуала с интервалами между ингаляциями в 1 мин. Оценка восприятия дыхания в 1-й группе, одышки во 2-й и 3-й группах, показателей работы ДЦ и вентиляционной функции легких проводилась во всех группах до сеанса ЭСД, через 5 мин после него и через 20 мин после последней ингаляции беродуала. Определение  $At$  выполнялось до и после сеанса ЭСД.

Статистическую обработку данных осуществляли с использованием программных пакетов SPSS (Release 13.0, LEAD Technologies, Inc., 1989—2004, США), Statistica (Release 6.0, StatSoft, Inc., 1984—2001, США), Statgraphics Plus (Release 5.1, Statistical Graphics Corp., 1984—2001, США). Проводились описательный, сравнительный, корреляционный, канонический, кластерный, факторный, регрессионный и информационный анализы [6, 8, 19]. Качественные переменные представлены в виде  $Mo$  (мода), количественные в виде  $X \pm m$ , где  $X$  — среднее значение,  $m$  — ошибка среднего. Проверку на нормальность распределения

значений признака проводили с помощью  $W$ -критерия Шапиро—Уилки. Сравнительный анализ количественных признаков выполнялся при помощи критерия Фридмана и двухстороннего парного критерия Вилкоксона, качественных признаков — с помощью  $Q$ -критерия Кохрана и критерия Мак-Немара. Корреляционный анализ проводили при помощи коэффициентов Спирмена и групповой канонической корреляции  $Rc$ . Иерархический кластерный анализ проводили методами ближнего и дальнего соседа, центроидным, медианным, Варда с мерами расстояния Евклида, квадрата расстояния Евклида, сити-блок. Факторный анализ выполняли методом главных компонент с собственным значением, равным 1,0, и методом вращения факторов — нормализованном эквимаксе. Регрессионный анализ во всех случаях проводился с процедурой Forward Selection: для количественных признаков — при помощи множественной линейной регрессии, качественных — бинарной логистической регрессии. При помощи информационного анализа описывали дыхательный ритмогенез по сложности принимаемых состояний: простое ( $0 \leq Hm < 3$ ), сложное ( $3 \leq Hm < 6$ ), очень сложное ( $6 \leq Hm$ ); и уровню организации: детерминированный ( $0,3 \leq R < 1$ ), квазидетерминированный ( $0,1 \leq R < 0,3$ ), вероятностный ( $0 \leq R \leq 0,1$ ) [19]. При  $p < 0,05$  выявленные закономерности считали статистически значимыми.

## Результаты и обсуждение

Результаты исследования трех изучаемых групп по этапам обследования приведены в табл. 1. В 1-й группе сеанс ЭСД вызывал достоверное улучшение ВД ( $p < 0,001$ ), увеличение  $Vi$  ( $p < 0,03$ ),  $Ve$  ( $p < 0,02$ ),  $V$  ( $p < 0,01$ ) и  $At$  ( $p < 0,02$ ). Ингаляции беродуала после сеанса ЭСД вызывали достоверное улучшение ВД ( $p < 0,001$ ) и увеличение  $ОФВ_1$  ( $p < 0,001$ ).

Во 2-й группе сеанс ЭСД вызывал в начале курса лечения только достоверное уменьшение  $ОД$  ( $p < 0,001$ ), в конце курса лечения — достоверное уменьшение  $ОД$  ( $p < 0,001$ ) и  $F$  ( $p < 0,001$ ), увеличение  $T$  ( $p < 0,001$ ) и  $CO_2$  ( $p < 0,001$ ). Ингаляции беродуала после сеанса ЭСД в начале курса лечения вызывали достоверное уменьшение  $ОД$  ( $p < 0,001$ ) и увеличение  $T$  ( $p < 0,001$ ),  $CO_2$  ( $p < 0,001$ ),  $ОФВ_1$  ( $p < 0,001$ ),  $Vi$  ( $p < 0,03$ ),  $F$  ( $p < 0,01$ ) и  $V$  ( $p < 0,01$ ), в конце курса лечения — достоверное уменьшение  $ОД$  ( $p < 0,001$ ) и увеличение  $ОФВ_1$  ( $p < 0,001$ ),  $Ve$  ( $p < 0,001$ ) и  $V$  ( $p < 0,001$ ).

В 3-й группе сеанс ЭСД вызывал в начале курса лечения достоверное уменьшение ОД ( $p < 0,001$ ) и ИИА  
 Таблица 1  
 Восприятие дыхания, паттерны дыхания и показатели биомеханики АД у здоровых лиц (1-я группа), больных БА (2-я группа) и ХОБ (3-я группа) в начале и в конце курса электростимуляции диафрагмы ( $\bar{X} \pm m$ )

Группа	Этап исследования*	Показатель***										
		ВД (ОД), балл**	T, с	СО <sub>2</sub> , %	ОФВ <sub>1</sub> , л	ИИА	Vi, л/с	Ve, л/с	Vt, л	F, мин <sup>-1</sup>	V, л/мин	At, кгм/мин
1-я (n = 20)	I	4,0 (4,0)	49,9 ± 5,2	5,99 ± 0,26	4,20 ± 0,11	0,41 ± 0,01	0,42 ± 0,02	0,29 ± 0,02	0,72 ± 0,06	15,2 ± 1,1	10,1 ± 0,5	0,29 ± 0,02
	II	5,0 (4,7) <sup>0</sup>	58,3 ± 7,3	6,42 ± 0,36	4,44 ± 0,17	0,43 ± 0,02	0,51 ± 0,04 <sup>3</sup>	0,38 ± 0,03 <sup>2</sup>	0,91 ± 0,15	16,2 ± 1,3	12,7 ± 1,0 <sup>1</sup>	0,42 ± 0,08 <sup>2</sup>
	III	6,0 (5,7) <sup>0</sup>	53,1 ± 6,3	6,16 ± 0,32	4,85 ± 0,17 <sup>0</sup>	0,46 ± 0,01	0,48 ± 0,03	0,42 ± 0,02	0,87 ± 0,07	16,1 ± 1,1	13,3 ± 0,9	—
2-я (n = 30)	I	41,1 ± 4,2 22,2 ± 3,1	18,8 ± 1,6 18,1 ± 1,5	4,44 ± 0,08 4,41 ± 0,07	1,91 ± 0,17 2,10 ± 0,20	0,37 ± 0,01 0,39 ± 0,01	0,56 ± 0,03 0,56 ± 0,03	0,33 ± 0,02 0,35 ± 0,02	0,70 ± 0,04 0,72 ± 0,03	17,7 ± 0,7 18,1 ± 0,6	12,1 ± 0,7 12,9 ± 0,6	0,96 ± 0,14 0,91 ± 0,10
	II	18,8 ± 3,0 <sup>0</sup> 9,3 ± 1,7 <sup>0</sup>	20,1 ± 1,9 22,3 ± 1,8 <sup>0</sup>	4,51 ± 0,10 4,62 ± 0,09 <sup>0</sup>	1,75 ± 0,20 1,95 ± 0,19	0,36 ± 0,01 0,37 ± 0,01	0,56 ± 0,04 0,58 ± 0,04	0,31 ± 0,02 0,33 ± 0,02	0,72 ± 0,05 0,71 ± 0,03	16,6 ± 0,5 17,5 ± 0,5 <sup>0</sup>	11,6 ± 0,6 12,4 ± 0,7	1,09 ± 0,17 1,03 ± 0,12
	III	5,4 ± 1,0 <sup>0</sup> 3,0 ± 0,6 <sup>0</sup>	25,3 ± 2,5 <sup>0</sup> 22,8 ± 2,0	4,77 ± 0,13 <sup>0</sup> 4,64 ± 0,10	2,59 ± 0,20 <sup>0</sup> 2,72 ± 0,21 <sup>0</sup>	0,39 ± 0,01 0,40 ± 0,01	0,62 ± 0,03 <sup>3</sup> 0,65 ± 0,04	0,40 ± 0,02 <sup>0</sup> 0,42 ± 0,02 <sup>0</sup>	0,78 ± 0,04 0,80 ± 0,04	19,0 ± 0,9 <sup>1</sup> 18,9 ± 0,7	14,2 ± 0,7 <sup>1</sup> 15,1 ± 0,8 <sup>0</sup>	—
3-я (n = 30)	I	54,8 ± 3,0 35,0 ± 3,9	15,9 ± 1,2 16,6 ± 1,1	4,27 ± 0,06 4,31 ± 0,06	1,68 ± 0,15 1,85 ± 0,17	0,39 ± 0,01 0,38 ± 0,01	0,56 ± 0,03 0,56 ± 0,03	0,35 ± 0,02 0,35 ± 0,02	0,61 ± 0,03 0,60 ± 0,03	21,7 ± 1,0 21,7 ± 0,8	12,6 ± 0,6 12,8 ± 0,7	0,93 ± 0,10 0,93 ± 0,10
	II	24,1 ± 3,3 <sup>0</sup> 15,4 ± 2,6 <sup>0</sup>	16,2 ± 1,1 21,1 ± 1,3 <sup>0</sup>	4,29 ± 0,06 4,53 ± 0,07 <sup>0</sup>	1,76 ± 0,17 1,85 ± 0,17	0,36 ± 0,01 <sup>4</sup> 0,37 ± 0,01	0,55 ± 0,02 0,54 ± 0,03	0,32 ± 0,02 0,31 ± 0,02	0,63 ± 0,03 0,59 ± 0,03	19,4 ± 0,7 20,5 ± 0,8	11,9 ± 0,5 11,7 ± 0,6	0,88 ± 0,09 0,83 ± 0,09
	III	10,3 ± 2,4 <sup>0</sup> 4,9 ± 1,1 <sup>0</sup>	20,9 ± 1,2 <sup>0</sup> 21,0 ± 1,6	4,52 ± 0,06 <sup>0</sup> 4,54 ± 0,08	2,07 ± 0,18 <sup>0</sup> 2,15 ± 0,18 <sup>0</sup>	0,38 ± 0,01 <sup>3</sup> 0,40 ± 0,01	0,67 ± 0,03 <sup>1</sup> 0,62 ± 0,03 <sup>1</sup>	0,40 ± 0,01 <sup>0</sup> 0,40 ± 0,02 <sup>0</sup>	0,77 ± 0,03 <sup>0</sup> 0,74 ± 0,03 <sup>0</sup>	19,9 ± 0,9 20,3 ± 0,9	14,9 ± 0,5 <sup>0</sup> 14,5 ± 0,6 <sup>0</sup>	—

Примечание. Сравнительный анализ проводился в два этапа расчета: на 1-м этапе — Q-тест Кохрана для ВД и дисперсионный анализ Фридмана для остальных параметров; на 2-м этапе — тест Мак-Немара для ВД и двухсторонний парный тест Вилкоксона для остальных параметров с учетом уровня значимости  $p$  критериев Q-Кохрана и Фридмана. Уровень значимости критериев Мак-Немара и Вилкоксона при сравнении данного параметра с параметром предыдущего этапа исследования: <sup>0</sup> —  $p < 0,001$ ; <sup>1</sup> —  $p < 0,01$ ; <sup>2</sup> —  $p < 0,02$ ; <sup>3</sup> —  $p < 0,03$ ; <sup>4</sup> —  $p < 0,04$ .

\* Этап исследования: I — перед сеансом ЭСД, II — после сеанса ЭСД, III — после ингаляций беродуала.

\*\* Для 1-й группы приводятся данные восприятия дыхания (ВД), для 2-й и 3-й — восприятия одышки (ОД). ВД в 1-й группе представлено модой, в скобках — средним арифметическим.

\*\*\* Для 1-й группы приводятся показатели разового исследования, для 2-й и 3-й в числителе — на начало, в знаменателе — на конец курса ЭСД.

( $p < 0,04$ ), в конце курса лечения — достоверное уменьшение ОД ( $p < 0,001$ ) и увеличение  $T$  ( $p < 0,001$ ) и СО<sub>2</sub> ( $p < 0,001$ ). Ингаляции беродуала после сеанса ЭСД в начале курса лечения вызывали достоверное уменьшение ОД ( $p < 0,001$ ) и увеличение  $T$  ( $p < 0,001$ ), СО<sub>2</sub> ( $p < 0,001$ ), ОФВ<sub>1</sub> ( $p < 0,001$ ), ИИА ( $p < 0,03$ ),  $V_i$  ( $p < 0,01$ ),  $V_e$  ( $p < 0,001$ ),  $V_t$  ( $p < 0,001$ ) и  $V$  ( $p < 0,001$ ), в конце курса лечения — достоверное уменьшение ОД ( $p < 0,001$ ), увеличение ОФВ<sub>1</sub> ( $p < 0,001$ ),  $V_i$  ( $p < 0,01$ ),  $V_e$  ( $p < 0,001$ ) и  $V_t$  ( $p < 0,001$ ).

Улучшение ВД у здоровых лиц свидетельствует о том, что оно является балансом разнонаправленных процессов, формирующих дыхательные ощущения в сенсорных отделах ЦНС, которые могут смещать баланс не только в сторону ухудшения ВД (одышка), но и в сторону его улучшения (легкость дыхания, дыхательная эйфория).

Уменьшение ОД у больных с БОС и улучшение ВД у здоровых лиц при ЭСД не было связано с развитием бронхолитического эффекта, поскольку не наблюдалось его признаков — уменьшения  $At$ , свиде-

тельствуемой о снижении работы дыхательной мускулатуры по преодолению ВЛС, и улучшения бронхиальной проходимости — возрастания ОФВ<sub>1</sub> [7, 9, 11, 12, 15].

Данный эффект может быть объяснен прямым действием ЭСД на функционирование ДЦ (уменьшение иррадиации возбуждения с ДЦ в лимбическую систему), сенсорные отделы ЦНС через рецепторное поле диафрагмы и межреберных мышц или (и) снижением интенсивности афферентного потока с дыхательной мускулатуры, объясняемым с позиций концепции Ф. Дондерса [22], оптимизацией паттерна работы дыхательной мускулатуры (по отношению длина — напряжение) под влиянием ЭСД (внегочный механизм), а с позиций теории механической активности легких [17] — активацией внутригочного источника механической активности, уменьшающего долю работы дыхательной мускулатуры по преодолению ВЛС (внутригочный механизм).

В 1-й группе электростимуляции диафрагмы и ингаляции беродуала не влияли на  $T$  и СО<sub>2</sub>, что указыва-

ет на жесткую регуляцию ЦИМ ДЦ у здоровых лиц. Во 2-й и 3-й группах ЭСД в начале курса лечения не влияла на  $T$  и  $CO_2$ , а в конце курса приводила к увеличению этих показателей. Таким образом, курс ЭСД оказал положительное адаптационное влияние на возбудимость ЦИМ ДЦ у больных с БОС. Ингаляции беродуала не вызывали дальнейшего изменения  $T$  и  $CO_2$ , если они были предварительно изменены сеансом ЭСД, и, наоборот, если сеанс ЭСД не изменял  $T$  и  $CO_2$ , ингаляции беродуала влияли на  $T$  и  $CO_2$ , что свидетельствует о небольшом диапазоне адаптивного изменения возбудимости ЦИМ ДЦ у больных с БОС, механизм реализации которого можно определить в большей степени как «все или ничего».

Увеличение  $T$  на фоне повышения концентрации  $CO_2$  в альвеолярном воздухе (рис. 1) можно объяснить с позиций 3-фазной схемы дыхательного ритмогенеза [4].

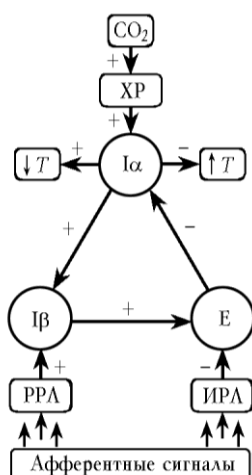


Рис. 1. Гипотетическая схема механизмов дыхательного ритмогенеза (Бреслав И.С. с соавт. (1984) с дополнениями авторов статьи).  $I\alpha$  — пул инспираторных нейронов  $I\alpha$  ДЦ;  $I\beta$  — пул инспираторных нейронов  $I\beta$  ДЦ;  $E$  — пул ранних экспираторных нейронов  $E$  ДЦ;  $XP$  — хеморецепторы;  $PPA$  — рецепторы растяжения легких;  $IRL$  — ирритантные рецепторы легких;  $T$  — время задержки дыхания (стрелка вверх — увеличение времени, вниз — уменьшение). Стрелка указывает направление стимулирующего (+), тормозящего (–) эффектов

Увеличение  $T$  будет наблюдаться при усилении тормозящего действия  $E$ -пула ранних экспираторных (инспираторно-тормозящих) нейронов на  $I\alpha$ -пул инспираторных нейронов ДЦ. Возбуждение  $E$ -пула ранних экспираторных нейронов можно объяснить снижением тормозящего влияния потока афферентных сигналов с ирритантных рецепторов легких и усилением стимулирующего влияния  $I\beta$ -пула инспираторных нейронов,

развившегося в результате возрастания потока афферентных сигналов с рецепторов растяжения легких.

Частота ритмообразования  $F$  у больных БА подвержена влиянию ЭСД и ингаляций беродуала по сравнению со здоровыми лицами и больными ХОБ. Показатели  $V_i$ ,  $V_e$ ,  $V$  и  $At$  не менялись у больных с БОС при ЭСД по сравнению со здоровыми лицами, что свидетельствует о толерантности структурной работы ДЦ у больных с БОС.

В табл. 2 приводятся коэффициенты канонической корреляции  $R_c$  между изучаемыми групповыми показателями с указанием уровня значимости определения.

Таблица 2

Значимые коэффициенты групповой канонической корреляции  $R_c$  у здоровых лиц (1-я группа), больных БА (2-я группа), ХОБ (3-я группа)

Группа	Групповые показатели*	$R_c$	$p$
1-я ( $n = 20$ )	$V_i - V_e$	0,87	< 0,0002
	$V_i - V$	0,94	< 0,001
	$V_i - At$	0,80	< 0,003
	$V_e - V$	0,98	< 0,0001
	$V_e - ИИА$	0,73	< 0,02
	$V_e - At$	0,75	< 0,003
	$V - At$	0,75	< 0,0002
2-я ( $n = 30$ )	$ОД - V$	0,86	< 0,05
	$ОФВ_1 - ИИА$	0,88	< 0,02
	$V_i - T$	0,82	< 0,05
	$V_i - CO_2$	0,82	< 0,05
	$T - CO_2$	1,00	< 0,0001
	$V_i - ИИА$	0,80	< 0,01
	$V_i - V_e$	0,95	< 0,0001
	$V_i - V$	0,98	< 0,0001
	$V_i - At$	0,89	< 0,0001
	$V_e - ИИА$	0,81	< 0,0003
	$V_e - V$	0,99	< 0,0001
	$V_e - At$	0,87	< 0,0001
	$F - V$	0,81	< 0,05
	$V - At$	0,87	< 0,0001
$V - B$	0,64	< 0,05	
3-я ( $n = 30$ )	$B - V_i$	0,63	< 0,05
	$B - At$	0,63	< 0,02
	$B - ОФВ_1$	0,73	< 0,005
	$ОД - V_i$	0,82	< 0,05
	$ОФВ_1 - ИИА$	0,83	< 0,03
	$ОФВ_1 - At$	0,82	< 0,03
	$ИИА - V$	0,80	< 0,03
	$V_i - ИИА$	0,86	< 0,01
	$V_i - V_e$	0,92	< 0,0001
	$V_i - V$	0,97	< 0,0001
	$V_i - At$	0,83	< 0,0005
	$V_e - ИИА$	0,93	< 0,0001
	$V_e - F$	0,81	< 0,01
	$V_e - V$	0,98	< 0,0001
	$V_e - At$	0,76	< 0,02

$V-F$	0,82	< 0,05
$V-At$	0,84	< 0,0005

\* При расчете  $R_c$  каждый анализируемый групповой показатель включал аналогичные показатели всех этапов исследования — для 1-й группы при разовом исследовании, для 2-й и 3-й — в начале и в конце курса ЭСД.

Во всех трех группах отмечается постоянная связь между  $V_i$ ,  $V_e$ ,  $V$ ,  $At$ . Во 2-й и 3-й группах чаще наблюдается связь с ИИА по сравнению с 1-й группой, а также отмечаются связи с дополнительными параметрами. Во 2-й группе по сравнению с 3-й имеются дополнительные связи с  $T$ ,  $CO_2$  и  $ОД$ . Следует отметить интересную деталь — в 1-й группе не отмечалась связь показателей с  $ОФВ_1$  по сравнению со 2-й и 3-й группами. Во 2-й и 3-й группах одинаково наблюдались менее тесные связи между  $B$  и  $F$  и другими параметрами. Функциональные взаимосвязи у больных с БОС неоднородны — при БА преобладают дополнительные связи с ИИА,  $ОД$  и  $T$  и  $CO_2$ , у больных с ХОБ — с ИИА и  $ОФВ_1$ , что, вероятно, объясняется типом БОС — при БА наблюдается динамический (обратимый) и в большей степени регулируемая бронхообструкция, при ХОБ — статический (необратимый) и в меньшей степени регулируемая бронхообструкция. Во всех трех группах между  $Vt$  и остальными анализируемыми параметрами постоянно наблюдалась значимая связь, поэтому  $Vt$  был исключен из процедуры канонического анализа.

На рис. 2 представлены структурные модели функциональных биомеханических систем аппарата внешнего дыхания по всем обследуемым группам, построенные по значимым коэффициентам групповой канонической корреляции  $R_c$ . В 1-й группе (рис. 2,а) наблюдаются тесные взаимосвязи между ИИА,  $V_i$ ,  $V_e$ ,  $V$  и  $At$ , которые можно определить как основную функциональную биомеханическую систему АД, регулирующую ДЦ. Во 2-й (рис. 2,б) и 3-й (рис. 2,в) группах основная функциональная биомеханическая система АД сохранялась, но существенно усложнялась за счет формирования связей с дополнительными параметрами, оказывающими влияние на регуляторную функцию ДЦ. Полученные данные свидетельствуют, что регулирование ДЦ биомеханической системы АД у больных с БОС менее автономно по сравнению со здоровыми лицами и подвержено большему контролю со стороны ЦНС.

Представлялось интересным определить, какие функциональные связи между параметрами, входящими в функциональную биомеханическую систему

АВД, являются наиболее сильными в каждой обследуемой группе. Для этой цели был применен иерархический кластерный анализ, позволяющий разделить переменные на различающиеся между собой кластеры, каждый из которых содержит схожие между собой переменные. Снижение размерности проводили путем выделения максимального числа кластеров из показателей, образующих функциональную биомеханическую систему АД в каждой исследуемой группе. В результате последний кластер содержал две переменные, имеющие между собой наибольшую силу связи.

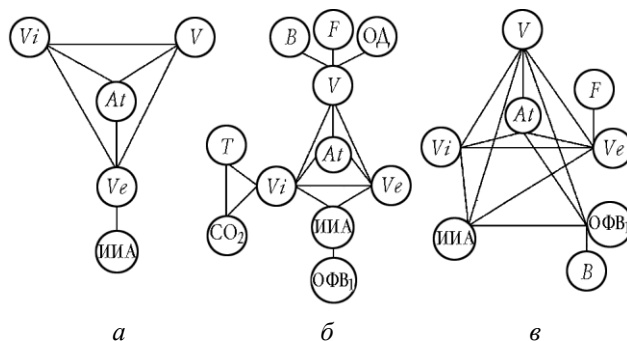


Рис. 2. Структурные модели функциональных биомеханических систем аппарата внешнего дыхания у здоровых лиц (а), больных БА (б) и ХОБ (в)

Проведенный анализ дал чрезвычайно интересный результат — во всех исследуемых группах на всех этапах обследования наибольшая сила связи наблюдалась между переменными  $V$  и  $V_e$ . Причем этот тип связи сохранялся во всех группах при использовании различных методов (ближний и дальний сосед, центроидный, медианный, Варда) и мер расстояния (Евклида, квадрат расстояния Евклида, сити-блок). Постоянство наибольшей выраженности связи между  $V$  и  $V_e$  указывает, что скорость выдоха является универсальным, возможно, даже гомеостатическим фактором регуляции интенсивности вентиляции легких у здоровых лиц и больных с БОС.

Сразу же возникает вопрос — подобный механизм регуляции объясняется влиянием одного или нескольких факторов? Для ответа на этот вопрос был проведен факторный анализ. В 1-й группе  $V$  и  $V_e$  в исходном состоянии объяснялись влиянием фактора (Ф) 9, после сеанса ЭСД — влиянием Ф2, после ингаляция беродуала — Ф6. При этом с Ф2 были связаны  $V_i$ ,  $Vt$ ,  $At$ ; с Ф6 —  $V_i$ ,  $Vt$ .

Во 2-й группе Ф2 объяснял влияние  $V$ ,  $V_e$ ,  $V_i$ ,  $Vt$  как в исходном состоянии в начале курса ЭСД, так и

после ингаляции беродуала в конце курса ЭСД. Показатели  $V$ ,  $Ve$ ,  $Vi$ ,  $Vt$  объяснялись Ф5 после сеанса ЭСД в начале курса лечения. После последующей ингаляции беродуала эти показатели не были связаны ни с одним из выделенных факторов. Ф12 объяснял влияние  $V$ ,  $Ve$ ,  $Vi$  в исходном состоянии в конце курса ЭСД, а Ф15 — только  $V$  после сеанса ЭСД в конце курса.  $Ve$ ,  $Vi$  на этом же этапе исследования не были связаны с каким-либо фактором.

В 3-й группе в начале курса ЭСД  $V$  и  $Ve$ , а также  $Vi$  и  $Vt$  на всех этапах обследования объяснялись различными факторами. В конце курса ЭСД Ф4 объяснял влияние  $V$ ,  $Ve$ ,  $Vi$ ,  $Vt$  в исходном состоянии, Ф11 — влияние  $V$ ,  $Ve$ ,  $Vi$  после сеанса ЭСД. После ингаляции беродуала  $V$ ,  $Ve$ ,  $Vi$ ,  $Vt$  не были связаны ни с одним фактором.

Исходя из полученных результатов, следует признать, что постоянство силы связи  $V$ — $Ve$ , возможно гомеостатического типа, объяснялось влиянием различных факторов.

Также были проанализированы показатели с постоянным однофакторным влиянием. Однофакторными показателями на всех этапах обследования в 1-й группе являлись:  $Tt$  (Ф1),  $Te$  (Ф1),  $T$  (Ф3), ВД (Ф4), ОФВ<sub>1</sub> (Ф7), во 2-й группе: ОФВ<sub>1</sub> (Ф3) и  $T$  (Ф4), в 3-й группе: ОФВ<sub>1</sub> (Ф2) и  $T$  (Ф5). По этапам обследования в начале и в конце курса ЭСД — во 2-й группе в начале курса ЭСД:  $Tt$  (Ф1),  $F$  (Ф1), ОД (Ф10),  $Ap$  (Ф11), в конце курса ЭСД: ОД (Ф7), в 3-й группе таких показателей не было.

Проведенный анализ выявил интересный факт жесткого однофакторного влияния на  $T$  и ОФВ<sub>1</sub> у здоровых лиц и больных с БОС на всех этапах обследования, что, вероятно, также указывает на гомеостатичность регуляции этих параметров и объясняет отсутствие значимого изменения ОФВ<sub>1</sub> при улучшении ВД у здоровых лиц и уменьшении ОД у больных БА и ХОБ при ЭСД. В отношении ОФВ<sub>1</sub> следует важный вывод для клинической медицины — на конечный эффект лечебного воздействия у больных с БОС (бронхолитики, ингаляционные глюкокортикостероиды) влияет жесткая регуляция со стороны регуляторных механизмов ЦНС организма больного, и эта регуляция, вероятно, может значительно корригировать бронхиальную проходимость и, соответственно, конечный лечебный эффект этих препаратов, а в некоторых случаях способствовать развитию резистентной к

лечению формы БА, а у больных ХОБ — проградентному развитию БОС.

По направлению значимых ( $p < 0,05$ ) корреляционных связей коэффициента Спирмена между параметрами дыхательного цикла  $V$ ,  $Vt$ ,  $F$ ,  $Tt$ ,  $Ti$ ,  $Te$  определяли вентиляторный тип реакции ДЦ и вентиляции АВД (изовентиляторный, стеновентиляторный, смешанный) [4] на действие ЭСД и беродуала. Изовентиляторный тип наблюдается в обычных условиях дыхания и предназначен для достижения энергетически экономного уровня вентиляции, а стеновентиляторный тип носит приспособительный характер и наблюдается при адаптации АВД к физической нагрузке, гиперкапнии, резистивной дыхательной нагрузке и других состояниях. Смешанный тип характеризуется переходом от изовентиляторного типа к стеновентиляторному и обратно [4].

В исходном состоянии в 1-й группе наблюдался изовентиляторный тип реакции ДЦ; во 2-й группе в начале курса ЭСД — стеновентиляторный, в конце курса ЭСД — смешанный с преобладанием признаков изовентиляторного типа; в 3-й группе в начале и в конце курса ЭСД — смешанный с преобладанием признаков изовентиляторного типа.

Сеанс ЭСД вызывал в 1-й группе смешанный тип регуляции с преобладанием изовентиляторного типа, ингаляции беродуала — изовентиляторный тип регуляции. Во 2-й группе после сеанса ЭСД и ингаляций беродуала в начале курса ЭСД наблюдался смешанный тип регуляции с преобладанием изовентиляторного. В конце курса после сеанса ЭСД и ингаляций беродуала наблюдался стеновентиляторный тип реакции ДЦ. В 3-й группе после сеанса ЭСД и ингаляций беродуала в начале и в конце курса ЭСД наблюдался смешанный тип регуляции с преобладанием изовентиляторного.

Таким образом, у здоровых лиц наблюдается преимущественно изовентиляторный тип вентиляции АВД, у больных с БОС — лабильный вентиляторный тип АВД. Преобладание стеновентиляторного типа реакции ДЦ у больных БА по сравнению с больными ХОБ можно объяснить, вероятно, большей потребностью АВД у больных БА в приспособительных вентиляторных реакциях, оперативно реализуемых ДЦ при динамическом изменении бронхиальной проходимости.

В табл. 3 приводятся регрессионные формулы, описывающие ВД, ОД и  $T$  у здоровых лиц и больных с БОС.

В 1-й группе регрессионная модель ВД объясняла фактические данные после сеанса ЭСД на 44%, после

ингаляций беродуала — только на 2,5%. Во 2-й и 3-й группах регрессионные модели ОД имели следующие особенности. Сеанс ЭСД и последующие ингаляции беродуала в начале и в конце курса лечения приводили

Таблица 3

Регрессионные модели восприятия дыхания (ВД) и одышки (ОД), времени задержки дыхания  $T$  у здоровых лиц (1-я группа), больных БА (2-я группа), ХОБ (3-я группа) в начале и в конце курса ЭСД

Группа	Этап исследования*	Показатель**					
		ОД (ВД), балл	Модель		$T$ , с	Модель	
			%	$p$		%	$p$
1-я ( $n = 20$ )	1	—	—	—	$T = 121,6 \cdot \text{ИИА}$	84,1	$< 0,0001$
	2	$ВД = \exp(\eta)/(1 + \exp(\eta));$ $\eta = -85,7 - 0,27T + 94,6 \cdot \text{ИИА} + 16,5 \cdot \text{ОФВ}_1$	44,1	$< 0,002$	$T = 237 \cdot \text{ИИА} - 2,6 \cdot F$	83,3	$< 0,0001$
	3	$ВД = \exp(\eta)/(1 + \exp(\eta));$ $\eta = -5,93 + 10,7 \cdot Vt$	2,5	$< 0,04$	$T = 10,8 \cdot \text{ОФВ}_1$	78,3	$< 0,0001$
2-я ( $n = 30$ )	1	$\frac{ОД = 70,48 \cdot Vi}{ОД = 39,67 \cdot Vi}$	$\frac{76,7}{68,6}$	$\frac{< 0,0001}{< 0,0001}$	$\frac{T = 15,2 \cdot Ti}{T = 46,2 \cdot \text{ИИА}}$	$\frac{79,6}{82,7}$	$\frac{< 0,0001}{< 0,0001}$
	2	$\frac{ОД = 62,1 \cdot Ve}{ОД = 0,75 \cdot V}$	$\frac{66,7}{56,7}$	$\frac{< 0,0001}{< 0,0001}$	$\frac{T = 16,5 \cdot Ti}{T = 10 \cdot Te}$	$\frac{84,6}{86,1}$	$\frac{< 0,0001}{< 0,0001}$
	3	$\frac{ОД = 54,4 \cdot Ap}{ОД = 4,5 \cdot Vi}$	$\frac{54,6}{50,2}$	$\frac{< 0,0001}{< 0,0001}$	$\frac{T = 12,1 \cdot Te}{T = 11,4 \cdot Te}$	$\frac{80,2}{86,1}$	$\frac{< 0,0001}{< 0,0001}$
3-я ( $n = 30$ )	1	$\frac{ОД = 0,72 \cdot B + 16 \cdot Ti}{ОД = 0,73 \cdot B}$	$\frac{93,3}{79,7}$	$\frac{< 0,0001}{< 0,0001}$	$\frac{T = 40,2 \cdot \text{ИИА}}{T = 43,6 \cdot \text{ИИА}}$	$\frac{86,3}{88,3}$	$\frac{< 0,0001}{< 0,0001}$
	2	$\frac{ОД = 0,47 \cdot B}{ОД = 16,5 \cdot At}$	$\frac{67,1}{62,2}$	$\frac{< 0,0001}{< 0,0001}$	$\frac{T = 44,3 \cdot \text{ИИА}}{T = 57,7 \cdot \text{ИИА}}$	$\frac{87,3}{91,3}$	$\frac{< 0,0001}{< 0,0001}$
	3	$\frac{ОД = 12,6 \cdot Vt}{ОД = 0,2 \cdot T}$	$\frac{43,9}{42,9}$	$\frac{< 0,0001}{< 0,0001}$	$\frac{T = 54 \cdot \text{ИИА}}{T = 53,6 \cdot \text{ИИА}}$	$\frac{91,1}{88,2}$	$\frac{< 0,0001}{< 0,0001}$

Примечание. Модель ВД у здоровых лиц рассчитывалась методом бинарной логистической регрессии, ОД и  $T$  — множественной линейной регрессии. Во всех расчетах применялась процедура Forward Selection. Модель ( $\%$ ,  $p$ ) — параметры регрессионных моделей:  $\%$  — процент отражения моделью изменчивости прогнозируемой переменной (скорректированный  $R$ -квадрат с учетом степеней свободы);  $p$  — уровень значимости дисперсионного анализа модели.

\* Этап исследования: I — перед сеансом ЭСД; II — после сеанса ЭСД; III — после ингаляций беродуала.

\*\* Для 1-й группы приводятся показатели разового исследования, для 2-й и 3-й в числителе — на начало, в знаменателе — на конец курса ЭСД.

по сравнению с предшествующими этапами исследования к проградцентному снижению процента объяснения моделью фактических данных. В конце курса ЭСД процент объяснения моделью фактических данных был неизменно ниже процента объяснения на подобном этапе исследования в начале курса ЭСД. Кроме того, отмечалось разнообразие предикторов и их силы связи, объясняющих формирование ВД и ОД.

Регрессионные модели  $T$  в отличие от ВД и ОД на разных этапах исследования в начале и в конце курса лечения во всех трех группах имеют стойкий значительный процент объяснения фактических данных, который по всем группам составил 78,3—91,3%. Число предикторов небольшое и постоянное ( $T_i$ ,  $T_e$ , ИИА,  $F$ ,  $\text{ОФВ}_1$ ).

Таким образом, состояние сенсорных отделов ЦНС, по данным изучения ВД у здоровых лиц и ОД у больных с БОС, описывается моделями, имеющими

различные предикторы с непостоянной силой связи с формированием ВД и ОД. В большей степени это относится к здоровым лицам. По данным литературы [5, 9, 16, 18, 21], многие отечественные и зарубежные исследователи увлечены поиском основных предикторов, по которым можно было бы с высокой степенью воспроизводимости и повторяемости, с высокой точностью прогнозировать уровень ВД и ОД у здоровых и больных людей. Исходя из результатов данного исследования можно предположить, что таких универсальных предикторов не будет найдено. В отличие от сенсорных отделов ЦНС функционирование ЦИМ ДЦ описывается моделями  $T$  с небольшим числом предикторов, имеющих стабильную силу связи с  $T$  и, соответственно, с работой ДЦ, как у здоровых лиц, так и у больных с БОС.

В табл. 4 приводятся суммарные данные информационного анализа по сложности принимаемых состоя-



ний  $Hm$  и уровню организации  $R$  ритмообразования в ДЦ.

Сложность ритмообразующей функции ДЦ во всех группах на всех этапах исследования оставалась простой. Уровень организации ритмообразования ДЦ в 1-й группе на всех этапах обследования был квази-

детерминированным, а во 2-й и 3-й группах в исходном состоянии в начале и в конце курса лечения — детерминированным. В начале курса сеанс ЭСД во 2-й группе характеризовался вероятностным, а в 3-й группе — квазидетерминированным уровнем ритмообразования ДЦ.

Таблица 4

Сложность состояния  $Hm$  и уровень организации ритмообразования  $R$  дыхательного центра у здоровых лиц (1-я группа), больных БА (2-я группа), ХОБ (3-я группа) в начале и в конце курса ЭСД (средние значения)

Показатель	Группа								
	1-я (n = 20)			2-я (n = 30)			3-я (n = 30)		
	Этап исследования*								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
$Hm$	0,845	0,845	0,699	0,699	0,477	0,699	0,602	0,477	0,699
				0,699	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699
$R$	0,122	0,255	0,205	0,332	0,095	0,389	0,410	0,170	0,445
				0,508	0,393	0,420	0,442	0,220	0,330

Примечание. Для 1-й группы приводятся показатели разового исследования, для 2-й и 3-й в числителе — на начало, в знаменателе — на конец курса ЭСД.

\* Этап исследования: I — перед сеансом ЭСД; II — после сеанса ЭСД; III — после ингаляций беродуала.

Ингаляции беродуала в обеих группах переводили ритмообразование ДЦ на детерминированный уровень организации. В конце курса сеанс ЭСД в 3-й группе смещал уровень организации ритмообразования ДЦ в квазидетерминированный диапазон, а во 2-й группе не менял уровня организации. Ингаляции беродуала в обеих группах возвращали уровень организации ритмообразования ДЦ на детерминированный уровень.

Таким образом, сложность ритмообразующей функции ДЦ во всех трех группах на всех этапах простая. У здоровых лиц наблюдался стойкий к воздействиям ЭСД и ингаляциям беродуала квазидетерминированный уровень организации ритмообразования ДЦ, а у больных с БОС — вероятностный уровень с лабильной реакцией ДЦ на афферентные периферические раздражители, что, с одной стороны, обеспечивает у больных с БОС подвижные приспособительные реакции ДЦ, а с другой стороны, объясняет у них склонность к развитию дыхательной аритмии и повышенную зависимость ритмообразования ДЦ от внешних факторов.

Результаты проведенного анализа с позиций доказательной медицины позволили выявить скрытые закономерности, которые можно систематизировать в виде качественного описания моделей, характеризующих особенности функционирования биомеханической системы АВД, ДЦ, сенсорных отделов ЦНС у здоровых лиц и больных с БОС.

Особенности функциональной биомеханической системы АВД у здоровых лиц: простая по регуляции дыхательного ритмогенеза биосистема с квазидетерминированным уровнем организации дыхательного ритма, преимущественно с изовентиляторным типом вентиляции АВД, определяемым небольшим числом параметров регуляции ( $V$ ,  $V_i$ ,  $V_e$ ,  $At$ , ИИА), образующих основную функциональную биомеханическую систему АВД.

Особенности функциональной биомеханической системы АВД у больных с БОС: простая по регуляции дыхательного ритмогенеза биосистема с лабильным уровнем организации дыхательного ритма, с лабильным вентиляторным типом АВД, определяется значительным количеством параметров регуляции, включает в структуру регуляции основную функциональную биомеханическую систему АВД здоровых лиц, образованную параметрами  $V$ ,  $V_i$ ,  $V_e$ ,  $At$ , ИИА.

Особенности функционирования ЦИМ ДЦ (оценка по динамике  $T$  и  $F$ ): различный порог реакций (у здоровых лиц он выше, чем у больных с БОС), небольшой диапазон ответной реакции, ответная реакция по типу «все или ничего», отсутствие жесткой связи с функционированием сенсорных отделов ЦНС, ВЛС и бронхиальной проходимость, является дискретной функцией, меняющейся в прямо противоположных направлениях, возможно волевое изменение функционирования ЦИМ ДЦ по  $F$  и  $T$ , оказывает

влияние на формирование паттернов дыхания, находится под жестким однофакторным регуляторным влиянием небольшого числа предикторов — преимущественно ИИА и ОФВ<sub>1</sub>.

Особенности функционирования сенсорных отделов ЦНС (оценка по динамике ВД и ОД): относительно низкий порог реакции, широкий диапазон ответной реакции, ступенчатость ответной реакции, отсутствие жесткой связи с работой ДЦ, ВЛС и бронхиальной проходимостью, является непрерывной функцией, меняющейся в прямо противоположных направлениях, невозможна волевая регуляция изменения уровня восприятия дыхания, оказывает слабое влияние на формирование паттернов дыхания, определяется многофакторным регуляторным влиянием большого числа предикторов, в первую очередь ИИА,  $V_i$ ,  $V$ , ОФВ<sub>1</sub>,  $A_i$ .

## **Выводы**

1. Электростимуляция диафрагмы при курсовом применении у больных с БОС обладает адаптационным воздействием на сенсорные отделы ЦНС и работу дыхательного центра, механизм которого может быть связан с прямым действием ЭСД на сенсорные отделы ЦНС через рецепторное поле диафрагмы или (и) со снижением интенсивности афферентного потока с дыхательной мускулатуры в ЦНС.

2. Сенсорные отделы ЦНС и центральный инспираторный механизм дыхательного центра образуют различные значимые функциональные связи с аппаратом внешнего дыхания, обуславливающие формирование различных паттернов дыхания у здоровых лиц и больных с БОС.

3. Между деятельностью сенсорных отделов ЦНС и работой дыхательного центра отсутствует жесткая функциональная связь как у здоровых лиц, так и у больных с БОС.

4. Восприятие дыхания у здоровых лиц может меняться не только в сторону ухудшения, но и в сторону улучшения, что свидетельствует о том, что восприятие дыхания у здоровых лиц является не максимальным значением функции наилучшего восприятия дыхания, а балансом разнонаправленных процессов в сенсорных отделах ЦНС, которые могут смещать его в прямо противоположных направлениях.

5. Анализ и систематизация особенностей функционирования биомеханической системы АВД, ДЦ и сен-

сорных отделов ЦНС у здоровых лиц и больных с БОС с позиций доказательной медицины позволили выявить скрытые закономерности и дать качественное описание модели функционирования АВД, что позволяет прогнозировать ответную реакцию АВД при различных терапевтических и экспериментальных воздействиях.

## **Литература**

1. А.с. 1593627 СССР. Способ определения углекислого газа в альвеолярном воздухе / Бутейко К.П. // Открытия и изобретения. 1990. № 35. С. 11.

2. Абросимов В.Н. Нарушения регуляции дыхания. М.: Медицина, 1990. 248 с.
3. Бодрова Т.Н., Тетенев Ф.Ф. К вопросу о патогенезе одышки // Пульмонология. 1993. № 1. С. 14—16.
4. Бреслав И.С. Паттерны дыхания. Л.: Наука, 1984. 206 с.
5. Бреслав И.С. Дыхательная сенсорика человека, ее физиологическая роль // Рос. физиол. журн. 2002. № 2. С. 257—266.
6. Бююль А., Цефель П. SPSS: Искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых возможностей: Пер. с нем. СПб.: ДиаСофтЮП, 2005. 608 с.
7. Гритти М.А. Патофизиология легких: Пер. с англ. М.: Бином, 1997. 344 с.
8. Дубов А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы. М.: Финансы и статистика, 1998. 352 с.
9. Зильбер А.П. Дыхательная недостаточность. М.: Медицина, 1989. 512 с.
10. Карзилов А.И. Оценка влияния электростимуляции диафрагмы на восприятие дыхания у больных и здоровых // Пульмонология. 1994. № 1. С. 42—47.
11. Клинические рекомендации. Пульмонология / Под ред. А.Г. Чучалина. М.: ГЭОТАРМедия, 2005. 240 с.
12. Комро Д.Г., Форстер Р.Э., Дюбуа А.Б. и др. Легкие. Клиническая физиология и функциональные пробы: Пер. с англ. М.: Медгиз, 1961. 196 с.
13. Манакова Е.Ю., Александров О.В., Бенцианов А.Д. Электростимуляция диафрагмы в лечении хронических неспецифических заболеваний легких // Клин. медицина. 1986. № 12. С. 19—25.
14. Приймак А.А., Александров О.В., Бенцианов А.Д. и др. Лечение дыхательной недостаточности при туберкулезе и хронических воспалительных болезнях органов дыхания методом электростимуляции дыхания: Метод. рекомендации. М., 1983. 14 с.
15. Руководство по клинической физиологии дыхания / Под ред. Л.Л. Шика, Н.Н. Канаева. Л.: Медицина, 1980. 376 с.
16. Одышка: механизмы, оценка, лечение. Консенсус // Пульмонология. 2005. № 2. С. 9—36.
17. Тетенев Ф.Ф. Биомеханика дыхания. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1981. 144 с.
18. Франкштейн С.И. Дыхательные рефлексy и механизмы одышки. М.: Медицина, 1974. 208 с.
19. Хутиев Т.В., Антомонов Ю.Г., Котова А.Б., Пустовойт О.Г. Управление физическим состоянием организма. Тренирующая терапия. М.: Медицина, 1991. 256 с.
20. Чучалин А.Г. Белая книга. Пульмонология // Пульмонология. 2004. № 1. С. 7—34.
21. Чучалин А.Г. Одышка: патофизиологические и клинические аспекты // Пульмонология. 2004. № 51. С. 6—16.
22. Donders F. Beitrage zum Mechanismus der Respiration und Circulation im gesunden und kranken Zustande // Ztschr. f. rat. Med., 1853. № 3. S. 287.
23. Respiratory Mechanics / Ed. J. Milic-Emili // The European Respiratory Monograph. Num. 8. November, 1999. 296 p.

Поступила в редакцию 19.05.2006 г.