

УДК 612.172.2-057.87(575.21)

НОРМАТИВНЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПОКАЗАТЕЛИ ВАРИАЦИОННОЙ ПУЛЬСОМЕТРИИ У СТУДЕНТОВ НАРЫНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

А.А. Сорокин, К.А. Сорокин, Ш.Ю. Айсаяева, Э.М. Байбагышев

Оцениваются основные характеристики variability сердечного ритма для дальнейшего выявления особенностей регуляции сердечной деятельности у аборигенов среднегорья. Особое внимание уделено проверке изучаемых параметров на соответствие нормальному распределению.

Ключевые слова: variability сердечного ритма; среднегорье; тип регуляции сердечной деятельности; статистические параметры variability сердечного ритма; параметры вариационной пульсометрии; нормальный закон распределения.

REGULATORY STATISTICAL INDICATORS AND INDICATORS VARIATION PULSOMETRY IN STUDENTS OF NARYN STATE UNIVERSITY

A.A. Sorokin, K.A. Sorokin, Sh. Yu. Aysaeva, E.M. Baybagyshev

The article evaluates the main characteristics of heart rate variability to further identify the characteristics of the regulation of cardiac activity in Aboriginal midlands. Particular attention is paid to the verification of the studied parameters for compliance with the normal distribution.

Keywords: heart rate variability; middle altitude; the type of regulation of cardiac activity; statistical parameters of heart rate variability; parameters variation pulsometry; the normal distribution.

Введение. Интенсивное использование анализа variability сердечного ритма (ВСР) для изучения различных адаптационных и патологических процессов обусловлено высокой достоверностью и информативностью метода, сочетающихся с простотой проведения исследований. Возможность получения записей кардиоинтервалов любой длительности позволяет проводить глубокий анализ с помощью различных математических методов. Быстрый рост интереса к анализу длительных записей рядов кардиоинтервалов привел к созданию большого количества технических устройств для их неинвазивной записи и разработке правил унификации исследований, что резко повысило сравнимость результатов данных исследований [1–3].

Следующий аспект, который необходимо учитывать при анализе рядов кардиоинтервалов, это тип регуляции сердечной деятельности. Наиболее часто встречающееся разбиение на типы регуляции связано с использованием Индекса напряжения регуляторных систем, предложенного Р.М. Баевским [3]. Основное назначение Индекса напряжения (ИН) – фиксация соотношения активности парасимпатического и симпатического отделов вегетативной

нервной системы в регуляции сердечной деятельности [4, 5]. Однако, как нам представляется, типизация, предложенная Н.И. Шлык с соавторами [6, 7] более соответствует системному подходу, поскольку кроме индекса напряжения использует также для типизации мощность медленных волн второго порядка, отражающих активность центрального контура регуляции сердечного ритма в двухконтурной модели Р.М. Баевского [3, 8]. Однако применение предложенного Н.И. Шлык метода типизации возможно только для записей, длительность которых достаточна для надежной идентификации ультранизких частот. Для записей длительностью не более 5 минут это невозможно, что ставит под сомнение надежность и точность определения мощности медленных волн второго порядка, поскольку существует возможность, что на самом деле мы фиксируем не мощность медленных волн второго порядка, а суммарную мощность волн очень низкой частоты и волн ультранизкой частоты. Поскольку мы получили записи длительностью 5 минут, в данной работе мы будем придерживаться типизации на основе индекса Баевского.

Далее, для получения сравнимых результатов в исследованиях различных авторов, необходима

Таблица 1 – Нормативные значения статистических показателей ВСП для нормотоников*

Статистические характеристики ВСП (нормотоники, n = 89 чел.)						
Показатели	M ± m	сигма	медиана (межквартиль- ный размах)	95 % ДИ для среднего	95 % ДИ для медианы	КС и ШУ*
Хср (мс)	692 ± 6,9	65,2	687 (639–739)	678–705	670–712	P = 0,200 P = 0,421
Мах (мс)	849 ± 7,5	71,0	863 (786–904)	834–854	840–885	P = 0,009 P = 0,006
Мин (мс)	539 ± 7,5	70,8	546 (500–584)	524–554	529–564	P = 0,200 P = 0,295
ЧСС (уд/мин)	88 ± 0,9	8,4	87 (81–94)	86–89	84–90	P = 0,200 P = 0,140
СКО (мс)	51,2 ± 1,16	10,9	51 (42–59)	49–53	47–56	P = 0,196 P = 0,479

Примечание. * – здесь и далее: КС – значимость в тесте Колмогорова – Смирнова (с поправкой Lilliefors); ШУ – значимость в тесте Шапиро – Уилки.

Таблица 2 – Нормативные значения статистических показателей ВСП для ваготоников

Статистические характеристики ВСП (ваготоники, n = 65 чел.)						
Показатели	M ± m	сигма	медиана (межквартиль- ный размах)	95 % ДИ для среднего	95 % ДИ для медианы	КС и ШУ
Хср (мс)	818 ± 12,2	98,4	803 (753–866)	794–842	774–843	P = 0,200 P = 0,036
Мах (мс)	1050 ± 13,7	110,4	1024 (987– 1123)	1023–1078	1006–1058	P = 0,045 P = 0,030
Мин (мс)	524 ± 12,8	103,3	508 (437–603)	498–550	478–548	P = 0,200 P = 0,044
ЧСС (уд/мин)	74 ± 1,1	8,5	75 (69–80)	72–76	71–78	P = 0,200 P = 0,849
СКО (мс)	83,8 ± 2,29	18,5	82 (72–92)	79–88	74–86	P = 0,198 P = 0,000

правильная единообразная статистическая обработка полученных данных. В этом отношении необходимо признать, что проблема далека от своего разрешения [9, 10].

Целью данной работы являлось получение нормативных оценок статистических показателей и показателей вариационной пульсометрии [11] у жителей среднегорья в возрасте от 17 до 23 лет, постоянно проживающих на высотах 2400 м над ур. моря. Кроме того, была сделана попытка определения тех статистических методов, которые адекватны поставленным задачам.

Материалы и методы. В исследовании принимали участие студенты Нарынского государственного университета (Кыргызстан), условно здоровые. Всего обследовано 165 человек в возрасте от 17 до 23 лет. Из них 101 женщина и 64 мужчины.

При проведении исследований вариабельности сердечного ритма (ВСП) регистрация ЭКГ-

сигнала осуществлялась в положении полулежача во II стандартном отведении в течение 5 минут с помощью прибора УПФТ-1/30 – “ПСИХОФИЗИОЛОГ” фирмы Медиком МТД (Россия). При анализе ВСП учитывались рекомендации Европейского кардиологического и Североамериканского электрофизиологического обществ [1, 2] и группы Российских экспертов [3]. В соответствии со значениями ИН все обследуемые разделялись на нормотоников ($50 \leq \text{ИН} \leq 200$), ваготоников ($\text{ИН} < 50$) и симпатотоников ($\text{ИН} > 200$) [4].

Согласно [11], к основным статистическим характеристикам ВСП относятся среднее значение длительности кардиоинтервалов (Хср) по всей записи, Мах – значение самого продолжительного интервала R-R, Мин – значение самого короткого интервала R-R. ЧСС – отражает суммарный эффект регуляции ритма сердца. СКО – среднее квадратичное отклонение – отражает суммарный эф-

Таблица 3 – Нормативные значения статистических показателей ВСР для симпатотоников

Статистические характеристики ВСР (симпатотоники, n = 11 чел.)						
Показатели	M ± m	сигма	медиана (межквартиль- ный размах)	95 % ДИ для среднего	95 % ДИ для медианы	КС и ШУ
Хср (мс)	567 ± 14,8	48,9	563 (525–612)	534–600	522–614	P = 0,200 P = 0,792
Мах (мс)	664 ± 18,6	61,6	671 (629–713)	623–706	590–736	P = 0,045 P = 0,030
Мин (мс)	498 ± 11,3	37,5	491 (472–536)	473–523	470–545	P = 0,200 P = 0,520
ЧСС (уд/мин)	106 ± 2,8	8,5	107 (98–114)	100–113	98–115	P = 0,200 P = 0,750
СКО (мс)	27,1 ± 1,83	6,1	28 (28–30)	23–31	22–32	P = 0,060 P = 0,070

Таблица 4 – Нормативные значения показателей вариационной пульсометрии для нормотоников

Значения вариационной пульсометрии (нормотоники, n = 89 чел.)						
Показатели	M ± m	сигма	медиана (межквартиль- ный размах)	95 % ДИ для среднего	95 % ДИ для медианы	КС и ШУ
Мо (мс)	686 ± 7,5	70,6	675 (625–725)	671–701	675–725	P = 0,000 P = 0,001
АМо (%)	39,5 ± 0,81	7,69	38 (34–44)	37,8–41,1	36–41	P = 0,003 P = 0,001
ВР (мс)	310 ± 7,6	71,9	315 (246–361)	295–325	284–330	P = 0,200 P = 0,015
ВПР (усл./ед.)	2,17 ± 0,05	0,43	2,13 (1,86– 2,50)	2,08–2,26	1,96–2,22	P = 0,186 P = 0,020
ИВР (усл./ед.)	137,7 ± 5,8	54,5	118,4 (96,9– 172,2)	126,2–149,2	109,2–137,8	P = 0,000 P = 0,000
ПАПР (усл./ед.)	58,4 ± 1,5	14,1	54,8 (47,7– 70,0)	55,4–61,4	51,0–60,7	P = 0,003 P = 0,001
ИН (усл./ед.)	101,3 ± 4,6	43,4	88,0 (67,5– 137,5)	92,2–110,4	76–100	P = 0,000 P = 0,000

фект влияния на синусовый узел симпатического и парасимпатического отделов ВНС.

Числовыми характеристиками вариационной пульсометрии являются следующие показатели: Мо (мода) – начальное значение диапазона наиболее часто встречающихся R-R-интервалов. АМо – количество КИ, соответствующих диапазону моды, выраженное в процентах от общего количества КИ. ВР (вариационный размах) – разница значений максимального и минимального КИ. ВПР (вегетативный показатель ритма) – отражает вегетативный баланс с точки зрения оценки активности автономного контура регуляции. ИВР (индекс вегетативного равновесия) – отношение амплитуды моды к вариационному размаху. Отражает соотношение между активностью симпатического и парасимпатического отделов ВНС. ПАПР (показатель адекватности процессов регуляции) – отношение амплитуды моды

к моде. Отражает соответствие между активностью симпатического отдела ВНС и ведущим уровнем функционирования синусового узла. ИН (индекс напряжения регуляторных систем) – важнейший показатель вариационной пульсометрии, характеризующий состояние центрального контура регуляции.

Нормативные показатели спектральных характеристик ВСР мы намерены представить в нашей следующей работе.

Обработка полученных материалов проводилась с помощью ППП SPSS версии 16. Проводилась проверка соответствия параметров нормальному закону распределения с помощью тестов Колмогорова – Смирнова (КС) и Шапиро – Уилки (ШУ). Для обеспечения возможности сравнения с работами других авторов, вне зависимости от результатов проверки, рассчитывались среднее, стандартное отклонение, ошибка среднего, медиана,

Таблица 5 – Нормативные значения показателей вариационной пульсометрии для ваготоников

Значения вариационной пульсометрии (ваготоники, n = 65 чел.)						
Показатели	M ± m	сигма	медиана (межквартиль- ный размах)	95 % ДИ для среднего	95 % ДИ для медианы	КС и ШУ
Мо (мс)	837 ± 13,5	109,0	775 (725–875)	790–844	775–825	P = 0,000 P = 0,001
АМо (%)	26,4 ± 0,61	4,93	26 (23–30)	25,2–27,7	26–28	P = 0,200 P = 0,655
ВР (мс)	526 ± 14,5	115,8	516 (446–579)	497–555	475–552	P = 0,171 P = 0,003
ВПР (усл./ед.)	1,56±0,045	0,35	1,54 (1,29– 1,83)	1,47–1,65	1,44–1,67	P = 0,200 P = 0,546
ИВР (усл./ед.)	53,0 ± 1,9	15,2	52,2 (42,3– 66,5)	49,2–56,8	48,2–59,1	P = 0,200 P = 0,354
ПАПР (усл./ед.)	33,1 ± 1,3	14,1	32,6 (26,7– 38,6)	31,0–35,1	29,7–35,4	P = 0,200 P = 0,380
ИН (усл./ед.)	33,1 ± 1,3	10,7	34,0 (24,0– 32,5)	30,4–35,7	28–39	P = 0,016 P = 0,017

Таблица 6 – Нормативные значения показателей вариационной пульсометрии для симпатотоников

Значения вариационной пульсометрии (симпатотоники, n = 11 чел.)						
	M ± m	сигма	медиана (межквартиль- ный размах)	95 % ДИ для среднего	95 % ДИ для медианы	КС и ШУ
Мо (мс)	566 ± 16,3	53,9	575 (525–625)	530–602	525–625	P = 0,000 P = 0,001
АМо (%)	62,1 ± 3,34	11,08	62 (51–66)	54,6–69,5	51–74	P = 0,200 P = 0,442
ВР (мс)	166 ± 9,8	32,4	180 (156–191)	145–188	118–171	P = 0,012 P = 0,013
ВПР (усл./ед.)	3,19 ± 0,18	0,59	3,09 (2,61– 3,62)	2,79–3,58	2,61–3,65	P = 0,200 P = 0,275
ИВР (усл./ед.)	406 ± 58,4	193,7	331 (283–423)	276–536,	260–627	P = 0,014 P = 0,002
ПАПР (усл./ед.)	112 ± 8,9	29,6	108 (89,6– 125,7)	31,0–35,1	82–141	P = 0,200 P = 0,213
ИН (усл./ед.)	371 ± 64	212	303 (241–406)	30,4–35,7	213–596	P = 0,019 P = 0,001

межквартильный размах и 95 %-ные доверительные интервалы (ДИ) для средних и медиан. В зависимости от конкретного случая можно выбрать тот или иной набор описательных статистик [9]. При этом автор [9] указывает, что для небольших выборок (до 50 измерений) лучше использовать критерий Шапиро – Уилки.

Результаты исследования. В таблицах 1–3 приведены оценки статистических параметров ВСР, а в таблицах 4–6 – оценки параметров вариационной пульсометрии.

Обсуждение результатов. Как следует из приведенных выше таблиц 1–6, результаты проверки

параметров на соответствие закону нормального распределения часто противоречивы. К примеру, в таблице 4 для параметра ВПР, согласно тесту Колмогорова – Смирнова, мы вынуждены признать, что выборка сделана из генеральной совокупности соответствующей нормальному распределению, а по тесту Шапиро – Уилки – нет. Аналогичная ситуация наблюдается для Хср, Min и СКО в таблице 2 и для параметра ВР в таблице 5. В этом случае, как нам представляется, если число измерений больше 50, предпочтение можно отдать тесту Колмогорова – Смирнова, в противном случае лучше использовать результаты теста Шапиро – Уилки. Однако

Таблица 7 – Медиана и межквартильный размах изучаемых параметров ВСР

Параметр	Ваготоники (n = 65)	Нормотоники (n = 89)	Симпатотоники (n = 11)
Хср (мс)	803 (753–866)	687 (639–739)	563 (525–612)
Мах (мс)	1024 (987–1123)	863 (786–904)	671 (629–713)
Мин (мс)	508 (437–603)	546 (500–584)	491 (472–536)
ЧСС (уд/мин)	75 (69–80)	87 (81–94)	107 (98–114)
СКО (мс)	82 (72–92)	51 (42–59)	28 (28–30)
Мо (мс)	775 (725–875)	675 (625–725)	575 (525–625)
АМо (%)	26 (23–30)	38 (34–44)	62 (51–66)
ВР (мс)	516 (446–579)	315 (246–361)	180 (156–191)
ВПР (усл./ед.)	1,54 (1,29–1,83)	2,13 (1,86–2,50)	3,09 (2,61–3,62)
ИВР (усл./ед.)	52,2 (42,3–66,5)	118,4 (96,9–172,2)	331 (283–423)
ПАПР (усл./ед.)	32,6 (26,7–38,6)	54,8 (47,7–70,0)	108 (89,6–125,7)
ИН (усл./ед.)	34,0 (24,0–32,5)	88,0 (67,5–137,5)	303 (241–406)

в большинстве случаев результаты тестов совпадают. При этом в очень значительном числе случаев мы вынуждены делать вывод о том, что выборка сделана из генеральной совокупности, не соответствующей закону нормального распределения, и, следовательно, наиболее адекватным способом представления описательных статистик являются медиана, межквартильный размах и доверительный интервал для медианы [9]. Констатация данного факта сразу ставит вопрос о выборе теста для получения ответа о статистической значимости различий. Применение в этом случае наиболее часто используемого теста Стьюдента для несвязанных выборок является некорректным. Кроме того, в абсолютном большинстве работ при использовании теста Стьюдента не учитывается проблема множественных сравнений. Формат статьи не позволяет нам остановиться на данных вопросах более подробно, поэтому отсылаем читателя к работам А.М. Гржибовского [9, 10] в которых данные проблемы разбираются с необходимой полнотой.

Для общего анализа данных, представленных в таблицах 1–6, рассмотрим таблицу 7, в которой представлены медиана и межквартильный размах всех изучаемых параметров ВСР.

Как следует из таблицы 7, для всех параметров регистрируется одна и та же тенденция: постепенного роста влияния симпатического отдела ВНС при переходе от ваготоников к симпатотоникам, (что неудивительно) при сохранении существенного влияния парасимпатической регуляции. Можно констатировать, что значительное влияние на ВСР в покое у здоровых молодых людей в среднегорье относится к автономному контуру регуляции. Одну направленность изменений полученных оценок нормативных значений параметров ВСР можно интерпретировать в том смысле, что разбиение по значению индекса напряженности действительно

отражает уровень (тип) регуляции сердечной деятельности, а также тот факт, что функциональная система регуляции сердечного ритма является высоко связанной системой.

Выводы

1. При статистической обработке значений параметров ВСР необходимо учитывать характеристики распределения этих параметров. При соответствии нормальному закону должны выбираться одни описательные статистики, в противном случае – другие. Аналогичным образом должны выбираться и тесты при сравнении средних или медиан.

2. Основная роль в регуляции сердечной деятельности у здоровых аборигенов среднегорья в состоянии покоя принадлежит автономному контуру регуляции в двух контурной модели Баевского.

Литература

- Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological interpretation and clinical use. Circulation, 1996, V. 93. P. 1043–1065.
- Malik M. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use / M. Malik, J.T. Bigger, A.J. Camm, R.E. Kleiger et al. // European Heart Journal. 1996. № 17. P. 354–381.
- Баевский П.М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: метод. рекомендации / П.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин и др.; под ред. П. М. Баевского // Вестник аритмологии. 2001. № 24. С. 65–87.
- Чуян Е.Н. Комплексный подход к оценке функционального состояния организма студентов / Е.Н. Чуян, Е.А. Бирюкова, М.Ю. Раваева // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского: Серия “Биология, химия”. 2008. Т. 21 (60). № 1. С. 123–139.

5. Денефіль О.В. Показники кардіоінтервалографії у студентів різним вихідним типом вегетативної регуляції / О.В. Денефіль // Вісник проблем біології і медицини. 2013. Вип. 1. Т. 2 (99). С. 324–328.
6. Шлык Н.И. Об особенностях ортостатической реакции у спортсменов с разными типами вегетативной регуляции / Н.И. Шлык, Е.Н. Сапожникова, Т.Г. Кириллова, А.П. Жужгов // Вестник Удмуртского университета. 2012. Вып. 1. С. 114–125.
7. Шлык Н.И. Нормативы показателей variability сердечного ритма у исследуемых 16–21 года с разными преобладающими типами вегетативной регуляции / Н.И. Шлык, Э.И. Зуфарова // Вестник Удмуртского университета. 2013. Вып. 4. С. 96–105.
8. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р.М. Баевский. М.: Медицина, 1979. 298 с.
9. Гржибовский А.М. Типы данных, проверка распределения и описательная статистика / А.М. Гржибовский // Экология человека. 2008. № 1. С. 52–58.
10. Гржибовский А.М. Выбор статистического критерия для проверки гипотез / А.М. Гржибовский // Экология человека. 2008. № 11. С. 48–57.
11. Бабуц И.В. Алгебра анализа variability сердечного ритма / И.В. Бабуц, Э.М. Мираджанян, Ю.А. Машаех. Ставрополь: Принтмастер, 2002. 112 с.