

Вегетативные показатели сердечного ритма у студентов при умственной нагрузке

Л.Г. Ваганян, Э.Г. Геворкян, Н.Э. Татевосян, И.Г. Татевосян, Э.Г. Костанян,
В.А. Малоян, Н.А. Айрапетян, Н.М. Малоян

*Институт физиологии им. Л.А. Орбели НАН РА
375028, Ереван, ул. Братьев Орбели, 22*

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, вариационная пульсометрия, спектральный анализ, гемодинамика, функциональное состояние, умственная нагрузка

В современных компьютерных технологиях диагностики функционального состояния организма наиболее часто применяется метод анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР). Связано это с тем, что, во-первых, сердечный ритм является одним из наиболее удобных показателей как для регистрации, так и анализа и, во-вторых, позволяет получить ценную информацию не только о сердечно-сосудистой системе, но и функциональном состоянии организма в целом [1,2]. В последнее десятилетие увеличилась значимость этого метода для экспресс-оценки состояния здоровья человека. По этой причине особый интерес представляют данные по изучению показателей ВСР, полученные на коротких 5-минутных записях электрокардиограммы. Поскольку широкий спектр различных характеристик сердечного ритма отражает влияние различных управляющих систем [1-3,9], то можно использовать термин *функциональное состояние регуляции кардиоритма в данный отрезок времени*.

Целью настоящего исследования явилось изучение особенностей ВСР и некоторых основных показателей гемодинамики при выполнении компьютеризированных тестовых заданий умственного характера.

Материал и методы

Эксперименты проводились с помощью аппаратно-программного комплекса на базе персонального компьютера, соединенного с полиграфом "BAINTRONICS" The Netherlands [4]. В обследовании принимали участие 67 студентов обоих

полов в возрасте 17-18 лет. Предварительно каждый испытуемый заполнял опросник Г. Айзенка [11], позволяющий оценить показатель экстраверсии. Уровень тревожности определяли по тесту Тейлора [14]. В качестве умственной нагрузки были выбраны компьютеризированные тестовые задания, которые имели разные степени сложности и выраженные различия в плане механизмов их мозгового обеспечения. Запись электрокардиограммы (ЭКГ), измерение артериального давления проводили дважды: в состоянии относительного покоя и после выполнения тестовых заданий, длящихся приблизительно 1ч 20 мин. Учитывали вес и рост обследуемых. Использовали метод математического анализа ритма сердца [1]. Анализировались последовательности временных интервалов между смежными R-зубцами ЭКГ (кардиоинтервалы) [1,2].

Обозначения спектральных составляющих сердечного ритма приводятся с учетом опубликованных рекомендаций Европейского кардиологического общества, Северо-Американского общества электрофизиологии [12]. Расшифровка аббревиатур приводится в примечаниях таблиц. Статистическая обработка полученных данных выполнена с помощью компьютерных пакетов Excel и Stat soft Statistical.

Результаты и обсуждение

У всех испытуемых в состоянии непосредственной готовности к выполнению тест-заданий показатели ВСР и гемодинамики указывали на несколько высокий тонус симпатического отдела

Основные показатели variability сердечного ритма и гемодинамики до (Т0) и после (Т1) умственной нагрузки у всех испытуемых и в группе, выделенной по индивидуально-типологическим особенностям

Показатели	Все испытуемые (n = 67)			Экстраверты (n = 47)			Интроверты (n = 16)		
	Т0	Т1	Р	Т0	Т1	Р	Т0	Т1	Р
АМо %	45,4±12,35	39,8±10,62	< 0,01	46,7±12,73	41,7±11,05	< 0,05	42,6±10,82	36,0±8,83	
Мо мсек	700,7±99,1	757,2±102,65	< 0,001	699,7±96,12	737,1±90,82	< 0,05	701,9±89,77	800,3±110,7	< 0,01
ΔХ мсек	227,5±106,3	262,0±119,1	< 0,05	216,1±87,08	242,4±103,3		240,0±117,47	288,6±134,8	
ИН усл.ед.	206,8±143,3	144,9±107,09	< 0,01	220,2±149,27	166,8±117,9	< 0,05	176,3±128,4	102,4±56,39	< 0,05
ИВР усл.ед.	273,4±171,2	207,2±133,48	< 0,01	292,9±181,87	233,7±144,9		232,5±138,74	159,7±85,19	
ВПР усл.ед.	8,1±3,65	6,5±3,06	< 0,01	8,7±3,73	7,1±3,27	< 0,05	7,5±3,27	5,3±1,85	< 0,05
ПАПР усл.ед.	67,4±24,11	54,3±19,29	< 0,001	69,2±24,11	58,3±20,23	< 0,01	63,0±23,51	45,9±13,15	< 0,05
ЧСС уд/мин	83,4±10,09	77,4±9,07	< 0,001	83,5±9,76	79,1±8,66	< 0,01	82,8±10,24	73,2±2,81	< 0,05
АДс мм рт.ст.	111,3±10,42	111,6±9,35		109,1±9,89	111,0±8,92		123,4±9,22	114,3±12,14	
АДд мм рт.ст.	72,4±8,94	73,0±7,45		71,8±9,06	72,7±8,03		78,5±9,35	73,8±6,74	
УО мл	73,0±16,06	70,08±15,23		68,0±13,1	69,9±14,26		94,1±12,75	75,9±16,63	< 0,05
МОК мл	6377,0±1750	5720,0±1513		5852,4±1301	5652,7±1383		8463,1±2005	6038,4±1707	< 0,05
ПСС	1152,7±340,7	1307,5±426,4		1215,4±340,6	1311,1±426,4		919,8±111,6	1223,1±313,2	

Примечание. Показатели variability сердечного ритма: Мо – мода, наиболее часто встречающаяся величина кардиоинтервалов; АМо – амплитуда моды – число кардиоинтервалов, соответствующих значению моды; ΔХ – вариационный размах или колеблемость пульса; ИН – индекс напряжения регуляторных систем, отражает степень централизации управления сердечным ритмом; ИВР – индекс вегетативного равновесия, указывает на соотношение между активностью симпатической и парасимпатической нервной системой; ВПР – вегетативный показатель ритма; ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции. Гемодинамические показатели: ЧСС – частота сердечных сокращений; АДс, АДд – соответственно систолическое и диастолическое артериальное давление; УО – ударный объем; МОК – минутный объем крови; ПСС – периферическое сопротивление сосудов

вегетативной нервной системы (ВНС) и некоторую напряженность регуляторных систем сердца из-за предстоящей ответственной деятельности в заданной программой времени (табл. 1, Т0). По-видимому, такое состояние было связано с эмоциональным напряжением, с так называемым *предстартовым волнением* перед началом предъявления умственной нагрузки, о чем говорят средние и высокие значения показателей уровней тревожности (26–30 баллов). Подобное состояние можно рассматривать как проявление умеренного функционального напряжения, направленного на мобилизацию энергетических ресурсов организма с целью обеспечения результативности предстоящей умственной деятельности. Реализация умственной нагрузки сопровождалась статистически достоверными ($p < 0,01 - 0,001$) умеренными сдвигами исследуемых показателей. Как видно из табл. 1, Т1, уменьшились значения ИН на 30%, ИВР – 24,2%, ВПР – 19,8%, ПАПР – 19,4%, АМо – 12,4%, а значения Мо и ΔX повысились на 7,5 и 13,2%. По динамике ИН можно судить о том, что в ходе выполнения испытуемыми тестовых задач происходило постепенное привыкание к экспериментальной обстановке. Понижение ИН указывает на уменьшение степени централизации управления кардиоритмом. Уменьшение АМо свидетельствует об умеренном преобладании тонуса парасимпатического звена ВНС и уменьшении доли симпатического влияния на сердце после завершения предложенных тестовых заданий. Рост показателей Мо и ΔX указывает на повышение активности гуморального канала регуляции. Уменьшение значений ИВР, ВПР и ПАПР означает смещение вегетативного равновесия в сторону преобладания парасимпатического отдела ВНС [1,2]. Результаты анализа гемодинамики у всех испытуемых показали гипокинетический вариант кровообращения в виде недостоверного снижения УО на 4,2% и МОК на 10,3% и одновременного повышения общего периферического сопротивления сосудов (ПСС) на 11,8%. Наблюдалось также урежение ЧСС на 7,2% ($p < 0,01$). Существенных изменений АДс и АДд не обнаружено. Подобная направленность выражает умеренное доминирование трофотропных (парасимпатических) регуляторных влияний на сердечно-сосудистую систему.

В группе, выделенной по личностным осо-

бенностям, испытуемые экстраверты составили 75,8%, а интроверты – 24,2%. Как видно из табл. 1, Т0, экстраверты в исходном состоянии отличались от интровертов более высоким тонусом симпатической нервной системы, обусловленным в данном случае эмоциональным состоянием испытуемых экстравертов в силу их индивидуально-типологических особенностей [11]. После выполнения тестовых заданий были выявлены статистически значимые различия по многим показателям ВСР (Т1), свидетельствующие об усилении парасимпатического влияния на кардиоритм: снижение ИН, ИВР, ВПР, АМо, ПАПР, ЧСС, УО, МОК и повышение Мо и ΔX , ПСС.

В группе, выделенной по половому признаку, студенты в исходном состоянии по всем изучаемым показателям характеризовались более высоким тонусом симпатической нервной системы, чем студентки (табл. 2, Т0). Чувство ответственности, стремление к успешному завершению предложенных тестовых заданий, достижению значимых целей были более характерны для испытуемых юношей, чем для девушек. К сказанному можно добавить, что, согласно литературным данным [7], юноши в возрасте 17–18 лет обладают повышенным тонусом симпатической нервной системы и только к 21 году наступает период относительной стабилизации физического развития и функциональных возможностей организма. После выполнения тест-заданий (Т1) у студентов по сравнению со студентками отмечались статистически достоверные сдвиги ($p < 0,05 - 0,001$) регистрируемых показателей ВСР, отражающие активность парасимпатической нервной системы. Так, у студентов наблюдался значительный спад ИН на 34,2%, ИВР – 28,2%, ВПР – 24,2%, ПАПР – 32,8%, АМо – 13,7%, ЧСС – 8,6% и рост Мо и ΔX на 8,6 и 14,4% соответственно. Гемодинамический показатель УО уменьшился на 4,6%, МОК – на 14,1%, а ПСС возрос на 15,2%, но они были статистически недостоверными. У студенток статистически недостоверно понизились значения ИН, ИВР, ВПР, АМо соответственно на 23,1; 17,9; 14,9; 10,8%, кроме ПАПР, ЧСС – на 16,2 ($p < 0,05$), 5,6% ($p < 0,05$), и повысились значения Мо ($p < 0,05$) и ΔX на 6,1 и 11,8%. Гемодинамические показатели УО и МОК уменьшились соответственно на 2 и 8,1%, а ПСС возросло на 10%.

Основные показатели вариабельности сердечного ритма и гемодинамики до (Т0) и после (Т1) умственной нагрузки в группе, выделенной по половому признаку

Показатели	Студенты (n = 36)			Студентки (n = 31)		
	Т0	Т1	Р	Т0	Т1	Р
АМо %	48,0± 13,05	41,4± 10,57	< 0,01	42,5± 10,93	37,9± 10,53	
Мо мсек	713,3± 113,9	780,1± 108,6	< 0,01	685,9± 77,69	730,6± 89,69	< 0,05
ΔХ мсек	222,0±120,51	259,3± 129,3		233,9± 88,76	265,2± 107,87	
ИН усл.ед.	235,8± 162,9	155,2± 118,8	< 0,01	173,0± 109,6	133,1± 92,05	
ИВР усл.ед.	313,6± 196,4	225,2± 147,5	< 0,05	226,7± 123,8	186,3± 113,8	
ВГР усл.ед.	8,7± 4,25	6,6± 3,49	< 0,01	7,4± 2,73	6,3± 2,52	
ПАПР усл.ед.	70,5± 25,95	55,2± 19,76	< 0,001	63,7± 21,63	53,4± 19,02	< 0,05
ЧСС уд/мин	82,8± 11,4	75,7± 9,49	< 0,01	84,0± 8,45	79,3± 8,28	< 0,05
АДс мм рт.ст.	114,0± 9,65	113,4± 8,57		109,8± 10,76	110,5± 9,81	
АДд мм рт.ст.	72,9± 8,72	73,2± 5,96		72,0± 9,26	73,0± 8,34	
УО мл	74,5± 15,11	71,1± 16,3		72,1± 16,8	70,7± 14,96	
МОК мл	6692,6± 1847	5753,3± 1630		6196,6± 1712	5700,3 ±1478	
ПСС	1108,5 ±293,6	1306,9 ±405,9		1178,0 ±369,0	1307,9 ±447,5	

Примечание. Расшифровка аббревиатур та же, что в табл. 1

Таким образом, как у всех испытуемых, так и в группах, выделенных по половому признаку и личностным особенностям, выявлены изменения вегетативных, гемодинамических характеристик, отражающие доминирование трофотропных регуляторных влияний на сердце при предложенной умственной нагрузке, свидетельствуя о смещении вегетативного баланса в сторону преобладания активности парасимпатической нервной системы, усилении автономных регуляторных влияний и наличии гипокINETического варианта кровообращения. Иными словами, при выполнении заданий адаптивные саморегуляционные реакции мозга были направлены на снижение интенсивности

эмоционального напряжения испытуемых и формирование нового уровня функционального состояния (ФС) головного мозга, соответствующего специфике предложенной деятельности.

В табл. 3 представлены результаты спектрального анализа, а также комплексные показатели состояния стволовых и высших подкорковых вегетативных центров (ИЦПР, ИАНЦ, ПАРС). После умственной нагрузки (Т1) как у всех испытуемых, так и в выделенных группах мощность ВЧ практически не изменялась, увеличилась мощность НЧ и ОНЧ. Однако, в целом, ВЧ преобладала над НЧ и ОНЧ. Показатель НЧ/ВЧ несколько возрос, а величины ИЦПР, ИАНЦ,

Таблица 3

Спектральные и комплексные показатели сердечного ритма до (Т0) и после (Т1) выполнения умственной нагрузки у всех испытуемых и в группах, выделенных по личностным характеристикам и половому признаку

Время записи ЭКГ	Все испытуемые (n = 67)							
	K1	ОНЧ мс ²	НЧ мс ²	ВЧ мс ²	ИЦПР усл. ед.	ИАНЦ усл. ед.	ПАРС баллы	НЧ / ВЧ
T0	0,533± 0,201	0,0626± 0,0166	0,0779± 0,0168	0,0891± 0,0168	5,35± 1,82	1,24± 0,31	2,87± 1,06	0,909± 0,280
T1	0,501± 0,211	0,0638± 0,0145	0,0835± 0,0199	0,0901± 0,0218	5,17± 1,69	1,19± 0,28	2,53± 0,91	0,978± 0,322
P			< 0,05				< 0,05	
Экстраверты (n = 47)								
T0	0,535± 0,19	0,0633± 0,014	0,0798± 0,0145	0,0890± 0,0191	5,48± 1,64	1,21± 0,28	2,91± 1,05	0,925± 0,25
T1	0,514± 0,219	0,0637± 0,014	0,0857± 0,019	0,088± 0,02	5,38± 1,62	1,16± 0,27	2,60± 0,88	1,010± 0,31
Интроверты (n = 16)								
T0	0,545± 0,183	0,0640± 0,0179	0,0727± 0,022	0,0929± 0,0215	5,07± 1,73	1,39± 0,33	2,64± 1,14	0,835± 0,37
T1	0,458± 0,173	0,0645± 0,016	0,0783± 0,023	0,0897± 0,018	4,68± 1,65	1,28± 0,29	2,36± 1,11	0,920± 0,37
Студенты (n = 36)								
T0	0,549± 0,21	0,0632± 0,0174	0,0827± 0,0156	0,0875± 0,0165	5,61± 1,82	1,16± 0,29	2,95± 1,21	0,976± 0,253
T1	0,523± 0,196	0,0673± 0,014	0,0903± 0,017	0,0882± 0,02	5,47± 1,54	1,16± 0,30	2,38± 0,89	1,048± 0,263
P			< 0,05				< 0,01	
Студентки (n = 31)								
T0	0,516± 0,187	0,0619± 0,0159	0,0722± 0,0167	0,0910± 0,0171	5,04± 1,80	1,33± 0,31	2,78± 0,87	0,823± 0,292
T1	0,476± 0,228	0,0598± 0,0147	0,0756± 0,0198	0,0923± 0,0220	4,82± 1,81	1,24± 0,26	2,70± 0,91	0,875± 0,338

Примечание. K1—значение первого коэффициента автокорреляционной функции, отражает степень активности автономного контура регуляции; ВЧ—высокочастотная компонента в спектре сердечного ритма—0,40-0,15 Гц, связана с активностью парасимпатической нервной системы; НЧ — низкочастотная—0,04-0,15 Гц, ассоциируется с активностью симпатической нервной системы, подкоркового сосудистого центра; ОНЧ—очень низкочастотная—0,05-0,015 Гц, которая отражает, по мнению многих исследователей, уровень основного обмена, терморегуляции, эрготропных функций; отношение НЧ/ВЧ—рассматривается в качестве показателя симпатико-парасимпатического равновесия; ИАНЦ—индекс активности нервных центров; ИЦПР—индекс централизации процессов регуляции, отражает степень централизации управления ритмом сердца; ПАРС—комплексный показатель активности регуляторных систем, учитывающий статистические показатели, показатели вариационной пульсометрии и данные спектрального анализа кардиоинтервалов

ПАРС уменьшились, что свидетельствует о состоянии оптимального напряжения регуляторных

систем [1,2]. Согласно имеющимся в литературе данным [2, 5-10, 12,13], вышеперечисленные

спектральные составляющие (ВЧ, НЧ, ОЧН) ритма сердца являются достаточно стабильными в условиях нормы, однако претерпевают значительные изменения при выраженных функциональных сдвигах в организме, носящих приспособительный характер (при тяжелых физических нагрузках), или же патологических состояниях организма. Иными словами, в состоянии оптимального напряжения регуляторных систем регуляция кардиоритмом осуществляется с минимальным участием высших уровней управления и только в условиях стресса или выраженной функциональной нагрузки управление сердечным ритмом переходит к вышележащим нервным центрам.

Таким образом, на основании вышеизложенных

фактов, мы полагаем, что умеренное преобладание тонуса парасимпатического отдела ВНС свидетельствует об оптимальном уровне ФС головного мозга, адекватности предложенных компьютеризированных тест-заданий умственного характера с заданной длительностью (1ч 20мин) и сохранении у испытуемых благоприятного эмоционального фона независимо от пола и личностных характеристик. Полагаем, что рассмотренные показатели математического анализа кардиоритма в совокупности с основными показателями гемодинамики могут быть достаточно надежными и информативными критериями оценки текущего ФС мозга при различного рода нагрузках.

Поступила 22.06.06

Սրտի ռիթմի վեգետատիվ ցուցանիշները ուսանողների մոտ մտավոր ծանրաբեռնվածության պայմաններում

Լ.Գ. Վահանյան, Է.Գ. Գևորգյան, Ն.Է. Թադևոսյան, Ի.Գ. Թադևոսյան, Է.Գ. Կոստանյան, Վ.Հ. Մալոյան, Ն.Ա. Հայրապետյան, Ն.Մ. Մալոյան

Յույց է տրված, որ ինչպես բոլոր հետազոտվողների մոտ, այնպես էլ գենդերային և անհատական հատկանիշներով առանձնացված խմբերում հստակ կապ է բացահայտվում սրտի ռիթմի փոփոխականության սպեկտրալ բնութագրերի և հեմոդինամիկական ցուցանիշների միջև, որոնք արտացոլում են պարասիմպաթիկ կարգավորող ազդեցությունների չափավոր գե-

րակայումը սրտի գործունեության վրա համակարգչային թեստ-խնդիրների կատարման ժամանակ: Վեգետատիվ բալանսի տեղաշարժը դեպի պարասիմպաթիկ տոնուսի գերիշխում ապահովում է կարգավորիչ համակարգերի օպտիմալ փոխհարաբերությունների կայացումը սրտի ռիթմի կենտրոնացված ղեկավարման նվազման ֆոնի վրա:

Vegetative indices of heart rhythm among students under intellectual assignments

L.G. Vahanyan, E.G. Gevorgyan, N.E. Tadevosyan, I.G. Tadevosyan, E.G. Kostanyan, V.H. Maloyan, N.A. Hayrapetyan, N.M. Maloyan

It is shown that among studied students, as well as in the groups formed according to the gender and individual features of students, clear relationship is discovered between spectral characteristics and hemodynamic indicators of heart rhythm variations that reflect the limited prevalence of parasympathetic regu-

latory impact on heart function during the implementation of computer tests. The shift of autonomic balance towards the prevalence of parasympathetic tonus ensures the establishment of optimal relations between regulatory systems due to the decline of centralized regulation of heart rhythm.

Литература

1. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М., 1984.
2. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма в космической медицине. Журн. физиология человека, 2002, т. 28, 1, с. 70–82.
3. Видулов А.Д., Немиров А.В., Ларионова Е.А., Шевченко А.Ю. Variability сердечного ритма у лиц с повышенным режимом двигательной активности и спортсменов. Журн. физиология человека, 2005, т. 31, 6, с. 34–59.
4. Геворкян Э.Г. Создание методов компьютерной диагностики общего функционального состояния организма, подвергнутого стрессорным перегрузкам. Современные аспекты радиационной медицины и ожогов. Ереван, 1995, с. 8–11.
5. Кузнецова О.В., Сенькин В.Д. Спектральный анализ variability ритмов сердца, артериального давления и дыхания у детей 8–11 лет в покое. Журн. физиология человека, 2005, т. 31, 1, с. 33–39.
6. Кузьменко В.А. Сопоставление вегетативных показателей студентов при экзаменационном стрессе и при физической нагрузке. Журн. физиология человека, 2002, 28, т. 5, с. 131–133.
7. Левушкин С.П. Комплексная оценка физической работоспособности юношей. Журн. физиология человека, 2001, т. 27, 5, с. 68–75.
8. Нестеров С.В. Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма в условиях воздействия острой экспериментальной гипоксии. Журн. физиология человека, 2005, т. 31, 1, с. 82–87.
9. Ноздрачев А.Д., Щербатых Ю.В. Современные способы оценки функционального состояния автономной (вегетативной) нервной системы. Журн. физиология человека, 2001, т. 27, 6, с. 95–101.
10. Baillard Ch., Gondalves P., Mangin L. et al. Use of time frequency analysis to follow transitory modulation of the cardiac autonomic system in clinical studies, Autonomic Neuroscience, Basic & Clinical, 2001, 90, p.24–28.
11. Eysenck H.J. The biological basis of personality. Springfield, 1967.
12. Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use, Circulation, 1996, 93, 5, p. 1043.
13. Montano N., Cogliati Ch., Dias da Silva V. J. et al. Sympathetic rhythms and cardiovascular oscillation, Autonomic Neuroscience, Basic & Clinical, 2001, 90, p. 29–34.
14. Taylor J.A. A personality scale of manifest anxiety, J. Abnorm. Soc. Psychol., 1953, 48, p. 285