

## ИЗМЕНЕНИЕ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА В УСЛОВИЯХ СТРЕССОВЫХ НАГРУЗОК С УЧЕТОМ НАСЛЕДСТВЕННОЙ ОТЯГОЩЕННОСТИ ПО АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ

*Аннотация.* С целью определения влияния наследственной отягощенности и типа вегетативной регуляции на вариабельность сердечного ритма (ВСР) проведена регистрация ритмограмм у 162 студентов медицинского вуза во время сдачи экзаменов. Проведен сравнительный анализ временных и спектральных показателей сердечного ритма во время подготовки по билету и сразу после сдачи экзамена. Анализ ВСР позволил оценить состояние общей активности регуляторных механизмов, нейрогуморальной регуляции сердца, соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами автономной нервной системы у студентов в процессе сдачи экзаменов. Выявлены достоверные различия как во временных так и в спектральных показателях сердечного ритма в зависимости от доминирования отдела ВНС и наследственной отягощенности по артериальной гипертензии.

*Ключевые слова:* студенты, адаптация к учебной деятельности, вариабельность ритма сердца.

Студенты представляют особую социальную группу, характеризующуюся определенным возрастом, специфическими условиями труда и жизни. Они относятся к группе повышенного риска вследствие высокого и длительного психоэмоционального напряжения [2-4], которое значительно выше, чем у их сверстников из других социальных групп [5]. Весь учебный процесс, протекающий в вузе, можно разделить на несколько составляющих, каждая из которых вносит свой вклад как в психоэмоциональное состояние, так и в функциональное состояние ведущих физиологических систем. Адаптация студентов к учебному процессу определяется обычно двумя группами факторов: внешними и внутренними. К внешним факторам можно отнести информационную насыщенность рабочего учебного плана, особенности расписания, бытовые условия, материальную обеспеченность и прочее. А к внутренним факторам, среди прочих, относится функциональное состояние центральной нервной системы.

Наиболее общей реакцией на стрессовое воздействие со стороны сердечно-сосудистой системы (ССС) является увеличение частоты сердечных сокращений (ЧСС), изменение структуры ее вариабельности и связанных с ЧСС показателей гемодинамики [1,2,5]. Среди современных методологических подходов к оценке состояния сердечно-сосудистой системы и организма в целом существенное место принадлежит анализу вариабельности сердечного ритма (СР). Анализ ВРС является наиболее информативным

методом количественной оценки активности различных отделов, параметры которого рассматриваются как интегральные показатели процессов регуляции [6-12].

Целью настоящего исследования явилась оценка влияния наследственной отягощенности по артериальной гипертензии на изменения показателей кардиоинтервалографии и вариабельности ритма сердца у студентов во время сдачи экзаменов с учетом типологических особенностей вегетативной нервной системы.

#### **Объекты и методы исследования**

Были сформированы две группы: группа практически здоровых студентов (1) без наследственной отягощенности по артериальной гипертензии ( $n = 37$ ) и группа (2) здоровых студентов с наследственной отягощенностью по АГ ( $n = 125$ ). В эту группу отбирались лица с риском к повышению артериального давления (артериальная гипертензия у отца или матери, а также у бабушек или дедушек по отцовской или материнской линии). Возраст обследованных лиц - 18-25 лет.

Непрерывную компьютерную регистрацию электрокардиограммы во время испытания (до и после экзамена) осуществляли с использованием электрокардиографа (ООО "Нейро Софт", г. Иваново). Кардиоритмограмма регистрировалась по стандартной методике. Длительность регистрации кардиоинтервалограммы составляла 300 с (не менее 512 интервалов RR). В дальнейшем рассчитывали временные стандартизированные характеристики динамического ряда кардиоинтервалов: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин); среднеквадратичное отклонение последовательных RR-интервалов (SDNN, мс); стандартное отклонение разности последовательных RR-интервалов (RMSSD, мс); частота последовательных RR-интервалов с разностью более 50 мс (pNN50, %); амплитуда моды (АМо, %); индекс напряжения (SI, усл. ед.); показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР, баллы). Условные обозначения показателей вариабельности сердечного ритма (VCP) представлены в соответствии с международными стандартами оценки VCP и используемыми ориентировочными нормативами [13,14]. Далее, на основе проведения спектрального анализа VCP рассчитывали и анализировали частотные параметры: общую мощность спектра (TP), мощности в высокочастотном (HF, 0.16-0.4 Гц), низкочастотном (LF, 0.05-0.15 Гц) и очень низкочастотном (VLF, <0.05 Гц) диапазонах. Кроме того, вычисляли коэффициент LF/HF, отражающий баланс симпатических и парасимпатических регуляторных влияний на сердце.

Результаты обрабатывали при помощи пакета программ "STATISTICA 6". Осуществляли определение средней (M) и ошибки средней (m). Результаты представлены в виде  $M \pm m$ . Характер распределения оценивали при помощи критерия Колмогорова-Смирнова ( $n > 30$ ). Для анализа малых выборок (до 30 наблюдений) применяли непараметрические методы статистической обработки данных. При нормальном распределении переменных для определения различий между двумя независимыми группами использовали непарный t-критерий Стьюдента, а при непараметрическом - критерий Вилкоксона - Манна - Уитни.

## **Результаты исследования и их обсуждение**

### ***1. Исследование изменений временных и спектральных показателей сердечного ритма у студентов при сдаче экзаменов***

Результаты исследования показали выраженную активацию симпатического отдела ВНС у всех студентов во время подготовки по билету. Среднее значение R-R интервалов составляло в среднем  $662 \pm 19,32$  мс. Характерно подавление активности парасимпатического отдела ВНС, о чем свидетельствуют низкие значения rMSSD ( $26,54 \pm 2,70$  мс). На выраженную активацию гуморального канала регуляции указывали высокие значения АМо ( $48,6 \pm 3,04\%$ ). АМо свыше 50% была выявлена у 35% студентов. На усиление активности симпатического отдела ВНС указывали также значения вегетативного показателя ритма (ВПП), индекса вегетативного равновесия (ИВР) и показателя адекватности процессов регуляции (ПАПР). Характерна централизация управления сердечным ритмом, о чем свидетельствует высокое значение индекса напряжения (SI). В среднем он достигал  $240 \pm 48,8$  усл. ед. SI свыше 500 усл. ед. был обнаружен у 10% обследованных.

Спектральный анализ ВРС выявил достоверное увеличение мощности очень низких (VLF) частот ( $2066 \pm 271,44 \text{ мс}^2$ ) и снижение высокочастотного (HF) компонента ( $747,5 \pm 176,4 \text{ мс}^2$ ), что указывает на усиление центральных влияний в регуляции ритма сердца. Отношение LF/HF, отражающее суммарную активность вегетативных воздействий на сердечный ритм, свидетельствовало о значительном преобладании симпатических влияний.

Исследование ВСР у студентов сразу после сдачи экзамена показало следующее. Происходит увеличение длительности RR-интервалов. RRNN составляло в среднем  $728,73 \pm 29,9$  мс. Происходит достоверное повышение активности парасимпатического отдела ВНС, о чем свидетельствует увеличение rMSSD (с  $26,53 \pm 2,66$  мс во время подготовки до  $48,28 \pm 9,45$  мс после экзамена,  $p=0,02$ ). На снижение активности симпатического отдела ВНС указывали значения ВПП ( $p=0,069$ ), pNN50 ( $p=0,061$ ), дестабилизации парасимпатического контроля ( $p=0,04$ ), симпатoadренального тонуса ( $p=0,05$ ), первого коэффициента автокорреляционной функции ( $p=0,017$ ).

При спектральном анализе также отмечено снижение активности центрального контура регуляции, о чем свидетельствует достоверное уменьшение мощности VLF компонента ( $p=0,022$ ) и HF домена ( $p=0,043$ ). Вместе с тем, сохранялись большие значения низкочастотного компонента ( $2149 \pm 531,1 \text{ мс}^2$ ), что указывает на сохраняющуюся повышенную активность симпатического отдела ВНС. Действительно АМо свыше 50% обнаружена у 25% студентов, но SI свыше 500 усл. ед. уже не встречался.

### ***2. Особенности ВСР у студентов в зависимости от наследственной отягощенности по артериальной гипертензии во время экзаменов***

Анализ показателей ВСР у студентов в зависимости от наследственной отягощенности по артериальной гипертензии во время непосредственной подготовки по билету показал следующее. По среднему значению R-R –интервалов исследуемые группы достоверно не различались. Вместе с тем в подгруппе с наследственной отягощенностью выявлено снижение общей вариабельности сердечного ритма (SDNN, TP) по сравнению с

контрольной группой. В группе здоровых без наследственной отягощенности SDNN составило  $44,38 \pm 3,43$ мс, а с наследственной отягощенностью –  $34,31 \pm 4,17$ мс ( $p=0,076$ ). На более выраженное усиление симпатического отдела ВНС у лиц с наследственной отягощенностью указывали большие значения вегетативного показателя ритма ( $p=0,091$ ), и меньшие значения вариационного размаха ( $p=0,028$ ). Более выраженная активация симпатического отдела ВНС у студентов с наследственной отягощенностью по АГ подтверждается достоверными изменениями некоторых спектральных показателей СР. Общая мощность спектра (TP) у лиц с наследственной отягощенностью была ниже по сравнению со здоровыми ( $2692 \pm 817$ мс<sup>2</sup> против  $3841 \pm 627,8$  мс<sup>2</sup>,  $p=0,042$ ). Также существенно меньше была мощность LF компонента ( $777,2 \pm 274$ мс<sup>2</sup> против  $1549,7 \pm 270,8$ мс<sup>2</sup> у здоровых,  $p=0,011$ ). Следует также отметить, что у студентов с наследственной отягощенностью по АГ в спектре сердечного ритма доминировал VLF диапазон (39,4%) над LF компонентом (27,3%), а у здоровых – LF над VLF (40,15% и 37,3% соответственно). Доминирование VLF диапазона в структуре сердечного ритма у лиц с наследственной отягощенностью по АГ свидетельствует об отчетливом усилении центральных влияний. Это также подтверждается и различиями в значениях индекса централизации ( $p=0,091$ ) и индекса активации подкорковых нервных центров ( $p=0,056$ ).

Сравнение показателей ВСР у студентов в зависимости от наследственной отягощенности по артериальной гипертензии сразу после экзамена показало следующее. Не выявлено достоверных различий как во временных, так и спектральных показателях СР. Вместе с тем, RRNN у студентов с наследственной отягощенностью по АГ было меньше ( $685,6 \pm 52,38$  мс против  $738,6 \pm 27,8$  мс у здоровых). Отличия также заключались в высоких значениях SDNN, rMSSD и pNN50. Более высокие значения SDNN, rMSSD и pNN50 отражают тенденцию к превалированию парасимпатических влияний, вероятно, указывают на более выраженное утомление организма студентов с наследственной отягощенностью по АГ. Это также подтверждается и различиями в спектральных показателях. Мощность в HF диапазоне у лиц с наследственной отягощенностью была выше по сравнению с контрольной группой ( $4129 \pm 2353$ мс<sup>2</sup> против  $2508 \pm 1381$ мс<sup>2</sup>).

### ***3. Особенности ВСР у практически здоровых и студентов с наследственной отягощенностью по артериальной гипертензии с учетом доминирования отдела ВНС.***

Для уточнения соответствия показателей ВСР конкретным состояниям вегетативного тонуса все испытуемые по средним значениям RRNN были разделены на три группы. В первую группу вошли испытуемые, у которых среднее значение RRNN по ритмограмме было меньше 700 мс (условно – доминирование симпатического отдела ВНС). Во вторую группу – с значениями RRNN в диапазоне 700-900 мс (условно – нормотония), и в третью – свыше 900 мс (условно – доминирование парасимпатического отдела ВНС). Поскольку в третьей группе оказалось только 2 студента с ваготонией сравнительный анализ показателей ВСР проводили между «нормотониками» и «симпатониками».

#### ***3.1. Сравнительный анализ временных и спектральных показателей ВСР у здоровых и лиц с наследственной отягощенностью с различным типом доминирования ВНС***

Выявлены достоверные различия по средней длительности RR-интервалов между «симпатотониками» и «нормотониками» ( $669 \pm 7,63$  мс против  $751 \pm 8,07$  мс,  $p=0,014$ ) у практически здоровых. Определенные различия выявлены в дестабилизации парасимпатического контроля ( $72,8 \pm 2,38\%$  у «симпатотоников» и  $61,7 \pm 4,85\%$  – у нормотоников,  $p=0,086$ ). Достоверные различия в частотных характеристиках спектра сердечного ритма не выявлены.

Сравнение ВСР у нормотоников и симпатотоников с наследственной отягощенностью по АГ выявило различия по большинству как временных, так и спектральных показателей СР. SDNN оказалось больше у «симпатотоников» ( $41,7 \pm 3,8$  мс против  $32,7 \pm 2,56$  мс;  $p=0,012$ ). Однако rMSSD было больше у «нормотоников» ( $32,7 \pm 2,56$  мс против  $28,3 \pm 4,5$  мс;  $p=0,004$ ), что указывает на снижение активности парасимпатического отдела ВНС у «симпатотоников». Достоверные различия также выявлены по величине pNN50 ( $p=0,008$ ), АМо ( $p=0,01$ ), SI ( $p=0,006$ ), ПАПР ( $p=0,002$ ) и ДПК ( $p=0,003$ ).

Характерные различия обнаружены и в спектральных показателях СР. Наиболее выраженные отличия выявлены в VLF и HF-диапазонах ( $p=0,04$  и  $p=0,005$  соответственно). У «симпатотоников» доминировал VLF компонент над HF-доменом ( $35,2\%$  и  $28,9\%$  соответственно), а «нормотоников» – наоборот ( $40,75\%$  – HF и только  $25,7\%$  – VLF). Указанные различия свидетельствуют о ведущей роли центральных механизмов в регуляции ритма сердца у студентов с доминированием симпатического отдела ВНС при наследственной отягощенности по АГ. Действительно индекс централизации (ИЦ) был достоверно выше у студентов «симпатотоников» ( $2,66 \pm 0,43$  балла против  $1,66 \pm 0,40$  балла,  $p=0,029$ ).

### *3.2. Сравнительный анализ временных и спектральных показателей ВСР у здоровых и лиц с наследственной отягощенностью с одинаковым типом ВНС*

Сравнительный анализ временных и спектральных показателей у здоровых и у лиц с наследственной отягощенностью по АГ с доминированием симпатического отдела ВНС не выявил существенных различий между ними. Достоверные различия выявлены только по среднему значению RRNN ( $p=0,02$ ) и значению моды ( $p=0,021$ ). Вместе с тем, значения RMSSD, pNN50 у лиц с наследственной отягощенностью по АГ были меньше, а АМо, ИВР и САТ – больше. В целом, как временные, так и спектральные показатели ВСР указывали на активацию симпатического отдела ВНС и централизацию управления СР как у практически здоровых, так и у лиц с наследственной отягощенностью по АГ.

Сравнение показателей ВСР у «нормотоников» в зависимости от наследственной предрасположенности показало следующее. Достоверные различия выявлены только по АМо ( $p=0,023$ ). АМо оказалась выше у здоровых без наследственной отягощенности ( $50,4 \pm 2,9\%$ ). В то же время, у лиц с наследственной предрасположенностью значения АМо варьировали в широких пределах (от  $17,5\%$  до  $49,7\%$ ) и в среднем составили  $33,6 \pm 4,29\%$ , что отражает тенденцию к доминированию парасимпатического отдела ВНС. Это подтверждается более высокими значениями SDNN ( $61,2 \pm 8,7$  против  $38,9 \pm 2,09$  мс,  $p=0,13$ ), rMSSD ( $56 \pm 11,6$  мс против  $32,7 \pm 2,56$  мс,  $p=0,18$ ) и низкими значениями индекса вегетативного равновесия

(128,2±27,5мс против 225,9±25,8 мс,  $p=0,089$ ). Аналогичная закономерность прослеживается и в значениях SI, ПАПР.

В спектре сердечного ритма у практически здоровых студентов доминировали LF и HF волны (33.5% и 40.75% соответственно), а у лиц с наследственной отягощенностью по АГ – HF и VLF компоненты (52,1% и 27,4% соответственно). Однако отношение LF/HF практически не отличалось

### **Выводы**

1. Выявлены определенные различия изменений показателей сердечного ритма у студентов в условиях подготовки и сразу после сдачи экзамена. Во время подготовки к экзамену наблюдается доминирование волн очень низкой (VLF) и низкой частоты (LF) в спектре сердечного ритма, что отражает повышенную симпатическую активность и централизацию управления сердечным ритмом. После экзамена происходит увеличение активности парасимпатического отдела ВНС, а также понижение активности центрального контура регуляции, но сохраняется повышенная активность симпатического отдела.

2. У студентов с наследственной отягощенностью по АГ значения среднеквадратичного отклонения (SDNN) были меньше, а индекс напряжения регуляторных систем больше, чем у лиц без наследственной отягощенности как до, так и после экзамена. Наблюдается доминирование волн низких частот в спектре сердечного ритма у студентов с наследственной отягощенностью, что свидетельствует об отчетливом усилении центральных влияний. Временные и спектральные показатели лиц с наследственной отягощенностью после экзамена отражают тенденцию к превалированию парасимпатических влияний и косвенно указывают на более выраженное утомление организма по сравнению со здоровыми студентами.

3. Установлено, что адаптивные реакции сердечно-сосудистой системы, регуляции ритма сердца к экзаменационному стрессу складываются в рамках общей тенденции к повышению напряжения механизмов регуляции и активности симпатической нервной системы. Однако эти реакции имели различную степень выраженности в зависимости от исходного вегетативного тонуса. Наибольшие изменения показателей variability ритма сердца отмечались у студентов с исходным симпатическим вегетативным тонусом в сочетании с наследственной отягощенностью по артериальной гипертензии. Ведущая роль в регуляции ритма сердца при наследственной отягощенности по АГ принадлежит центральным механизмам регуляции.

### *Список литературы*

1. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ сердечного ритма при стрессе. М.: Наука, 1984. 221 с.
2. Данилова Н.Н., Астафьев С.М. Изменение variability сердечного ритма при информационной нагрузке. // Журнал высшей нервной деятельности. 1999.-Т.49.- С. 28.
3. Киселев А.Р., Гриднев В.И., Колижирина О.М. и др. Диагностика нарушений сократимости миокарда на основе variability ритма в ходе проведения велоэргометрических проб. //Кардиология.-2005.- №10.- С.23-26.

4. Рагозин А.Н. Информативность спектральных показателей вариабельности сердечного ритма. //Вестник аритмологии. -2001 -№ 22. - С. 37.
5. Ушакова Е.Г., Нидеккер И.Г. Волновая структура ритма сердца интровертов и экстравертов с различным уровнем нейротизма. // Психологический журнал.- 2002-Т.18.-№4- С.91-95.
6. Aysin B, Aysin E. Effect of respiration in heart rate variability (HRV) analysis. Conf. Proc. IEEE Eng Med Biol Soc. 2006; 1:1776-9.
7. Castro MN, Vigo DE, Weidema H, Fahrner RD, Chu EM, de Achaval et al. Heart rate variability response to mental arithmetic stress in patients with schizophrenia autonomic response to stress in schizophrenia. Schizophr Res. 2008; 99 (1-3):294-303.
8. Sato N., Miyake S. Cardiovascular reaction to mental stress: relationship with menstrual cycle and gender // J. Physiol. Anthropol. Appl. Hum. Sci. 2004~ V. 23. № 6. P. 215.
9. Hansen A.L, Johnsen B.H, Thornton D, Waage L, Thayer J.F. Facets of psychopathy, heart rate variability and cognitive function. J Personal Disord. 2007; 21(5):568-82.
10. Hjordtsov N., Rissen D., Blangsted A.K. et al. The effect of mental stress on heart rate variability and blood pressure during computer work // Eur. J. Appl. Physiol. 2004. V. 92. № 1-2. P. 84.
11. Murakami H, Ohira H. Influence of attention manipulation on emotion and autonomic responses. Percept Mot Skills. 2007;105(1):299-308.
12. Salahuddin L, Cho J, Jeong MG, Kim D. Ultra short term analysis of heart rate variability for monitoring mental stress in mobile settings. Conf. Proc. IEEE Eng Med Biol. Soc. 2007; 1:4656-9.
13. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use.// Circulation. 1996; 93:1043-56.
14. Heart rate variability / Standards of measurement. Physiological interpretation and clinical use // Eur. Heart J. 1996. V. 17. P. 354

**Н.В. Степанова, С.Ф. Идиатуллова**

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*Аннотация.* Изучены изменения и показана значимость загрязненности тяжелыми металлами основных объектов окружающей среды (атмосферного воздуха, питьевой воды, пищевых продуктов) на уровнях ниже гигиенических регламентов для показателей иммунного статуса, как одного из показателей адаптации организма практически здоровых детей, и проведена оценка неканцерогенного риска для здоровья детского населения в 5 зонах города.