

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ УРОВНЯ ДИАСТОЛИЧЕСКОГО АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО РЕСПИРАТОРНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Бяловский Ю.Ю.¹, Ракитина И.С.¹

¹ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, Рязань, e-mail: b_uu@mail.ru

На сегодняшний день остается весьма актуальной задача выяснения закономерностей многосвязного регулирования дыхательных и гемодинамических параметров при различных состояниях организма. Целью настоящей работы явилась оценка изменений уровня диастолического артериального давления и показателей системы дыхания при предъявлении различных резистивных дыхательных нагрузок. В исследовании участвовали 29 здоровых мужчин и женщин в возрасте от 18 до 26 лет. Внешнее сопротивление дыханию включалось во время вдоха в четырех градациях: 11; 28; 54; 76 см вод. ст./л/с с помощью устройства, позволявшего дистанционно дозировать резистивную нагрузку; в качестве меры интенсивности действия нагрузки использовалось время (с) его предъявления. Условный дыхательный рефлекс вырабатывался по типу короткоотставленного с периодом изолированного действия условного сигнала 10 секунд. Диастолическое артериальное давление отслеживалось в течение каждого сердечного цикла на основе разработанных нами способа и устройства (авторские свидетельства СССР № 1593625 и № 1673044). Результаты исследования показали, что реализация резистивных дыхательных нагрузок до обучения характеризуется гипоксически-гиперкапническими сдвигами. Дополнительное респираторное сопротивление разной величины вызывает сопряженные изменения диастолического артериального давления и показателей системы дыхания. Условно-рефлекторная регуляция при действии резистивных нагрузок вызывает существенное перераспределение механизмов сопряжения кровяного давления и параметров системы дыхания. Отмечена тесная сопряженная связь между показателями реализации резистивных нагрузок в системе кровообращения и центрально-инспираторном механизме; статистическая связь характеризовалась меньшей выраженностью в отношении вентиляторного выхода и уровня гипоксии.

Ключевые слова: дополнительное респираторное сопротивление, резистивные дыхательные нагрузки, диастолическое артериальное давление.

ASSESSMENT OF CHANGES IN THE LEVEL OF DIASTOLIC BLOOD PRESSURE UNDER CONDITIONS OF ADDITIONAL RESPIRATORY RESPIRATION

Byalovskiy Y.Y.¹, Rakitina I.S.¹

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ryazan State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Ryazan, e-mail: b_uu@mail.ru

Today, the task of clarifying the patterns of multi-connected regulation of respiratory and hemodynamic parameters under various conditions of the body remains very urgent. The aim of this work was to assess the changes in the level of diastolic blood pressure and indicators of the respiratory system when presented with different values of resistive respiratory loads. The study was conducted on 29 healthy men and women aged 18 to 26 years. External resistance to breathing was included during inhalation in four gradations: 11; 28; 54; 76 cm water st. / l / s using a device that allows remote metering of resistive load; The time (sec) of its presentation was used as a measure of the intensity of the action of the load. The conditioned respiratory reflex was developed as a short-delayed one with a period of isolated action of the conditioned signal of 10 seconds. Diastolic blood pressure was monitored during each cardiac cycle on the basis of our developed method and device (inventor's certificates for inventions No. 1593625 and No. 1673044). The results of the study showed that the implementation of resistive respiratory loads before training is characterized by hypoxic-hypercapnic shifts. Additional respiratory resistance of different magnitude causes conjugate changes in diastolic blood pressure and indicators of the respiratory system. Conditioned reflex regulation under the action of resistive loads causes a significant redistribution of blood pressure conjugation mechanisms and parameters of the respiratory system. A close conjugate relationship between the indicators of the implementation of resistive loads in the circulatory system and the central inspiratory mechanism was noted; the statistical relationship was less pronounced in relation to ventilation output and hypoxia level.

Keywords: additional respiratory resistance, resistive breathing loads, diastolic blood pressure.

Принцип многосвязного регулирования в физиологии был впервые раскрыт при анализе деятельности функциональной системы дыхания, в которой, как известно, одновременно осуществляется регуляция нескольких взаимосвязанных дыхательных показателей – рН, рСО₂, рО₂ [1]. На сегодняшний день остается весьма актуальной задача выяснения закономерностей многосвязного регулирования дыхательных и гемодинамических параметров при различных состояниях организма. Неоднократно были отмечены изменения показателей дыхания и гемодинамики при предъявлении дополнительного респираторного сопротивления (резистивных нагрузок) [2, 3]. Однако характер их взаимоотношений до сих пор не был предметом специального рассмотрения. Между тем необходимость такого исследования очевидна, если принять во внимание, что дыхание и кровообращение – компоненты единой, более общей системы организма – системы поддержания тканевого метаболизма.

Цель исследования. Целью настоящей работы явилась оценка изменений уровня диастолического артериального давления и показателей системы дыхания при предъявлении разных величин резистивных дыхательных нагрузок.

Материал и методы исследования. В исследовании участвовали 29 здоровых мужчин и женщин в возрасте от 18 до 26 лет. В ходе безусловно-рефлекторной серии исследований проводились отбор контингента испытуемых, «введение» пациентов в экспериментальные режимы, снятие фоновых показателей, биологическая стандартизация величины резистивной нагрузки (расчет ее рабочей величины, используемой далее в условно-рефлекторном исследовании). Внешнее сопротивление дыханию включалось во время вдоха с помощью устройства, позволявшего дистанционно дозировать резистивную нагрузку в четырех градациях: 11; 28; 54; 76 см вод. ст./л/с; в качестве меры интенсивности действия нагрузки использовалось время (с) его предъявления. Условный дыхательный рефлекс вырабатывался по оригинальной методике [4] по типу короткоотставленного с периодом изолированного действия условного сигнала 10 секунд. Диастолическое артериальное давление отслеживалось в течение каждого сердечного цикла на основе разработанных нами способа и устройства (авторские свидетельства на изобретения № 1593625 и № 1673044). Суть изобретений сводилась к тому, что непрерывная регистрация диастолического артериального давления осуществлялась путем сдавливания артерии плеча компрессионным элементом с синхронной регистрацией давления в нем, при этом на момент появления тонов Короткова на уровне 3–4-й фазы производят частичное понижение давления в компрессионном элементе, а затем вновь повышают до момента появления следующего характеристического сигнала.

Конструктивно устройство для непрерывной регистрации диастолического артериального давления (рис. 1) состоит из компрессионного элемента (1), который для исключения застойных явлений представлял собой окклюзионный пелот, фиксирующийся на плече испытуемого. К

компрессионному элементу 1 пневматически подключены стравливающий элемент (2) и барограф (3), а для заполнения пневматической магистрали воздухом использовались компрессор (4), редуктор (5) и ресивер (6). Тоны Короткова регистрировались с помощью датчика (9), который подключался к электронному блоку (10), управлявшему работой коммутатора (11). Электронный блок 10 состоял из усилителя (12), выпрямителя (13), порогового элемента (14) и мультивибратора (15). Для повышения достоверности измерений и увеличения времени непрерывной регистрации диастолического давления к выходу ресивера (6) подключались кран-регулятор (7) и регулятор свободного хода клапана (8).

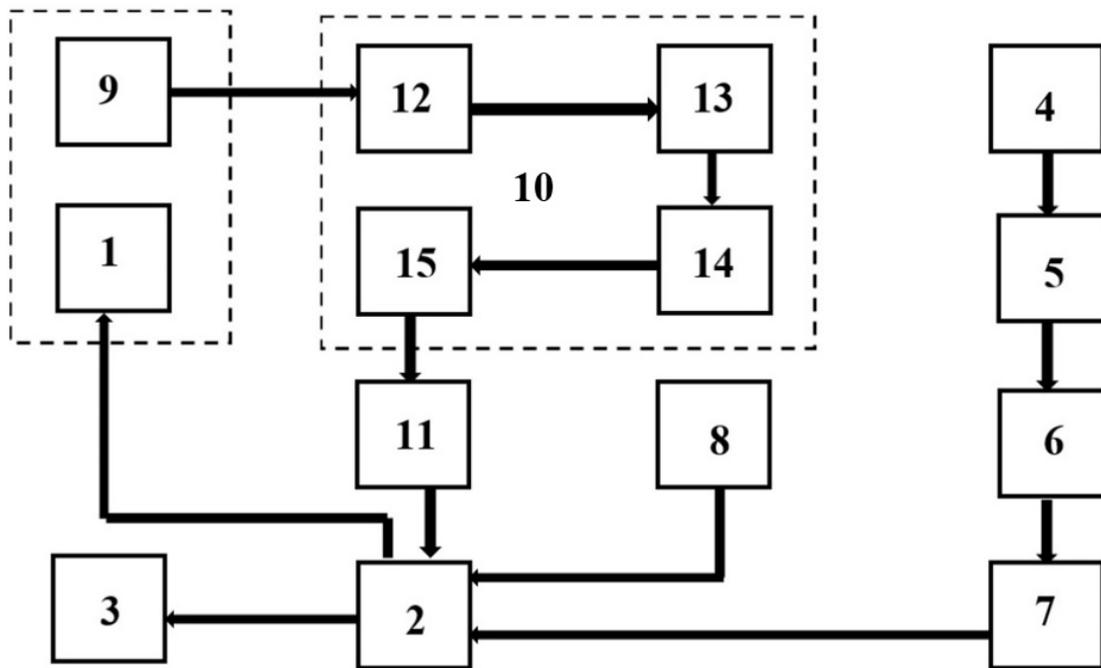


Рис. 1. Блок-схема устройства для непрерывной регистрации диастолического артериального давления

В качестве физиологических показателей системы дыхания регистрировались параметры вентиляторного выхода: пневмотахограмма, спирограмма, пневмограмма, а моторный выход характеризовался пиковым давлением вдоха и выдоха. Изучалось парциальное давление кислорода и углекислого газа выдыхаемого воздуха, регистрировалась оксигевограмма периферической крови. Для оценки физиологических показателей использовались кислородный монитор Datex AS/3 Monitor, компьютерный ультразвуковой спирограф Spiro Scout, спироанализатор Spirolab III SpO2. Проводилось изучение рефлекторной деятельности испытуемого – измерение латентного периода условной реакции, времени условной реакции, времени реализации резистивной нагрузки, времени компенсации вегетативных параметров, межсигнального интервала. Полученные результаты обрабатывали с помощью программы SPSS Statistics 17. Характер распределения полученных данных определяли по критерию Шапиро–

Уилка. В связанных выборках при нормальном распределении данных достоверность различий оценивали дисперсионным анализом повторных измерений (ANOVA), парные сравнения выполняли по критерию Ньюмена–Кейлса.

Результаты исследования и их обсуждение. Для осуществления статистической обработки, позволявшей учитывать интенсивность действия дополнительного респираторного сопротивления, нами проводился дисперсионный факторный анализ, в ходе которого вычислялись показатели корреляционных отношений при действии организованного фактора.

В таблице 1 приведена динамика указанных показателей испытуемых при исследовании в безусловно-рефлекторном цикле.

Таблица 1

Динамика средних значений парциального давления кислорода выдыхаемого воздуха (РАО₂, мм рт. ст.), содержания оксигемоглобина периферической крови (НвО₂, %) и парциального давления кислорода выдыхаемого воздуха (РАСО₂, мм рт. ст.) с показателями факторного влияния (η) резистивных нагрузок разной величины (безусловно-рефлекторная серия)

Исследуемые признаки	Величина резистивной дыхательной нагрузки							
	11 см вд. ст/л/с		28 см вд. ст/л/с		54 см вд. ст/л/с		76 см вд. ст/л/с	
	<i>Исх.</i>	<i>Нагр.</i>	<i>Исх.</i>	<i>Нагр.</i>	<i>Исх.</i>	<i>Нагр.</i>	<i>Исх.</i>	<i>Нагр.</i>
РАО ₂ , мм рт. ст.	103,1±2,6	97,3±3,3	101,4±3,2	94,2±3,9	102,7±2,2	88,3±4,6	100,9±3,0	84,2±5,7
ηРАО ₂ , ед.	0,22±0,04		0,26±0,03		0,43±0,07		0,58±0,08	
ρηРАО ₂ , ед.	>0,95		>0,95		<0,95		<0,95	
НвО ₂ , %	97,5±1,7	96,7±1,5	96,8±1,4	95,4±1,5	97,7±1,2	94,2±1,9	98,1±1,9	91,3±2,1
ηНвО ₂ , ед.	0,11±0,01		0,17±0,04		0,18±0,03		0,23±0,03	
ρηНвО ₂ , ед.	>0,95		>0,95		>0,95		<0,95	
РАСО ₂ , мм рт. ст.	38,4±3,7	54,8±5,1	40,2±3,5	43,3±3,7	38,6±2,8	47,8±4,0	39,2±3,4	54,8±5,1
ηРАСО ₂ , ед.	0,29±0,04		0,41±0,06		0,52±0,08		0,76±0,11	
ρηРАСО ₂ , ед.	>0,95		<0,95		<0,95		<0,99	

Как видно из данных, представленных в таблице 1, динамика средних значений парциального давления кислорода выдыхаемого воздуха пациента значительно зависит от фактора резистивной нагрузки, начиная с величины 54 см вод. ст. л/с. Сила влияния фактора определяла от 24% до 52% изменений давления кислорода выдыхаемого воздуха, т.е. реализация резистивных нагрузок различной интенсивности определяла разные уровни альвеолярной гипоксии. Дополнительное респираторное сопротивление значительно меньше влияло на динамику оксигемоглобина периферической крови, поскольку достоверное изменение этого признака под влиянием резистивной нагрузки у большинства испытуемых определялось при действии максимальных градаций внешнего сопротивления дыханию или не определялось совсем, что, на наш взгляд, обусловлено инерционностью и известной погрешностью фотокалориметрических методов определения оксигемоглобина. Наконец, наибольшее

воздействие фактора величины резистивных дыхательных нагрузок испытывает парциальное давление углекислого газа в выдыхаемом воздухе, которое имело достоверное значение ($p_{\eta\text{PACO}_2} < 0,95$) уже на величине 28 см вод. ст./л/с.

Изучая динамику диастолического артериального давления при непосредственном действии инспираторной резистивной нагрузки различной величины у испытуемых, мы отмечали тенденцию к снижению кровяного давления, причем степень этого снижения зависела от величины действующей нагрузки.

В таблице 2 приведены данные о динамике средних значений диастолического артериального давления в мм рт. ст. и влиянии фактора дополнительного респираторного сопротивления у испытуемых во время безусловно-рефлекторной серии.

Таблица 2

Динамика средних значений диастолического артериального давления (Диас. АД, мм рт. ст.) и корреляционных отношений (η) при действии фактора нагрузки и окончании действия нагрузки различными степенями внешнего сопротивления дыханию (безусловно-рефлекторная серия)

Исследуемые признаки	Величина резистивной дыхательной нагрузки							
	11 см вод. ст./л/с		28 см вод. ст./л/с		54 см вод. ст./л/с		76 см вод. ст./л/с	
Факторн. градации	<i>Исх.</i>	<i>Нагр.</i>	<i>Исх.</i>	<i>Нагр.</i>	<i>Исх.</i>	<i>Нагр.</i>	<i>Исх.</i>	<i>Нагр.</i>
Диас. АД, мм рт. ст.	73,1±5,1	67,2±4,3	71,4±4,8	66,2±3,3	72,8±6,2	58,7±5,6	73,8±6,1	54,2±4,7
$\eta_{\text{ДАД}}$, ед.	0,25±0,04		0,30±0,05		0,46±0,07		0,52±0,06	
$p_{\eta\text{ДАД}}$, ед.	>0,95		>0,95		<0,95		<0,95	
Факторн. градации	<i>Нагр.</i>	<i>После нагруз.</i>	<i>Нагр.</i>	<i>После нагруз.</i>	<i>Нагр.</i>	<i>После нагруз.</i>	<i>Нагр.</i>	<i>После нагруз.</i>
Диас. АД, мм рт. ст.	67,2±4,3	76,7±6,3	66,2±3,3	78,1±5,7	58,7±5,6	80,2±5,9	54,2±4,7	84,3±6,3
$\eta_{\text{ДАД}}$, ед.	0,27±0,04		0,43±0,07		0,50±0,08		0,68±0,09	
$p_{\eta\text{ДАД}}$, ед.	>0,95		<0,95		<0,95		<0,99	

Из представленного материала (табл. 2) видно, что сила влияния фактора резистивной нагрузки возрастала с увеличением внешнего сопротивления дыханию и была максимальна на величине 76 см вод. ст./л/с (здесь изменения признака обусловлены действием нагрузки на 51%). Еще более показательная динамика изменений кровяного давления наблюдалась при выключении нагрузки – у большинства испытуемых обнаруживался довольно быстрый подъем диастолического артериального давления до исходных величин и выше, т.е. происходила компенсация по типу избыточного отклонения (перерегулирование). Это хорошо демонстрирует динамика показателей корреляционных отношений испытуемых (табл. 2), которые достигали значения 0,68 на максимальной градации дополнительного респираторного сопротивления.

Интересной оказалась динамика диастолического давления у испытуемых при реализации условного дыхательного рефлекса на дополнительное респираторное сопротивление (табл. 3).

Таблица 3

Динамика средних значений диастолического артериального давления (Диас. АД, мм рт. ст.) и корреляционных отношений (η) при действии подкрепления и окончании действия подкрепления различными степенями внешнего сопротивления дыханию (условно-рефлекторная серия)

Исследуемые признаки	Величина резистивной дыхательной нагрузки							
	11 см вод. ст/л/с		28 см вод. ст/л/с		54 см вод. ст/л/с		76 см вод. ст/л/с	
Факторн. градации	<i>Исх.</i>	<i>Нагр.</i>	<i>Исх.</i>	<i>Нагр.</i>	<i>Исх.</i>	<i>Нагр.</i>	<i>Исх.</i>	<i>Нагр.</i>
Диас. АД, мм рт. ст.	71,3±3,6	68,1±4,7	73,1±4,2	67,8±4,4	70,3±4,2	64,1±5,0	72,1±4,7	58,7±3,2
$\eta_{\text{ДАД}}$, ед.	0,11±0,03		0,21±0,04		0,26±0,08		0,33±0,07	
$r_{\eta\text{ДАД}}$, ед	>0,95		>0,95		>0,95		<0,95	
Факторн. градации	<i>Нагр.</i>	<i>После нагруз.</i>	<i>Нагр.</i>	<i>После нагруз.</i>	<i>Нагр.</i>	<i>После нагруз.</i>	<i>Нагр.</i>	<i>После нагруз.</i>
Диас. АД, мм рт. ст.	68,1±4,7	72,0±3,5	67,8±4,4	72,7±3,8	64,1±5,0	74,3±4,2	58,7±3,2	77,5±5,1
$\eta_{\text{ДАД}}$, ед.	0,15±0,05		0,23±0,06		0,28±0,05		0,36±0,06	
$r_{\eta\text{ДАД}}$, ед	>0,95		>0,95		>0,95		<0,95	

Рассмотрим данные, приведенные в таблице 3, отражающие изменения диастолического кровяного давления (мм рт. ст.) и показатели корреляционного отношения влияния фактора подкрепления при реализации условного дыхательного рефлекса (условно-рефлекторная серия). Хорошо видно, что изменения диастолического давления при осуществлении рефлекса носят условно-рефлекторный характер и определяются как прочностью рефлекса, так и величиной подкрепления. Так, минимальные изменения диастолического артериального давления при действии фактора подкрепления у испытуемых обнаруживались не на минимальной (как в безусловно-рефлекторной серии), а на субмаксимальной (54 см вод. ст. л/с) величине подкрепления. Вместе с тем более высокие показатели корреляционных отношений на других величинах подкрепления свидетельствуют о значительном участии условно-рефлекторных механизмов в регуляции артериального давления при действии резистивных нагрузок. Это выразилось в существенном повышении диастолического артериального давления в период изолированного действия условного сигнала (по-видимому, компенсаторного характера) на фоне последующего снижения при реализации подкрепления и в новом повышении после окончания действия подкрепления, причем степень этого повышения была связана как с величиной подкрепления, так и с прочностью условного рефлекса.

Учитывая весьма сходную динамику диастолического артериального давления при условно- и безусловно-рефлекторной реализации резистивных нагрузок с динамикой компонентов моторного и вентиляторного выходов системы дыхания, мы попытались определить характер сопряжения этих показателей. Для этого был проведен корреляционный анализ изменения показателей корреляционных отношений, характеризующих влияние фактора резистивной нагрузки. Полученные коэффициенты корреляции были подвергнуты дальнейшему анализу, при этом выделялись коэффициенты, значимо отличные от нуля при $p < 0,05$, которые

относились к общему количеству коэффициентов. В результате были получены так называемые коэффициенты сопряженности [5]. Распределение этих коэффициентов представлено на рисунке 2. Здесь по оси ординат отложены коэффициенты сопряженности, а по оси абсцисс – пары корреляционных отношений: 1 – «диастолическое артериальное давление / пиковое давление вдоха»; 2 – «диастолическое артериальное давление / объемная скорость дыхания»; 3 – «диастолическое артериальное давление / парциальное давление углекислого газа выдыхаемого воздуха»; 4 – «диастолическое артериальное давление / парциальное давление кислорода выдыхаемого воздуха».

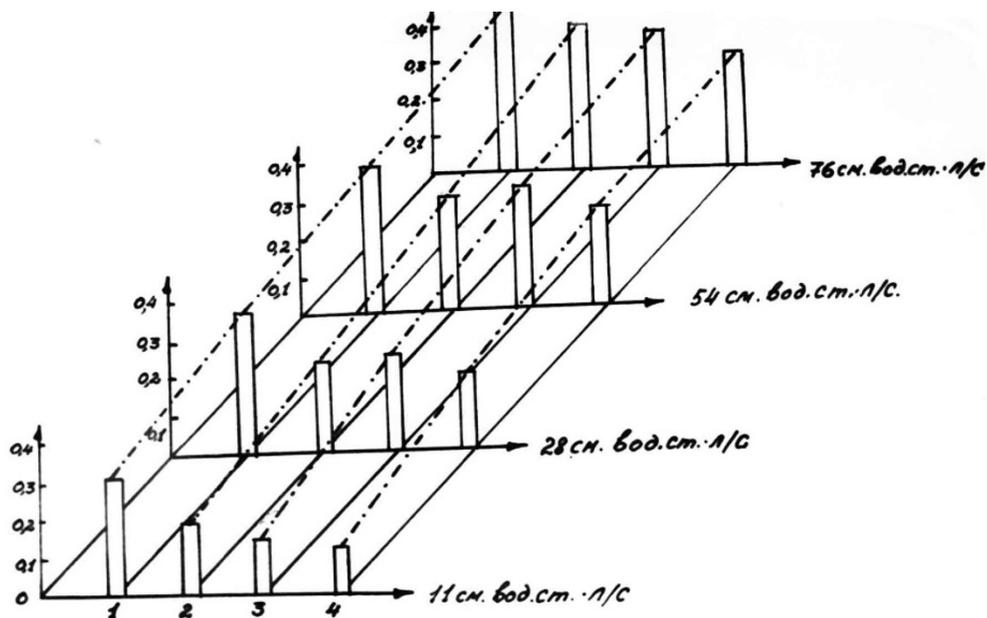


Рис. 2. Распределение коэффициентов сопряженности между показателями корреляционных отношений действия фактора резистивной нагрузки разной интенсивности на уровень диастолического артериального давления и параметры системы дыхания (обозначения показателей приведены в тексте)

Как видно из представленного рисунка 2, определяется существенная степень взаимосвязи между характером изменений показателей диастолического артериального давления и параметрами системы дыхания под действием резистивной нагрузки. Это характеризует взаимосвязь диастолического давления и пикового давления вдоха, т. е. определяет тесную связь изменения гемодинамики с центрально-инспираторной активностью. Данная связь хорошо прослеживалась на всех величинах резистивной нагрузки, причем особенно заметной она становилась на максимальной градации дополнительного респираторного сопротивления. Динамика коэффициентов сопряженности кровяного давления и показателей вентиляторного выхода системы дыхания (пневмотахографических и пневмографических параметров) в целом была сходна и зависела от величины резистивной нагрузки. Если на малых величинах

сопротивления дыханию эта связь не была выражена, то с нарастанием интенсивности фактора нагрузки она увеличивалась. Приблизительно сходную динамику испытывали и коэффициенты сопряженности показателей корреляционных отношений «диастолическое давление / парциальное давление углекислого газа выдыхаемого воздуха» и «диастолическое давление / парциальное давление кислорода выдыхаемого воздуха», хотя и были наименьшими в ряду коэффициентов рассматриваемых показателей.

Изменения гемодинамики и, в частности, кровяного давления при реализации резистивных нагрузок изучались разными авторами преимущественно в рамках «погружных» гипербарических моделей с изменением плотности газовой среды, как правило, в течение довольно длительного времени [6], при этом обычно регистрировалось незначительное увеличение кровяного давления. Известен факт снижения артериального давления при дыхании с перекрытыми воздухоносными путями (инспираторная нагрузка), обусловленного перераспределением притекающей крови под действием присасывающей силы грудной клетки. В ряде экспериментов [7] было отмечено изменение сердечной деятельности и состояния сосудов в результате действия резистивной нагрузки с развитием альвеолярной гипоксии. Представленный выше материал дает возможность воспринимать изменения кровяного давления при реализации резистивных нагрузок не столько как следствие действия данного возмущающего фактора, сколько как вариант мультипараметрического регулирования, когда результатом деятельности систем организма является обеспечение оптимального уровня метаболизма. Ярким подтверждением этому служат наши результаты по условно-рефлекторной регуляции диастолического артериального давления при реализации резистивных нагрузок. Факт опережающего изменения кровяного давления, сопряженного с уровнем прогнозируемой нагрузки, свидетельствует о комплексной стратегии в деятельности различных систем. Эта стратегия обеспечивается, прежде всего, на базе взаимосвязанного мультипараметрического регулирования. Как показал анализ коэффициентов сопряженности деятельности системы дыхания и кровообращения, при нарастании нагрузки степень сопряжения становится все более тесной.

Говоря о конкретных механизмах компенсации, можно предположить, что их несколько. Прежде всего, это врожденные, жестко детерминированные факторы, такие как биомеханические. Действительно, при действии фактора нагрузки нами отмечена очень тесная связь между гемодинамическими (кровяное давление) и биомеханическими (пиковое давление вдоха) показателями межсистемных взаимоотношений, что, очевидно, указывает на исключительно важное значение данного механизма в реализации внешнего сопротивления дыханию. Сложнее обстоит дело с таким механизмом реализации резистивных нагрузок, как гиперкапнически-гипоксическая стимуляция. Опубликованы данные о том, что резистивная

нагрузка, угнетая вентиляторную реакцию на двуокись углерода, вместе с тем не меняет реакцию дыхательной системы человека на недостаток кислорода [8]. Однако многие исследователи считают, что добавочное сопротивление дыханию способствует угнетению вентиляторной реакции [9]. Наши данные свидетельствуют о возможности резистивных нагрузок разной величины создавать статистически значимые уровни гиперкапнии-гипоксии, которые имеют высокую сопряженность с гемодинамическими сдвигами. Таким образом, можно предположить, что резистивная нагрузка способна опосредоваться газовыми стимулами, которые рефлекторно изменяют гемодинамическое обеспечение. Наконец, третий, на наш взгляд, наименее изученный механизм реализации резистивных нагрузок – условно-рефлекторный – может иметь важнейшее значение в адаптивной деятельности организма, существенно перестраивая схему межсистемного сопряжения на базе опережающего сглаживания возможных сдвигов, тем самым выступая в роли важного фактора компенсации.

Выводы

1. Реализация резистивных дыхательных нагрузок до обучения характеризуется гипоксически-гиперкапническими сдвигами.
2. Дополнительное респираторное сопротивление разной величины вызывает сопряженные изменения диастолического артериального давления и показателей системы дыхания.
3. Условно-рефлекторная регуляция при действии резистивных нагрузок вызывает существенное перераспределение механизмов сопряжения кровяного давления и параметров системы дыхания.
4. Отмечена тесная сопряженная связь между показателями реализации резистивных нагрузок в системе кровообращения и центрально-инспираторном механизме; статистическая связь характеризовалась меньшей выраженностью в отношении вентиляторного выхода и уровня гипоксии.

Список литературы

1. Юматов Е.А. Принцип и методология познания природы психической деятельности мозга // Вестник психофизиологии. 2018. № 1. С. 86-95.
2. Бяловский Ю.Ю., Булатецкий С.В. Физиологические механизмы резистивного дыхания человека. Воронеж: Издательство РИТМ. 2018. 402 с.
3. Бреслав И.С., Волков Н.И., Тамбовцева Р.В. Дыхание и мышечная активность человека в спорте. М.: Советский спорт. 2013. 336 с.

4. Бяловский Ю.Ю. Условный дыхательный рефлекс на увеличенное сопротивление дыханию как экспериментальная модель адаптивной деятельности // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. 2012. № 2. С. 75-85.
5. Ракитский В.Н., Юдина Т.В., Сааркоппель Л.М. Развитие проблемы интегральной оценки функционального состояния организма работающих // Лабораторная служба. 2013. Т. 2. № 3. С. 6-9.
6. Александрова Н.П. Цитокины и резистивное дыхание // Физиология человека. 2012. Т. 38. № 2. С. 119-129.
7. Миняева А.В., Морозов Г.И., Петушков М.Н., Золотухина Я.Г., Калашникова Р.А., Кичатов К.Г., Людоговская Д.Е., Орлова Н.О., Миняев В.И. Постуральные особенности реакций дыхания на добавочное сопротивление // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2011. № 22. С. 18- 33.
8. Миняев В.И., Миняева А.В., Морозов Г.И., Петушков М.Н., Дуля Е.А., Золотухина Я.Г., Маркова К.Б., Некрасова С.Б., Орехова А.В., Погодин М.А., Фокина Е.В. Роль торакального и абдоминального компонентов дыхательного аппарата в компенсаторной реакции и адаптации дыхания к добавочному сопротивлению // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2010. № 17-16. С. 16-25.
9. Горбанёва Е.П., Камчатников А.Г., Солопов И.Н., Сегизбаева М.О., Александрова Н.П. Оптимизация функции дыхания посредством тренировки с дополнительным резистивным сопротивлением // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2011. Т. 97. № 1. С. 83-90.