

## Влияние респираторной терапии на регуляцию дыхания у больных с бронхообструктивным синдромом и здоровых лиц

Сибирский медицинский университет, Томск

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

## Influence of respiratory therapy on the breath regulation in COPD patients and healthy persons

### Summary

Relations between perception of breathing and work of the respiratory center (RC) in healthy persons ( $n = 20$ ) and COPD patients ( $n = 64$ ) were studied using the electric stimulation of the diaphragm (ESD) and subsequent inhalations of the bronchodilator Berodual. Descriptive, comparative, correlative, multifactorial, regressive and informative analyses of the results were performed. The ESD and Berodual were found to have adaptive effects on sensory parts of the central nervous system and work of the RC. Structural models of breathing patterns have been described which create basic functional biomechanical links of the respiratory systems adjustable by the RC.

### Резюме

Изучалась связь между восприятием дыхания и работой дыхательного центра (ДЦ) у здоровых лиц ( $n = 20$ ) и больных с бронхообструктивным синдромом ( $n = 64$ ) при электростимуляции диафрагмы (ЭСД) и последующих ингаляциях бронхолитика беродуала. Был проведен описательный, сравнительный, корреляционный, многофакторный, регрессионный и информационный анализ полученных данных. Установлено, что ЭСД и беродуал обладают адаптационным воздействием на сенсорные отделы центральной нервной системы и работу ДЦ. Представлены структурные модели паттернов дыхания, образующих основные функциональные биомеханические системы аппарата внешнего дыхания, регулируемые ДЦ.

Хронические обструктивные болезни легких (ХОБЛ) относятся к числу наиболее распространенных заболеваний человека. Основным проявлением ХОБЛ является прогрессирующий бронхообструктивный синдром (БОС), ведущий к нарушению регуляции дыхания и снижению функциональных способностей аппарата внешнего дыхания (АВД), что приводит к развитию хронической дыхательной недостаточности (ХДН), клинически проявляющейся одышкой и нарушением паттернов дыхания [1–4]. Развитие одышки у больных с БОС связывается с формированием в сенсорных отделах ЦНС ощущения повышенной работы дыхательной мускулатуры по преодолению возросшего внутрилегочного сопротивления [5], а изменение паттернов дыхания — с перестройкой работы дыхательного центра (ДЦ) [1, 2, 5–8].

Развитие ХДН обуславливает применение респираторной терапии на всех этапах лечения больных с БОС [2–4, 7, 9, 10]. Эффективными методами респираторной терапии больных с БОС в реабилитационном периоде являются электростимуляция диафрагмы (ЭСД) [7, 9–11] и бронхолитические препараты комбинированного действия [2–4, 7, 11]. Применение ЭСД приводит к достоверному развитию респираторного эффекта, проявляющегося у больных с БОС существенным и продолжительным снижением выраженности одышки, а у здоровых

лиц — улучшением восприятия дыхания [7, 9–11]. Ингаляции комбинированного бронхолитика Беродуала после сеанса ЭСД вследствие развития бронхолитического эффекта приводят к дальнейшему уменьшению выраженности одышки у больных с БОС и улучшению восприятия дыхания у здоровых лиц [11]. Однако остается малоизученным влияние ЭСД и ингаляционных бронхолитиков на регуляцию дыхания и связь между сенсорными отделами ЦНС и работой ДЦ у больных с БОС и здоровых лиц.

Целью данной работы явилось изучение восприятия дыхания и его связи с активностью и работой ДЦ у лиц с различными функциональными возможностями АВД, представленных группой здоровых лиц и больных с БОС, в условиях относительного покоя, при разовом и курсовом применении ЭСД и последующих ингаляциях комбинированного бронхолитического препарата Беродуала.

### Методика исследования

Исследования были проведены на группе здоровых лиц — 1-я группа (20 мужчин, средний возраст — 20,2 лет), больных бронхиальной астмой (БА) — 2-я группа (30 человек — 18 мужчин, 12 женщин; средний возраст — 43,7 года), больных с хроническим обструктивным бронхитом (ХОБ) — 3-я груп-

па (34 человека — 22 мужчины, 12 женщин, средний возраст — 50,9 года). Группа здоровых была представлена тщательно обследованными лицами без заболеваний легких в анамнезе. Для исключения возрастных и половых влияний на восприятие дыхания группа здоровых была сформирована только из лиц мужского пола молодого возраста, занимающихся спортом и имеющих 2-й или 3-й спортивный разряд. У всех больных БА и ХОБ отмечалась одышка при обычной физической нагрузке. Для исследования отбирались больные с течением болезни средней степени тяжести в фазе затухающего обострения. Таким образом, исследуемые 1-й группы характеризовались наилучшими функциональными способностями АВД, а исследуемые 2-й и 3-й групп — сниженными функциональными способностями АВД.

Оценка восприятия дыхания (ВД) у здоровых лиц проводилась в баллах [11] с последующим анализом по Z-критерию [12]. Для оценки выраженности одышки (ОД) в баллах у больных с БОС применялась визуальная аналоговая шкала [11]. Активность ДЦ оценивалась по максимальному времени задержки дыхания (Т) в секундах после спокойного выдоха, содержанию углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) в альвеолярном воздухе в процентах, определяемого по методике К.П. Бутейко [13], индексу инспираторной активности (ИИА), скорости вдоха ( $V_i$ ) и выдоха ( $V_e$ ) в л / с, частоте дыхания в минуту (F) [1, 2, 7, 8, 14]. Механические свойства легких оценивались по объему форсированного выдоха за 1-ю с (ОФВ<sub>1</sub>) в литрах (характеризует бронхиальную проходимость) и общей работе дыхания (At) в кгм / мин (характеризует внутрилегочное сопротивление), определяемой по кривым объема и транспульмонального давления при текущем значении минутного объема дыхания (V) [2, 5, 8, 15–17], регистрируемыми при помощи пневмотахографа с интегратором ("Медфизприбор", Казань). Выбор параметров исследования объяснялся следующим образом. ОД и ВД характеризовали состояние сенсорных отделов ЦНС [62, 25–7, 11]. По Т оценивали активность центрального инспираторного механизма ДЦ, по  $\text{CO}_2$  — адаптацию ДЦ к стимулирующему влиянию  $\text{CO}_2$ , по F судили о функции ритмообразования ДЦ [1, 2, 25–8, 13, 14, 16, 18]. Об эффективности работы ДЦ — по V, о структуре дыхательного цикла и паттернах дыхания — по ИИА,  $V_i$ ,  $V_e$  [1, 2, 6–8, 14, 16, 18]. По ОФВ<sub>1</sub> оценивали состояние бронхиальной проходимости, а по At — суммарное внутрилегочное сопротивление (ВЛС), преодолеваемое дыхательной мускулатурой [2, 5, 8, 15–17]. При проведении корреляционного и факторного анализа дополнительно учитывался возраст (В) исследуемых лиц.

В 1-й группе проводился разовый сеанс ЭСД, во 2-й и 3-й группах ЭСД проводилась курсом в 10–15 сеансов. Длительность каждого сеанса ЭСД составляла 30 мин. Сеансы ЭСД проводились пациентам в клиностагическом положении с помощью электростимулятора серийного производства

ЭСД-2П (Чебоксарский электроаппаратный завод) с учетом рекомендаций [9, 10]. Беродуал, обладающий комбинированным бронхолитическим действием, применялся в виде дозированного аэрозоля ("Boehringer Ingelheim", Австрия). 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. Затем проводился сеанс ЭСД. Через 30 мин после окончания сеанса ЭСД исследуемые получали 4 ингаляционные дозы (высшая разовая терапевтическая доза) Беродуала с интервалами между ингаляциями в 1 мин. Оценка ВД в 1-й группе, одышки — во 2-й и 3-й группах, показатели работы ДЦ и вентиляционной функции легких проводились во всех группах до сеанса ЭСД, через 5 мин после него, и через 20 мин после последней ингаляции Беродуала. Определение At проводилось до и после сеанса ЭСД.

Статистическую обработку данных осуществляли с использованием программного пакета *Statistica (Release 5.5, "StatSoft Inc.", 1984–1996, США)*. Проводились описательный, сравнительный, корреляционный, факторный, регрессионный [12, 19] и информационный анализы, позволяющие описать биосистемы по сложности: простые ( $0 \leq N_m \leq 3$ ), сложные ( $3 \leq N_m \leq 6$ ), очень сложные ( $6 \leq N_m$ ); и по уровню организации: детерминированные ( $0,3 \leq R \leq 1$ ), вероятностно-детерминированные ( $0,1 \leq R \leq 0,3$ ), вероятностные ( $0 \leq R \leq 0,1$ ) [20].

## Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 1 приводятся данные исследования 3 изучаемых групп по этапам обследования.

В 1-й группе сеанс ЭСД вызывал достоверное улучшение ВД ( $p < 0,01$ ), увеличение Т ( $p < 0,03$ ),  $\text{CO}_2$  ( $p < 0,03$ ),  $V_i$  ( $p < 0,03$ ),  $V_e$  ( $p < 0,01$ ), V ( $p < 0,01$ ) и At ( $p < 0,01$ ). Ингаляции Беродуала после сеанса ЭСД вызывали достоверное улучшение ВД ( $p < 0,01$ ) и увеличение ОФВ<sub>1</sub> ( $p < 0,001$ ). Во 2-й группе сеанс ЭСД вызывал в начале курса лечения: достоверное уменьшение выраженности ОД ( $p < 0,001$ ), ОФВ<sub>1</sub> ( $p < 0,01$ ) и F ( $p < 0,04$ ); в конце курса лечения: достоверное уменьшение силы ОД ( $p < 0,001$ ) и F ( $p < 0,01$ ), увеличение Т ( $p < 0,001$ ) и  $\text{CO}_2$  ( $p < 0,001$ ). Ингаляции Беродуала после сеанса ЭСД в начале курса лечения вызывали: достоверное уменьшение силы ОД ( $p < 0,001$ ) и увеличение Т ( $p < 0,001$ ),  $\text{CO}_2$  ( $p < 0,001$ ), ОФВ<sub>1</sub> ( $p < 0,001$ ), ИИА ( $p < 0,04$ ),  $V_e$  ( $p < 0,002$ ), F ( $p < 0,03$ ) и V ( $p < 0,001$ ); в конце курса лечения: достоверное уменьшение силы ОД ( $p < 0,001$ ) и увеличение ОФВ<sub>1</sub> ( $p < 0,001$ ),  $V_i$  ( $p < 0,03$ ),  $V_e$  ( $p < 0,001$ ), F ( $p < 0,001$ ) и V ( $p < 0,001$ ). В 3-й группе сеанс ЭСД вызывал в начале курса лечения: достоверное уменьшение выраженности ОД ( $p < 0,001$ ) и ИИА ( $p < 0,02$ ); в конце курса лечения: достоверное уменьшение

**Таблица 1**  
**Показатели функции АД у здоровых лиц (1-я гр.), больных БА (2-я гр.), ХОБ (3-я гр.)**  
**и в начале и в конце курса ЭСД ( $M \pm m$ )**

Группа	Этап * исследования	Показатель**									
		ВД (ОД)***, баллы	T, с	CO <sub>2</sub> , %	ОФВ <sub>1</sub> , л	ИИА	Vi, л/с	Ve, л/с	F, мин <sup>-1</sup>	V, л/мин	At, кгм/мин
1-я	1	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	15,2 ± 1,1	10,1 ± 0,5	0,29 ± 0,02
	2	5,7 ± 0,1 <sup>1</sup>	58,3 ± 7,3 <sup>3</sup>	6,42 ± 0,36 <sup>0</sup>	4,44 ± 0,17	0,43 ± 0,02	0,51 ± 0,04 <sup>3</sup>	0,38 ± 0,03 <sup>1</sup>	16,2 ± 1,3	12,7 ± 1,0 <sup>1</sup>	0,42 ± 0,08 <sup>1</sup>
	3	6,7 ± 0,1 <sup>1</sup>	53,1 ± 6,4	6,16 ± 0,32	4,85 ± 0,17 <sup>0</sup>	0,46 ± 0,01	0,49 ± 0,03	0,42 ± 0,02	16,1 ± 1,1	13,3 ± 0,9	–
2-я	1	41,1 ± 4,1 22,2 ± 3,0	18,8 ± 1,6 18,1 ± 1,4	4,44 ± 0,08 4,41 ± 0,07	3,07 ± 0,19 3,23 ± 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	19,2 ± 0,7 19,3 ± 0,6	12,3 ± 0,7 12,8 ± 0,6	0,96 ± 0,14 0,91 ± 0,10
	2	18,8 ± 2,9 <sup>0</sup> 9,2 ± 1,6 <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>	2,85 ± 0,20 <sup>1</sup> 3,20 ± 0,21	0,36 ± 0,01 0,37 ± 0,01	0,56 ± 0,04 0,58 ± 0,04	0,31 ± 0,02 0,33 ± 0,02	17,9 ± 0,7 <sup>4</sup> 17,5 ± 0,5 <sup>0</sup>	11,8 ± 0,7 12,4 ± 0,6	1,09 ± 0,10 1,03 ± 0,12
	3	5,3 ± 1,0 <sup>0</sup> 2,9 ± 1,6 <sup>0</sup>	25,3 ± 2,5 <sup>0</sup> 22,8 ± 1,9	4,77 ± 0,13 <sup>0</sup> 4,64 ± 0,10	3,74 ± 0,19 <sup>0</sup> 3,88 ± 0,21 <sup>0</sup>	0,39 ± 0,01 <sup>4</sup> 0,40 ± 0,01	0,62 ± 0,03 0,65 ± 0,04 <sup>3</sup>	0,40 ± 0,02 <sup>0</sup> 0,42 ± 0,02 <sup>0</sup>	19,0 ± 0,9 <sup>3</sup> 18,9 ± 0,7 <sup>0</sup>	14,2 ± 0,7 <sup>0</sup> 15,1 ± 0,8 <sup>0</sup>	–
3-я	1	57,6 ± 2,8 38,0 ± 3,9	15,4 ± 1,1 16,2 ± 1,1	4,27 ± 0,06 4,31 ± 0,06	1,64 ± 0,15 1,78 ± 0,17	0,39 ± 0,01 0,38 ± 0,01	0,55 ± 0,03 0,56 ± 0,03	0,34 ± 0,02 0,35 ± 0,02	20,2 ± 1,0 21,0 ± 1,0	12,7 ± 0,7 12,4 ± 0,5	0,97 ± 0,10 0,92 ± 0,87
	2	25,9 ± 3,2 <sup>0</sup> 16,0 ± 2,6 <sup>0</sup>	15,8 ± 1,1 20,7 ± 1,3 <sup>0</sup>	4,29 ± 0,06 4,53 ± 0,07 <sup>0</sup>	1,72 ± 0,17 1,79 ± 0,17	0,36 ± 0,01 <sup>2</sup> 0,37 ± 0,01	0,55 ± 0,02 0,53 ± 0,03	0,31 ± 0,02 0,31 ± 0,02	18,9 ± 0,8 19,9 ± 1,0	11,8 ± 0,5 11,7 ± 0,6	0,89 ± 0,09 0,87 ± 0,09
	3	11,1 ± 2,3 <sup>0</sup> 5,0 ± 1,0 <sup>0</sup>	20,4 ± 1,1 <sup>0</sup> 20,7 ± 1,6	4,52 ± 0,06 <sup>0</sup> 4,54 ± 0,08	2,01 ± 0,18 <sup>0</sup> 2,07 ± 0,18 <sup>0</sup>	0,38 ± 0,01 <sup>1</sup> 0,40 ± 0,01 <sup>0</sup>	0,66 ± 0,031 0,61 ± 0,031	0,40 ± 0,02 <sup>0</sup> 0,40 ± 0,01 <sup>0</sup>	20,4 ± 0,9 19,8 ± 0,9	14,7 ± 0,5 <sup>0</sup> 14,4 ± 0,6	–

Примечание: \* — этап исследования: 1-й — перед сеансом ЭСД, 2-й — после сеанса ЭСД, 3-й — после ингаляций Беродуала; \*\* — показатель: в числителе — данные на начало, в знаменателе — на конец курса ЭСД, 0 —  $p < 0,001$ , 1 —  $p < 0,01$ , 2 —  $p < 0,02$ , 3 —  $p < 0,03$ , 4 —  $p < 0,04$ , по сравнению с параметром предыдущего этапа исследования; \*\*\* — для 1-й группы — данные восприятия дыхания (ВД), для 2-й и 3-й групп — восприятия одышки (ОД).

силы ОД ( $p < 0,001$ ) и увеличение T ( $p < 0,001$ ) и CO<sub>2</sub> ( $p < 0,001$ ). Ингаляции Беродуала после сеанса ЭСД в начале курса лечения вызывали: достоверное уменьшение силы ОД ( $p < 0,001$ ) и увеличение T ( $p < 0,001$ ), CO<sub>2</sub> ( $p < 0,001$ ), ОФВ<sub>1</sub> ( $p < 0,001$ ), ИИА ( $p < 0,01$ ), Vi ( $p < 0,01$ ), Ve ( $p < 0,002$ ) и V ( $p < 0,001$ ); в конце курса лечения: достоверное уменьшение силы ОД ( $p < 0,001$ ) и увеличение ОФВ<sub>1</sub> ( $p < 0,001$ ), ИИА ( $p < 0,001$ ), Vi ( $p < 0,01$ ) и Ve ( $p < 0,001$ ).

Улучшение ВД у здоровых свидетельствует о том, что ВД 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 улучшения ВД (легкость дыхания, дыхательная эйфория). Уменьшение ОД у больных с БОС, улучшение ВД у здоровых при ЭСД должно сопровождаться уменьшением работы дыхательной мускулатуры по преодолению ВЛС [5]. Однако отсутствие при этом бронхолитического эффекта и уменьшения At может быть объяснено влиянием ЭСД на внелегочные механизмы формирования дыхательных ощущений, 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 [11].

Во 2-й и 3-й группах ЭСД в начале курса лечения не влияла на T и CO<sub>2</sub>, а в конце курса — изменяла так же, как и в 1-й группе. Таким образом, курс ЭСД оказал положительное адаптационное влияние на возбудимость ДЦ у больных с БОС. Ингаляции Беродуала не вызывали дальнейшего изменения T и CO<sub>2</sub>, если они были предварительно изменены сеан-

сом ЭСД, и наоборот, если сеанс ЭСД не изменял T и CO<sub>2</sub>, ингаляции Беродуала влияли на T и CO<sub>2</sub>, что свидетельствует о небольшом диапазоне адаптивного изменения возбудимости ДЦ у здоровых лиц и больных с БОС, механизм реализации которого можно определить как "все или ничего". Увеличение T на фоне повышения CO<sub>2</sub> в альвеолярном воздухе можно объяснить усилением тормозящего действия пула инспираторно-тормозящих нейронов на пул α-инспираторных нейронов ДЦ. Возбуждение пула инспираторно-тормозящих нейронов можно объяснить прямым влиянием ирритантных рецепторов и опосредованным действием рецепторов растяжения легких через β-инспираторный пул нейронов ДЦ [62, 13, 144, 25, 13, 1814].

Частота ритмообразования (F) у больных БА подвержена влиянию ЭСД и ингаляций Беродуала, по сравнению со здоровыми лицами и больными ХОБ. Показатели Vi, Ve, 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 значимые коэффициенты канонической корреляции (Rc) между изучаемыми параметрами с указанием достоверности определения.

Видно, что во всех 3 группах отмечается постоянная связь между Vi, Ve, V, At. Во 2-й и 3-й группах чаще наблюдается связь с ИИА, по сравнению с 1-й группой, а также отмечается связь с дополнительными параметрами. Во 2-й группе, по сравнению с 3-й, имеются дополнительные связи с T, CO<sub>2</sub> и ОД. Следует обратить внимание на интересную деталь — во 2-й группе реже отмечалась связь показателей с ОФВ<sub>1</sub>, по сравнению с 3-й группой. Во 2-й и 3-й группах одинаково наблюдались менее тесные

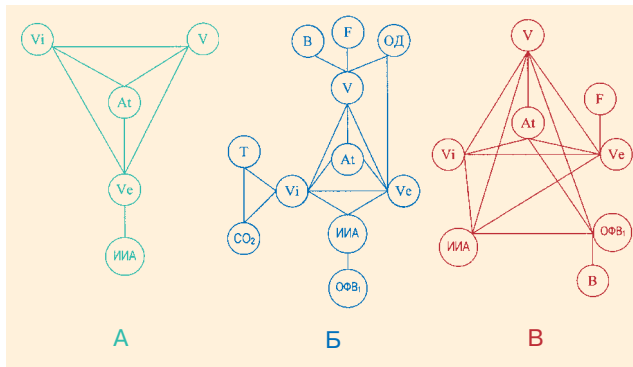


Рис. Модели паттернов дыхания, образующих основные функциональные биомеханические системы аппарата внешнего дыхания, регулируемые дыхательным центром у здоровых лиц (А), больных БА (Б) и ХОБ (В)

связи между В и F и другими параметрами. Функциональные взаимосвязи у больных с БОС неоднородны: при БА преобладают дополнительные связи с ИИА, ОД, Т и CO<sub>2</sub>; у больных с ХОБ — с ИИА, ОФВ<sub>1</sub>.

На рисунке представлены структурные модели паттернов дыхания по всем обследуемым группам, построенные по значимым коэффициентам групповой канонической корреляции (RC). В группе здоровых лиц (А) наблюдаются тесные взаимосвязи между ИИА, Vi, Ve, V и At, которые можно определить как основную функциональную биомеханическую систему АД, регулирующую ДЦ. Во 2-й (Б) и 3-й (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 работа ДЦ у больных с БОС менее автономна, по сравнению со здоровыми лицами, и подвержена большему контролю со стороны ЦНС.

По направлению корреляционных связей коэффициента Пирсона между параметрами дыхательного цикла V и F определяли тип реакции ДЦ на действие ЭСД и Беродуала [1]. В 1-й группе сеанс ЭСД и ингаляции Беродуала вызвали изовентиляторную реакцию ДЦ. Во 2-й группе после сеанса ЭСД в начале и в конце курса лечения, а также после ингаляций Беродуала в начале курса ЭСД наблюдался изовентиляторный тип реакции ДЦ. После ингаляций Беродуала в конце курса ЭСД наблюдался стеновентиляторный тип реакции ДЦ. В 3-й группе на всех этапах исследования наблюдался стеновентиляторный тип реакции ДЦ. Можно предположить, что у больных ХОБ в основе формирования стеновентиляторной реакции ДЦ на ЭСД и ингаляции Беродуала, по сравнению с больными БА и здоровыми лицами, лежит, вероятно, стойкая бронхообструкция, определяющая внутригрудную экспираторную и инспираторную резистивную нагрузку на дыхательные мышцы, приводящую к соответствующему типу реакции ДЦ.

При проведении факторного анализа во всех 3 группах было выделено по 14 факторов (Ф), влия-

ющих на изучаемые параметры. В 1-й группе однофакторными показателями являлись: ВД (Ф3), Т (Ф2), CO<sub>2</sub> (Ф2). В начале курса ЭСД на всех этапах исследования однофакторными показателями были: во 2-й группе — В (Ф8), ОД (Ф5), Т (Ф3), CO<sub>2</sub> (Ф3), ОФВ<sub>1</sub> (Ф2); в 3-й группе — В (Ф9), Т (Ф1), CO<sub>2</sub> (Ф1), ОФВ<sub>1</sub> (Ф3). В конце курса ЭСД на всех этапах обследования однофакторными показателями были: во 2-й группе — В (Ф9), ОД (Ф5), Т (Ф3), CO<sub>2</sub> (Ф3), ОФВ<sub>1</sub> (Ф2), F (Ф7); в 3-й группе — Т (Ф2), CO<sub>2</sub> (Ф2), ОФВ<sub>1</sub> (Ф4), F (Ф6). Остальные показатели во всех 3 группах определялись 2–3 факторами. Следует отметить, что у здоровых лиц и больных с БОС наблюдается довольно жесткое однофакторное влияние на Т и CO<sub>2</sub>, а у больных с БОС, кроме того, отмечается жесткое однофакторное влияние на ОФВ<sub>1</sub>, что ука-

Таблица 2  
Значимые коэффициенты групповой канонической корреляции (Rc) у здоровых лиц (1-я группа), больных БА (2-я группа), ХОБ (3-я группа) (M ± m)

Группа	Показатели	Rc	Уровень p
1-я	ОФВ <sub>1</sub> -V	0,98	< 0,001
	Vi-Ve	0,87	< 0,001
	Vi-V	0,95	< 0,001
	Vi-At	0,81	< 0,002
	Ve-ИИА	0,73	< 0,01
	Ve-At	0,75	< 0,002
	V-At	0,75	< 0,002
2-я	ОД-Ve	0,81	< 0,04
	ОД-V	0,86	< 0,03
	ОФВ <sub>1</sub> -ИИА	0,88	< 0,01
	Vi-T	0,82	< 0,03
	Vi-CO <sub>2</sub>	0,82	< 0,03
	Vi-ОФВ <sub>1</sub>	0,95	< 0,001
	Vi-ИИА	0,81	< 0,01
	Vi-V	0,98	< 0,001
	Vi-At	0,90	< 0,001
	Ve-ИИА	0,82	< 0,001
	Ve-V	0,99	< 0,001
	Ve-At	0,87	< 0,001
	F-V	0,81	< 0,03
V-At	0,87	< 0,001	
V-B	0,64	< 0,03	
3-я	ОФВ <sub>1</sub> -ИИА	0,77	< 0,01
	ОФВ <sub>1</sub> -At	0,76	< 0,001
	ОФВ <sub>1</sub> -B	0,70	< 0,003
	ИИА-V	0,81	< 0,01
	Vi-ИИА	0,86	< 0,01
	Vi-Ve	0,89	< 0,001
	Vi-V	0,96	< 0,001
	Vi-At	0,86	< 0,001
	Ve-ИИА	0,92	< 0,001
	Ve-F	0,81	< 0,01
	Ve-V	0,98	< 0,001
Ve-At	0,76	< 0,001	
F-V	0,78	< 0,02	
V-At	0,78	< 0,001	

**Таблица 3**  
**Регрессионные формулы расчета**  
**ошибки (ОД) в баллах и времени задержки**  
**дыхания (Т, с) у здоровых лиц (1-я группа),**  
**больных БА (2-я группа), ХОБ (3-я группа)**

Группа	Показатель*	
	ОД	Т
1-я	-	$T = 122,4ИИА$
2-я	$ОД = 70,46Vi$	$T = 51,1ИИА$
	$ОД = 39,67Vi$	$T = 3,210ФВ_1 + 13,5Vi$
3-я	$ОД = 126,5ИИА - 3,38V + 67,1Vi + 124At$	$T = 40,2ИИА$
	$ОД = 9,370ФВ_1 + 89,1ИИА + 35,03Vi$	$T = 2,970ФВ_1 + 0,524F$

Примечание: \* — данные для исходного состояния (в числителе — в начале, в знаменателе — в конце курса ЭСД).

зывает на возрастание роли  $ОФВ_1$  в регуляции работы АД у больных с БОС.

В табл. 3 приводятся регрессионные формулы, описывающие ОД в баллах у больных с БОС, а также Т в секундах — у здоровых лиц и больных с БОС.

Во 2-й группе ОД обуславливалась только  $Vi$ , а в 3-й группе — комплексом показателей: ИИА, V,  $Vi$ , At,  $ОФВ_1$ . Не было постоянства и в описании зависимостей Т во всех группах. Однако в 1-й группе, во 2-й и 3-й группах — в начале курса ЭСД — значение Т определялась ИИА. В конце курса ЭСД во 2-й и 3-й группах терялась связь Т с ИИА, и возникали новые зависимости Т с  $ОФВ_1$ ,  $Vi$ , F.

Таким образом, состояние сенсорных отделов ЦНС, по данным изучения ОД в начале курса ЭСД, у больных с БОС описывается несколькими параметрами, в то время как Т зависит от ИИА, в т. ч. у здоровых лиц. Однако зависимости, определяющие значение ОД у больных 3-й группы и Т во 2-й и 3-й группах, непостоянны и меняются при курсовой ЭСД.

По результатам проведенного исследования можно выделить следующие особенности реагирования сенсорных отделов ЦНС: относительно низкий порог, широкий диапазон и ступенчатость ответной реакции; отсутствие жесткой связи с работой ДЦ, ВЛС и бронхиальной проходимость; ВД является непрерывной функцией, меняющейся в прямо противоположных направлениях; невозможна волевая регуляция изменения уровня ВД. К особенностям

реакции центрального инспираторного механизма ДЦ можно отнести: различный порог реакций (у здоровых лиц он ниже, чем у больных с БОС); не-большой диапазон ответной реакции; ответная реакция по типу "все или ничего"; отсутствие жесткой связи с сенсорными отделами ЦНС, ВЛС и бронхиальной проходимость; является дискретной функцией, меняющейся в прямо противоположных направлениях; возможно волевое изменение частоты дыхания.

В табл. 4 приводятся суммарные данные информационного анализа по сложности принимаемых состояний (Нм) и уровню организации системы (R) ритмообразования в ДЦ.

В 1-й группе сеанс ЭСД не влиял на сложность организации ритмообразующей функции ДЦ. Во 2-й и 3-й группах сеанс ЭСД в начале курса лечения вызывал тенденцию к большему упрощению ритмообразования в ДЦ, а в конце курса сеанс ЭСД не влиял на сложность организации ритмообразующей функции ДЦ.

В 1-й группе на всех этапах обследования уровень организации ритмообразования ДЦ был вероятностно-детерминированным. Разовый сеанс ЭСД и ингаляции Беродуала в 1-й группе не изменяли уровня организации ритмообразования ДЦ, однако вызывали тенденции прямо противоположные таковым во 2-й и 3-й группах — ЭСД способствовала движению к вероятностному, а Беродуал — к детерминированному типу ритмообразования ДЦ. Во 2-й и 3-й группах уровень организации ритмообразования ДЦ в начале курса лечения был вероятностным. 1-й сеанс ЭСД во 2-й группе приводил к детерминированному, а в 3-й группе — к вероятностно-детерминированному уровню ритмообразования в ДЦ. Ингаляции Беродуала в обеих группах переводили уровень организации ритмообразования ДЦ в вероятностный диапазон. В конце курса сеанс ЭСД в 3-й группе смещал уровень организации ритмообразования ДЦ в вероятностно-детерминированный диапазон, а во 2-й группе — не изменял уровня организации, но вызывал лишь тенденцию движения к вероятностно-детерминированному диапазону организации ритмообразования в ДЦ. Ингаляции Беродуала в

**Таблица 4**  
**Сложность состояния (Нм) 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	1-я группа			2-я группа			3-я группа		
	Этап исследования*								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Нм	0,845	0,845	0,699	$\frac{0,699}{0,699}$	$\frac{0,477}{0,699}$	$\frac{0,699}{0,699}$	$\frac{0,602}{0,699}$	$\frac{0,477}{0,699}$	$\frac{0,699}{0,699}$
R	0,122	0,255	0,205	$\frac{0,332}{0,508}$	$\frac{0,095}{0,393}$	$\frac{0,389}{0,420}$	$\frac{0,410}{0,442}$	$\frac{0,170}{0,220}$	$\frac{0,445}{0,330}$

Примечание: \* — этап исследования: 1-й — перед сеансом ЭСД, 2-й — после сеанса ЭСД, 3-й — после ингаляций Беродуала; в числителе — данные на начало, в знаменателе — на конец курса ЭСД.

обеих группах возвращали уровень организации ритмообразования ДЦ на вероятностный уровень.

Таким образом, ритмообразующая функция ДЦ во всех 3 группах на всех этапах исследования оставалась простой. У здоровых лиц наблюдается стойкий к воздействиям ЭСД и ингаляциям Беродуала вероятностно-детерминированный тип организации ритмообразования ДЦ, а у больных с БОС — вероятностный тип с лабильной реакцией ДЦ на афферентные периферические раздражители, что предполагает у больных с БОС склонность к развитию дыхательной аритмии и повышенную зависимость ритмообразования ДЦ от различных внешних факторов.

## Выводы

1. ЭСД 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 ВД у здоровых лиц является не максимальным значением функции наилучшего ВД, а балансом разнонаправленных процессов в сенсорных отделах ЦНС, которые могут смещать его в прямо противоположных направлениях.

## Литература

1. *Бреслав И.С.* Паттерны дыхания. Л.: Наука; 1984.
2. *Грипти М.А.* Патофизиология легких: Пер. с англ. М.: Бином; 1997.
3. Хронические обструктивные болезни легких. Федеральная программа / Айсанов З.Р., Кокосов А.Н., Овчаренко С.И. и др. М.; 1996.
4. *Чучалин А.Г.* Белая книга. Пульмонология. Пульмонология 2004; 1: 7–34.
5. Легкие. Клиническая физиология и функциональные пробы: Пер. с англ. / Комро Д.Г., Форстер Р.Э., Дюбуа А.Б. и др. М.: Медгиз; 1961.
6. *Абросимов В.Н.* Нарушения регуляции дыхания. М.: Медицина; 1990.
7. *Зильбер А.П.* Дыхательная недостаточность. М.: Медицина; 1989.
8. *Шика Л.Л., Канаева Н.Н.* (ред.). Руководство по клинической физиологии дыхания Л.: Медицина; 1980.
9. Лечение дыхательной недостаточности при туберкулезе и хронических воспалительных болезнях органов дыхания методом электростимуляции дыхания: Метод. рекомендации / Приймак А.А., Александров О.В., Бенцианов А.Д. и др. М.; 1983.
10. *Манакова Е.Ю., Александров О.В., Бенцианов А.Д.* Электростимуляция диафрагмы в лечении хронических неспецифических заболеваний легких. Клиническая медицина. 1986; 12: 19–25.
11. *Карзилов А.И.* Оценка влияния электростимуляции диафрагмы на восприятие дыхания у больных и здоровых. Пульмонология 1994; 1: 42–47.
12. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. 4-е изд. М.: Высш. школа; 1990.
13. А.с. 1593627 СССР. Способ определения углекислого газа в альвеолярном воздухе / Бутейко К.П. Открытия и изобрет. 1990; 35: 11.
14. *Бреслав И.С., Глебовский В.Д.* Регуляция дыхания. Л.: Наука; 1981.
15. *Тетнев Ф.Ф.* Биомеханика дыхания. Томск: Изд. ТГУ; 1981.
16. *Уэст Дж.* Физиология дыхания. Основы: Пер. с англ. М.: Мир, 1988.
17. *Milic-Emili J., ed.* Respiratory mechanics. Eur. Respir. Monogr. 1999; 8: 1–296.
18. Структура и функциональная организация дыхательного центра / Сергиевский М.В., Габдрахманов Р.Ш., Огородов А.М. и др. Новосибирск: Изд. НГУ, 1993.
19. *Дубов А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И.* Многомерные статистические методы. М.: Финансы и статистика; 1998.
20. *Хутиев Т.В., Антомонов Ю.Г., Котова А.Б., Пустовойт О.Г.* Управление физическим состоянием организма. Тренирующая терапия. М.: Медицина; 1991.

Поступила 18.10.04

© Коллектив авторов, 2005

УДК 616.233-007.272-085.23.032