

УДК 612.178:612.66:612.172.4:613.11

ВЛИЯНИЕ СЕЗОНА ГОДА И ФАЗЫ МЕНСТРУАЛЬНОГО ЦИКЛА ЖЕНЩИНЫ НА ПАРАМЕТРЫ КАРДИОИНТЕРВАЛОГРАММЫ

© 2015 г. ¹Н. В. Воронова, ^{1,2}А. Ю. Мейгал, ¹Л. Е. Елаева, ¹Г. И. Кузьмина¹Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Россия²Университет Восточной Финляндии, г. Куопио, Финляндия

Цель работы заключалась в характеристике вегетативного статуса (ВС) женщин ($n = 23$, средний возраст $(19,9 \pm 1,4)$ года) в течение четырех фаз менструального цикла (МЦ, ранняя и поздняя фолликулиновая, овуляция, лютеиновая), в весенний и осенне-зимний сезоны года. Оценку ВС производили на основе статистических и спектральных параметров кардиоинтервалографии (КИГ). Установлено, что в течение МЦ наибольшие изменения параметров КИГ были характерны для фазы овуляции в виде снижения общей мощности спектра и его высокочастотного компонента, а также изменения статистических параметров. Статистические параметры не различались осенью и весной, а спектральные в течение МЦ были в основном меньше весной. Во время фазы овуляции баланс смещается в сторону симпатической регуляции, что видно как усиление очень низкочастотных колебаний, снижение высокочастотных колебаний и доли последовательных пар интервалов N-N, различающихся между собой более чем на 50 мс. Сделан вывод, что наибольшее влияние на параметры КИГ оказывало сочетание факторов весны и фазы овуляции в виде снижения активности парасимпатической нервной системы и усиления гормонально-гипоталамического уровня регуляции.

Ключевые слова: менструальный цикл, электрокардиография, вегетативный статус, вариабельность ритма сердца, кардиоинтервалограмма, сезон года

HEART RATE VARIABILITY IN WOMEN DURING VARIOUS SEASONS AND PHASES OF THE MENSTRUAL CYCLE

¹N. V. Voronova, ^{1,2}A. Yu. Meigal, ¹L. E. Yelaeva, ¹G. I. Kuzmina¹Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia²University of Eastern Finland, Kuopio, Finland

Here we report on autonomic status using the statistic and spectral parameters of the heart rate variability (HRV) of 23 young females (19.9 ± 1.4 years) under varied environmental and physical conditions: 4 phases of the menstrual cycle (MC, early and late follicular, ovulation and luteal), spring and autumn seasons. Being taken separately, either factor of the menstrual cycle phase or season imposed only minor effects on the HRV, but most of the variables of the HRV were significantly different from other phases in the ovulation phase in the spring season in the form of the parasympathetic nervous system decreased activity with a reciprocal increase of the hormone-hypothalamic level of the cardiovascular regulation, what was seen as the increased VLF (very low frequencies) and decreased HF (high frequencies) and the decreased portion of successive pairs of intervals (pNN50).

Keywords: menstrual cycle, electrocardiography, heart rate variability, season, spectral and statistic analysis

Библиографическая ссылка:

Воронова Н. В., Мейгал А. Ю., Елаева Л. Е., Кузьмина Г. И. Влияние сезона года и фазы менструального цикла женщины на параметры кардиоинтервалограммы // Экология человека. 2015. № 2. С. 20–26.

Voronova N. V., Meigal A. Yu., Yelaeva L. E., Kuzmina G. I. Heart Rate Variability in Women during Various Seasons and Phases of the Menstrual Cycle. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2015, 2, pp. 20-26.

Менструальный цикл (МЦ) женщины предоставляет уникальную возможность исследовать естественное циклическое изменение функций организма под действием меняющегося гормонального статуса [1]. Во время МЦ модулируются двигательные, психические функции, терморегуляционные реакции, а также вегетативный статус. Устойчивый интерес к исследованию различных функций женского организма в разные фазы МЦ связан с тем, что определенная фаза МЦ может, по данным многих исследований, оказаться оптимальной для достижения наилучшей спортивной формы, а также может стать фактором, притом управляемым, который определяет силу, выносливость, утомляемость, координацию движений,

энергетический метаболизм и риск получения травмы [19, 24]. Циклическое изменение соотношения эстрогенов, прогестерона, тестостерона и гонадотропных гормонов влияет на состояние центральной нервной системы (ЦНС) [23] и, в свою очередь, отражается на мотивационной и эмоциональной сфере женщины [22].

Эстрогены, действующие преимущественно в первую фазу цикла (фолликулиновую) повышают возбудимость ЦНС, а прогестерон, действующий во вторую фазу (лютеиновую), — понижает ее, что может быть связано с влиянием половых гормонов и их производных в мозгу (нейростероидов) на текущее соотношение ГАМК-, глутамат-, дофамин- и

серотонинергических механизмов [13, 23]. Таким образом, прогестерон и эстрогены вызывают в целом противоположные эффекты на возбудимость нервной ткани. В нескольких работах исследовано влияние фазы МЦ на состояние сердечно-сосудистой системы человека. Установлено, что в фолликулиновую фазу преобладает активность парасимпатической нервной системы (ПСНС), а в лютеиновую — симпатической нервной системы (СНС) [15]. Влияние МЦ на функции организма женщины исследуется в основном с учетом фолликулиновой и лютеиновой фаз, как наиболее отличающихся по гормональному фону и физиологическому смыслу фаз. [14]. Вместе с тем некоторые авторы исследуют в разных комбинациях и такие более короткие фазы, как ранняя и поздняя фолликулиновая, ранняя и поздняя лютеиновая (предменструальная), фаза овуляции, фаза менструации, поскольку эти фазы также имеют особенный гормональный статус.

Нам представлялось принципиально важным исследовать несколько разных фаз, а именно четыре фазы МЦ: раннюю (низкий уровень всех половых гормонов) и позднюю фолликулиновую (нарастающий уровень эстрогенов, низкий уровень прогестерона), овуляторную (высокий уровень тестостерона) и лютеиновую (высокий уровень прогестерона и эстрогенов) фазы.

Сезонность (годовой цикл) также важна в жизни современного человека, поскольку в течение годового цикла многие функции организма претерпевают изменения [9, 12]. Репродуктивные функции женщины не являются исключением [1]. В этой связи нам представлялось принципиально важным оценить статус вегетативной нервной системы женщины во время четырех разных фаз МЦ, осенью и весной.

Кардиоинтервалография (КИГ), исследующая вариабельность ритма сердца (ВРС) позволяет оценить вклад СНС, ПСНС и гипоталамического уровня регуляции в вегетативный статус человека и поэтому часто применяется в исследованиях [2, 3, 8]. С учетом этого цель настоящей работы — изучить влияние факторов сезона года (осень и весна) и фазы МЦ на вегетативный статус женщины на основе измерения ВРС.

Методы

Нами исследована динамика параметров КИГ в течение года во время двух сезонов — осеннего (включая раннюю зиму, октябрь — декабрь) и весеннего (март — май) — у женщин во время четырех фаз менструального цикла. Исследование проведено в течение 2009–2011 годов. Всего в исследовании участвовали 29 здоровых женщин в возрасте от 18 до 24 лет, средний возраст ($19,9 \pm 1,4$) года, некурящих и не использовавших гормональную контрацепцию, на основании письменного информированного согласия и разрешения Этического комитета при Минздраве Республики Карелия. В процессе исследования трое

испытуемых по разным обстоятельствам отозвали свое участие, у одной испытуемой был ановуляторный цикл, у двух испытуемых — нерегулярный цикл. Таким образом, результаты исследования базируются на данных 23 испытуемых.

Выделялись четыре фазы МЦ: 1) ранняя фолликулиновая (F1), в среднем исследована на 7-й день МЦ; 2) поздняя фолликулиновая (F2, в среднем 13-й день МЦ); 3) фаза овуляции (OV, 16-й день МЦ); 4) лютеиновая (LUT, 24-й день МЦ), что практически совпадает с днями исследования в других работах [6, 10]. Средняя длительность МЦ в течение всего периода исследований составила ($28,84 \pm 0,32$) дня (в осенне-зимний период ($28,62 \pm 0,71$), в весенний ($29,16 \pm 0,82$) дня, $p > 0,05$). Момент овуляции верифицировался данными измерения базальной температуры тела. Испытуемые вели дневник базальной температуры.

Электрокардиограмму (ЭКГ) регистрировали при помощи аппарата ВНС-Спектр (ООО Нейрософт, Иваново, РФ), записывали II стандартное отведение по общепринятой методике. Продолжительность записи составляла 5 минут (300 секунд). Исследование проводили в одно и то же время суток до 12 часов дня, в тихой затемненной комнате при $T 20-22^\circ\text{C}$, не ранее чем через 1,5–2 часа после еды, без предшествующих эмоциональных и физических нагрузок. Перед регистрацией КИГ испытуемые спокойно лежали на кушетке в течение 5–10 минут (до 30 минут) для адаптации к условиям исследования.

После наложения ЭКГ-электродов включали мониторинг сигнала без записи ЭКГ на жесткий диск и наблюдали текущую КИГ. Кардиоинтервалограмму записывали, когда она становилась стационарной, без трендов. Все выявленные артефакты (движение электродов), а также экстрасистолы удалялись. Фильтрация проводилась только в том случае, если число экстрасистол и артефактов было менее 5–10 % всех кардиоинтервалов. При превышении этого значения запись не анализировалась и исследование переделывали заново.

Проанализированы статистические параметры КИГ: средняя длительность интервалов R-R (RRNN, мс), стандартное отклонение (SD) величин нормальных интервалов R-R (NN) (SDNN, мс), квадратный корень из среднего квадратов разностей величин последовательных пар интервалов N-N (RMSSD, мс), доля последовательных пар интервалов N-N, различающихся между собой более чем на 50 мс ($pNN50, \%$), «коэффициент вариации» ($SDNN/RRNN \times 100 \%$) (CV, %) и волновая структура КИГ: общая мощность спектра (TP, мс^2), очень низкочастотные колебания (VLF, мс^2), низкочастотные колебания (LF, мс^2), высокочастотные колебания (HF, мс^2), соотношение (баланс) симпатических и парасимпатических влияний (LF/HF), процентное отношение высокочастотных, низкочастотных и очень низкочастотных

колебаний (HF%, LF%, VLF%). Также оценены нормализованные показатели LF погт и HF погт. Кроме того, проводилась оценка общего состояния сердечно-сосудистой системы (частота сердечных сокращений — ЧСС, систолическое и диастолическое артериальное давление — САД и ДАД).

Статистический анализ проведен при помощи программы Statgraphics 15.0 Centurion. Влияние фазы МЦ, сезона и типа регуляции ВНС на параметры КИГ производили с помощью непараметрических тестов (U-критерий Манна — Уитни и W-критерий Вилкоксона). Статистически значимыми различия принимались при $p < 0,05$.

Результаты

Из 29 принявших участие в исследовании женщин 23 (79,3 %) прошли все тесты, 6 испытуемых по разным причинам вышли из исследования. Фаза овуляции была определена только у 13 девушек весной и 11 — осенью.

Данные по ЧСС, ДАД и САД представлены в табл. 1. Величины ДАД и САД в каждую фазу МЦ были примерно на 2–6 мм рт. ст. меньше весной по сравнению с осенью, однако эти отличия в целом не достигали статистической значимости. Характерной особенностью ЧСС были ее большие значения в фазу овуляции по сравнению с другими фазами МЦ, причем эти отличия были более значительными весной. Так, в фазу овуляции весной ЧСС была на 10 уд./мин больше по сравнению с предыдущей фазой (поздней фолликулиновой). Различий между параметрами статистического анализа КИГ осенью и весной не обнаружено, однако практически все параметры были значимо меньше в фазу овуляции в обоих сезонах (табл. 2).

Таблица 1

Общая характеристика состояния сердечно-сосудистой системы у девушек в зависимости от фазы менструального цикла и сезона года (M ± SD)

Фаза	Осень	Весна
САД, мм рт. ст.		
F1	107,29±6,97 (n=21)	106,68±6,11 (n=22)
F2	108,15±6,22 (n=20)	103,65±6,15 (n=17, p=0,056)
OV	108,50±7,19 (n=12)	103,82±8,02 (n=11)
LUT	107,55±7,45 (n=22)	105,05±8,63 (n=21)
ДАД, мм рт. ст.		
F1	68,71±5,88 (n=21)	66,46±5,49 (n=22)
F2	69,20±5,19 (n=20)	64,00±6,06 (n=19)**
OV	69,08±6,84 (n=12)	65,18±7,10 (n=11)
LUT	66,36±6,60 (n=22)	66,24±5,26 (n=21)
ЧСС, уд./мин		
F1	70,91±10,63 (n=21)	68,96±8,56 (n=22)
F2	67,55±6,76 (n=20)	66,82±5,74 (n=17)
OV	73,83±6,41 (n=12)	76,0±4,60 (n=11)## к F1, ### к F2, # к LUT
LUT	72,36±8,51 (n=22)	71,05±7,13 (n=21)

Примечание. * — $p < 0,05$, ** — $p < 0,01$ по отношению к осени, # — $p < 0,05$, ## — $p < 0,01$, ### — $p < 0,001$ OV по отношению к другим фазам менструального цикла (критерий Вилкоксона).

Таблица 2

Статистические показатели кардиоинтервалограммы девушек в зависимости от фазы менструального цикла и сезона (M ± SD)

Фаза	Осень	Весна
RRNN, мс		
F1	864,62±131,47 (n=21)	882,18±95,02 (n=22)
F2	897,95±91,32 (n=20)	903,24±82,32 (n=17)
OV	817,42±69,20 (n=12)* к F2	824,18±88,21 (n=11)* к F1, F2
LUT	841,18±94,64 (n=22)	851,71±84,85 (n=21) p=0,054 к F2
SDNN, мс		
F1	60,67±23,61 (n=21)	52,32±19,86 (n=22)
F2	65,10±28,01 (n=20)	58,71±17,26 (n=17)
OV	44,12±12,93 (n=12)* к F1, F2, LUT	40,27±24,15 (n=11)* к F1, F2, LUT
LUT	57,50±15,97 (n=22)	59,86±22,30 (n=21)
RMSSD, мс		
F1	58,95±32,82 (n=21)	51,23±25,97 (n=22)
F2	64,50±36,33 (n=20)	58,30±24,62 (n=17)
OV	38,33±15,90 (n=12)* к F2, LUT	38,0±34,77 (n=11)* к F1; ** к F2, LUT
LUT	53,18±21,46 (n=22)	58,14±26,74 (n=21)
pNN50, %		
F1	32,27±22,49 (n=21)	31,27±20,64 (n=22)
F2	35,98±20,90 (n=20)	39,17±19,83 (n=17)
OV	18,69±17,95 (n=12) p=0,052 к F1, * к F2	16,11±28,12 (n=11)* к F1; ** к F2, LUT
LUT	30,50±17,70 (n=22)	33,48±22,34 (n=21)
CV, %		
F1	7,01±2,47 (n=21)	5,93±2,16 (n=22)
F2	7,29±3,07 (n=20)	6,51±1,77 (n=17)
OV	5,44±1,68 (n=12)* к LUT	4,78±2,45 (n=11)* к F1; ** к F2, LUT
LUT	6,91±2,15 (n=22)	6,99±2,39 (n=22)

Примечание. Статистически значимые различия в зависимости от сезона года: * — $p < 0,05$, ** — $p < 0,01$ фаза овуляции по отношению к другим фазам менструального цикла (критерий Вилкоксона).

Спектральный анализ КИГ показал, что общая мощность спектра, а также все частотные компоненты спектра (VLF, LF, HF) были меньше весной (табл. 3), и эти различия часто достигали статистической значимости. Фаза МЦ также оказывала влияние на спектральные параметры в виде уменьшения их значений во время фазы овуляции примерно в 2–4 раза (см. табл. 3). Особый интерес представляет динамика волновой структуры спектра КИГ во время МЦ в разные сезоны. В частности, пропорция компонента LF во всех фазах МЦ, кроме овуляции, составила в среднем 25 %, HF — примерно 43–49 % и VLF — 25–30 % (рисунок). Однако во время овуляции доля HF в структуре спектра снижалась весной до 28 %, а осенью до 39 % (табл. 4). Доля VLF соответственно в фазу овуляции весной увеличивалась до ~ 45% (см. рисунок). Эти данные также иллюстрируются динамикой LF/HF, когда во время овуляции весной соотношение этих частотных полос достигало 1,10 в сравнении с 0,49 в предыдущую фазу МЦ (см. табл. 4).

Таблица 3

Параметры спектрального анализа кардиоинтервалограммы девушек в зависимости от фазы менструального цикла и сезона года ($M \pm SD$)

Фаза	Осень	Весна
TP, мс ²		
F1	4733,00±3315,72 (n=21)	3418,64±2546,00 (n=22)
F2	5615,55±4282,27 (n=20)	4071,18±2219,74 (n=17)
OV	2360,92±1497,12 (n=12) # к F1, ## к F2, LUT	1891,27±1637,01 (n=11) # к F1, ### к F2, ## к LUT
LUT	4309,09±2132,60 (n=22)	4556,10±2732,93 (n=21)
VLF, мс ²		
F1	1032,38±563,66 (n=21)	723,41±684,93 (n=22)*
F2	992,60±487,96 (n=20)	1130,06±631,51 (n=17)
OV	691,58±331,94 (n=12)	732,55±660,37 (n=11) # к F2
LUT	986,41±455,56 (n=22)	1171,52±935,54 (n=21)
LF, мс ²		
F1	1546,14±1678,29 (n=21)	942,91±1013,38 (n=22)*
F2	1385,85±914,57 (n=20)	859,53±559,99 (n=17)*
OV	589,35±423,22 (n=12) # к F1, ## к F2, LUT	616,98±664,64 (n=11) # к LUT
LUT	1374,41±1053,04 (n=22)	1097,38±741,04 (n=21)
HF, мс ²		
F1	2154,48±1914,18 (n=21)	1752,82±1653,28 (n=22)
F2	3237,15±3791,54 (n=20)	2081,47±1707,44 (n=17)
OV	1080,08±1124,61 (n=12) # к F1, LUT, ## к F2	541,64±442,16 (n=11) # к F1, ### к F2, LUT
LUT	1948,50±1193,19 (n=22)	2286,90±1775,69 (n=21)
LF/HF		
F1	0,97±1,26 (n=21)	0,65±0,38 (n=22)
F2	0,65±0,47 (n=20)	0,49±0,24 (n=17)
OV	0,71±0,38 (n=12)	1,10±0,52 (n=11) (p=0,053 к осени), # к F1, ## к F2, LUT
LUT	0,78±0,38 (n=22)	0,59±0,30 (n=21)

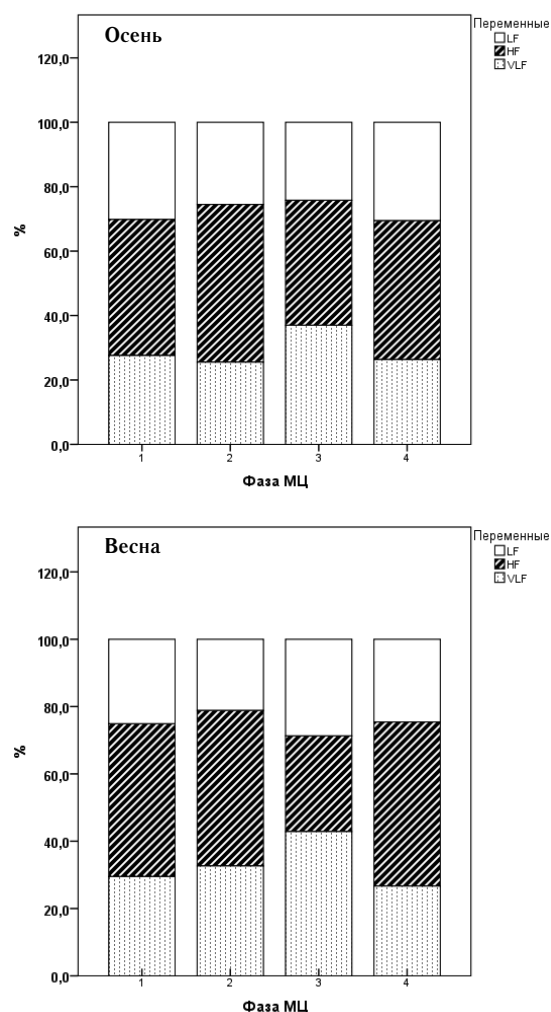
Примечание. * – $p < 0,05$ по отношению к осени, # – $p < 0,05$, ## – $p < 0,01$, ### – $p < 0,001$ фаза овуляции по отношению к другим фазам менструального цикла (критерий Вилкоксона).

Таблица 4

Волновая структура спектра кардиоинтервалограммы девушек в зависимости от фазы менструального цикла и сезона года ($M \pm SD$)

Фаза	Осень	Весна
%VLF		
F1	26,50±10,88 (n=21)	29,51±23,05 (n=22)
F2	23,77±13,31 (n=20)	32,67±18,83 (n=17)
OV	35,74±15,27 (n=12) # к F1, F2	42,87±17,89 (n=11) # к LUT
LUT	26,34±12,87 (n=22)	27,66±14,94 (n=21)
%LF		
F1	30,36±14,68 (n=21)	25,11±11,82 (n=22)
F2	26,60±9,93 (n=20)	21,14±8,15 (n=17)
OV	24,70±7,94 (n=12)	28,74±11,05 (n=11) # к LUT
LUT	30,57±11,57 (n=22)	24,93±7,14 (n=21)
%HF		
F1	43,13±14,18 (n=21)	45,39±18,63 (n=22)
F2	49,63±16,45 (n=20)	46,19±15,76 (n=17)
OV	39,58±14,15 (n=12) p=0,059 к F2	28,41±11,32 (n=11)*, # к F1, ## к F2, LUT
LUT	43,11±10,91 (n=22)	47,41±13,79 (n=21)

Примечание. * – $p < 0,05$ по отношению к осени; # – $p < 0,05$, ## – $p < 0,01$ OV по отношению к другим фазам менструального цикла (критерий Вилкоксона).



Волновая структура спектра кардиоинтервалограммы во время разных фаз менструального цикла осенью и весной. Фазы: 1 – ранняя эстрогеновая, 2 – поздняя эстрогеновая, 3 – овуляция, 4 – лютеиновая.

Обсуждение результатов

При изучении параметров КИГ осенью и весной (фактор сезона) во время четырех последовательных фаз менструального цикла женщин в возрасте 20–24 лет (фактор МЦ) установлено, что оба фактора оказывают влияние на статистические и волновые характеристики КИГ женщин. Обнаружено, что в фазу овуляции практически все исследованные параметры отличаются от таковых во время других фаз МЦ. Установлено также, что некоторые параметры принимают различные значения весной и осенью. В целом наибольшее влияние на параметры КИГ оказывало сочетание факторов весны и овуляции.

Более низкие значения RRNN, SDNN, pNN50 и RMSSD во время фазы овуляции (осенью и весной) свидетельствуют об уменьшении вариабельности сердечного ритма именно в эту фазу, что подтверждается и снижением коэффициента вариабельности CV. Это может свидетельствовать об ослаблении вклада парасимпатического отдела вегетативной нервной системы в контроле ритма сердца во время фазы овуляции [13]. Спектральный анализ подтверждает данное поло-

жение, поскольку в фазу овуляции снижалась мощность высокочастотного (HF) компонента КИГ и в абсолютных единицах, и в процентном отношении к общей мощности спектра (HF%). Снижение общей мощности спектра (TP) во время фазы овуляции свидетельствует о снижении суммарной мощности нейрогуморальных регуляторных механизмов всех уровней [4]. Таким образом, парадигма изменений волновой структуры КИГ заключалась в «антагонизме» VLF и HF.

Полученные данные позволяют обсудить адаптивные стратегии регуляции работы сердца во время смены сезонов года и фаз МЦ. В целом наши данные согласуются с немногочисленными результатами, полученными другими авторами. Параметры КИГ были достаточно стабильны в течение столь разных по гормональному фону фаз МЦ, как фолликулиновая (ранняя и поздняя) и лютеиновая, что было отмечено и ранее [17]. Это свидетельствует о том, что за две недели, в течение которых обычно длится фаза МЦ, не успевают сформироваться адаптационные изменения, которые изменили бы основной тренд регуляции. Вероятно, подобные изменения могут быть зарегистрированы при более длительном действии половых гормонов, например во время беременности или при применении гормональной заместительной терапии. Ранее нами было обнаружено, что нейромышечный статус женщины в фолликулиновую и лютеиновую фазы МЦ также был стабилен [6].

Вместе с тем фаза овуляции, несмотря на ее сравнительно короткую длительность, оставляла статистически более значимый след на параметрах КИГ. В частности, осенью в фазу овуляции отмечено увеличение, хотя и недостоверное, значений VLF% и соответственно снижение HF%. Весной это увеличение становилось более явным и достоверным. Возможно, это объясняется тем, что сезонные изменения, в отличие от фаз МЦ, гораздо более длительные. Например, повышенная освещенность в условиях г. Петрозаводска (сезон «белых ночей») длится в течение 52 суток, а низкая температура (климатическая зима) длится 150 суток. Этого времени должно быть достаточно для изменения вегетативного статуса, гормонального фона и соответственно параметров КИГ. Например, при весеннем увеличении освещенности в плазме растет концентрация кортизола [5], а при стабильном освещении зимой и летом уровень кортизола не различается. В сезонной модуляции вегетативного статуса свою роль может играть и мелатонин, уровень которого снижается при увеличении освещенности [20].

Сама фаза овуляции характеризуется своеобразным гормональным фоном в виде низкого содержания эстрогенов и прогестерона, низкого уровня окситоцина, роста уровня гонадотропных гормонов и увеличения концентрации тестостерона [21, 22]. Сочетание действия столь активных гормонов, как кортизол (весной) и тестостерон (в фазу овуляции), может

быть причиной отчетливого изменения параметров КИГ именно весной в фазу овуляции. Аналогичный результат, то есть максимальное изменение параметров во время фазы овуляции весной, был получен нами и при изучении активности двигательных единиц и параметров интерференционной электромиограммы [6, 11]. Возможно, усиление эффекта фазы овуляции весной отражает синергизм гормонов, действующих в фазу овуляции (тестостерона) с кортикостероидами, активными в весеннем сезоне.

Данные о функционировании сердечно-сосудистой системы во время МЦ на примере артериального давления, частоты сердечных сокращений и соотношении активности симпатической или парасимпатической системы до сих пор противоречивы, несмотря на большое количество работ на эту тему. Ряд исследований указывает на усиленную активность СНС в лютеиновой фазе [10], тогда как другие работы — во время менструации или в фолликулярной фазе [16]. Овуляторная фаза обычно не исследуется, но известно, что она характеризуется более высоким систолическим давлением [18] и высокими абсолютными значениями ЧСС. В настоящем исследовании ЧСС действительно была более высокой в фазу овуляции весной, тогда как артериальное давление не претерпело больших изменений. Усиление симпатических влияний при адаптации к холоду было продемонстрировано и на примере сосудистых реакций [7].

Немногочисленные работы по МЦ, в которых исследуется и фаза овуляции, обычно не учитывают сезона, во время которого проведено исследование. Возможно, именно поэтому изменения параметров КИГ в этих исследованиях во время фазы овуляции не достигают статистически значимых значений [17].

Таким образом, выполненные исследования показали, что изменения во время МЦ строятся как конкурентные отношения между парасимпатической нервной регуляцией ритма сердца и гипоталамическими центрами вегетативной регуляции, которые генерируют медленные ритмы, передающиеся к сердцу, вероятно, через СНС (симпатoadренальную систему). Во время фазы овуляции баланс смещается в сторону симпатической регуляции, что видно как усиление VLF и снижение HF и pNN50.

Исследование проведено при поддержке Программы стратегического развития на 2012–2016 годы «Университетский комплекс ПетрГУ в научно-образовательном пространстве Европейского Севера: стратегия инновационного развития» (номер государственной регистрации 12001372071).

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Радыш И. В., Краюшкин С. И. Хроноструктура репродуктивной функции. М. : КРУК, 1998. 248 с.
2. Агаджанян Н. А., Баевский Р. М., Берсенева А. П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. М. : Изд-во РУДН, 2006. 284 с.
3. Баевский Р. М. Проблема оценки и прогнозирования функционального состояния организма и ее развитие в

космической медицине // Успехи физиологических наук. 2006. Т. 37, № 3. С. 42–57.

4. Баевский Р. М., Черникова А. Г. К проблеме физиологической нормы. Математическая модель функциональных состояний на основе анализа вариабельности сердечного ритма // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2002. Т. 36, № 6. С. 11–17.

5. Бойко Е. Р., Ткачев А. В. Влияние продолжительности светового дня на гормональные и биохимические показатели у человека на Севере // Физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 1995. Т. 81, № 7. С. 86–92.

6. Воронова Н. В., Елаева Л. Е., Кузьмина Л. Е., Мейгал А. Ю. Параметры интерференционной электромиограммы и активности двигательных единиц женщины в зависимости от фазы менструального цикла и сезона года // Материалы Всерос. молодежной научно-практ. конф. «Адаптация человека на Севере: медико-биологические аспекты». Архангельск : ФГАОУ ВПО САФУ. 2012. С. 49–53.

7. Герасимова Л. И. Усиленная холодиндуцированная вазоконстрикция (феномен Рейно) как признак аварийного регулирования функций организма при адаптации к холоду // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2007. Т. 6, № 1. С. 40–42.

8. Гудков А. Б., Попова О. Н., Небученных А. А. Новое о жизни на Европейском Севере. Физиолого-гигиенические аспекты : монография. Архангельск : Изд-во СГМУ, 2012. 285 с.

9. Гудков А. Б., Попова О. Н., Ефимова Н. В. Сезонные изменения биэлектрической активности миокарда у уроженцев Европейского Севера 18–22 лет // Экология человека. 2012. № 9. С. 32–37.

10. Димитриев Д. А., Саперова Е. В., Димитриев А. Д., Карпенко Ю. Д. Особенности функционирования сердечно-сосудистой системы в разные фазы менструального цикла // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2007. Т. 93, № 3. С. 300–305.

11. Мейгал А. Ю., Кузьмина Л. Е., Шигуева Т. А., Закирова А. Способ селективного отведения потенциалов действия двигательных единиц человека накожными электродами // Физиология человека. 2009. Т. 35, № 5. С. 134–138.

12. Поскотинова Л. В. Вегетативная регуляция ритма сердца и эндокринный статус молодежи в условиях Европейского Севера России. Екатеринбург : УрО РАН, 2010. 228 с.

13. Федотова Ю. О., Сапронов Н. С. Эффекты эстрогенов в центральной нервной системе // Успехи физиологических наук. 2007. Т. 38, № 2. С. 46–62.

14. Blondin D. P., Maneshi A., Imbeault M. A., Haman F. Effects of the menstrual cycle on muscle recruitment and oxidative fuel selection during cold exposure // J. Appl. Physiol. 2011. Vol. 111. P. 1014–1020.

15. Carter J. R., Lawrence J. E. Effects of the menstrual cycle on sympathetic neural responses to mental stress in humans // J. Physiol. 2007. Vol. 585. P. 635–641.

16. Dunne F. P., Barry D. G., Ferriss J. B., Grealy G., Murphy D. Changes in blood pressure during the normal menstrual cycle // Clin. Sci. 1991. Vol. 81. P. 515–518.

17. Leicht A. S., Hirning D. A., Allen G. D. Heart rate variability and endogenous sex hormones during the menstrual cycle in young women // Exp. Physiol. 2003. Vol. 88. P. 441–446.

18. Moran V. H., Leathard H. L., Coley J. Cardiovascular functioning during the menstrual cycle // Clin. Physiol. 2000. Vol. 20. P. 496–504.

19. Oosthuysen T., Bosch A. N. The effect of the menstrual cycle on exercise metabolism: implications for exercise performance in eumenorrhoeic women // Sports Med. 2010. Vol. 40. P. 207–227.

20. Pääkkönen T., Leppäluoto J., Mäkinen T. M. et al. Seasonal levels of melatonin, thyroid hormones, mood, and cognition near the Arctic Circle // Aviat. Space Environ. Med. 2008. Vol. 79. P. 695–699.

21. Salonia A., Pontillo M., Nappi R. E. et al. Menstrual cycle-related changes in circulating androgens in healthy women with self-reported normal sexual function // J. Sex. Med. 2008. Vol. 5. P. 854–863.

22. Saunders K. E., Hawton K. Suicidal behaviour and the menstrual cycle // Psychol. Med. 2006. Vol. 36. P. 901–912.

23. Smith M. J., Adams L. F., Schmidt P. J., Rubinow D. R., Wassermann E. M. Abnormal luteal phase excitability of the motor cortex in women with premenstrual syndrome // Biol. Psychiatry. 2003. Vol. 54. P. 757–762.

24. Vaiksaar S., Jürimäe J., Mäestu J., Purge P., et al. No effect of menstrual cycle phase and oral contraceptive use on endurance performance in rowers // J. Strength. Cond. Res. 2011. Vol. 25. P. 1571–1578.

References

1. Agadzhanian N. A., Radysh I. V., Krayushkin S. I. *Hronostruktura reproduktivnoj funktsii* [Chrono-structure of reproductive function]. Moscow, 1998, 248 p.

2. Agadzhanian N. A., Baevskiy R. M., Berseneva A. P. *Problemy adaptatsii i uchenie o zdorov'e* [Problems of adaptation and teaching about health]. Moscow, 2006, 284 p.

3. Baevskiy R. M. Problema otsenki i prognozirovaniya funktsional'nogo sostoyaniya organizma i ee razvitiye v kosmicheskoy meditsine. *Uspekhi Fiziologicheskikh Nauk*. 2006, 37 (3), pp. 42–57. [in Russian]

4. Baevskiy R. M., Chernikova A. G. On the problem of physiological norm. The mathematical model of functional conditions on the basis of analysis of the heart rate variability. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina* [Aviaspace and ecological medicine]. 2002, 36 (5), pp. 34–37. [in Russian]

5. Boiko E. R., Tkachev A. V. The effect of the duration of daylight on human hormonal and biochemical indices in the North. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal imeni I. M. Sechenova / Rossiiskaia akademiia nauk*. 1995, 81 (7), pp. 86–92. [in Russian]

6. Voronova N. V., Elaeva L. E., Kuz'mina L. E., Meygal A. Yu. Parametry interferentsionnoy elektromiogrammy i aktivnosti dvigatel'nykh edinit zhenzhchiny v zavisimosti ot fazy menstrual'nogo tsikla i sezona goda [Parameters of the interference electromyogram and activity of motor units in females in varied phases of the menstrual cycle and seasons]. In: *Materialy Vseros. molodezhnoy nauchno-prakt. konf. «Adaptatsiya cheloveka na Severe: mediko-biologicheskie aspekty»* [Proceedings of the Russian youth scientific-practical conference "Adaptation of the man on the North: medico-biological aspects]. Arkhangelsk, 2012, pp. 49–53.

7. Gerasimova L. I. Intensive cold-induced vasoconstriction (Raynaud's phenomenon) as sign of emergency control of body functions in adaptation to cold. *Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrotsirkulyatsiya* [Regional circulation and microcirculation]. 2007, 6 (1), pp. 40–42. [in Russian]

8. Gudkov A. B., Popova O. N., Nebuchennykh A. A. *Novosely na Evropeyskom Severe. Fiziologo-gigienicheskie*

aspekty [Settlers in the European North. Physiological and hygienic aspects]. Arkhangelsk, 2012, 285 p.

9. Gudkov A. B., Popova O. N., Efimova N. V. Seasonal changes of myocardium electrobiological activity in natives aged 18-22 in European North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, 9, pp. 32-37. [in Russian]

10. Dimitriev D. A., Saperova E. V., Dimitriev A. D., Karpenko Yu. D. Peculiarities of functioning of the cardiovascular system in various phases of the menstrual cycle. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal imeni I. M. Sechenova / Rossiiskaya akademiya nauk*. 2007, 93 (3), pp. 300-305. [in Russian]

11. Meigal A. Yu., Kuz'mina G. I., Shigueva T. A., Zakirova A. A method of selective recording of the motor unit action potential using skin electrodes. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2009, 35 (5), pp. 134-138. [in Russian]

12. Poskotinova L. V. *Vegetativnaya regulatsiya ritma serdtsa i endokrinnyy status molodezhi v usloviyakh Evropeyskogo Severa Rossii* [The autonomic regulation of the heart rhythm and the endocrine status of the youth under the condition of European North of Russia]. Yekaterinburg, 2010, 228 p.

13. Fedotova Yu. O., Sapronov N. S. Effects of estrogen in the CNS. *Uspekhi Fiziologicheskikh Nauk*. 2007, 38 (2), pp. 46-62. [in Russian]

14. Blondin D. P., Maneshi A., Imbeault M. A., Haman F. Effects of the menstrual cycle on muscle recruitment and oxidative fuel selection during cold exposure. *J. Appl. Physiol*. 2011, 111, pp. 1014-1020.

15. Carter J. R., Lawrence J. E. Effects of the menstrual cycle on sympathetic neural responses to mental stress in humans. *J. Physiol*. 2007, 585, pp. 635-641.

16. Dunne F. P., Barry D. G., Ferriss J. B., Grealy G., Murphy D. Changes in blood pressure during the normal menstrual cycle. *Clin. Sci*. 1991, 81, pp. 515-518.

17. Leicht A. S., Hirning D. A., Allen G. D. Heart rate

variability and endogenous sex hormones during the menstrual cycle in young women. *Exp. Physiol*. 2003, 88, pp. 441-446.

18. Moran V. H., Leathard H. L., Coley J. Cardiovascular functioning during the menstrual cycle. *Clin. Physiol*. 2000, 20, pp. 496-504.

19. Oosthuysen T., Bosch A. N. The effect of the menstrual cycle on exercise metabolism: implications for exercise performance in eumenorrhoeic women. *Sports Med*. 2010, 40, pp. 207-227.

20. Pääkkönen T., Leppäluoto J., Mäkinen T. M. et al. Seasonal levels of melatonin, thyroid hormones, mood, and cognition near the Arctic Circle. *Aviat. Space Environ. Med*. 2008, 79, pp. 695-699.

21. Salonia A., Pontillo M., Nappi R. E. et al. Menstrual cycle-related changes in circulating androgens in healthy women with self-reported normal sexual function. *J. Sex Med*. 2008, 5, pp. 854-863.

22. Saunders K. E., Hawton K. Suicidal behaviour and the menstrual cycle. *Psychol. Med*. 2006, 36, pp. 901-912.

23. Smith M. J., Adams L. F., Schmidt P. J., Rubinow D. R., Wassermann E. M. Abnormal luteal phase excitability of the motor cortex in women with premenstrual syndrome. *Biol. Psychiatry*. 2003, 54, pp. 757-762.

24. Vaiksaar S., Jürimäe J., Mäestu J., Purge P., et al. No effect of menstrual cycle phase and oral contraceptive use on endurance performance in rowers. *J. Strength. Cond. Res*. 2011, 25, pp. 1571-1578.

Контактная информация:

Воронова Нина Вячеславовна — старший преподаватель кафедры анатомии, гистологии, патанатомии и судебной медицины ФГБОУ ВПО «Петрозаводский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации

Адрес: 185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33

E-mail: nina.voronova.73@mail.ru