

КАРДИОРЕСПИРАТОРНЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ У ЛИЦ МОЛОДОГО ВОЗРАСТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОМПЗИТНОГО СОСТАВА ТЕЛА



© В.В. Горбань*, О.В. Свистун, Е.В. Горбань

Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

Обоснование. Решающее значение симпатической и парасимпатической нервной системы в поддержании вегетативного гомеостаза требует определения чувствительных, неинвазивных параметров многомерного амбулаторного мониторинга кардиореспираторной адаптации при различных физиологических и клинических состояниях с учетом функции внешнего дыхания (ФВД), композитного состава тела и вариабельности ритма сердца (ВРС).

Цель. Выявить содружественные изменения показателей ВРС, ФВД и композитного состава тела у лиц молодого возраста в качестве маркеров кардиореспираторной адаптации и реабилитации.

Материалы и методы. На базе Кубанского государственного медицинского университета было проведено одноцентровое интервенционное одномоментное одновыборочное сравнительное неконтролируемое исследование общей группы молодых людей, у которых были определены респираторные показатели и параметры композитного состава тела. У части лиц этой группы дополнительно проведено холтеровское мониторирование электрокардиограммы (ЭКГ) на коротких интервалах.

Результаты. Из 573 лиц, включенных в исследование, 547 молодых людей (200 юношей и 347 девушек) его завершили. Холтеровское мониторирование ЭКГ проведено у 135 человек (52 юношей и 83 девушек) этой группы. У лиц молодого возраста изменения композитного состава тела с увеличением общей жировой массы, висцерального и туловищного жира связаны со снижениями ФВД (уменьшение индекса Тиффно, максимального полувыдыхаемого потока — МПП), сопровождающимися уменьшением ВРС (по показателю TI), отсутствием усиления автономного контура регуляции (по показателю SDNN), уменьшением парасимпатической активности (по показателю rMSSD) и отсутствием симпатической активации (по показателю SDANN). Положительные сдвиги в виде повышения туловищной мускулатуры, общего количества воды и снижения общего жира сопровождаются увеличением жизненной емкости легких, объема форсированного выдоха за первую секунду и изменением ВРС с симпатической (по показателю LF/HF, SDANN) и парасимпатической активацией (по показателю rMSSD), увеличением ВРС (по показателю TI), а также усилением автономного контура регуляции вегетативной нервной системы (по показателю SDNN).

Заключение. Для точной и быстрой диагностики вегетативного гомеостаза необходим комплексный коррелятивный анализ параметров, характеризующих ВРС на коротких записях, композитный состав тела человека и ФВД.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *вариабельность ритма сердца; короткие записи ЭКГ; функция внешнего дыхания; композитный состав тела; молодой возраст.*

CARDIORESPIRATORY RELATIONSHIPS IN YOUNG PEOPLE DEPENDING ON THEIR BODY COMPOSITION

© Vitaly V. Gorban*, Olesya V. Svistun, Elena V. Gorban

Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

BACKGROUND: The decisive importance of the sympathetic and parasympathetic nervous system in maintaining vegetative homeostasis requires the determination of sensitive non-invasive parameters of multidimensional outpatient monitoring of cardiorespiratory adaptation under various physiological and clinical conditions, taking into account the function of external respiration (FER), compound body composition and heart rate variability (HRV).

AIM: To identify concomitant changes in HRV, HR and compound body composition in young people as markers of cardiorespiratory adaptation and rehabilitation.

MATERIALS AND METHODS: On the basis of the Kuban State Medical University, a single-centre, interventional, cross-sectional, single-sample, comparative, uncontrolled study of a general group of young people in which respiratory parameters and parameters of the compound body composition were determined. Some individuals in this group additionally underwent Holter monitoring of the electrocardiogram (ECG) at short intervals.

RESULTS: In young people, a change in the compound body composition with an increase in total fat mass, visceral and body fat is associated with a decrease in respiratory function (a decrease in the Tiffno index, a decrease in the maximum middle-expiratory flow — MMEF), manifested by a decrease in HRV (according to the TI indicator), the absence of an increase in the autonomic regulation circuit (according to SDNN indicator), a decrease in parasympathetic activity (in terms of rMSSD) and the absence of sympathetic activation (in terms of SDANN). Positive shifts in the form of an increase in trunk muscles, the total amount of water and a decrease in the total fat mass are accompanied by an increase in lung capacity, forced ex-

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.



piratory volume in the first second and a change in HRV with sympathetic (in terms of LF / HF, SDANN) and parasympathetic activation (in terms of rMSSD), an increase in HRV (in terms of TI) and an increase in the autonomic regulation circuit of the vegetative nervous system (in terms of SDNN).

CONCLUSION: Accurate and rapid diagnostics of vegetative homeostasis requires a comprehensive correlative analysis of the parameters characterizing HRV in short recordings, the compound composition of the human body and respiratory function.

KEYWORDS: heart rate variability; short-term electrocardiogram; respiratory functions; compound body composition; young age.

ОБОСНОВАНИЕ

Вариабельность ритма сердца (BPC) отражает саморегуляторную активность вегетативной нервной системы (ВНС), все функции которой опосредованы антагонизмом симпатической нервной системы (СНС) и парасимпатической нервной системы (ПНС). Обе системы имеют решающее значение для регулирования и поддержания гомеостаза [1]. В связи с этим особое значение приобретает поиск чувствительных, неинвазивных, быстрых и экономичных методов многомерного тестирования для улучшения мониторинга кардиореспираторной адаптации при различных физиологических и клинических состояниях [2, 3]. Несмотря на доступность методики мониторингирования ЭКГ, практическое применение параметров BPC в клиническом мониторинге реабилитационного процесса остается ограниченным. Это объясняется тем, что простое явление, связанное с активностью ВНС, не поддается однозначной оценке из-за множества факторов, модифицирующих параметры BPC, к которым относятся масса тела, композитный состав тела человека [4, 5] и функциональное состояние дыхания [6]. Дополнительной проблемой является подбор оптимальных параметров BPC для оценки вегетативного гомеостаза в клинических и функциональных состояниях. Интерес к этой области растет, а исследования параметров BPC на коротких записях в качестве амбулаторного клинического инструмента приобретают в последние годы возрастающее значение [7].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выявить содружественные изменения показателей variability ритма сердца (BPC), функции внешнего дыхания (ФВД) и композитного состава тела у лиц молодого возраста в качестве маркеров кардиореспираторной адаптации и реабилитации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Место и время проведения исследования

Место проведения. Исследование проводилось в Кубанском государственном медицинском университете на кафедре поликлинической терапии с курсом общей врачебной практики (семейной медицины).

Период исследования: сентябрь 2019–декабрь 2020 гг.

Исследуемые популяции

Изучалась одна популяция.

Критерии включения: возраст от 18 до 26 лет, синусовый ритм, нормальное систолическое и диастолическое артериальное давление (АД).

Критерии исключения: поражения ВНС, инфекционные, сердечно-сосудистые, бронхолегочные, эндокринные и онкологические заболевания, а также беременность.

Способ формирования выборки из изучаемой популяции

Использован сплошной способ формирования выборки.

Дизайн исследования

Одноцентровое интервенционное одномоментное одновыборочное сравнительное.

Описание медицинского вмешательства (для интервенционных исследований)

В рамках исследования проводились антропометрия, биоимпедансометрия с изучением композитного состава тела человека, электрокардиография, холтеровское мониторирование ЭКГ на коротких 10-минутных записях, определение показателей ФВД.

Методы

Всем исследуемым проводились анкетирование, антропометрия с вычислением индекса массы тела ($ИМТ = \text{вес(кг)} / \text{рост(м)}^2$) и окружности талии (ОТ). Нормативными значениями ИМТ считали 18,5–24,9 кг/м², дефицитом массы тела — ИМТ < 18,5 кг/м², избыточной массой тела — ИМТ 25,0–29,9 кг/м², ожирением 1-й степени — ИМТ 30,0–34,9 кг/м², ожирением 2-й степени — ИМТ 35,0–39,9 кг/м², ожирением 3-й степени — ИМТ более 40,0 кг/м². Риск развития метаболических нарушений считался умеренным при ОТ 94–102 см у мужчин и 80–88 см у женщин, а высоким — при ОТ более 102 см у мужчин и более 88 см у женщин.

Плечевая тонометрия проводилась автоматическим аппаратом OMRON i-Q142 с соблюдением следующих условий: исключались употребление кофе и крепкого чая в течение 1 ч перед исследованием и табакокурение в течение 30 мин до измерения АД. Измерение АД осуществлялось в покое после 5-минутного отдыха; в случае если процедуре измерения АД предшествовала значительная физическая или эмоциональная нагрузка, период отдыха продлевался до 15–30 мин. Для оценки уровня АД на каждой руке выполнялось не менее двух измерений с интервалом не менее 1 мин; при разнице АД ≥ 5 мм рт. ст. производили одно дополнительное измерение. За регистрируемое значение принимали минимальное из трех измерений композитного состава тела человека. Биоимпедансометром Tanita BC-418 определяли общий жир — ОЖ (FAT), в % и кг, туловищный жир — ТЖ (Trunk FAT), в % и кг, висцеральный жир — ВЖ (VisF) в усл. ед., безжировую

массу тела — БЖМТ (Trunk FFM), в % и кг, туловищную мышечную массу — ТМ (Trunk MM) и общее количество воды в организме — ОКВ (TBW), в % и кг.

Комплексную оценку ФВД (FER) проводили на компьютеризированном спирометре MicroLab (CareFusion). Определяли жизненную емкость легких — ЖЕЛ (EVC), объем форсированного выдоха за 1 с — ОФВ₁ (FEV₁), объем форсированного выдоха за 6 с — ОФВ₆ (FEV₆), форсированную ЖЕЛ — ФЖЕЛ (FVC), индекс Тиффно — ОФВ₁/ФЖЕЛ (FEV₁/FVC), максимальный полувыдыхаемый поток — МПП (MMEF) — средний максимальный поток выдоха, измеренный между 75% и 25% ФЖЕЛ.

Исследование ВРС осуществляли амбулаторно аппаратом мониторингирования ЭКГ BTL-08 ECG HOLTER с использованием пакета программ автоматического компьютерного анализа ЭКГ BTL CardioPoint — Holter. Электроды накладывались в 3 модифицированных грудных отведениях V₁, V₂ и V₅. Изучали временные (с 1-го по 5-й) и спектральные (6-й) показатели ВРС: 1) SDNN (мс) — стандартное отклонение от средней длительности всех синусовых интервалов R-R; 2) SDANN (мс) — стандартное отклонение средних значений кардиоинтервалов, вычисленных по пятиминутным промежуткам; 3) RMSSD (мс) — среднеквадратичное различие между продолжительностью соседних синусовых интервалов R-R; 4) pNN50 (%) — доля соседних синусовых интервалов R-R, которые различаются более чем на 50 мс; 5) TI — триангулярный индекс, интеграл плотности распределения N-N интервалов, отнесенный к максимуму плотности распределения; 6) LF/HF (ед.) — коэффициент симпатовагального баланса, отношение низкочастотного к высокочастотному компоненту спектра.

Статистический анализ

Статистические расчеты были выполнены с использованием программного обеспечения Statistica 10.0 (Statsoft, Inc., США) и Wizard-Statistics (США). Тест Колмогорова–Смирнова использовался для оценки нормальности распределения данных. При нормальном распре-

делении значений в сравниваемых выборках применяли t-критерий Стьюдента с представлением средних значений и стандартной ошибки средних значений (m) с определением 95% доверительного интервала (p<0,05). Коэффициент корреляции Пирсона (r) был рассчитан, чтобы проиллюстрировать взаимосвязи между параметрами композитного состава тела человека, ФВД и ВРС. Пороговая вероятность p<0,05 была принята за уровень значимости для всех статистических тестов. Значения стандартных параметров ВРС сравнивались с показателями ФВД композитного состава тела человека с использованием тестов Манна–Уитни, Краскела–Уоллиса и ANOVA.

Этическая экспертиза

При проведении исследования соблюдались принципы Хельсинской декларации. Исследование было одобрено независимым этическим комитетом ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, протокол № 39 от 13.10.2020 г. Участники исследования подписали информированное согласие и согласие для обработки персональных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Обследованы 547 студентов и клинических ординаторов (200 юношей и 347 девушек) в возрасте от 18 до 26 лет (средний возраст 20,0±0,11 года), которые были отнесены к одной из 4 групп: 1-я группа — 89 человек (17 юношей и 72 девушки) с дефицитом массы тела (ИМТ<18,5 кг/м²), 2-я группа — 311 молодых людей (106 юношей и 205 девушек) с нормальной массой тела (ИМТ 18,5–24,9 кг/м²), 3-я группа — 90 человек (45 юношей и 45 девушек) с избыточной массой тела (ИМТ 25–29,9 кг/м²), 4-я группа — 57 (32 юношей и 25 девушек) с ожирением 1-й и 2-й степеней (ИМТ >29,9 кг/м²). Из этой группы были выделены 135 человек (52 юноши и 83 девушки), которым было проведено холтеровское мониторирование ЭКГ на коротких интервалах. Характеристика обследованных лиц представлена в таблице 1.

Таблица 1. Общая характеристика обследованных молодых людей

Table 1. General characteristics of the surveyed young people

Показатель	Юноши (n=200)	Девушки (n=347)	P
Возраст, лет (M±m)	20,0±0,16	20,0±0,12	1,000
САД, мм рт. ст. (M±m)	125,0±0,75	110,0±0,55	0,000
ДАД, мм рт. ст. (M±m)	75,0±0,58	72,0±0,45	0,000
Масса, кг (M±m)	78,0±1,22	60,0±0,72	0,000
Рост, см (M±m)	179,0±0,54	166,0±0,31	0,000
ИМТ, кг/м ² (M±m)	24,3±0,36	21,8±0,25	0,000
ИМТ<18,5 кг/м ² (M±m) n, %	17,3±0,22 17 (8,5)	17,3±0,1 72 (20,8)	1,000
ИМТ 18,5–24,9 кг/м ² (M±m) n, %	21,6±0,17 106 (53)	20,8±0,11 205 (59)	0,000
ИМТ 25–29,9 кг/м ² (M±m) n, %	27,2±0,24 45 (22,5)	27,3±0,22 45 (13)	0,760
ИМТ 30,0–39,9 кг/м ² (M±m) n, %	33,1±0,53 32 (16)	33,4±0,6 25 (7,2)	0,709

Основные результаты исследования

По данным исследования, в общей группе девушек отличались от юношей статистически значимыми меньшими средними значениями роста, ИМТ, величин систолического артериального давления (САД) и диастолического артериального давления (ДАД). Частоты избыточной массы тела (22,5%) и ожирения (16,0%) у юношей и девушек (13,0 и 7,2%) были примерно одинаковыми ($p>0,05$) (табл. 1).

Анализ параметров ФВД в зависимости от ИМТ показал, что у молодых людей с дефицитом ИМТ по сравнению с лицами, включенными в группы 2, 3 и 4, регистрировались статистически значимые самые низкие показатели ЖЕЛ, ОФВ₁, ОФВ₆, ФЖЕЛ, пиковой скорости выдоха (ПСВ), но более высокий уровень ОФВ₁/ФЖЕЛ. В то же время у пациентов с нормальным ИМТ показатели ЖЕЛ, ОФВ₁, ОФВ₆, ФЖЕЛ, ОФВ₁/ФЖЕЛ имели статистически значимо меньшие величины по сравнению с пациентами 3-й и 4-й групп, а показатели ОФВ₁, ПСВ, МПП были одинаковыми (табл. 2).

Уточнение причин выявленных изменений параметров ФВД у лиц с разными значениями ИМТ требует сопоставления респираторных показателей с особенностями композитного состава тела. Изучение показателей ФВД в зависимости от композитного состава тела человека показало, что у мужчин по сравнению с женщинами были более высокие значения ЖЕЛ (t-тест, $p<0,001$; коэф. ранговой корреляции, $p<0,001$), ОФВ₁ (коэф. ранговой корреляции, $p<0,001$; тест Манна-Уитни, $p<0,001$), ФЖЕЛ (коэф. ранговой корреляции, $p<0,001$; тест Манна-Уитни, $p<0,001$). Также ЖЕЛ была выше у пациентов с более высокими значениями САД (коэф. корреляции Пирсона, $p<0,001$; ANOVA, $p<0,001$; тест Краскела-Уоллиса, $p<0,001$), но с меньшей частотой сердечных сокращений (коэф. корреляции Пирсона, $p=0,022$).

Как показано на рис. 1, статистически значимое более высокое значение ЖЕЛ у молодых людей с более высоким ИМТ сопровождалось меньшим значением ОЖ, но большим содержанием БЖМТ и ТМ. Более того, величина ОФВ₁ также была выше у лиц с меньшей массой ОЖ, но с большим содержанием ТМ и с более значительным общим количеством воды в организме. Статистически значимое более низкое значение показателя индекса Тиффно ассоциировалось не только с увеличением массы ОЖ, но и с повышением величины ВЖ (рис. 1).

При этом МПП был статистически более низким при повышении значений массы ОЖ (коэф. корреляции Пирсона, $p=0,002$), ВЖ (коэф. корреляции Пирсона, $p=0,002$; ANOVA, $p=0,005$; тест Краскела-Уоллиса, $p=0,008$), ТЖ (коэф. корреляции Пирсона, $p<0,001$; ANOVA, $p=0,013$; тест Краскела-Уоллиса, $p=0,005$) и более высоким МПП при повышении ОКВ в организме (коэф. корреляции Пирсона, $p=0,002$; тест Краскела-Уоллиса, $p=0,008$). Следующим этапом нашего исследования было изучение вегетативной регуляции ритма сердца в зависимости от ФВД и композитного состава тела человека.

Дополнительные результаты исследования

При сопоставлении показателей ВРС и ФВД оказалось, что прямая корреляция параметра SDANN с ОФВ₆ (коэф. корреляции Пирсона, $p=0,011$) и с ЖЕЛ (коэф. корреляции Пирсона, $p=0,005$) указывала на превалирование активности СНС при повышении SDANN. Однако обратная корреляция SDANN со значениями ПСВ (коэф. корреляции Пирсона, $p<0,001$) не обнаружила повышения симпатической активности при понижении SDANN. Результаты исследования ассоциативной связи параметров ВРС и ФВД,

Таблица 2. Сравнительная характеристика спирометрических параметров молодых людей с различными уровнями ИМТ

Table 2. Comparative characteristics of spirometric parameters of young people with different levels of BMI

Показатель	1-я группа ИМТ<18,5 кг/м ² n=89	2-я группа ИМТ 18,5–24,9 кг/м ² n=311	3-я группа ИМТ 25–29,9 кг/м ² n=90	4-я группа ИМТ>30 кг/м ² n=57
ЖЕЛ, л	3,38±0,08 [°]	3,84±0,057 ^{*°}	4,34±0,121 [*]	4,57±0,134 [*]
ОФВ ₁ , л	3,23±0,075 [°]	3,59±0,046 ^{*°}	3,89±0,09 [*]	3,93±0,118 [*]
ОФВ ₁ , %	90,63±1,79 [°]	95,91±0,72 [*]	98,57±1,46 [*]	98,02±2,31 [*]
ОФВ ₆ , л	3,29±0,095 [°]	3,82±0,052 ^{*°}	4,22±0,12 [*]	4,48±0,132 [*]
ФЖЕЛ, %	82,87±1,45 [°]	88,72±1,08 [°]	92,07±1,8 [*]	96,51±1,64 [*]
ФЖЕЛ, л	3,37±0,082 [°]	3,82±0,052 ^{*°}	4,27±0,11 [*]	4,48±0,132 [*]
ПСВ, л/мин	397,07±9,3 [°]	432,63±6,4 [*]	474,5±12,5 [*]	461,2±16,7 [*]
ПСВ, %	85,57±1,49 [#]	87,26±0,87 [#]	90,98±1,67 [*]	91,1±2,34 [*]
ОФВ ₁ /ФЖЕЛ, %	113,93±0,7 [°]	112,11±0,5 ^{*°}	108,7±0,85 [*]	105,47±1,2 [*]
МПП, л/с	4,42±0,107	4,95±0,305	4,68±0,129	4,51±0,17
МПП, %	102,17±2,1	103,66±1,5 [°]	99,12±2,53	96,07±3,07

Примечание. Данные представлены в виде M±m. * — $p<0,002$ от 1-й группы, # — $p<0,002$ от 3-й группы, ° — $p<0,002$ от 4-й группы.

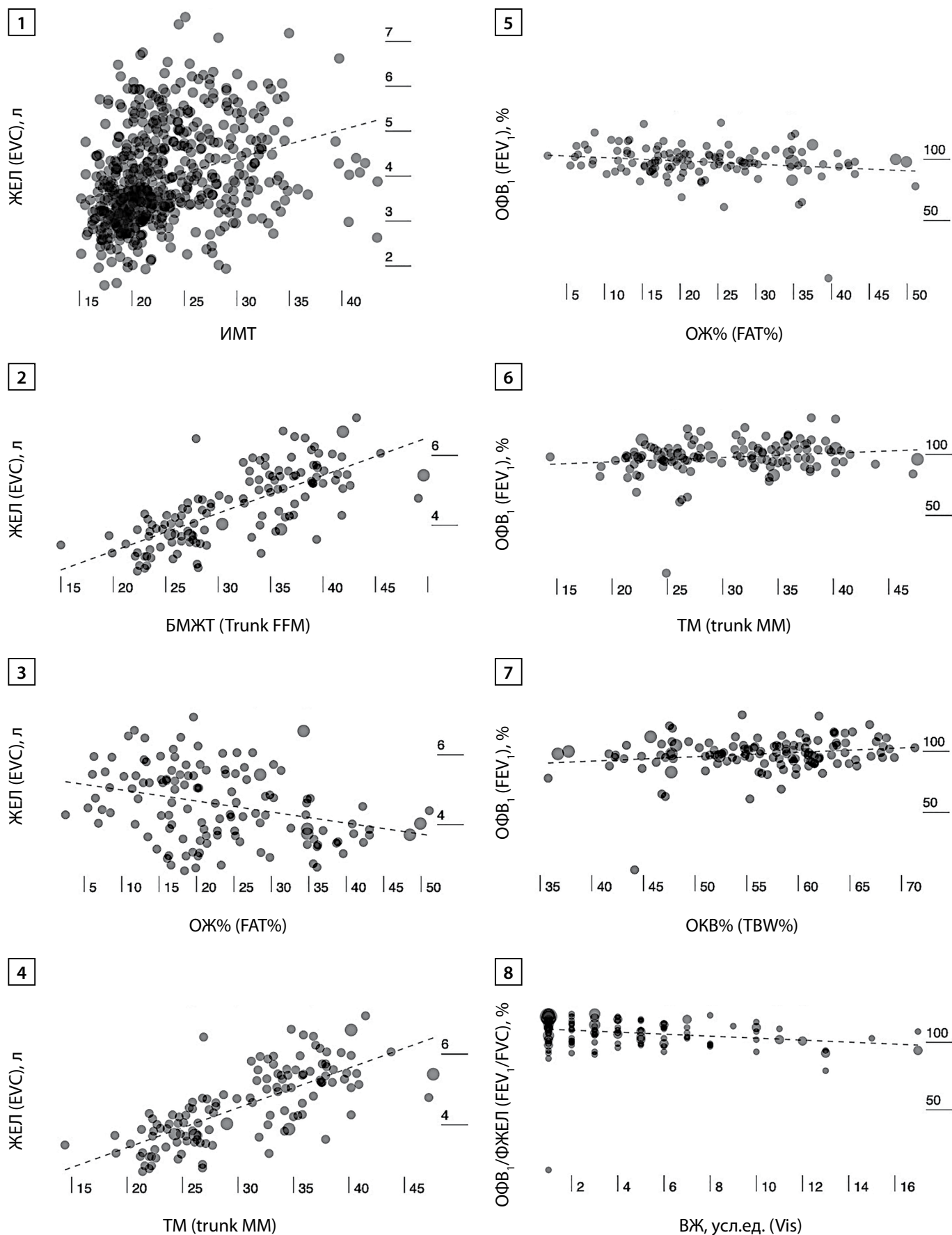


Рисунок 1. Коэффициент корреляции Пирсона между параметрами ФВД и композитным составом тела: 1) ЖЕЛ и ИМТ ($r=0,307$; $p<0,001$); 2) ЖЕЛ и БМЖТ ($r=0,733$; $p<0,001$); 3) ЖЕЛ и ОЖ ($r=-0,239$; $p<0,001$); 4) ЖЕЛ и ТМ ($r=0,733$; $p<0,001$); 5) ОФВ₁ и ОЖ ($r=-0,210$; $p=0,014$); 6) ОФВ₁ и ТМ ($r=0,175$; $p=0,041$); 7) ОФВ₁ и ОКВ ($r=0,206$; $p=0,016$); 8) индекс Тиффно и ВЖ ($r=-0,232$; $p=0,006$).

Figure 1. Pearson's correlation coefficient between parameters of respiratory function and compound body composition: 1) EVC and BMI ($r=0.307$, $p<0.001$); 2) EVC and Trunk FFM ($r=0.733$, $p<0.001$); 3) EVC and FAT ($r=-0.239$, $p<0.001$); 4) EVC and Trunk MM ($r=0.733$, $p<0.001$); 5) FEV₁ and FAT ($r=-0.210$, $p=0.014$); 6) FEV₁ and Trunk MM ($r=0.175$, $p=0.041$); 7) FEV₁ and TBW ($r=0.206$, $p=0.016$); 8) Tiffno index and VisF ($r=-0.232$, $p=0.006$).

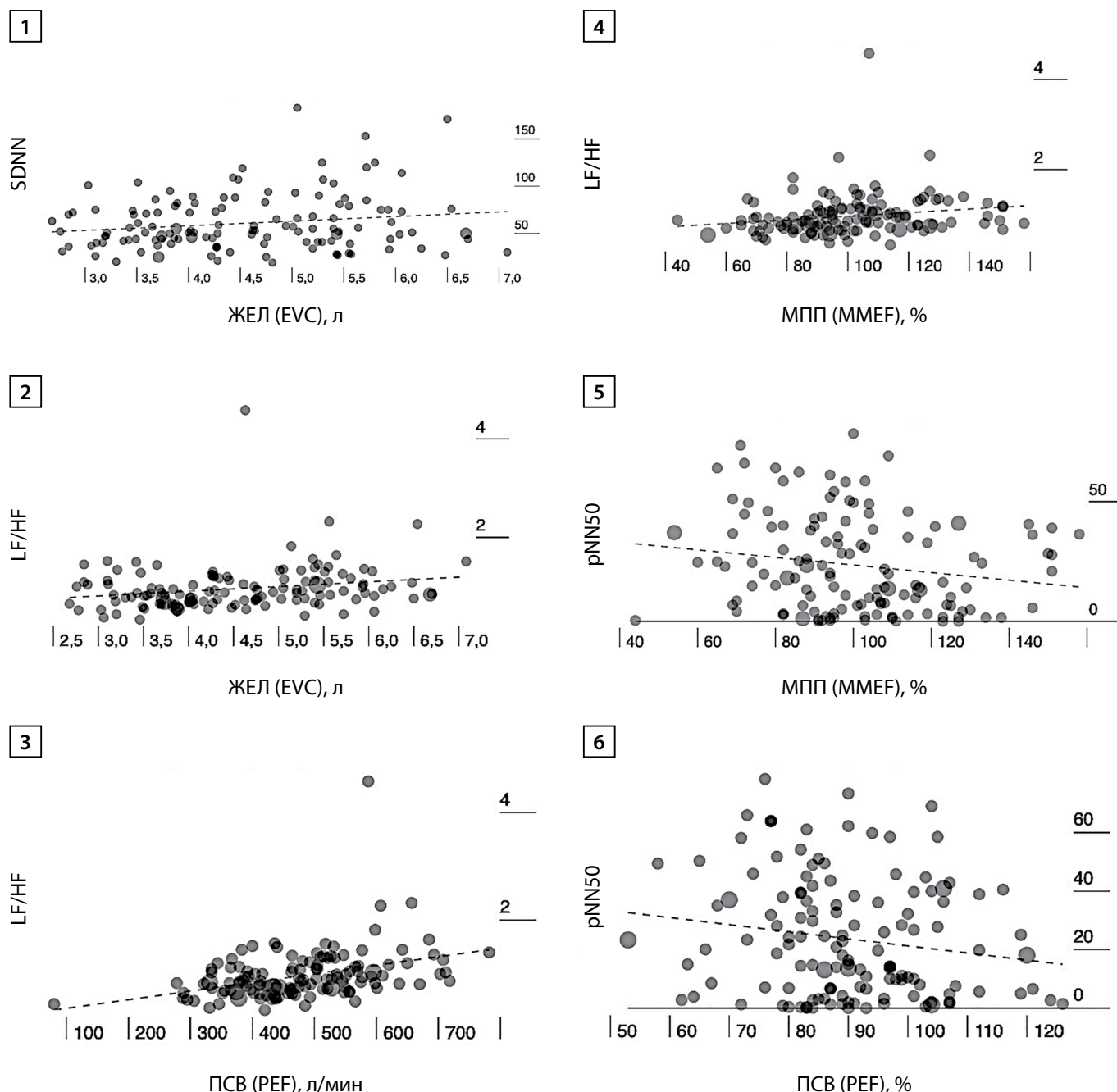


Рисунок 2. Коэффициент корреляции Пирсона между параметрами ВРС и ФВД: 1) SDNN и ЖЕЛ ($r=0,173$; $p=0,046$); 2) LF/HF и ЖЕЛ ($r=0,215$; $p=0,013$); 3) LF/HF и ПСВ ($r=0,381$; $p<0,001$); 4) LF/HF и МПП ($r=0,193$; $p=0,024$); 5) pNN50 и МПП ($r=-0,179$; $p=0,037$); 6) pNN50 и ПСВ ($r=-0,176$; $p=0,040$).

Figure 2. Pearson's correlation coefficient between HRV and FER parameters: 1) SDNN and EVC ($r=0,173$, $p=0,046$); 2) LF/HF and EVC ($r=0,215$, $p=0,013$); 3) LF/HF and PEF ($r=0,381$, $p<0,001$); 4) LF/HF and MMEF ($r=0,193$, $p=0,024$); 5) pNN50 and MMEF ($r=-0,179$, $p=0,037$); 6) pNN50 and PEF ($r=-0,176$, $p=0,040$).

представленные на рисунке 2, отразили усиление автономного контура регуляции ВНС, исходя из прямой связи величин SDNN и ЖЕЛ при увеличении SDNN, а также отсутствие превалирования парасимпатической активности ВНС, исходя из понижения pNN50, по данным обратной связи показателя pNN50 с ПСВ и с МПП. Наоборот, усиление симпатической активности ВНС было продемонстрировано, исходя из положительной корреляции индекса LF/HF со значениями ЖЕЛ, ПСВ, МПП, а также ПСВ (коэф. корреляции Пирсона, $p=0,015$; тест Краскела–Уоллиса, $p=0,037$) при увеличении индекса LF/HF.

При детальном сопоставлении показателей ВРС и параметров, характеризующих композитный состав

тела в общей группе всех обследованных пациентов, была выявлена обратная связь ОЖ с Т1 (коэф. корреляции Пирсона, $p=0,012$; тест Краскела–Уоллиса, $p=0,036$), что отражало уменьшение общей ВРС при увеличении ОЖ. При этом отрицательные корреляции SDNN с ОЖ (коэф. корреляции Пирсона, $p<0,001$; ANOVA, $p=0,006$; тест Краскела–Уоллиса, $p=0,005$) и с ТЖ (коэф. корреляции Пирсона, $p=0,001$; ANOVA, $p=0,028$; тест Краскела–Уоллиса, $p=0,044$) указывали на отсутствие усиления автономного контура регуляции ВНС при повышении SDNN. Наличие прямой связи показателя SDANN со значениями БЖМТ (коэф. корреляции Пирсона, $p=0,007$) и ОТ (коэф. корреляции Пирсона, $p=0,006$) отражало превалирование активности

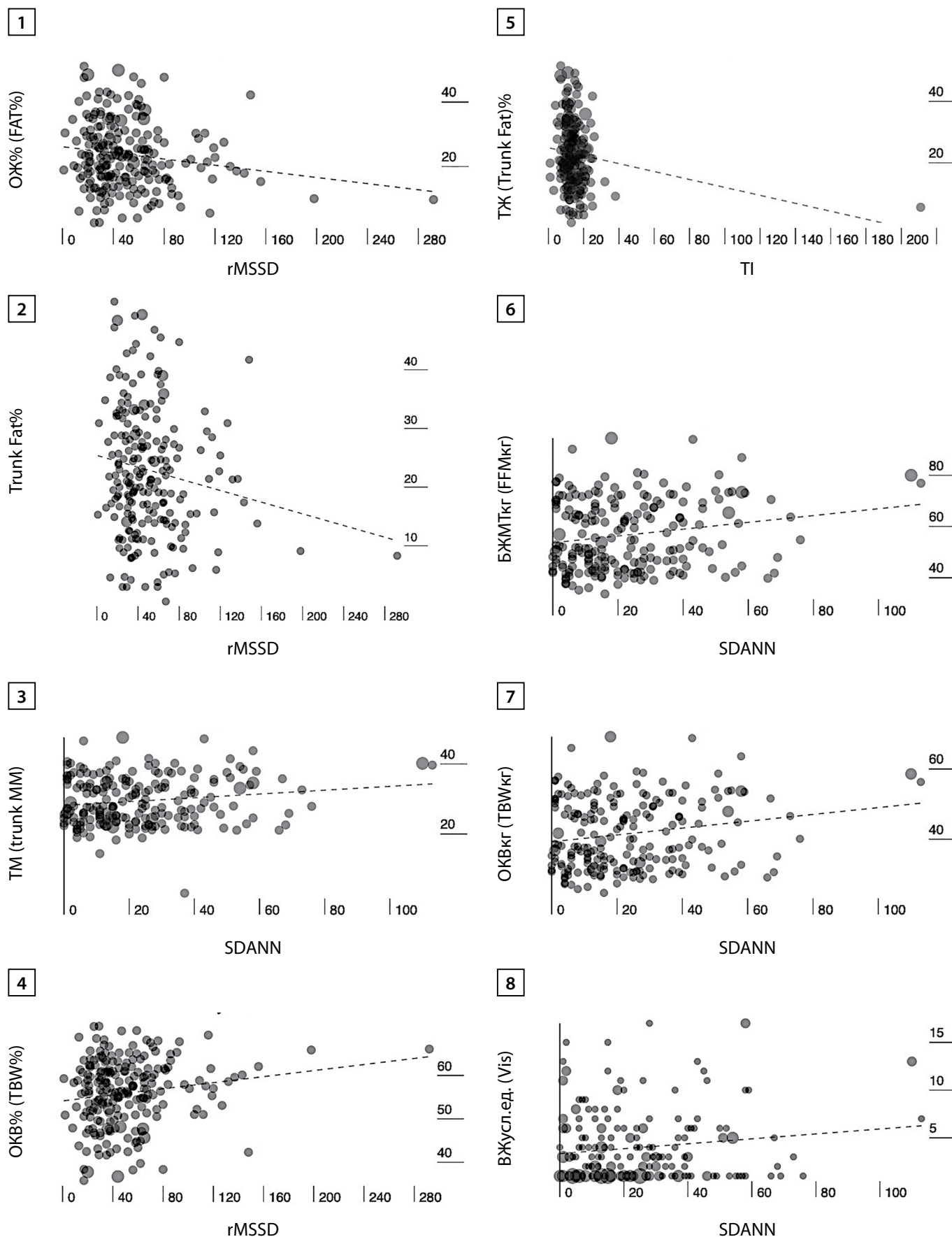


Рисунок 3. Коэффициент корреляции Пирсона между параметрами ВРС и составом тела: 1) ОЖ и rMSSD ($r=-0,154$; $p=0,020$); 2) ТЖ и rMSSD ($r=-0,154$; $p=0,021$); 3) ТМ и SDANN ($r=0,160$; $p=0,017$); 4) ОКБ и rMSSD ($r=0,154$; $p=0,021$); 5) ТЖ и TI ($r=-0,218$; $p=0,014$); 6) БЖМТкр и SDANN ($r=0,19$; $p=0,003$); 7) ОКБ и SDANN ($r=0,197$; $p=0,003$); 8) ВЖ и SDANN ($r=0,141$; $p=0,037$).

Figure 3. Pearson's correlation coefficient between HRV parameters and compound body composition: 1) FAT and rMSSD ($r=-0,154$, $p=0,020$); 2) Trunk FAT and rMSSD ($r=-0,154$, $p=0,021$); 3) Trunk MM and SDANN ($r=0,160$, $p=0,017$); 4) TBW and rMSSD ($r=0,154$, $p=0,021$); 5) Trunk FAT and TI ($r=-0,218$, $p=0,014$); 6) Trunk FFM and SDANN ($r=0,19$, $p=0,003$); 7) TBW and SDANN ($r=0,197$, $p=0,003$); 8) VisF and SDANN ($r=0,141$, $p=0,037$).

СНС при увеличении SDANN. В составе БЖМТ необходимо обратить внимание на связь общего количества воды с параметрами ВРС. Так, прямая связь SDNN с ОКВ (коэф. корреляции Пирсона, $p < 0,001$; ANOVA, $p = 0,006$; тест Краскала–Уоллиса, $p = 0,007$) указывала на усиление автономного контура регуляции при более высоких показателях ОКВ, а положительная связь ОКВ с ТП (коэф. корреляции Пирсона, $p = 0,012$) отражала усиление общей ВРС при увеличении ТП. На рисунке 3 отражены статистически значимые корреляции отдельных параметров ВРС и композитного состава тела. Так, обратные связи rMSSD с ОЖ и с ТЖ свидетельствовали об уменьшении активности парасимпатического отдела ВНС при повышении rMSSD. Наоборот, прямая связь rMSSD с ОКВ отражала увеличение парасимпатической активности при более высоких значениях rMSSD. При этом положительные связи параметра SDANN с такими показателями, как ТМ, БЖМТ, ОКВ и ВЖ, отражали превалирование активности СНС при увеличении SDANN. Снижение значения ТЖ при увеличении ТП, дающего интегральную оценку ВРС, указывало на увеличение общей ВРС при более высоких значениях ТП.

ОБСУЖДЕНИЕ

Репрезентативность выборок

Данное исследование выполнено в г. Краснодаре, который является типичным для южного Федерального округа крупным индустриальным центром. Набор участников исследования проводился только в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет». Были обследованы молодые люди (юноши и девушки), проживающие в различных районах Краснодарского края. Согласно статистическим данным (половозрастной состав населения Краснодарского края за 2020 год), гендерное соотношение девушки/юноши в возрастной группе 18–26 лет, равное 1,55, сопоставимо с аналогичным показателем нашего исследования, равным 1,7. Вышеизложенное позволяет экстраполировать полученные данные на целевую популяцию.

Сопоставление с другими публикациями

Возраст, показатели ФВД и величина ИМТ позиционируются в качестве потенциальных детерминант, значительно модифицирующих ВРС [6, 8]. Полученные нами корреляции основных параметров ФВД и композитного состава тела человека даже в пределах нормальных значений требуют детального обсуждения. Необходимо отметить, что меньшее содержание ОЖ, но большее количество ТМ сопровождалось более выраженными значениями ЖЕЛ и ОФВ₁, а повышение ОКВ сопрягалось с возрастанием МПП. Наоборот, увеличение ОЖ и ВЖ связано со снижением индекса Тиффно и МПП.

Поскольку существует сложная взаимосвязь между частотой сердечных сокращений и дыханием, учет дыхательной активности необходим для правильной оценки кардиореспираторной вегетативной регуляции [9, 10]. Анализ ВРС и ФВД в общей группе всех обследованных пациентов показал, что прямая корреляция параметра LF/HF и показателей ФВД (ЖЕЛ, МПП, ПСВ), а также SDANN и величин ОФВ₁ и ЖЕЛ отражали активацию СНС при повышении значений LF/HF и SDANN. При этом положительная корреляция SDNN и ЖЕЛ характеризовала усиление авто-

номного контура регуляции ВНС при увеличении SDNN. Параметр SDNN считается золотым стандартом для медицинской стратификации риска заболеваемости даже без учета параметра SDANN [11]. В нашем исследовании обратная корреляция SDANN и ПСВ не подтверждает симпатическую активность при понижении SDANN, а отрицательная корреляция rNN50 с ПСВ и с МПП отражает отсутствие парасимпатического превалирования при меньших значениях rNN50. Наоборот, увеличение парасимпатической активности по величине rNN50 характеризует адекватный тренинг при регулярной физической активности [12], что необходимо учитывать в процессе приобщения населения к здоровому образу жизни [13]. Особенную важность при проведении реабилитации, включая постковидную [14], должно иметь изучение ВРС с учетом ФВД [15].

При детальном анализе состава тела человека в общей группе всех обследованных пациентов было обнаружено, что увеличение ОЖ и ТЖ сопряжено с уменьшением ВРС по данным сниженных значений ТП, отсутствием усиления автономного контура регуляции на основании уменьшения SDNN, а также снижением парасимпатической активности ввиду снижения rMSSD. В ряде работ по изучению ВРС у молодых мужчин также была определена пониженная парасимпатическая активность при избыточной массе тела по сравнению с нормальной по данным rMSSD [16, 17].

Повышение туловищной мышечной массы и ОКВ было сопряжено с превалированием СНС (прямая корреляция SDANN с ТМ и с ОКВ), усилением автономного контура регуляции (прямая корреляция SDNN с ОКВ), усилением ВРС (прямая корреляция ТП с ОКВ) и увеличением парасимпатической активности (прямая корреляция rMSSD с ОКВ). Уместно отметить, что rMSSD является наиболее подходящим и привлекательным параметром контроля выносливости [18].

Ограничения исследования

Ограничением данного исследования является небольшая выборка пациентов с ожирением 3-й и 4-й степеней. Данные ограничения могут быть преодолены при увеличении объема выборки, что позволит с большей степенью статистической значимости подтвердить отрицательное влияние жировой массы и висцерального жира на ВРС и ФВД.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, у лиц молодого возраста изменение композитного состава тела с увеличением жировой массы связано со снижением показателей ФВД, связанных с уменьшением ВРС, отсутствием усиления автономного контура регуляции, уменьшением парасимпатической активности и отсутствием симпатической активации. Положительные сдвиги в виде повышения ТМ, ОКВ и снижения ОЖ сопровождаются увеличением ЖЕЛ, ОФВ₁, МПП и изменением ВРС с симпатической и парасимпатической активацией, увеличением общей ВРС и усилением автономного контура регуляции ВНС. Для точной и быстрой диагностики вегетативного гомеостаза необходим комплексный коррелятивный анализ параметров, характеризующих ВРС на коротких записях, композитный состав тела человека и ФВД.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источники финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.

Участие авторов. Горбань В.В. — существенный вклад в концепцию исследования, внесение важных правок с целью повышения научной ценности статьи, одобрение финальной версии рукописи, согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающее надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы; Свистун О.В. — получение и анализ данных исследования, написание статьи, одобрение финальной версии рукописи, согласие нести ответственность за все аспекты

работы, подразумевающее надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы; Горбань Е.В. — создание дизайна исследования и интерпретация результатов, написание статьи, одобрение финальной версии рукописи, согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающее надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающее надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

Благодарности. Авторы статьи выражают благодарность Ковригиной Ирине Валерьевне, ассистенту кафедры поликлинической терапии с курсом ОБП (семейной медицины) КубГМУ за оказание технической помощи и помощи в переводе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Voss A., Schroeder R., Heitmann A. et al. Short-term heart rate variability—influence of gender and age in healthy subjects. *PLoS One*. 2015;10(3):e0118308. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118308>.
- Hoffmann B, Flatt AA, Silva LEV, et al. A pilot study of the reliability and agreement of heart rate, respiratory rate and short-term heart rate variability in elite modern pentathlon athletes. *Diagnostics*. 2020;10(10):833. doi: <https://doi.org/10.3390/diagnostics10100833>
- Giles DA, Draper N. Heart rate variability during exercise: A comparison of artefact correction methods. *J Strength Cond Res*. 2018;32(3):726-735. doi: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001800>
- Горбань В.В., Меньших В.С., Горбань Е.В. Особенности вегетативной регуляции ритма сердца в зависимости от композитного состава тела у лиц молодого возраста // *Южно-Российский журнал терапевтической практики*. — 2021. — Т. 1. — №2. — С. 76-82. [Gorban VV, Menshix VS, Gorban EV. Features of autonomic regulation of heart rate depending on the composition of the body in young people. *South Russ J Ther Pract*. 2021;2(1):76-82. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.21886/2712-8156-2021-2-1-76-82>
- Алексенко С.Н., Горбань В.В., Черноглазов К.С., Горбань Е.В. Маркеры адаптации к физическим нагрузкам у молодых людей приверженных здоровому образу жизни // *Кубанский научный медицинский вестник*. — 2019. — Т. 26. — №1. — С. 28-35. [Alekseenko SN, Gorban VV, Chernoglazov KS, Gorban EV. Markers of Adaptation to Physical Loads in Young People Committed to Healthy Lifestyle. *Kuban Sci Med Bull.* 2019;26(1):28-35. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2019-26-1-28-35>
- Gąsior JS, Sacha J, Pawłowski M, et al. Normative Values for Heart Rate Variability Parameters in School-Aged Children: Simple Approach Considering Differences in Average Heart Rate. *Front Physiol*. 2018;9(1):28-35. doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01495>
- Bellenger CR, Fuller JT, Thomson RL, et al. Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sport Med*. 2016;46(10):1461-1486. doi: <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0484-2>
- Gąsior JS, Sacha J, Jeleń PJ, et al. Heart Rate and Respiratory Rate Influence on Heart Rate Variability Repeatability: Effects of the Correction for the Prevailing Heart Rate. *Front Physiol*. 2016;7(10):1461-1486. doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00356>
- Matić Z, Platiša MM, Kalauzi A, Bojić T. Slow 0.1 Hz Breathing and Body Posture Induced Perturbations of RRI and Respiratory Signal Complexity and Cardiorespiratory Coupling. *Front Physiol*. 2020;11(10):1461-1486. doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00024>
- Sala R, Malacarne M, Solaro N, et al. A composite autonomic index as unitary metric for heart rate variability: a proof of concept. *Eur J Clin Invest*. 2017;47(3):241-249. doi: <https://doi.org/10.1111/eci.12730>
- Shaffer F, Ginsberg JP. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Front Public Heal*. 2017;5(3):241-249. doi: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
- Subash S, Sathiyaseelan M, Ramachandran D. Resting heart rate variability in regular yoga practitioners - A cross-sectional study. *Ann Med Physiol*. 2020;4(2):12-17. doi: <https://doi.org/10.23921/amp.2020v4i2.100521>
- Шальнова С.А., Максимов С.А., Баланова Ю.А., и др. Приверженность к здоровому образу жизни в российской популяции в зависимости от социально-демографических характеристик населения // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. — 2020. — Т. 19. — №2. — С. 33-41. [Shalnova SA, Maksimov SA, Balanova YuA, et al. Adherence to a healthy lifestyle of the Russian population depending on the socio-demographics. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2020;19(2):33-41. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2020-2452>
- Natarajan A, Su H-W, Heneghan C, et al. Measurement of respiratory rate using wearable devices and applications to COVID-19 detection. *npj Digit Med*. 2021;4(1):136. doi: <https://doi.org/10.1038/s41746-021-00493-6>
- Liu B, Yan S, Wang X, et al. An improved method to evaluate heart rate variability based on time-variant cardiorespiratory relation. *J Appl Physiol*. 2019;127(2):320-327. doi: <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00125.2019>
- Rastovic M, Srdic-Galic B, Barak O, et al. Aging, heart rate variability and metabolic impact of obesity. *Acta Clin Croat*. 2019;58(3):430-438. doi: <https://doi.org/10.20471/acc.2019.58.03>
- Ramalingam L, Ramesh R, Kuppan R. Assessment of cardiac sympathovagal activity in overweight young adult males. *Natl J Physiol Pharm Pharmacol*. 2016;6(2):101-105. doi: <https://doi.org/10.5455/njppp.2015.5.0111201589>
- da Silva VP, de Oliveira NA, Silveira H, et al. Heart rate variability indexes as a marker of chronic adaptation in athletes: A systematic review. *Ann Noninvasive Electrocardiol*. 2015;20(2):108-118. doi: <https://doi.org/10.1111/anec.12237>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ [AUTHORS INFO]:

*Горбань Виталий Васильевич, д.м.н. [Vitaly V. Gorban, MD, PhD]; адрес: Россия, 350087, Краснодар, ул. Инициативная, д. 7 [address: 7 Initiative street, 350087, Krasnodar, Russia]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8665-6796>; Researcher ID: AAH-5498-2021; eLibrary SPIN: 6305-6187; Author ID: 300603; e-mail: gorbanvv@mail.ru

Свистун Олеся Владимировна [Olesya V. Svistun, MD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2765-6328>; eLibrary SPIN: 5088-2575; e-mail: osvistun83@gmail.com

Горбань Елена Витальевна, к.м.н. [Elena V. Gorban, MD, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5026-5053>;
eLibrary SPIN: 4590-0110; e-mail: msgorban@mail.ru

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.

ЦИТИРОВАТЬ:

Горбань В.В., Свистун О.В., Горбань Е.В. Кардиореспираторные взаимосвязи у лиц молодого возраста в зависимости от композитного состава тела // Ожирение и метаболизм. — 2022. — Т. 19. — №3. — С. 261-270. doi: <https://doi.org/10.14341/omet12829>

TO CITE THIS ARTICLE:

Gorban VV, Svistun OV, Gorban EV. Cardiorespiratory relationships in people of young age depending on the composite composition of the body. *Obesity and metabolism*. 2022;19(3):261-270. doi: <https://doi.org/10.14341/omet12829>