

УДК 004:57:616-07

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-4-90-100

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОБЪЕКТИВИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ У ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА

Минина Е. Н.¹, Хаит Н.², Компилецкая О. П.¹

¹Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия

*²Медицинская академия им. С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: cere-el@yandex.ua*

Определено, что физиологическая объективизация полученных результатов физической реабилитации и оценка её эффективности возможна только на основе тщательного анализа как индивидуальных возрастных изменений кардиореспираторной системы, а также персонализированного контроля за происходящими изменениями функционального состояния в процессе коррекции. Установлено, что признаки графической иллюстрации одноканальной ЭКГ, полученные путём преобразования электрического сигнала миокарда в условной фазовой плоскости, как отдельно, так и в совокупности, количественно отражали эффективность проведенной программы физической реабилитации у женщин пожилого возраста.

Ключевые слова: фазокардиография, функционирование кардиореспираторной системы, пожилые, гипоканния, электрическая активность сердца, симметрия зубца Т.

ВВЕДЕНИЕ

Во многих странах мира, в том числе и в России, отмечается устойчивая тенденция к старению населения и увеличению количества людей пожилого возраста. Изучение физиологических основ старения и предупреждение преждевременного старения человека – основная задача возрастной физиологии и геронтологии [1]. Это связано с тем, что старение человека в преобладающем большинстве протекает по патологическому, преждевременному типу. Современное поколение людей сопровождают заболевания, широко распространенные во второй половине жизни - атеросклероз, ишемическая, гипертоническая болезнь, сахарный диабет и другие, ускоряя развертывание программы старения и приводя к потере умственной и физической активности, что в конечном итоге способствует преждевременному старению человека, к неполному использованию им видового и биологического предела жизни [2].

В связи с этим одной из важных медико-биологических и социальных проблем является поддержание физической формы и умственных способностей у лиц

пожилого возраста, обеспечивающие полезность человека в социуме. Сохранение мыслительной и двигательной активности в старших возрастных группах должны начинаться с молодого возраста и включать разумное и рациональное использование питания, физических и умственных нагрузок, а также применение геропротекторов, обеспечивающих активный стиль жизни людей. Главной задачей профилактических мероприятий будет являться сохранение органов и систем в оптимальном функциональном состоянии на всем протяжении жизни и особенно в возрасте после 55–60 лет. Адекватное внешним нагрузкам функционирование сердечно-сосудистой и дыхательной систем имеет важное значение на протяжении всей жизни человека. Оптимизация кардиореспираторной функции обеспечивает физическую работоспособность, что особенно важно для пожилых людей не только в обеспечении качества жизни, но и продлении активного долголетия и трудоспособного периода жизни [1, 2]. Это обуславливает поиск новых подходов и методик построения программ физической реабилитации с лицами пожилого возраста, а так же методологий выявления их эффективности и физиологической объективизации произошедших в процессе коррекции изменений [3]. В этих условиях дозирование физических нагрузок, применение и разработка информативных методов и технологий динамического и оперативного контроля за функциональным состоянием организма в процессе выполнения различных заданий, а также в процессе реабилитации крайне актуальны и способствуют снижению риска возникновения сердечно-сосудистых катастроф.

Наиболее распространенный и доступный способ оценки деятельности сердечной деятельности – электрокардиография. Однако чувствительность и специфичность обычного электрокардиографического обследования, особенно в области пограничных состояний, недостаточно высоки, а его разрешающая способность незначительна. Это побуждает исследователей постоянно искать новые подходы к решению задачи регистрации электрического сигнала миокарда и его прогностического анализа. Метод, применённый в данном исследовании, отображает ЭКГ в фазовом пространстве координат, и на основе исследований временной характеристики электрокардиосигнала оценивается его производная с графическим отображением в координатах зависимости между амплитудой и скоростью изменения биопотенциала во времени. Применение теории избыточных измерений фазового сдвига периодических сигналов разной физической природы, описывая частные законы, принципы, методы, математические модели, может составить новую стратегию измерений электрических сигналов миокарда при их значительной чувствительности и специфичности к изменениям в организме.

Цель исследования – определить возможность физиологической объективизации эффективности физической реабилитации у лиц пожилого возраста на основе использования фазографических показателей электрической активности сердца.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на базе ГБУ РК «Симферопольский пансионат для престарелых и инвалидов». Выборку составили 25 женщин в возрасте 60–65 лет в

период 2016–2017 года. При отборе когорты женщин для участия в реабилитационной программе, с помощью клинических и инструментальных методов исследования исключалась патология сердечно-сосудистой, дыхательной, эндокринной и других систем организма. Для данной группы была составлена программа респираторной коррекции, включающая занятия дыхательной гимнастикой по 15–20 мин 5 раз в неделю и комплекс динамических упражнений общеукрепляющего характера без предметов и с предметами по 20–30 минут 3 раза в неделю в течение 6 недель.

Параметры кардиореспираторной системы фиксировали до и после коррекции. Исследование системы кровообращения проводили реографическим методом, с помощью метода импедансной реографии при помощи прибора ReoComStandart. Фиксировали следующие показатели кардиогемодинамики: частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), сердечный индекс (СИ, л/мин/м²). Систолическое артериальное давление (САД, мм рт.ст.), диастолическое артериальное давление (ДАД, мм рт.ст.) измеряли методом М.С.Короткова. Двойное произведение (ДП, отн. ед.) определяли расчетным способом. Нагрузочное тестирование осуществляли с применением велоэргометрии.

Функциональное состояние респираторной системы изучали методом пневмотахометрии с использованием прибора «Спиро-Тест РС» с компьютерной обработкой регистрируемых показателей. При этом фиксировали следующие функциональные показатели: объём лёгочной вентиляции (VE, л/мин), дыхательный объём (VT, мл), частоту дыхательных движений (f, цикл/мин), пиковую объёмную скорость (PEV, л/с), жизненную ёмкость лёгких (VC, л), резервный объём вдоха (IRV, мл), резервный объём выдоха (ERV, мл). Оценивали уровень дыхания (УД, отн. ед) по соотношению ERV/IRV. Капнометрия проводилась с помощью ультразвукового проточного капнометра КП-01-«ЕЛАМЕД». Капнограмму записывали в состоянии относительного покоя. Регистрировали следующие показатели: показатель неравномерности дыхания (UB, %), долю мёртвого пространства в общей вентиляции (Vd/VE, %), конечно-эспираторное парциальное давление CO₂, (PetCO₂, мм рт.ст.).

Регистрацию и анализ скорости электрической активности сердца производили на основе фазографических показателей электрокардиограммы, полученной преобразованием одноканальной ЭКГ в фазовом пространстве, что осуществляли с помощью программно-технического комплекса ФАЗАГРАФ[®], в котором реализована оригинальная информационная технология обработки электрокардосигнала в фазовом пространстве с использованием идей когнитивной компьютерной графики и методов автоматического распознавания образов (рис. 1). Кроме того использована цифровая обработка полученных данных и метод визуализации на плоскости [4–6]. Анализировали параметры фазовой графической иллюстрации и их совокупность: параметр рассеивания точек фазовых траекторий (σ_{QRS} , ед.), угол ориентации усредненной фазовой траектории (α_{QRS} , град.), показатель отношения площадей петель зубца T и комплекса QRS усредненной фазовой траектории (S_{TR} , ед.), параметр симметрии фрагмента реполяризации усредненной фазовой траектории (β_T , ед.) и его дисперсию $D\beta_T$, ед.

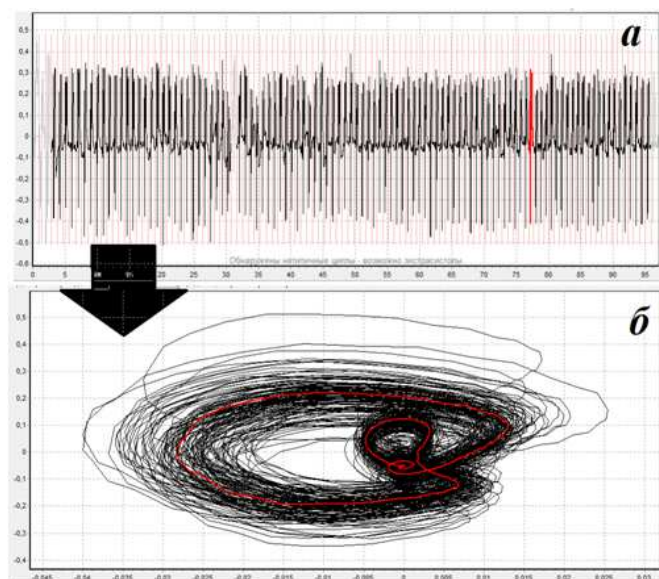


Рис. 1. Последовательность этапов обработки ЭКГ: исходная ЭКГ (а); ее фазовая траектория – фазовая графическая иллюстрация (б).

Для оценки эффективности функционирования сердечно-сосудистой системы при применялась предложенная схема принятия диагностических решений по совокупности фазографических показателей β_T , S_{TR} , α_{QRS} и σ_{QRS} , основанная на принципе равноправных «голосований» (табл. 1).

Референтные диапазоны описаны в [5]. Для количественной оценки применялась формализованная балльная система.

Таблица 1.

Схема принятия решений по совокупности 4-х фазометрических показателей

Решение о функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы	Условие, налагаемые на значения показателей β_T , S_{TR} , α_{QRS} и σ_{QRS}	Баллы
Функциональная норма	Все показатели в пределах референтных диапазонов	0
Условно нормальное	Один из показателей вне референтного диапазона	0,5
Низкий риск нарушений	Два показателя вне референтного диапазона	1
Средний риск нарушений	Три показателя вне референтного диапазона	2
Высокий риск нарушений	Четыре показателя вне референтного диапазона	3

Примечание: норма, при условии $\beta_T < 0,72$ ед., $110 < \alpha_{QRS} < 185$ град., $10 < \sigma_{QRS} < 30$, $S_{TR} > 0,02$ у.е.

Дополнительно анализировали следующие показатели кардионтервалографии: индекс напряжения Баевского (ИН, усл. ед), а также спектральные показатели сердечного ритма: высокочастотная компонента (HF, %), медленные волны 1 порядка (LF, %), а также рассчитывали LF/HF (усл. ед.), характеризующий рост централизации управления.

Статистическую обработку полученных результатов исследований проводили с помощью программного пакета STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc., USA). Оценки расхождения распределений признаков проводились с помощью критерия согласия Колмогорова–Смирнова. Для оценки достоверности различий между одноименными показателями у исследуемых в начале и конце коррекции использовали параметрический Т-критерий Стьюдента и непараметрический Т-критерий Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Возрастные изменения исследуемых женщин в начале курса характеризовались нарушением вентиляционной функции, обусловленные механическими свойствами аппарата дыхания и уменьшением просвета бронхов. Как видно из таблицы 2, возрастные изменения системы внешнего дыхания при первичном обследовании у исследуемых сопровождались снижением эффективности функционирования системы внешнего дыхания. Так, на фоне тахипноического паттерна дыхания отмечалось уменьшение VC, л (65,5 % от должных значений), что напрямую связано с дегенеративно-дистрофическими нарушениями (которые затрагивают как инспираторные, так и экспираторные мышцы), приводящими к их ригидности дыхательной мускулатуры и падению сократительной способности при дыхательных движениях. Существенная роль в оценке состояния системы внешнего дыхания отводится показателям IRV и ERV. Для обследуемых лиц было характерным снижение резервного объема выдоха относительно резервного объема вдоха, а как результат уменьшение уровня дыхания, показатель которого не превышал $0,38 \pm 0,02$ отн. ед.

Очевидно, при таком уровне дыхания создаются дополнительные условия для усиления элиминации метаболического CO₂, что способствовало формированию состояния низкого парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе. Перераспределение составляющих VC в сторону увеличения роли IRV в активизации вентиляционной функции свидетельствовало о перестройке структуры дыхательного цикла в сторону усиления значения инспираторной активности в формировании необходимого уровня лёгочной вентиляции. Приспособительное значение в этой ситуации может иметь снижение рефлекса Геринга–Брейера, ослабление афферентной импульсации в лёгких. Обратная информация с рецепторного аппарата лёгких обычно ограничивает амплитуду дыхательных движений. Также до коррекционных мероприятий было зарегистрировано значительное снижение PEF относительно должных величин в среднем на 20,0 %. Снижение возможностей дыхательной мускулатуры у пожилых женщин, компенсировались тахипноическим типом дыхания для достижения определенной величины минутного объема дыхания, что сопровождалось сниженными

показателями дыхательного объема, в среднем на 21 % меньше должных возрастных значений.

Таблица 2.
Показатели функционального состояния кардиореспираторной системы внешнего дыхания пожилых женщин до и после курса физической реабилитации ($\bar{X} \pm Sx$, n=25)

Показатели	Условия		Достоверность
	До	После	
f, цикл/мин	23,5±0,5	17,5±0,5	<0,001
VC, л	2,9±0,2	3,2±0,2	
ERV / IRV, ед.	0,38±0,02	0,56±0,03	<0,001
PEV, л/с	3,20±0,15	3,60±0,15	
VT, мл	440,5±2,15	500,5±5,22	<0,001
VE, л/мин	10,4±0,3	8,8±0,2	<0,001
UB, %	31,5±1,2	19,5±1,5	<0,001
Pet CO ₂ , ммрт.ст.	28,6±1,5	36,3±2,1	<0,01
Vd/VE, %	33,5±2,0	22,6±1,6	<0,001
ЧСС, уд/мин	87,5±2,8	79,5±2,0	
АДс, мм рт. ст.	135,5±1,1	135,5±1,2	
АДд, мм рт. ст.	84,4±2,5	75,3±2,0	<0,01
ИН, ед.	325,5±15,6	215,0±11,0	<0,001

В результате инволюционных перестроек, ограничивающих возможности эффективного функционирования дыхательного аппарата, у исследуемой группы было выявлено уменьшение парциального давления углекислого газа до 28,6±1,5 мм рт. ст., в конечной порции выдыхаемого воздуха, что соответствует его содержанию в альвеолярном воздухе. При этом доля мертвого пространства в альвеолярной вентиляции составила 33,5±2,0 %. Развитие гипокапнического состояния не только способствует резкому падению приспособительных возможностей организма, но и является причиной развития как регуляторных сдвигов, так и кардиореспираторной патологии. Так, капнографическое обследование позволило определить, что до реабилитации показатель неравномерности дыхания у пожилых женщин в среднем составлял более 30 % (при норме от 0 до 30 %), что свидетельствовало о доминировании психоэмоционального фактора в системе нейрогуморальной регуляции функции дыхания [1].

В результате проведенного реабилитационного курса, направленного на коррекцию функционального состояния кардиореспираторной системы обследуемых, произошли определенные изменения. Так в системе внешнего дыхания следует отметить уменьшение частоты дыхательных движений на 28,5 % (p<0,001), при этом объем легочной вентиляции в среднем снизился на 2 литра,

($p < 0,001$). Систематическое выполнение комплекса динамических и статических физических и дыхательных упражнений способствовало укреплению инспираторной и экспираторной мускулатуры, что проявлялось увеличением величины VC и перераспределению доли ее составляющих. По данным капнометрии с увеличением уровня дыхания на 48,5 %, ($p < 0,001$), вклад психоэмоционального фактора в регуляцию дыхательного акта снизился в среднем на 29,2 % ($p < 0,001$).

В свою очередь, изменение характера дыхания сопровождалось накоплением углекислого газа в альвеолярном воздухе до нормокапнического уровня ($p < 0,01$). Также важным положительным эффектом предложенной коррекции можно считать уменьшение доли мертвого пространства в альвеолярной вентиляции на $23,6 \pm 1,6$ % ($p < 0,001$).

При анализе состояния сердечно-сосудистой системы было выявлено, что ЧСС и АД находились в пределах возрастной нормы и незначительно изменились после курса реабилитации. Снижение метаболического запроса сердечной мышцы в покое по показателю ДП у исследуемых женщин в среднем до значений $107,5 \pm 0,9$ усл. ед. ($p < 0,001$) отражало повышение эффективности и экономизации сердечной деятельности (табл. 3). Важно отметить, что в пожилом возрасте рост интенсивности энергетических и пластических процессов в миокарде создает условия для энергетически-динамической недостаточности сердца в условиях напряженной деятельности.

Таблица 3.

Показатели сердечно-сосудистой системы пожилых женщин до и после курса физической реабилитации ($X \pm Sx$, $n=25$)

Условия	СИ, л/мин/м ²	ДП, усл. ед. в покое	ДП, усл. ед. при нагрузке 75 Вт	LF/HF, усл.ед
до	$2,5 \pm 0,1$	$115,5 \pm 1,1$	$195,7 \pm 3,2$	$2,5 \pm 0,2$
после	$2,7 \pm 0,1$	$107,5 \pm 0,9$	$168,5 \pm 2,1$	$1,9 \pm 0,1$
достоверность	–	$< 0,001$	$< 0,001$	–

Изменение дыхательного паттерна в результате курсового применения физической и дыхательной тренировки значительно повлияла на толерантность к физической нагрузке на фоне тенденции снижения симпатикотонической регуляции.

Однако наиболее информативными в оценке эффективности проведенных реабилитационных мероприятий оказались фазографические показатели электрической активности сердца, отражающие скоростные особенности биосигнала. Так, ярко выраженная симпатикотония до курса реабилитации по показателю вагосимпатического баланса LF/HF у женщин пожилого возраста сопровождалась увеличением значения показателя симметрии зубца T до $1,02 \pm 0,05$, что количественно отражало низкие резервы миокарда (табл. 3) [8]. Оптимизация

регуляции газового гомеостаза отразилась на резервах миокарда по снижению β_T в среднем на 13 % ($p < 0,05$) при стабилизации значений $D \beta_T$ на 38,0 % ($p < 0,01$) и снижению напряжения механизмов регуляции более чем на 30 % ($p < 0,001$).

Интегральный показатель по совокупности фазометрических признаков достоверно характеризовал эффективность проведенных реабилитационных мероприятий при уменьшении его численного значения более чем на 25 % ($p < 0,001$).

Таблица 4.

Показатели фазометрических показателей одноканальной ЭКГ пожилых женщин до и после коррекции ($X \pm Sx$, $n=25$)

Показатели	Условия		Достоверность
	До	После	
β_T , ед.	1,02±0,03	0,89±0,03	<0,05
$D \beta_T$, ед.	0,15±0,05	0,08±0,01	<0,01
Σ фазометр., баллы	2,8±0,1	2,2±0,1	<0,001

Таким образом, проведенный курс физических упражнений и дыхательной гимнастики у исследуемых женщин пожилого возраста способствовал формированию более адекватного паттерна дыхания, ликвидации явлений гипервентиляции и гипокании, экономизации деятельности сердечно-сосудистой системы. При этом изменение скорости электрической активности сердца по фазографическим показателям достоверно отражают произошедшие изменения после проведенной коррекции.

Полученные результаты дают основание заключить, что физиологическая объективизация полученных результатов физической реабилитации и оценка её эффективности возможно только на основе тщательного анализа как индивидуальных возрастных изменений кардиореспираторной системы, а также персонифицированного контроля за происходящими изменениями функционального состояния в процессе коррекции. Установлено, что признаки графической иллюстрации одноканальной ЭКГ, полученные путём преобразования электрического сигнала миокарда в условной фазовой плоскости, как отдельно, так и в совокупности, количественно отражали эффективность проведенной программы физической реабилитации у женщин пожилого возраста.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. До коррекционных мероприятий у пожилых женщин было зарегистрировано значительное снижение PEF относительно должных величин в среднем на 20,0 %, сниженные показатели дыхательного объема в среднем на 21 % меньше должных значений, уменьшение парциального давления углекислого газа до $28,6 \pm 1,5$ мм рт. ст., увеличение доли мертвого пространства в альвеолярной

- вентиляции до $33,5 \pm 2,0$ % и доминировании психоэмоционального фактора в системе нейрогуморальной регуляции функции дыхания.
2. В результате проведенного реабилитационного курса, направленного на коррекцию функционального состояния кардиореспираторной системы обследуемых, произошли определенные изменения: уменьшение частоты дыхательных движений на 27,5 % ($p < 0,001$), снижение объема легочной вентиляции в среднем на 2 литра, ($p < 0,001$), увеличение уровня дыхания на 48,5 %, ($p < 0,001$), снижение вклада в среднем на 29,2 % ($p < 0,001$).
 3. Изменение характера дыхания сопровождалось накоплением углекислого газа в альвеолярном воздухе до нормокапнического уровня ($p < 0,01$) и уменьшение доли мертвого пространства в альвеолярной вентиляции на $23,6 \pm 1,6$ % ($p < 0,001$).
 4. Оптимизация регуляции газового гомеостаза отразилась на резервах миокарда по снижению β_T в среднем на 13 % ($p < 0,05$) при стабилизации значений $D\beta_T$ на 38,0 % ($p < 0,01$), что сопровождалось снижением напряжения механизмов регуляции более чем на 30 %, ($p < 0,001$).
 5. Интегральный показатель по совокупности фазографических показателей электрической активности сердца достоверно отражал эффективность проведенных реабилитационных мероприятий при уменьшении его численного значения более чем на 25 % ($p < 0,001$).
 6. Установлено, что признаки графической иллюстрации одноканальной ЭКГ, полученные путём преобразования электрического сигнала миокарда в условной фазовой плоскости, как отдельно, так и в совокупности, количественно отражали эффективность проведенной программы физической реабилитации у женщин пожилого возраста.

Список литературы

1. Бяловский Ю. Ю. Капнография в общей врачебной практике / Ю. Ю. Бяловский, В. Н. Абросимов. – Рязань: Дело. – 2007. – 142 с.
2. Коркушко О. В. Возрастные изменения дыхательной системы при старении и их роль в развитии бронхо-легочной патологии / О. В. Коркушко, Д. Ф. Чеботарев, Н. Д. Чеботарев // Украинский пульмонологический журнал. – 2005. – №3. – С. 35–41.
3. Ластовецкий А. Г. Риск-факторы составляющие оценки здоровья лиц и прогноз наступления сосудистых катастроф старших возрастных групп с использованием логистической модели как фактор восстановительных мероприятий / А. Г. Ластовецкий, Д. В. Пацукова // Вестник восстановительной медицины. – 2013. – №2(54). – С. 86–90.
4. Минина Е. Н. Анализ волны Т ЭКГ в фазовом пространстве в определении функциональных резервов миокарда / Е. Н. Минина // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. – 2013. – Т. 26 (65), № 2. – С. 148–153.
5. Минина Е. Н. Анализ функционального состояния сердечно-сосудистой системы по совокупности признаков фазового портрета одноканальной ЭКГ / Е. Н. Минина, Л. С. Файнзильберг // Российский кардиологический журнал. – 2015. – № 12 (128). – С. 7–13.
6. Файнзильберг Л. С. ФАЗАГРАФ® – эффективная информационная технология обработки ЭКГ в задаче скрининга ишемической болезни сердца / Л. С. Файнзильберг // Клиническая информатика и телемедицина. – 2010. – № 6–7. – С. 22–30.

**PHYSIOLOGICAL OBJECTIFICATION OF THE EFFECTIVENESS OF
PHYSICAL REHABILITATION IN THE ELDERLY BASED ON AN
ASSESSMENT OF THE RATE OF ELECTRICAL ACTIVITY OF THE HEART**

Minina E. N., Hait N., Kompiletskaya O. P.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: cere-el@yandex.ua*

The most common and accessible way to assess cardiac activity is electrocardiography. However, the sensitivity and specificity of conventional electrocardiographic examination, especially in the area of border conditions, is not high enough, and its resolution is negligible. This encourages researchers to constantly look for new approaches to the problem of recording the electric signal of the myocardial and its predictive analysis.

The method used in this study displays the ECG in the phase space of the coordinates, and based on studies of the temporal characteristics of the electrocardiosignifier, its derivative is evaluated with graphic representation in the coordinates of the relationship between the amplitude and the rate of change in the biopotential over time.

The aim of the study is to determine the possibility of physiological objectification of the effectiveness of physical rehabilitation in elderly people based on the use of phasographic indicators of electrical activity of the heart.

Prior to corrective interventions, older women recorded a significant decrease in PEF relative to due values by an average of 20.0 %, reduced respiratory volume by an average of 21 % less than due values, reducing the partial pressure of carbon dioxide to 28.6 ± 1.5 mm Hg, increase in the number of dead space in alveolar ventilation to 33.5 ± 2.0 % and the immunization of the psycho-emotional factor in the neurohumoral regulation of respiratory function.

As a result of the rehabilitation course aimed at correcting the functional state of the cardiorespirator system of the subjects, there were some changes: a decrease in the frequency of respiratory movements by 27.5 % ($p < 0.001$), a decrease in the volume of pulmonary ventilation by an average of 2 liters, ($p < 0.001$), an increase in breathing levels of 48.5 %, ($p < 0.001$), a decrease in contribution by an average of 29.2 % ($p < 0.001$).

Changes in the nature of breathing were accompanied by the accumulation of carbon dioxide in the alveolar air to the normocapnic level ($p < 0.01$) and a decrease in the proportion of dead space in alveolar ventilation by 23.6 ± 1.6 % ($p < 0.001$).

These results give reason to conclude that, in geriatric practice, obtaining an effective result of physical rehabilitation only possible through careful analysis of both the individual age changes cardiorespiratory system, as well as personalized control over ongoing changes in the functional state in the correction process. It is established that the signs of a graphic illustration of a single-channel ECG, obtained by converting the myocardial biosignal in the phase space, both separately and in aggregate, they quantitatively reflected the effectiveness of the physical rehabilitation program among older women.

Optimization of regulation of gas homeostasis affected myocardial reserves to decrease by an average of 13 % ($p < 0,05$), while D values stabilized by 38,0 % ($p < 0,01$), which was accompanied by a decrease in the voltage of the regulation mechanisms by more than 30 %, ($p < 0,001$). The integral indicator for the combination of phase-cardiometric signs reliably reflected the effectiveness of the rehabilitation measures performed while reducing its numerical value by more than 25 % ($p < 0,001$).

Keywords: Phasocardiometry, functioning of the cardiorespiratory system; middle-aged; hypoxemia; symmetry wave T.

References

1. Byalovskij Yu. Yu., Abrosimov V. N. *Kapnografiya v obshchevrachebnoj praktike*, 142 s. (Ryazan': Delo, 2007).
2. Korkushko O. V., CHEbotarev D. F., CHEbotarev N. D. Vozrastnye izmeneniya dyhatel'noj sistemy pristarenii i ih rol' v razvitii bronho-legochnoj patologii, *Ukrainskij pul'monologicheskij zhurnal*, **3**, 35 (2005).
3. Lastoveckij A. G., Pacukova D. V. Riskovaya sostavlyayushchaya ocenki zdorov'ya lic i prognoz nastupleniya sosudistyh katastrof starshih vozrastnyh grupp s ispol'zovaniem logisticheskoy modeli kak faktor vosstanovitel'nyh meropriyatij, *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny*, **2(54)**, 86 (2013).
4. Minina E. N. Analiz volny T EKG v fazovom prostranstve v opredelenii funkcional'nyh rezervov miokarda, *Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo*, **26 (65)**, 2, 148 (2013).
5. Minina E. N., Fajnzil'berg L. S. Analiz funkcional'nogo sostoyaniya serdechno-sosudistoj sistemy po sovokupnosti priznakov fazovogo portreta odnokanal'noj EKG, *Rossijskij kardiologicheskij zhurnal*, **12 (128)**, 7 (2015).
6. Fajnzil'berg L. S. FAZAGRAF® – effektivnaya informacionnaya tekhnologiya obrabotki EKG v zadache skrininga ishemicheskoy bolezni serdca, *Klinicheskaya informatika i telemedicine*, **6–7**, 22 (2010).