

ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯЦИИ РИТМА СЕРДЦА У ЮНОШЕЙ И ДЕВУШЕК С РАЗЛИЧНЫМ КОМПОНЕНТНЫМ СОСТАВОМ ТЕЛА, ДВИГАТЕЛЬНЫМ И ПИЩЕВЫМ ПОВЕДЕНИЕМ



© О.В. Филатова*, Е.В. Кутцева, И.Ю. Воронина

Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

Обоснование. Несмотря на значительное количество работ, посвященных исследованию основных закономерностей регуляции ритма сердца (РС) у лиц в зависимости от величины массы тела, остается ряд невыясненных и даже противоречивых моментов, существенно влияющих на представления о характере самого этого процесса. В частности, нарушение вариабельности РС у больных с метаболическим синдромом характеризуется ослаблением влияния как парасимпатического, так и симпатического отделов автономной нервной системы. Работы, посвященные особенностям вариабельности ритма сердца у молодых людей, ассоциированным с массой тела, немногочисленны.

Цель. Изучить особенности вариабельности ритма сердца у юношей и девушек с различным компонентным составом тела, двигательным и пищевым поведением.

Методы. Проведено одномоментное открытое неконтролируемое нерандомизированное исследование вариабельности РС у юношей и девушек с различным количеством жировой массы тела (ЖМТ) на базе центра оздоровительного питания ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет». Были исследованы вариабельность РС, статус фактического питания и коэффициент физической активности (КФА) в группах лиц с различным количеством ЖМТ.

Результаты. Были обследованы 168 человек (85 юношей и 83 девушки). Обследованные относились к юношескому возрастному периоду (юноши от 17 лет до 21 года, девушки от 16 до 20 лет). Обследованные нами юноши и девушки имели различное количество ЖМТ%. Вариабельность РС, статус фактического питания и КФА были исследованы у 44 человек с пониженным, 71 человека со средним, 53 человек с повышенным количеством ЖМТ. В группе с повышенным количеством ЖМТ у лиц обоего пола наблюдается статистически значимое у лиц обоего пола возрастание относительной (HF%) и абсолютной (HF, мс²) (у девушек) мощности колебаний высокочастотной составляющей кардиоритма. Среднее значение КФА в группе с пониженным количеством ЖМТ у юношей составило 1,52±0,037, у девушек — 1,44±0,099. Среднее значение КФА в группе со средним количеством ЖМТ у юношей составило 1,44±0,029, у девушек — 1,42±0,095. Среднее значение КФА в группе с повышенным количеством ЖМТ у юношей составило 1,23 (Q₂₅₋₇₅ 1,20–1,70), у девушек — 1,26±0,33. У представителей группы с повышенным количеством ЖМТ выше показатель энергетической ценности (ЭЦ) суточного рациона. У юношей более высокая ЭЦ достигалась за счет повышенного потребления жиров, углеводов. Более высокая ЭЦ суточного рациона девушек 3-й группы достигнута за счет белков, жиров, углеводов.

Заключение. Результаты изучения вариабельности РС показали, что двигательное и пищевое поведение оказывает влияние на состояние сердечной деятельности у юношей и девушек — при повышении количества ЖМТ у лиц с максимальной ЭЦ суточного рациона питания и минимальным уровнем двигательной активности в регуляции РС преобладает парасимпатический отдел автономной нервной системы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вариабельность ритма сердца (РС); биоимпедансометрия; жировая масса тела; основной обмен; коэффициент физической активности; энергетическая ценность суточного рациона.

THE PECULIARITIES OF THE HEART RATE REGULATION IN BOYS AND GIRLS WITH DIFFERENT BODY COMPOSITION, MOTOR AND EATING BEHAVIOR

© Olga V. Filatova*, Elena V. Kutseva, Inna Yu. Voronina

Altai State University, Barnaul, Russia

BACKGROUND: There are a lot of works devoted to the study of the main regularities of the heart rate (HR) control in individuals depending on the body weight. Still, there are some uncleared and even controversial issues that significantly influence the notion of this process itself. Particularly, impaired HR variability in patients with the cardiometabolic syndrome is characterized by the weakening of the impact of both parasympathetic and sympathetic branches of the autonomic nervous system. The works devoted to the heart rate variability features in young people associated with the body weight are scarce.

AIM: To study the peculiarities of the heart rate variability in boys and girls with different body composition, motor and eating behavior.

MATERIALS AND METHODS: A cross-sectional, open, single-arm, non-randomized study of the HR variability in adolescents with different body fat mass (BFM) was carried out on the basis of the Center for Healthy Nutrition of Altai State University. The HR variability, nutritional status and physical activity index (PHAI) were studied in the groups of individuals with different body fat mass.

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.



RESULTS: We examined 168 people (85 boys and 83 girls). The surveyed belonged to the adolescent age period (boys from 17 to 21 years old, girls from 16 to 20 years old). The boys and girls examined by us had a different amount of BFM %. The HR variability, nutritional status and physical activity index were studied in 44 people with the low BFM, 71 people with the average BFM, 53 people with the increased BFM. In both sexes, the group with the increased BFM features an increase in the absolute (HF, ms²) and relative (HF%) oscillation power of the heart rate high-frequency component. The average value of the physical activity index in the group with the reduced BFM equals 1.52 ± 0.037 in boys, and 1.44 ± 0.099 in girls. The average value of the physical activity index in the group with the average BFM is 1.44 ± 0.029 and 1.42 ± 0.095 in boys and in girls respectively. The average value of the physical activity index in the group with the increased BFM is 1.23 (Q_{25-75} 1.20–1.70) in boys, and 1.26 ± 0.33 in girls. The representatives of the group with the increased BFM have a higher caloric value (CV) of the daily intake. In young men, a higher CV was achieved due to increased consumption of fats and carbohydrates. In the girls of the third group, a higher CV of the daily intake was gained due to proteins, fats, carbohydrates.

CONCLUSION: The results of the HR variability showed that the motor and eating behavior affect the state of the cardiac function in both boys and girls. An increase in the body fat mass in the individuals with a maximum CV of the daily intake and a minimum level of motor activity is associated with the prevalence of the parasympathetic branch of the autonomic nervous system in the heart rate control.

KEYWORDS: heart rate variability; bioimpedansometry; body fat mass; basal metabolic rate; physical activity index; caloric value of the daily intake.

ОБОСНОВАНИЕ

Современные условия жизни с низкой физической активностью и высокой доступностью пищи и ее большой энергетической ценностью привели к эпидемическому росту распространенности ожирения [1]. Ожирение в юношеском возрасте является фактором, обуславливающим более высокую вероятность ожирения, преждевременной смерти и инвалидности во взрослой жизни. Изучение вариабельности ритма сердца (РС) позволяет выявить влияние центральных регуляторных механизмов и автономных контуров управления функциями сердечно-сосудистой системы, реализуемых симпатическим и парасимпатическим отделами автономной нервной системы [2]. По данным литературы показано, что у подавляющего большинства людей причины избыточной массы тела и ожирения лежат в особенностях пищевого поведения и стиля жизни [3]. Статус фактического питания лиц юношеского возраста достаточно освещен в современной литературе [3, 4]. В настоящее время активно изучается влияние двигательного режима на состояние сердечно-сосудистой системы и ее регуляторных механизмов [2, 5–7]. Несмотря на значительное количество работ [8–13], посвященных исследованию основных закономерностей регуляции РС у лиц в зависимости от величины массы тела, остается ряд невыясненных и даже противоречивых моментов, существенно влияющих на представления о характере самого этого процесса. Вегетативная дисфункция выявляется у 70–86% подростков с ожирением и в зависимости от клинических проявлений бывает по типу симпатикотонии либо ваготонии [12]. Учитывая многочисленные исследования, подтверждающие дисфункцию автономной нервной системы (АНС) при многих заболеваниях, а также значимость донозологической диагностики вегетативных нарушений у молодых людей с ожирением, представляется актуальным выявление измененных показателей вариабельности РС в качестве мишени для превентивных не-медикаментозных воздействий в клинической практике [8]. Предупреждение заболеваний, включая адекватную физическую активность, ассоциированных с метаболическими и системными нарушениями, такими как избыточная масса тела и ожирение, является очевидным показанием к мониторированию вариабельности РС [8].

ЦЕЛЬ

Изучить особенности вариабельности РС у юношей и девушек с различным компонентным составом тела, двигательным и пищевым поведением.

МЕТОДЫ

Место и время проведения исследования

Место проведения. Исследование проводилось на базе центра оздоровительного питания Алтайского государственного университета г. Барнаула.

Время исследования. Набор участников исследования проводился в период с сентября по ноябрь 2019 г.

Изучаемые популяции (одна или несколько)

Изучалась одна популяция.

Критерии включения: возраст от 17 до 21 года.

Критерии исключения: не применялись.

Способ формирования выборки из изучаемой популяции (или нескольких выборок из нескольких изучаемых популяций)

Использовалась простая случайная выборка.

Дизайн исследования

Одноцентровое экспериментальное одномоментное одновыборочное сравнительное исследование.

Описание медицинского вмешательства

В рамках исследования проводились антропометрия, электрокардиография, оценка фактического питания, компонентного состава тела.

Методы

Антропометрические исследования включали измерение длины тела (ДТ), массы тела (МТ). Массо-ростовые отношения оценивались посредством использования индекса массы тела (ИМТ или индекс Кетле-II), рассчитанного по формуле: ИМТ = МТ (кг) / ДТ (м)² с помощью компьютерной программы ВОЗ AnthroPlusv 1.0.4 (<http://www.who.int/growthref/tools/en/>).

Компонентный состав тела выявляли при помощи аппарата для биоимпедансометрии ABC-01 «Медасс», позволявшего определять жировую массу (ЖМТ), тощую безжировую массу, активную клеточную массу, массу скелетной мускулатуры, общее количество жидкости в организме, внеклеточную жидкость, основной обмен (ОО), удельный ОО [15]. Биоэлектрический импедансный анализ основан на физической способности свободных от жира тканей проводить электрический ток. Сопротивление тканей электрическому току прямо соотносится с содержанием в них жидкости — высокогидрированная свободная от жира масса является хорошим проводником, в то время как плохо гидрированная жировая ткань является хорошим изолятором. Под жировой массой тела понимается масса всех липидов в организме (общая ЖМТ). Ранее была показана высокая корреляция оценок ЖМТ и ОО с результатами применения эталонных методов (рентгеновской денситометрии и непрямой калориметрии): коэффициент детерминации r^2 составил 0,94 для ЖМТ и 0,82 для величины ОО [14, 15]. Классификацию ЖМТ проводили по центильным таблицам для соответствующего пола и возраста [17].

Оценку фактического питания методом частотного анализа проводили с помощью компьютерной программы «Анализ состояния питания человека», версия 1.2.4 (ГУ НИИ питания РАМН, 2003–2006 гг.), которая позволяет также определить коэффициент физической активности.

Компьютерная программа «Анализ состояния питания человека» используется для сбора, обработки, анализа данных о потреблении пищи индивидуумом. Исследование ведется с помощью специального атласа пищевых продуктов, введенного в качестве иллюстративного материала в программу. Краткое описание методики работы:

1. заполняется анкета 1, осуществляется введение анкетных данных, антропометрических показателей (вес, рост, окружность талии, обхват бедер). В дальнейшем программа осуществляет расчет ОО, индекса массы тела;
2. заполняется анкета 2, касающаяся физической активности: 2а рабочий день, 2б оставшееся от работы время в будний день, включая ночной сон, 2в физическая активность и выходные дни;
3. заполняется анкета 3, учитывающая частоту и количество потребления пищи за истекший месяц, на основе слов пациента.

Таким образом, мы получаем оценку статуса фактического питания и физической активности человека за истекший месяц по параметрам степени физической активности, их распределению в течение рабочего дня, выходных, отдыха, с учетом ночного сна.

Энергетическая потребность и потребность в питательных веществах обусловлены физической активностью, которую интерпретирует коэффициент физической активности (КФА). Значение КФА 1,4 соответствует I группе ФА (очень низкая физическая активность, работники преимущественно умственного труда). Величина КФА 1,6 соответствует II группе физической активности (низкая физическая активность, работники, занятые легким трудом) [17].

С учетом показателей основного обмена, полученных методом биоимпедансометрии, рассчитали суточную потребность обследованных в калориях (СПК), которую определяли по формуле:

$$\text{СПК} = \text{ОО} \times \text{КФА}.$$

Электрокардиографическое исследование проводилось с использованием электрокардиографа «Поли-спектр-8\EX» с применением программного обеспечения фирмы «Нейрософт» (г. Иваново, РФ). В состоянии покоя регистрировали кардиоритмограмму на коротких 5-минутных промежутках в положении пациента лежа на спине, при спокойном дыхании и отсутствии воздействия внешних раздражителей. Регистрировались РС, частота сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин). Определяли временные показатели: SDNN — среднеквадратичное отклонение интервалов R-R, RMSSD — среднеквадратичное отклонение межинтервальных различий; pNN50% — долю смежных интервалов, отличающихся более чем на 50 мс. При спектральном анализе оценивали VLF — мощность волн в диапазоне очень низких частот, LF — мощность волн в диапазоне низких частот, HF — мощность волн в диапазоне высоких частот, TP — общую мощность спектра. Проводился анализ с вычислением спектра мощности колебаний в трех частотных диапазонах: 0,004–0,08 Гц (VLF); 0,09–0,16 Гц (LF); 0,17–0,5 Гц (HF).

Основной исход исследования

Показатели вариабельности РС у юношей и девушек с различным количеством ЖМТ.

Дополнительные исходы исследования

Статус фактического питания и уровень физической активности юношей и девушек.

Анализ в подгруппах

Группу 1 составили юноши и девушки с пониженной ЖМТ (содержание жира в организме ниже 25-го центиля); группу 2 — юноши и девушки с нормальной ЖМТ (содержание жира в организме от 25-го до 75-го центиля), группу 3 — юноши и девушки с повышенной ЖМТ (содержание жира в организме выше 75-го центиля).

Этическая экспертиза

Протокол исследования был одобрен комитетом по этике ФБГОУ ВО «Алтайский государственный университет» (№ 6 от 20.01.2021 г.). От всех участников обследования было получено письменное информированное согласие.

Статистический анализ

Методы статистического анализа данных: статистическая обработка данных проведена с использованием программного продукта SPSS 21.0. Принято, что показатели вариабельности РС имеют лог-нормальное распределение [18], поэтому все они анализируются с применением непараметрических критериев. Количественные признаки представлены в виде медианы (Me), интерквартильного интервала (Q_{25-75}). Для сравнения групп использовали непараметрический критерий множественного сравнения Крускала–Уоллиса [19]. Выборки данных проверяли на нормальность распределения, для чего был использован критерий Шапиро–Уилка при уровне значимости $p > 0,05$. Для сравнения трех независимых групп с распределением признаков, соответствующих нормальному типу, использовали однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Различия значений исследуемых параметров считали статистически значимыми при 95% пороге

вероятности ($p<0,05$), на уровне статистической тенденции ($p<0,1$) [20]. Для определения статистической значимости различий между долями использовался критерий хи-квадрат (χ^2) Пирсона. Принципы расчета размера выборки: размер выборки предварительно не рассчитывался.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

Были обследованы 168 человек (85 юношей и 83 девушки). Обследованные относились к юношескому возрастному периоду (юноши от 17 лет до 21 года, девушки от 16 до 20 лет) в соответствии со «Схемой возрастной периодизации онтогенеза человека», принятой на VII Все-

союзной конференции по проблемам возрастной морфологии, физиологии и биохимии АПН СССР (Москва, 1965). Характеристика обследованных лиц представлена в табл. 1. Обследованные нами юноши и девушки имели различное количество ЖМТ%.

Основные результаты исследования

Показатели вариабельности РС представлены в табл. 2 и 3. Показатель RMSSD отражает вклад парасимпатического отдела в регуляцию сердечной деятельности [21], у девушек группы 3 он выше на статистически значимом уровне (табл. 2). Анализ pNN50% показал, что активность автономного контура регуляции оказалась наиболее выраженной у юношей группы 3.

Таблица 1. Характеристика обследованных лиц

Группы	Пол	N	Количество ЖМТ%	Референтные значения ЖМТ% [17]	ИМТ кг/м ²	Референтные значения ИМТ, кг/м ² (Программное обеспечение ВОЗAnthroPlus)	Возраст
1	M	20	10,0±0,50	Q_{25} 17 лет <13,74, 21 год <12,90	18,8±0,45	Q_{25} 17 лет <20 21 год <20,4	18,0±0,19
	Ж	24	18,0±0,77	Q_{25} 16 лет <21,10, 20 лет <21,70	19,3±0,47	Q_{25} 16 лет <19,3 20 лет <19,5	18,6±0,30
2	M	40	19,0±0,46	Q_{25-75} 17 лет 13,74–24,57, 21 год 12,90–23,76	19,5±0,85	Q_{25-75} 17 лет 20–23,8 21 год 20,5–24,3	18,3±0,30
	Ж	31	27,3±0,58	Q_{25-75} 16 лет 21,10–31,50, 20 лет 21,70–32,40	21,2±0,31	Q_{25-75} 16 лет 19,3–23,5 20 лет 19,5–23,7	18,8±0,18
3	M	25	29,1±1,06	Q_{75} 17 лет >24,57, 21 год >23,76	24,8±0,58	Q_{75} 17 лет >23,8 21 год >24,3	18,2±0,38
	Ж	28	37,6±0,97	Q_{75} 16 лет >31,50, 20 лет >32,40	25,6±0,73	Q_{75} 16 лет >23,5 20 лет >23,7	18,3±0,21

Примечание. группа 1 — пациенты с содержанием жира в организме ниже 25-го центиля; 2 — содержание жира в организме от 25-го до 75-го центиля; 3 — содержание жира в организме выше 75-го центиля.

Таблица 2. Временные показатели вариабельности ритма сердца у юношей с различным содержанием жира в организме

Показатели	Пол	Группы						p	
		1 (N _м =20, N _ж =24)		2 (N _м =40, N _ж =31)		3 (N _м =25, N _ж =28)			
		Me	Q ₂₅₋₇₅	Me	Q ₂₅₋₇₅	Me	Q ₂₅₋₇₅		
ЧСС, уд/мин	M	75,1	66,7–87,8	65,4	60,5–76,5	66,7	59,9–75,3	P ₁₋₂ =0,069 P ₁₋₃ =0,029	
	Ж	72,9	64,3–78,6	68,4	61,4–74,3	67,2	62,5–71,1		
SDNN, мс	M	69,0	62,0–79,0	65,0	53,0–76,0	70,0	52,0–77,0		
	Ж	56,6	37,7–75,2	58,8	45,0–87,0	70,6	43,5–90,5	P ₁₋₃ =0,027	
RMSSD, мс	M	64,0	55,0–79,0	58,0	45,0–73,0	66,0	45,0–87,0		
	Ж	55,3	35,5–82,5	62,0	41,0–92,0	75,5	35,0–93,0	P ₁₋₃ =0,030	
pNN50, %	M	26,0	11,8–47,8	28,4	21,8–40,9	34,8	29,6–54,6	P ₂₋₃ =0,030	
	Ж	26,4	3,27–48,8	36,0	16,0–60,4	36,7	13,4–58,1		
CV	M	9,3	7,3–10,1	7,3	6,2–8,9	7,0	6,23–9,62		
	Ж	6,8	5,0–8,5	6,6	5,9–10,2	7,7	5,1–10,8		

Примечание. Группы аналогично табл. 1. Результаты представлены в виде Me, Q₂₅₋₇₅.

Таблица 3. Спектральные показатели вариабельности ритма сердца у юношей и девушек с различным содержанием жира в организме

Показатели	Пол	Группы						p
		1 ($N_m=20, N_x=24$)		2 ($N_m=40, N_x=31$)		3 ($N_m=25, N_x=28$)		
		Me	Q_{25-75}	Me	Q_{25-75}	Me	Q_{25-75}	
VLF, мс^2	М	1035,0	767,5–2546,5	1152,0	873,8–1528,3	1438,0	1056,0–1849,0	
	Ж	915,0	395,7–1377,2	1014,0	633,0–1827,0	1694,8	684,0–2317,5	
VLF%	М	33,4	26,8–47,7	32,0	24,3–37,6	28,3	17,9–33,5	
	Ж	29,3	19,7–35,1	31,3	20,2–42,3	36,1	23,2–50,9	
LF, мс^2	М	955,0	667,5–1500,5	858,0	639,0–1514,3	1366,0	719,5–2210,5	
	Ж	1215,6	278,2–2431,2	747,0	431,0–2058,0	1245,8	487,0–1500,5	
LF%	М	19,0	16,4–38,4	31,0	25,3–36,3	30,5	19,7–34,1	
	Ж	32,8	24,4–48,5	25,4	18,6–34,0	23,2	16,5–32,6	$P_{1-2}=0,024$ $P_{1-3}=0,042$
HF, мс^2	М	1304,0	744,0–2523,0	1482,0	955,3–2081,5	2402,0	1106,0–4544,5	$P_{1-3}=0,099$ $P_{2-3}=0,055$
	Ж	1506,4	341,7–2301,0	1239,0	705,0–2712,0	2581,7	435,5–2815,0	$P_{1-3}=0,041$ $P_{2-3}=0,047$
HF%	М	32,2	20,4–42,8	35,0	25,7–41,4	42,4	36,1–54,0	$P_{1-2}=0,080$ $P_{1-3}=0,021$ $P_{2-3}=0,012$
	Ж	37,1	20,8–46,3	35,9	27,6–52,9	48,3	23,9–56,4	$P_{1-3}=0,047$ $P_{2-3}=0,009$
TP, мс^2	М	5638,0	3393,5–6458,0	3644,0	2381,5–5292,0	5040,0	3138,0–8685,5	
	Ж	3374,7	1089,5–7379,2	3453,9	2075,0–6809,0	5778,7	1761,5–10239,5	$P_{1-3}=0,011$ $P_{2-3}=0,015$

Примечание. Группы аналогично табл. 1. Результаты представлены в виде Me, Q_{25-75} .

По результатам спектрального анализа вариабельности РС выявлены изменения частотных составляющих колебаний РС. В группе 1 у девушек обнаружено увеличение относительной спектральной мощности медленноволнового диапазона LF% в спектре РС на статистически значимом уровне (см. табл. 3).

При сравнении спектральных показателей вариабельности РС в группе 3 у лиц обоего пола наблюдается возрастание абсолютной (HF, мс^2) и относительной (HF%) мощности колебаний высокочастотной составляющей кардиоритма, что свидетельствует об увеличении парасимпатического влияния на РС [21]. У девушек группы 3 статистически значимо выше общая мощность спектра TP (мс^2) что также свидетельствует об усилении влияния парасимпатического отдела АНС на регуляцию РС [21].

Комплексная оценка показателей (согласно протоколу исследования) вариабельности РС показала, что в группе 3 выше процент лиц с преобладанием парасимпатических влияний на ритм сердца, хотя выявленные различия между группами не были статистически значимыми (табл. 4). Обращает на себя внимание тот факт, что группах 2 и 3 от $\frac{1}{3}$ до $\frac{4}{5}$ обследованных — лица с преобладанием парасимпатических влияний на РС.

У $\frac{1}{5}$ участников исследования наблюдался баланс симпатических и парасимпатических влияний на РС.

В группе 1 юношей и девушек у 4 человек наблюдалась симпатикотония. Результатом ослабления парасимпатического влияния в вариабельности РС в группе 1 у юношес является увеличение ЧСС на уровне статистической тенденции ($p<0,1$ [21]) по сравнению со группой 2, у девушек — на статистически значимом уровне по сравнению с группой 3 (табл. 2).

Дополнительные результаты исследования

Далее был оценен статус фактического питания и уровень физической активности обследованных нами лиц.

Точное определение основного обмена (ОО) является одной из самых сложных задач физиологии. Тем не менее сопоставление измерений ОО методом биоимпедансометрии с результатами применения эталонного метода (непрямой калориметрии) показало высокую корреляцию, коэффициент детерминации r^2 составил 0,82 для величины ОО [15]. Из чего следует возможность применения метода биоимпедансометрии для определения величины ОО.

КФА зависит от образа жизни человека [17]. Среднее значение КФА у юношес составило $1,40\pm0,030$, у девушек — $1,37\pm0,075$, что в целом близко к I группе ФА (работники преимущественно умственного труда) (КФА 1,4). Однако наблюдались небольшие различия в группах,

хотя они не были статистически значимыми. Среднее значение КФА в группе 1 юношей составило $1,52 \pm 0,037$, в группе 2 — $1,44 \pm 0,029$, в группе 3 было минимальным — $1,23$ (Q_{25-75} 1,20–1,70). Среднее значение КФА в группе 1 девушек составило $1,44 \pm 0,099$, в группе 2 — $1,42 \pm 0,095$, в группе 3 было минимальным — $1,26 \pm 0,33$. Результаты представлены в табл. 5.

У представителей группы 3 выше показатель энергетической ценности (ЭЦ) суточного рациона (у девушек — статистически значимо). Обращает на себя внимание, что ЭЦ у девушек групп 1 и 2 незначительно превышает СПК, у девушек третьей группы ЭЦ превышает СПК в 1,44 раза. У юношей всех групп ЭЦ превышает СПК (группа 1 — в 1,3 раза, группа 2 — в 1,7 раза, группа 3 — в 2,3 раза).

Таблица 4. Распределение (%) обследованных юношей и девушек в зависимости от влияния разных отделов вегетативной нервной системы на вариабельность ритма сердца

Симпатовагальный баланс	Пол	Группы		
		1 ($N_m=20, N_{\text{ж}}=24$)	2 ($N_m=40, N_{\text{ж}}=31$)	3 ($N_m=25, N_{\text{ж}}=28$)
Ваготония	М	60 (N=112)	70 (N=28)	80 (N=20)
	Ж	62 (N=15)	77 (N=24)	79 (N=23)
Уравновешенный	М	20 (N=4)	27 (N=11)	20 (N=5)
	Ж	21 (N=5)	13 (N=4)	21 (N=6)
Не определен	М	—	—	—
	Ж	—	10 (N=3)	—
Симпатикотония	М	20 (N=4)	3 (N=1)	—
	Ж	17 (N=4)	—	—

Примечание. Группы аналогично таблице 1.

Таблица 5. Энергетическая ценность и среднесуточное потребление пищевых веществ у юношей и девушек с различным содержанием жира в организме

Показатели	НФП	Пол	Группы						p
			M/Me	SE/Q ₂₅₋₇₅	M	SE	M	SE	
Энергетическая ценность суточного рациона, ккал, фактическая	2000 ккал	М	3333,2	312,98	4414,3	852,46	5517,9	1139,38	$P_{1-3}=0,091$
		Ж	2074,6	209,8	2294,5	219,92	2833,6	88,89	$P_{1-3}=0,006$ $P_{2-3}=0,036$
Суточная потребность в калориях		М	2583,6	28,59	2553,6	37,76	2362,2	43,07	
		Ж	2169,6	41,37	2107,6	23,05	1972,6	36,41	
Белок, г	61 г	М	121,9	18,01	371,9	156,62	249,2	34,26	
		Ж	73,9	8,08	66,1	6,29	87,9	12,63	$P_{2-3}=0,092$
Общий жир, г	67 г	М	133,8	11,80	296,3	46,36	386,7	81,96	$P_{1-2}=0,032$ $P_{1-3}=0,002$
		Ж	93,7	11,28	110,5	12,63	141,4	9,74	$P_{1-3}=0,006$ $P_{2-3}=0,052$
Моно- и дисахара, г		М	182,9	27,85	254,8	34,72	398,2	74,81	$P_{1-3}=0,003$ $P_{2-3}=0,034$
		Ж	100,9	81,8–121,03	133,5	17,58	105,4	10,80	$P_{1-3}=0,030$ $P_{2-3}=0,072$
Добавленный сахар, г	50 г	М	109,1	23,75	156,3	23,49	170,9	42,35	
		Ж	45,0	21,70–67,46	75,4	11,49	59,8	7,69	
Крахмал, г		М	237,9	32,82	297,6	52,26	509,3	77,62	$P_{1-3}=0,002$ $P_{2-3}=0,009$
		Ж	98,6	9,77	109,4	12,96	114,6	11,91	
Общие углеводы, г	289 г	М	400,0	54,66	443,0	52,11	805,2	129,50	$P_{1-3}=0,001$ $P_{2-3}=0,002$
		Ж	219,7	28,94	242,9	23,91	282,4	13,33	$P_{1-3}=0,061$

Примечание. Группы аналогично табл. 1. Результаты представлены в виде M, SE, Me, Q₂₅₋₇₅.

У юношей более высокая ЭЦ достигалась за счет повышенного потребления жиров, углеводов, в частности продуктов, содержащих крахмал, моно- и дисахара. Более высокая ЭЦ суточного рациона девушек группы З достигнута за счет белков, жиров, углеводов. Обращает на себя внимание то, что потребление белка и общего жира превышает нормы физиологического потребления во всех группах обследованных лиц (табл. 5).

Нежелательные явления

В данном исследовании отсутствовали нежелательные явления. Специалистами была обеспечена анонимность полученных данных в каждом отдельном случае.

ОБСУЖДЕНИЕ

Репрезентативность выборок

Данное исследование выполнено в г. Барнауле, который является типичным для Сибири крупным индустриальным центром. Пользуясь статистическими данными «Состав населения по возрасту и полу по городским округам и муниципальным районам Алтайского края» на начало 2019 г. численность населения юношеского возраста мужского пола г. Барнаула составляет 13 925, женского пола — 13 931 человек [22]. Репрезентативной является выборка, составляющая 3% генеральной совокупности по полу и возрасту [23], что составило бы 418 человек обоего пола. Набор участников исследования проводился только в ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет». Были обследованы юноши и девушки, проживающие в различных районах Барнаула. Качественная репрезентативность выборки была достигнута путем обеспечения соответствия полового деления. Вышеизложенное позволяет экстраполировать полученные данные на целевую популяцию.

Резюме основного результата исследования

В регуляции РС у лиц с повышенным содержанием ЖМТ% преобладает парасимпатический отдел АНС, что интерпретируется рядом авторов как снижение функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы и адаптационно-компенсаторного потенциала механизмов автономной регуляции.

Обсуждение результатов

Принципиальным отличием данного исследования является использование относительного содержания общей ЖМТ в организме в качестве критерия нарушения массы тела.

Как видно из полученных нами данных, избыточная калорийность суточного рациона питания вкупе с низким уровнем двигательной активности приводит к увеличению абсолютной (кг) и относительной ЖМТ (%) юношей и девушек.

Образ жизни (двигательное и пищевое поведение) оказывает влияние на состояние сердечной деятельности у юношей и девушек. В вариабельности РС у лиц с повышенной ЖМТ% возрастает абсолютная (mc^2) и относительная (%) высокочастотная мощность спектра HF, у девушек также усиливается абсолютная мощность спектра TP (mc^2). К настоящему моменту сложилось устойчивое мнение о том, что высокочастотная HF [21] и общая

мощность спектра TP [21] в вариабельности РС отражает вклад парасимпатического отдела АНС в регуляцию РС.

Полученные нами данные противоречат результатам тех работ, в которых у лиц, страдающих ожирением, дисрегуляция АНС отражала более высокую активность симпатического отдела [9–11]. Столь противоречивые оценки влияния отделов АНС могут быть связаны с тем, что в интерпретации диапазона LF существуют различия: одни авторы связывают данный показатель с активностью симпатического звена автономной регуляции СР [24], при этом отношение LF/HF расценивается как «зеркало» автономного баланса. Другие авторы предполагают участие в формировании данного диапазона и вагусных влияний [25]. Экспериментальные и клинические данные последних лет свидетельствуют о том, что низкочастотный LF компонент вариабельности РС, скорее всего, отражает сложную смесь симпатических, парасимпатических и других неопознанных факторов [25]. По расчетам G. Billman и соавт. [25], в формирование мощности диапазона LF 50% вносит активность парасимпатической системы, 25% — симпатическая активность, 25% — другие факторы; мощность диапазона HF на 90% обусловлена активностью вагуса и на 10% — активностью симпатического нерва [25]. Соответственно, отношение LF/HF не может служить количественной мерой автономного баланса. В отечественной и зарубежной литературе авторы чаще всего используют показатели мощности диапазона LF и отношения LF/HF [8–11] при интерпретации данных.

Полученные нами данные частично согласуются с результатами В.В. Горбань и соавт. [8]. Ими было показано, что у юношей и девушек с избыточной массой тела вариабельность РС характеризовалась менее выраженной активностью парасимпатического отдела АНС. Однако далее оказалось, что вариабельность РС у молодых людей (юношей и девушек) с ожирением по сравнению с лицами с избыточной массой тела, обозначив своеобразный пирамиду, отразила более выраженную парасимпатическую активность. У женщин второго периода зрелого возраста [26] при увеличении ЖМТ% также наблюдалось усиление влияния парасимпатического отдела автономной нервной системы в регуляции ритма сердца.

Полученные нами данные могут быть интерпретированы с точки зрения влияния физической активности на регуляторные механизмы сердечно-сосудистой системы. В ряде работ [5–7] показано преобладание парасимпатической регуляции РС у лиц с низкой двигательной активностью, что согласуется с нашими данными — в группе лиц с минимальным КФА показано преобладание парасимпатического отдела АНС в регуляции РС. О.Н. Московченко и соавт. [6] было показано, что для студентов с парасимпатикотоническим типом регуляции РС характерно снижение функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы и адаптационно-компенсаторного потенциала механизмов автономной регуляции. Ими также было показано, что молодые люди с эйтоническим типом регуляции имеют высокие функциональные особенности сердечно-сосудистой системы и адаптационно-компенсаторные возможности механизмов вегетативной регуляции.

Таким образом, результаты нашего исследования продемонстрировали, что реакцией со стороны

сердечно-сосудистой системы на умеренное повышение абсолютной и относительной ЖМТ было усиление парасимпатических влияний на РС.

Ограничения исследования

Ограничением данного исследования является неравночисленность выборок лиц с различным количеством ЖМТ. При увеличении объема выборки результаты исследования могут быть уточнены. При интерпретации данных использованы результаты исследования G. Billman и соавт., показавших, что отношение LF/HF не может служить количественной мерой симпто-вагального баланса [24].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ранее проведенных исследованиях было показано, что ожирение во многих случаях сопровождается более высокой активностью симпатического отдела АНС в регуляции РС. В настоящее время особое внимание уделяют дононзологической диагностике вегетативных нарушений у молодых людей с ожирением с целью выявления измененных показателей вариабельности РС в качестве мишеней для превентивных немедикаментозных воздействий. В работе показано, что при повышении количества ЖМТ у лиц с максимальной ЭЦ суточного рациона питания и минимальным уровнем двигательной активности в регуляции РС преобладает парасимпатический отдел АНС. В ряде работ этот факт интерпретируется как снижение функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы и адап-

тационно-компенсаторного потенциала механизмов автономной регуляции. Следовательно, необходимо сделать акцент на раннем изменении образа жизни, чтобы предотвратить прогрессирование надвигающихся изменений сердечно-сосудистого статуса у этих молодых людей.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 19-313-90001) «Гигиеническая оценка пищевого поведения молодежи промышленного центра Западной Сибири».

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

Участие авторов. Филатова О.В. — концепция и дизайн исследования, анализ полученных результатов, переработка первого варианта статьи на предмет важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение рукописи; Кузьева Е.В. — получение, статистический анализ данных; анализ и интерпретация данных, подготовка первого варианта статьи; Воронина И.Ю. — концепция и дизайн исследования, организация исследования, редактирование текста статьи. Все авторы внесли значимый вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

Благодарности. Авторы статьи выражают благодарность за помощь в проведении исследования вариабельности РС директору ЦМИТ «Эврика» Томиловой И.Н.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Galgani J, Ravussin E. Energy metabolism, fuel selection and body weight regulation // *Int. Obes. (Lond)*. 2008;32:S109–S119. doi: <https://doi.org/10.1038/ijo.2008.246>
2. Горелик В.В., Беляев В.С., Филиппова С.Н., Чумаков Б.Н. Особенности психофизиологической адаптации учащихся 11–16 лет к учебным и физическим нагрузкам, детерминированным типами их вегетативной регуляции // *Человек. Спорт. Медицина*. — 2018. — Т. 18. — №1. — С. 20–32. [Gorelik WV, Belyaev VS, Filippova SN, Chumakov BN. Peculiarities of psychophysiological adaptation of 11–16 year old students to educational and physical loads, determined by the types of their vegetative regulation. *Man. Sport. Medicine*. 2018;18(1):20-32. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.14529/hsm180102>
3. Ларина Н.Г. Особенности пищевого поведения, образа жизни и психологического статуса у подростков с ожирением и вегетативной дисфункцией // *Вестник Новгородского государственного университета*. — 2017. — №8. — С. 58–60. [Larina NG. Features of eating behavior, lifestyle and psychological status in adolescents with obesity and autonomic dysfunction. *Novgorod State University Bulletin*. 2017;8:58-60. (In Russ.)].
4. Сетко А.Г., Булычева Е.В., Сетко Н.П., Носова Е.И. Гигиеническая оценка фактического питания студентов медицинского вуза и факторов, его формирующих // *Оренбургский медицинский вестник*. — 2019. — Т. 2. — №26. — С. 57–63. [Setko AG, Bulycheva EV, Setko NP, Nosova EI. Hygienic assessment of the actual nutrition of students of a medical university and the factors that form it. *Orenburg Medical Bulletin*. 2019;2(26):57-63. (In Russ.)].
5. Кудря О.Н., Фадеева А.Ю. Влияние повышенного двигательного режима на состояние сердечно-сосудистой системы и ее регуляторных механизмов у детей 11–16 лет // *Физическое воспитание и спортивная тренировка*. — 2021. — Т. 36. — № 2. — С. 105–114. [Kudrya ON, Fadeeva AYu. Influence of increased motor regime on the state of the cardiovascular system and its regulatory mechanisms in children 11–16 years old. *Physical education and sports training*. 2021;36(2):105-114. (In Russ.)].
6. Московченко О.Н., Захарова Л.В., Третьякова Н.В., и др. Использование аппаратно-программного комплекса для индивидуализации физкультурно-оздоровительной и спортивной деятельности студентов // *Образование и наука*. — 2019. — Т. 21. — №1. — С. 124–149. [Moskovchenko ON, Zakhарова LV, Tretyakova NV, et al. The use of a hardware-software complex for the individualization of physical culture, health-improving and sports activities of students. *Education and Science*. 2019;21(1):124-149. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2019-1-124-149>
7. Сабирьянов А.Р., Сабирьянова Е.С., Брагин А.В., и др. Ортостатическая устойчивость системы кровообращения и уровней ее регуляции у девочек с различным уровнем двигательной активности // *Человек. Спорт. Медицина*. — 2019. — Т. 19. — № 1. — С. 50–56. [Sabiryanov AR, Sabiryanova ES, Bragin AV, et al. Orthostatic stability of the circulatory system and levels of its regulation in girls with different levels of motor activity. *Man. Sport. Medicine*. 2019;19(1):50-56. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.14529/hsm190107>
8. 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. 2. — № 1. — С. 76–82. [Gorban VV, Menshikh VS, Gorban EV. Features of autonomic regulation of heart rate depending on the composition of the body in young people. *South Russian journal of therapeutic practice*. 2021;2(1):76-82. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.21886/2712-8156-2021-2-1-76-82>
9. Yadav RL, Yadav PK, Yadav LK, et al. Association between obesity and heart rate variability indices: an intuition toward cardiac autonomic alteration — a risk of CVD. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2017;10:57–64. doi: <https://doi.org/10.2147/DMSO.S123935>

10. Jaruchart T. Autonomic nervous system activity and heart rate variability in obesity. *Journal of Sports Science and Health.* 2020;21(2):177-194.
11. Triggiani Al, Valenzano A, Trimigno V, et al. Heart rate variability reducton is related to a high amount of visceral adiposity in healthy young women. *PLoS One.* 2019;14(9):e0223058. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223058>.
12. Алексеева Ю.А., Жуков С.В., Королюк Е.Г., Федотова Т.А. Роль внутрисемейных микросоциальных факторов в формировании синдрома вегетативной дистонии в подростковом возрасте // *Вестник новых медицинских технологий.* — 2004. — № 4. — С. 136-137. [Alekseeva YuA, Zhukov SV, Korolyuk EG, Fedotova TA. The role of intrafamilial microsocial factors in the formation of vegetative dystonia syndrome in adolescence. *Bulletin of new medical technologies.* 2004;4:136-137. (In Russ.)].
13. Горбань В.В., Черноглазов К.С. Особенности вариабельности ритма сердца у молодых людей, ассоциированные с массой тела // *Кубанский научный медицинский вестник.* — 2015. — №4. — С. 63-70. [Gorban VV, Chernoglazov KS. Features of heart rate variability in young people associated with body weight. *Kuban Scientific Medical Bulletin.* 2015;4:63-70. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2015-4-63-68>
14. Васильев А.В., Хрущева Ю.В., Попова Ю.П., и др. Одночастотный метод биоимпедансного анализа состава тела у больных с сердечно-сосудистой патологией — новые методические подходы. В кн.: Сб. тр. науч.-практ. конф. «Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы». — М.; 2005. — С. 152-159. [Vasiliev AV, Khrushcheva YuV, Popova YuP, et al. Single-frequency method of bioimpedance analysis of body composition in patients with cardiovascular pathology — new methodological approaches. In: Coll. tr. scientific-practicalconf. «Diagnostics and treatment of disorders of regulation of the cardiovascular system». Moscow: 2009. P. 152-159. (In Russ.)].
15. Хрущева Ю.В., Зубенко А.Д., Чедия Е.С., и др. Верификация и описание возрастной изменчивости биоимпедансных оценок основного обмена. В кн.: Сб. тр. науч.-практ. конф. «Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы». — М.; 2009. — С. 353-357. [Khrushcheva YuV, Zubenko AD, Chediya ES, et al. Verification and description of age-related variability of bioimpedance estimates of basal metabolic rate. In: Coll. tr. scientific-practical conf. «Diagnostics and treatment of disorders of regulation of the cardiovascular system». Moscow; 2005. P. 353-357. (In Russ.)].
16. Руднев С.Г., Соболева Н.П., Стерликов С.А., и др. Биоимпедансное исследование состава тела населения России. М.: РИОЦНИОИЗ; 2014. [Rudnev SG, Soboleva NP, Sterlikov SA, et al. Bioimpedance study of the body composition of the population of Russia. Moscow: RIOTSNIIOIZ; 2014. (In Russ.)].
17. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации [Интернет]. [Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation. Methodical recommendations [Internet] (In Russ.)]. Доступно по: <http://www.consultant.ru>. Ссылка активна на 27.10.2020.
18. Kuo TBJ, Lin T, Yang CCH, et al. Effect of aging on gender differences in neural control of heart rate. *Am J Physiol.* 1999;6(2):2233-2239. doi: <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1999.277.6.h2233>
19. Наследов А.Д. SPSS компьютерный анализ данных в психологии и социальных науках, 2-е изд. — СПб: Питер; 2007. — 416 с. [Nasledov AD. SPSS Computer Data Analysis in Psychology and Social Sciences, 2nd ed. Saint Petersburg: Peter; 2007. 416 p. (In Russ.)].
20. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных. — М.: Форум; 2006. [Kulaichev AP. Methods and means of complex data analysis. Moscow: Forum; 2006. (In Russ.)].
21. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Heart Rate Variability. Standards of Measurements, Physiological interpretation, and Clinical Use. Circulation.* 1996;5:1043-1065. doi: <https://doi.org/10.1161%2FEC%2B01.CIR.93.5.1043>
22. Состав населения по возрасту и полу по городским округам и муниципальным районам Алтайского края: Стат. бюллетень. — Барнаул: Управление Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай; 2018. — 184 с. [Composition of the population by age and sex by urbandistricts and municipal districts of the Altai Territory: Statistical Bulletin. Barnaul:Department of the Federal State Statistics Service for the Altai Territory and the Altai Republic; 2018. 184 p. (In Russ.)].
23. Сергиенко В.И., Бондарева И.Б. Математическая статистика в клинических исследованиях. — М.: Гэотар Медицина; 2000. — 160 с. [Sergienko VI, Bondareva IB. Mathematical statistics in clinical research. Moscow: Geotar Medicine; 2000. 160 p. (In Russ.)].
24. Pagani M, Lombardi F, Guzzetti S, et al. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. *CircRes.* 1986;59(2):178-193. doi: <https://doi.org/10.1161/01.RES.59.2.178>
25. Billman GE. The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance. *Front. Physiol.* 2013;4:26. doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00026>
26. Филатова О.В., Половинкин С.С., Томилова И.Н., и др. Особенности вариабельности ритма сердца у женщин второго периода зрелого возраста, ассоциированные с массой тела // *Физиология человека.* — 2019. — Т. 45. — №3. — С. 70-78. [Filatova OV, Polovinkin SS, Tomilova IN, et al. Features of heart rate variability in women of the second period of adulthood, associated with bodyweight. *Human physiology.* 2019;45(3):70-78. (In Russ.)]. doi: <http://doi.org/10.1134/S0131164619030044>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ [AUTHORS INFO]:

***Филатова Ольга Викторовна**, д.б.н., профессор [**Olga V. Filatova**, PhD in biology, Professor]; адрес: Россия, 656049, Барнаул, пр. Ленина, д. 61 [address: 61 Lenin Avenue, 656049 Barnaul, Russia]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4581-5866>; Scopus Author ID: 36785055000; eLibrary SPIN:1979-2220; e-mail: ol-fil@mail.ru

Куцева Елена Владимировна, аспирант [**Elena V. Kutseva**, postgraduate student];

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3843-793X>; eLibrary SPIN: 6855-9583; e-mail: kucevaev@mal.ru

Воронина Инна Юрьевна, к.б.н. [**Inna Yu. Voronina**, PhD in biology]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0156-1198>; eLibrary SPIN: 5495-6389; e-mail: s19v@yandex.ru

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.

ЦИТИРОВАТЬ:

Филатова О.В., Куцева Е.В., Воронина И.Ю. Особенности регуляции ритма сердца у юношей и девушек с различным компонентным составом тела, двигательным и пищевым поведением // Ожирение и метаболизм. — 2022. — Т. 19. — №1. — С. 53-61. doi: <https://doi.org/10.14341/omet12713>

TO CITE THIS ARTICLE:

Filatova OV, Kutseva EV, Voronina IYu. The peculiarities of the heart rate regulation in boys and girls with different body composition, motor and eating behavior. *Obesity and metabolism.* 2022;19(1):53-61. doi: <https://doi.org/10.14341/omet12713>