

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
Լ. Ա. ՕՐԲԵԼՈՒ ԱՆՎԱՆ ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ԹՈՒՄԱՆՅԱՆ ԱՆՈՒՇ ԱՐՉԱՆԻ

**ԳԼԽՈՒԴԵՂԻ ՖՈՒՆԿՑԻՈՆԱԼ ՎԻՃԱԿԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ
ԶԳԱՅԱՇԱՐԺՈՂԱԿԱՆ և ՎԵԳԵՏԱՏԻՎ ԿԱՐԳԱՎՈՐՄԱՆ ՈԼՈՐՏՆԵՐԻ
ԳՆԱՀԱՏՄԱՄԲ**

Գ.00.09 - «Մարդու և կենդանիների ֆիզիոլոգիա»
մասնագիտությամբ կենսաբանական գիտությունների թեկնածուի
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ – 2017

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
ИНСТИТУТ ФИЗИОЛОГИИ ИМЕНИ Л.А. ОРБЕЛИ

ТУМАНЯН АНУՍ ԱՐՉԱՆՈՎՆԱ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА С
ОЦЕНКОЙ СЕНСОМОТОРНОЙ И ВЕГЕТАТИВНОЙ СФЕР РЕГУЛЯЦИИ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук по специальности
03.00.09 – «Физиология человека и животных»

ЕРЕВАН – 2017

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Լ.Ա. Օրբելու անվան ֆիզիոլոգիայի ինստիտուտի գիտական խորհրդի նիստում:

Գիտական ղեկավար՝

Կ.գ.թ. Ն.Է. Թադևոսյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

Կ.գ.դ. Վ.Ա. Չավուշյան-Պապյան
Կ.գ.թ. Է.Ա. Ավետիսյան

Առաջատար կազմակերպություն՝


Երևանի պետական համալսարան

Ատենախոսության պաշտպանությունը կկայանա 2017 թ. հունիսի 29-ին ժամը 14⁰⁰-ին ՀՀ ԳԱԱ Լ.Ա. Օրբելու անվան ֆիզիոլոգիայի ինստիտուտում, ֆիզիոլոգիայի 023 մասնագիտական խորհրդի նիստում (0028, ք. Երևան, Օրբելի եղբ. 22):

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ Լ.Ա. Օրբելու անվան ֆիզիոլոգիայի ինստիտուտի գրադարանում և www.physiol.sci.am կայքում:

Ատենախոսության սեղմագիրն առաքվել է 2017 թ. մայիսի 29-ին

023 Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար, Կ.գ.թ.

 Թադևոսյան

Тема диссертации утверждена на заседании ученого совета Института физиологии им. Л.А. Орбели НАН РА.

Научный руководитель:

к.б.н. Н.Э. Тадевосян

Официальные оппоненты:

д.б. н. В.А. Чавушян-Папян
к.б.н. Э.А. Аветисян

Ведущая организация:


Ереванский государственный университет

Защита диссертации состоится 29-го июня 2017 г. в 14⁰⁰ часов на заседании специализированного совета 023 по физиологии, в Институте физиологии им. Л.А. Орбели НАН РА (0028, Ереван, ул. бр. Орбели, 22).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института физиологии им. Л.А.Орбели НАН РА и на сайте www.physiol.sci.am.

Автореферат диссертации разослан: 29-го мая 2017 г.

Ученый секретарь специализированного совета 023, к.б.н.

 Н.Э. Тадевосян

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Жизнь современного человека связана со многими негативными социально-психологическими факторами, которые становятся причиной изменения общего функционального состояния (ФС), значительного напряжения регуляторных систем, снижения работоспособности человека, уровня умственной активности и, в целом, снижения адаптивных возможностей организма (Данилова Н.Н., 1985; Бехтерева Н.П., 1988). Исходя из этого, важной задачей является не только многосторонняя оценка ФС головного мозга, но и его прогнозирование, контроль и коррекция, так как именно от уровня ФС мозга зависит состояние психического и физического здоровья человека и его функциональные возможности (Ливанов М.Н. и др., 1988; Ильин Е.П., 2005; Агаджанян и др., 2006; Шутова С.В. и др., 2013).

Многообразие видов деятельности человека требует наличия различных сфер мозговой регуляции, обеспечивающих данную деятельность, и их единой, гармоничной работы. Необходимым условием оптимальной жизнедеятельности является не только иерархическая организация процессов регуляции, но и их временная организация, нарушение которой может привести к функциональным нарушениям.

Известно, что наиболее простым, доступным и в то же время информативным и достаточно точным методом оценки ФС ЦНС и исследования нервных процессов является методика регистрации времени зрительно-моторной реакции (Лоскутова Т.Д., 1978; Мороз М.П. и др., 2001; Литовченко О.Г. и др., 2007; Королев С.А. и др., 2011). Время реакции служит чувствительным индикатором функциональных состояний, подвижности, устойчивости нервных процессов и уровня функциональных возможностей (Чельшкова Т.В. и др., 2008; Мантрова И.Н., 2010).

Другим неинвазивным методом, с помощью которого можно произвести качественную и количественную оценку ФС ЦНС, является анализ variability сердечного ритма (ВСР). В отличие от других методов оценки состояния регуляторных систем, данный метод является наиболее простым и доступным методом, позволяющим вести непрерывный динамический контроль (Ноздрачев А.Д. и др., 2001; Котельников С.А. и др., 2002; Бокерия Л.А. и др., 2009; Malik M. et al., 1993; Nemanth Kumar.V et al., 2013). Контролируя деятельность механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы, можно получить информацию об адекватности реакции приспособительных механизмов на различного рода воздействия изменяющихся условий окружающей среды (Бабунц И.В. и др., 2002; Михайлов В.М., 2002; Баевский Р.М., 2004; Филимонова Н.Б. и др., 2010; Montano N. et al., 1994; Murray N.P. et al., 2012).

Для оценки и прогнозирования ФС целостного организма важно также определить показатели системной гемодинамики, так как гемодинамические изменения в различных органах и системах возникают раньше, чем соответствующие функциональные нарушения. Адекватная гемодинамика является необходимым условием нормальной деятельности всех систем организма, в первую очередь – ЦНС (Антонов А.А., 2004; Цыганок А.В. и др., 2006).

Учитывая вышесказанное, актуальной проблемой является исследование функциональных изменений, происходящих в организме человека, в условиях нагрузок различного характера. Особый интерес представляет изучение закономерностей возрастных изменений ФС ЦНС и возрастных аспектов психофизиологической адаптации (Чурилова Т.М. и др., 2004; Крылов А.А., 2005).

Цель и задачи исследования.

В связи с актуальностью темы целью настоящего исследования явилось комплексное изучение особенностей функционального состояния головного мозга и временной организации регуляторных механизмов сенсомоторной и вегетативной сфер регуляции в условиях умственной нагрузки с учетом возрастных особенностей испытуемых.

В соответствии с целью исследования выдвинуты следующие задачи:

1. Определить психологический статус испытуемых по опросникам Т. Элерса, Тейлора и П. Пишо.
2. Оценить ФС головного мозга по времени простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР) до и после умственной нагрузки.
3. Изучить ФС головного мозга по анализу ВСР до, во время и после выполнения теста ПЗМР, а также до и после умственной нагрузки.
4. Рассмотреть показатели системной гемодинамики до и после умственной нагрузки.
5. Обнаружить функциональные связи изучаемых процессов с оценкой параметров, характеризующих ФС головного мозга.
6. Выявить и сопоставить временную организацию регуляторных механизмов сенсомоторной и вегетативной сфер регуляции.

Научная новизна работы.

Впервые представлены результаты комплексного исследования ФС головного мозга с одновременной оценкой различных сфер мозговой деятельности (психологическая, психофизиологическая, вегетативная) с учетом возрастных особенностей испытуемых.

Впервые показаны изменения ФС ЦНС у различных возрастных групп в зависимости от характера и длительности функциональных нагрузок с сопоставлением механизмов регуляции двух сфер мозговой деятельности – сенсомоторной и вегетативной.

Показаны результаты сравнительного исследования временной организации регуляторных механизмов сенсомоторной и вегетативной сфер регуляции. Выявлены различия в структуре колебательной динамики регуляторных механизмов сенсомоторной и вегетативной сфер деятельности, а также во временной организации каждой сферы регуляции в зависимости от возраста и эффективности выполнения функциональной пробы.

Впервые проведено исследование временной организации динамического ряда времени ПЗМР с выделением спектральных компонентов в частотных диапазонах, соответствующих общепринятым диапазонам спектрального анализа ВСР. Показано, что в динамике спектральных компонентов интервалограммы времени ПЗМР отражаются изменения ФС ЦНС. Установлено, что спектральные компоненты ПЗМР наряду с функциональными показателями могут служить информативным критерием при оценке ФС ЦНС.

Теоретическая и практическая значимость работы. Представленное исследование имеет как научно-теоретическое, так и практическое значение.

Теоретическая значимость данного исследования заключается в том, что его результаты позволяют расширить и дополнить теоретические представления в области изучения и оценки ФС головного мозга у лиц разных возрастных групп при функциональных нагрузках различного характера и длительности. Изучение колебательной динамики механизмов регуляции сенсомоторной сферы с выделением соответствующих спектральных компонентов позволяет более глубоко и лучше оценить ФС ЦНС. Предполагается, что использование нового подхода в оценке ФС применительно не только для исследования сенсомоторных процессов, но и других психофизиологических функций, как в обычных, так и стрессовых условиях.

Практическая значимость данной работы заключается в получении данных, которые могут служить методологической основой для последующих научно-прикладных исследований. Комплексная экспресс-оценка исходного ФС у лиц различного возраста позволяет предвидеть реакцию организма в изменившихся условиях и предупредить негативные последствия. Оценка исходного ФС и в условиях функциональных нагрузок, в свою очередь, позволит прогнозировать надежность и эффективность деятельности человека при его профессиональной подготовке.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Комплексное и одновременное исследование различных сфер мозговой деятельности позволит получить подробное представление о текущем функциональном состоянии головного мозга.
2. Исследование функциональных изменений при нагрузках различного характера и длительности и их возрастной специфики позволит прогнозировать динамику ФС в профессиональной деятельности.
3. Исследование временной организации (волновой структуры) регуляторных механизмов сенсомоторной и вегетативной сфер регуляции путем спектрального анализа соответствующих интервалограмм может служить достаточно информативным критерием оценки общего ФС ЦНС.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы были представлены на международной юбилейной научной конференции, посвященной 130-летию со дня рождения академика Л.А. Орбели «Физиологические механизмы регуляции деятельности организма» (г. Ереван, 2012), Third Jubilee International Conference of Neuroscience and Biological Psychiatry (г. Ереван, 2013), международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов» (г. Москва, 2014, 2015), семинаре молодых ученых Института физиологии им. Л.А.Орбели НАН РА.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 научных работ.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 146 страницах машинописного текста, состоит из списка сокращений, введения, глав обзора литературы, описания материалов и методов исследования, результатов исследования и их обсуждения, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы, включающего 234 источника. Диссертация иллюстрирована 12 таблицами и 30 рисунками.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Организация исследования

Испытуемые

В исследовании принимали участие 98 практически здоровых испытуемых-добровольцев обоого пола в возрасте 17–60 лет. В зависимости от возраста испытуемые были разделены на 3 группы согласно принятой возрастной периодизации (Крылов А.А., 2005):

- ✓ I группа – студенты Национального политехнического университета Армении, возраст – 17-21 лет (29 испытуемых);
- ✓ II группа – испытуемые, имеющие высшее образование, возраст – 22-35 лет (33 испытуемых);
- ✓ III группа – испытуемые, имеющие высшее образование, возраст – 36-60 лет (26 испытуемых).

Для выявления фактора воздействия умственной нагрузки на динамику изучаемых показателей была составлена IV группа – контрольная (10 испытуемых), испытуемые которой по возрасту соответствовали испытуемым II группы. Для испытуемых контрольной группы из схемы исследования была исключена только умственная нагрузка. В этот отрезок времени им предоставлялся отдых в тихой комнате, без отвлекающих факторов.

Испытуемые принимали участие в исследовании на добровольной основе и дали письменное согласие на участие. Все процедуры соответствовали этическим принципам, указанным в Хельсинской декларации 1983 г.

Процедура проведения исследования

Исследование проводилось с помощью специально разработанной Э.Г. Геворкяном автоматизированной системы, в программное обеспечение которой были включены несколько блоков комплексного исследования (Геворкян Э.Г., 1995). Исследование состояло из двух этапов – психологического и психофизиологического (табл. 1).

Таблица 1

Порядок проведения исследования	Продолжительность каждого этапа
I этап – Психологическое исследование	30-45 минут
Опросник Т. Элерса «Мотивация к успеху»	10-15 минут
Личностный опросник Тейлора	10-15 минут
Опросник П. Пишо	10-15 минут
II этап – Психофизиологическое исследование	1 час 30 минут
I измерение ЧСС и АД	–
Регистрация ЭКГ в состоянии относительного покоя (T_0)	5 минут
Тест «Рефлексометрия» и одновременная регистрация ЭКГ (T_1)	6 минут
Регистрация ЭКГ в восстановительном периоде (T_2)	5 минут
II измерение ЧСС и АД	–
Умственная нагрузка	60 минут
III измерение ЧСС и АД	–
Регистрация ЭКГ в состоянии покоя после УН (T_0)	5 минут
Тест «Рефлексометрия» и одновременная регистрация ЭКГ (T_1)	6 минут
Регистрация ЭКГ в восстановительном периоде (T_2)	5 минут
IV измерение ЧСС и АД	–

Умственная нагрузка представляла собой тестовые задания умственного характера – тест на внимание “Clocks Carrousel” и тест на память “Memory Capacity Biotester”, требующие высокой сосредоточенности внимания и умственных усилий для достижения высокой результативности, тем самым вызывая напряжение (Геворкян Э.Г., 1995).

Методика проведения исследования

Опросники. При исследовании психоэмоционального состояния испытуемых оценивались: уровень мотивации (опросник Т. Элерса «Мотивация к успеху» (Розанова В.А., 1999)), уровень тревожности (личностный опросник Тейлора (Дерманова И.Б., 2002)), уровень депрессии, астении и ипохондрии (опросник П.Пишо (Нафтульева А.И., 2003)). Все опросники были компьютерно-модифицированными.

Тест «Рефлексометрия». Для регистрации времени ПЗМР и оценки показателей использовался психофизиологический тест «Рефлексометрия», входящий в автоматизированную систему. По времени ответных реакций рассчитывались среднее время реакций (M_t) и стандартное отклонение среднего (SD). С учетом времени реакции был получен ряд функциональных показателей: подвижность нервных процессов (ПНП), сила процессов возбуждения (СПВ), уровень функциональных возможностей ЦНС (УФВ) и обобщающий показатель – индекс функционального состояния ЦНС (ИФС). По количеству ошибок опережения и запаздывания рассчитывались показатели, свидетельствующие о перевозбуждении (ПВ) или пароксизмальной заторможенности (ПЗ) соответственно. Также определялись признаки утомления (ПУ) при выполнении теста, рассчитанные по уравнению линейной регрессии.

Регистрация ЭКГ и анализ ВСР. Для оценки состояния вегетативной регуляции у испытуемых проводилась регистрация ЭКГ и последующий анализ ВСР посредством аппаратно-программного комплекса "Elephys" на базе персонального компьютера, соединенного с полиграфом (Геворкян Э.Г., 2001). В работе были использованы следующие методы анализа ВСР:

- ✓ *статистический и временной анализ* с оценкой среднего значения всех R-R интервалов в выборке (M_x , мсек), среднего квадратичного отклонения (SDNN, мсек);

- ✓ *гистографический анализ* или *вариационная пульсометрия* с оценкой вариационного размаха (Δx , мсек), моды (M_o , мсек), амплитуды моды (AM_o , %) и ряда вторичных показателей – индекса вегетативного равновесия (ИВР, усл.ед.), вегетативного показателя ритма (ВПР, усл.ед.), показателя адекватности процессов регуляции (ПАПР, усл.ед.), индекса напряжения регуляторных систем (ИН, усл.ед.);
 - ✓ *спектральный анализ* с оценкой общей мощности спектра (T_P , mc^2), мощности волн очень низкой частоты в диапазоне 0,003-0,04 Гц (VLF, mc^2), мощности волн низкой частоты в диапазоне 0,04-0,15 Гц (LF, mc^2), мощности волн высокой частоты в диапазоне 0,15-0,4 Гц (HF, mc^2), относительных значений мощности волн всех рассмотренных частот в процентах (VLF%, LF%, HF%), симпатопарасимпатического индекса (LF/HF), индекса централизации (ИЦ, усл.ед.), индекса активации подкорковых нервных центров (ИАП, усл.ед.), комплексного показателя – показатель активности регуляторных систем (ПАРС, баллы);
 - ✓ *автокорреляционный анализ* с оценкой автокорреляционного показателя k_1 .
- Обозначения показателей ВСП приводятся с учетом опубликованных рекомендаций Европейского кардиологического общества и Северо-Американского общества электрофизиологии (Heart rate variability: standards of measurement, ..., 1996).

Оценка основных показателей системной гемодинамики

На основе измерения частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), систолического артериального давления (САД, мм.рт.ст.) и диастолического артериального давления (ДАД, мм.рт.ст.) методом Короткова по соответствующим формулам рассчитывались следующие показатели системной гемодинамики: ударный объем (УО, мл), минутный объем крови (МОК, мл/мин), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, $дин/с \cdot см^5$), вегетативный показатель кровообращения (ВПК, усл.ед.).

Методы обработки данных

Сравнительный анализ исследуемых процессов

Проводился сравнительный анализ характеристик исследуемых процессов. Рассматривался коэффициент корреляции Пирсона. Также был проведен спектральный анализ интервалограмм динамического ряда времени реагирования ПЗМР и R-R интервалов сердечного ритма методом быстрого преобразования Фурье.

Статистическая обработка и данных

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с помощью компьютерных программ Microsoft Excel 2010, GraphPad Prism 5, SPSS 16.0.2. Нормальность распределения выборки определялась по тесту Колмогорова-Смирнова. Для оценки различий между группами с нормальным распределением применялся t-критерий Стьюдента, а для оценки различий между группами с гауссовким приближением применялся U-критерий Манна-Уитни. Уровень достоверности оценивался как между группами, так и между этапами исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование возрастных особенностей психоэмоционального состояния испытуемых

До начала проведения эксперимента испытуемые оценивали собственное состояние здоровья и самочувствие методом экспресс-опроса, при котором учитывались факторы, послужившие критериями исключения из эксперимента тех, кто не соответствовал им (наличие хронических заболеваний, частые головные боли и боли другого характера, качество и продолжительность сна, употребление алкоголя и медикаментов за последние 24 часа).

Анализ теста Т. Элерса «Мотивация к успеху» выявил, что у большинства испытуемых всех возрастных групп уровень мотивации был умеренно высоким, что говорит об их готовности к предстоящей деятельности и о желании достичь ее высоких результатов. Результаты исследования психоэмоционального состояния испытуемых по опроснику Тейлора и П. Пишо представлены на рисунке 1.

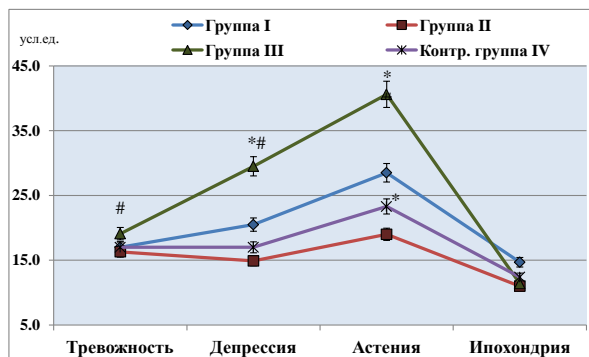


Рис. 1. Линейная диаграмма психологических показателей у исследуемых групп. Линии погрешности даны с 5% – ой значимостью. * – достоверность различий между I и II, I и III группами, # – достоверность различий между II и III группами.

Как видно из рисунка, испытуемые III группы отличались высоким уровнем тревожности, депрессии и астении по сравнению с испытуемыми I и II групп. Так, у III группы уровень тревожности был достоверно выше на 17,2%, чем у II группы ($p < 0,01$), уровень депрессии – на 43,9% ($p < 0,05$) и на 98,0% ($p < 0,01$), а уровень астении – на 42,5% ($p < 0,05$) и на 113,7% ($p < 0,001$) по сравнению с I и II группами соответственно. По показателю уровня ипохондрии достоверных межгрупповых различий не обнаружено. Между II и контрольной группами достоверных различий по всем показателям психоэмоционального состояния не наблюдалось.

Таким образом, у старшей возрастной группы выявлен более высокий уровень тревожности, депрессии и астении, что, по всей вероятности, связано с накоплением негативных жизненных событий, некоторым снижением качества жизни и быстро возникающими признаками утомления. Наиболее благоприятное психоэмоциональное состояние отмечено у испытуемых II группы.

Исследование времени ПЗМР до и после умственной нагрузки у исследуемых возрастных групп

Определение времени ПЗМР является наиболее практикуемым и объективным методом, который позволяет оценивать различные стороны ФС ЦНС. Как видно из таблицы 2, до умственной нагрузки (УН) у I группы наблюдалось достоверно низкое значение времени реакции (M_t) по сравнению со II и III группами. Так, у II группы оно было больше на 5,3% ($p < 0,05$), а у III группы на 9,6% ($p < 0,001$). До УН для показателя SD, отражающего стабильность нервных процессов, межгрупповых различий не выявлено. После УН наблюдалось достоверное уменьшение средних значений показателей M_t на 6,7% ($p < 0,01$) и на 5,4% ($p < 0,05$) и SD на 10,0% и на 10,2% ($p < 0,01$ для обеих групп) у испытуемых I и II групп соответственно. У III группы значения показателей M_t и SD не изменялись и превышали таковые у I и II групп.

До УН среднее значение показателя подвижности нервных процессов (ПНП) у III группы было достоверно ниже по сравнению с I и II группами, а значения показателей уровня функциональных возможностей (УФВ) и индекса функционального состояния (ИФС) – только по сравнению с I группой ($p < 0,05$ для всех показателей обеих групп). Между II и III группами по данным показателям значимых различий не обнаружено. Показатель силы процессов возбуждения (СПВ) у трех групп не различался.

Таблица 2

Функциональные показатели ПЗМР у исследуемых групп до (А) и после (Б) умственной нагрузки (M±SD)

Группы Показатели	Группа I (n=29)	Группа II (n=33)	p	Группа III (n=26)	p	Контрольная группа IV (n=10)	p
А							
M _t (мсек)	260,10±30,52	273,93±31,93	*	285,10±23,59	***	271,50±15,06	-
SD (мсек)	53,13±9,14	50,85±8,99	-	52,71±5,96	-	48,93±8,40	-
ПНП (усл.ед.)	3,63±0,27	3,64±0,28	-	3,48±0,27	*#	3,66±0,28	-
СПВ (усл.ед.)	1,48±0,33	1,43±0,35	-	1,32±0,35	-	1,46±0,33	-
УФВ (усл.ед.)	2,87±0,38	2,75±0,44	-	2,63±0,39	*	2,78±0,38	-
ИФС (усл.ед.)	1,81±0,21	1,75±0,24	-	1,68±0,21	*	1,79±0,33	-
ПВ (усл.ед.)	1,17±0,73	0,96±0,61	-	0,97±0,64	-	0,94±0,40	-
ПЗ (усл.ед.)	0,50±0,36	0,79±0,55	*	0,75±0,52	-	0,76±0,42	-
Б							
M _t (мсек)	242,80±23,02	259,00±22,06	*	275,70±29,00	*** ##	259,90±12,47	-
SD (мсек)	47,81±6,51	45,67±7,89	-	50,81±8,04	##	45,59±5,36	-
ПНП (усл.ед.)	3,69±0,24	3,75±0,18	-	3,60±0,22	##	3,72±0,21	-
СПВ (усл.ед.)	1,52±0,32	1,63±0,32	-	1,23±0,53	** ###	1,60±0,30	-
УФВ (усл.ед.)	2,93±0,35	3,01±0,35	-	2,65±0,44	** ###	2,97±0,26	-
ИФС (усл.ед.)	1,85±0,18	1,89±0,19	-	1,72±0,26	* ##	1,86±0,20	-
ПВ (усл.ед.)	1,30±0,58	1,12±0,60	-	1,11±0,57	-	0,64±0,43	#
ПЗ (усл.ед.)	0,45±0,34	0,52±0,37	-	0,60±0,42	-	0,67±0,31	-

Примечание: расшифровку аббревиатур см. в разделе «Материал и методы». n – количество испытуемых. * – достоверность различий между I и II, I и III группами, # – достоверность различий между II и III, II и контрольной группами. Достоверность: *, **, *** – $p < 0,05$, $p < 0,01$, $p < 0,001$ соответственно.

После УН средние значения всех функциональных показателей достоверно увеличивались только у II группы. Так, показатель ПНП увеличился на 3,0% ($p < 0,05$), СПВ – на 14,0% ($p < 0,01$), УФВ – на 9,5% ($p < 0,01$) и ИФС – на 8,0% ($p < 0,01$). Выявлено, что после УН показатели ПНП, СПВ, УФВ и ИФС были наименьшими у III группы. Как до, так и после УН между I и II группами значимой разницы по всем функциональным показателям не обнаружено.

У контрольной группы, также как и у II, при повторном выполнении теста ПЗМР наблюдалось достоверное увеличение скорости реагирования ($p < 0,05$), однако увеличение стабильности реагирования и функциональных показателей не имело достоверного характера. Как при первом, так и при втором выполнении теста, между обеими группами разницы в данных показателях не обнаружено.

У I группы до УН значение показателя перевозбуждения (ПВ) незначительно превышало таковое во II и III группах, и наоборот, показатель пароксизмальной заторможенности (ПЗ) у нее был наименьшим. При рассмотрении соотношения ПВ и ПЗ у I группы обнаружено достоверное преобладание ПВ над ПЗ на 134% ($p < 0,01$). У II и III групп подобной картины не наблюдалось.

После УН у всех трех групп значение ПВ несколько возросло, а значение ПЗ снизилось, что говорит об увеличении количества ошибок опережения и уменьшении количества ошибок запаздывания соответственно. После УН в отношении межгрупповых различий ПВ и ПЗ сохранялась та же картина. После УН у всех трех групп наблюдалось достоверное

преобладание ПВ над ПЗ ($p < 0,001$ для всех групп), что в большей степени выразалось у I группы и в меньшей – у III группы.

В контрольной группе, как и во II, при первом выполнении теста ПЗМР наблюдался баланс между показателями ПВ и ПЗ. При втором выполнении теста у испытуемых контрольной группы обнаружено снижение как ПВ, так и ПЗ, причем уменьшение ПВ носило достоверный характер ($p < 0,05$). В отличие от II группы, в контрольной группе баланс между ПВ и ПЗ сохранялся и при повторном тестировании. При втором выполнении теста между группами проявлялась достоверная разница в показателе ПВ ($p < 0,01$), с его большим значением у II группы.

Нами также рассматривался показатель признаков утомления (ПУ) у исследуемых групп до и после УН. Как видно из рисунка 2, у всех групп, кроме контрольной, после УН наблюдалось некоторое увеличение средних значений ПУ практически по всем шкалам, что свидетельствует об увеличении степени утомления.

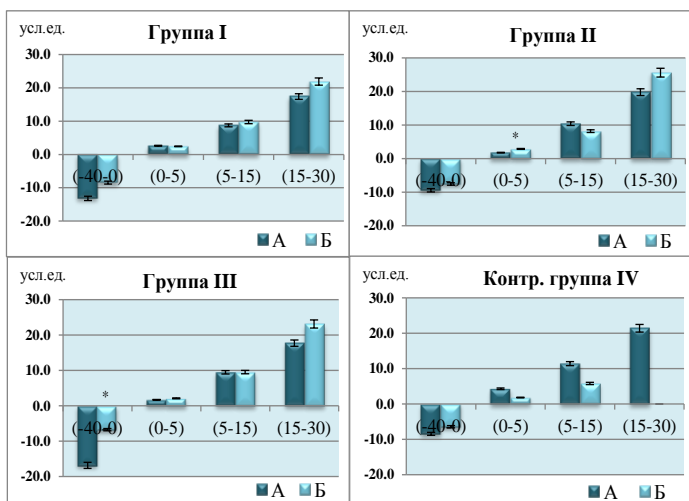


Рис. 2. Диаграммы средних значений показателя ПУ по каждой шкале у исследуемых групп до (А) и после (Б) УН. Линии погрешности показаны с 5% - ой значимостью. * – достоверность различий между этапами А и Б.

Таким образом, в результате наших исследований с возрастом наблюдалось снижение скорости реагирования. Подобные закономерные изменения показаны также в работах других авторов (Wilkinson R.T. et al., 1989; Fozard J.L. et al., 1994; Ferreira D. et al., 2015). Стабильность сенсомоторного реагирования возрастной зависимости не имела. Возрастные изменения функциональных показателей ЦНС носят неравномерный характер. Тем не менее, основные изменения данных показателей, а именно их снижение, происходят у старшей возрастной группы, что, по всей вероятности, связано с некоторыми нейрогуморальными, морфофункциональными изменениями ЦНС у испытуемых этой группы. У II и III групп, в отличие от I группы, наблюдалась уравновешенность нервных процессов, то есть с возрастом происходит установление равновесия нервных процессов с некоторым сопутствующим уменьшением силы возбуждения и увеличением процессов торможения. Подобные возрастные различия баланса нервных процессов были описаны в исследованиях Б.Г. Ананьева с соавт. (Ананьев Б.Г. и др., 1977).

После УН у I и II групп выявлено увеличение скорости и стабильности реагирования, что может быть связано как с фактором привыкания, так и с так называемым феноменом «Компромисс скорости и точности», когда при утомлении после длительной УН происходит снижение времени реакции с одновременным увеличением количества ошибок (Кирой В.Н., 2003; Wood C.C. et al., 1976; Osman A., 2000). Однако у III группы как скорость, так и

стабильность реагирования оставались неизменными. Неизменность скорости и стабильности реагирования у данной группы это не только негативная реакция на нагрузку, но и способность ЦНС экономично расходовать энергию и осуществлять регуляцию путем охранительного торможения (Чельшкова Т.В. и др., 2008). Полагаем, что возрастание (у испытуемых I и II групп) и сохранение (у испытуемых III группы) определенного уровня работоспособности происходит за счет мобилизации функциональных резервов организма и увеличения физиологической «цены» деятельности. Данный процесс у исследуемых групп подтверждается снижением точности выполнения задания, а также увеличением показателя признаков утомления у большинства испытуемых.

Описанные изменения показателей ПЗМР у испытуемых контрольной группы при втором выполнении теста, по всей вероятности, обусловлены отсутствием необходимости мобилизации физиологических резервов в условиях отсутствия УН. Это подтверждается и уменьшением показателя признаков утомления у большинства испытуемых при повторном выполнении теста ПЗМР.

Исследование показателей ВСР и системной гемодинамики до и после умственной нагрузки у исследуемых возрастных групп

Для оценки адаптационных реакций и функциональных возможностей организма проводилось комплексное исследование показателей ВСР и системной гемодинамики.

Исследование показателей временного, гистографического, спектрального и автокорреляционного анализов ВСР до и после умственной нагрузки у исследуемых возрастных групп

У испытуемых III группы в состоянии относительного покоя (T_0) отмечено статистически значимое снижение среднего квадратичного отклонения (SDNN) и вариационного размаха (Δx) и увеличение амплитуды моды (АМо), индекса вегетативного равновесия (ИВР), вегетативного показателя ритма (ВПР), показателя адекватности процессов регуляции (ПАПР) и индекса напряжения (ИН) по сравнению с I и II группами. В частности, значение SDNN у III группы было меньше на 32,2% и на 24,4%, а ИН – больше на 70,3% и на 45,7% ($p < 0,001$ для двух показателей обеих групп), чем у I и II групп соответственно. У старшей возрастной группы наблюдалось также снижение общей мощности спектра (ТР) за счет уменьшения низкочастотного (LF) и высокочастотного (HF) компонентов и увеличение как абсолютного, так и относительного значения очень низкочастотного компонента (VLF). Испытуемые III группы отличались также низким значением HF%. Так, значение VLF% у III группы было больше на 6% ($p < 0,01$) и на 4% ($p < 0,05$), а значение HF% – меньше на 4% и на 3% ($p < 0,05$ для обеих групп) по сравнению с I и II группами соответственно. Для показателя LF% между исследуемыми группами существенных различий не обнаружено (рис.3). Испытуемые III группы отличались также высокими значениями индекса централизации (ИЦ) и k1 и низким значением индекса активации подкорковых нервных центров (ИАП). На остальных этапах исследования между группами в показателях ВСР сохранялась практически та же разница.

При первом выполнении теста ПЗМР у I и II групп выявлено достоверное уменьшение значений SDNN, Δx и увеличение ИВР, ИН, а у III группы – уменьшение SDNN и увеличение АМо, ПАПР и ИН. Так, значение SDNN снизилось на 13,3%, на 12,5%, на 14,0%, а ИН повысился на 31,5%, на 25,6%, на 25,1% у I, II, и III групп соответственно. Во время выполнения теста у исследуемых групп отмечалось снижение общей мощности спектра (ТР) за счет уменьшения всех его компонентов, но в большей мере за счет уменьшения HF компонента. Помимо уменьшения абсолютной мощности HF компонента у трех групп выявлено снижение его относительной мощности: на 3% у I группы, на 4% у II группы, на 5% у III группы. У II группы наблюдалось также увеличение LF% на 3%, а у III группы – VLF% на 4% ($p < 0,05$ для двух групп) (рис. 3).

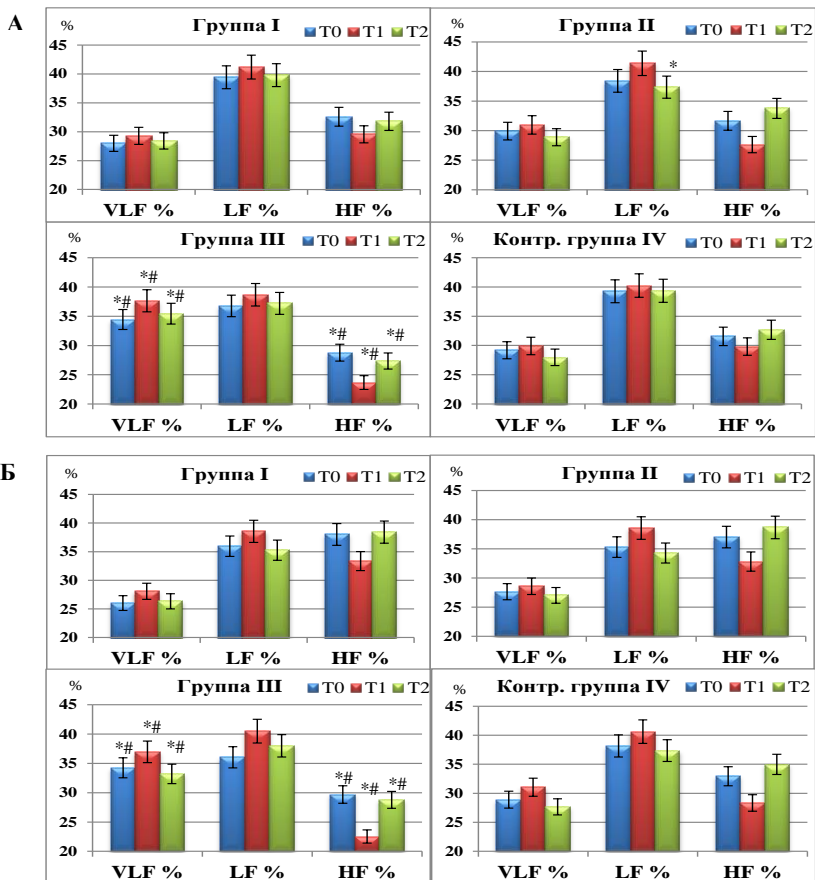


Рис. 3. Диаграммы относительных значений спектральных компонентов у исследуемых групп до (А) и после (Б) УН. Т₀ – состояние покоя, Т₁ – выполнение теста ПЗМР, Т₂ – период восстановления. Проценты определены из общей спектральной мощности компонентов. Линии погрешности показаны с 5% – ой значимостью. * – достоверность различий между I и II, I и III группами, # – достоверность различий между II и III группами.

При выполнении теста ПЗМР у трех групп увеличились значения LF/HF, ИЦ и k1. При втором выполнении теста ПЗМР после УН у всех исследуемых групп характер изменений показателей был одинаковым, но их выраженность была несколько больше, что, скорее всего, объясняется проявлением признаков утомления, при котором организму понадобилось больше функциональных резервов для достижения и сохранения определенного уровня работоспособности. После выполнения как первого, так и второго теста ПЗМР у исследуемых групп наблюдалось восстановление работы регуляторных систем.

Описанные изменения показателей ВСР при выполнении теста ПЗМР свидетельствуют о повышении тонуса симпатического отдела ВНС, активности центрального контура регуляции сердечной деятельности, некотором напряжении регуляторных механизмов. Подобные изменения показателей ВСР при функциональных нагрузках как ментального («счет в уме», реакция выбора и т.д.), так и психомоторного характера были показаны и в ряде других работ (Wang Z.L. et al., 2005; Cinaz B. et al., 2010; Murray N.P. et al., 2012; Pendleton D.M. et al., 2016).

После продолжительной УН (60 минут) на трех этапах исследования (T_0 , T_1 , T_2) у испытуемых I и II групп отмечалось увеличение значений SDNN и Δx , уменьшение ИВР и ВПР, а у II группы еще и снижение АМО и ПАПР по сравнению с соответствующими этапами до УН. У I группы после УН значение ИН достоверно уменьшалось только в T_1 на 25,5% ($p < 0,05$), а у II группы – на всех трех этапах после УН: на 35,9%, на 28,0% и на 36,4% в T_0 , в T_1 и в T_2 соответственно ($p < 0,001$ для всех этапов) (рис. 4).

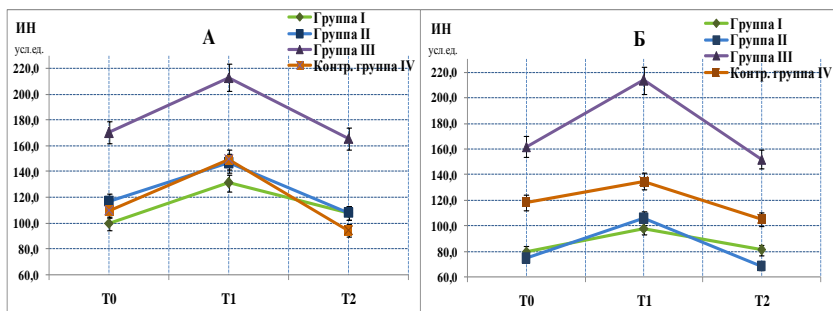


Рис. 4. Линейные диаграммы динамики ИН у исследуемых групп до (А) и после (Б) УН. Обозначения: T_0 – состояние покоя, T_1 – выполнение теста ПЗМР, T_2 – период восстановления. Линии погрешности показаны с 5% – ой значимостью.

У обеих групп под влиянием длительной УН произошло увеличение общей мощности спектра (TP) за счет увеличения всех его компонентов, а также увеличение показателя HF%. Однако такие показатели, как LF%, соотношение LF/HF и ИЦ у них уменьшились.

Полученные достоверные изменения показателей ВСР указывают на смещение вегетативного баланса в сторону преобладания парасимпатического влияния, усиление активности автономного контура регуляции сердечного ритма. Некоторые исследователи объясняют подобную реакцию как один из факторов индивидуальной устойчивости организма к возможным нарушениям работы сердечно-сосудистой системы в условиях информационной нагрузки, с одной стороны, а также как объективное снижение работоспособности и ощущение субъективного дискомфорта, с другой стороны (Артеменков А.А., 2007; Баринаева М.О. и др., 2009).

У испытуемых III группы после длительной УН показатели ВСР не изменялись, что говорит о стабильности сердечного ритма, связанной с наличием напряжения в регуляторных системах. Подобное состояние, скорее всего, объясняется отсутствием у них достаточных функциональных резервов и, следовательно, низкими адаптационными возможностями.

У испытуемых контрольной группы после отдыха, в отличие от испытуемых II группы после длительной УН, показатели ВСР не изменялись, что говорит об отсутствии существенных изменений в системе регуляции сердечной деятельности. Очевидно, что вышеописанные изменения после УН у исследуемых групп обусловлены влиянием умственной деятельности.

Таким образом, в результате математического анализа ВСР у испытуемых старшей возрастной группы выявлена стабилизация сердечного ритма, преобладание центральных механизмов регуляции сердечной деятельности над автономными, большее напряжение регуляторных систем при выполнении теста ПЗМР по сравнению с испытуемыми I и II групп.

Полученные результаты изменения показателей ВСР позволяют нам выделить три варианта регуляции сердечного ритма в зависимости от типа и длительности функциональной нагрузки. Первый тип регуляции, проявляющийся преобладанием симпатической активности, выявлен у всех групп при выполнении теста ПЗМР, который можно рассматривать как некий слабый стресс-фактор. Второй тип регуляции отмечался у испытуемых I и II групп при

воздействии продолжительной УН в виде преобладания парасимпатической активности в регуляторных системах сердечного ритма. Подобный тип регуляции, скорее всего, связан с проявлениями признаков утомления. Третий тип регуляции сердечного ритма, выявленный у старшей возрастной группы, проявлялся стабильностью показателей ВСР после длительной УН. Подобная реакция сердечного ритма в известных нам литературных источниках ранее не была описана.

Исследование показателей системной гемодинамики до и после умственной нагрузки у исследуемых возрастных групп

Сравнительный анализ показателей системной гемодинамики выявил некоторые межгрупповые различия. Так, у испытуемых I группы при всех четырех измерениях ЧСС и АД отмечались низкие значения ударного объема (УО), минутного объема крови (МОК) и высокое значение общего периферического сопротивления сосудов (ОПСС) при низкой ЧСС по сравнению с испытуемыми II и III групп, у которых наблюдалась обратная картина. Подобное проявление показателей гемодинамики указывает на нормотонический тип регуляции работы сердца у испытуемых I группы и гиперкинетический тип регуляции – у испытуемых II и III групп. Полученные данные согласуются и с вегетативным показателем кровообращения (ВПК), значение которого у I группы соответствовало состоянию эйтонии, а у II и III групп – легко выраженной симпатикотонии. Низкие значения УО, МОК и высокое значение ОПСС у III группы, по сравнению со II группой, при одинаковых значениях ЧСС, свидетельствуют о меньших адаптивных возможностях сердечно-сосудистой системы и низких резервах сократительной функции миокарда у испытуемых III группы.

После УН у I группы выявлено уменьшение значений САД, УО, МОК и увеличение значения ОПСС, а у II группы – уменьшение ЧСС, САД, МОК. Подобные изменения показателей системной гемодинамики отражаются и в уменьшении ВПК, которое указывает на усиление парасимпатических влияний на работу сердца. У III группы обнаружена стабильность показателей гемодинамики после УН. У контрольной группы после отдыха, в отличие от II группы после УН, изменений в показателях системной гемодинамики не отмечалось.

Сравнительный анализ характеристик исследуемых процессов

Взаимосвязи показателей, характеризующих сенсомоторную и вегетативную сферы регуляции

Проводился корреляционный анализ между отдельными показателями ПЗМР при первом выполнении теста, ВСР в состоянии относительного покоя и системной гемодинамики при первом измерении ЧСС и АД, то есть без воздействия функциональных нагрузок, у трех возрастных групп.

Корреляционный анализ показателей ПЗМР показал, что уменьшение скорости реагирования у исследуемых групп сочеталось с уменьшением стабильности реагирования. Такие же закономерные отношения были выявлены и между скоростью, стабильностью реагирования и нейродинамическими процессами. Выявленные корреляционные связи между показателями ПЗМР указывают на обусловленность эффективности деятельности скоростью обработки информации.

Корреляционный анализ между показателями ВСР выявил положительные корреляционные связи между показателями SDNN и TP, VLF, LF, HF и отрицательные связи между показателями AMo, IBP, IN и TP, VLF, LF, HF, выраженные в различной степени. Наиболее независимыми были показатели Mx, LF/HF и ИЦ, которые характеризовались наименьшими значениями коэффициентов корреляции с остальными показателями ВСР. Описанные корреляционные отношения между изучаемыми показателями ВСР согласуются с результатами работ ряда авторов (Бань А.С. и др., 2010; Дурнова Н.Ю. и др., 2011). Наличие

сильных корреляционных отношений между показателями ВСР позволяет говорить о тесных функциональных связях между механизмами регуляции ритма сердца на разных уровнях регуляции, то есть для получения полной картины состояния регуляторных механизмов сердечного ритма необходимо комплексное и одновременное рассмотрение всех показателей ВСР.

Корреляционный анализ показателей системной гемодинамики у исследуемых групп показал, что увеличение показателя ЧСС у них сочеталось с увеличением показателя МОК, ВПК и уменьшением ОПСС, а увеличение ВПК – с увеличением показателей УО, МОК и уменьшением ОПСС. Полученные данные свидетельствуют об оптимальном режиме функционирования сердечно-сосудистой системы для поддержания гомеостаза.

Таким образом, корреляционный анализ показателей ПЗМР, ВСР и системной гемодинамики, характеризующих сенсомоторную и вегетативную сферы регуляции, выявил наличие тесных функциональных связей, которые свидетельствуют о внутрисистемной согласованности функционирования каждой сферы регуляции мозговой деятельности.

Особенности временной организации регуляторных механизмов сенсомоторной и вегетативной сфер регуляции

Проводился спектральный анализ динамического ряда времени реагирования ПЗМР. Полученные по специальному алгоритму спектральные компоненты интервалограммы времени реагирования ПЗМР сопоставлялись с спектральными компонентами ВСР в соответствующих диапазонах. Для каждого спектрального компонента рассматривалось относительное значение в процентах, вычисленное от суммарной мощности во всех диапазонах. Испытуемые каждой возрастной группы были разделены на подгруппы по критерию эффективности выполнения теста ПЗМР, определяющийся по времени реагирования. В подгруппу с эффективным выполнением входили те испытуемые, у которых время реагирования было минимальным, а в подгруппу с неэффективным – наоборот, максимальным.

Как видно из рисунка 5, у испытуемых всех групп вне зависимости от эффективности выполнения теста в общем спектре интервалограммы времени ПЗМР преобладала доля HF компонента. Однако у испытуемых I и II групп с неэффективным выполнением, по сравнению с испытуемыми с эффективным выполнением, значение LF% в общем спектре увеличилось на 14% у обеих групп, а значение HF% уменьшилось на 12% и на 14% соответственно. Для показателя VLF% у испытуемых I и II групп в зависимости от эффективности выполнения теста выраженной разницы не отмечалось. У испытуемых III группы с эффективным и неэффективным выполнением теста значимых различий в процентном соотношении спектральных компонентов не наблюдалось, что, по всей вероятности, связано с преобладанием у них жестких звеньев мозгового обеспечения психических функций, то есть высших интегративных процессов.

Межгрупповое сравнение спектральных компонентов ПЗМР у испытуемых с эффективным выполнением теста показало, что удельное значение LF компонента у III группы было больше на 14% и на 16%, а удельное значение HF компонента – меньше на 13% и на 18%, чем у I и II групп соответственно. Для VLF компонента межгрупповых различий не выявлено. Между исследуемыми группами при неэффективном выполнении теста значительных различий в показателях не отмечалось.

При сравнении спектральных компонентов ВСР у исследуемых групп с эффективным и неэффективным выполнением теста выявлено, что у испытуемых I и II групп с неэффективным выполнением наблюдалось увеличение значения LF% на 9% и на 8% и уменьшение значения HF% на 10% и на 7% соответственно. Для показателя VLF% у испытуемых I и II групп в зависимости от эффективности выполнения теста разницы не обнаружено. У испытуемых III группы с неэффективным выполнением теста происходит некоторое увеличение значения VLF% и LF% (на 4%) и уменьшение HF% (на 8%). Подобные изменения спектральных компонентов у испытуемых трех групп с неэффективным выполнением теста

указывают на большее напряжение в регуляторных механизмах сердечного ритма по сравнению с испытуемыми с эффективным выполнением.

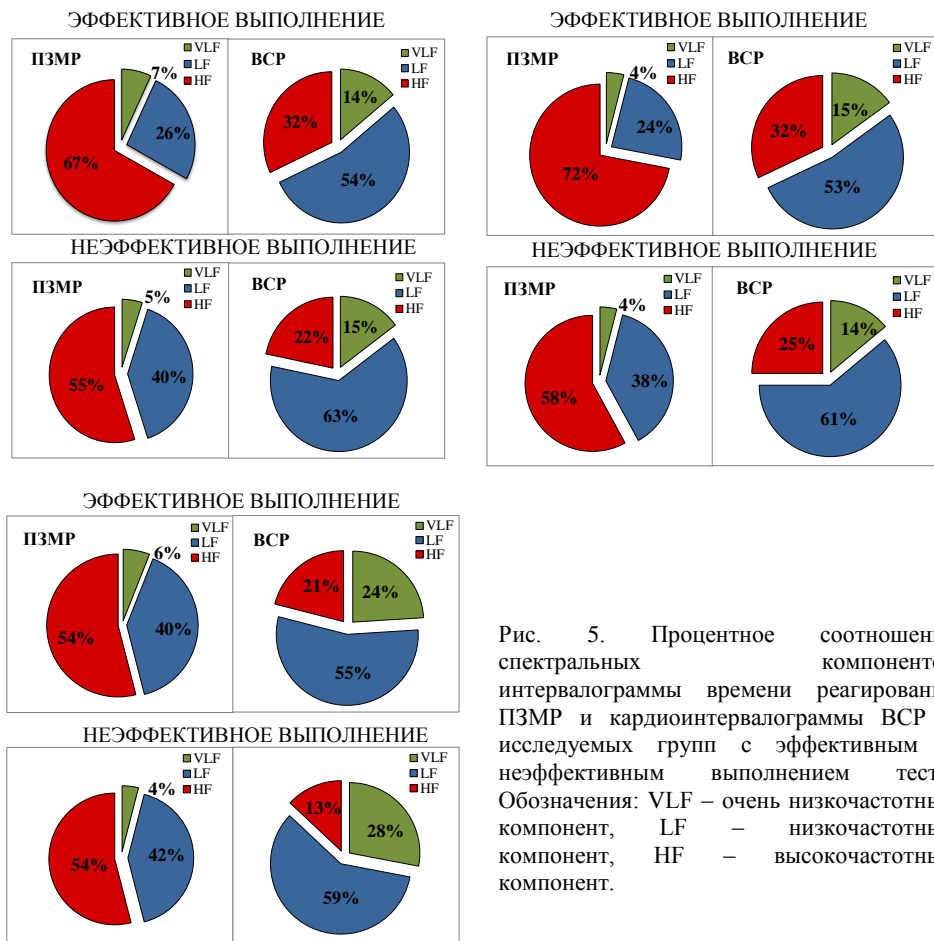


Рис. 5. Процентное соотношение спектральных компонентов интервалограммы времени реагирования ПЗМР и кардиоинтервалограммы ВСР у исследуемых групп с эффективным и неэффективным выполнением теста. Обозначения: VLF – очень низкочастотный компонент, LF – низкочастотный компонент, HF – высокочастотный компонент.

Межгрупповое сравнение спектральных компонентов ВСР показало, что у испытуемых III группы как с эффективным, так и неэффективным выполнением теста значение VLF% превышало таковое у I и II групп, а значение HF% было меньше. Для показателя LF% существенных межгрупповых различий не выявлено.

При сравнении спектральных компонентов ПЗМР и ВСР у исследуемых групп обнаружено, что вне зависимости от эффективности выполнения теста у всех групп в общем спектре интервалограммы времени ПЗМР преобладал HF компонент, а в общем спектре кардиоинтервалограммы ВСР – LF компонент. То есть, можно сказать, что при оптимальном ФС в сенсомоторной сфере регуляции преобладают волны высокой частоты с периодом колебаний 2,5-7 сек (быстрые волны), а в вегетативной сфере регуляции – волны низкой частоты с периодом колебаний 7-25 сек (медленные волны).

Итак, выявлены изменения в соотношении спектральных компонентов в спектрограммах как ПЗМР, так и ВСР в зависимости от возраста и эффективности выполнения теста. Различия наблюдались и между временной организацией каждой сферы регуляции вне зависимости от

возраста испытуемых и эффективности выполнения. То есть, несмотря на то, что различные сферы регуляции взаимообусловлены и действуют как единое целое, совместная деятельность которых обеспечивает осуществление той или иной функции всего организма и поддержание оптимального ФС, однако механизмы функционального обеспечения деятельности каждой сферы регуляции различаются.

Таким образом, изучение временной организации регуляторных механизмов с применением спектрального анализа интервалограмм является достаточно информативным методом оценки общего ФС мозга и может применяться в исследовании не только вегетативной сферы регуляции, но и сенсомоторной.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что с увеличением возраста происходят изменения ФС ЦНС: снижение скорости сенсомоторного реагирования и уровня нейродинамических процессов с сохранением стабильности реагирования и установлением равновесия нервных процессов.
2. Выявлено увеличение скорости и стабильности реагирования у испытуемых I и II групп и их неизменность у испытуемых III группы после длительной умственной нагрузки. При этом у всех возрастных групп отмечено снижение точности выполнения теста ПЗМР и усиление признаков утомления.
3. Обнаружены возрастные различия в состоянии регуляторных систем сердечного ритма. У испытуемых I и II групп наблюдалось оптимальное состояние регуляторных систем, а у старшей возрастной группы – их напряжение, проявляющееся стабилизацией сердечного ритма и преобладанием центральных механизмов в регуляции сердечной деятельности.
4. Показаны три типа регуляции сердечной деятельности у возрастных групп в зависимости от характера и длительности функциональной нагрузки. Первый тип с преобладанием симпатической активности отмечался у всех групп при функциональной нагрузке сенсомоторного характера. Второй тип с преобладанием парасимпатической активности – у испытуемых I и II групп после длительной умственной нагрузки. Третий тип, проявляющийся стабильностью реакции сердечного ритма, – у старшей возрастной группы после длительной умственной нагрузки.
5. Выявлены возрастные различия в показателях системной гемодинамики. У испытуемых I группы обнаружен нормотонический тип регуляции работы сердца, а у испытуемых II и III групп – гиперкинетический тип регуляции работы сердца. Испытуемые старшей возрастной группы характеризовались меньшими адаптивными возможностями сердечно-сосудистой системы.
6. Показаны возрастные различия психоэмоционального состояния, проявляющиеся в более высоком уровне тревожности, депрессии и астении у старшей возрастной группы. Наиболее благоприятное психоэмоциональное состояние отмечено у испытуемых II группы.
7. Выявлены тесные функциональные связи при корреляционном анализе показателей ПЗМР, ВСР и системной гемодинамики, которые свидетельствуют о внутрисистемной согласованности функционирования каждой сферы регуляции мозговой деятельности.
8. Установлена информативность метода изучения временной организации сенсомоторной сферы регуляции в оценке текущего ФС мозга. Выявлены различия во временной организации сенсомоторной и вегетативной сфер регуляции.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Шутова С.В., Туманян А.А., Муравьева И.В. Голубятников О.О., Дубровин В.В. Результаты апробации компьютерной программы самодиагностики и самокоррекции психоэмоционального состояния человека // Материалы Международной заочной научно-практической конференции «Немедикаментозная оптимизация состояния человека», Тамбов: Изд-во «Бизнес-Наука-Общество», 2012, с. 84- 90.
2. Татевосян Н.Э., Геворкян Э.Г., Ваганян Л.Г., Татевосян И.Г., Костанян Э.Г. Туманян А.А. Межполовые особенности вариабельности сердечного ритма и гемодинамики при умственной и физической нагрузке // Медицинская наука Армении, 2012, Т. ЛП, № 4, с. 98-106.
3. Татевосян Н.Э., Геворкян Э.Г., Ваганян Л.Г., Татевосян И.Г., Костанян Э.Г. Туманян А.А. Динамика основных показателей ВСР и гемодинамики у студентов при различных нагрузках // Материалы Международной юбилейной научной конференции, посвященной 130-летию со дня рождения академика Л.А. Орбели «Физиологические механизмы регуляции деятельности организма», Ереван: Изд-во «Гитутюн» НАН РА, 2012, с. 308-314.
4. Татевосян Н.Э., Туманян А.А. Оценка функционального состояния головного мозга студентов на основе анализа зрительно-моторных реакций // Материалы Международной юбилейной научной конференции, посвященной 130-летию со дня рождения академика Л.А. Орбели «Физиологические механизмы регуляции деятельности организма», Ереван: Изд.-во «Гитутюн» НАН РА, 2012, с. 315-320.
5. Tumanyan A.A., Khachunts A.S., Tadevosyan N.E., Tadevosyan I.G., Kosatanyan E.G. Peculiarities of HRV parameters during the performance of visual-motor test // Third Jubilee International Conference of Neuroscience and Biological Psychiatry. Abstract book, Yerevan, 2013, pp. 76-77.
6. Туманян А.А. Динамика времени простой зрительно-моторной реакции и показателей вариабельности сердечного ритма при умственной деятельности // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2014» / Отв. ред. А.И. Андреев, Е.А. Антипов. [Электронный ресурс] — М.: МАКС Пресс, 2014.
7. Шутова С.В., Тадевосян Н.Э., Туманян А.А., Муравьева И.В. Регрессионная модель как метод прогнозирования уровня напряжения адаптации // Mat. VI заочной Международной научно-практической конференции «Немедикаментозная оптимизация состояния человека», Тамбов, 2014, с.105-112.
8. Tumanyan A.A. Age features of heart rate variability at mental workload // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2015» / Отв. ред. А.И. Андреев, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов. [Электронный ресурс] — М.: МАКС Пресс, 2015.
9. Туманян А.А., Тадевосян Н.Э., Хачунц А.С., Тадевосян И.Г. Динамика показателей вариабельности сердечного ритма при умственной нагрузке у испытуемых различных возрастных групп // Вестник Санкт-Петербургского Университета. Серия 3. Биология, 2015, Вып.3, с.87-94.
10. Туманян А.А. Особенности сенсомоторного реагирования у испытуемых среднего возраста до и после умственной деятельности с учетом индивидуально-типологических характеристик // Вестник РАУ. Серия: физико-математические и естественные науки, 2015, №1, с.91-101.
11. Туманян А.А., Тадевосян Н.Э., Хачунц А.С., Тадевосян И.Г., Костанян Э.Г., Форган Б.Б., Аджи Бейги З. Влияние умственной нагрузки на сенсомоторную и вегетативную сферу регуляции // Вопросы теоретической и клинической медицины, 2017, Т. 20, № 3 (113), с. 32-38.

Թումանյան Անուշ Արզանի

ԳԼԽՈՒԴԵՂԻ ՖՈՒՆԿՑԻՈՆԱԼ ՎԻՃԱԿԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ
ԶԳԱՅԱՇԱՐԺՈՂԱԿԱՆ և ՎԵԳԵՏԱՏԻՎ ԿԱՐԳԱՎՈՐՄԱՆ ՈԼՈՐՏՆԵՐԻ
ԳՆԱՀԱՏՄԱՐԲ

ԱՄՓՈՓԱԳԻՐ

Աշխատանքում կատարվել է գլխուղեղի ֆունկցիոնալ վիճակի կոմպլեքսային հետազոտություն տարբեր տարիքային խմբերի անհատների մոտ մտավոր ծանրաբեռնվածության պայմաններում, կիրառելով այնպիսի մեթոդական մոտեցումներ, որոնք հնարավորություն են տվել իրականացնել զգայաշարժողական և վեգետատիվ կարգավորման ոլորտների միաժամանակյա ուսումնասիրություն:

Հոգեէնդոցիոնալ վիճակի ուսումնասիրությամբ բացահայտվել է տազնապայնության, դեպրեսիայի և ասթենիայի համեմատաբար բարձր մակարդակ ավագ տարիքային խմբի անհատների մոտ, որն ամենայն հավանականությամբ, պայմանավորված է մի շարք գործոններով, այդ թվում կյանքի ընթացքում կուտակված բացասական երևույթներով, կյանքի որակի որոշակի անկմամբ և արագորեն առաջացող հոգնածության երևույթով:

Ռեֆլեքսոմետրիկ թեստի օգնությամբ հետազոտվողների հոգեֆիզիոլոգիական վիճակի ուսումնասիրությունը ցույց է տվել, որ տարիքին զուգընթաց տեղի է ունենում պատասխան ռեակցիայի արագության իջեցում, ինչպես նաև նեյրոդինամիկ գործընթացների մակարդակի նվազում և հաստատվում է նյարդային գործունեության որոշակի հավասարակշռություն՝ դրդիչ ուժի համընթաց նվազմամբ և արգելակման գործընթացների ավելացմամբ: Զգայաշարժողական հակազդման կայունության մակարդակով տարիքային տարբերություններ չեն նկատվել:

Մտավոր ծանրաբեռնվածությունից հետո (տևողությունը 60 րոպե) I և II խմբերի հետազոտվողների մոտ դիտվել է պատասխան ռեակցիայի արագության և կայունության մեծացում, որը, հավանաբար, կապված է ինչպես ընտելացման, այնպես էլ այսպես կոչված «Արագության և ճշտագրության կոմպլոմիս» ֆենոմենի հետ, երբ երկարատև մտավոր ծանրաբեռնվածության արդյունքում ծագած հոգնածության հետևանքով տեղի է ունենում պատասխան ռեակցիայի ժամանակի նվազում և միաժամանակ սխալ պատասխանների քանակի ավելացում: Ավագ տարիքային խմբի փորձարկվողների մոտ արձանագրվել է պատասխան ռեակցիայի արագության և կայունության անփոփոխականություն: Այսինքն, կարելի է ասել, որ հետազոտվող խմբերի մոտ մտավոր ծանրաբեռնվածության արդյունքում ձևավորվում է ինչ-որ ադապտացիոն պատասխան, որն արտահայտվում է օրգանիզմի ֆունկցիոնալ ռեգերմների մոբիլիզացիայով և գործունեության «ֆիզիոլոգիական գնի» մեծացմամբ: Այն փորձարկվողների մեծ մասի մոտ արտահայտվում է տված խնդրի լուծման ճշգրտության անկմամբ և հոգնածություն արտահայտող ցուցանիշի մեծացմամբ:

Սրտային գործունեության կարգավորիչ համակարգերի վիճակի գնահատման նպատակով իրականացվել է սրտային ռիթմի փոփոխականության (ՍՌՓ) մաթեմատիկական վերլուծություն: Վերլուծության արդյունքները ցույց են տվել ՍՌՓ նվազման միտում, ավտոնոմ կարգավորման համակարգերի նկատմամբ սրտային գործունեության կարգավորման կենտրոնական մեխանիզմների գերակշռություն ավագ խմբի հետազոտվողների մոտ: Կախված ֆունկցիոնալ ծանրաբեռնվածության բնույթից և տևողությունից հետազոտվողների մոտ ցուցաբերվել է սրտային ռիթմի կարգավորման երեք տիպեր. 1) զգայաշարժողական բնույթի ֆունկցիոնալ ծանրաբեռնվածության դեպքում

(պարզ տեսաչարժողական ռեակցիայի (ՊՏՇՌ) թեստ) բոլոր խմբերի մոտ նկատվել է ՍՌ կարգավորիչ համակարգերի որոշակի լարվածություն, որը արտահայտվել է սիմպատիկ ակտիվության ուժեղացմամբ: 2) երկարատև մտավոր ծանրաբեռնվածությունից հետո, որպես հոգնածության հետևանք, I և II խմբերի փորձարկվողների մոտ ՍՌ կարգավորիչ մեխանիզմներում տեղի է ունեցել պարասիմպատիկ ակտիվության գերակայություն: 3) երկարատև մտավոր ծանրաբեռնվածությունից հետո ավագ տարիքային խմբի հետազոտվողների մոտ նկատվել է ՍՌՓ անփոփոխություն, որը հետևանք է ոչ բավարար ֆունկցիոնալ ռեգերվների և ցածր ադապտացիոն հնարավորությունների:

Համակարգային հեմոդինամիկայի ցուցանիշների ուսումնասիրությամբ պարզվել է, որ I խմբի հետազոտվողներին բնորոշ է եղել սրտի աշխատանքի կարգավորման նորմատոնիկ տիպը, իսկ II և III խմբերին՝ հիպերկինետիկ տիպը: Ավագ տարիքային խմբի հեմոդինամիկայի ցուցանիշների դինամիկան վկայում է սիրտ-անոթային համակարգի համեմատաբար նվազ ադապտատիվ հնարավորությունների մասին, որն ամենայն հավանականությամբ, պայմանավորված է տարիքին զուգընթաց դրսևորվող սրտային գործունեության փոփոխություններով, անոթների տրամագծի նեղացմամբ և արյան մածուծիկության մեծացմամբ:

Հետազոտվող պրոցեսների ֆունկցիոնալ կապերի բացահայտման նպատակով կատարվել է ՊՏՇՌ, ՍՌՓ և հեմոդինամիկայի առանձին ցուցանիշների միջև կոռելյացիոն վերլուծություն: ՊՏՇՌ-ի ցուցանիշների միջև հայտնաբերված ֆունկցիոնալ կապերը ցույց են տվել գործունեության արդյունավետության փոխադարձ կապվածությունը ինֆորմացիայի մշակման արագությունից: ՍՌՓ ցուցանիշների միջև հայտնաբերված ուժեղ կոռելյացիոն հարաբերությունները վկայում են սրտային ռիթմի կարգավորման տարբեր մակարդակների միջև առկա ֆունկցիոնալ կապերի մասին: Ուսումնասիրվող ցուցանիշների վերլուծությամբ բացահայտվել է ՍՌՓ դիտարկված բոլոր պարամետրերի միաժամանակյա և կոմպլեքսային ուսումնասիրության անհրաժեշտությունը սրտային ռիթմի կարգավորիչ մեխանիզմների վիճակի մասին լիարժեք պատկերացում կազմելու համար: Հետազոտվող խմբերում համակարգային հեմոդինամիկայի ցուցանիշների միջև կոռելյացիոն փոխհարաբերությունների ուսումնասիրության արդյունքները վկայում են կայուն հոմեոստազի պահպանման համար սիրտ-անոթային համակարգի գործունեության օպտիմալ ռեժիմի առկայության մասին: ՊՏՇՌ, ՍՌՓ և հեմոդինամիկայի ցուցանիշների միջև հայտնաբերված տարբեր ուղղվածության սերտ ֆունկցիոնալ կապերը վկայում են ուղեղային գործունեության կարգավորման յուրաքանչյուր ոլորտի գործառության ներհամակարգային համաձայնվածության մասին:

Զգայաչարժողական և վեգետատիվ կարգավորման ոլորտների ժամանակային կառուցվածքի առանձնահատկությունների ուսումնասիրությամբ բացահայտվել է սպեկտրային բաղադրիչների հարաբերակցությունների տարբերություններ ՊՏՇՌ և ՍՌՓ սպեկտրոգրամներում կախված ինչպես տարիքից, այնպես էլ գործունեության արդյունավետությունից: Ուսումնասիրվող գործընթացների կարգավորիչ համակարգերի ժամանակային կառուցվածքում հայտնաբերված տարբերությունները վկայում են կարգավորման յուրաքանչյուր ոլորտի գործունեության ֆունկցիոնալ ապահովման տարբեր մեխանիզմների առկայության և դրանց առանձնահատկությունների մասին: Այսպիսով, կարգավորիչ համակարգերի ժամանակային կառուցվածքը, այսինքն տատանողական դինամիկան, բավականին լիարժեք արտացոլում է գլխուղեղի ընթացիկ ֆունկցիոնալ վիճակը:

**STUDY OF THE FUNCTIONAL STATE OF BRAIN WITH ESTIMATION OF THE
SENSOMOTOR AND VEGETATIVE SPHERES REGULATION**

SUMMARY

In this work a complex study of the functional state of brain in conditions of mental load in people of different age groups was carried out, by using methods that allowed to implement simultaneous study of sensorimotor and vegetative spheres of regulation.

During the psychoemotional state study a higher level of anxiety, depression and asthenia in the subjects of older age group was revealed, which is, most probably, conditioned by a number of factors, including the storage of negative life events, a certain decrease of life quality and rapidly emerging signs of fatigue.

The study of the psychophysiological state of the subjects by using "Reflexometry" test showed that with ageing the response speed and the level of neurodynamic processes decrease and the balance of nervous processes with a certain concomitant decrease in the force excitation and an increase in processes of inhibition is established. There were no age differences for the stability of the sensorimotor response.

After mental load (duration 60 minutes) an increase in the rate and stability of the response was observed in the subjects of groups I and II, that can be associated both with habituation factor and so-called "Speed-accuracy tradeoff" phenomenon, when under fatigue after prolonged mental load, the reaction time reduces and in the number of errors simultaneously increases. The subjects of the older age group showed a constant speed and stability of response. That is, we can say that in studied groups some adaptive response to mental load is formed, which is expressed by the mobilization of the functional reserves and also by increase in the physiological "price" of activity, which is manifested in a decrease in the accuracy of the task performance and an increase in the index of indications of fatigue in the majority of subjects.

For the purpose of assessing the state of regulatory systems of cardiac activity, a mathematical analysis of heart rate variability (HRV) was performed, the results of which indicated the stabilization of the heart rhythm, the dominance of central mechanisms of regulation of cardiac activity over the autonomic in subjects of the older age group.

In study groups three types of regulation of heart rhythm depending on the nature and duration of the functional load were shown: 1) during the performance of sensorimotor functional load (simple visual-motor reaction (SVMR) test) a certain tension in regulatory systems of cardiac activity was observed in all groups, which was expressed by intensification of sympathetic activity; 2) after prolonged mental load as a result of fatigue, prevalence of parasympathetic activity in regulatory systems of cardiac activity was revealed in the subjects of groups I and II; 3) after a prolonged mental load, the stability of the heart rhythm was observed in the subjects of the older age group, which is the result of lack of enough functional reserves and low adaptive capacity.

The study of the parameters of systemic hemodynamics revealed the normotonic type of regulation of heart work in the subjects of group I and hyperkinetic type – in the subjects of groups II and III. The revealed age-related changes in hemodynamic parameters in the subjects of the older age group indicate the relatively low adaptive possibilities of the cardiovascular system, which is, most probably, caused by certain changes in cardiac activity, also by decrease in the radius of the vessels and by increase in the viscosity of the blood, which manifests itself with an increase in age.

To reveal the functional relationships of studied processes, a correlation analysis between the parameters of SVMR, HRV and systemic hemodynamics was performed. The revealed correlations between the parameters of SVMR indicate the conditionality of the efficiency of activity by the speed of information processing. The revealed strong correlation ratios between HRV parameters indicates the

presence of close functional relations between the mechanisms of regulation of the heart rhythm on different levels of regulation. During analysis of the studied HRV parameters the necessity of a complex and simultaneous consideration of all HRV parameters was revealed to obtain a complete picture of the state of the regulatory mechanisms of the heart rhythm. The results of study of correlational relationships between the parameters of systemic hemodynamics in the groups indicate an optimal regime of functioning of the cardiovascular system for maintaining homeostasis. The presence of close connections of different directions between the parameters of SVMR, HRV and systemic hemodynamics indicate the intra-system concordance of the functioning of each sphere of regulation of brain activity.

The study of the temporal organization of the sensorimotor and vegetative spheres of regulation revealed the differences in the ratio of the spectral components in the spectrograms of both SVMR and HRV depending on the age, as well as on the effectiveness of the activity. The revealed differences in the temporal organization of regulatory systems of studied processes, regardless of the age of the subjects and the effectiveness of activity, indicate the presence of different mechanisms of functional support of the activity of each spheres of regulation. Thus, the temporal organization of regulatory systems, that is, their oscillatory dynamics, reflects the current functional state of the brain full enough.

