Дата публикации: 01.12.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_04_23
УДК 612.21

Publication date: 01.12.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_04_23
UDC 612.21

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОГО ПАТТЕРНА И ВЕГЕТАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДОМ СЕНСОМОТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЫХАНИЕМ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ФЕНОМЕНОВ, ХАРАКТЕРНЫХ ДЛЯ НАРУШЕНИЙ ЭКСТРАПИРАМИДНОЙ СИСТЕМЫ

Е.П. Черноволенко, С.В. Клаучек, А.Е. Барулин
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет», г. Волгоград, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Специфические перестройки дыхательного паттерна и снижение вариабельности сердечного ритма являются ранними проявлениями экстрапирамидных нарушений. Развиваются функциональные нарушения дыхания рестриктивного характера. Целесообразным является использование метода сенсомоторного управления дыханием для коррекции респираторных и вегетативных изменений. ***Методы.*** В рамках исследования были изучены 2 группы здоровых лиц: группа риска – со специфическими респираторными нарушениями, группа контроля – без респираторных нарушений. У всех участников были смоделированы условия дыхательного паттерна при экстрапирамидных нарушениях. Далее каждая группа была разделена на 2 подгруппы для сравнения эффективности двух методов коррекции измененного дыхательного паттерна – сенсомоторного управления дыханием и комплекса дыхательной гимнастики. ***Результаты.*** У лиц группы риска на фоне коррекции методом сенсомоторного управления дыханием отмечалось восстановление большинства вегетативных и дыхательных показателей, близкое к исходным значениям контрольной группы. При коррекции с помощью комплекса дыхательной гимнастики в группе контроля также наблюдалось улучшение кардиореспираторных показателей, но более медленное по сравнению с эффектом сенсомоторного управления дыханием, а в группе риска на фоне дыхательной гимнастики, как правило, восстановление было неполным и нестойким. ***Заключение.*** Результаты работы показывают высокую эффективность техники сенсомоторного управления дыханием, основанной на биологической обратной связи, в комплексной коррекции измененного дыхательного стереотипа и вегетативных параметров, характерных для экстрапирамидных нарушений.

Ключевые слова: моделирование биомеханики дыхания, экскурсия грудной клетки, вегетативная нервная система, экстрапирамидные нарушения.

FEATURES OF PHYSIOLOGICAL CORRECTION OF RESPIRATORY PATTERN AND VEGETATIVE PARAMETERS BY THE SENSORIMOTOR CONTROL OF BREATHING METHOD IN MODELING PHENOMENA SPECIFIC TO EXTRAPYRAMIDAL DISORDERS

E.P. Chernovolenko, S.V. Klauchek, A.E. Barulin
Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Specific changes in the respiratory pattern and decreased heart rate variability are early manifestations of extrapyramidal disorders. Functional respiratory disorders of a restrictive nature develop. It is advisable to use sensorimotor control of breathing to correct respiratory and autonomic changes. ***Methods.*** The study examined two groups of healthy individuals: a risk group with specific respiratory disorders and a control group without respiratory disorders. All participants were exposed to simulated breathing patterns associated with extrapyramidal disorders. Then each group was divided into two subgroups to compare the effectiveness of two methods for correcting altered breathing patterns: sensorimotor breathing control and a breathing exercise program. ***Results.*** In individuals of the risk group, correction with sensorimotor control of breathing demonstrated a recovery of most autonomic and respiratory parameters, close to the baseline values of the control group. In the control group, correction with a breathing exercise program also resulted in improvements in cardiorespiratory parameters, but at a slower rate than with sensorimotor control of breathing. In the risk group, recovery with breathing exercises was generally incomplete and unstable. ***Conclusion.*** The study results demonstrate the high efficiency of the sensorimotor control of breathing method based on biofeedback in the complex correction of altered breathing patterns and autonomic parameters characteristic of extrapyramidal disorders.

Keywords: modeling of respiratory biomechanics, chest excursion, autonomic nervous system, extrapyramidal disorders.

Введение. Одними из ранних проявлений экстрапирамидных нарушений являются специфические перестройки дыхательного паттерна и изменение вариабельности сердечного ритма (ВСР), которые имеют важное прогностическое значение [1, 2]. При этом на начальных этапах формирования экстрапирамидных нарушений достаточно длительно сохраняется возможность их функциональной коррекции. На развернутых стадиях болезни Паркинсона (БП) на фоне нарастающей гипокинезии и ригидности нарушение паттерна дыхания способствует развитию нарушения глотания, аспирационной пневмонии, смертность от которой в 45 раз выше, чем в обычной популяции [3]. Снижение ВСР нарушает толерантность к элементарным физическим нагрузкам, способствует развитию астенического синдрома [4]. На ранних стадиях респираторные изменения, с одной стороны, обусловлены нарушением регуляции дыхательного центра и последующей дискоординацией инспираторных и экспираторных мышц, с другой стороны – биомеханическими факторами (кифосколиотической деформацией позвоночника, грудной клетки и позными установками). Чаще развиваются функциональные нарушения дыхания рестриктивного характера [1, 3, 5]. Учитывая тот факт, что дыхание является адаптивным процессом, контролируемым сознанием, и способно подстраиваться под различные физиологические состояния, целесообразным является применение методик коррекции, основанных на самоконтроле собственного паттерна дыхания и сопряжения его с паттернами двигательной системы [6]. К таким способам коррекции относится метод сенсомоторного управления дыханием (СУД) на аппарате «ДиаТрек-П» (Россия) [7], эффективность которого была доказана при респираторном варианте синдрома вегетативной дистонии [8].

Цель исследования: апробация метода сенсомоторного управления дыханием (СУД) и комплекса дыхательной гимнастики (ДГ) на модели биомеханики дыхательного паттерна, характерной для ранних нарушений экстрапирамидной системы.

Методы и организация исследования. Данное исследование является следующим этапом в экспериментальном наблюдении за двумя группами здоровых лиц (согласно данным медицинской документации), у которых ранее было проведено моделирование биомеханики дыхательного паттерна и описаны специфические кардиореспираторные физиологические перестройки [9]. Для исключения влияния предыдущего этапа на эффекты последующего промежуток времени между исследованиями составил 2 недели. Эти же участники исследования были распределены на 2 группы: группа риска (ГР) – 16 мужчин и 14 женщин (n=30) (средний возраст – 51,73±6,29 год), имеющих по разработанному нами Оригинальному опроснику на выявление респираторных эквивалентов при акинетико-ригидном синдроме [10] суммарный балл по диагностическим вопросам (55,63±19,61) выше нормального значения (не более 49 баллов); группа контроля (ГК) – 30 человек, сопоставимых по демографическим параметрам, имеющих нормальный балл по диагностическим вопросам Оригинального опросника (35,65±12,93) ($p<0,001$).

В обеих группах первые три этапа исследования включали измерение исходных данных (1 этап), моделирование условий дыхательного паттерна при акинетико-ригидном синдроме (2 этап), проведение нагрузочной пробы (5 приседаний) (3 этап) [9]. Таким образом, были созданы необходимые физиологические условия для апробации коррекционных методик. ГР была разделена дополнительно на 2 подгруппы по 15 человек: $ГР_{СУД}$, где исследуемые получали сеанс коррекции дыхательного паттерна методом СУД в течение 30 минут в виде двух сессий по 15 минут с применением лечебного режима программно-аппаратного комплекса «ДиаТреК-П» (Россия), и $ГР_{ДГ}$, где исследуемые выполняли комплекс ДГ согласно Клиническим рекомендациям по ежедневной лечебной гимнастике при БП [11]. Аналогично была разделена ГК: $ГК_{СУД}$ (n=15) и $ГК_{ДГ}$ (n=15). Эффективность двух методов коррекции в подгруппах оценивалась через 10 минут (4 этап) и через 30 минут (5 этап) после процедуры.

На всех этапах исследования испытуемым проводилась оценка *вегетативных* показателей (частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), моды (Мо, с), амплитуды моды (АМо, %), вариационного размаха (Dx, с), индекса напряжения (ИН), индекса вегетативного равновесия (ИВР), показателя адекватности процессов регуляции (ПАПР), вегетативного показателя ритма (ВПР) по данным кардиоинтервалографии (КИГ) («Поли-Спектр», Россия), уровня сатурации (пульсоксиметр Armed YX 300, с), экскурсии грудной клетки (в стандартном измерении и дополнительном установленном нами ориентире для оценки брюшного дыхания), показателей дыхательного цикла (частоты дыхания (ЧД), длительности дыхательного цикла (ДДЦ), фаз вдоха, выдоха, дыхательной паузы, значений инспираторного и экспираторного коэффициентов) с применением диагностического режима комплекса «ДиаТреК-П».

Статистическое оформление данных проведено в среде R версии 4.3.0 (R Core Team, 2023). Количественные показатели приведены в форме среднего значения и стандартного отклонения. Для сравнительного анализа и выявления межгрупповых отличий применялся тест Шапиро-Уилка, модифицированный критерий Манна-Уитни и тест Стьюдента. Оценка параметров в динамике проводилась с помощью теста Фридмана и метода Немени.

Результаты исследования и их обсуждение. Исходно вегетативные параметры в обеих группах не выходили за границы нормы, регистрировалось нормальное распределение кардиоинтервалов. При сравнении респираторных параметров в ГР отмечались более длительные фаза вдоха (1,49±0,34 с), дыхательная пауза (0,59±0,34 с) и в целом дыхательный цикл (4,95±0,96 с), чем в ГК (1,31±0,29 с ($p<0,05$); 0,31±0,17 ($p<0,001$); 4,29±0,79 ($p<0,01$), соответственно). Инспираторный коэффициент не отличался в группах ($p=0,51$), экспираторный в ГР был на 6,6% ниже, чем в ГК ($p<0,001$). В то же время сохранялось нормальное соотношение вдоха и выдоха в обеих группах (1:2).

На этапах создания имитационной модели измененного паттерна дыхания и последующей нагрузочной пробы в обеих группах на фоне увеличения симпатического тонуса меньшая вариабельность сердечного ритма (ВСР) отмечалась в ГР. Усиление парасимпатического контура в ГР привело к уравниванию длительности вдоха и выдоха (1:1,2), тогда как в ГК это соотношение было ближе к нормальному (1:1,6). При сравнении с исходным значением после нагрузки фаза вдоха в ГР уменьшилась только на 10,1% ($p<0,05$), а фаза выдоха – на 45,8% ($p<0,05$), что привело к закономерному росту инспираторного (на 26,8%, $p<0,05$) и снижению экспираторного (на 18,9%, $p<0,05$) коэффициентов. В то же время в ГК регистрировался адекватный респираторный ответ на нагрузочную пробу.

Далее оценивалась эффективность коррекционных методик в подгруппах ГР и ГК через 10 минут после процедур. Так, при сравнении вегетативных параметров после сеанса СУД значения ЧСС ($ГР_{СУД}$ – 74,60±4,83 уд/мин, $ГК_{СУД}$ – 75,00±5,07 уд/мин, $p=0,756$) и Мо ($ГР_{СУД}$ – 0,81±0,05 с, $ГК_{СУД}$ – 0,80±0,05 с, $p=0,708$) не отличались в подгруппах. Отличным был показатель АМо ($ГР_{СУД}$ – 39,45±3,85%, $ГК_{СУД}$ – 42,97±4,10%, $p<0,001$). При оценке других параметров КИГ, как и на предыдущем этапе, прослеживается меньшая ВСР в $ГР_{СУД}$, чем в $ГК_{СУД}$, что отражалось в меньших значениях вегетативных индексов в $ГР_{СУД}$ по сравнению с $ГК_{СУД}$, соответственно (ИН – 91,64±20,48 и 114,14±27,76, $p<0,001$; ИВР – 146,92±29,11 и 182,34±41,80, $p<0,001$; ПАПР – 48,94±4,89 и 53,83±6,79, $p<0,01$). При коррекции с помощью ДГ различия между $ГР_{ДГ}$ и $ГК_{ДГ}$ были не значимы ввиду медленного возвращения к фоновым параметрам. При оценке отсроченного эффекта от полученных процедур (через 30 минут) отличия между $ГР_{СУД}$ и $ГК_{СУД}$ стали менее значимы, чем на предыдущем этапе, тогда как между $ГР_{ДГ}$ и $ГК_{ДГ}$, наоборот, усилились, что указывает на более стойкий эффект после коррекции методом СУД.

При оценке вегетативных параметров в динамике отмечено, что сразу после коррекции с помощью СУД (через 10 минут) показатели ЧСС, Мо, АМо в $ГР_{СУД}$ и $ГК_{СУД}$

(см. выше) статистически менее отличны от фоновых значений (75,03±5,08 уд/мин, 0,80±0,05 с, 37,70±5,48%; p>0,05 для всех трех параметров в обеих группах), чем после ДГ. Так, ЧСС, Мо, АМо в $ГР_{ДГ}$ (79,90±3,94 уд/мин, 0,73±0,04 с, 40,97±4,64%, соответственно) и $ГК_{ДГ}$ (77,70±5,66 уд/мин, 0,77±0,05 с, 44,46±5,17%, соответственно) через 10 минут коррекции и исходно (см. выше) (p>0,05 для всех трех параметров в обеих группах). ИН на фоне СУД снизился в среднем на 52,3% и стал сопоставим с исходным значением, больше в ГК: в $ГР_{СУД}$ (с 91,64±20,48% до 86,95±30,66%; p<0,001) и в $ГК_{СУД}$ (со 114,14±27,76% до 113,71±37,77%; p=0,134). На фоне ДГ ИН в $ГР_{ДГ}$ и $ГК_{ДГ}$ снизился в среднем на 43,9% и больше отличался от исходного значения, чем при коррекции СУД. Аналогично изменялся показатель ИВР в группах. Вегетативные сдвиги в группах сохранялись и спустя 30 минут отдыха. Так, метод СУД в большей степени, чем ДГ, способствует уменьшению парасимпатического тонуса.

Восстановление дыхательного паттерна также лучше протекало в обеих подгруппах на фоне коррекции методом СУД ($ГР_{СУД}$ и $ГК_{СУД}$), чем на фоне ДГ ($ГР_{ДГ}$ и $ГК_{ДГ}$). Так, через 10 минут после сеанса СУД в подгруппах зарегистрированы следующие изменения. ЧД в $ГР_{СУД}$ на 13,0% была ниже, а длительность фазы выдоха – на 10,4% больше, чем в $ГК_{СУД}$ (p<0,01; p<0,05), длительность вдоха ($ГР_{СУД}$ – 1,39±0,28, $ГК_{СУД}$ – 1,24±0,22; p<0,05) и дыхательного цикла ($ГР_{СУД}$ – 4,53±0,79, $ГК_{СУД}$ – 4,03 ± 0,47; p<0,01) отличались меньше. После ДГ ЧД ($ГР_{ДГ}$ – 16,17±2,61 в мин, $ГК_{ДГ}$ – 16,16±1,65 в мин; p=0,984), длительность вдоха ($ГР_{ДГ}$ – 1,34±0,34 с, $ГК_{ДГ}$ – 1,23±0,17 с; p=0,114), выдоха ($ГР_{ДГ}$ – 2,32±0,38 с, $ГК_{ДГ}$ – 2,35±0,28 с; p=0,758) и ДЦ ($ГР_{ДГ}$ – 4,10±0,75 с, $ГК_{ДГ}$ – 3,87±0,42 с; p=0,158) значимо не отличались. Инспираторный коэффициент не отличался как после СУД (p=0,857), так и после ДГ (p=0,482); экспираторный коэффициент после СУД также не отличался (p=0,822), а после ДГ остался ниже в $ГР_{ДГ}$ на 6,1% (p<0,001). Такая перестройка паттерна дыхания на фоне СУД привела к нормальному соотношению вдоха и выдоха в $ГР_{СУД}$ (1:2). После ДГ в $ГР_{ДГ}$ соотношение вдоха и выдоха составило 1:1,6, что было отлично от такового показателя в $ГР_{СУД}$ (p<0,01). Спустя 30 минут после коррекции СУД $ГР_{СУД}$ и $ГР_{СУД}$ были сопоставимы по всем дыхательным параметрам: ЧД – 13,68±3,22 в мин, 14,58±1,50 в мин (p=0,169), ДДЦ – 4,50±0,94 с, 4,20±0,41 с (p=0,109), вдох – 1,32±0,32 с, 1,26±0,28 с (p=0,454), выдох – 2,73±0,60 с, 2,59±0,28 с (p=0,637), соответственно. Соотношение вдоха и выдоха в обеих группах становится 1:2,1, что говорит о пролонгации полученного эффекта от СУД. После ДГ основные дыхательные параметры между $ГР_{ДГ}$ и $ГК_{ДГ}$ отличались: ДДЦ (4,65±1,03 с, 4,05±0,46 с, p<0,01), вдох (1,48±0,34 с, 1,27±0,17 с, p<0,01) и выдох (2,75±0,53 с, 2,42±0,27 с, p<0,001), соответственно. Соотношение вдоха и выдоха в подгруппах было 1:1,7, что менее физиологично, чем после СУД.

При сравнении показателей экскурсии грудной клетки на фоне коррекции методом СУД через 10 и 30 минут в нижнем измерении значения были сопоставимы (p=0,583; p=0,803, соответственно). В верхнем измерении через 10 минут экскурсия в $ГР_{СУД}$ была на 17,7% ниже, чем в $ГК_{СУД}$, а через 30 минут разница составила 6,4%, что статистически уже было не значимо (p=0,368). Через 10 и 30 минут после ДГ экскурсия грудной клетки сохранялась ниже в $ГР_{ДГ}$, чем в $ГК_{ДГ}$ как в верхнем измерении (в среднем на 23,1% (p<0,05)), так и в нижнем (в среднем на 20,1% (p<0,05)).

Анализ показателей паттерна дыхания в динамике определил более значимое восстановление основных параметров при коррекции методом СУД сразу после процедуры и с сохранением эффекта спустя 30 минут. Отмечено, что полученные результаты в $ГР_{СУД}$ через 30 минут коррекции были сопоставимы с исходными значениями $ГК_{СУД}$, что говорит о перестройке дыхательного паттерна, соответствующего здоровому человеку. Наиболее значимым в $ГР_{СУД}$ было уменьшение доли вдоха и увеличение доли выдоха в структуре ДЦ, тогда как в $ГР_{ДГ}$ длительность вдоха наоборот увеличилась, а фаза выдоха уменьшилась, в итоге дыхательные параметры на фоне ДГ вернулись больше к собственным фоновым значениям до коррекции (рис. А, Б).

Коррекция СУД способствовала большему увеличению экскурсии грудной клетки в нижнем измерении, тогда как на фоне ДГ изменения были менее значимыми (рис. В, Г).

В контрольной группе оба метода коррекции (СУД и ДГ) способствовали полноценному восстановлению респираторных показателей с последующим сохранением эффекта (рис. А-Г).

Показатели сатурации не выходили за границы нормы во всех исследуемых группах, что указывает на отсутствие нарушений газообменной функции легких.

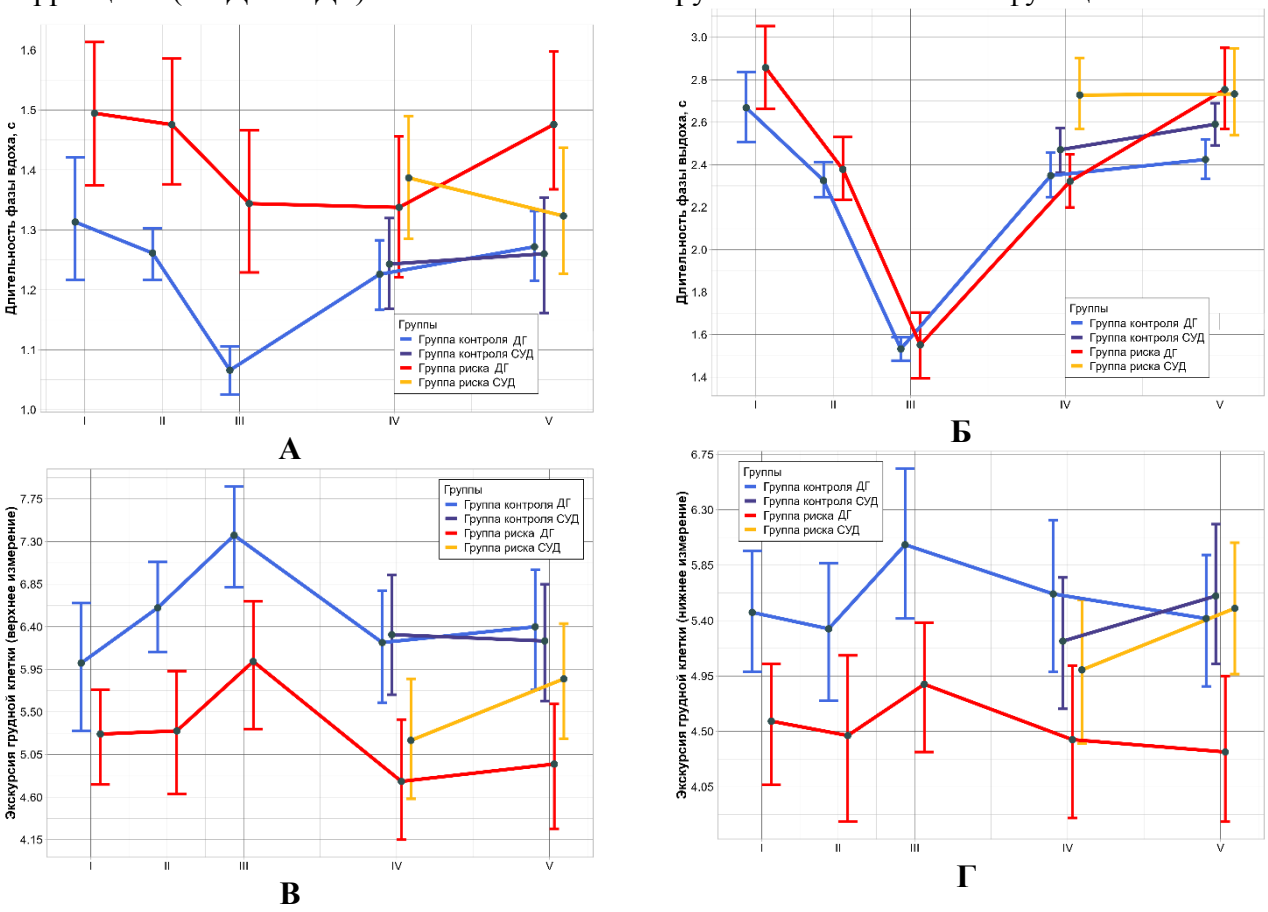


Рис. Динамика дыхательных параметров (среднее и 95%-доверительный интервал для среднего) в группе риска и группе контроля при коррекции разными способами

Примечание: I – исходные данные; II – реализация физиологической модели; III – проба с физической нагрузкой; IV – проведение курса коррекции методом СУД/СВ (через 10 минут); V – проведение курса коррекции методом СУД/СВ (через 30 минут); ДГ – комплекс дыхательной гимнастики; СУД – метод сенсомоторного управления дыханием.

Заключение. Результаты данной работы показывают высокую эффективность техники СУД, основанной на биологической обратной связи, в коррекции измененного дыхательного стереотипа, характерного для экстрапирамидных нарушений. Эффекты метода СУД значимо превосходят таковые на фоне коррекции комплексом ДГ. Восстановление параметров дыхания происходит в течение 10 минут после процедуры воздействия с дальнейшим сохранением эффекта. Подтверждением эффективности СУД является также стабилизация вегетативных функций в виде снижения выраженности влияния парасимпатического контура на созданной модели ограничения экскурсии грудной клетки. Таким образом, метод СУД может быть применен в комплексной коррекции функциональных изменений кардиореспираторной системы при экстрапирамидном синдроме.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yackle K. Transformation of our understanding of breathing control by molecular tools / K. Yackle // Annu Rev Physiol. – 2023. – Vol. 85. – P. 93-113. – URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9918693/ (дата обращения: 30.09.2025)
2. Respiratory dysfunction in Parkinson's disease: relation with dysautonomia / M. Sampath, G. Bade, V. Goyal [et al.] // Ann Indian Acad Neurol. – 2022. – Vol. 25(4). – P. 683-687. – URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9540937/ (дата обращения: 30.09.2025)
3. Respiratory disorders of Parkinson's disease / Y.C. Aquino, L.M. Cabral, N.C. Miranda [et al.] // J Neurophysiol. – 2022. – Vol. 127(1). – P. 1-15. – URL: https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jn.00363.2021?rfr_dat=cr_pub++0pubmed&url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org (дата обращения: 30.09.2025)
4. Unusual motor and non-motor symptoms and signs in the early stage of Parkinson's disease / H.A. Teive, Filho D.C. Bertucci, R.P. Munhoz // Arq Neuropsiquiatr. – 2016. – Vol. 74(10). – P. 781-784. – URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27759801/ (дата обращения: 30.09.2025)
5. Барулин, А.Е. Биомеханика и боль у молодых / А.Е. Барулин, О.В. Курушина, Е.П. Черноволенко // Российский журнал боли. – 2022. – Т. 20(1). – С. 5-11. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_48038106_86864144.pdf (дата обращения: 30.09.2025)
6. Effects of BFB-therapy on respiratory dysfunction and asthenia in patients with Parkinson’s disease / O.V. Kurushina, A.E. Barulin, S.M. Karpov, E.P. Chernovolenko // Medical News of North Caucasus. – 2019. – Vol. 14 (3). – P. 500-502. – URL: https://medvestnik.stgmu.ru/files/articles/924.pdf (дата обращения: 30.09.2025)
7. Черноволенко Е.П. Способ коррекции дыхательных нарушений при болезни Паркинсона с применением методики сенсомоторного управления дыханием / Е.П. Черноволенко, А.Е. Барулин // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2020620137, 23.01.2020. Заявка № 2019621716 от 08.10.2019.
8. Барулин, А.Е. Психофизиологическое обоснование применения метода сенсомоторного управления дыханием для коррекции дыхательной дисфункции при синдроме вегетативной дистонии: дисс... канд. мед. наук / Александр Евгеньевич Барулин. – Волгоград, 2004. – 126 с.
9. Черноволенко, Е.П. Имитационная модель биомеханики дыхательного паттерна при акинетико-ригидном синдроме / Е.П. Черноволенко // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т.9. – № 3(33). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_18.
10.Черноволенко, Е.П. Разработка метода диагностики дыхательных нарушений на ранних стадиях болезни Паркинсона. Сборник «Болезнь Паркинсона и расстройства движений». Руководство для врачей по материалам IV Национального конгресса по болезни Паркинсона и расстройствам движений (с международным участием) / Е.П. Черноволенко / под редакцией С.Н. Иллариошкина, О.С. Левина. – Москва. 2017. – С. 359-360.
11. Методические рекомендации по ежедневной физической гимнастике для пациентов с болезнью Паркинсона. Верс. 2.0. Ассоциация развития реабилитации, физиотерапии и абилитации (АРРФА). – 2022. – 64 с.

REFERENCES

1. Yackle K. Transformation of our understanding of breathing control by molecular tools. *Annu Rev Physiol*, 2023, vol. 85, pp. 93-113. Available at: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9918693/ (accessed 30.09.2025)
2. Sampath M., Bade G., Goyal V., Srivastava A.K., Jaryal A.K., Deepak K.K., Talwar A. Respiratory dysfunction in Parkinson's disease: relation with dysautonomia. *Ann Indian Acad Neurol*, 2022, Vol. 25(4), pp. 683-687. Available at: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9540937/ (accessed 30.09.2025)
3. Aquino Y.C., Cabral L.M., Miranda N.C. et al. Respiratory disorders of Parkinson's disease. *J Neurophysiol*, 2022, vol. 127(1), pp. 1-15. Available at: https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jn.00363.2021?rfr_dat=cr_pub++0pubmed&url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org (accessed 30.09.2025)
4. Teive H.A., Bertucci D.C. Filho, Munhoz R.P. Unusual motor and non-motor symptoms and signs in the early stage of Parkinson's disease. *Arq Neuropsiquiatr*, 2016, vol. 74(10), pp. 781-784. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27759801/ (accessed 30.09.2025)
5. Barulin A.E., Kurushina O.V., Chernovolenko E.P. Biomechanics and pain in young people. *Russian journal of pain*, 2022, vol. 20(1), pp. 5-11. Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_48038106_86864144.pdf (accessed 30.09.2025) (in Russ.)
6. Kurushina O.V., Barulin A.E., Karpov S.M., Chernovolenko E.P. Effects of BFB-therapy on respiratory dysfunction and asthenia in patients with Parkinson’s disease. *Medical News of North Caucasus*, 2019, vol. 14 (3), pp. 500-502. Available at: https://medvestnik.stgmu.ru/files/articles/924.pdf (accessed 30.09.2025)
7. Chernovolenko E.P., Barulin A.E. A method of correcting respiratory disorders in Parkinson's

disease using a sensor-motor breathing control method. Certificate for database registration, RU 2020620137, 23.01.2020. (in Russ.)
8. Barulin A.E. Psychophysiological substantiation of the sensorimotor control method of breathing use for the correction of respiratory dysfunction in dysautonomia: an author's dissertation. Volgograd, 2004. 126 p. (in Russ.)
9. Chernovolenko E.P. Simulation model of the respiratory pattern biomechanics in akinetic-rigid syndrome. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 3(33). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_18 (in Russ.)
10.Chernovolenko E.P. Development of a method for diagnosing respiratory disorders in the early stages of Parkinson's disease. Collection "Parkinson's disease and movement disorders". Guide for doctors based on the materials of the IV National Congress on Parkinson's Disease and Movement Disorders (with International Participation). Illarioshkin S.N., Levin O.S., ed. Moscow, 2017. pp. 359-360. (in Russ.)
11. Guidelines for daily physical exercise for patients with Parkinson's disease. Ver. 2.0. Association for the Development of Rehabilitation, Physiotherapy, and Habilitation (ADRPH). 2022. p. 64. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Елена Павловна Черноволенко – ассистент кафедры неврологии, нейрохирургии, медицинской генетики, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, e-mail: chernovolenkoe87@mail.ru.
Сергей Всеволодович Клаучек – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, e-mail: s.v.klauchek@yandex.ru.
Александр Евгеньевич Барулин – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой неврологии, психиатрии, мануальной медицины и медицинской реабилитации Института непрерывного медицинского и фармацевтического образования, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, e-mail: barulin23@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Elena P. Chernovolenko – Assistant of the Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics, Volgograd State Medical University, Volgograd, e-mail: chernovolenkoe87@mail.ru.
Sergej V. Klauchek – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Normal Physiology, Volgograd State Medical University, Volgograd, e-mail: s.v.klauchek@yandex.ru.
Aleksandr E. Barulin – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Neurology, Psychiatry, Manual Medicine and Medical Rehabilitation, Institute of Continuous Medical and Pharmaceutical Education, Volgograd State Medical University, Volgograd, e-mail: barulin23@mail.ru

Для цитирования: Черноволенко, Е.П. Особенности физиологической коррекции дыхательного паттерна и вегетативных параметров методом сенсомоторного управления дыханием при моделировании феноменов, характерных для нарушений экстрапирамидной системы / Е.П. Черноволенко, С.В. Клаучек, А.Е. Барулин // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 4(34). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_04_23

For citation: Chernovolenko E.P., Klauchek S.V., Barulin A.E. Features of physiological correction of respiratory pattern and vegetative parameters by the sensorimotor control of breathing method in modeling phenomena specific to extrapyramidal disorders. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 4(34). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_04_23