

ВЕГЕТАТИВНЫЙ СТАТУС И РЕГИОНАРНАЯ ГЕМОДИНАМИКА ОПЕРАТОРОВ С РАЗЛИЧНЫМ ХРОНОТИПОМ

Р.А. Кудрин, Е.В. Лифанова, А.В. Плотникова

*ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации,
кафедра нормальной физиологии*

Биоритмологические особенности и параметры вегетативного статуса у операторов утреннего хронотипа демонстрируют существенное взаимное влияние. В частности, величина кардио-респираторного соотношения и итоговый результат теста Остберга – Степановой имеют сильную прямую корреляционную связь ($r_s = 0,754$), что отражает высокую способность к адаптации к стрессу у четко выраженных «жаворонков». Параметры микрогемодинамики у операторов утреннего и вечернего хронотипов также имеют выраженную биоритмологическую обусловленность. Для четко выраженных «жаворонков» характерно уменьшение вклада кардиального компенсаторного механизма в продвижение крови по капиллярам. При этом у слабо выраженных «сов» отмечаются более высокие значения частот в вазомоторном и эндотелиальном спектрах.

Ключевые слова: операторская деятельность, хронотип операторов, вегетативный статус, спектральный анализ сердечного ритма, микрогемодинамика, микроциркуляция в сосудах кожи, профессиональный отбор операторов.

DOI 10.19163/1994-9480-2020-1(73)-164-168

VEGETATIVE STATE AND REGIONAL HEMODYNAMICS IN OPERATORS WITH DIFFERENT CHRONOTYPES

R.A. Kudrin, E.V. Lifanova, A.V. Plotnikova

*FSBEI HE «Volgograd State Medical University» of Public Health Ministry of the Russian Federation,
Department of normal physiology*

Biorhythmological features and parameters of vegetative status of morning chronotype operators demonstrate a significant mutual influence. In particular, the value of cardiorespiratory ratio and final result of Ostberg – Stepanova test have a strong direct correlation ($r_s = 0,754$), which represents high ability to adapt to stress in clearly defined «larks». Microhemodynamic parameters for morning and evening chronotype operators also have a pronounced biorhythmological determination. Clearly defined «larks» are characterized by a decrease in the contribution of the cardiac compensatory mechanism to the promotion of blood through the capillaries. At the same time, weakly defined «owls» have higher frequency values in the vasomotor and endothelial spectra.

Key words: operator activity, chronotype of operators, vegetative status, spectral analysis of heart rate, microhemodynamics, microcirculation in skin vessels, professional selection of operators.

Как известно, спектральный анализ сердечного ритма позволяет количественно оценить вклад того или иного отдела вегетативной нервной системы в управление сердечным ритмом. Это делает возможным исследовать функциональное состояние регуляторных систем организма на основе интегрального подхода к системе кровообращения как индикатору адаптационной деятельности организма [8].

Диагностическая ценность метода кардиоинтервалографии (КИГ) состоит в том, что он позволяет оценивать изменения параметров вегетативного баланса, уровень стресса и степень напряжения регуляторных систем. По выраженности вегетативного фона возможно прогнозирование психических реакций индивида. На основе анализа вегетативной реактивности оценивается функциональное состояние и устойчивость организма к стрессовым воздействиям при профотборе и определении профпригодности, в том числе и в сфере операторской деятельности [1].

Вместе с тем метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) позволяет неинвазивно оценить состояние регионарной микрогемодинамики на основании анализа параметров микроциркуляции и амплитудно-частотного спектра колебаний перфузии в конкретных частотных диапазонах. При этом исследуются активные (эндотелиальные, миогенные, нейрогенные) и пассивные (дыхательные, кардиальные) механизмы контроля перфузии. Влияние активных и пассивных факторов на кровоток приводит к изменению скорости и концентрации эритроцитов, что, в свою очередь, вызывает модуляцию перфузии [6].

Таким образом, спектральный анализ вариабельности сердечного ритма и лазерная доплеровская флоуметрия, несмотря на относительную простоту использования, доступность, неинвазивность, невысокую себестоимость, дают исчерпывающую информацию о функциональном состоянии организма [7]. Вместе с тем они позволяют прогнозировать профпригодность и стрессоустойчивость персонала в условиях операторского труда, что

позволяет рекомендовать использование данных методик в практике профотбора лиц на операторские профессии.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Оценить функциональное состояние операторов по особенностям вегетативного статуса и микрогемодинамики для прогнозирования эффективности профессиональной деятельности.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования был 121 оператор с начальным уровнем подготовки. Возраст всех участников на момент включения в исследование составлял 18–45 лет. По результатам предварительного медицинского осмотра все обследованные были признаны практически здоровыми.

Вегетативный статус изучался методом кардиоинтервалографии с последующим спектральным анализом вариабельности сердечного ритма [2, 5].

Тканевая микроциркуляция в сосудах кожи изучалась методом лазерной доплеровской флоуметрии с анализом частотного спектра сигнала, отраженного от движущихся эритроцитов [9].

Для определения хронотипа использовалась анкета Остберга в модификации С. И. Степановой [10].

Статистическая обработка полученных данных проводилась в программных пакетах Gnumeric (версия 1.12.35) и LibreOffice (версия 6.0.3.2) [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для анализа зависимости показателей вегетативного статуса от хронотипа у операторов нами использовался корреляционный анализ с расчетом коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Выбор данного метода был продиктован тем, что требовалось оценить зависимость одного количественного признака от другого при отсутствии нормального распределения в анализируемых выборках.

По результатам корреляционного анализа нами выявлялась взаимосвязь между спектральными параметрами сердечного ритма и биоритмологическими особенностями у операторов с начальным уровнем профессиональной подготовки.

В табл. 1 представлены результаты анализа корреляции параметров КИГ и итогового результата теста Остберга – Степановой в группе операторов с утренним хронотипом.

Из табл. 1 следует, что параметры вегетативного статуса в группе утреннего хронотипа имеют прямые и обратные корреляционные связи в основном слабой и умеренной тесноты с результатом теста Остберга – Степановой. При этом

лишь корреляция KRS и результата теста на хронотип оказалась статистически значимой ($r_s = 0,754$) при высокой тесноте прямой связи (при $p \leq 0,05$ критическое значение $r_s = 0,68$).

Таблица 1

Взаимосвязь параметров КИГ и результата теста Остберга – Степановой в группе утреннего хронотипа (коэффициент ранговой корреляции Спирмена, r_s)

Параметры вегетативного статуса	Значение показателей КИГ, Ме	Итоговый результат теста Остберга – Степановой, Ме, баллы	Коэффициент ранговой корреляции Спирмена, r_s
TP, mc ²	4101	85,3	-0,529
VLF, mc ²	1437	85,3	-0,604
LF, mc ²	1318	85,3	-0,087
HF, mc ²	1875	85,3	-0,388
LF, norm, n. u.	43,20	85,3	0,500
HF, norm, n. u.	56,80	85,3	-0,483
LF/HF	0,760	85,3	0,538
%VLF	31,90	85,3	-0,054
%LF	34,30	85,3	0,521
%HF	35,60	85,3	-0,446
KRS	5,51	85,3	0,754*

*Корреляция достигает уровня статистической значимости (при $p \leq 0,05$ критическое значение $r_s = 0,68$).

Таким образом, у операторов с утренним хронотипом обнаружена прямая корреляционная взаимосвязь высокой тесноты между показателем KRS (кардио-респираторная синхронизация) и итоговым результатом теста Остберга – Степановой. Следовательно, большее количество набранных баллов в тесте на хронотип у выраженных «жаворонков» соответствует высокому значению KRS.

При этом кардиореспираторная синхронизация представляет собой саногенетический механизм, стабилизирующий деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Чем выше показатель KRS, тем выше уровень автономной регуляции деятельности сердца за счет участия сегментарных механизмов вегетативной регуляции сердечного ритма, что свидетельствует о хорошем состоянии неспецифических адаптационных систем [3]. Следовательно, для «четко выраженных жаворонков» характерна более высокая способность к адаптации организма к условиям стресса.

В табл. 2 представлены результаты анализа корреляции параметров КИГ и итогового результата теста Остберга – Степановой в группе операторов с вечерним хронотипом.

Таблица 2

Взаимосвязь параметров КИГ и результата теста Остберга – Степановой в группе вечернего хронотипа (коэффициент ранговой корреляции Спирмена, r_s)

Параметры вегетативного статуса	Значение показателей КИГ, Ме	Итоговый результат теста Остберга – Степановой, Ме, баллы	Коэффициент ранговой корреляции Спирмена, r_s
TP, мс ²	6074	49,1	-0,052
VLF, мс ²	1789	49,1	-0,107
LF, мс ²	1451	49,1	0,116
HF, мс ²	2294	49,1	0,005
LF, norm, п. у.	41,00	49,1	0,078
HF, norm, п. у.	59,00	49,1	-0,071
LF/HF	0,695	49,1	0,078
%VLF	28,95	49,1	-0,17
%LF	27,10	49,1	0,388*
%HF	42,20	49,1	0,105
KRS	5,85	49,1	-0,045

*Корреляция достигает уровня статистической значимости (при $p \leq 0,05$ критическое значение $r_s = 0,32$).

Из табл. 2 следует, что параметры вегетативного статуса у операторов вечернего хронотипа имеют прямые и обратные корреляционные связи слабой и умеренной тесноты с результатом теста Остберга – Степановой. При этом лишь корреляция % LF и результата теста на хронотип оказалась статистически значимой ($r_s = 0,388$) при умеренной тесноте прямой связи (при $p \leq 0,05$ критическое значение $r_s = 0,32$). Следовательно, имеется прямая зависимость вклада низкочастотных колебаний в общую мощность спектра сердечного ритма от хронотипа.

При этом показатель % LF характеризует вклад в регуляцию симпатического отдела вегетативной нервной системы и вазомоторного центра в процентах от суммарной мощности спектра. Следовательно, чем больше сумма набранных баллов в тесте Остберга – Степановой (что соответствует слабо выраженному вечернему хронотипу, ближе к аритмикам), тем выше вклад низкочастотного компонента в регуляцию сердечного ритма.

В результате анализа взаимосвязи параметров КИГ и итогового результата теста Остберга – Степановой в группе аритмичного хронотипа у операторов с начальным уровнем подготовки корреляция не достигала уровня статистической значимости ($p \leq 0,05$).

Таким образом, по результатам проведенного корреляционного анализа доказана зависимость спектральных параметров сердечного ритма от хронотипа у операторов с начальным уровнем профессиональной подготовки. При этом наибольшее

влияние хронотипа на параметры вегетативного статуса прослеживается в группе утреннего хронотипа.

Для анализа зависимости показателей микрогемодинамики от биоритмологических особенностей операторов с начальным уровнем профессиональной подготовки нами также использовался корреляционный анализ с расчетом коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Данный метод статистического анализа позволяет оценить зависимость одного количественного признака от другого при отсутствии нормального распределения в исследуемых выборках.

По результатам корреляционного анализа нами проводилось выявление взаимосвязей между параметрами микроциркуляции в сосудах кожи и результатами теста на хронотип у операторов с начальным уровнем профессиональной подготовки.

В табл. 3 представлены результаты анализа корреляции параметров ЛДФ и итогового результата теста Остберга – Степановой в группе утреннего хронотипа у обследованных с начальными навыками операторской деятельности.

Таблица 3

Взаимосвязь параметров ЛДФ и результата теста Остберга – Степановой в группе утреннего хронотипа (коэффициент ранговой корреляции Спирмена, r_s)

Параметры регионарной гемодинамики	Значение показателей ЛДФ, Ме	Итоговый результат теста Остберга – Степановой, Ме, баллы	Коэффициент ранговой корреляции Спирмена, r_s
AmaxCF1/AmaxLF	0,12	85,3	0,683*
AmaxHF1/AmaxLF	0,34	85,3	0,471
ИЭМ, усл. ед.	1,85	85,3	-0,646
НТ, отн. ед.	0,41	85,3	0,433
МТ, отн. ед.	0,58	85,3	0,554
ПШ, отн. ед.	1,40	85,3	0,525

*Корреляция достигает уровня статистической значимости (при $p \leq 0,05$ критическое значение $r_s = 0,68$).

Из табл. 3 следует, что параметры регионарной гемодинамики в группе утреннего хронотипа имеют прямые и обратные корреляционные связи слабой и умеренной тесноты с результатом теста Остберга – Степановой. При этом лишь корреляция AmaxCF1/AmaxLF и результата теста Остберга – Степановой оказалась статистически значимой ($r_s = 0,683$) при умеренной тесноте обратной связи (при $p \leq 0,05$ критическое значение $r_s = 0,68$).

Таким образом, у операторов с начальным уровнем профессиональной подготовки в группе утреннего хронотипа имеется обратная зависимость соотношения максимальной амплитуды

кардиоритмов и низкочастотных колебаний от хронотипа. Другими словами, чем больше сумма баллов в тесте (что соответствует четко выраженному утреннему хронотипу), тем ниже показатель $A_{max}CF1/A_{max}LF$. Данный факт указывает на то, что для четко выраженных «жаворонков» характерно уменьшение вклада кардиального компенсаторного механизма в продвижение крови по капиллярам.

В табл. 4 представлены результаты анализа корреляции параметров ЛДФ и итогового результата теста Остберга – Степановой в группе вечернего хронотипа у операторов с начальным уровнем профессиональной подготовки.

Таблица 4

Взаимосвязь параметров ЛДФ и результата теста Остберга – Степановой в группе вечернего хронотипа (коэффициент ранговой корреляции Спирмена, r_s)

Параметры регионарной гемодинамики	Значение показателей ЛДФ, Ме	Итоговый результат теста Остберга – Степановой, Ме, баллы	Коэффициент ранговой корреляции Спирмена, r_s
Fmax, Гц			
α , Гц	1,80	49,1	0,447*
LF, Гц	3,60	49,1	0,383*
HF1, Гц	12,60	49,1	0,194
HF2, Гц	30,60	49,1	0,203
CF1, Гц	63,00	49,1	-0,190
CF2, Гц	103,80	49,1	-0,210

*Корреляция достигает уровня статистической значимости (при $p \leq 0,05$ критическое значение $r_s = 0,32$).

Из табл. 4 следует, что параметры регионарной гемодинамики в группе вечернего хронотипа имеют прямые и обратные корреляционные связи слабой и умеренной тесноты с результатом теста Остберга – Степановой. При этом корреляция α (Fmax) и результата теста на хронотип оказалась статистически значимой ($r_s = 0,447$) при умеренной тесноте прямой связи (при $p \leq 0,05$ критическое значение $r_s = 0,32$). Кроме того, корреляция LF (Fmax) и результата теста Остберга – Степановой также оказалась статистически значимой ($r_s = 0,383$) при умеренной тесноте прямой связи (при $p \leq 0,05$ критическое значение $r_s = 0,32$).

Таким образом, у операторов с начальными навыками профессиональной деятельности в группе вечернего хронотипа обнаружены прямые корреляционные взаимосвязи умеренной тесноты между значениями α (Fmax), а также LF (Fmax) и итоговым результатом теста Остберга – Степановой. Это свидетельствует о прямой зависимости частоты низкочастотных и сверхнизкочастотных

колебаний от хронотипа. Следовательно, чем больше сумма набранных баллов в тесте Остберга – Степановой (что соответствует слабо выраженному вечернему хронотипу, ближе к аритмичному), тем выше показатели α (Fmax) и LF (Fmax). Данный факт указывает на то, что для четко выраженных «жаворонков» характерны более высокие значения частот в вазомоторном и эндотелиальном спектрах.

В результате анализа взаимосвязи параметров ЛДФ и итогового результата теста Остберга – Степановой в группе аритмичного хронотипа у обследованных с начальными навыками операторской деятельности корреляция не достигала уровня статистической значимости ($p \leq 0,05$).

Таким образом, по результатам проведенного корреляционного анализа доказана зависимость показателей микрогемодинамики от биоритмологических особенностей в группе утреннего и вечернего хронотипа у операторов с начальным уровнем профессиональной подготовки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При спокойном бодрствовании у операторов с аритмичным хронотипом спектральные параметры variability сердечного ритма соответствуют преобладанию тонуса симпатической нервной системы, что указывает на состояние психоэмоционального напряжения. Вместе с тем у операторов с аритмичным хронотипом микрогемодинамика в состоянии покоя характеризуется ослаблением артериолярного сосудистого тонуса и явлениями застоя крови в веноулярном звене микроциркуляции. Данные особенности характеризуют представителей аритмичного хронотипа в качестве менее предпочтительных кандидатов для операторских профессий.

Таким образом, методы лазерной доплеровской флоуметрии и спектрального анализа variability сердечного ритма помогают оценивать функциональное состояние организма, особенности вегетативного статуса и микрогемодинамики, позволяя прогнозировать профпригодность и стрессоустойчивость в условиях операторского труда. В этой связи рекомендуется использование данных методов в практике профотбора лиц на операторские профессии, а также при регулярных профобследованиях в процессе осуществления профессиональной деятельности для определения степени напряженности регуляторных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баевский Р.М. Variability сердечного ритма в космической медицине // Материалы VI Всероссийского симпозиума «Ритм сердца и тип вегетативной регуляции в оценке уровня здоровья населения и функциональной подготовленности спортсменов». – Ижевск: Удмуртский университет, 2016. – С. 15–20.

2. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. и др. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (часть 1) // Вестник аритмологии. – 2002. – № 24. – С. 9.

3. Берлогина С.Ю., Герасимова Л.И. Вегетативная регуляция в системе кровообращения у лиц в раннем восстановительном периоде ишемического гемодинамического инсульта // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 10–3. – С. 477–480.

4. Букушева А.В. Статистическая обработка данных в Gnumeric: учебное пособие. – Саратов, 2015. – 70 с.

5. Кирячков Ю.Ю., Хмелевский Я.М., Воронцова Е.В. Компьютерный анализ variability сердечного ритма: методики, интерпретация, клиническое применение // Анестезиология и реаниматология. – 2000. – № 2. – С. 56–61.

6. Крупаткин А.И. Колебания кровотока – новый диагностический язык в исследовании микроциркуляции // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2014. – Т. 13, № 1 (49). – С. 83–99.

7. Клаучек С.В., Кудрин Р.А., Кочегура Т.Н., Шмидт С.А., Ахундова Р.Е., Фокина А.С. Физиологические основы эффективности операторской деятельности и её биорезонансная коррекция / под ред. академика РАМН В.И. Петрова; Волггор. гос. мед. ун-т. – Волгоград, 2009. – 164 с.

8. Мартусевич А.К., Перетягин С.П., Жукова Н.Э. Оценка уровня кардиореспираторной синхронизации при интоксикации организма // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – Благовещенск: «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания». – 2012. – № 43. – С. 89–92.

9. Сидоров В.В., Сахно Ю.Ф. Возможности метода лазерной доплеровской флоуметрии для оценки состояния микроциркуляции крови // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2003. – № 2. – С. 122–127.

10. Степанова С.И. Биоритмологические аспекты проблемы адаптации. – М.: Наука, 1989. – 239 с.

REFERENCES

1. Baevskij R.M. Variabel'nost' serdechnogo ritma v kosmicheskoj medicine [Heart rate variability in space medicine]. In Materialy VI Vserossijskogo simpoziuma «Ritm serdca i tip vegetativnoj reguljacii v ocenke urovnja zdorov'ja naselenija i funkcional'noj podgotovlennosti sportsmenov» [Materials of the VI All-Russian symposium «Heart rhythm and type of autonomic regulation in assessing the level of population's health and functional fitness of athletes»]. Izhevsk: Udmurtskij universitet, 2016. P. 15–20.

2. Baevskij R.M., Ivanov G.G., Chirejkin L.V. i dr. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnyh jelektrokardiograficheskikh sistem (chast' 1) [Analysis of

heart rate variability using various electrocardiographic systems (Part 1)]. *Vestnik aritmologii* [Bulletin of Arrhythmology], 2002, no. 24, p. 9. (In Russ.; abstr. in Engl.).

3. Berlogina S.Ju., Gerasimova L.I. Vegetativnaja reguljacija v sisteme krovoobrashhenija u lic v rannem vosstanovitel'nom periode ishemicheskogo gemodinamicheskogo insul'ta [Vegetative regulation in the circulatory system in individuals in the early recovery period of ischemic hemodynamic stroke]. *Fundamental'nye issledovanija* [Fundamental research], 2011, no. 10–3, pp. 477–480. (In Russ.; abstr. in Engl.).

4. Bukusheva A.V. Statisticheskaja obrabotka dannyh v Gnumeric: uchebnoe posobie [Data Processing in Gnumeric: A Tutorial]. Saratov, 2015. 70 p.

5. Kirjachkov Ju.Ju., Hmelevskij Ja.M., Voroncova E.V. Komp'juternyj analiz variabel'nosti serdechnogo ritma: metodiki, interpretacija, klinicheskoe primenenie [Computer analysis of heart rate variability: methods, interpretation, clinical application]. *Anesteziologija i reanimatologija* [Anesthesiology and intensive care], 2000, no. 2, pp. 56–61. (In Russ.; abstr. in Engl.).

6. Krupatkin A.I. Kolebanija krovotoka – novyj diagnosticheskij jazyk v issledovanii mikroциркуляци [Fluctuations in blood flow – a new diagnostic language in the study of microcirculation]. *Regionarnoe krovoobrashhenie i mikro-cirkuljacija* [Regional blood circulation and microcirculation]. 2014, vol. 13, no. 1 (49), pp. 83–99. (In Russ.; abstr. in Engl.).

7. Klauchek S.V., Kudrin R.A., Kochegura T.N., Shmidt S.A., Ahundo-va R.E., Fokina A.S. Fiziologicheskie osnovy jeffektivnosti operatorskoj dejatel'nosti i ejo biorezonansnaja korrekcija [Physiological basis for the effectiveness of operator activity and its bioresonance correction]. In akademik RAMN V.I. Petrov (ed.); Volgogr. gos. med. un-t. Volgograd, 2009, 164 p.

8. Martusevich A.K., Peretjagin S.P., Zhukova N.Je. Ocenka urovnja kardiorespiratornoj sinhronizacii pri intoksikacii organizma [Assessment of the level of cardiorespiratory synchronization during intoxication of the body]. *Bjulleten' fiziologii i patologii dyhanija* [Bulletin of physiology and respiratory pathology]. Blagoveshhensk: «Dal'nevostochnyj nauchnyj centr fiziologii i patologii dyhanija», 2012, no. 43, pp. 89–92. (In Russ.; abstr. in Engl.).

9. Sidorov V.V., Sahno Ju.F. Vozmozhnosti metoda lazernoj dopplerovskoj floumetrii dlja ocenki sostojanija mikroциркуляци крови [Possibilities of the laser Doppler flowmetry method for assessing the state of blood microcirculation]. *Ul'trazvukovaja i funkcional'naja diagnostika* [Ultrasound and functional diagnostics], 2003, no. 2, pp. 122–127. (In Russ.; abstr. in Engl.).

10. Stepanova S.I. Bioritmologicheskie aspekty problemy adaptacii [Biorhythmological aspects of the problem of adaptation]. Moscow: Nauka, 1989. 239 p.

Контактная информация

Кудрин Родион Александрович – д. м. н., доцент, профессор кафедры нормальной физиологии, Волгоградский государственный медицинский университет, e-mail: rodion.kudrin76@yandex.ru.