

УДК 612.822 : 613.693

Динамика показателей внимания в условиях умственной нагрузки

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

*Институт физиологии им. акад. Л.А.Орбели НАН РА
0028, Ереван, ул. Братьев Орбели, 22*

Ключевые слова: вариативность внимания, умственная нагрузка, сердечный ритм, гемодинамика, функциональное состояние, компьютерная оценка

Внимание занимает важное место в психической деятельности человека. Для процесса внимания, как и любого регулируемого процесса в управляемых и самоорганизующихся системах, также характерна колебательная динамика, когда периоды повышенной концентрации внимания чередуются с периодами относительного её снижения. Известно, что вариативность в сфере психической деятельности, как и в других функциональных отправлениях организма, исключительно разнообразна, меняется в зависимости от внешних обстоятельств, от состояния самого организма и испытывает влияние физиолого-биохимических колебательных процессов, протекающих на разных уровнях организации живой системы [4, 5, 8, 10, 11]. В связи с широким внедрением компьютерных технологий в экспериментальную психо- и нейрофизиологию, как нам кажется, открываются новые возможности для более углубленного изучения данной проблемы. В связи с вышесказанным в нашей лаборатории в последние годы ведутся исследования новых физиологических коррелятов и информативных показателей характеристик процесса внимания, которые могут отражать стабильность деятельности регуляторных механизмов с точки зрения оценки функционального состояния (ФС). Данная работа посвящена анализу взаимоотношений между ФС организма, которые оценивались по показателям вариативности процессов внимания и сердечно-сосудистой деятельности у студентов.

Материал и методы

Для реализации поставленной задачи сотрудником лаборатории разработана автоматизированная система с соответствующим прог-

рамным обеспечением [13]. Исследования проведены на 163 практически здоровых студентах в возрасте 17-18 лет. Для получения сопоставимых результатов обследование каждого испытуемого проводили один раз, как правило, в одно и то же время суток после занятий. Предварительно каждый испытуемый заполнял опросник Г. Айзенка [12], позволяющий оценить показатель экстраверсии. Определяли уровень тревожности по тесту Тейлора [14]. Для оценки степени концентрации внимания использовали компьютерную модификацию корректурной таблицы с кольцами Ландольта. Перед началом работы испытуемым предлагалось, просмотреть таблицу, занимающую практически весь экран дисплея, и путем передвижения экранного курсора в определенном направлении как можно быстрее и без ошибок отметить заданные экспериментатором контрольные знаки. По истечении заданного времени на экран выводилась очередная новая таблица. Всего использовалось 11 проб с 192 знаками (48 контрольных) и лимитом времени 64 сек на пробу. Для каждой пробы, с учетом всех просмотренных, правильно и неправильно отмеченных, а также пропущенных знаков, программой выводился средний индекс внимания для последовательных интервалов времени. По завершении теста программными средствами вычислялись как стандартные показатели результативности внимания, так и показатели его вариативности. Эксперименты проводились по заранее составленной схеме, предусматривающей выполнение каждым испытуемым корректурного теста на внимание дважды – в начале и в конце цикла умственных тестовых заданий, длящихся приблизительно 1ч 20 мин, с целью проверить возможность постепенного накопления усталости по ходу выполнения заданий. В качестве умственной нагрузки были выбраны тестовые задачи различной степени сложности, существенно отличающиеся друг от друга и требующие разных механизмов мозгового обеспечения.

Общеизвестно, что любая деятельность, в том числе и интеллектуальная, характеризуется определенным уровнем напряжения регуляторных механизмов и находит отражение в различных вегетативных показателях [1, 6, 9, 13]. В этой связи на 67 студентах изучалась взаимосвязь между изменениями показателей сердечного ритма, основными показателями гемодинамики и степенью успешного выполнения корректурного теста. Эксперименты проводились с помощью аппаратно-программного комплекса на базе персонального компьютера, соединенного с полиграфом "BAINTRONICS" The Netherlands. Учитывали массу и рост обследуемых. Применялся математический анализ широкого набора показателей variability сердечного ритма, полученного на коротких 5-минутных записях электрокардиограммы [2,3]. Анализировались последовательности временных интервалов между смежными R-R зубцами ЭКГ. Рассчитывались следующие показатели variability сердечного ритма: Mo-мода, наиболее часто встречаю-

шаяся величина кардиоинтервалов; АМо – амплитуда моды – число кардиоинтервалов, соответствующих значению моды; ΔХ – вариационный размах или колеблемость пульса; ИН – индекс напряжения регуляторных систем; ИВР – индекс вегетативного равновесия; ВПР – вегетативный показатель ритма; ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции. Анализировались также основные показатели гемодинамики: ЧСС – частота сердечных сокращений; АДс, АДд – соответственно систолическое и диастолическое артериальное давление; УО – ударный объем; МОК – минутный объем крови; ПСС – периферическое сопротивление сосудов.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью компьютерных пакетов Excel и Stat soft Statistical. Достоверность различий определяли по *t*-критерию Стьюдента. Использовался метод корреляционного анализа.

Результаты и обсуждение

Как известно, психологическим тестам присуща определенная нестабильность в выполнении, проявляющаяся в вариабельности в контролируемых в тестах тех или иных показателей во времени. Результаты анализа данных, полученных по всем испытуемым при начальном выполнении корректурного теста на внимание, показали достаточно низкие значения индекса внимания (табл. 1, А). Между студентками и

Таблица 1

Показатели концентрации и вариативности внимания при выполнении первого (А) и второго (Б) корректурного теста в условиях умственной нагрузки у всех испытуемых и в группах, выделенных по половому признаку и личностным характеристикам ($M \pm \sigma$)

А			
Группы	IA-M	IA-SD	IA-CV%
Все испытуемые n= 163	33.2 ± 8.09	15.6 ± 6.05	52.8 ± 31.43
Студенты n= 96	33.9 ± 8.65	15.0 ± 6.00	50.0 ± 29.57
Студентки n= 67	32.1 ± 7.16	16.5 ± 0.73	56.9 ± 33.72
Экстраверты n= 109	33.2 ± 8.3	15.3 ± 5.83	52.0 ± 31.12
Интроверты n= 37	33.7 ± 8.25	15.6 ± 6.32	51.6 ± 32.32
Б			
Все испытуемые n= 157	45.4 ± 10.3	11.9 ± 6.11	31.1 ± 39.98
Студенты n= 91	45.5 ± 10.62	11.8 ± 6.72	31.7 ± 49.58
Студентки n= 66	45.2 ± 9.91	12.2 ± 5.18	30.2 ± 20.45
Экстраверты n= 104	45.6 ± 10.65	12.0 ± 6.59	32.3 ± 47.63
Интроверты n= 37	45.7 ± 10.53	12.0 ± 5.54	29.0 ± 17.55

Примечание. IA-M – среднее значение индекса внимания; показатели вариативности внимания : IA-SD – стандартное отклонение; IA-CV% – коэффициент вариации

студентами, экстравертами и интровертами не выявлено существенных различий как по показателям концентрации внимания (IA-Ind), так и по параметрам вариативности (IA-SD, IA-CV%). Как видно на рисунке,

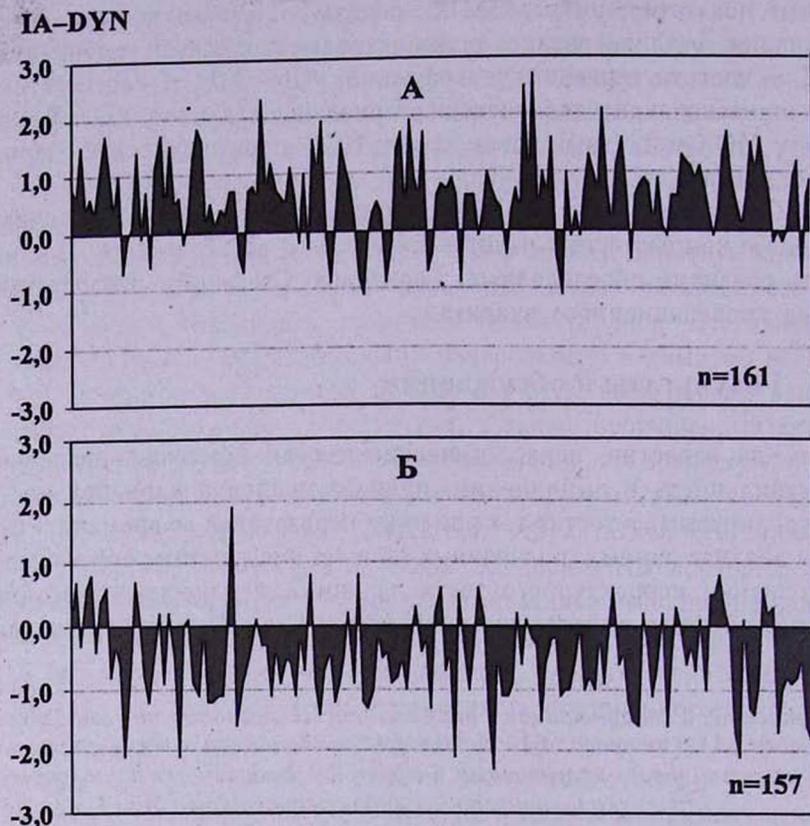


Рис. Показатели устойчивости динамики внимания у всех испытуемых до (А) и после (Б) завершения умственных тест-заданий. По оси абсцисс – количество обследований. По оси ординат – показатели устойчивости внимания (IA-DYN), вычисленные методом линейного регрессионного анализа балловых оценок внимательности в 10 последовательных 64-секундных участках (сериях) теста. Отрицательные значения динамики указывают на наличие усталости у испытуемых в ходе выполнения теста, положительные – на её отсутствие

значительное большинство испытуемых не испытывало усталости в процессе выполнения первого корректурного теста непосредственно перед началом умственной деятельности, о чем свидетельствует положительное значение динамических показателей индекса сосредоточенности внимания (IA-DYN). После выполнения цикла умственных тест-заданий на компьютере продолжительностью до 1 часа 20 мин значительно улучшились показатели эффективности выполнения

корректирующего теста: увеличилось число правильно отмеченных, уменьшилось количество ошибочно отмеченных и пропущенных знаков, что привело по сравнению с первым тестированием к увеличению индекса концентрации внимания, который на 36.9% превышал этот показатель при первом тестировании (табл. 1, Б). Исходя из задач нашей работы особое внимание было обращено на параметры вариативности, которые, как известно, отражают колеблемость изучаемого нами психического процесса. Успешное выполнение повторного корректирующего теста, как правило, приводило к изменению показателей вариативности в сторону уменьшения значений как стандартного отклонения (на 23.6%), так и коэффициента вариации (на 41.1%), что свидетельствует об улучшении ФС испытуемых и приобретении определенных навыков в процессе обучения. В то же время динамический показатель индекса внимания, как видно на рисунке, имел отрицательное значение (-0.51 ± 0.73), указывающее на некоторые признаки усталости у большинства испытуемых по ходу выполнения задания. Хотя у женщин и экстравертов по сравнению с мужчинами и интровертами наблюдалось несколько больше признаков усталости (-0.56 и -0.53 против -0.43 и -0.48), но эти различия носили недостоверный характер. Полагаем, что у испытуемых не развивается сильное утомление, поскольку продолжительность работы над умственными заданиями не столь длительна (1ч 20 мин). Во-вторых, в качестве умственной нагрузки были выбраны тестовые задачи различной степени сложности, существенно отличающиеся друг от друга, и поэтому интерес к работе возобновлялся благодаря новой информации, заложенной в последующем тест-задании.

Менее эффективное выполнение начального корректирующего теста, видимо, сопряжено с эмоциональным напряжением, с так называемым «стартовым волнением», которое оказывало отрицательное влияние на результативность корректирующего тест-задания. Испытуемые отмечали в самоотчетах обеспокоенность, тревожность, связанную с неопределенностью ситуации, о чем свидетельствовали также средние и высокие значения показателей уровней тревожности (35-50 баллов). Однако при последовательных выполнениях различных умственных тестовых заданий происходили адаптативные саморегуляционные процессы мозга, направленные на снижение интенсивности эмоционального напряжения, устранявшего «стартовое волнение» [7, 10, 11]. Полагаем, что в процессе работы над умственными тест-заданиями формируется определенный уровень ФС головного мозга, соответствующий специфике предложенной деятельности, результатом чего явилось более успешное выполнение повторного корректирующего теста на внимание.

В результате корреляционного анализа между рассматриваемыми параметрами у всех испытуемых и в группах, выделенных по половому признаку и индивидуально-типологическим характеристикам, была выяв-

лена выраженная отрицательная корреляционная связь между средними значениями индекса внимания (IA-Ind) и показателями коэффициента вариации (IA-CV%) и стандартного отклонения (IA-SD) как при первом (-0.60 и -0.74), так и повторном проведении корректурного теста (-0.60 и -0.53). Отрицательная корреляционная связь обнаружена также между показателем уровня тревожности и индексом концентрации внимания (0.35). Между показателями уровня тревожности и вариабельности выявлена положительная корреляционная связь (0.12 и 0.25 соответственно IA-SD и IA-CV%). Следовательно, высокий индекс концентрации внимания при низких значениях показателей вариативности свидетельствует об улучшении ФС испытуемых и соответственно повышении эффективности решения когнитивных задач, и наоборот.

Изучение особенностей вегетативного обеспечения исследуемого нами психического процесса показало, что в состоянии непосредственной готовности к выполнению первого корректурного теста показатели вариабельности сердечного ритма (BCP) и гемодинамики указывали на несколько высокий тонус симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС) и некоторую напряженность регуляторных систем сердца из-за предстоящей ответственной деятельности (табл. 2, To). По-видимому, такое состояние связано с развитием тревожного состояния и возникновением эмоционального напряжения, направленных на мобилизацию энергетических и функциональных ресурсов организма с целью адекватного уровня предстоящей деятельности. Относительно высокий уровень эмоционального напряжения препятствовал достижению высоких показателей деятельности в результате ухудшения ФС головного мозга.

После реализации умственного тест-задания повторное выполнение корректурного теста сопровождалось статистически достоверными сдвигами ($p < 0.001$) исследуемых вегетативных показателей, отражающими усиление парасимпатического влияния на кардиоритм. Как видно из табл. 2 (T1), 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%. Понижение ИН указывает на уменьшение степени централизации управления кардиоритмом. По динамике ИН можно судить о том, что в ходе выполнения испытуемыми тестовых задач происходило постепенное привыкание к экспериментальной обстановке, что привело к снижению интенсивности эмоционального напряжения испытуемых. 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

Таблица 2

Основные показатели variability сердечного ритма и гемодинамики у всех испытуемых и в группах, выделенных по половому признаку и личностным характеристикам в условиях умственной нагрузки ($M \pm \sigma$)

Показатели	Все испытуемые (n = 67)		Экстраверты (n = 47)		Интроверты (n = 16)		Студенты (n = 36)		Студентки (n = 31)	
	T ₀	T ₁	T ₀	T ₁	T ₀	T ₁	T ₀	T ₁	T ₀	T ₁
АМо %	45.4± 12.3	39.8± 10.6**	46.7± 12.73	41.7± 11.05*	42.6± 10.82	36.0± 8.83	48.0± 13.05	41.4± 10.57**	42.5± 10.93	37.9± 10.3
Мо Мсек	700.7± 99.1	757.2± 102.7***	699.7± 96.12	737.1± 90.82*	701.9± 89.77	800.3± 110.7**	713.3± 113.9	780.1± 108.6**	685.9± 77.69	730.6± 89.69*
ΔХ Мсек	227.5± 10.3	262.0± 119.1*	216.1± 87.08	242.4± 103.3	240.0± 117.47	288.6± 134.8	222.0± 120.51	259.3± 129.3	233.9± 88.76	265.2± 107.87
ИН усл.ед	206.8± 143.3	144.9± 107.1**	220.2± 149.27	166.8± 117.9*	176.3± 128.4	102.4± 56.39*	235.8± 162.9	155.2± 118.8**	173.0± 109.6	133.1± 92.05
ИВР усл.ед	273.4± 171.2	207.2± 133.5**	292.9± 181.87	233.7± 144.9	232.5± 138.74	159.7± 85.19	313.6± 196.4	225.2± 147.5*	226.7± 123.8	186.3± 113.8
ВГР усл.ед	8.1± 3.65	6.5± 3.06**	8.7± 3.73	7.1± 3.27*	7.5± 3.27	5.3± 1.85*	8.7± 4.25	6.6± 3.49**	7.4± 2.73	6.3± 2.52
ПАПР усл.ед	67.4± 24.11	54.3± 19.3***	69.2± 24.1	58.3± 20.2**	63.0± 23.51	45.9± 13.15*	70.5± 25.95	55.2± 19.8***	63.7± 21.63	53.4± 19.02*
ЧСС уд/мин	83.4± 10.09	77.4± 9.1***	83.5± 9.76	79.1± 8.66**	82.8± 10.4	73.2± 2.81*	82.8± 11.4	75.7± 9.49**	84.0± 8,45	79.3± 8.28*
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	114.0± 9.65	113.4± 8.57	109.8± 10.76	110.5± 9.81
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	72.9± 8.72	73.2± 5.96	72.0± 9.26	73.0± 8.34
УО мл	73.0± 16.06	70.08± 15.23	68.0± 13.1	69.9± 14.6	94.1± 12.75	75.9± 16.63*	74.5± 15.11	71.1± 16.3	72.1± 16.8	70.7± 14.96
МОК мл	6377.0± 1750	5720.0± 1513	5852.4± 1301	5652.7 ±1383	8463.1 ±2005	6038.4 ±1707	6692.6± 1847	5753.3± 1630	6196.6± 1712	5700.3± 1478
ПСС	1152.7± 340.7	1307.5± 26.4	1215.4 ±340.6	1311.1 ±426.4	919.8 ±111.6	1223.1 ±313.2*	1108.5± 293.6	1306.9± 405.9	1178., ± 369.0	±1307.9 447.5

Примечание. T₀ – до выполнения первого коррективного теста, T₁ – после повторного завершения коррективного теста. Расшифровку аббревиатур см. в разделе «Материал и методы»; достоверность различий между T₀ – T₁ (* p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001)

вегетативного равновесия в сторону преобладания парасимпатического отдела ВНС. 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, что способствует оптимизации, нормализации общего ФС организма.

Как видно из табл. 2 (То), экстраверты в исходном состоянии отличались от интровертов более высоким тонусом симпатической нервной системы, вероятно, в данном случае обусловленным эмоциональным состоянием в силу их индивидуально-типологических особенностей. После выполнения тестовых заданий у них были выявлены статистически значимые различия по многим показателям ВСП (T_1), свидетельствующие об усилении парасимпатического влияния на кардиоритм: снижение ИН, ИВР, ВПР, АМо, ПАПР, ЧСС, УО, МОК и повышение ΔX и ПСС. Студенты в исходном состоянии по всем изучаемым показателям характеризовались более высоким тонусом симпатической нервной системы, чем студентки. Вероятно, чувство уверенности в себе, стремление к успешному завершению предложенных тестовых заданий, достижению значимых целей были более характерны для юношей, чем для девушек. После выполнения тест-заданий (T_1) у студентов по сравнению со студентками отмечались статистически достоверные сдвиги ($p < 0.05 - 0.001$) регистрируемых показателей ВСП, 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 возрос на 10%.

Таким образом, как у всех испытуемых, так и в группах, выделенных по половому признаку и личностным особенностям, вариативность процесса внимания тесно коррелирует с функциональными возможностями систем мозга, определяющих уровень предложенной деятельности:

- повышенная изменчивость динамики процесса внимания харак-

теризовалась низкой эффективностью деятельности и большей активацией симпатической нервной системы,

- низкие значения показателей вариативности процесса внимания характеризовались высокой результативностью деятельности и большей активацией парасимпатической нервной системы.

Полагаем, что показатели изменчивости психических процессов в совокупности со стандартными могут быть дополнительными, достаточно надежными и информативными критериями оценки текущего ФС мозга при различного рода нагрузках.

Поступила 27.06.08

Ուշադրության ցուցանիշների դինամիկան մտավոր ծանրաբեռնվածության պայմաններում

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

Բացահայտված է արտահայտված բացասական համահարաբերակցական կապ ուշադրության կենտրոնացման միջին արժեքների և փոփոխականության ցուցանիշների միջև կորեկտորային թեստի ինչպես առաջին, այնպես էլ երկրորդ կատարման ժամանակ: Ցույց է տրված, որ ուշադրության գործընթացի դինամիկայի բարձր փոփոխականությունը բնութագրվում է գործունեության ցածր և սիմպաթիկ նյարդային համակարգի ավելի մեծ ակտիվությամբ: Միևնույն ժամանակ ցուցանիշների ցածր արժեքները բնութագրվում են գործունեության բարձր արդյունավետությամբ և պարասիմպաթիկ նյարդային համակարգի ավելի մեծ ակտիվությամբ:

Dynamics of attention indices in conditions of mental consignment

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

Clearly expressed negative correlation has been revealed between the average values of the attention index and variation indices of these values, both during the initial and the second application of the corrector test. It has been demonstrated that the increased variation of dynamics of the attention process is characterized by low efficiency of functioning and by high activation of the sympathetic nervous system, while the small values of indices are characterized by high efficiency of functioning and higher activation of the parasympathetic nervous system.

Литература

1. *Аракелян А. Н.* Функциональное состояние вегетативной нервной системы по показателям сердечной деятельности при выполнении зрительно-пространственной задачи на компьютере. Журн. высш. нервн. деятельности, 2001, т. 51, 2, с. 95-102.
2. *Баевский Р.М.* Анализ variability сердечного ритма в космической медицине. Физиология человека, 2002, т. 28,1, с. 70-78.
3. *Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З.* Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М., 1984.
4. *Бетелева Т.Г., Петренко Н.Е.* Особенности организации избирательного внимания при подготовке к распознаванию глобальных и локальных характеристик зрительного стимула у детей с разным уровнем зрелости регуляторных систем головного мозга. Физиология человека. 2007, т. 33, 3, с. 15-25.
5. *Бехтерева Н.П.* Нейрофизиологические аспекты психической деятельности человека. Л., 1971.
6. *Григорян В.Г., Агабабян А.Р.* ЭЭГ – показатели функционального состояния оператора при длительной монотонной работе на компьютере. Журн. высш. нервн. деятельности, 1999, т. 49, 2, с. 220 - 229.
7. *Данилова Н.Н.* Функциональное состояние: механизмы и диагностика. М., 1985.
8. *Данько С.Г., Бухтерева Н.П., Качалова Л.М.* Электроэнцефалографические характеристики когнитивно-специфического внимания готовности при вербальном обучении. Сообщение 1. Характеристики локальной синхронизации ЭЭГ. Физиология человека, 2008, т. 34, 2, с.5-12.
9. *Дратуев Е.Ю., Викулов А.Д., Мельников А.А., Алехин В.В.* Вегетативное управление сердечным ритмом и региональные сосудистые реакции. Физиология человека, 2008, т. 34, 2, с.44-50.
10. *Сороко С.И., Бекшаев С.С., Сидоров Ю.А.* Основные типы механизмов саморегуляции мозга. М., 1990.
11. *Степанова С.И.* Биоритмологические аспекты проблемы адаптации. М., 1986.
12. *Eysenk H. J.* The biological basis of personality. Springfield, 1967.
13. *Gevorkyan E.G., Vahanyan L.G., Tatevosyan N.E. et al.* Biorhythmical analyses of some physiological indices of man by the methods of computer mathematical analyses. Third Conference of the Armenian IBRO Association, Yerevan, 2000, p. 27.
14. *Taylor J.A.* A personality scale of manifest anxiety, J. Abnorm. Soc. Psychol., 1983, 48, p. 285.