УДК 612.821

ГЕНДЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И ПСИХОМЕТРИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ У ЗДОРОВЫХ СТУДЕНТОВ

Ю.Л. Веневцева, Л.В. Путилин, П.Ю. Прохоров
Медицинский институт Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, психометрическое тестирование, простая зрительно-моторная реакция, реакция на движущийся объект, критическая частота слияния мельканий, гендерные различия

Аннотация. С целью изучения влияния вегетативного статуса, оцениваемого по данным вариабельности сердечного ритма (ВСР), на скорость простых и сложных сенсомоторных реакций весной 2018 года было обследовано 100 студентов 6 курса медицинского института (60 девушек и 40 юношей).

У девушек умеренная симпатикотония способствует хорошей реактивности в начале тестирования, в то время как у юношей – неустойчивости результатов. Парасимпатический тонус положительно влияет на стабильность реагирования, в то время как повышение мощности волн VLF снижает скорость простой зрительно-моторной реакции у лиц обоего пола. Показатели ВСР в ортостазе более тесно связаны с реакцией на движущийся объект.

GENDER DIFFERENCES IN HEART RATE VARIABILITY AND PSYCHOMETRIC TESTING IN HEALTHY STUDENTS

Yu.LVenevtseva, L.V.Putilin, P.Yu.Prokhorov
Medical institute of Tula State University, Tula, Russia

Key words: heart rate variability, psychometric testing, simple visual-motor reaction time, moving visual object, critical fusion frequency, gender differences.

Annotation. The purpose of the study was to evaluate if autonomic status could influence some psychometric variables as simple and different complicated sensorimotor reaction times in young healthy participants. 60 females and 40 males 6^{th} year students were studied in spring 2018. Autonomic status was assessed using heart rate variability (HRV) in time and frequency domains.

In females moderate elevated sympathetic tone was positively related to good reactivity in the first third of trial, while in males – to variability of responses in the majority of tests done. Moderate parasympathetic predominance was

positively related to response stability. Elevated power of VLF band has negatively influenced on simple sensorimotor reaction time both in females and males. HRV parameters in orthostasis were correlated to a moving visual object reaction time.

Введение. Эффективность напряженной деятельности, особенно в спорте высших достижений, в значительной степени определяется характером и уровнем организации межсистемного взаимодействия. Важную роль в обеспечении внимании и саморегуляции играет вегетативная (автономная) нервная система, модулирующая физиологическую активацию в соответствии с потребностями окружающей среды [1].

Современной методикой, оценивающей вегетативный статус, регуляцию и реактивность, является вариабельность сердечного ритма (ВСР), широко используемая для оценки резервов адаптации как в клинической медицине, так и в спортивно-медицинской практике [2,3].

В последнее время появился ряд иностранных работ, в которых сделаны попытки изучения взаимосвязи вегетативного статуса и когнитивных функций. Так, лица с высокой ВСР, обусловленной повышением тонуса блуждающего нерва, при выполнении цветового теста Струпа (J.Stroop, 1933) демонстрировали большую устойчивость внимания и меньшую вариабельность времени реакции [4].

Лучшая переключаемость между заданиями (когнитивная гибкость) наблюдалась у молодых людей, имеющих большую ВСР по данным временного и спектрального анализа [5].

Так как гендерные особенности влияния вегетативного статуса на результаты психометрии представляются изученными недостаточно, **целью** настоящего исследования явилось изучение взаимосвязи данных ВСР и психофизиологических тестов у здоровых студентов разного пола.

Методы и организация исследований. Весной 2018 года в межкафедральной лаборатории мониторинга здоровья ТулГУ были обследованы 100 русскоязычных студентов 6 курса (60 девушек и 40 юношей), средний возраст которых составил 23,2±0,2 года. Вегетативный тонус и реактивность определяли при 3-х минутной записи ЭКГ в утренние часы (с 9.30 до 11.30) в положении сидя и стоя для расчета ВСР в области временного и спектрального анализа (ВНС-Ритм; Нейрософт, Иваново). Сразу после ВСР проводилось психофизиологическое тестирование на аппаратно-программном комплексе «НС-ПсихоТест (Нейрософт, Иваново)» с выполнением простой зрительно-моторной реакции (ЗМР), сложной зрительно-моторной реакции – реакции выбора (РВ), помехоустойчивости (зрительно-моторной реакции в условиях помехи, ПУ), реакции на

движущийся объект (РДО), критической частоты слияния световых мельканий (КЧСМ), а также статической и динамической (по профилю) координациометрии (треморометрии).

Статистическая обработка результатов, проведенная с использованием пакета анализа Excel 7.0, включала описательную статистику, двухвыборочный t-тест по Стьюденту с различными дисперсиями и корреляционный анализ. Учитывались только достоверные ($p<0,05$) и высокодостоверные ($p<0,01$) различия и взаимосвязи. Данные представлены как M±m.

Результаты исследования и их обсуждение. В таблице 1 приведены показатели ВСР у студентов разного пола в положении сидя. Длительность среднего кардиоинтервала RR, а также ВСР во временной области, общая мощность спектра и мощности волн VLF и HF не различались. Вместе с тем, у юношей абсолютная ($p=0,01$) и относительная мощность волн LF ($p=0,038$) были выше, что указывает на относительную симпатикотонию.

Таблица 1

Показатели ВСР у студентов 6 курса в положении сидя, M±m

Показатель	Девушки (n=60)	Юноши (n=40)
Средний кардиоинтервал, мс	758,8±11,6	798,7±17,7
SDNN, мс	51,3±1,9	60,2±4,8
RMSSD, мс	37,8±2,7	44,2±5,4
pNN50, %	16,4±2,0	17,2±2,8
CV,%	6,8±0,2	7,4±0,5
TP, мс2	3463±238	5127±918
VLF, мс2	1345±136	1687±215
LF, мс2	1180±95	2039±344**
HF, мс2	928±104	1400±450
LF/HF	2,57±0,37	2,83±0,38
VLF, %	39,3±2,3	37,5±2,4
LF,%	35,3±1,8	41,0±2,2*
HF,%	25,4±2,1	27,1±2,4

Достоверность различий: * - при $p<0,05$; ** - при $p<0,01$

Примечание: Временной анализ: SDNN – квадратный корень из разброса интервалов RR; RMSSD - квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов NN; pNN50 % - процент пар последовательных интервалов NN, которые различаются более чем на 50 мс; CV,% - коэффициент вариативности.

Спектральный анализ: TP - общая мощность спектра; абсолютная и относительная (%) мощность волн всех диапазонов: HF – high frequency - быстрые волны, LF – low frequency - медленные волны, VLF – very low frequency - очень медленные волны; LF/HF - симпато-вагальный баланс.

В ортостазе ЧСС составила 91,9±1,3 уд/мин у девушек и 88,9±1,9 уд/мин у юношей. Наблюдалась тенденция к большей относительной мощности дыхательных волн в положении стоя (HF%) у девушек - 16,5±1,7% при 13,5±1,6 % у юношей (p=0,10).

Результаты психометрического тестирования представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты психометрического тестирования студентов разного пола, M±m

Показатели	Девушки (n=60)	Юноши (n=40)
Реакция в условиях помехи, мс	334,5±19,6	326,8±25,0
Коэффициент вариативности реакции в условиях помехи, %	32,9±8,1	31,6±7,9
Простая зрительно-моторная реакция, мс	313,4±19,7	330,7±32,3
Коэффициент вариативности ЗМР, %	21,9±2,3	22,6±2,8
Реакция выбора, мс	428,3±9,5	434,4±22,1
Коэффициент вариативности РВ, %	18,0±0,8	17,4±1,8
Реакция на движущийся объект, мс	138,7±11,6	114,7±12,0
Коэффициент вариативности РДО, %	40,1±3,1	38,5±4,0
Критическая частота слияния мельканий, Гц	37,4±0,4	37,7±0,5
Коэффициент вариативности КЧСМ, %	13,1±1,1	13,1±1,3
Число касаний при статической треморометрии	3,34±0,82	7,35±1,51**
Число касаний при динамической координациометрии	6,96±0,70	11,34±1,31***
Время касаний/с	0,36±0,04	0,60±0,07**

Достоверность различий: ** - при p<0,01; *** - при P<0,001

Гендерных различий в данных психометрии при реагировании на сигналы, поступающие от экспериментатора (ЗМР, РВ, КЧСМ, ПУ) не было, однако задания, оценивающие произвольную тонкую моторику (статическая и динамическая координациометрия) выполнялись высокодостоверно лучше

девушками, чем юношами. Хотя сложная сенсомоторная реакция с элементами прогнозирования – РДО была несколько лучше у юношей, различия не достигли критерия достоверности.

Наибольшая интраиндивидуальная вариабельность ответов у лиц обоего пола наблюдалась при выполнении РДО, затем – реакции в условиях помехи и простой ЗМР.

Корреляционный анализ выявил следующие взаимосвязи. У девушек с увеличением длительности среднего кардиоинтервала возрастает время простой ЗМР при 2 предъявлении ($r=0,41$; $p<0,01$) и вариабельность этой реакции ($r=0,32$; $p<0,01$). Кроме того, возрастает время РВ при 1 предъявлении ($r=0,30$), а также число и время касаний при статической тремометрии ($r=0,34$ и $r=0,37$; $p<0,01$). Полученные результаты могут свидетельствовать о том, что переходный процесс врабатывания у девушек, вероятно, протекает быстрее при определенном уровне активации коры головного мозга (arousal), в определенной мере сопряженном с симпатическим тонусом.

У юношей выявлены другие взаимосвязи. Так, чем ниже ЧСС, тем больше КЧСМ при 1 предъявлении ($r=0,32$) и меньше вариабельность данного теста ($r=-0,33$), характеризующего лабильность нервных процессов в корковом отделе зрительного анализатора [6]. Вместе с тем возрастает время ЗМР в конце серии ($r=0,48$; $p<0,01$), что может быть связано с возможным снижением уровня произвольного внимания. Кроме того, как и у девушек, больше время РВ при 1 предъявлении ($r=0,45$; $p<0,01$), а также CV% этой реакции ($r=0,37$).

Чем больше SDNN, тем короче время РВ при 3 предъявлении ($r=-0,25$) у девушек и РДО в середине теста у юношей ($r=-0,34$), т.е. у лиц обоего пола с достаточной ВСР сложные сенсомоторные тесты выполняются более стабильно.

Величина RMSSD, характеризующая тонус парасимпатического отдела ВНС, только у девушек отрицательно коррелировала со временем РВ в конце серии ($r=-0,28$), отражая устойчивость фиксированного внимания.

С увеличением показателя pNN50% у девушек короче ПЗМР в конце серии ($r=-0,26$), а у юношей короче время РДО ($r=-0,39$) также в последних предъявлениях. Кроме того, у юношей снижается число и время касаний при статической тремометрии ($r=-0,32$).

Общая мощность спектра TP обнаружила связи только у девушек: при ее увеличении возрастает вариабельность результатов теста КЧСМ ($r=0,28$) из-за снижения показателя в середине теста ($r=-0,29$).

Также только у девушек выявлена корреляция мощности волн диапазонов VLF и LF: при их увеличении короче время РВ при 2 предъявлении (r=-0,28 и r=-0,28). С повышением мощности волн LF ухудшается ПУ в конце серии (r=0,39; p<0,01), снижается КЧСМ в середине серии и повышается вариабельность этого теста (r=0,32), однако короче время ЗМР в середине исследования (r=-0,25).

Увеличение мощности дыхательных волн (HF) способствует фиксированному вниманию: у девушек короче ЗМР в конце серии (r=-0,25), а у юношей ниже лабильность нервных процессов - КЧСМ (r=-0,37) также в конце серии.

При повышении нормализованной мощности вазомоторных волн, (LFn.u., симпатический тонус) у юношей возрастает вариабельность ответов в двух тестах - ПУ (r=0,37) и КЧСМ (r=0,33).

Наиболее часто в клинических работах отношение LF/HF используется как отражение симпато-вагального баланса. С увеличением LF/HF девушки сохраняли хорошую работоспособность в середине серии РВ (r=0,25), а у юношей снижалась ПУ в конце серии (r=0,36) и возрастала вариабельность КЧСМ (r=0,32). Так как активность симпатического отдела ВНС в фоне у юношей была достоверно выше, можно предположить, что дальнейшее повышение симпатического тонуса в большей степени будет влить на когнитивные функции лиц мужского пола.

Несколько взаимосвязей было выявлено с отдельными компонентами спектра ВСР. Так, относительная мощность диапазона VLF% обнаружила корреляции только у девушек: у них возрастало время простой ЗМР при 3 (r=0,27), 6 (r=0,27), 7 (r=0,37; p<0,01), 8 (r=0,.28) и 10 предъявлении (r=0,31), а также время РВ в конце серии (r=0,25). Наши результаты подтверждают неблагоприятную клиническую значимость повышения относительной мощности волн этого диапазона, что наблюдается при умственном утомлении или перетренированности у спортсменов [7].

С повышением относительной мощности диапазона LF% у девушек ухудшается ПУ в конце исследования (r=0,33), но сокращается время РВ в середине серии (r=-0,27). У юношей повышение LF% увеличивает вариабельность в тесте ПУ (r=0,32), т.е. способствует флюктуирующему характеру внимания.

С увеличением относительной мощности волн HF% у девушек сокращается время ЗМР в конце серии (r=-0,25), а у юношей снижается вариабельность двух тестов: ПУ (r=-0,32) и КЧСМ (r=-0,36). Можно видеть, что увеличение парасимпатического тонуса способствует стабильности выполнения психометрических тестов.

Меньше взаимосвязей выявлено с показателями ВСР в положении стоя. Так, чем больше у девушек длительность RR в ортостазе, тем длиннее простая ЗМР при 1 предъявлении и больше касаний при статической трeморометрии, а у юношей больше КЧСМ в начале тестирования, однако возрастает время ПЗМР в конце серии ($p<0,01$).

При повышении ВСР во временной области (что может указывать на сниженную реактивность на ортостаз), а также при повышении TP и мощности волн VLF, отражающих активность симпато-адреналовой регуляторной оси, у лиц обоего пола хуже РДО, преимущественно в конце серии, а у юношей – и в ее середине.

Чем выше в ортостазе абсолютная и относительная мощность VLF%, тем хуже время ПЗМР в конце серии у лиц обоего пола ($p<0,01$). Девушки, адаптирующиеся к постуральному воздействию с большим участием вазомоторного компонента (LF%), лучше выполняют РВ при 2 предъявлении, однако при чрезмерной реактивности (отношение LF/HF) у них ухудшается ПУ в конце теста.

Выявленные нами факты согласуется с недавно опубликованными данными. Так, при одновременном поступлении двух сигналов – на прекращение выполнения одного и переключения на другое действие лица с высокой ВСР в фоне по показателю RMSSD были более успешными [8].

Изучение времени и вариабельности реакции, а также точности выполнения тестов на внимание (определение цели) у 104 здоровых лиц молодого возраста показало, что сниженная ВСР в покое предсказывала увеличение разброса данных [9].

В нашем исследовании больше взаимосвязей вегетативного статуса с данными психометрии выявлено у девушек. Ранее высказанное мнение, что при обработке информации об отдельных показателях восприятия времени и пространства девушки отличаются от юношей более генерализованным включением отделов коры больших полушарий и иррадиацией возбуждения в них, в то время как у юношей в коре головного мозга преобладают процессы концентрации возбуждения [10], объясняет полученные нами результаты.

Повышение ВСР во временной области способствует стабильной реактивности при более простом тесте - ЗМР у девушек и более сложном – РДО у юношей, у которых, кроме того, эйтония или умеренная ваготония положительно влияют на функцию кинестетического анализатора и результаты статической трeморометрии. Это подтверждает необходимость использования методик психорегулирующей тренировки, повышающих

тонус парасимпатического отдела ВНС, перед выполнением сложных медицинских манипуляций, особенно на этапе их освоения.

Заключение. Вегетативный статус здоровых лиц достоверно влияет на результаты психометрических тестов, однако разнонаправленно в зависимости от пола. Умеренная симпатикотония у девушек улучшает скорость простых и сложных сенсомоторных реакций, особенно в начале серии, но повышает вариабельность выполнения тестов у юношей.

Повышение ВСР во временной области (pNN50%), связанное с парасимпатическим тонусом, способствует стабильной реактивности при выполнении более простого теста - ЗМР у девушек и более сложного теста - РДО у юношей.

Увеличение абсолютной мощности волн VLF в ортостазе у лиц обоего пола, а у девушек – относительной мощности волн VLF и в фоне снижает скорость простой ЗМР в середине и конце серии.

Наиболее «чувствительными» к особенностям вегетативного статуса тестами оказались простая ЗМР и РВ у девушек и ПУ и КЧСМ у юношей. Характер вегетативной регуляции в ортостазе у лиц обоего пола наиболее часто коррелировал с РДО, при этом данные спектрального анализа у здоровых лиц представляются более информативными, чем показатели ВСР во временной области.

Список литературы

1. Griffiths K.R. et al. Sustained attention and heart rate variability in children and adolescents with ADHD / KR Griffiths, DS Quintana, DF Hermens [et al.] // Biol Psychol., 2017.- Vol.124 (3).-p.11-20. doi: 10.1016/j.biopsycho.2017.01.004.

2. Баевский Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. И. Кириллов, С.З. Клецкин // М.: Наука, 1984. – 220 с.

3. Гаврилова Е.А. Спорт, стресс, вариабельность: монография / Е.А.Гаврилова - М.: Спорт, 2015. - 168 с.

4. Spangler DP. Resting heart rate variability is associated with ex-Gaussian metrics of intra-individual reaction time variability / DP. Spangler, DP. Williams, LF. Speller [et al.] // Int J Psychophysiol.- 2018 Mar.- Vol. 125.-P.10-16.doi: 10.1016/j.ijpsycho.2018.01.009

5. Colzato LS. Variable heart rate and a flexible mind: Higher resting-state heart rate variability predicts better task-switching / LS Colzato, BJ.Jongkees, M. de Wit [et al.] // Cogn Affect Behav Neurosci.- 2018.-Vol.18(4).-P.730-738. doi: 10.3758/s13415-018-0600-x.

6. Ильин Е. П. Психомоторная организация человека / Е. П. Ильин.- М.: 2003. - 384 с.

7. Хаспекова Н. Б. Регуляция вариативности ритма сердца у здоровых и больных с психогенной и органической патологией мозга / Н.Б.Хаспекова //Дисс. докт.мед.наук.- М., Ин-т ВНД,1996.-236 с.

8. Colzato LS. High vagally mediated resting-state heart rate variability is associated with superior action cascading / LS.Colzato, L.Steenbergen// Neuropsychologia.- 2017.-Nov.-Vol.106.-P.1-6. doi: 10.1016/ j.neuropsychologia.2017.08.030.

9. Williams DP. Resting cardiac vagal tone predicts intraindividual reaction time variability during an attention task in a sample of young and healthy adults/ DP.Williams, JF.Thayer, J.Koenig // Psychophysiology.– 2016.-Vol.53(12).- P.1843-1851. doi: 10.1111/psyp.12739.

10. Корягина Ю.В. Хронобиологические основы спортивной деятельности / Ю.В.Корягина.- Монография.- Омск, 2008.- 264 с.

References

1. Griffiths K.R. et al. Sustained attention and heart rate variability in children and adolescents with ADHD / KR Griffiths, DS Quintana, DF Hermens [et al.] // Biol Psychol., 2017.- Vol.124 (3).-p.11-20. doi: 10.1016/j.biopsycho.2017.01.004.

2. Baevskij R.M. Mathematical analysis of changes in heart rate variability during stress /R.M.Baevskij, O.I.Kirillov, S.Z.Kletskin // M/:Nauka, 1984.- 220 p.

3. Gavrilova E.A. Sport, stress, variability: monograph/ E.A.Gavrilova. – M.:Sport, 2015.-168 p.

4. Spangler DP. Resting heart rate variability is associated with ex-Gaussian metrics of intra-individual reaction time variability / DP. Spangler, DP. Williams, LF. Speller [et al.] // Int J Psychophysiol.- 2018 Mar.- Vol. 125.-P.10-16.doi: 10.1016/j.ijpsycho.2018.01.009

5. Colzato LS. Variable heart rate and a flexible mind: Higher resting-state heart rate variability predicts better task-switching / LS Colzato, BJ.Jongkees, M. de Wit [et al.] // Cogn Affect Behav Neurosci.- 2018.-Vol.18(4).- P.730-738. doi: 10.3758/s13415-018-0600-x.

6. Il'in E.P. Human psychomotor organization / E.P.Il'in.-M.:2003.-384 p.

7. Khaspekova N.B. Heart rate variability regulation in healthy and patients with psychogenic and organic brain pathology / N.B.Khaspekova //Diss.doct.med.science.-M., Institute of HBA, 1996.-236 p.

8. Colzato LS. High vagally mediated resting-state heart rate variability is associated with superior action cascading / LS.Colzato, L.Steenbergen//

Neuropsychologia.- 2017.-Nov.-Vol.106.-P.1-6. doi: 10.1016/ j.neuropsychologia.2017.08.030.

9. Williams DP. Resting cardiac vagal tone predicts intraindividual reaction time variability during an attention task in a sample of young and healthy adults/ DP.Williams, JF.Thayer, J.Koenig // Psychophysiology.– 2016.-Vol.53(12).- P.1843-1851. doi: 10.1111/psyp.12739.

10. Koryagina Yu.V. Chronobiological basis of sport activity. / Yu.V.Koryagina.-Monograph.- Omsk, 2008.- 264 p.

Сведения об авторах: Юлия Львовна Веневцева – и.о.зав.о кафедрой пропедевтики внутренних болезней Медицинского института ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г.Тула; доктор медицинских наук, заслуженный врач РФ; e-mail: ulvenevtseva@rambler.ru; **Лев Всеволодович Путилин** – студент 3 курса Медицинского института ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г.Тула; e-mail lev.putilin2012@yandex.ru; **Павел Юрьевич Прохоров** – студент 3 курса Медицинского института ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г.Тула;; e-mail prohorov_71@bk.ru