

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Российская академия образования
Южный научный центр Российской академии наук
Федеральное Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
“ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ”
Южное отделение Российской академии образования
Учебно-научно-исследовательский институт валеологии «Южного федерального университета»
Ассоциация центров валеологии вузов России

ВАЛЕОЛОГИЯ, № 4, 2008

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ЧОРАЯН Ованес Григорьевич – председатель редакционного совета, заслуженный деятель науки РФ, академик РАЕН, д.б.н., профессор кафедры физиологии человека и животных Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону

АЙДАРКИН Евгений Константинович – зам. председателя редакционного совета к.б.н., проректор Южного федерального университета по научной работе, зав. кафедрой физиологии человека и животных Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону

АНТОНЕНКО Наталья Григорьевна – секретарь редакционного совета, директор издательства «ЦВВР», г. Ростов-на-Дону

БЕЛОКОНЬ Александр Владимирович – академик МАНВШ, д.ф.м.н., профессор, и.о. Президента Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону

БАТУЕВ Александр Сергеевич – академик РАО, д.б.н., профессор, зав. кафедрой ВНД Санкт-Петербургского государственного университета, г. С.-Петербург

БЕРКУТОВ Анатолий Михайлович – академик МАИ, заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор Рязанской государственной радиотехнической академии, г. Рязань

КАЗНАЧЕЕВ Влаил Петрович – академик РАМН, академик РАЕН, д.м.н., профессор, советник при дирекции ГУ «Научный центр клинической и экспериментальной медицины Сибирского отделения РАМН», г. Новосибирск

ЛИЩУК Владимир Александрович – академик АМТН, академик МАКН, д.б.н., профессор, руководитель отдела кибернетики научного центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН, г. Москва

МАТИШОВ Геннадий Григорьевич – академик РАН, д.г.н., профессор, председатель Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону

СВИРИДОВА Ирина Альбертовна – заместитель Губернатора по образованию, культуре и национальной политике Кемеровской области, г. Кемерово

СОКОЛОВ Эдуард Михайлович – академик МАИ, д.т.н., профессор Тульского государственного университета, г. Тула

ШЛЕНОВ Юрий Викторович – д.э.н., профессор, президент Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства, г. Москва

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

АЙДАРКИН Евгений Константинович – главный редактор, к.б.н., проректор по научной работе, заведующий кафедрой физиологии человека и животных Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону

АПАНАСЕНКО Геннадий Леонидович – д.м.н., профессор, зав. кафедрой спортивной медицины и санологии Киевской медицинской академии последипломного образования им. П.Л.Шупика, г. Киев

БЕЛЯЕВ Василий Степанович – академик РАЕН, заслуженный работник физической культуры РФ, д.б.н., профессор, директор Педагогического института физической культуры ГОУ МГПУ, г. Москва

КАЗИН Эдуард Михайлович – академик МАНВШ, заслуженный деятель науки РФ, д.б.н., профессор, зав. кафедрой физиологии человека и животных Кемеровского государственного университета, г. Кемерово

КИРОЙ Валерий Николаевич – член-корреспондент МАНВШ, д.б.н., проректор по управлению персоналом и безопасности Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону

КОЛБАНОВ Владимир Васильевич – академик Академии педагогических и социальных наук (АПСН), д.м.н., профессор, зав. кафедрой валеологии Санкт-Петербургской академии постдипломного педагогического образования, г. С.-Петербург

ЛЕБЕДЕВ Юрий Александрович – член-корреспондент РАО, д.ф.н., профессор, директор Института валеологии Нижегородской строительной академии, г. Нижний Новгород

МАЛЯРЕНКО Татьяна Николаевна – член-корреспондент АПИСН, д.б.н., профессор, ФГУ «Центральный Клинический санаторий им. Ф.Э. Дзержинского», лаборатория физиологических основ здоровья, г. Сочи

МАТИШОВ Дмитрий Геннадьевич – член-корреспондент РАН, зам. председателя Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону

ХРЕНКОВА Вера Валерьевна – ответственный секретарь журнала, к.б.н., Учебно-научно-исследовательский институт валеологии Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону

СОНЬКИН Валентин Дмитриевич – д.б.н., профессор, заместитель директора по науке Института возрастной физиологии РАО, г. Москва

СТУПАКОВ Гурий Петрович – академик РАМН, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии, д.м.н., профессор, руководитель центра «Здоровьесберегающие технологии в образовании», Российский новый университет, г. Москва

ЧЕРНОВ Виктор Николаевич – академик РАМТН, заслуженный деятель науки РФ, д.м.н., профессор, зав. кафедрой общей хирургии Ростовского государственного медицинского университета, г. Ростов-на-Дону

ЧИМАРОВ Валерий Михайлович – академик РАСН, заслуженный врач России, д.м.н., профессор, зав. кафедрой валеологии Тюменского государственного университета, г. Тюмень

ЧОРАЯН Ованес Григорьевич – зам. главного редактора, заслуженный деятель науки РФ, академик РАЕН, д.б.н., профессор кафедры физиологии человека и животных Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону

ЭМИРБЕКОВ Эмирбек Зиядович – заслуженный деятель науки РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, академик РАЕН, д.б.н., профессор, директор филиала Южного федерального университета, г. Махачкала

ВАЛЕОЛОГИЯ № 4, 2008

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ВАЛЕОЛОГИЯ

**МАЛЯРЕНКО Т.Н., БЫКОВ А.Т., МАЛЯРЕНКО Ю.Е.,
ЩЕТКИН А.А.** Климат и здоровье человека. Сообщение 2.....4

СОКОЛОВ А.Я., ГРЕЧКИНА Л.И. Уровень физического развития
у подростков г. Магадана с различными типами гемодинамики.....12

**НИКИФОРОВА В.А., ПЕРЦЕВА Т.Г., СТАРКОВА Л.В.,
ЕФИМОВА Н.В., КАТУЛЬСКАЯ О.Ю., ХОРОШИХ Н.Т.,
ЛАРИОНОВА Н.Л.** Физическое развитие и функциональные
возможности сердечно-сосудистой системы детей и подростков.....17

ВОЗРАСТНАЯ ВАЛЕОЛОГИЯ

КУЗЬМИН А.А. Особенности variability сердечного ритма
юных футболистов и баскетболистов 10–15 летнего возраста
в зависимости от соматотипа.....26

МОЛЕКУЛЯРНАЯ МЕДИЦИНА

**ШКУРАТ Т.П., ЛОМТЕВА С.В., АЛЕКСАНДРОВА А.А.,
АЗАРИН К.В., ЧИСТЯКОВ В.А.** Роль аллантаина в процессах
репродукции.....32

ВЫСОКОВ Н.В. Мутации гена фибриллина в синдроме
Марфана.....37

МЕДИЦИНСКАЯ ВАЛЕОЛОГИЯ

ПЛЕТНЕВА Г.П., ЦИКИНА Ж.П. Реабилитация как
основополагающий фактор социализации детей, нуждающихся
в длительном лечении (из опыта работы).....44

НЕСТЕРОВА Е.Е., БАЛКАР Ш.О., ДОЛЖИЧ Г.И.
Ультразвуковая биомикроскопия в диагностике особенностей
анатомического строения иридоцилиарной системы глаза
у здоровых лиц.....48

МЕТОДЫ, СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ, МОНИТОРИНГА, ПРОГНОЗА И КОРРЕКЦИИ ЗДОРОВЬЯ

БАЛИНА Т.Н. Диагностика хронического утомления методом
компьютерной стабیلорафии.....52

МЕДВЕДЕВ Д.С., СУХОВ А.Г. Метод автоматической
регистрации и анализа поведения животных для проведения
фундаментальных исследований механизмов адаптации организма
в экспериментальной валеологии.....57

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗДОРОВЬЯ В ОНТОГЕНЕЗЕ

АЙДАРКИН Е.К., ПАВЛОВСКАЯ М.А. Исследование
ритмических составляющих, связанных с событием
потенциалов в условиях последовательной звуковой
маскировки.....62

АЙДАРКИН Е.К., ПАВЛОВСКАЯ М.А., ОДИНЦОВА Н.А.
Нейрофизиологические механизмы последовательной зрительной
маскировки в условиях сенсомоторной интеграции.....77

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ВАЛЕОЛОГИЯ

УДК 615.834.015.4

**Т.Н. МАЛЯРЕНКО, А.Т. БЫКОВ,
Ю.Е. МАЛЯРЕНКО, А.А. ЩЕТКИН**
КЛИМАТ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА.
Сообщение 2

Реферат

Проблема «климат и здоровье» очень важна для человека, поскольку в одних случаях он оказывает на человека благоприятное влияние, а в других – неблагоприятное. В связи с изменениями климата биоклиматическое картирование территорий вновь становится востребованным. Микроклимат и степень комфортности соответствующих зон, особенности погоднo-климатических условий в курортных местностях в разное время года необходимо учитывать при выборе мест проживания и работы, отдыха, оздоровления и лечения. С другой стороны, при рекомендации курорта следует знать также функциональное состояние человека, напряженность его механизмов адаптации и метеочувствительность. В статье продемонстрировано, насколько серьезными могут быть нарушения здоровья, если в практике оздоровления и реабилитации не использовать современные знания в области медицинской климатологии.

Климатическая адаптация

Акклиматизация является частным случаем адаптации к комплексу внешних природно-климатических факторов. Реакции акклиматизации имеют наследственную основу и касаются всех регулирующих систем организма. Современные средства быстрого передвижения человека в новые климатические условия еще более повышают напряжение приспособительных механизмов. Эта проблема особенно актуальна для врачей восстановительной медицины на курортах, которым систематически приходится иметь дело с большим количеством людей, прибывающих из самых отдаленных регионов страны и зарубежья. Так, например,

следует учитывать, что у детей и подростков, прибывающих в зимний период на южные курорты с Севера, уже повышена секреция инсулина и кортизола [8], и требуется большее время для адаптации функции желез внутренней секреции к новым условиям внешней среды, в том числе к более длинному световому дню.

В аспекте климатотерапии представляют интерес данные относительно общей закономерности процесса акклиматизации к специфическим условиям курорта в различных климато-географических зонах. Эта закономерность состоит в фазности изменений реактивности организма [13].

В первой фазе акклиматизации отмечается некоторая заторможенность и снижение работоспособности, ухудшение самочувствия, недомогание.

Вторая фаза – фаза повышенной реактивности – характеризуется преобладанием процессов возбуждения и высокой активностью симпатической нервной системы. В этой фазе вопреки ожиданиям наблюдается снижение общей физиологической устойчивости организма. Это необходимо учитывать при санаторно-курортном лечении детей, подростков и пожилых людей, прибывших из других климато-географических регионов.

Третья фаза характеризуется наименьшими затратами энергии, что создает предпосылки для повышения общей устойчивости организма. Изменения, происходящие в этой фазе, лежат в основе оздоравливающего действия климатических факторов.

При возвращении человека в привычные климатические условия возникает реакция реакклиматизации, но указанные изменения в 1-2-фазе выражены менее четко и вскоре они угасают.

Н.А. Агаджанян с соавт. [1] исследовались сезонные адаптационные реакции у жителей Кисловодска по методу А.Х. Гаркави с соавт. [5]. Установлено, что в разное время года у мужчин и женщин активация системы неспецифической адаптации не всегда совпадает и может находиться на разных уровнях. Так, летом увеличивается число мужчин и женщин с реакцией спокойной активации и уменьшается число людей с повышенной активацией. Очевидно, подобные факты имеют прикладное значение. В ЦКС им. Ф.Э. Дзержинского

теория адаптационных реакций является одним из научно-практических направлений.

Среди всех климато-погодных факторов перво-степенную роль играют те, которые оказывают прямое влияние на интенсивность теплового обмена между поверхностью тела и окружающей средой. По этой причине в этой статье мы сосредоточимся главным образом на механизмах тепловой адаптации.

Разумеется, повышенные требования к организму предъявляет не только тепловой фактор. На функциональное состояние организма влияют также высокая влажность воздуха, низкая облачность, сильный ветер или его отсутствие, повышенное ультрафиолетовое и ионизирующее излучение, длительные осадки, низкое барометрическое давление, дефицит кислорода в воздухе и др. Большое значение в приспособлении организма, например, к условиям горного климата имеет усиление способности тканей к аноксичному типу обмена, что делает их более устойчивыми к недостаточному снабжению кислородом. Систематические тренировки приспособительных механизмов и адаптация тканей к пониженному содержанию кислорода играют существенную роль в получении полезного эффекта при использовании горного климата с лечебно-профилактической целью [2, 19].

Для ускорения акклиматизации в Пятигорском ГНИИК, например, используют адаптогены в течение 2-3 дней, ограничивают в первые дни пребывания на курорте физическую активность пациентов и физиобальнеопроцедуры [10].

Установлено, что на общий ход адаптационного стресса, охватывающего все аспекты деятельности человека, накладывают отпечаток особенности циклической организации функций [26], поэтому при прогнозировании характера акклиматизации следует учитывать структуру биоритмов различных функций в каждом конкретном случае.

В условиях гипертермии повышается эффективность теплоотдачи и снижается теплопродукция. Увеличение мощности функциональной системы, ответственной за поддержание температурного гомеостаза, обеспечивается благодаря развитию структурного следа в клетках соответствующих органов [18]. Уровень тепловой устойчивости организма существенно зависит от интенсивности белоксинтезирующих процессов печени, а эффективность механизмов тепловой адаптации — от синтеза

специфических белков в мозге и скелетных мышцах. Следовательно, повышение синтеза белков в этих органах будет способствовать более быстрому формированию структурного следа и достижению завершённой тепловой адаптации организма.

Увеличение концентрации молочной кислоты в крови у людей, подвергнутых действию высокой температуры в условиях покоя, свидетельствует об активации анаэробного пути энергообмена.

Для поддержания термостабильности организма важно не только выделение достаточного количества пота, но и высокая эффективность его испарения. Однако в первые часы тепловой адаптации объем выделяемого пота превышает возможности его испарения. Пот, стекающий с кожных покровов, не оказывает влияния на охлаждение тела. Только достаточно полное испарение выделяемого организмом пота, с каждым граммом которого при испарении отдается 24 кДж избыточного тепла, обеспечивает эффективное поддержание термостабильности организма. Увеличение доли испаряющегося пота происходит в результате изменения его химического состава, что приводит к снижению поверхностного натяжения, растеканию жидкости по поверхности кожи и увеличивает эффективность ее испарения. Интенсивное потоотделение, обеспечивая поддержание теплового гомеостаза организма, сопровождается значительными потерями натрия, калия, хлора, кальция, магния и других веществ. Совершенствование в процессе тепловой адаптации эндокринной регуляции, центральное место в которой занимает альдостерон и антидиуретический гормон, приводит к уменьшению потерь натрия и увеличению элиминации с потом калия [21]. Потери калия, являющегося внутриклеточным катионом и участвующего в дыхательной функции эритроцитов, белковом и углеводном обменах, мышечных сокращениях, в условиях жаркого климата значительны. Участие калия в весьма важных функциях организма и полное отсутствие резерва этого катиона определяют его роль в развитии теплового перенапряжения и патологических состояний организма, сопровождающихся мышечной слабостью, падением АД. Необходимо строго следить за компенсацией ионов калия и других ионов, чтобы избежать нежелательных последствий, порой весьма серьезных.

Физически тренированные люди легче адаптируются к условиям высокой температуры. Бегуны,

выполняющие нагрузку в условиях высокой температуры, дают реакцию, характерную для лиц, адаптированных к жаре. В этих же условиях пловцы по характеру реакций не отличаются от физически нетренированных и неадаптированных к жаре лиц. Следовательно, имеет значение не столько степень физической подготовленности, сколько наличие условий для увеличения функциональной нагрузки на аппарат испарительного охлаждения. Судя по всему, у пловцов теплоотдача в большей степени осуществляется проведением, а потовые железы не активируются.

Конечности являются самым благоприятным участком для испарительной теплоотдачи.

Увеличение кровотока в сосудах кожи и слизистых оболочек при действии высокой температуры обусловлено выраженной их дилатацией. По мере развития адаптации ЧСС значительно уменьшается, кожный кровоток к десятому дню снижается на 70–80 %. Это связано с повышением эффективности теплоотдачи испарением, и, поэтому, появляется возможность отдавать необходимое количество тепла меньшим количеством крови.

Важную роль в осуществлении теплоотдачи в условиях высокой температуры играют слюнные железы.

Адаптационные реакции в ответ на гипертермию поддаются тренировке [20]. Каждое последующее воздействие ведет к постепенному снижению выраженности неспецифических компенсаторно-приспособительных реакций, повышению «порога» устойчивости к неблагоприятному фактору.

Человеку наших дней физиологическая акклиматизация позволяет вести активный образ жизни в самых разнообразных условиях жарких регионов. Следует подчеркнуть, что длительность процесса акклиматизации зависит от степени отличия новой природной среды от условий места постоянного проживания и адаптационных способностей организма.

На интенсивность теплообмена влияют размеры и форма тела. Люди эндоморфного типа телосложения и с большим слоем подкожного жира лучше переносят холод. При высокой температуре у человека большого веса образуется больше пота на единицу поверхности тела. У индивидуумов меньших размеров и с более удлиненной формой тела потоотделение меньше, что расценивается как преимущество при акклиматизации к гипертермии.

В популяциях людей жарких стран на всех континентах средний вес тела ниже, чем в популяциях, живущих в умеренном или холодном климате. При переходе от умеренного к жаркому климату отношение массы тела к площади его поверхности уменьшается. Действие высокой температуры в период роста и развития может привести к морфологическим и физиологическим изменениям, которые в последующем обусловят большую сопротивляемость организма к действию высоких температур [24]. Нет сомнения в том, что особенности телосложения, выгодные для определенного климата, играют значительную роль в успешном приспособлении к условиям, которые обычно считаются крайне тяжелыми для жизни.

Существуют пределы климатической адаптации, показателями которой служат чувство комфорта, работоспособность и состояние здоровья в данных условиях. Соотношение между субъективным ощущением тепла и температурой окружающей среды обычно выражают посредством шкалы эффективной температуры (ЭТ), которая позволяет оценить совместное действие температуры, влажности и скорости движения воздуха единым температурным показателем. Так, для людей, носящих легкую одежду и выполняющих сидячую работу, в одном из регионов Земли верхняя граница зоны комфорта в градусах ЭТ зимой может составлять 17 °С, а в другом 22 °С. Летом благодаря акклиматизации этот предел увеличивается до 22 и 24 °С соответственно. А белые люди, родившиеся в Австралии, легко переносят ЭТ в 27 °С, причем ощущения термокомфорта у мужчин и женщин несколько различны. Для жителей средней полосы России перегрев, судя по теплоощущению, наступает при ЭТ выше 23 °С. С учетом того, что обычные дневные температуры в летнее время достигают 28–30 °С, то возможность перегрева высока не только на юге нашей страны, но и в средней полосе. У жителей южных регионов европейской части России нижняя граница теплоощущения из-за высокой влажности и ветреной погоды может быть немногим меньше 0 °С. У жителей Прибайкалья, Хакасии, юга Западной Сибири дискомфорт и опасность переохлаждения зимой наступает при снижении теплоощущения до –25 °С.

Отмечается большой разрыв между допустимым пределом комфорта в состоянии покоя, равным примерно 26 °С, и максимально возможным

для тяжелой работы (около 32 °С). Хотя эти пределы соответствуют исключительным условиям, они указывают на хорошие возможности человеческого организма приспосабливаться к действию высоких температур. Следует отметить, что во время профессиональной деятельности тепловую нагрузку лучше переносят квалифицированные работники. Критической величиной температурного предела для большинства индивидуумов, в том числе хорошо акклиматизировавшихся, занятых как физическим, так и умственным трудом, считается значение эффективной температуры 28,5 °С, которое несколько превышает верхний предел зоны комфорта.

В районах с жарким климатом следует использовать мероприятия, направленные на предупреждение тепловых поражений и поддержание работоспособности человека, в первую очередь – на восстановление водно-солевого обмена (дробный прием воды, зеленый чай, отвары из сухофруктов). При высокой температуре окружающей среды наилучшее состояние водно-солевого обмена достигается при питании в основном углеводной и смешанной пищей. Вследствие повышенной потери водорастворимых витаминов С и группы В при усиленном потоотделении рекомендуется увеличить их количество в рационе питания.

В условиях жаркого климата прием пищи по энергоемкости рекомендуется изменить: 30 % – в утренние часы и 40 % – в вечернее прохладное время. При этом необходимо компенсировать потерю белка (азотистые вещества теряются с потом).

Несмотря на все принимаемые меры, перестройка организма в условиях жаркого климата может протекать длительно – месяцы и даже годы.

Метеопатические реакции

Различные климатические влияния на организм человека могут вызывать существенное нарушение адаптации с развитием климатопатических и метеопатических реакций. Климатопатические реакции из-за резкой смены климата проявляются в виде церебрального, кардиального, вегетососудистого, артралгического и других патологических симптомокомплексов, а также в виде нарушения обмена веществ в зависимости от специфики основного и сопутствующих заболеваний и особенностей непривычного климата.

Метеопатические реакции чаще всего развиваются у метеочувствительных людей. Выделяют физиологическую и патологическую метеочувствительность. К физиологической относится, например, метеочувствительность альфа-ритма ЭЭГ – сугубо индивидуального, вариативного и наиболее адаптивного и чувствительного по сравнению с другими биологическими ритмами организма человека. Установлено, что максимальная амплитуда альфа-ритма изменяется вслед за изменением направления ветра. Такая метеочувствительность не связана с мощными сдвигами и нарушениями метаболической энергетики мозга, а, наоборот, является примером тончайших изменений в нормальном диапазоне, лимитированном адаптационными механизмами, с минимальными энергетическими потерями [3]. С другой стороны, у ряда метеолабильных людей при переезде, особенно в зимнее время года, в суровые климатические условия Крайнего Севера нередко развивается комплекс патологических реакций, проявляющихся нарушением высшей нервной деятельности, функций систем дыхания и кровообращения, механизмов термоадаптации, изменениями психического состояния, характеризующегося, прежде всего, появлением тревоги и беспокойства [12].

Метеопатические реакции – это патологические изменения, возникающие в организме в ответ на аномально резкую смену погоды в условиях даже привычного климата [22]. В среднем человек реагирует (в разной степени) на перепад температуры в 6 °С за сутки, перепад атмосферного давления в 3,75 мм рт.ст. и перепад содержания кислорода в воздухе в 5 г/м³. Эти показатели характеризуют пороговую метеочувствительность человека.

Показано, что возникновение метеопатических реакций снижает эффективность лечения почти в 1,5 раза, поэтому при получении неблагоприятного прогноза погоды рекомендуется проводить срочные профилактические мероприятия не только для людей с уже сформировавшейся повышенной метеочувствительностью, но и для лиц с начальными проявлениями метеопатических состояний.

В медицинской климатологии накоплены данные по основным звеньям патогенеза метеопатических реакций, которые наблюдаются и у детей [7, 14]. В основе развития метеопатических реакций лежат реакции дизадаптации, возникающие при воздействии

на организм факторов погоды надпороговых значений [10]. В условиях городского климата чаще проявляются метеопатические реакции на изменение погоды, особенно у больных сердечно-сосудистыми заболеваниями (от 70 до 82 % случаев) [6, 9]. При этом наблюдаются изменения вегетативной регуляции сердечного ритма, сосудистого тонуса, снижение насыщения крови кислородом, повышение тромбообразования и угнетение противосвертывающей системы, снижение толерантности к физической нагрузке, расстройства высшей нервной деятельности. Есть сообщения о выявлении при суточном мониторинге ЭКГ увеличения количества эпизодов ишемии миокарда [23]. У лиц с психозомоциональными расстройствами метеочувствительность наблюдается в 80 % случаев, а с заболеваниями опорно-двигательного аппарата – в 60 %. В развитии негативных метеотропных реакций большое значение придается усиленному образованию в клетках организма свободных радикалов, понижению активности антиоксидантной системы.

К сожалению, объективная оценка метеочувствительности человека представляет определенные трудности. Однако из-за глобального ухудшения климата вопросы диагностики метеопатических реакций приобретают особую актуальность [17]. Указанными авторами было показано, что наиболее весомыми признаками метеочувствительности являются показатель самочувствия, уровень стресса и индекс напряжения Баевского. Для расчета величины интегрального показателя адаптации к метеофакторам (ПАМФ) авторами разработана своего рода номограмма его определения по одному или по каждому из двух-трех признаков психосоматического состояния; из полученных значений рассчитывается средняя (более точная) величина ПАМФ. По разнице величин ПАМФ, рассчитанных по одному или трем этим признакам до, во время резкого изменения метеофакторов и через 1–3 дня после катаклизма, можно оперативно определить индивидуальный индекс метеочувствительности (ИМЧ). Проведение контроля физиологических параметров после возвращения метеопоказателей к значениям до метеовозмущения целесообразно в связи с отставленными у некоторых людей метеопатическими реакциями.

Чем меньше величина ПАМФ в метео-непокойные дни по сравнению с условиями спокойной

метеообстановки, тем большей получается величина ИМЧ и, следовательно, больше степень метеочувствительности. Установлено, что величины ПАМФ имеют наиболее высокую корреляцию с резкими межсуточными изменениями атмосферного давления и парциальным содержанием кислорода в воздухе, среднюю корреляцию – с солнечной активностью и низкую – с относительной влажностью и температурой воздуха.

Таким образом, неблагоприятные погодные метеорологические условия могут играть роль провоцирующего момента, способствуя, прежде всего у метеочувствительных людей, либо проявлению скрытых патологических процессов, либо обострению хронических заболеваний. Прогнозирование динамики состояния здоровья людей при неблагоприятных климато-погодных условиях, разработка принципов и путей профилактики неблагоприятных метеореакций, является важным аспектом восстановительной медицины.

Особое место в лечебно-профилактических мероприятиях при метеопатических реакциях должны занимать средства, направленные на изменение реактивности организма. В комплекс метеопрофилактики входят плановая, сезонная и срочная профилактика [22]. Плановая профилактика включает в себя мероприятия на поликлиническом, стационарном и санаторно-курортном этапе лечения.

Плановые метеопрофилактические мероприятия с использованием санаторно-курортных факторов – это основной вид профилактики метеопатических реакций. Она включает в себя систематическую тренировку и закаливание организма с использованием во все сезоны года методов климатотерапии, которые могут быть мощным средством повышения неспецифической резистентности организма. У здорового человека отмечается улучшение самочувствия, физической и умственной работоспособности, а у больного создаются условия для более быстрого выздоровления. В последние годы появились данные, свидетельствующие о том, что повышенную метеочувствительность можно корригировать с помощью бальнео- и физиотерапевтических воздействий, аэроионизации, электросна. Одним из возможных подходов к достижению уменьшения метеочувствительности является тренировка организма к изменениям температурных влияний – гипертермия в сауне с контрастным водным охлаждением [15].

К мерам неспецифической профилактики метеопатических реакций у метеочувствительных людей кроме устранения факторов риска (эмоционального и физического стресса, погрешностей в диете) относят средства, повышающие активность антиоксидантной системы организма (в том числе витамины А, Е, С, растительное масло, творог, черноплодная рябина и др.), а также витамины группы В, адаптогены (элеутерококк, настойка женьшеня, лимонника), и в то же время ограничение в рационе продуктов, способствующих усилению образованию свободных радикалов в тканях организма (алкоголь, животные жиры). Пожилым людям следует назначать воздушные и солнечные ванны, закаливание, дозированные физические нагрузки. Снижению тяжелых проявлений метеопатических реакций у больных ИБС, ГБ способствуют методы гидробальнеотерапии – контрастные ванны, подводный душ-массаж, хлоридные натриевые, углекислые и йодобромные ванны.

Сезонная метеопрофилактика обострений хронических заболеваний, отягощенных повышенной метеочувствительностью, проводится в переходные сезоны года (ранней весной и поздней осенью), когда особенно часто отмечаются резкие перепады метеорологических параметров. В это время также рекомендуется использовать средства, повышающие неспецифическую резистентность организма (адаптогены, ангиопротекторы, иммуномодуляторы), а также общеукрепляющее лечение (ЛФК, массаж, закаливающие процедуры).

Срочная профилактика медикаментозными средствами должна проводиться при неблагоприятном медицинском прогнозе погоды. Необходим щадящий режим с ограничением физической активности, отменой процедур (грязевых, физиотерапевтических и нагрузочных видов бальнеотерапии).

Климатотерапия (воздушные ванны, купания, терренкуры и др.) является неспецифическим методом профилактики и лечения метеопатических реакций, направленным на активизацию защитных сил организма, совершенствование его адаптационных механизмов, нормализующих физиологические реакции на изменение факторов внешней среды при погодных вариациях. Однако все эти приемы не всегда эффективны. Известно, что наиболее существенным фактором, провоцирующим метеопатические реакции, являются контрастные межсуточные перепады атмосферного давления.

В этой связи был разработан метод тренировки искусственными перепадами атмосферного давления, соответствующими его резким межсуточным колебаниям 10 мм рт. ст., больных с заболеваниями органов кровообращения, имеющих повышенную метеочувствительность [16]. Импульсные баротренировки проводились в специальной барокамере, в которой пики этих перепадов давления достигались не в течение суток, а за 0,5 мин. Влажность и температура воздуха в барокамере существенно не изменялись. Время пребывания пациента в одной из двух противоположных фаз (компрессии-декомпрессии) – 3 мин; общая продолжительность процедуры – 30 мин; курс лечения – 10–15 процедур. Отдаленные результаты импульсной баротерапии прослеживались в основной и в контрольной группе больных ИБС в течение 3 месяцев. Оказалось, что метеопатологические реакции за этот период проявились только у 18,4 % пациентов основной группы, в то время как в контрольной группе – у 73,5 %. При этом метеореакции в основной группе были значительно менее выраженными, без обострения основного заболевания, как было до баротренировок. Пациенты контрольной группы по-прежнему демонстрировали высокую степень метеолабильности. Полученные авторами результаты позволяют предположить, что данный метод может оказаться эффективным не только для больных ИБС, но и для пациентов с вегетососудистой дистонией, а также практически здоровых людей с выраженной метеочувствительностью, что делает необходимым дальнейшее изучение эффектов импульсных баротренировок на более широком контингенте испытуемых разного возраста.

А.И. Уянаева с соавт. [23] на основе исследования особенностей формирования биотропных эффектов атмосферы в климатических условиях мегаполиса Москвы не только выделили наиболее неблагоприятные факторы погоды и определили ответные реакции организма, но и провели поиск научно обоснованных методов их коррекции и профилактики. Как уже отмечалось, климат Москвы характеризуется большой изменчивостью атмосферной циркуляции и непостоянством погоды с эпизодами резкой её смены, с частым влиянием циклонических процессов на погоду. Это определяет наиболее частую повторяемость погод «гипоксического» типа в Московском регионе (31 %) и, несколько реже – «спастического» типа, в основном

в зимний период (29 %). Летом преобладают погодные условия термического дискомфорта (духота и перегрев) на фоне аномально низкого содержания кислорода в воздухе (11 %). К таким климатическим условиям оказались особенно чувствительны пациенты с ГБ – 83 %. У 40 % из них в дни «спастического» типа погоды преобладали реакции средней тяжести, а у 12 % – тяжелые. Метеопатические реакции в ответ на перемену погоды характеризовались повышенной активностью симпатической нервной системы, сосудистого тонуса, уменьшенной толерантностью к холодовой нагрузке, сниженной физической работоспособностью (общий объем выполненной работы был в «спастическую» погоду почти на 100 Дж меньше по сравнению с показателями в дни индифферентной погоды). У больных ишемической болезнью сердца (ИБС) метеопатические реакции отмечались очень часто – в 72 % случаев. После курса гидро-бальнеотерапии (контрастные ванны, подводный душ-массаж, хлоридные натриевые ванны) и электросна у пациентов с ГБ и ИБС снизилось число тяжелых проявлений метеопатических реакций. Даже при резких колебаниях метеопараметров преобладали метеопатические реакции легкой степени.

Частота и тяжесть метеопатических реакций уменьшаются и в результате спелеоклиматолечения [25].

Заключение

Острота проблемы «климат и здоровье», несмотря на имеющиеся в этом направлении результаты, сохраняется. Это обусловлено повсеместным ухудшением климата и глобальным потеплением, интенсивной урбанизацией, огромным числом людей с избыточным напряжением механизмов адаптации и повышенной метеочувствительностью, развитием туризма, спорта, интенсивной миграцией населения и др. Оценка микроклимата и степени комфортности для человека различных зон каждого климато-географического региона должна учитывать особенности погодно-климатических условий в разное время года. Для специалиста в области восстановительной медицины ключевым является вопрос, какова степень соответствия указанных метеоусловий здоровью человека.

В литературе [27] обращается внимание на всё шире внедряющиеся в практику укороченные

курсы санаторно-курортного лечения в пределах 10–15 дней. Ведущие специалисты в области восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии уже неоднократно отмечали недопустимость не только уменьшения объема санаторно-курортного лечения, что делает его неэффективным, но также неоправданной интенсификации лечения, когда положенный объем процедур выполняется в сжатые сроки. Мы, всецело поддерживая это мнение, в свете представленного материала хотим обратить внимание и на другой аспект проблемы. Он не столь важен для людей, прибывающих на курорт из близких по климато-погодным условиям местностей, но чрезвычайно актуален для приезжающих / прилетающих из отдаленных регионов страны. Ведь за такой короткий срок адаптация организма к новым условиям может еще не завершиться, и проводимое интенсивное воздействие на организм природных и преформированных факторов в лучшем случае может быть неэффективным. Считают, что при перемене климата только для достижения достаточной перестройки системы терморегуляции организма, даже при оптимальной дозировке климатических раздражений, срок пребывания на курорте должен быть не меньше 4 недель [11].

Из представленного в статье материала видно, насколько серьезными могут быть нарушения здоровья, если в практике оздоровления и реабилитации не использовать современные знания в области медицинской климатологии.

Abstract

The problem «Climate and Health» is very important for people because both climate and weather can express not only positive but also negative influence on health. The bioclimatic charting of various areas is necessary for adequate selection of domicile, locality for recreating, healing, treatment or leading large championships. On the other hand it is necessary to mean the functional state, adaptive possibility, and the physiological cost of climate adaptation and meteorological sensitivity of every subject. Thus this problem is compound and requires using the modern knowledge in the area of medical climatology.

Литература

1. Агаджанян Н.А., Игнатъев Л.И., Радыш И.В. Влияние природно-климатических факторов на сезонные ритмы системы крови у жителей Кисловодска //

Экология человека. 2007. № 3. С. 3–8.

2. Агаджанян Н.А., Кислицын А.Н. Горный климат. Спорт и здоровье. М.; Сочи, 2005.

3. Бокша В.Г. Проблемы адаптации и курортное лечение. Л., 1983.

4. Воронин Н.М. Основы медицинской и биологической климатологии. М., 1981.

5. Гаркави Л.Х., Квакина Е.В., Уколова М.А. Адаптационные реакции и резистентность организма. Ростов н/Д., 1979.

6. Григорьев И.И. Погода и здоровье. М., 1996.

7. Григорьев И.И., Григорьев А.И., Григорьев К.И. Погода и организм человека // Вопр. курортол. и физиотерапии. 1998. № 5. С. 53–56.

8. Дёмин Д.Б., Поскотинова Л.В. Годичная ритмика секреции инсулина и кортизола у детей, проживающих на различных географических широтах Европейского Севера // Экология человека. 2007. № 3. С. 20–23.

9. Дорошко Т.Н., Булгак А.Г. Влияние гелиометеофакторов на показатели симпатической и парасимпатической активности // Вопр. курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. 2005. № 1. С. 6–9.

10. Жерлицина Л.И., Мкртчян Р.И., Джатдоева Л.М. и др. О метео- и гелиочувствительности больных ИБС в процессе курортного лечения в Кисловодске // Актуальные проблемы восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии. М., 2006. С. 104–105.

11. Журавская Н.С., Шакирова О.В., Деркачев Л.Н., Кобзарь О.Г. Лечение и реабилитация пульмонологических больных с применением климатических факторов // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. 2005. № 1. С. 49–53.

12. Казначеев В.П. Современные аспекты адаптации. Новосибирск, 1980.

13. Карлыев К.М. Адаптация к высокой температуре // Физиология адаптационных процессов. М., 1986. С. 305–371.

14. Мазурин А.В., Григорьев К.И. Метеопатии у детей. М., 1990.

15. Маляренко Ю.Е., Быков А.Т., Маляренко Т.Н., Софиадис Н.Ф. Сауна: pro et contra // Валеология. 2004. № 3. С. 25–35.

16. Мандрыкин Ю.В., Щегольков А.М., Замотаев Ю.Н. Объективизация метеочувствительности человека // Физиотерапия, бальнеология, реабилитация. 2004. № 1. С. 29–32.

17. Мандрыкин Ю.В., Щегольков А.М., Климко В.В. Коррекция метеопатических реакций у больных ИБС с помощью импульсных баротренировок // Тр. VII Международн. конф. «Современные технологии восстановительной медицины». М., 2004. С. 437–438.

18. Меерсон Ф.З. Адаптационная медицина: Механизмы и защитные эффекты адаптации. М., 1993.

19. Миррахимов М.М. Лечение внутренних болезней горным климатом. Л., 1977.

20. Новожилов Г.Н. Повышение устойчивости организма к воздействию высокой температуры окружающей среды // Воен. мед. журн. 1981. № 2. С. 39–42.

21. Новожилов Г.Н., Ломов О.П. Гигиеническая оценка микроклимата. Л., 1987.

22. Разумов А.Н., Уянаева А.И. Метеочувствительность и прогнозирование динамики состояния здоровья // Здоровье здорового человека / Гл. ред. А.Н. Разумов, В.И. Покровский. М., 2007. Гл. 19. С. 204–214.

23. Уянаева А.И., Давыдова О.Б., Максимова Г.А. и др. Метеопатические реакции у больных с заболеваниями сердечно-сосудистой системы в условиях климата г. Москвы и методы их коррекции физиобальнеопроцедурами // Роль курортной науки и практики в охране здоровья населения России: Тр. Юбилейной научно-практич. конф. Пятигорск, 2003. С. 206–209.

24. Харрисон Дж., Уайнер Дж., Тэннер Дж. и др. Биология человека. М., 1979.

25. Хомазюк И.Н., Лобода М.В., Гончаренко Л.И. Использование спелеотерапии для лечения гипертонической болезни у пострадавших вследствие чернойбыльской катастрофы // Украинский медицинский часопис. 2000. № 2. С. 115–118.

26. Черешнев В.А. (ред.). Экология человека в изменяющемся мире. Екатеринбург, 2006.

27. Шакула А.В., Щегольков А.М., Бадретдинов Р.Р. К вопросу об укороченных курсах санаторно-курортного лечения и оздоровления // Вести восстановительной медицины. 2008. № 1 (23). С. 9–11.

ФГУ «Центральный клинический санаторий
им. Ф.Э.Дзержинского», г. Сочи;
Сочинский госуниверситет туризма
и курортного дела

Статья поступила в редакцию 12.12.08

УДК 796.053

А.Я. СОКОЛОВ, Л.И. ГРЕЧКИНА
УРОВЕНЬ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ
У ПОДРОСТКОВ г. МАГАДАНА
С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ
ГЕМОДИНАМИКИ

Реферат

Среди 432 подростков 14–16 лет г. Магадана выявлено 51,2 % лиц с эукинетическим типом, 33,1 % – с гипокинетическим и 15,7 % – с гиперкинетическим типом кровообращения. Для подростков с гипокинетическим типом кровообращения, по сравнению другими типами, характерны более высокие показатели уровня физического развития, а с гиперкинетическим – повышенные значения систолического и минутного объема крови, а также значительное преобладание активности симпатического отдела ВНС.

Введение

На Северо-Востоке России нестабильные социальные условия усугубляют действие естественно-природных факторов среды обитания. При адаптации к экстремальным условиям окружающей среды у жителей Северо-Востока наблюдаются экологически обусловленные адаптационные перестройки сердечно-сосудистой системы, направленные на поддержание гомеостаза организма.

В последние годы появилось много работ, посвященных исследованиям типологических особенностей гемодинамики в здоровой популяции человека [3, 7, 8]. По мнению ученых, центральная гемодинамика здоровых лиц может быть подразделена на три типа: гипер-, эу- и гипокинетический, являющихся вариантами физиологической нормы. В основе деления на вышеуказанные типы гемодинамики лежит один из показателей кровообращения – сердечный индекс (СИ), который представляет собой отношение минутного объема крови к единице поверхности тела [7]. Изучение типов гемодинамики у детей и подростков привело к представлению о том, что они генетически детерминированы, однако этому противоречит неодинаковый

процент этих типов в различных возрастных группах [3]. В исследованиях ряда авторов была установлена взаимосвязь типологических особенностей центральной гемодинамики с физическим развитием [1, 2, 4]. Однако работ, посвященных исследованию типологических особенностей гемодинамики у детей и подростков, к сожалению мало, выводы их неоднозначны, что требует дальнейшего изучения этих вопросов, тем более что исследований по типологии гемодинамики у подростков Северо-Востока не проводилось.

В связи с этим целью настоящего исследования явилось выявление типологических особенностей гемодинамики у подростков 14–16 лет и изучение их взаимосвязи с физическим развитием.

Материал и методы исследований

Работа выполнена на школьниках (мальчики первого и второго поколения пришлых жителей) г. Магадана. У испытуемых оценивали основные соматометрические параметры: длину и массу тела, окружность грудной клетки (ОГК). По антропометрическим параметрам рассчитывали весоростовой индекс, крепость телосложения (индекс Пинье), пропорциональность телосложения (ПТ) и индекс Эрисмана.

У испытуемых в состоянии покоя измеряли показатели системного артериального давления (систолического и диастолического, мм.рт.ст) и регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС уд/мин) за 1 мин по методу Н.С. Короткова, рассчитывали систолический объем кровообращения (СО, мл, по Старру), минутный объем кровообращения (МОК, мл/мин.кг), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, дин с см⁻⁵) по формуле Пуайзеля, вегетативный индекс Кердо (ВИК, %), двойное произведение (ДП, усл. ед.). Кроме того, рассчитывали сердечный индекс (СИ) в зависимости от величины которого определяли тип кровообращения: гипокинетический (менее 2,7 л/мин.м²), эукинетический (2,7–3,5) и гиперкинетический (более 3,5 л/мин.м²) [4, 5]. Всего обследовано 432 подростка.

Статистическая обработка материала проведена при помощи пакета прикладных программ Microsoft Excel 2000. Вычислялись средние величины показателей и их ошибки, а также достоверность разности сопоставляемых величин.

Результаты исследований

Анализ табл. 1–3 показывает, что в возрасте 14 лет выявлено 12,5 % лиц с гипокинетическим типом кровообращения, 46,8 – с эукинетическим и 41,7 % – с гиперкинетическим типом кровообращения. В возрасте 15 лет это соотношение было

следующим: 16,0, 51,5 и 33,5 %, а в возрасте 16 лет: 21,4, 55,6 и 23,0 % соответственно. Таким образом, по мере увеличения возраста подростков в процентном отношении увеличивается доля лиц с гипокинетическим и эукинетическим типом и снижается – с гиперкинетическим типом кровообращения.

Таблица 1

Соматофизиологические показатели у подростков 14 лет с различными типами кровообращения

Показатель	Тип кровообращения			Достоверность различий
	Гипокинетический (1)	Эукинетический (2)	Гиперкинетический (3)	
Масса тела, кг	57,3±2,6	52,9±1,0	45,7±1,1	P ₁₋₃ < 0,001 P ₂₋₃ < 0,001
Длина тела, см	171,6±2,1	166,2±1,1	160,9±1,3	P ₁₋₃ < 0,001 P ₂₋₃ < 0,001
ОГК, см	82,5±1,5	80,1±0,7	75,7±0,7	P ₁₋₃ < 0,001 P ₂₋₃ < 0,001
ПТ, %	96,0±0,8	95,4±0,8	96,8±0,8	
ИП усл. ед	36,1±3,3	35,1±1,2	41,2±1,2	P ₂₋₃ < 0,001
ИЭ, см	-3,3±1,3	-3,1±0,6	-4,8±1,3	
ВРИ, г/см	333,7±12,2	316,9±4,9	283,3±5,1	P ₁₋₃ < 0,001 P ₂₋₃ < 0,001
САД, мм. рт. ст.	116,2±2,8	110,1±1,2	110,0±1,3	
ДАД, мм. рт. ст.	71,1±2,7	64,3±1,0	62,3±1,0	P ₁₋₃ < 0,01 P ₁₋₂ < 0,05
ЧСС, уд/мин	61,1±2,9	72,8±1,2	84,1±1,7	P ₁₋₃ < 0,001 P ₂₋₃ < 0,001
ОПСС, дин с см ⁻⁵	1723,5±60,1	1357,0±23,6	1126,6±19,7	P ₁₋₃ < 0,001 P ₂₋₃ < 0,001
ВИК, %	-18,8±5,4	11,1±1,2	24,6±1,2	P ₁₋₃ < 0,001 P ₂₋₃ < 0,001
СОК, мл	65,7±2,5	68,6±0,9	72,0±1,0	P ₁₋₃ < 0,001 P ₂₋₃ < 0,01
МОК, мл/мин кг	69,2±1,7	94,9±1,4	133,6±2,7	P ₁₋₃ < 0,001 P ₂₋₃ < 0,001
ДП, усл. ед.	71,0±4,4	80,2±1,8	92,4±2,5	P ₁₋₃ < 0,001 P ₂₋₃ < 0,001

Как видно из представленных данных, в каждом возрасте наблюдаются значительные различия в уровне физического развития между лицами трех типов кровообращения. Наиболее ярко они проявляются при сравнении двух крайних типов: гипокинетического и гиперкинетического. В целом,

среди подростков 14–16 лет лица гипокинетического типа, по сравнению с гиперкинетическим типом кровообращения, имеют более высокий рост, большую массу тела и окружность грудной клетки. Так, различия по длине тела составляют в среднем 10–11 см, по массе тела – 11–13 кг, по окружности

грудной клетки – 8-9 см. У лиц этого типа выше показатели весоростового индекса и индекса Эрисмана. Подростки с эукинетическим типом кровообращения по основным соматометрическим показателям занимают промежуточное положение, однако они ближе к показателям подростков с гипокинетическим типом кровообращения.

По данным Ю.С.Ванюшина с соавторами [2] подростки с гипокинетическим типом кровообращения, по сравнению с гиперкинетическим, имели более высокие показатели массы и весоростового индекса, при этом у них наблюдалось повышенное содержание липидов в крови.

Таблица 2

**Соматофизиологические показатели у подростков 15 лет
с различными типами кровообращения**

Показатель	Тип кровообращения			Достоверность различий
	Гипокинетический (1)	Эукинетический (2)	Гиперкинетический (3)	
Масса тела, кг	61,3±1,2	59,2±1,2	48,8±1,2	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
Длина тела, см	175,9±1,3	172,2±0,8	164,5±1,3	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
ОГК, см	86,6±1,1	84,1±0,8	78,0±0,8	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
ПТ, %	93,1±1,3	93,6±0,6	95,0±0,8	
ИП, усл.ед	28,0±1,8	31,7±1,7	39,5±1,1	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
ИЭ, см	-1,4±1,0	-2,0±0,7	-4,1±0,6	P ₁₋₃ <0,05
ВРИ, г/см	348,5±5,7	343,8±6,3	295,3±5,2	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
САД, мм.рт.ст.	119,1±2,0	115,9±1,5	111,9±1,7	P ₁₋₃ <0,01
ДАД, мм.рт.ст.	73,5±1,6	67,7±0,9	62,5±1,1	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
ЧСС, уд/мин	62,2±1,4	73,0±1,1	85,3±1,5	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
ОПСС, дин с см ⁻⁵	1821,5±78,5	1369,0±21,9	1063,6±25,4	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
ВИК, %	-18,2±3,3	6,2±1,3	25,8±1,5	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
СОК, мл	66,4±1,6	72,5±0,8	75,2±1,0	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,05
МОК, мл/кг, мин	67,2±1,5	90,4±1,3	133,2±2,9	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
ДП, усл. ед.	72,8±2,0	86,1±1,7	92,3±2,1	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001

Довольно интересно прослеживается возрастная динамика пропорциональности телосложения, которая указывает на относительную длину ног. Так, в возрасте 14 и 15 лет существенных различий по ПТ между лицами трех типов не наблюдается, в то же

время в возрасте 16 лет у лиц с гиперкинетическим типом относительная длина ног достоверно выше, чем у лиц с гипокинетическим типом. Из этого можно предположить, что к 16 годам у подростков с гиперкинетическим типом половые гормоны не

останавливают рост диафизов трубчатых костей, вследствие этого они характеризуются относительно коротким туловищем и длинными ногами, т.е. непропорциональным телосложением.

Индекс Пинье является интегральным показателем физического развития, и чем больше его абсолютная величина, тем ниже уровень физического развития. Как показывают полученные данные, подростки с гипокинетическим типом кровообра-

щения имеют более высокий уровень физического развития, причем по мере увеличения возраста увеличиваются различия по этому показателю между крайними типами. Так, например, в возрасте 14 лет у лиц с гипокинетическим типом индекс Пинье составил 36, 1 усл. ед, у лиц с гиперкинетическим типом – 41,2 усл. ед, тогда как в возрасте 16 лет они составляли 23,4 усл. ед и 36,5 усл. ед. соответственно.

Таблица 3

**Соматофизиологические показатели у подростков 16 лет
с различными типами кровообращения**

Показатель	Тип кровообращения			Достоверность различий
	Гипокинетический (1)	Эукинетический (2)	Гиперкинетический (3)	
Масса тела, кг	66,9±1,3	62,4±1,0	53,7±1,3	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
Длина тела, см	178,0±1,2	176,4±0,7	169,9±1,2	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
ОГК, см	89,6±0,9	87,1±0,7	81,7±1,0	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
ПТ, %	91,7±1,0	93,8±0,6	95,0±0,7	P ₁₋₃ <0,01
ИП, усл.ед	21,5±1,8	26,9±1,4	34,5±1,5	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
ИЭ, см	0,6±0,9	-1,1±0,6	-3,2±0,8	P ₁₋₃ <0,01 P ₂₋₃ <0,01
ВРИ, г/см	375,8±7,3	353,7±5,2	316,1±5,9	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
САД, мм. рт. ст.	119,5±1,4	117,1±1,4	113,9±1,6	P ₁₋₃ <0,01
ДАД, мм. рт. ст.	74,0±2,1	66,3±1,0	63,2±1,6	P ₁₋₃ <0,01
ЧСС, уд/мин	62,7±1,8	70,0±1,2	80,0±1,5	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
ОПСС, дин с см ⁻⁵	1739,9±62,6	1311,0±17,8	1067,3±27,2	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
ВИК, %	-17,1±3,4	5,3±1,2	21,0±1,7	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
СОК, мл	69,6±1,9	77,0±0,9	79,0±1,5	P ₁₋₃ <0,001 P ₁₋₃ <0,01
МОК, мл/кг, мин	64,6±1,3	88,5±1,4	122,1±27,2	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001
ДП, усл. ед.	73,9±2,4	82,0±1,9	91,1±2,2	P ₁₋₃ <0,001 P ₂₋₃ <0,001

Анализ показателей сердечно-сосудистой системы выявил следующие различия между подростками трех типов кровообращения (табл. 1–3). Подрос-

тки гипокинетического типа, по сравнению с гиперкинетическим, имеют более высокие показатели систолического и диастолического артериального

давления. Частота сердечных сокращений значительно повышается при переходе от гипо- к гиперкинетическому типу. Так, у подростков первого типа ЧСС колеблется в пределах 61–62 уд/мин, в то время как у лиц с гиперкинетическим типом – 80–85 уд/мин. Аналогичную направленность имеет и показатель систолического объема крови. Вследствие этого у подростков с гиперкинетическим типом, по сравнению с подростками других типов, выше минутный объем кровообращения.

Показатель общего периферического сопротивления сосудов понижается при переходе от гипо- к гиперкинетическому типу. Вероятно, уже в подростковом периоде у человека формируется предрасположенность к гипертензии, которая обусловлена конституциональными особенностями организма.

Показатель двойного произведения отражает работу левого желудочка и косвенно коронарный кровоток. Наиболее высокие показатели ДП обнаружены у подростков с гиперкинетическим типом, что свидетельствует о значительных нагрузках на миокард и меньших функциональных резервах сердечно-сосудистой системы.

Вегетативный индекс Кердо указывает на соотношение активности симпатического и парасимпатического отделов в регуляции сердечно-сосудистой системы. Из приведенных данных видно, что у подростков с гипокинетическим типом ИК имеет отрицательные значения, у подростков с гиперкинетическим типом – положительные. Это свидетельствует о том, что у лиц первого типа в регуляции сердечно-сосудистой системы преобладает активность парасимпатического, а у лиц второго типа – симпатического отдела ВНС. Подростки с эукинетическим типом занимают промежуточное положение, т.е. у них наблюдается оптимальное соотношение активности этих двух отделов ВНС в регуляции сердечно-сосудистой системы.

Обсуждение

Проведенные нами исследования выявили определенную взаимосвязь между типами кровообращения и уровнем физического развития подростков 14–16 лет. В целом, по мере увеличения возраста повышается доля лиц с гипо- и эукинетическим типом и уменьшается с гиперкинетическим типом кровообращения. Это явление, возможно, обусловлено у растущих подростков некоторым несоответствием

между функциональными характеристиками сердечно-сосудистой системы и темпами изменения площади тела.

По нашим данным, подростки с гипокинетическим типом, по сравнению с другими типами, имеют более высокий уровень физического развития. Особенно это отчетливо видно при сравнении подростков этого типа с подростками гиперкинетического типа гемодинамики. Особенностью физического развития подростков гиперкинетического типа является то, что к 16 годам у них не останавливается рост трубчатых костей, поэтому они имеют довольно длинные ноги и относительно короткое туловище. Как известно, андрогены в пубертатный период обладают мощным анаболическим действием, усиливают развитие мышечной ткани, ускоряют рост (стимуляция как осте-, так и хондрогенеза). Следом за значительным, но кратковременным пубертатным ускорением роста, андрогены способствуют закрытию эпифизарных зон роста и, таким образом, прекращают рост костей в длину. Поэтому непропорциональное и астеническое телосложение подростков гиперкинетического типа можно объяснить более слабой андрогенизацией и соответственно – замедленным половым развитием.

Другой особенностью подростков этого типа являются высокие показатели частоты сердечных сокращений и систолического объема крови, пониженное диастолическое артериальное давление и преобладание симпатических влияний на сердечно-сосудистую систему. Лица гипокинетического типа характеризуются более высокими значениями общего периферического сопротивления сосудов при резко выраженном преобладании активности вагуса.

Высокие положительные величины вегетативного индекса Кердо у лиц с гиперкинетическим типом свидетельствуют об активации симпатoadреналовой системы, которая усиливает гликогенолиз и липолиз. У подростков этого типа были выявлены высокая концентрация в крови глюкозы и пониженное содержание липидов [5, 7].

По нашим данным, а также по данным Ю.С. Ванышина с соавторами [2], подростки с эукинетическим типом по соматофизиологическим параметрам ближе к подросткам с гипокинетическим типом, чем к подросткам с гиперкинетическим типом кровообращения. В целом, подростки с эукинетическим типом гемодинамики, по сравнению с другими типами, имели наиболее оптимальные

показатели физического развития и сбалансированное соотношение активности парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы в регуляции системы кровообращения.

Выводы

1. У подростков г. Магадана в возрасте 14 лет выявлено 11,5 % лиц с гипокинетическим типом кровообращения, 46,8 % – эукинетическим и 41,7 % – гиперкинетическим типом кровообращения. В возрасте 15 лет соответственно 15,0, 51,5 и 33,5 %, а в возрасте 16 лет: 21,4, 55,6 и 23,0 %. Мальчики с гипокинетическим типом, по сравнению с другими типами, имеют более высокие показатели длины и массы тела, окружности грудной клетки.

2. Подростки гиперкинетического типа кровообращения характеризуются пониженным диастолическим артериальным давлением и повышенным систолическим объемом крови. Подростки с гипокинетическим типом имели более высокие показатели общего периферического сопротивления сосудов и значительное преобладание активности парасимпатического отдела ВНС в регуляции системы кровообращения.

3. Мальчики эукинетического типа гемодинамики имеют наиболее оптимальные соматометрические показатели физического развития и сбалансированное соотношение активности парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы.

Abstract

Among the examined 432 male Magadan, 51,2 % were found to be of eukinetic type of the blood flow, 33,1 % – hypokinetic type, and 15,7 – hyperkinetic type. The higher values of the body height and mass were typical of the subjects with hypokinetic type of the blood flow. Hyperkinetic subjects showed the higher values of the beat and minute blood volume as well as the prevailing of sympathetic activity in VNS.

Литература

1. Береснев С.И. Физиологическая характеристика типов кровообращения у школьников Севера : дис. ... канд. биол. наук. Архангельск, 1996.

2. Ванюшин Ю.С., Ситдииков Ф.Г., Хаматова Р.М. Взаимосвязь показателей гемодинамики и физичес-

кого развития детей и подростков с различными типами кровообращения // Физиол. человека. 2003. Т. 29. № 3. С. 139–142.

3. Дембо А.Г., Земцовский Э.В. Спортивная кардиология: руководство для врачей. Л., 1989.

4. Кураев Г.А., Леднова М.И., Баршай В.М., Огарев М.И. Особенности гемодинамики у студентов спортивного вуза // Теория и практика физической культуры. 2004. № 1.

5. Малюга Ю.Г. Типологические особенности адаптации подростков к физическим нагрузкам : дис. ... канд. мед. наук. М., 1988. 101 с.

6. Матвеева С.В. Особенности центральной и мозговой гемодинамики в широком диапазоне значений индекса массы тела : дисс. ... канд. мед. наук. М., 1998.

7. Шхвацабая И.К., Константинов Е.Н., Гундаров И.А. О новом подходе к пониманию гемодинамической нормы // Кардиология. 1981. № 3. С. 10–13.

8. Яковлев Г.М., Карлов В.А. Типы кровообращения здорового человека: нейрогуморальная регуляция минутного объема кровообращения в условиях покоя // Физиол. человека. 1992. Т.18, № 6. С. 86.

Международный научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН, г. Магадан

Статья поступила в редакцию 12.12.08

УДК 611.013

**В.А. НИКИФОРОВА, Т.Г. ПЕРЦЕВА,
Л.В. СТАРКОВА, Н.В. ЕФИМОВА,
О.Ю. КАТУЛЬСКАЯ, Н.Т. ХОРОШИХ,
Н.Л. ЛАРИОНОВА**
ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ
И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ
ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Реферат

Проведена оценка физического развития и функциональных возможностей сердечно-сосудистой

системы детей и подростков северных территорий Восточной Сибири по информативным показателям, свидетельствующим о воздействии факторов окружающей среды. Выявлены различия по сравнению когорт, проживающих в крупных городах и сельских районах.

В настоящее время для определения «уровня здоровья» индивидуума, а также различных групп и популяций многими исследователями используются понятия теории адаптации. Согласно этой концепции, здоровье оценивается степенью адаптированности организма к условиям окружающей среды [1, 2]. Болезнь рассматривается как результат истощения и полома адаптационных механизмов. Такой подход определяет необходимость выявления нарушений адаптационных механизмов, что позволяет ответить на вопрос о том, как далеко от возможного срыва адаптации и развития клинически определённого нарушения здоровья находится человек. При этом уровень адаптации (функциональных возможностей) в совокупности с другими параметрами, характеризующими здоровье (заболеваемость, состояние физического развития), позволяют определить как уровень здоровья, так и сформировать наиболее оптимальные программы профилактики, оздоровления, коррекции нарушений здоровья и развития у детей подростков [8].

Для определения адаптационных возможностей предложены различные методы качественной и количественной оценки. Наиболее широкое признание получили принципы и подходы В.П. Казначеева и соавт. [9], в основе которых лежит концепция о сердечно-сосудистой системе как индикаторе общих приспособительных реакций и об антропометрических показателях как показателях физического статуса организма. Авторами введено понятие уровней адаптации, которые являются качественной характеристикой состояния адаптационных возможностей организма. Различают «удовлетворительную адаптацию», «напряжение адаптации», «неудовлетворительную адаптацию» и «срыв адаптации».

Уровень адаптации оценивается по значению адаптационного показателя (АП), расчёт которого проводится по методу Р.М. Баевского в модификации А.Н. Берсеневой [4, 5].

Анализ имеющихся данных свидетельствует о том, что на этапе развития от 13 к 17 годам среди юношей более чем на 30 % уменьшается число

подростков с удовлетворительным уровнем адаптации, при этом практически в равной мере возрастает численность юношей, имеющих напряжение и неудовлетворительный уровень адаптационных возможностей.

Среди девушек отмечается противоположная направленность возрастной динамики распространённости различных уровней адаптации. К 17-летнему возрасту увеличивается число девушек-подростков, имеющих удовлетворительный уровень адаптационных возможностей при снижении частоты неудовлетворённой адаптации и её напряжения. Интегральной характеристикой состояния здоровья является уровень приспособительных возможностей организма, который учитывает и гомеостаз, и функциональные резервы, и степень напряжения регуляторных механизмов [4].

Исследования ряда авторов констатировали на основании количественных зависимостей, установленных корреляционно-дисперсионным анализом, что наиболее информативными показателями, свидетельствующими о воздействии факторов окружающей среды, являются следующие параметры физического развития: масса тела, ОГК (окружность грудной клетки), ЖЕЛ (жизненная емкость легких), степень полового созревания, что имеет большое значение для осуществления контроля за состоянием здоровья детского населения и позволяет определять направления гигиенически обоснованных природоохранных мероприятий [3, 10, 13, 14].

У детей, проживающих в районах с интенсивным загрязнением атмосферного воздуха, по сравнению с детским населением контрольной территории наблюдаются статистически значимые изменения в соматометрических показателях физического развития [6]. Физическое развитие, мышечная сила, ЖЕЛ у детей из районов с интенсивным загрязнением атмосферного воздуха снижены по сравнению с показателями их сверстников, проживающих на контрольной территории.

Анализ сердечного ритма показал, что у сельских школьников изменяется адаптивная регуляция функций в сторону напряжения механизмов адаптации, что проявляется высокими величинами индекса напряжения (ИН), а высокие значения показателя адекватности процессов регуляции (ПАПР) и вегетативного индекса ритма (ВИР) свидетельствуют о вегетативном дисбалансе в сторону преобладания симпатической активности [11].

У городских учащихся наблюдалось увеличение показателей психофизиологических функций, что обусловлено высоким профессиональным уровнем в динамике обучения. Установлено, что процент детей с гармоничным физическим развитием среди сельских школьников был выше.

При оценке адаптационных резервов кардиореспираторной системы детей г. Ангарска установлено, что в покое оптимальное состояние характерно для одной трети детей. Распределение детей по оценке адаптационных резервов в зависимости от пола различий не имеет. Среди детей обоего пола наибольший удельный вес составляют лица с оптимальными и удовлетворительными адаптационными резервами. У мальчиков дошкольного возраста оптимальная реакция на нагрузку наблюдается у 23,6 % лиц, удовлетворительная – у 40 % (табл. 1). Функциональное состояние этих детей соответствует норме. У мальчиков школьного возраста доля детей с оптимальными и удовлетворительными пока-

зателями сокращается до 56 %, появляются дети с различными стадиями перенапряжения. У девочек дошкольного возраста оптимальная адаптация наблюдается у 42 % детей, удовлетворительная – у 39,1, у 18,2% девочек 5-6 лет адаптация с напряжением и напряжением с частичным перенапряжением. У 51,3 % девочек отмечается оптимальное и удовлетворительное состояние адаптационных резервов, напряжение и перенапряжение – у 29,8 и у 2,7 % девочек состояние характеризуется как истощение. По показателю индекса функциональных изменений (ИФИ) у детей к 10 годам достоверно увеличивается процент с состоянием функционального напряжения. У всех 5-летних мальчиков отмечается удовлетворительная адаптация. К 10-летнему возрасту процент мальчиков с состоянием функционального напряжения увеличивается до 50 %. У девочек в возрасте 5 лет доля детей с состоянием функционального напряжения составила 22,2 %, в возрасте 9 лет – 51,8 % [7].

Таблица 1

**Распределение детей г. Ангарска по адаптационным резервам
(в динамике до и после физической нагрузки), %**

Реакция	Мальчики, n=98		Девочки, n= 106	
	до нагрузки	после нагрузки	до нагрузки	после нагрузки
Оптимальная	29,3±4,7	32,9±4,9	35,7±4,5	28,9±4,4
Удовлетворительная	47,8±5,2	25,3±4,9	42,9±4,7	31,7±4,5
Напряжение	19,6±4,1	27,5±4,7	21,4±3,9	22,4±4,0
Напряжение с перенапряжением	-	8,7±3,0		14,0±3,3
Перенапряжение	3,3±1,9	2,2±1,5		0,9±0,9
Перенапряжение с истощением	-	3,3±1,5	-	1,8±1,3

У значительной доли обследованных детей г. Иркутска функциональное состояние сердечно-сосудистой системы имело низкую оценку. Оценка функционального состояния свидетельствовала о напряжении механизмов адаптации более чем у трети обследованных (35 %). Достаточные функциональные возможности и удовлетворительную адаптацию имели 65 % детей (табл. 2).

Среднее значение адаптационного потенциала в целом для группы обследованных составило $1,93 \pm 0,04$ балла (1,35 – 2,79); для мальчиков – $1,94 \pm 0,05$ балла (1,44 – 2,66), для девочек $1,92 \pm 0,06$ балла (1,35 – 2,79).

По мере взросления детей падала частота удовлетворительных адаптационных реакций на физическую нагрузку и нарастала распространенность

их напряженных вариантов. В онтогенезе комплексная оценка состояния здоровья соответствовала уровню ниже среднего и последовательно падала в направлении от младших к старшим возрастным группам.

Изучение частоты рангов показало, что 73,6 % обследованных детей имели средний и ниже сред-

него уровни физического здоровья. Потери «количества» физического здоровья обследованных детей составили 51,7 % от его максимальной величины. В основном это произошло за счет снижения качества функционального состояния сердечно-сосудистой системы и состояния здоровья испытуемых.

Таблица 2

Распределение детей г. Иркутска по характеристикам функционального состояния, %

Показатель	Оба пола n = 96		Мужской n = 53		Женский n = 43	
	абс. число	%	абс. число	%	абс. число	%
Функциональные возможности достаточные, адаптация удовлетворительная	62	64,6	35	66,0	27	62,8
Состояние функционального напряжения	34	35,4	18	34,0	16	37,2
Функциональные возможности снижены, адаптация неудовлетворительная	-	-	-	-	-	-

При изучении функциональных возможностей в группах детей и подростков северных территорий Восточной Сибири выявлены некоторые различия при сравнении когорт, проживающих в крупных городах и в сельских районах.

Так, в г. Братске у мальчиков-школьников мышечная сила кисти соответствовала возрастным стандартам лишь у 32–68 %, ниже нормы показали результаты около четверти обследованных (24,0±2,3 %). Наибольшее число детей, отстающих по мышечной силе, выявлено в препубертатном возрасте. ЖЕЛ снижена у 10,1±0,9 % мальчиков и юношей, причем снижение данного показателя характерно для подростков с выраженной астенизацией, проявляющейся узкой грудной клеткой, дефицитом массы тела, высоким (7-8-й коридоры центильной шкалы) или низким ростом (1-й коридор). Среди девочек школьного возраста доля отстающих по мышечной силе кисти рук еще выше, чем среди мальчиков (12–51 %, в среднем 17,7±1,2 %). Надо отметить положительную возрастную динамику, среди подростков недостаточ-

ная относительная мышечная сила (ОМС) встречается достоверно реже ($p < 0,05$), чем в у 7–11 летних девочек. ЖЕЛ ниже нормативной встречается у 15,8±1,3 % девочек и девушек.

В г. Усть-Илимске показатели функциональных возможностей еще ниже, чем в Братске. У мальчиков доля лиц со сниженной ОМС в среднем составила 17,1±1,2 %, ЖЕЛ – 19,9±1,3 %, а у девочек 15,5±1,1 и 20,7±1,3 %, соответственно. Низкие показатели мышечной силы зарегистрированы у детей и подростков г. Железногорска: ниже возрастных стандартов результаты у 25,7±2,2 % мальчиков и 30,2±2,3 % девочек.

В среднем ЖЕЛ у детей городов севера Восточной Сибири ниже (в 1,2 раза), чем у детей сельских районов. Среди обследованных маленьких горожан чаще отмечается низкая ЖЕЛ, меньше доля детей с нормальным уровнем показателя ($\chi^2 = 4,2$; $p < 0,05$) (рис. 1).

Относительная мышечная сила кистей рук у детей, проживающих в северных городах, в 7–9 лет составляла 0,55, в южных – 0,57. К стар-

шим классам юноши севера не только догоняют своих сверстников, но и опережают их по относительной мышечной силе (0,68 и 0,63 соответственно, различия статистически достоверны, $p < 0,05$). Динамика средних параметров массы тела и мышечной силы мальчиков представлена на рис. 2. Масса тела у мальчиков северных территорий в младшем школьном возрасте (7, 8 лет) незначительно ниже, чем у жителей южных городов Восточной Сибири. У девочек относительная мышечная сила ниже, чем у мальчиков. В возрасте 7–9 лет ОМС составляла у жителей северных

городов – 0,32, у южных – 0,48 ($p < 0,05$); у девушек 15–17 лет данный показатель увеличивается до 0,53 и 0,55, соответственно. Масса тела девочек северных городов ниже, чем у девочек южных в 7, 8 и 11 лет (рис. 3). Среди детей и подростков, проживающих в сельских районах Восточной Сибири, выше удельный вес лиц, имеющих низкий уровень ОМС и меньше число, как мальчиков, так и девочек, с показателем, соответствующим региональному стандарту (рис. 4). Распределение детей и подростков по уровню ОМС имеет достоверные различия ($\chi^2 = 3,9$; $p < 0,05$).

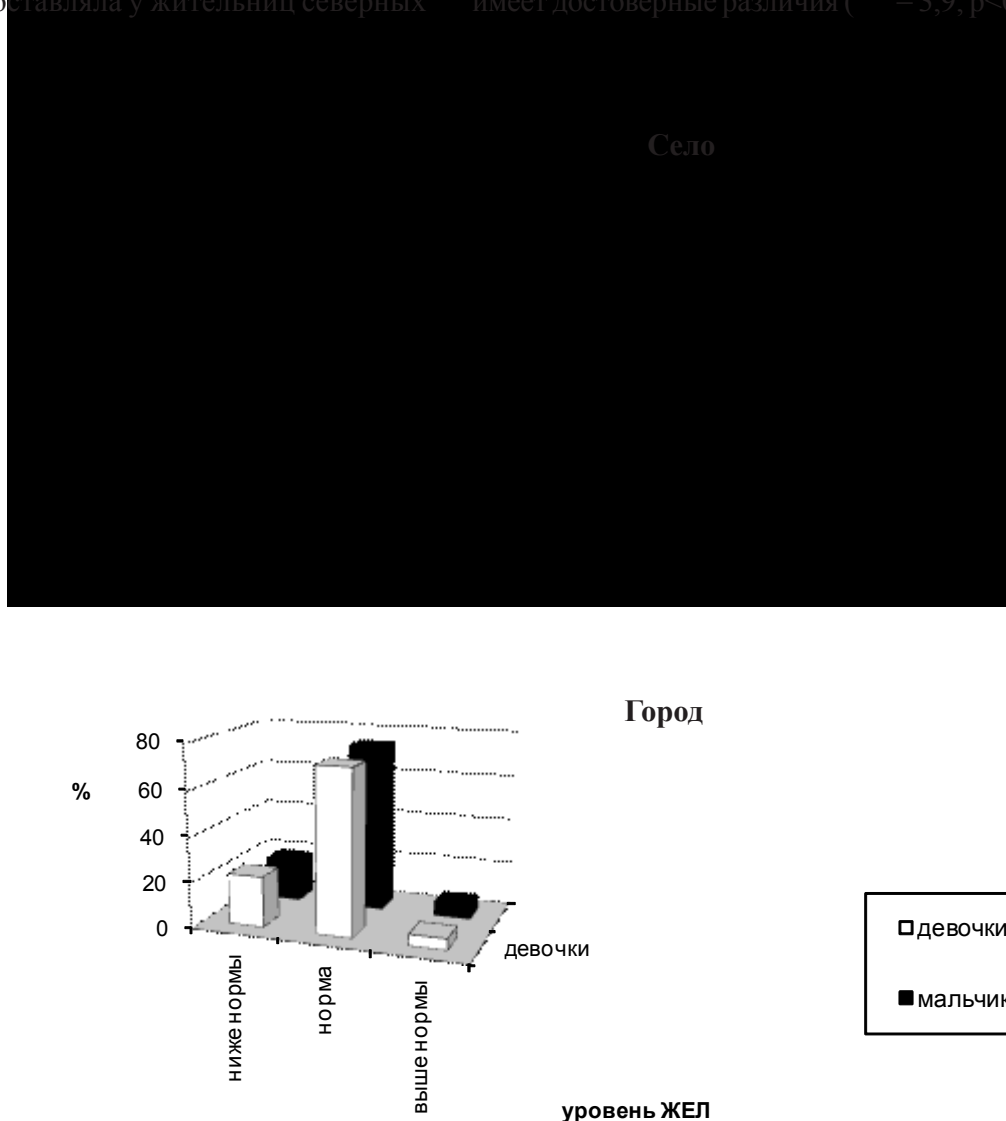


Рис.1. Распределение детей и подростков северных территорий Восточной Сибири по уровню жизненной емкости легких (ЖЕЛ), %

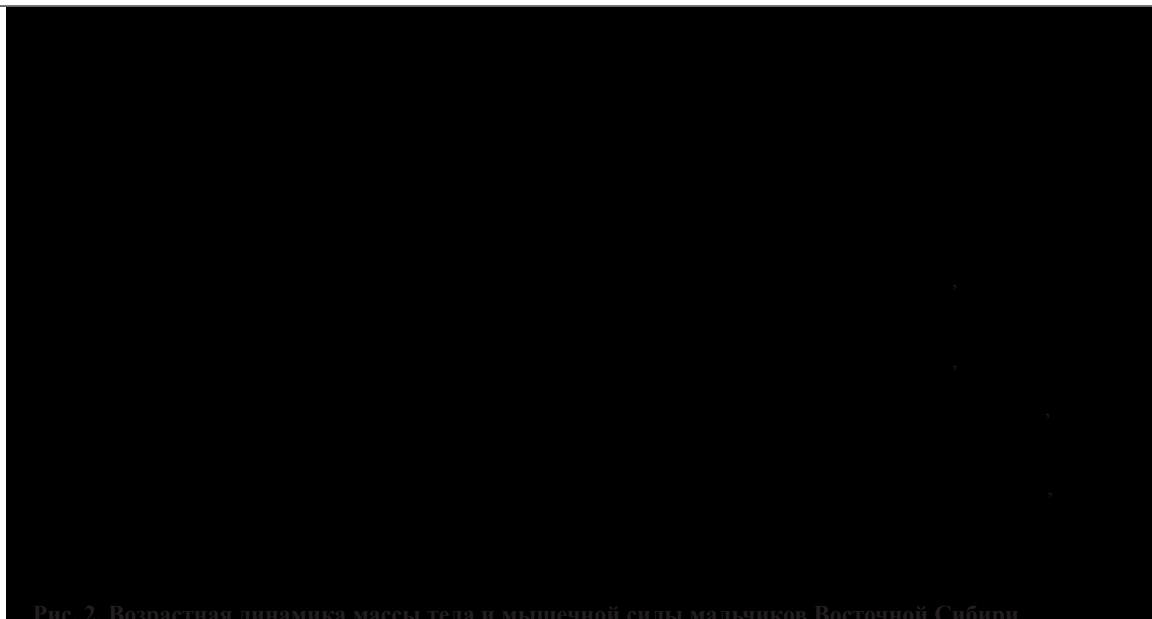


Рис. 2. Возрастная динамика массы тела и мышечной силы мальчиков Восточной Сибири

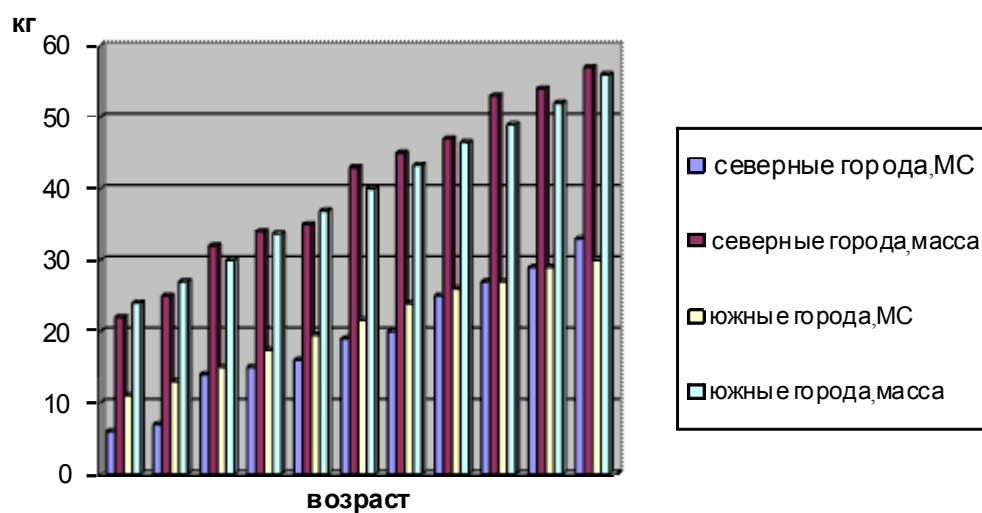


Рис. 3. Возрастная динамика массы тела и мышечной силы девочек Восточной Сибири

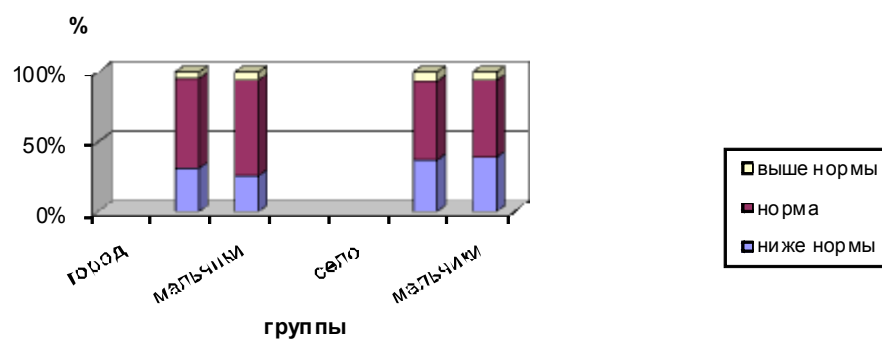


Рис. 4. Распределение детей и подростков по уровню относительной мышечной силы

Факторы окружающей среды оказывают влияние на сердечно-сосудистую систему как непосредственно, так и опосредованно через действие на другие системы. Патологический процесс в любой системе организма, так или иначе, приводит сердечно-сосудистую систему в напряженный режим работы, что со временем вызывает декомпенсацию. Анализ обращаемости населения Восточной Сибири за медицинской помощью по поводу болезней сердечно-сосудистой системы показал, что одними из самых неблагополучных по состоянию здоровья, как взрослого, так и детского населения, являются города Зима и Саянск [12]. Данные города находятся в районе техногенного действия одного и того же крупного химического комплекса. Для характеристики состояния здоровья детского населения с нашим участием проведены исследования функциональной способности сердечно-сосудистой системы практически здоровых детей городов Саянска, Зимы. Дети п. Листвянка составили контрольную группу, так как данный населенный пункт находится в экологически чистом районе [12].

Проведенные исследования показали хороший уровень функциональных способностей у детей п. Листвянка. Ни один из гемодинамических параметров и рассчитанных показателей (групповых) не выходит за рамки нормы.

У детей, проживающих в указанных городах все полученные параметры деятельности сердечно-сосудистой системы можно разделить на две группы:

- выходящие за рамки возрастной нормы;
- находящиеся в рамках нормы, но существенно отличающиеся от параметров у детей, проживающих в контрольной группе.

Показатели функционального состояния детей гг. Саянск и Зима находятся, в основном, в области верхней границы нормы, и лишь по небольшому ряду выходят за ее рамки. Так, уровень показателя качества реакции (ПКР) сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку Кушелевского хуже нормального у детей, живущих в экологически «грязных» районах. Частота дыхания в состоянии покоя также превысила возрастную норму.

У детей, проживающих в загрязненном районе, основная масса параметров деятельности сердечно-сосудистой системы относится ко второй группе, имеющей отличия лишь с контрольной группой. Некоторые из изучаемых показателей имеют

различия с контролем уже в состоянии физического покоя. Это частота дыхания (ЧД), систолическое артериальное давление (САД), двойной потенциал («ДП»). Другие показатели, такие как вегетативный индекс (ВИ), вегетативный потенциал (ВП), показатель централизации (ПЦ), амплитуда дыхательных волн (Адв), PWC, «время восстановления», начинают достоверно отличаться от контрольных после действия возмущающего влияния функциональной пробы.

Более высокая величина частоты сердечных сокращений (ЧСС) и САД у детей «загрязненных» районов, очевидно, связана с большим влиянием ЦНС на параметры гемодинамики через симпатическую нервную систему, чем у детей контрольного района. Это может быть связано с приспособительными реакциями у детей по обеспечению гомеостаза организма в ответ на действие факторов окружающей среды. Показатель «ДП» линейно связан с величиной потребления кислорода сердечной мышцей. Поэтому его значение достоверно больше у детей городов Саянска и Зимы в покое и после нагрузки. Данный факт, очевидно, связан с тем, что для обеспечения нормального функционирования сердечно-сосудистой системы у этих детей миокарду необходимо большее количество кислорода. Другими словами, за одну и ту же работу сердце у детей Зимы и Саянска «платит большую цену». Поэтому и происходит активация центрального звена регуляции ритма сердца посредством симпатической нервной системы, и как следствие – повышение ЧСС и САД. Ранее проводившиеся исследования установили статистически достоверное учащение пульса у детей, проживающих в «загрязненных» районах по сравнению с детьми, проживающими в экологически «чистых» районах.

Показатель физической работоспособности (PWC), определяемый по данным активной ортостатической пробы, также выявил достоверно меньшее ее значение лишь у девочек Саянска и Зимы. У лиц с низким PWC на протяжении суток абсолютные значения частоты сердечных сокращений, минутный объем крови, артериальное давление достоверно выше ($p < 0,05$), чем у лиц с высоким уровнем PWC, что свидетельствует о преобладании активности симпатических отделов вегетативной нервной системы у лиц с низким PWC.

В нашем исследовании дети всех изучаемых районов имели нормальный восстановительный

период. Однако имеет место достоверно большее время восстановления показателей гемодинамики после физической нагрузки у девочек г. Зима, по сравнению с девочками контрольной группы. Известно, что дети «загрязненных» районов имеют более низкий уровень физической работоспособности. Восстановление показателей у них после физической нагрузки носило затяжной характер.

Полученные результаты свидетельствуют, что у детей, проживающих в городах Саянске и Зима, уже задействованы механизмы адаптации организма в ответ на влияние имеющихся неблагоприятных факторов окружающей среды, проявляющееся в активизации центральных звеньев регуляции функциями организма, и в частности – симпатической нервной системы. Сердечно-сосудистая система у детей работает в напряженном режиме, и организм «платит большую цену» за поддержание гомеостаза. По мере расходования «адаптационной энергии» вероятность возникновения или обострения уже имеющихся патологических процессов в организме возрастает, что подтверждается эпидемиологическими данными.

Основываясь на критериях, показателях качества реакции кардиореспираторной системы, изменяющейся в пределах возрастной нормы, считаем возможным расценивать выявленные изменения в функционировании кардиореспираторной системы, как экологически обусловленные. Такими критериями являются:

во-первых, воздействие длительной химической нагрузки на детей с момента рождения;

во-вторых, достоверные отличия показателей в опытной группе от контрольной, не подвергающейся техногенному воздействию;

в-третьих, тенденция к большей выраженности донозологических изменений у детей, подвергающихся более высокому загрязнению;

в-четвертых, более напряженное функционирование системы при дополнительной нагрузке;

в-пятых, совпадение результатов с данными других исследователей и эпидемиологическими наблюдениями.

В сельских районах северной части Восточной Сибири физическое развитие детей в возрасте 7–14 лет соответствует норме лишь у 55,4 % обследованных. Отклонения в физическом развитии выражаются в основном в пониженной массе тела, что характерно для 15,6 % мальчиков и 18,3%

девочек. Выраженных статистических различий по различным признакам дисгармоничности между мальчиками и девочками не выявлено. Активная масса тела (АМТ) у 76,1 % детей соответствует региональным параметрам для данного возраста. Девочек с АМТ выше нормы в 1,4 раза больше, чем мальчиков. Показатели мышечной силы рук только у 6,3 % мальчиков и 5,0 % девочек соответствует норме, а у остальных детей ниже региональных показателей для данного возраста. Доля детей и подростков со сниженной ЖЕЛ составляет 12,3 % от числа обследованных.

Изучение показателей деятельности сердечно-сосудистой системы позволяет оценить функциональные возможности более 70 % детей как достаточные, а уровень адаптации как удовлетворительный. У 28 % детей выявлено состояние «напряжения механизмов адаптации», следует отметить, что большая часть (73 %) из них – девочки. Средние значения ИФИ в целом по группе обследованных составили $1,93 \pm 0,003$ балла (колебания ИФИ от 1,16 до 2,62); для мальчиков $1,89 \pm 0,04$ балла (1,43 – 2,39); для девочек $1,96 \pm 0,04$ балла (1,16 – 2,62).

Таким образом, параметры физического развития и функциональные возможности организма детей и подростков во многом определяются социальными условиями. Среди детского населения, проживающего в экономически неблагоприятных районах, детей с дисгармоничным и резко дисгармоничным развитием в 1,5 раза больше, чем в контрольной группе. По данным Госкомстата, уровень жизни населения области недостаточно высок: низкая покупательная способность денежных доходов – 1,6 прожиточного минимума и большой удельный вес населения с доходами ниже прожиточного минимума (39 %).

В дотационных районах, где долгие годы регистрировались низкие уровни заработной платы, значительное число как явной, так и скрытой безработицы [7], отмечалось недостаточное питание населения. В результате интервьюирования установлено, что более половины сельского населения центральных и северных районов Восточной Сибири мало употребляли мясо, молочные продукты. Дефицит белка в рационе подтвержден низким содержанием альбуминовых фракций у значительной доли обследованных. Кроме того, важным аспектом в формировании здоровья детей и подростков

является регулярное занятие физической культурой. Однако в настоящее время в регионе наблюдается сокращение строительства новых спортивных объектов, реконструкции и модернизации имеющихся физкультурно-спортивных сооружений. Значительная часть спортивных залов находится в аварийном состоянии, не обеспечена техническими средствами, оборудованием для учебно-тренировочного процесса и соревнований и к тому же не отвечает санитарно-гигиеническим нормам. Требуется подготовка, повышение квалификации специалистов сферы физической культуры и спорта, увеличение числа тренеров в детско-юношеских спортивных школах, организаторов внешкольных занятий по физкультуре и спорту по месту жительства.

Оценка уровня адаптационных возможностей, базируясь на интерпретации значений АП, зависит от показателей, характеризующих деятельность сердечно-сосудистой системы, и от уровня физического развития. Учитываемые расчётные параметры (артериальное давление, длина и масса тела) отражают функциональное состояние вегетативного и эндокринного звеньев регуляции гомеостаза. Это определяет зависимость уровня адаптации от состояния данных регуляторных систем. На детском и подростковом этапах онтогенеза эндокринное и вегетативное звенья регуляции ещё находятся в стадии формирования, а параметры функции сердечно-сосудистой системы и физического развития характеризуются значительной лабильностью.

Abstract

The estimation of physical development and functional possibilities of cardio-vascular system of children and teenagers in South territories of East Siberia are carried out, by informed showing indicative of influence of environment factors.

Литература

1. Агаджанян Н.А. Интегративная медицина // Вестн. новых мед. технологий. Тула, 1997. Т.4. № 1. С. 43.
 2. Агаджанян Н.А., Петрова П.Г., Варфоломеев А.Р. Экология и резервы здоровья. Якутск, 1996.
 3. Апанасенко Г.Л. Индивидуальное здоровье: сущность, механизмы, проявления // Гигиена и санитария. 2004. № 1. С. 60–62.
 4. Баевский Р.М., Берсенева А.П., Максимов Л.А. Валеология и проблемы самоконтроля здоровья в экологии человека. Магадан, 1996.
 5. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М., 1997.
 6. Беляков В.А., Васильев А.В. Влияние загрязненного атмосферного воздуха на физическое развитие детей // Гигиена и санитария. 2003. № 4. С. 33–34.
 7. Ефимова Н.В., Фрадкина О.И., Маторова Н.И. и др. Состояние здоровья детей младшего школьного возраста, проживающих в промышленном центре // Бюл. Восточно-Сибирского науч. центра СО РАМН. 2002. № 3. С. 28–30.
 8. Ильин А.Г., Агапова Л.А. Функциональные возможности организма и их значение в оценке состояния здоровья подростков // Гигиена и санитария. 2000. № 5. С. 43–45.
 9. Казначеев В.П., Акулов А.И., Кисельников А.А., Мингазов И.Ф. Выживание населения России. Проблемы «Сфинкса XXI века». Новосибирск, 2002. С. 220.
 10. Киев О.В., Засорин Б.В., Боев В.М. Комплексная оценка физического развития мальчиков школьного возраста в условиях промышленного города // Гигиена и санитария. 2000. №1. С. 74–76.
 11. Ларионова Г.Н., Кузько Н.Н. Сравнительная оценка функционирования основных систем организма городских и сельских школьников Оренбуржья // Гигиена и санитария. 2002. № 5. С. 62–64.
 12. Маторова Н.И., Прусакова А.В. Характеристика физического развития и уровней артериального давления у детей, проживающих в условиях йодного дефицита и техногенной нагрузки // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. 2002. №3. С. 60–63.
 13. Сухарева Л.М., Павлович К.Э. Теоретические предпосылки гигиенической регламентации профессионального обучения и труда подростков // Экологические и гигиенические проблемы здоровья детей и подростков / Под ред. А.А.Баранова, Л.А. Щеплягиной. М., 1998. С. 261–288.
 14. Gruenwald P. Pathology of the deprived fetus and its supply line // Size and birth CIBA Foundation Symposium № 27/ Eds. K. Elliott, J. Knight. Amsterdam, 75. P. 3–19.
- ГОУ ВПО Братский государственный университет;
АФ - НИИ медицины труда и экологии человека ГУ
научный центр медицинской экологии
ВСНЦ СО РАМН;
Ростовский филиал Российской таможенной
академии

Статья поступила в редакцию 12.12.08

ВОЗРАСТНАЯ ВАЛЕОЛОГИЯ

УДК 612.821

А.А. КУЗЬМИН**ОСОБЕННОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ
СЕРДЕЧНОГО РИТМА ЮНЫХ
ФУТБОЛИСТОВ И БАСКЕТБОЛИСТОВ
10–15-ЛЕТНЕГО ВОЗРАСТА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОМАТОТИПА****Реферат**

В статье рассмотрены вопросы динамики показателей спектрального анализа вариабельности сердечного ритма у юных спортсменов в зависимости от возраста, типа конституции и тренированности в условиях футбольного и баскетбольного тренинга в режиме ДЮСШОР. Полученные результаты представляют интерес для планирования адекватного тренировочного режима, раннего прогноза перетренированности, профилактики дезадаптивных состояний.

Одной из основных проблем детской спортивной физиологии является поиск оптимальных режимов тренировок в условиях применения адекватных физических нагрузок, повышение спортивной работоспособности и профилактика дезадаптивных состояний, в том числе обусловленных спортивной гиперкинезией [19].

Понятие адекватности физических нагрузок должно объединять все приспособительные свойства функциональных систем и организма в целом, т.е. высокие значения эффективности (экономичности), резервных возможностей, надежности и качества регулирования. Эти свойства в определенной степени взаимосвязаны, но характер, теснота взаимосвязей, их количественные значения будут разными в зависимости от приспособительных качеств [8]. В качестве интегральной оценки адекватности нагрузок и адаптивных свойств организма наиболее часто в детской спортивной медицине используются функциональные возможности сердечно-сосудистой системы, которая является функциональной системой не только гомеостатического, но и адаптивного уровня, особенно у детей [15].

Методологически вполне правомерно оценивать характер адаптации к физическим нагрузкам по сдвигам гемодинамических показателей, уровню напряжения регуляторных механизмов. Это дает возможность определить, какой "физиологической ценой" организм достигает получения полезного приспособительного результата. Определение физиологической платы за результат в соответствии с конкретным из этапов индивидуального развития позволяет говорить о функциональных особенностях организма и прогнозировать его состояния здоровья и весь дальнейший ход физического развития [1]. Эта проблема приобретает особую актуальность в связи привлечением к занятиям в игровых видах спорта все большего количества детей разного возраста, с разным уровнем здоровья и работоспособности.

Переход от срочного этапа к устойчивой долговременной адаптации основан на формировании структурных изменений как в системе кровообращения, так и в регуляторных системах организма [18]. В многочисленной литературе, касающейся изучения влияния спортивных тренировок на состояние системы кровообращения, включая насосную функцию сердца и гемодинамику, относительно мало внимания уделялось исследованию механизмов вегетативной регуляции деятельности сердца, в том числе на основе анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР).

В последние годы ряд авторов [3, 10], подчеркивают необходимость более детального изучения ВСР, так как нарушения в состоянии регуляторных систем организма предшествуют появлению метаболических, энергетических и гемодинамических нарушений, т.е. являются наиболее ранними прогностическими признаками срыва процессов адаптации. С этих позиций оптимальным для выявления нарушений в состоянии регуляторных систем организма можно считать применение анализа ВСР, в последнее время широко используемого в физиологии и медицине не только для прогноза и диагностики патологических состояний, но и изучения возрастных изменений в организме.

Методология организации и нормирования спортивной деятельности детей и подростков должна базироваться на интегральном учете индивидуальных свойств организма. В этом смысле

соматотип представляет собой интегральную модель жизнедеятельности организма и характеризует индивидуальные аспекты физического состояния человека [5]. Известно, что антропометрические признаки конституции человека способны отражать функциональные особенности организма, состояние его компенсаторно-приспособительных реакций [6, 4]. Режим тренировки должен зависеть не только от конкретной задачи занятий, но от индивидуального статуса, параметры которого детерминированы действием многочисленных факторов среды и тесно сопряжены с типологическими особенностями конституции. Логика такого подхода требует выявить типологическую принадлежность индивида и оценить адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы в рамках обусловленного соматотипа.

Методика

В исследовании принимали участие 60 юных футболистов в возрасте от 10 до 15 лет и 60 юных баскетболистов в возрасте 10 – 14 лет, тренировавшихся на базе ДЮСШОР г. Майкопа. Исследование проводилось в лонгитюдальном режиме на одних и тех же детях на протяжении ряда лет на базе лаборатории физиологии развития ребенка Адыгейского государственного университета.

Исследование состояло в регистрации показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) два раза в год (весна, осень). Запись электрокардиограммы и расчет показателей ВСР проводились с помощью аппаратно-программного комплекса «Поли-Спектр 12» компании «Нейросовт» (г. Иваново) в положении лежа в течение 5 мин, а также в условиях активной ортостатической пробы в положении стоя в течение 6 мин.

При оценке возраста мы исходили из методических рекомендаций А.В. Ставицкой и Д.И. Арон [13].

Соматические типы: мезоморфный (М-тип), долихоморфный (Д-тип) и брахиморфный (Б-тип) определялись с использованием компьютерной программы «Антропометрия», составленной по методике Н. Шевкуненко в модификации С.Ю. Моргалева. Типологическая принадлежность индивида определялась в рамках двух биологических периодов развития, определяемых на основе возрастной периодизации, предложенной Институтом возрастной физиологии РАО (1965).

Результаты и обсуждение

Исследования показали, что у юных футболистов в возрасте 10 лет в покое из спектральных составляющих ВСР наибольшую долю составляют медленные волны второго порядка (VLF-компонент). Физиологическое значение медленных волн второго порядка, или очень медленных волн, в настоящее время весьма спорно. По мнению Р.М. Баевского и др. [2], волны данного диапазона кардиоритма связаны с активностью надсегментарных центров вегетативной регуляции, которые генерируют медленные ритмы, передающиеся к сердцу через симпатическую нервную систему. При этом наблюдается увеличение волн VLF при умственном утомлении. Согласно А.Н. Флейшману [17], высокий уровень мощности очень медленных колебаний сердечного ритма возникает при избыточном ответе адаптационной системы на стресс, а низкий их уровень указывает на энергодефицитное состояние. Это дает основания расценивать высокий уровень VLF-волн как признак неблагоприятного функционально-адаптивного состояния кардиорегуляторной системы у юных футболистов в возрасте 10 лет.

Физиологическое значение LF-компонента также неоднозначно. Многие авторы считают их маркерами тонуса симпатической системы [20, 21]. Однако существует мнение [22, 23], что мощность LF-волн отражает влияние на сердечный ритм как симпатической, так и парасимпатической нервной системы. Медленные волны первого порядка (LF-компонент), по нашему мнению, отражающие симпатическую активность, преобладают над высокочастотными колебаниями (HF-компонент), отражающими парасимпатические влияния (рис. 1).

Это согласуется с данными литературы: в 6–11-летнем возрасте влияние симпатической иннервации на сердце выражено в большей степени, чем парасимпатическое [7, 9].

Далее к 11–12 годам доля VLF-колебаний значительно сокращалась: с 37 % в 10 лет до 20 % в 12 лет. Однако возрастал процент высокочастотных колебаний с (с 27,7 в 10 лет до 51 % в 12 лет), становилось достоверным преобладания HF-волн над LF-волнами ($P < 0,05$). Процент медленных волн (LF-компонент) снижался не столь значительно (с 33,7 в 10 лет до 29 % в 12 лет).



Рис. 1. Возрастная динамика ВСР у юных футболистов 10–15 лет

Данный феномен следует рассматривать как результат неравномерного развития иннервационного аппарата сердца. Симпатические влияния в 10 лет более выражены, чем парасимпатические. К 12 годам наблюдалось повышение тонуса блуждающего нерва, что и приводило к замедлению сердечного ритма. К 13 годам у юных футболистов наступала некая стабилизация регуляторных механизмов, выраженная в понижении на 10 % доли HF-колебаний и соответственном повышении LF-колебаний. Так же на 9 % возрастал процент VLF-составляющей. Далее в 14–15 лет соотношение компонентов спектра ВСР практически не менялось. Это связано, по-видимому, с оптимизацией соотношения автономности и централизованности в регуляции ритма сердца [16].

Таким образом, возраст 12 лет у юных футболистов является узловым периодом в развитии регуляции функции сердца, когда возрастает влияние парасимпатической нервной системы. Известно, что качественные скачки в развитии иннервационного аппарата сердца у мальчиков, не занимавшихся спортом, происходят в возрасте 13 и 16 лет. Это означает, что под влиянием регулярной мышечной деятельности в более ранний период происходит изменение лабильности синусового узла, становление более совершенных форм нейрогуморальной регуляции сердца за счет усиления тонуса вагусного звена вегетативной нервной системы.

Несколько иная картина наблюдалась при анализе спектральных составляющих сердечного ритма у юных баскетболистов (рис. 2). Обращает на себя внимание превалирование высокочастотной составляющей спектра (HF-компонент) во всех возрастных группах. Преобладание HF-компонента в структуре ВСР спортсменов согласуется с представлениями об адаптационно-трофическом защитном действии блуждающих нервов на сердце и является показателем индивидуальной устойчивости здорового организма к физическим нагрузкам и другим стрессогенными факторам [14]. Это позволяет сделать предположение о более раннем становлении парасимпатических механизмов регуляции ритма сердца у юных баскетболистов, по сравнению с мальчиками как не занимавшимися спортом, так и занимавшимися футболом.

Самый большой процент HF-волн наблюдался в возрасте 12 лет на фоне низкого влияния медленных волн первого и второго порядков (LF- и VLF-компоненты). Аналогичную картину мы наблюдали у юных футболистов, что позволяет говорить о пике вагусной активности в возрасте 12 лет вне зависимости от вида спортивной деятельности. Далее к 13 годам в спектре ВСР наблюдалось повышение доли медленных колебаний на фоне снижения доли высокочастотных колебаний. Это может являться признаком повышения роли надсегментарных структур в регуляции ритма сердца, что свидетельствует о напряжении механизмов адаптации,

снижении функциональных возможностей сердца юных баскетболистов. К 14 годам наступает стабилизация, выражающаяся в падении доли VLF- и LF-компонентов на фоне некоторого повышения HF-компонента. Однако его величина не достигает пикового значения, наблюдавшегося в 12 лет. Структура как тренировочной, так и соревновательной деятельности в баскетболе, будучи иной чем в футболе, не дает той оптимизации регуляции функций сердца, которую мы наблюдали у юных футболистов в возрастном диапазоне от 13 до 15 лет. В баскетболе лишь только на начальном этапе учебно-тренировочного периода уделяется больше

внимания общей физической подготовке (25 % учебного времени), тогда как на завершающих этапах сосредоточивается основное внимание на технико-тактической и интегральной подготовке, а на общую физическую подготовку отводится всего лишь 8 % учебного времени (против 21 % в футболе). В тренировочный процесс футболистов входит больший объем скоростно-силовых и собственносиловых упражнений, присутствует большее количество (в 2,5 раза больше, чем в баскетболе) тренировочных, контрольных и соревновательных игр с высокой моторной плотностью – до 90 %.

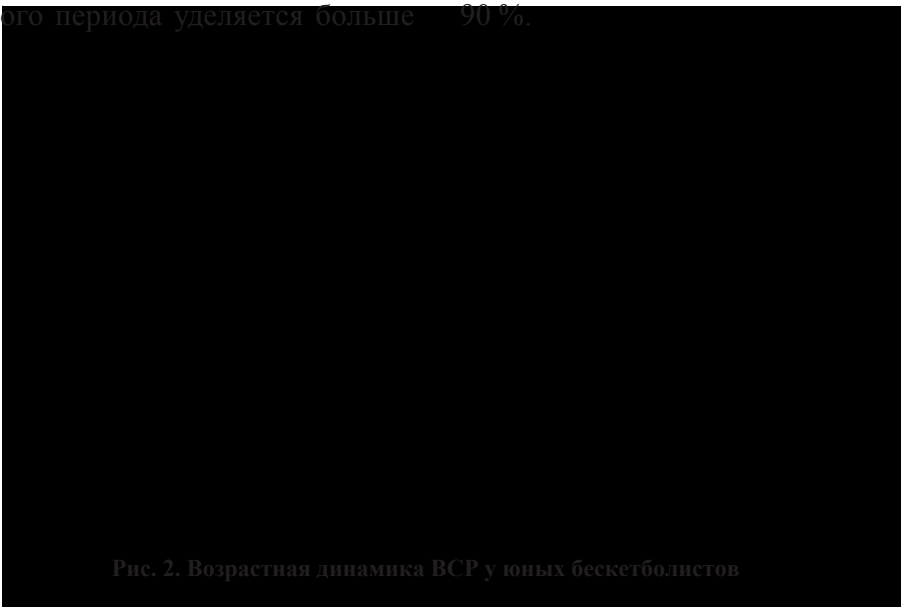


Рис. 2. Возрастная динамика ВСР у юных баскетболистов

Данные, полученные нами при анализе вегетативного баланса при выполнении активной ортостатической пробы (рис. 3), подтверждают предположение о неблагоприятном состоянии функционально-адаптивных резервов сердца у юных футболистов в возрасте 10 лет. В этот период отмечалась слабая активация симпатического отдела вегетативной нервной системы и сниженная вагусная реактивность в ответ на изменение положения тела в пространстве при проведении активной ортостатической пробы. Это прежде всего выражалось в малом приросте показателя LN/HF в положении стоя по сравнению с фоном, что вполне согласуется с данными литературы, показывающими, что в этом возрасте регуляция сердечной деятельности обуславливается сочетанием недостаточно зрелых симпатических механизмов регуляции с напряжением парасимпатических центров [11,12].

Результаты проведения активной ортостатической пробы у юных баскетболистов также показали некоторое снижение реактивности вегетативных звеньев регуляции в возрасте 10 лет. Однако по сравнению с таковым в группе футболистов снижение является незначительным. Следует обратить внимание на уязвимость механизмов регуляции сердечного ритма в этом возрасте к воздействию внешних факторов, в том числе спортивных нагрузок.

Разделение на соматотипы показало, что у юных футболистов преобладал мезоморфный тип (М-тип) телосложения, который был зарегистрирован у 66,7 % обследованных в возрасте 10–12 лет и в 73,3 % случаев в возрасте 13–15 лет. Долихоморфный тип (Д-тип) у юных футболистов составлял 20 % и практически не изменялся с возрастом. Брахиморфный тип (Б-тип) у них был менее выражен (13,3 % в возрасте 10–12 лет и 6,7 % в 13–15 лет).

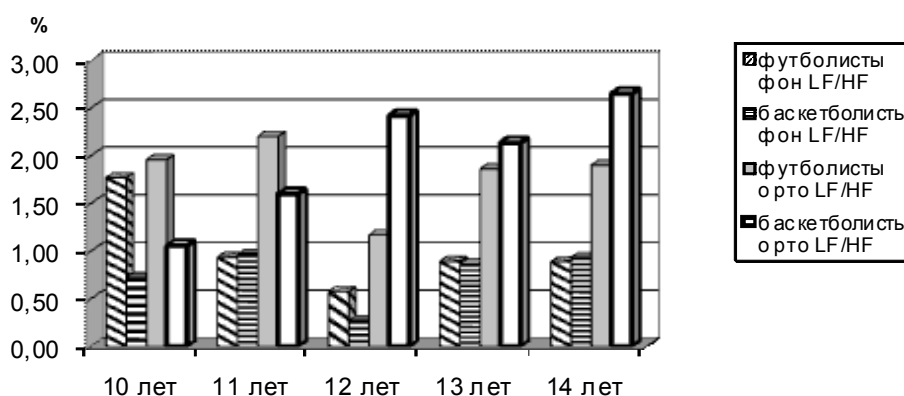


Рис. 3. Возрастная динамика вегетативного баланса в покое и при АОП у юных спортсменов 10-15 лет

У юных баскетболистов, напротив, выявлено преимущество Д-типа, он был отмечен у 73,3 % в 10–12 лет и у 73,6 % в 13–15 лет. М-тип у юных баскетболистов был зарегистрирован лишь у 20 % в возрасте 10–12 лет и 13,4 % случаев в возрасте 13–15 лет. Б-тип наблюдался среди юных баскетболистов лишь только у 6,7 % в 10–12 лет и у 10 % в 13–15 лет.

Как видно, в баскетболе наилучшего спортивного результата добиваются представители долихоморфного типа, что объясняет доминирование представителей данного типа в спортивных группах.

Исследования вариабельности сердечного ритма юных спортсменов разных соматотипов показали, что для представителей М-типа среди юных как футболистов, так и баскетболистов, характерно преобладание парасимпатического звена (HF-компонент) в регуляции ритма сердца наряду с умеренной активностью симпатического звена (LF-компонент) и относительно небольшой активностью надсегментарных центров (VLF-компонент). Это свидетельствует о более высоком уровне функционально-адаптивных возможностей организма у представителей данного типа телосложения. Для представителей Д-типа была характерна высокая активность надсегментарных структур при преобладании парасимпатических влияний над симпатическими, что указывает на снижение функционально-адаптивных возможностей организма юных спортсменов Д-типа по сравнению с М-типом. Наиболее неблагоприятный вегетативный баланс наблюдался у представителей Б-типа телосложения. У них на фоне преобладания симпатических влияний над парасимпатическими (преобладание LF-

волн над HF-волнами) на ритм сердца, отмечалась высокая активность надсегментарных центров (VLF-компонент) регуляции сердечной деятельности. Это расценивается как напряжение адаптационных систем у юных спортсменов данного соматотипа. Следовательно, для разных соматотипических групп детей одного возрастного периода существует своя специфика адаптационных процессов, что необходимо учитывать при планировании спортивных нагрузок. Индивидуализированный подход к занимавшимся с учетом интегральной оценки их соматотипического статуса поможет обеспечить выполнение главного требования – чтобы для каждого занимавшегося спортом предлагаемые для него физические нагрузки были максимально полезны и не выходили за пределы его адаптационных возможностей.

Выводы

– Возраст 10 лет является критическим в развитии кардиорегуляторных систем у юных спортсменов, когда недостаточно сформированные механизмы регуляции сердечной деятельности могут легко нарушаться внешними воздействиями, в том числе неадекватными спортивными нагрузками.

– Возраст 12 лет как у юных футболистов, так и у юных баскетболистов является узловым периодом в развитии регуляции функции сердца, когда возрастает влияние парасимпатической нервной системы.

– Среди юных спортсменов разных соматотипов наиболее благоприятный вегетативный статус наблюдался у представителей М-типа телосложения, представители Б-типа, напротив, имели неблагоприятные

по сравнению с М-типом показатели вегетативного обеспечения сердечной деятельности, обладали сниженным функционально-адаптивным потенциалом.

Abstract

The paper discusses the dynamics of the spectral analysis parameters of cardiac rhythm variability in young athletes depending on age, the constitutional type and the degree of coaching in conditions of a football and basketball training in the mode of Children and Youth Sports School of Olympic Reserve. The results obtained are of interest for planning an adequate training mode, for the early forecast of overtraining and for precautions of desadaptive conditions.

Литература

1. Аджимолаев Т.А. Системные механизмы роста и развития организма /советская педиатрия //ежегодные публикации об исследованиях советских авторов / под. ред. М.Я. Студиникина: АМН СССР. М., 1989. С 26–44.
2. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М., 1984.
3. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М., 1997.
4. Бутова О.А. Соматическая и функциональная антропология: учеб. пос. Ставрополь, 2000.
5. Зайцева В.В., Сонькин В.Д. Компьютерные технологии в физическом воспитании // Физиол. развития ребенка / под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. М., 2000. С. 296–312.
6. Казначеев В.П. Современные аспекты адаптации. Новосибирск, 1980.
7. Калюжная Р.А. Актуальные вопросы возрастной кардиологии // Вопросы физиологии сердечно-сосудистой системы школьников. М., 1980. С. 3–15.
8. Макаренко Ю.А. Принципы оценки состояния здоровья детей //Советская педиатрия:ежегодные публикации об исследованиях советских авторов / под. ред. М.Я. Студиникина. М., 1989. С. 5–25.
9. Никифорова О.А., Заруба Н.А., Бацанова В.Е., Каленская Е.А. Изменение функционального состояния организма первоклассников в зависимости от программы // Валеология. 1997. № 3.
10. Ноздрачев А.Д. и др. Один из взглядов на управление сердечным ритмом: интракардиальная регуляция // Физиол. человека. 2005. Т. 31. № 2. С. 116–129.
11. Осолкова М.К. Функциональные методы исследования кровообращения у детей. М., 1988.
12. Парин В.В., Баевский Р.М. Математические методы анализа сердечного ритма. М., 1968.
13. Ставицкая А.Б., Арон Л.Н. Методика исследования физического развития детей и подростков. М., 1959.
14. Судаков К.В. Физиология. Функциональные системы: Курс лекций. М., Медицина, 2000.
15. Тихвинский С.Б. Физическая работоспособность и показатели кардио-респираторной системы у детей и подростков 7–15 лет //Человек и среда. Л., 1975. С. 166–174.
16. Туныцын И.О. Возрастная динамика и адаптационные изменения сердечно-сосудистой системы школьников. М., 1985.
17. Флейшман А.Н. Медленные колебания гемодинамики. Новосибирск, 1998.
18. Хрущев С.В., Круглый М.М. Тренеру о юном спортсмене. М., 1982.
19. Чоговадзе А.В., Поляев Б.А. Роль амбулаторно-поликлинической и врачебно-физкультурной службы в формировании физического здоровья населения // Теория и практика оздоровления населения России: Материалы 2-й Нац. науч.-практ. конф. с международным участием. М., 2004. С. 219–220.
20. Bootsma M., Swenne C. A., Bolhuis H. H., van Chang P. C., Cats V. M. and Bruschke. Heart rate and heart rate variability as indexes of sympathovagal balance //Am. J. Physiol. A. V. Heart Circ Physiol 266: H1565–H1571, 1994.
21. Lombardi F., Montano N., Fnocchiaro M.L. et al. Spectral analysis of sympathetic discharge in decerebrate cats // J. Auton. Nerv. Syst. 1990. Vol. 30, Suppl. P. S97–S100.
22. Malpas, Simon C. Neural influences on cardiovascular variability:possibilities and pitfalls//Am. J. Physiol. Heart Circ Physiol 282: H6–H20, 2002.
23. Tsuchiya S., Kanaya N., Hirata N., Kurosawa S., Kamada N., Edanaga M., M. Nakayama, Omote K., Namiki A. Effects of thiopental on bispectral index and heart rate variability//European J. of Anaesthesiology, Forthcoming article. 2005. P. 1–6.

Адыгейский государственный университет

Статья поступила в редакцию 12.12.08

МОЛЕКУЛЯРНАЯ МЕДИЦИНА

УДК 577.16

**Т.П. ШКУРАТ, С.В. ЛОМТЕВА,
А.А. АЛЕКСАНДРОВА, К.В. АЗАРИН,
В.А. ЧИСТЯКОВ**
РОЛЬ АЛЛАНТОИНА В ПРОЦЕССАХ
РЕПРОДУКЦИИ

Реферат

Исследована роль аллантаина в процессах репродукции. Установлено повышение уровня аллантаина в сыворотке крови беременных женщин. Прослежена динамика изменения концентрации аллантаина и мочевой кислоты с 7-й по 38-ю недели беременности. Выявлено достоверное повышение уровня аллантаина в сыворотке крови при развитии фетоплацентарной недостаточности. Сопоставление динамики содержания аллантаина в сыворотке крови с показателями хемилюминесцентного анализа выявило определенные однонаправленные изменения уровня аллантаина и активности свободнорадикальных процессов в первом триместре беременности.

Впервые аллантаин был найден в эмбриональных тканях птиц, отсюда и название – аллантаин (от «аллантаис») [17]. Позже D. Uyeno [20] обнаружил аллантаин в небольших количествах в амниотической жидкости человека. Однако эти данные противоречили результатам Wiechowski [19], не нашедшего аллантаин ни в моче новорожденных, ни в амниотической жидкости. Исследования роли аллантаина при беременности человека закончились, не успев начаться.

В 80-е – 90-е гг. была разработана концепция протекторного катаболизма [1, 5, 12]. Согласно этой концепции, расщепление биополимеров на мономеры с дальнейшей метаболизацией последних имеет адаптивный характер и служит обогащению клетки антиоксидантами. В 2000 г. коллектив биологов и химиков под руководством Ю.А. Жданова и Е.П. Гуськова приступил к изучению свойств «забытой молекулы» – аллантаина, как одного из наиболее перспективных катаболитов [2]. Аллантаин

в тканях человека является продуктом окисления мочевой кислоты. Особенно интересен тот факт, что у человека и высших приматов аллантаин не синтезируется, а конечным катаболитом пуринов служит мочевая кислота. Исследования аллантаина в модельных системах на микроорганизмах, а также квантово-химические расчеты показали, что это вещество обладает значительным антиоксидантным потенциалом – не меньшим, чем урат [3, 6]. По многим характеристикам аллантаин оказался сравнимым с широко применяемым антиоксидантом – аскорбиновой кислотой. В то же время аллантаин не обладает способностью приобретать прооксидантные свойства в высокой концентрации. Весьма интересной оказалась способность этого вещества активировать естественные антиоксидантные системы организма, что многократно усиливает его действие [4, 7]. Авторами было высказано предположение, что потеря способности к образованию аллантаина может считаться событием, аналогичным потере способности к синтезу аскорбата, что сделало аскорбат витамином для человека, и возможно, что аллантаин также является витамином для человека [4]. В этих работах были получены предварительные данные о том, что неразвивающаяся беременность сопровождается достоверным снижением уровня аллантаина, и высказана гипотеза о возможной роли аллантаина в обеспечении нормального развития эмбрионов, контролируя процесс пролиферации.

В связи с этим целью данной работы было изучение динамики аллантаина в сыворотке крови матери на разных неделях гестации при нормально и патологически протекающей беременности, а также сопоставление концентраций аллантаина и уровня свободно-радикальных процессов для возможной оценки состояния плода по крови матери.

Материал и методы

Материалом исследования служила сыворотка крови 320 беременных и 40 небеременных женщин. Первую группу составили беременные женщины без патологических показаний развития плода (258), вторую – с фетоплацентарной недостаточностью (62).

Аллантоин в сыворотке крови определяли методом, описанным Chen и Gomes [11]. Содержание мочевой кислоты находили, используя набор реагентов «Ольвекс диагностикум», энзиматическим колориметрическим методом без депротеинизации. С помощью иммуноферментного анализа определяли содержание гормонов фетоплацентарного комплекса – кортизола, прогестерона, хорионического гонадотропина человека (ХГЧ) альфа-фетопротеина (АФП) в сыворотке крови беременных женщин. Исследование проводили по стандартной методике на автоматическом анализаторе «Alisei Q.S.» с использованием диагностических тест-систем производства Алкор Био (Россия) и DRG (США).

В плазме крови беременных женщин оценивали уровень хемилюминесценции в системе H_2O_2 – люминол (5-амино-2,3-дигидрофалазиндион-1,4), которая позволяет определять изменение в тканях концентрации свободно-радикальных продуктов [8].

Статистическая обработка полученных результатов была проведена с использованием критерия Стьюдента (t), U-критерия Манна – Уитни и критерия согласия относительно долей.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлены данные о содержании аллантоина в плазме беременных женщин на разных сроках гестации.

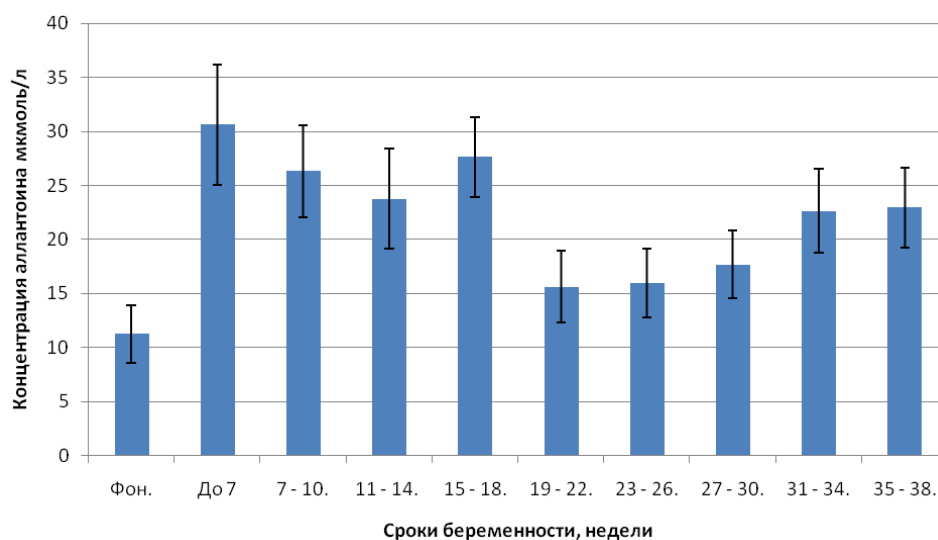


Рис. 1. Концентрации аллантоина в плазме на разных сроках гестации

Как видно из представленных результатов, уровень аллантоина в сыворотке крови у небеременных женщин составляет в среднем $11,27 \pm 2,6$ мкмоль/л. На всех сроках беременности уровень аллантоина практически втрое выше этого показателя у небеременных женщин, при этом он претерпевает существенные изменения в течение беременности. Максимальный пик концентрации аллантоина в крови беременных наблюдается с 3-й по 8-ю неделю гестации в этот период уровень аллантоина повышается на 170 % и составляет $30,62 \pm 5,54$ мкмоль/л. Известно, что в этот критический период эмбрион наиболее восприимчив к воздействию эндогенных и экзогенных факторов, способных повлиять на его развитие, и повышение

концентрации аллантоина, который является естественным антимуагеном, входящим в единую буферную систему, возможно, необходимо для удержания интенсивности мутационного процесса на естественном уровне. Далее в течение первого триместра (11–14-я недели беременности) происходит достоверное снижение уровня аллантоина в сыворотке крови матери на 22 % по сравнению с 7–10 неделями эмбрионального развития. На 15-й неделе регистрировали вновь повышение концентрации аллантоина в сыворотке крови матерей на 145 % по сравнению с небеременными женщинами. В третьем триместре беременности нами отмечен достоверный резкий спад концентрации аллантоина, который на некоторых неделях гестации

снижается практически до контрольного уровня. Поскольку аллантоин в тканях человека является продуктом окисления мочевой кислоты, то моче-

вая кислота должна, напротив, накапливаться на этом триместре беременности, что и было нами отмечено (рис. 2).

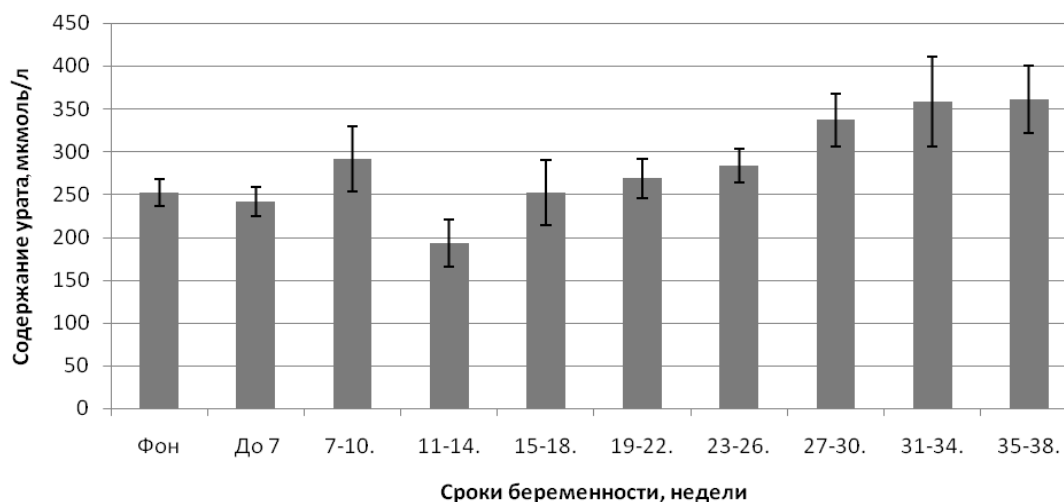


Рис. 2. Концентрация мочевой кислоты в плазме на разных сроках гестации

Как видно из представленных результатов, уровень мочевой кислоты в норме у небеременных здоровых женщин составляет $252,21 \pm 15,23$ мкмоль/л, что согласуется с данными литературы [13, 18]. У беременных уровень мочевой кислоты уменьшается в первом триместре на 20 % (до 193,2 мкмоль/л) с последующим повышением и достижением максимального уровня в третьем триместре беременности увеличенным более чем на 50 % (до 358,1 мкмоль/л).

Эмбрион существует в частично анаэробных условиях, и в момент родов новорожденный переживает окислительный стресс, заставляющий включаться мощные антиоксидантные системы протекторного катаболизма. Как показал Кришна Мурти (1982), в это время индуцируется активность гем-оксидазы, которая способствует быстрому разрушению красных клеток крови матери до билирубина (катаболит – гемоглобина). При этом последний действует как эндогенный тушитель свободных радикалов, таких как супероксид или синглетный кислород, генерируемый организмом, находящимся в гипероксическом состоянии. Несомненно, что в течение онтогенеза организмы, сталкивающиеся с различными сильными окислителями, должны «включать» системы защиты от их повреждающего действия. Антиоксидантные свойства мочевой кислоты хорошо известны [9, 10, 14],

в связи с этим увеличение мочевой кислоты к концу третьего триместра беременности также создает дополнительный пул эндогенных антиоксидантов, необходимых для защиты новорожденного от окислительного стресса, развивающегося в момент родов.

На ранних стадиях беременности концентрация мочевой кислоты понижается за счет свободно-радикальной деструкции мочевой кислоты, которая приводит к увеличению аллантоина в крови матери в этот период. В связи с этим мы исследовали окислительное напряжение в сыворотке крови матери по интенсивности, индуцированной люминолом, хемилюминесценции и по отношению содержания аллантоина к мочевой кислоте, что также может являться биомаркером окислительного напряжения [13, 15, 16]. На рис. 3 представлены результаты исследования динамики изменения отношения аллантоина к мочевой кислоте в сыворотке крови женщин на разных сроках беременности. Результаты исследования показывают, что у небеременных женщин уровень отношения аллантоина к мочевой кислоте находится в пределах 4,48. У беременных женщин с первых дней и по 18 неделю беременности наблюдается высокий уровень отношения количества аллантоина к мочевой кислоте и составляет 12,58, что в три раза выше, чем у небеременных. В начале третьего триместра

наблюдается резкий спад отношения аллantoина к мочевой кислоте до уровня, значение которого приближается к значению у небеременных женщин, но не достигает его (5,9). Начиная с 34-й недели

отношение аллantoина к мочевой кислоте снова повышается до 6,49. Из полученных данных мы видим, что в течение беременности активность свободнорадикальных процессов уменьшается.

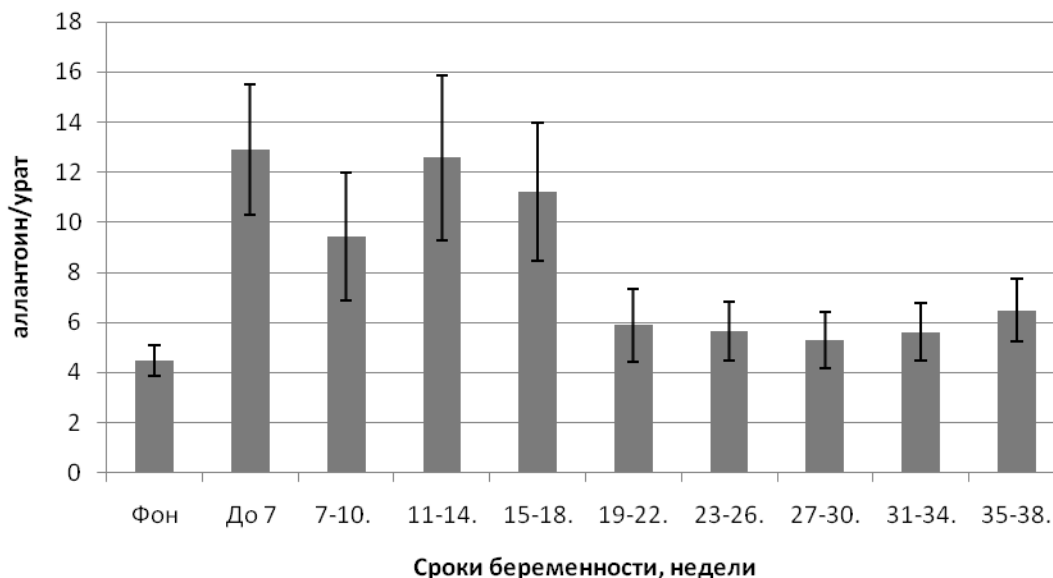


Рис. 3. Отношение концентраций аллantoина и мочевой кислоты в плазме на разных сроках гестации

Наши исследования выявили определенные односторонние изменения уровня отношения аллantoина к мочевой кислоте и интенсивности хемилюминесценции крови матери на разных неделях беременности ($r = 0,83$). Ранние сроки беременности, характеризующиеся переходом организма матери на новый метаболический уровень, достаточно мощными перестройками в системе нейроэндокринной регуляции, по-видимому, проходят через стадию стресса. Это отражается в резком возрастании уровня свободнорадикальных процессов и как адаптивный механизм – увеличении содержания антиоксидантов, в частности аллantoина, в крови матери, возможно, за счет свободнорадикальной деструкции мочевой кислоты. Очевидно, что аллantoин, не синтезирующийся в организме, но накапливающийся в избыточных концентрациях в плаценте приматов, по сравнению с другими тканями, берет на себя ведущую роль барьера защиты плода от экстремальных по отношению к плоду источников свободных радикалов и является доминирующим антиоксидантом эмбриона. Складывается впечатление, что одной из специфических функций аллantoина является защита от окислительного стресса генетического аппарата,

детоксикация токсичных продуктов в аллantoине и стабилизация клеточного цикла интенсивно пролиферирующих тканей. Именно с этим связаны его эмбриопротекторное действие и способность активировать регенеративные процессы.

С другой стороны, в многочисленных исследованиях показано, что фетоплацентарная недостаточность сопровождается повышенным напряжением окислительного стресса, в связи с этим мы изучили содержание аллantoина в сыворотке крови женщин с плацентарной недостаточностью. При физиологическом течении беременности существует тесная связь между гормональным статусом материнского организма, плацентой и плодом. Плацента обладает избирательной способностью транспортировать материнские гормоны. Гормоны, имеющие сложную белковую структуру, практически не переходят через плаценту, стероидные и тиреоидные гормоны обладают этой способностью. Наряду с функцией транспорта материнских гормонов плацента сама превращается во время беременности в мощный эндокринный орган, который обеспечивает наличие оптимального гормонального гомеостаза как у матери, так и у плода. Следовательно,

по содержанию гормонов фетоплацентарного комплекса можно судить о наличии или отсутствии фетоплацентарной недостаточности. Мы оценивали уровень гормонов: кортизола, прогестерона, хорионического гонадотропина (ХГЧ), неконъюгированного эстриола и альфафетопротеина (АФП) при нормально протекающей беременности и при плацентарной недостаточности. При исследовании содержания кортизола в сыворотке крови нами не получено достоверных отличий между контрольной группой и группой с плацентарной недостаточностью. Изучение динамики уровня ХГЧ в группах с нормально протекающей беременностью и с плацентарной недостаточностью не выявило достоверных отличий. Пик АФП в сыворотке крови при нормально протекающей беременности и при плацентарной недостаточности приходится на 29–32-ю недели. Концентрация АФП при плацентарной недостаточности на разных сроках беременности превышает концентрацию этого гормона у беременных при нормально протекающей беременности в сроках 15–24 недели на 5,6–21,8 %, в 25–40 недель – на 20,9–36,6 %. Анализ уровня прогестерона в крови женщин с нормально протекающей беременностью и при плацентарной недостаточности демонстрирует достоверные различия. Содержание прогестерона в сыворотке крови беременных женщин с плацентарной недостаточностью в 79,7 % случаев было снижено на 22–48 % по сравнению с контролем, что указывает на нарушение функции плаценты. В 20,3 % случаев концентрация прогестерона была увеличена на 62–83 %. Изучение анамнеза данной группы женщин показало наличие плацентита, т.е. патологическое увеличение массы плаценты, при котором, соответственно, площадь синтезируемой поверхности увеличилась и, следовательно, концентрация прогестерона возросла. В этой группе женщин на 36–38-й недели беременности было изучено содержание аллантиина. Выявлено значительное повышение уровня аллантиина (более чем на 125%) в группе женщин с плацентарной недостаточностью на 37–40-й неделях беременности, что очевидно свидетельствует о компенсаторной реакции организма, который стремится сохранить плод. Очевидно, в данном случае аллантиин выполняет функцию эндогенного антиоксиданта.

Заключение

Несмотря на то что организм человека не способен синтезировать аллантиин, резкое увеличение его концентрации в сыворотке крови беременных женщин свидетельствует о его протекторной функции у развивающегося плода. В процессе эмбриогенеза из-за внешних и внутренних факторов, изменяющих метаболизм материнского организма, могут возникать состояния гипоксии у плода, повышающие уровень свободнорадикальных процессов. В этой ситуации трофобласт, насыщенный аллантиином, играет роль антиоксидантного и антимутагенного фильтра, защищающего внутреннюю среду плода.

Abstract

The role of allantoin in the process of reproduction was carried out in this research. Increase of allantoin level in trophoblast and blood of pregnant women has been determined. It has been discovered that the allantoin level in blood increases at pathological pregnancy. A comparison of the dynamical changes of the content of allantoin in the serum with the data of enhanced chemiluminescence analysis points out certain congruent changes of the allantoin level and the free radical activity in the first trimester of pregnancy.

Литература

1. Гуськов Е.П., Шкурят Т.П. Нестабильность генома соматических клеток человека как адаптивная норма // Успехи современной биологии. 1989. Т. 108. № 5. С. 163–171.
2. Гуськов Е.П., Шкурят Т.П., Милютин Н.П., Прокофьев В.Н., Покудина И.О., Машикина Е.В., Тимофеева И.В. Влияние аллантиина на активность ферментов регулирующих ROS-зависимый статус организма // Докл. РАН. 2001. Т. 379. № 3. С. 398–401.
3. Гуськов Е.П., Клецкий М.Е., Корниенко И.В., Олехнович Л.П., Чистяков В.А., Шкурят Т.П., Прокофьев В.Н., Жданов Ю.А. Аллантиин как тушитель свободных радикалов // Докл. РАН. 2002. Т. 383. № 3. С. 105–107.
4. Гуськов Е.П., Прокофьев В.Н., Клецкий М.Е., Корниенко И.В., Гапуренко О.А., Олехнович Л.П., Чистяков В.А., Шестопалов А.В., Сазыкина М.А., Маркеев А.В., Шкурят Т.П., Малхосьян С.Р., Жданов Ю.А. Аллантиин как витамин // Докл. РАН. 2004. Т. 398. № 6. С. 1–6.

5. Кения М.В., Лукаш А.И., Гуськов Е.П. Роль низкомолекулярных антиоксидантов при окислительном стрессе // Успехи совр. биологии. 1993. Т. 113. №. 4. С. 456–470.

6. Покудина И.О. Модификация низкомолекулярными азотистыми катаболитами мутагенного эффекта окислительного стресса и их влияние на антиоксидантный статус клеток и тканей: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ростов н/Д., 2002.

7. Шестопалов А.В., Шкурят Т.П., Микашинович З.И., Крыжановская И.О., Богачева М.А., Ломтева С.В., Прокофьев В.Н., Гуськов Е.П. // Успехи современной биологии. 2006. Т. 126. № 6. С. 611–617.

8. Шестаков В.А., Бойчевская Н.О., Шерстнев М.П. Хемилюминесценция плазмы крови в присутствии перекиси водорода // Вопр. мед. химии. 1979. Т. 25. № 2. С. 132–137.

9. Ames B.N., Cathcart R., Schwiers E., Hochstein P. Uric acid provides an antioxidant defense in humans against oxidant- and radical-caused aging and cancer: a hypothesis. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1981. Vol. 11. P. 6858–6862.

10. Ames B.N., Shigenaga M.K., Hogen T.M. Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1993. Vol. 90. P. 7915–7921.

11. Chen X.B., Gomes M.J. Estimation of microbial protein supply cattle based on urinary excretion of purine derivatives – an overview of the technical details // UK. 1992.

12. Guskov E.P., Shkurat T.P., Shimanskaja E.I., Guskova S.I. Genetic effects of hyperbaric oxygen therapy // Mutation research. 1990. Vol. 241. № 1. P. 341–347.

13. Iris F.F. Benzie, Wai-yuen Chung, and Brian Tomlinson. Simultaneous Measurement of Allantoin and Urate in Plasma: Analical Evaluation and Potential Clinical Application in Oxidant: Antioxidant Balance Studies // Clinical Chemistry. 1999. Vol. 45 № 6. P. 901–904.

14. Kand'ar R., Zakova P., Muzakova V. Monitoring of antioxidant properties of uric acid in humans for a consideration measuring of levels of allantoin in plasma by liquid chromatography // Clin. Chim. Act. 2005. Vol. 26. P. 357–360.

15. Mikami T., Kita K., Tomita S., Qu G.J., Tasaki Y., Ito A. Is allantoin in serum and urine a useful indicator of exercise-induced oxidative stress in humans? // Free Radi Res. 2000. Vol. 32. P. 235 – 244.

16. Rasanen L.A., Myllymaki T., Huypa S., Maisi P., Poso A.R. Accumulation of allantoin and uric acid in plasma of exercising trotters // Am. J. Vet. Re. 1993 Vol. 54. № 11. P. 1923–1928.

17. Simoyi M.F., Falkenstein E., Van Dyke K., Blemings K.P., Klandorf H. Allantoin, the oxidation

product of uric acid is present in chicken and turkey plasma // Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol. 2003. Vol. 135. № 2. P. 325–335.

18. Toescu V., Nuttall L., Martin U., Kendall M., Dunne F. Oxidative stress and normal pregnancy // Clinical Endocrinology. 2002. Vol. 57. P. 609–613.

19. Weels G., Corper H. The purines and perine metabolism of the human fetus and placenta // Am. J. of Physiol. 1909. № 6. P. 469–482.

20. Uyeno D. The physical properties and chemical composition of human amniotic fluid // Am. J. of Physiol. 1917. № 7. P. 77–103.

Научно-исследовательский институт биологии,
Южный федеральный университет

Статья поступила в редакцию 12.12.08

УДК 61:575

Н.В. ВЫСОКОВ МУТАЦИИ ГЕНА ФИБРИЛЛИНА В СИНДРОМЕ МАРФАНА

Реферат

В результате использования биоинформатики и обзора статей были выявлены и объяснены отдельные закономерности проявления мутаций гена фибриллина. Мутации гена фибриллина в 94 % случаев вызывают синдром Марфана, поэтому взамен существующим хирургическим методам были предложены генетические направления диагностики и лечения синдрома.

Введение

Синдром Марфана, как передающееся по наследству заболевание, обладает высокой клинической

изменчивостью. Как правило, оно затрагивает скелет, глазное яблоко и также сердечно-сосудистую систему. Наиболее часто встречающимися симптомами синдрома Марфана в скелете является более высокий рост, диспропорционально длинные конечности и более гибкие суставы, деформация передней части груди и позвоночника (сколиоз и лордоз), а также сильно выгнутое небо с находящимися друг на друга зубами. При заболевании окулярная система подвержена миопии, смещению хрусталика глаза и распрямлению роговицы. В сердечно-сосудистой системе были описаны такие проявления, как пролапс митрального сердечного клапана, митральная регургитация, расширение основания аорты и недостаточность клапана аорты. Полный набор признаков синдрома был описан группой ученых в 1996 г. и назван Гентским критерием [2]. С появлением технологий генетического скрининга этот критерий был дополнен пунктом «наличие мутаций в гене FBN1» [11].

Синдромом Марфана на сегодня страдает примерно один человек из 5000, и зачастую человек с этой болезнью может даже не подозревать о ее существовании. Иногда человек с синдромом имеет ярко выраженный фенотип, который затрудняет движение, дыхание, циркуляцию крови и вызывает комплекс неполноценности, но во многих его проявлениях этот синдром не вызывает ярких фенотипических признаков и человек может прожить полноценную жизнь. Например, великий русский композитор Петр Ильич Чайковский имел длинные тонкие конечности, или долихостеномелию, которая является одним из симптомов этого синдрома. По фотографиям диагноз синдрома Марфана можно поставить также первому президенту США Аврааму Линкольну и известному скрипачу Никколо Паганини. Но для того чтобы поставить точный диагноз, нужно провести дополнительные диагностические тесты.

С развитием технологий и после расшифровки генома человека ученые могут не только сопоставить болезнь с тем или иным геном, но и судить о роли каких-то конкретных мутаций в заболеваниях. Уже выяснено и считается общепринятой теория, согласно которой дефект в гене фибриллина 1 является причиной симптомов синдрома Марфана. Но одни мутации гена могут вызвать субдиагностический тип синдрома, а другие – осложненный тип. Осложненный неонатальный тип синдрома

Марфана не позволяет детям прожить до возраста 5 лет. Из-за многочисленного количества мутаций важно понимать принципы, по которым возникают те или иные симптомы. Поэтому данная работа является обобщением знаний о молекулярно-генетических основах синдрома Марфана.

Определение гена

Несмотря на такое огромное разнообразие признаков синдрома, ученые, работавшие над Гентским критерием, не смогли классифицировать синдром Марфана на какие-либо типы. Изолировав фибробласты 22 пациентов с синдромом, МакГуки попытался классифицировать их на 4 типа по синтезу и поведению фибриллина: а) те, у которых синтезируется вдвое меньше фибриллина, но выделение белка идет нормально; б) нормальный синтез, но выделение фибриллина затруднено; в) нормальный синтез, но белок не может внедриться во внеклеточную матрицу и г) фибробласты с нормальным синтезом, выделением и внедрением фибриллина. В результате выяснилось, что почти все исследованные фибробласты попадают под категории (а), (б) или (в). Из этого можно было предположить, что фибриллин – белок, играющий ключевую роль в синдроме Марфана [10].

Параллельно шли исследования сцепления различных генов с геном синдрома Марфана. Например, Огилви использовал маркеры для генов коллагена COL1A1, COL1A2, COL2A1 и COL3A1 и обнаружил, что lod-балл этих генов намного ниже необходимого для подтверждения гипотезы сцепления [14]. Несмотря на предостережение автора о том, что полученные баллы нельзя интерпретировать как подтверждение гипотезы о несцеплении генов, МакКьюзик в своем медицинском словаре просто сделал свои допущения, написав что гены коллагена не участвуют в синдроме Марфана [15]. В подтверждение этому при помощи анализа полиформизма длины рестрикционных фрагментов (RFLP), основанного на разнице длины фрагментов ДНК в связи с мутацией после обработки рестриктазами, в 12 семьях с заболеванием не было выявлено никакой связи между геном коллагена и синдромом Марфана [7].

После того как стало ясно, что ген, отвечающий за наследство синдрома Марфана, находится на хромосоме 15, ученые стали использовать

разные маркеры для определения местоположения гена. Наилучшее совпадение дали маркеры D15S25 и D15S1, которые по карте маркеров [12] находятся в том же локусе, что и ген фибриллина. С этими маркерами экспериментально был получен lod-балл $z = 12$ (минимальный балл для определения сцепления $z = 3$) при $\theta = 0$ [4]. Это означает, что гены, ответственные за синдром Марфана, находятся в локусе 15q15-q21.3.

В итоге в 1991 г. Диец описал в журнале *Nature* первую рецидивную мутацию фибриллина у пациента с синдромом Марфана и у его семьи. Это открытие можно считать прорывным в истории синдрома, потому что оно позволило ученым сфокусироваться на молекулярных основах заболевания. После этого открытия ученые обнаружили множество мутаций, вызывающих синдром Марфана, но почти все они были связаны с геном фибриллина (около 95 % случаев) [4]. Исключение лишь составили атипичные случаи синдрома, которые были сцеплены с генами рецептора трансформирующего фактора роста – β TGFBR1 и TGFBR2 или коллагена COL1A2.

Фибриллин

Еще в 1982 г. было отмечено, что зонулярные нити напоминают микрофибриллы по их характе-

ристикам при окраске, по морфологии и составе аминокислот. Долихостеномелия, контрактуральная арахнодактилия, впалая и клиновидная грудь – все они сопровождаются продольным вытягиванием трубчатой кости в конечностях или ребрах. Затем с помощью антител было доказано присутствие фибриллина в соединительных тканях кожи, хряща, кровеносных сосудах, мышцах, связках, легких, почках, сетчатке глаза и ресничном пояске.

Таким образом, фибриллин – это один из необходимых компонентов внеклеточной матрицы в соединительных тканях многих органов. Это объясняет, почему синдром Марфана затрагивает сразу несколько систем органов. С другой стороны, не совсем понятно, почему мутации фибриллина не дают такого эффекта на почки или мышцы. Вероятно, в этих органах внеклеточная матрица построена так, что фибриллин не является основным компонентом. В 1996 г. с помощью ЯМР Даунинг раскрыл структуру одного из доменов фибриллина и автор этой работы предложил схему (рис. 1), по которой фибриллин внедряется во внеклеточную матрицу [5]. Таким образом, фибриллин может как сам формировать гибкость внеклеточной матрицы, так и участвовать в отложении тропоэластина в формировании эластичных нитей.

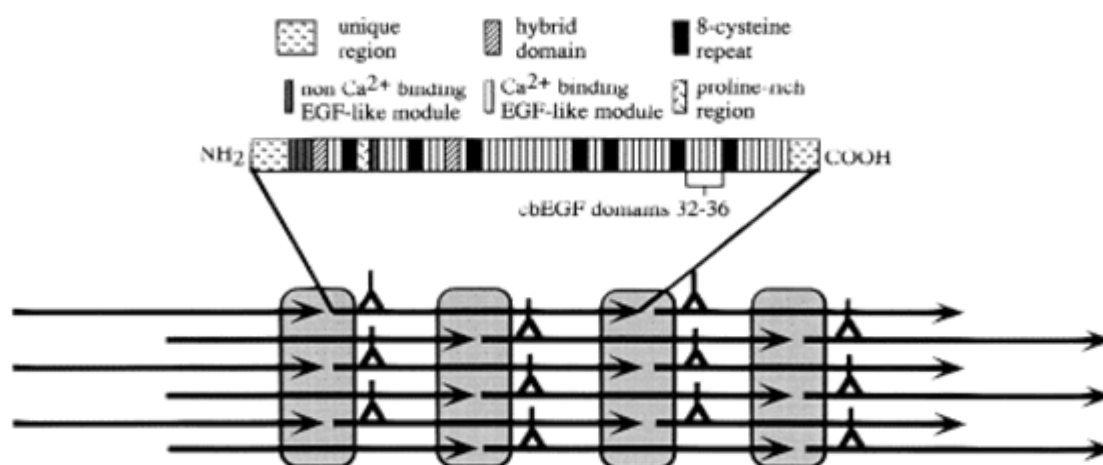


Рис. 1. Схематическое изображение взаимодействия мономеров фибриллина в микрофибриллах соединительных тканей. Предполагается сонаправленное расположение молекул фибриллина, которые своими концами нанизаны на другие молекулы. Мономер фибриллина состоит из доменов, похожих на эпидермальный фактор роста или ЭФР (узкие закрашенные прямоугольники) большинство из которых могут связывать ионы кальция (узкие незакрашенные прямоугольники), и также доменов, связывающих трансформирующий фактор роста β (черные прямоугольники). Используемые для получения структуры ЭФР-подобные домены обозначены «cbEGF 32-36». Перевернутые Y – это места присоединения антител к фибриллину. Даунинг, 1996 [5]

Последовательность аминокислот профибриллина была определена из последовательности ДНК путем биоинформатического анализа. При сравнении с базой данных доменов (например, Pfam) можно увидеть сигнальный пептид в начале белка, а также повторы доменов, из которых одни похожи на домены эпидермального фактора роста (ЭФР), другие – на связывающие домены трансформирующего фактора роста β (ТФР-С). Сигнальный домен (27 аминокислот) участвует в направлении белка за пределами клетки и отрезается в конечной версии, оставляя участок длиной 2844 аминокислоты. В этом участке находятся 47 ЭФР-подобных доменов, из которых 44 могут связывать кальций. Их функция до конца не ясна, но известно, что они присутствуют не только в белках фибриллина, но и в факторах коагуляции, а также в некоторых сигнальных молекулах, отвечающих за клеточный цикл и дифференциацию клеток. Даунинг обнаружил, что ионы кальция стабилизируют структуру ЭФР – подобных доменов, укрепляя, таким образом, нити микрофибриллы (рис. 2) [5]. Домены ТФР-С, также известные как 8-цистеиновые домены, как было доказано на крысах, участвуют в передаче сигналов, а мутации в ТФР рецепторах вызывают марфаноподобные симптомы [9].



Рис. 2. Схематичное изображение структуры ЭФР-подобных доменов, связывающих кальций. Молниями обозначены дисульфидные мостики, поддерживающие структуру домена и обеспечивающие благоприятное для ионов кальция позиционирование аминокислот. Вариации в обозначенных буквами аминокислотах нарушают структуру домена и, следовательно, встречаются в большинстве случаев синдрома Марфана. Адаптировано с публикации Даунинга, 1996 [5].

Третичная структура целого белка еще не определена, но в базе данных есть структуры его повторяющихся доменов. Возможно, структура еще не определена из-за длины белка в 2871 аминокислоту, что затрудняет формирование правильных кристаллов для рентгенокристаллографии и делает анализ структуры с помощью ЯМР практически невозможным. Тем не менее, вычисленная структура ЭФР доменов уже сейчас позволяет сделать некоторые выводы о роли фибриллина в организме.

Мутации фибриллина в синдроме Марфана

Первой мутацией, обнаруженной в гене фибриллина пациента с синдромом, была замена гуанина на цитозин в нуклеотиде 3410, меняющая кодон 1137 с ЦГЦ (аргинин) на ЦЦЦ (пролин) [3]. После обнаружения этой мутации были получены нуклеотиды, специфичные к нормальному и мутированному аллелям, которые дальше использовались для ПЦР (цепная реакция полимеразы)-скрининга пациентов с синдромом.

С тех пор в базу данных было внесено более двух сотен мутаций гена фибриллина, вызывающих заболевание, и почти все из них возникают в ЭФР-подобных доменах. Отчасти это из-за того, что эти домены, связывающие ионы кальция, похожие на домены ЭФР, являются необходимыми структурными компонентами белка и потеря структуры этих доменов приводит к синдрому Марфана. Почти все вариации последовательностей аминокислот в этих доменах можно разделить на два типа: мутации цистеина, разрушающие бисульфидный мостик, и мутации аминокислот в регионе связывания кальция. Например, замещение отрицательно заряженного аспартата в позиции 730 на незаряженный аланин или валин означает, что по сумме зарядов создается неблагоприятная для двухвалентных ионов кальция среда. Получается, что кальций не может присоединиться к ЭФР-подобным доменам и уже сворачивание белка идет неправильно, что приводит к классическим симптомам синдрома Марфана.

Фавр и международная группа ученых, изучивших в 2007 г. 1013 пробандов с синдромом Марфана, пришли к консенсусу о том, что мутации гена фибриллина, вызывающие изменение количества цистеина в белке, как правило, сопровождаются эктопией хрусталика глаза [6].

Существующие данные о неонатальном синдроме Марфана не позволяют вывести закономерность в мутациях и судить о причинах столь осложненных симптомов. Из известных мутаций – в основном происходят изменения структуры 15-го и 16-го ЭФР-доменов, а отсутствие этих доменов из-за отсутствия экзонов 31 и 32 приводит к

осложненной неонатальной форме синдрома Марфана (рис. 3). Вероятно, в этом случае, имеет место доминантно отрицательный эффект, когда измененный белок нарушает структуру микрофибрилл при их формировании и это вызывает явно негативный фенотип.

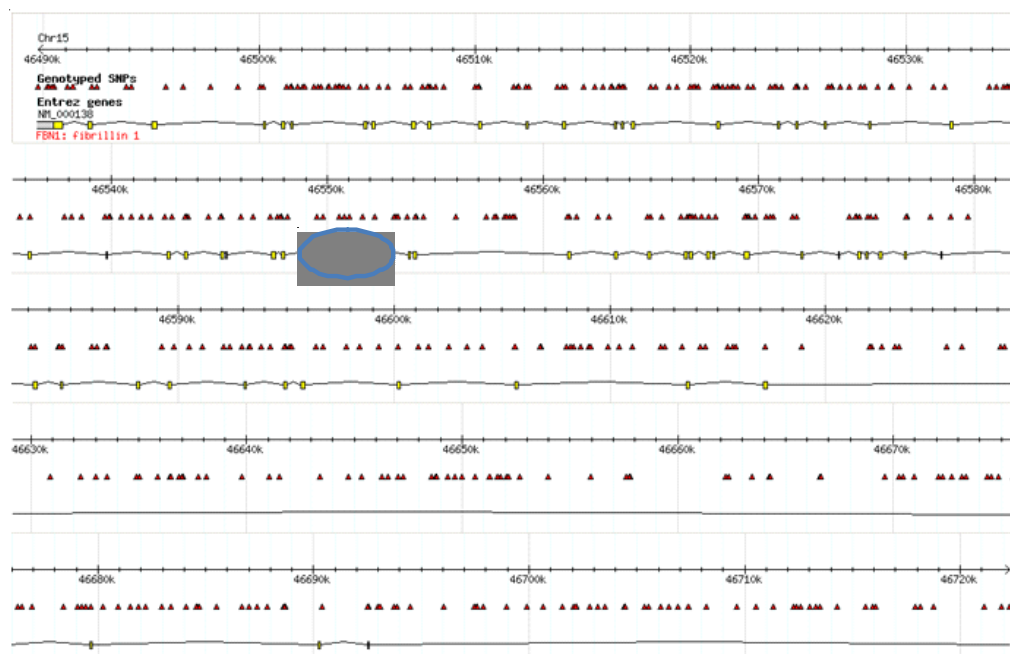


Рис. 3. Ген профибриллина. Ось указывает на расположение в хромосоме относительно начала. Треугольники – места полиморфизма нуклеотида. Прямоугольники – экзоны и между ними интроны. Экзоны 31 и 32, мутации в которых вызывают неонатальный синдром, обведены в круг. Адаптировано с MapMap International Project [13].

Некоторые мутации, например 750 цистеин → гуанин, дестабилизируя структуру фибриллина, также увеличивают протеолитическую деградацию мутировавшей молекулы. Следовательно, количество измененного фибриллина уменьшается, но, несмотря на это, все равно наблюдаются симптомы синдрома. Вероятно, это происходит из-за того, что один аллель не в состоянии поддерживать производство достаточного количества фибриллина, или так называемого эффекта гаплонедостаточности.

Еще один интересный, но редкий случай мутации гена фибриллина – это мутация цитозина в тимин в позиции 1453, которая вызывает смену аминокислоты аргинина на цистеин. Она была обнаружена у двух гомозиготных братьев, несмотря на то, что гетерозиготные родители не подходили под Гентский критерий [18]. Таким образом, был

зарегистрирован первый случай аутомно-рецессивного заболевания синдрома.

Заключение

Ген фибриллина обладает высоким полиморфизмом нуклеотидов, и некоторые из нуклеотидов, находящихся в экзонах, вызывают изменение последовательности аминокислот. На данный момент о роли этих мутаций можно судить лишь из строения отдельных доменов и эмпирических данных. Превращения аминокислот одного из 47 ЭФР-похожих доменов могут нарушить его структуру, обеспечивающую благоприятные условия для связывания двух ионов кальция. ЭФР-домены с ионами кальция играют роль не только в стабильности всей молекулы, но и в ее взаимодействии с другими молекулами внеклеточной матрицы, например,

эластином. Согласно существующим данным, мутации, приводящие к изменению цистеина в ЭФР-доменах, часто вызывают смещение хрусталика. Чаще всего мутации ЭФР-доменов и ТФР-С доменов проявляются тем или иным образом в скелете.

Таким образом, мутации гена фибриллина могут вызывать симптомы от таких, как долихостеномия или, например, впалая грудь, не сильно мешающих повседневной жизни, до полного набора симптомов синдрома Марфана, вызывающих раннюю смерть. На сегодняшний день медики наиболее часто пользуются Гентской нозологией для определения синдрома, поэтому лечение синдрома идет путем борьбы с конкретными симптомами. Например, для предотвращения расширения основания аорты, помимо советов избегать динамичной активности, где присутствует риск травмы сердца, используются блокаторы β -адренорецепторов или же другие молекулы, действующие через ТФР сигнальный путь. Если же расширение требует хирургического вмешательства, то это основание аорты заменяют на искусственное [16]. Такие методы несколько продлевают жизнь пациента, но не борются с ее причиной, которая лежит в мутировавшем гене.

Для правильного подхода в лечении нужен прежде всего правильный диагноз мутации. Для скрининга конкретных мутаций можно использовать заготовленные нуклеотиды для ПЦР. Но в данном случае, из-за большого числа вариантов, проверка гена на все мутации становится слишком затратной и трудоемкой, тем более что мутации там может не оказаться, что значительно затрудняет диагноз. Можно использовать ПЦР для изоляции гена и далее секвенировать его, но из-за огромных размеров самого гена такой метод не защищен от ошибок. Для проверки наличия мутации была использована технология полиформизма длины рестрикционных фрагментов, описанная выше, но и эта технология будет работать только в определенных случаях. Многие ученые использовали гель усиления детекции мутаций (МДУ-гель) из-за ее относительной дешевизны и быстроты [19].

Несмотря на все эти недостатки, если все же обнаруживается мутация, то можно уже четко поставить диагноз и начать соответствующее лечение. Например, если синдром вызван гаплонедостаточностью, то необходимо либо при помощи

рекомбинантных технологий производить и добавлять человеческий фибриллин во внеклеточную матрицу, либо увеличивать производство нормального фибриллина в клетках путем добавления иРНК или стимулирования транскрипции гена.

Если причины синдрома лежат в доминантно-негативном характере мутаций, то тогда надо предотвратить воздействие измененного белка на внеклеточную матрицу. Один из способов достижения этого является так называемый транс-действующий рибозим типа головки молотка, сконструированный Килпатриком для разрезания РНК фибриллина. Он экспериментально доказал, что сконструированный рибозим может различить РНК с мутацией от РНК нормального фибриллина [8]. Другая технология основана на свойстве комплементарного РНК ингибировать информационное РНК. Ингибирующее РНК – это механизм, который был обнаружен у растений и сейчас часто используется в генной инженерии. В данном случае вместо двунитевой РНК используется комплементарное РНК (кРНК), которое искусственно введено в геном для транскрипции *in situ*. Таким образом это кРНК предотвращает производство измененного фибриллина из иРНК.

В любом случае людям с диагностированной болезнью необходимо ходить на генетические консультации. Возможно, в некоторых случаях, будет иметь смысл сделать скрининг половых клеток на мутацию и искусственное оплодотворение. Если, например, у одного из родителей обнаружен мозаицизм на мутацию, вызывающую неонатальный синдром, то было бы логично и этически оправданно вмешаться в законы наследственности для сохранения жизни ребенка.

Несмотря на изобилие диагностических методов, как физических, так и генетических, на сегодняшний день так и не существует единого 100 %-го метода диагноза синдрома. Вероятно поэтому врачи лечат болезнь не комплексно, а ее отдельные проявления, поэтому необходимо развивать направление генетики для того, чтобы можно было комплексно и безопасно лечить болезни, передающиеся по наследству, такие, как синдром Марфана.

Abstract

The mutations of the fibrillin gene were analyzed with aid of bioinformatics and literature review to elucidate a consensus. Most of the mutations that cause Marfan

syndrome disrupt the disulphide bridges of the epidermal growth factor-like calcium binding domains. Since 94 % of the registered fibrillin mutations cause Marfan syndrome, a genetic approach was suggested for treatment.

Литература

1. Beals R. K., Hecht F. Congenital contractural arachnodactyly: a heritable disorder of connective tissue // *Journal of Bone Joint Surgery*. 1971, 53A. P. 987–933.
2. De Paepe, A., Devereux, R. B., Dietz, H. C., Hennekam, R. C., & Pyeritz, R. E. Revised Diagnostic Criteria for the Marfan's Syndrome // *Am. J. Med. Genetics*. 1996. Vol. 62. P. 417–426.
3. Dietz, H.C., Cutting, G.R., Pyeritz, R.E., Maslen, C.L., Sakai, L.Y., Corson, G.M., et al. Marfan syndrome caused by a recurrent de novo missense mutation in the fibrillin gene // *Nature*. 1991. Vol. 352. P. 337–339.
4. Dietz, H.C., Pyeritz, R.E., Hall, B.D., Cadle, R.G., Hamosh, A., Schwartz, J., et al. The Marfan syndrome locus: confirmation of assignment to chromosome 15 and identification of tightly linked markers at 15q15-q21.3 // *Genomics*. 1991. № 9. P. 355–361.
5. Downing A. K., Knott V., Werner J. M., Cardy C.M., Campbell I.D., Handford P.A. Solution structure of a pair of calcium-binding epidermal growth factor-like domains: implications for the Marfan syndrome and other genetic disorders // *Cell*. 1996. Vol. 85. P. 597–605.
6. Faivre L., Collod-Beroud G., Loeys B.L., Child A., Binquet C., Gautier E., et al. Effect of mutation type and location on clinical outcome in 1013 probands with Marfan syndrome or related phenotypes and FBN1 mutations: an international study. // *Am. J. of Human Genetics*. 2007. Vol. 81. P. 454–466.
7. Francomano C.A., Streeten E.A., Meyers D.A., Pyeritz R.E. Marfan syndrome: exclusion of genetic linkage to three major collagen genes. // *Am. J. of Medical Genetics*. 1998. Vol. 29. P. 457–462.
8. Kilpatrick M. W., Phylactou L. A., Godfrey M., Wu C. H., Wu G. Y., Tsiouras P. Delivery of a hammerhead ribozyme specifically down-regulates the production of fibrillin-1 by cultured dermal fibroblasts // *Human Molecular Genetics*. 1996. № 5. P. 1939–1944.
9. Matyas G., Arnold E., Carrel T., Baumgartner D., Boileau C., Berger W., et al. Identification and in silico analyses of novel TGFBR1 and TGFBR2 mutations in Marfan syndrome-related disorders // *Human Mutations*. 2006. Vol. 27. P. 760–769.
10. McGookey D., Pyeritz R., Byers P. Marfan syndrome: altered synthesis, secretion or extracellular matrix incorporation of fibrillin // *Am. J. of Human Genetics*. 1990. (A67), приложение.
11. Naser M.A., Thoralf M.S., Heidi M.C. Marfan Syndrome – diagnosis and management // *Current Problems in Cardiology*. 2008. Vol. 33. P. 7–39.
12. National Cancer Institute (2003). Chromosome 15, likely locations. Получено 22 июля 2008 г., из CGAP Genetic Annotation Initiative: <http://lpgws.nci.nih.gov/data/Markers/15.current.lloc.v2.skel.html>.
13. NCBI. (Январь 2006 г.). HapMap Data Rel 20/phasell Jan06, on NCBI B35 assembly, dbSNP b125: Chr15:46489478..46724390. Получено 17 июля 2008, из International HapMap Project: http://snp.cshl.org/cgi=perl/gbrowse/hapmap20_B35/
14. Ogilvie D. J., Wordsworth B. P., Priestley L. M., Dagleish R., Schmidtke J., Zoll B. et al. Segregation of all four major fibrillar collagen genes in the Marfan syndrome // *J. of Human Genetics*, 1987. Vol. 41. P. 1071–1082.
15. OMIM. (9 Июль 2008 г.). MARFAN SYNDROME, MFS. (McKusick, & O'Neil, Редакторы) Получено 19 Июль 2008 г., из OMIM: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/dispomim.cgi?id=154700>
16. Pyeritz R., Keane M. Medical Management of Marfan Syndrome // *J. of Am. Heart Association*. 2008. Vol. 117. P. 2802–2813.
17. UniProt Consortium. (2008, Июль 22). Fibrillin-1 precursor. Получено 25 Июля, 2008 из UniProt KB <http://www.uniprot.org/uniprot/P35555>.
18. Wang M., Wang J.-Y., Cisler J., Imaizumi K., Burton B. K., Jones M. C., et al. Homozygosity for a FBN1 missense mutation: clinical and molecular evidence for recessive Marfan Syndrome. // *European Journal of Human Genetics*, 2007. Vol. 15. P. 930–935.
19. Wang M., Wang J.-Y., Cisler J., Imaizumi K., Burton B. K., Jones M.C., et al. (1997). Three novel fibrillin mutations in exons 25 and 27: classic versus neonatal Marfan syndrome // *Human Mutations*. 1997. Vol. 9. P. 359–362.

Научно-исследовательский институт биологии,
Южный федеральный университет

Статья поступила в редакцию 12.12.08

МЕДИЦИНСКАЯ ВАЛЕОЛОГИЯ

УДК 373.2(47)

Г.П.ПЛЕТНЕВА, Ж.П.ЦИКИНА
РЕАБИЛИТАЦИЯ
КАК ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЙ ФАКТОР
СОЦИАЛИЗАЦИИ ДЕТЕЙ, НУЖДАЮЩИХСЯ
В ДЛИТЕЛЬНОМ ЛЕЧЕНИИ
(ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ)

Реферат

Доказана эффективность использования комплекса медико-физиологических и психолого-педагогических здоровьесберегающих технологий в создании целостного адаптационно-реабилитационного пространства как основополагающего фактора социализации детей, нуждающихся в длительном лечении в условиях санаторной школы-интерната.

Проблема реабилитации детей, больных туберкулезом, подготовки их к жизненному самоопределению, социальной адаптации является очень актуальной, поскольку в силу различных причин (слабое здоровье, ограниченность общения и др.) они в большей степени нуждаются в социализации [1–7].

Муниципальное оздоровительное образовательное учреждение санаторного типа для детей, нуждающихся в длительном лечении «Санаторная школа-интернат № 82» г. Новокузнецка – специальное учреждение для детей, больных туберкулезом, она является одним из звеньев санаторной противотуберкулезной службы Новокузнецка и юга Кузбасса, куда направляются на II – III этапы лечения до полного клинического выздоровления дети, состоящие на учете в туберкулезном диспансере.

Оценка приспособительных возможностей учащихся данного образовательного учреждения указывает на наличие значительной группы детей (до 15 %), у которых нарушен весь комплекс психолого-физиологических механизмов адаптации. На умственную деятельность оказывают неблагоприятное воздействие противотуберкулезные препараты, прием которых индуцирует развитие процесса

торможения центральной нервной системы и снижает уровень усвоения учебного материала.

Актуальность проблемы и потребность реальной педагогической практики обусловили необходимость проведения экспериментального исследования условий реабилитации и социализации учащихся в образовательном учреждении интернатного типа.

Объект и методы исследования

В качестве объекта исследования выделен процесс реабилитации и социализации детей с ослабленным здоровьем в условиях школы-интерната санаторного типа.

В соответствии с поставленной целью была выдвинута рабочая гипотеза: эффективность работы учебного заведения санаторного типа по реабилитации и социализации учащихся повысится, если:

- учебный процесс будет строиться на основе личностно-ориентированного и антропоэкологического подходов;

- инновационные технологии будут ориентированы на учет форм и методов образовательного процесса школы-интерната санаторного типа, педагогических, медицинских и психофизических особенностей воспитанников с постоянным осуществлением педагогами рефлексии, коррекции и прогнозирования;

- мониторинг состояния здоровья воспитанников будет проводиться при помощи автоматизированных программ по оценке индивидуального психофизиологического статуса и уровня функционального состояния организма.

В работе были использованы два вида мониторинга:

- *медицинский* (клинические анализы: гемограмма, общий анализ мочи; биохимический анализ крови, проба Манту, рентген), который осуществляется медицинскими работниками;

- *психофизиологический* (антропометрия; фи- зиометрия: Проба Штанге – Генче, динамометрия, АД, ЖЕЛ; оценка уровня физической подготовленности по программе «Президентские состязания»; функциональное состояние организма по кардио-

ритмографической программе; психофизиологические и логопедические обследования).

Психофизиологический мониторинг затрагивает мотивационно-поведенческую, эмоционально-волевую, когнитивную, адаптивно-ресурсную сферы жизнедеятельности воспитанников [2, 4, 5, 6].

Для проведения качественного мониторинга эффективности оздоровления обучающихся были установлены две компьютерные программы: по оценке функционального состояния организма и анализа индивидуального психофизиологического статуса учащихся [4].

Все воспитанники школы-интерната обследованы по данным программам, создана база данных, результаты диагностики представлены всему педагогическому коллективу и эффективно используются в организации оздоровительного и педагогического процессов.

Результаты исследования

Показано, что в школу-интернат приходят дети, недостаточно подготовленные к обучению с точки зрения их психофизического развития, что обусловлено рядом причин: доминированием у большинства школьников процесса торможения центральной нервной системы, неблагополучие в характере социального статуса на протяжении всего периода обучения.

Перечисленные факторы в совокупности с систематическими школьными нагрузками способствуют повышению уровня тревожности, углубляют поведенческие и нервно-психические отклонения.

Основным способом социализации детей, нуждающихся в длительном лечении, является использование в воспитательно-образовательном процессе комплекса здоровьесберегающих технологий (медицинских, физкультурно-оздоровительных, гигиенических, психолого-педагогических), которые позволяют создать благоприятные условия для обучения школьников, повысить степень приспособленности ребенка к физическим и психоэмоциональным нагрузкам.

После анализа результатов медицинского обследования детям (в зависимости от клинической формы туберкулеза или видов контакта с бацилло-выделителем) назначаются химиотерапия или лечебно-профилактические мероприятия.

В комплекс медицинских здоровьесберегающих технологий включены: адаптационная, витаминно-, аромо-, фитотерапия, физиолечение, массаж и иммунопрофилактика.

После проведения лечебных и оздоровительных мероприятий у воспитанников школы-интерната в течение двух лет зафиксировано только три случая заболеваемости туберкулезом, а общая эффективность оздоровления по туберкулезу составила 96 % (рис. 1).

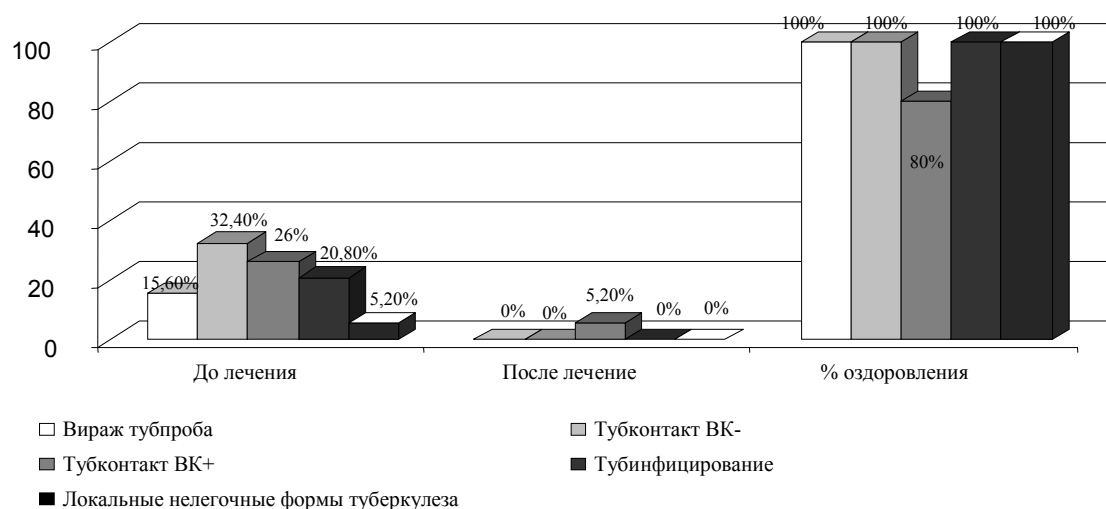


Рис. 1. Результаты оздоровления детей по туберкулезу за 2006/07 учебный год

В ходе проведения эксперимента было выявлено, что более 80 % воспитанников имеют низкий уровень готовности к ведению здорового образа жизни (*когнитивная сфера*: сформированность системы представлений о ЗОЖ; *эмоционально-волевая сфера*: сформированность мотивационно-волевой регуляции здорового поведения; *мотивационно-поведенческая сфера*: место здоровья в индивидуальной иерархии ценностей человека; *адаптивно-ресурсная сфера*: индивидуально-типологические особенности функционирования психофизиологических систем, уровень функционального резерва организма) [2, 4, 5, 6].

Для удовлетворения биологической потребности детей в движении в воспитательно-образовательный процесс школы-интерната введено не менее двух часов ежедневной двигательной активности. К ним относятся: утренняя гимнастика; физкультминутки на уроках; подвижные игры на переменах; динамические паузы; спортивные часы в режиме продленного дня; уроки физкультуры; школьные соревнования; дни здоровья; подвижные игры на свежем воздухе; самостоятельные занятия в спортивных секциях.

В целях закрепления полученных знаний на практике и формирования устойчивого интереса к своему здоровью в воспитательно-образовательный процесс школы-интерната были введены дополнительные занятия, активизирующие физическое развитие учащихся: 3-й урок физкультуры, подвижные игры на свежем воздухе, занятия в бассейне, «Спортивные игры», «Юные туристы», ЛФК.

Оценка достижений на уроке физкультуры основывается исходя из индивидуальных возможностей ребенка, его энерго-функциональных ресурсов и усилий по их повышению и «наращиванию».

Контроль за физической подготовленностью учащихся проводится по показателям тестирования спортивно-оздоровительных президентских состязаний, рекомендованных указом Президента РФ № 823 от 07.07.1996 по реализации целевой спортивно-оздоровительной программы, и осуществляется по общепринятым тестам и контрольным испытаниям.

Физическая подготовленность учащихся определяется рядом тестов, состоящих из набора шести показателей: скоростно-силовые качества верхнего плечевого пояса (подтягивание из положения виса на перекладине), мышц ног (прыжок в длину с

места), мышц туловища (наклоны вперед из положения лежа на спине, согнув ноги, руки на плечах скрестно в течение 6 с); скоростно-силовая выносливость (сгибание и разгибание рук в упоре лежа); общая выносливость (бег 1000 м).

У воспитанников школы-интерната (за два года) отмечаются следующие изменения уровня физической подготовленности:

- у 65 % обучающихся отмечается положительная динамика роста уровня физической подготовленности,
- у 30 % – без изменений,
- у 5 % отмечалось снижение (в связи с течением заболевания).

Увеличилось количество учащихся с основной группой по физической культуре на 18 %; количество детей с 3-й группой здоровья снизилось на 8 %, со 2-й – на 16, а с первой увеличилось на 12 %.

Для повышения уровня знаний о своем здоровье в воспитательно-образовательный процесс (с 1-го по 9-й класс) школы-интерната была введена программа «Как вырасти здоровым». Это интегрированная программа, которая содержит информацию по анатомии, физиологии, психологии, гигиене, кулинарии и многим другим предметам, что дает обучающимся возможность знакомства с различными аспектами, которые включает в себя понятие «здоровье» и «здоровый образ жизни».

На занятиях учащиеся с помощью педагога заполняют дневники здоровья, оценивают свой личный вклад по сохранению здоровья, составляют программу оздоровления. При заполнении дневника здоровья, дети становятся соучастниками процесса оценки уровня развития собственного организма, реально могут оценить собственные возможности, сравнивая свои показатели с показателями других детей и нормативами.

Проведенное социологическое исследование показывает, что физическая культура и спорт становятся доминирующими по привлекательности для воспитанников, поскольку физическая культура формирует личность, учит бороться с собственными слабостями, преодолевать себя, способствует оздоровлению.

Анализ анкет воспитанников школы-интерната показал, что в течение одного учебного года у 75 % детей формируется высокий уровень знаний о ЗОЖ, однако эти знания подкрепляются устойчивой

мотивацией на здоровый образ жизни лишь у 48 % обучающихся. Вместе с тем школьники, обучающиеся два года, характеризуются более высоким

уровнем ценностного отношения к здоровью: они имеют достаточно высокую мотивацию к укреплению здоровья (рис. 2).

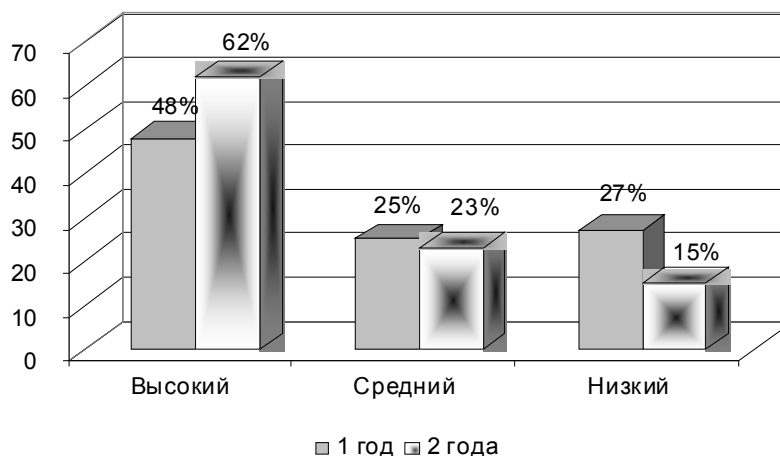


Рис. 2. Сформированность умений и навыков ведения ЗОЖ у воспитанников в зависимости от сроков пребывания в школе-интернате

Результаты обследования учащихся свидетельствуют, что весь комплекс мер, направленных на охрану и укрепление здоровья обучающихся воспитанников, обеспечивает позитивную динамику в оздоровлении учеников, что подтверждается данными медицинской статистики. Так, за учебный год снизились:

- на 12 % сроки реабилитации;
- на 10 % заболеваемость школьников ОРЗ и ОРВИ (школа - интернат не закрывалась на карантин);

- на 10 % число рецидивов хронических заболеваний у обучающихся.

100 % выпускников продолжают обучение в ОУ г. Новокузнецка, из них 45 % востребованы инновационными учреждениями.

Представленные материалы позволяют прийти к выводу о положительной динамике роста приспособительных возможностей организма детей. Оценка адаптивного ресурса проводилась с использованием компьютерных кардиоритмографических и психофизиологических программ, анкет родителей, самооценки воспитанников (рис. 3).

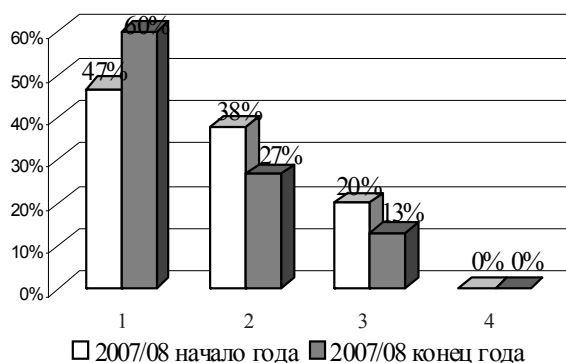
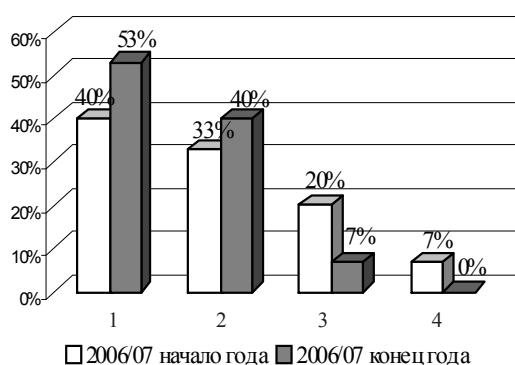


Рис. 3. Динамика изменения функционального состояния организма воспитанников за 2006/07 учебный год (1 группа – нормальное состояние; 2 группа – функциональное напряжение; 3 группа – перенапряжение; 4 группа – истощение)

Установлено, в частности, что у 21 % воспитанников за два года улучшилось функциональное состояние, ни у одного из обучающихся не зафиксирован срыв адаптации.

Создание комфортного психологического климата в школе-интернате и проведение адаптационных мероприятий (использование адаптогенов, массажа, психологических тренингов и т.д.) способствовало оптимизации психоэмоционального самочувствия и снижению уровня тревожности обучающихся:

- на 14 % увеличилось количество обучающихся с высоким уровнем психоэмоционального самочувствия,

- у 33 % воспитанников снизился уровень тревожности.

Результаты экспериментальных наблюдений за мотивационно-поведенческой, эмоционально-волевой, когнитивной, адаптивно-ресурсной сферами жизнедеятельности позволяют говорить о *необходимости системного подхода к мониторингу здоровьесберегающей деятельности образовательных учреждений для детей с ограниченными возможностями.*

Abstract

The presented materials convincingly prove efficiency of use of a complex medico-physiological and psychology-pedagogical health to save up technologies in creation of complete adaptational-rehabilitation space, as basic factor of socialization of children requiring long treatment in conditions of a sanatorium boarding school.

Литература

1. Баль Л.В., Барканов С.В. и др. Формирование здорового образа жизни российских подростков: Учеб.-метод. пособие. М., 2003. С. 126–136; С. 153–179.

2. Здоровьесберегающее сопровождение воспитательно-образовательного процесса /Под ред. Э.М. Казина. Ч. 3. Кемерово, 2003.

3. Казин Э.М. и др. Социально-психологические, медико-биологические и педагогические аспекты адаптации и здоровья //Валеология. 2007. №4. С.8–20

4. Комплексная оценка показателей здоровья и адаптации обучающихся и педагогов в образовательных учреждениях: Медико-физиологические и психолого-педагогические основы мониторинга: Метод. пособие. Ч. 3. /Под ред. Э.М. Казина. Кемерово, 2006.

5. Организация и оценка здоровьесберегающей деятельности образовательных учреждений /Под ред. М.М. Безруких, В.Д. Сонькина. М., 2004.

6. Рожков М. И. и др. Организация воспитательного процесса в школе. М., 2000.

7. Теоретическая и организационная основа формирования здоровьесберегающей среды в регионе (на примере Кузбасса): Метод. пособие. Ч. 1. /Под ред. Э.М. Казина. Кемерово, 2006.

Санаторная школа-интернат № 82, г.Новокузнецк

Статья поступила в редакцию 12.12.08

УДК 611.84:616 1/9 - 073

**Е.Е. НЕСТЕРОВА, Ш.О. БАЛКАР,
Г.И. ДОЛЖИЧ**
УЛЬТРАЗВУКОВАЯ БИОМИКРОСКОПИЯ
В ДИАГНОСТИКЕ ОСОБЕННОСТЕЙ
АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ
ИРИДОЦИЛИАРНОЙ СИСТЕМЫ ГЛАЗА
У ЗДОРОВЫХ ЛИЦ

Реферат

Методом УБМ изучены анатомические параметры иридоцилиарной системы глаза у здоровых лиц в возрасте 45–55 лет. Установлена возможность анатомического строения по трем вариантам расположения отростков цилиарного тела по отношению к вершине угла передней камеры и корню радужки. В 72 % определяется 1-й вариант, когда отростки цилиарного тела располагаются незначительно кпереди от вершины угла передней камеры в проекции корня радужки и предкаризная бухта средней глубины. В 20 % случаев наблюдается 2-й вариант, когда отростки цилиарного тела располагаются

на уровне вершины угла передней камеры и предкаринизная бухта глубокая. В 8 % встречается 3-й вариант анатомического строения иридоцилиарной системы, когда отростки значительно ротированы кпереди и предкаринизная бухта мелкая.

Внедрение в офтальмологическую практику нового метода диагностики состояния структур переднего сегмента глаза – ультразвуковой биомикроскопии – повысило интерес офтальмологов к изучению анатомо-топографических особенностей иридоцилиарной системы глаза.

Ультразвуковая биомикроскопия (УБМ), разработанная Pavlin C.J. [6] представляет собой многофункциональную ультразвуковую систему для прижизненного исследования структур переднего отрезка глазного яблока в реальном масштабе времени. Использование ультразвука высокой частоты (50 МГц) для формирования двумерных сечений переднего отрезка глаза в режиме иммерсионного В-сканирования позволяет получить высококачественные изображения структур с микронной точностью и определить их параметры и пространственные соотношения. Метод УБМ основан на отражении ультразвуковой волны от структур глаза с преобразованием ультразвуковых сигналов в электрические, которые формируют видеоизображение. Высокая разрешающая способность прибора позволяет получать акустические изображения, аналогичные морфологическим картинкам, получаемым на гистологических препаратах.

УБМ чаще использовали для характеристики вновь созданных путей оттока камерной влаги при хирургии глаукомы [3, 4, 5]. Нормативные значения различных параметров передней и задней камер глазного яблока представлены в отечественной литературе в работе проф. Э.В. Егоровой с соавторами [1]. Однако авторы приводят средние значения ряда параметров иридоцилиарной системы с учетом различной рефракции у здоровых лиц. В то же время академик А.П. Нестеров [2], изучая морфологические взаимоотношения структур передней и задней камер, отмечал, что пространственные взаимосвязи между отростками цилиарного тела и радужной оболочкой варьируют у пациентов с глаукомой. Учитывая, что расположение отростков цилиарного тела по отношению к корню радужки, вершине угла передней камеры (УПК) методом УБМ не изучали, была определена цель

настоящего исследования – изучить методом УБМ особенности строения задней камеры глаза у здоровых соматически и офтальмологически лиц.

Материал и методы

Обследовано 50 пациентов (100 глаз) в возрасте 45–55 лет.

Офтальмологические методы исследования включали: определение остроты зрения и рефракции, биомикроскопию переднего отрезка глаза, гониоскопию, офтальмоскопию. УБМ выполняли на аппарате Paradigm P60, определяя следующие параметры (рис. 1):

1 – глубина передней камеры от эндотелия роговицы до капсулы хрусталика в оптическом центре;

2 – толщина корня радужки в прикорнеальной зоне в 250 мкм от склеральной шпоры;

3 – дистанция «трабекула – радужка» от эндотелия роговицы до передней поверхности радужки в 250 мкм от склеральной шпоры;

4 – дистанция «трабекула – радужка» от эндотелия роговицы до передней поверхности радужки в 500 мкм от склеральной шпоры;

5 – дистанция «трабекула – цилиарные отростки» от эндотелия роговицы через радужку в 250 мкм от склеральной шпоры;

6 – дистанция «трабекула – цилиарные отростки» от эндотелия роговицы через радужку в 500 мкм от склеральной шпоры;

7 – глубина предкаринизной бухты задней камеры (пространство между задней поверхностью радужки и передней поверхностью ближайшего отростка цилиарного тела) в 250 мкм от склеральной шпоры;

8 – глубина предкаринизной бухты задней камеры в 500 мкм от склеральной шпоры;

9 – глубина задней камеры – дистанция от задней поверхности радужки до первого визуализируемого волокна цинновой связки.

Результаты и обсуждение

Традиционные офтальмологические методы исследования подтвердили, что обследуемые пациенты офтальмологически здоровы. Острота зрения с коррекцией или без неё была 1,0. Длина глазного яблока по данным эхобиометрии в среднем

составила 23,9–24,1 мм, при эметропии или аметропии не более 1,0 дптр. Биомикроскопия и гониоскопия не выявили признаков дистрофии радужки. Офтальмоскопия показала, что у всех исследованных – диск зрительного нерва бледно-розовый, границы четкие, калибр ретинальных сосудов в норме. В макулярной области и на периферии признаков хориоретинальной дистрофии не выявлено. Внутриглазное тонометрическое давление в пределах 18–20 мм.рт.ст. Периферические границы поля зрения в диапазоне 500–510° (суммарно по 8 меридианам). УБМ позволила выявить ряд отличительных признаков в анатомическом строении задней камеры. В результате анализа показателей УБМ установлено, что расстояние между передней поверхностью цилиарных отростков и задней поверхностью радужки (так называемая предкарнизная бухта) варьирует в достоверных пределах. Это позволило выделить три варианта анатомического строения задней камеры по следующим критериям:

- расположение отростков цилиарного тела по отношению к вершине угла передней камеры и корню радужки.

- глубина предкарнизной бухты задней камеры.

Для 1-го варианта строения задней камеры было характерно, что отростки цилиарного тела незначительно ротированы кпереди и располагаются в проекции корня радужки (рис. 1).

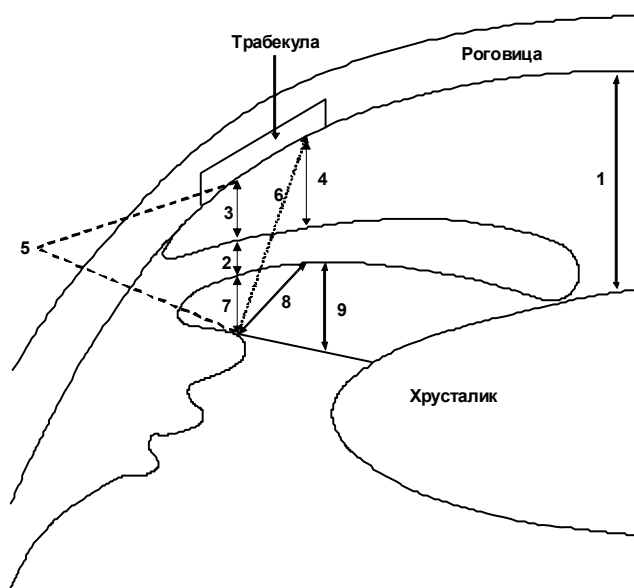


Рис. 1 Схема УБМ переднего отрезка глаза

Для 2-го варианта строения задней камеры было характерно расположение отростков цилиарного тела на уровне вершины угла передней камеры (рис. 2).

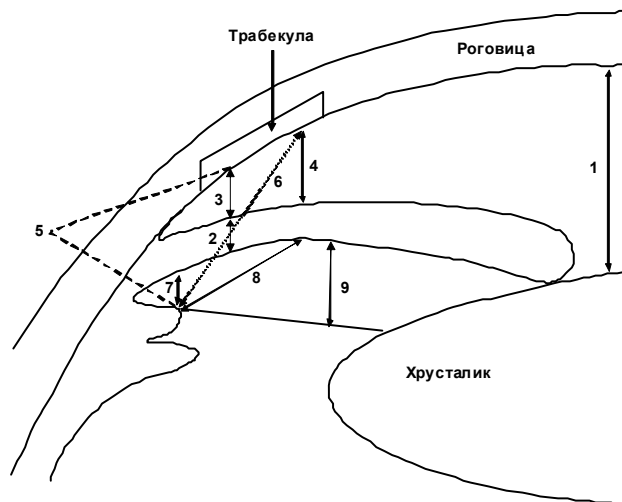


Рис. 2. Второй вариант строения задней камеры

Для 3-го варианта строения задней камеры было характерно переднее расположение отростков по отношению к вершине угла передней камеры, отростки располагаются в проекции задней поверхности радужки с очень мелкой предкарнизной бухтой (рис. 3).

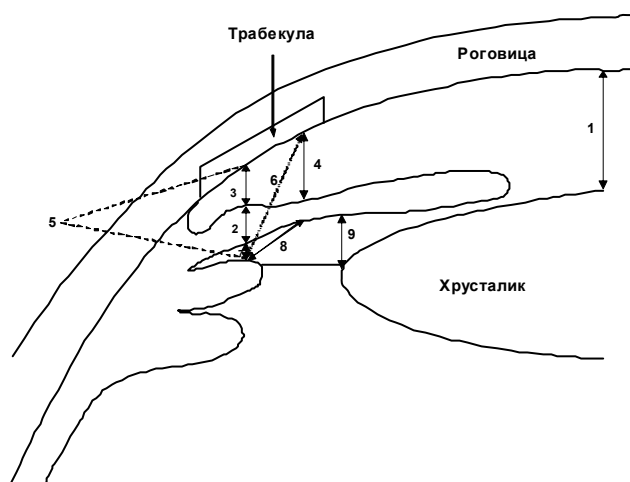


Рис. 3. Третий вариант строения задней камеры

Цифровые значения параметров передней и задней камеры трех вариантов строения иридоцилиарной системы глаза представлены в таблице.

Анатомические параметры трех вариантов строения иридоцилиарной системы глаза у здоровых лиц

Показатель М ± m (мм)	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
1 – глубина передней камеры	2,42 ± 0,09	2,40 ± 0,08	2,28 ± 0,06
2 – толщина корня радужки	0,374 ± 0,008	0,362 ± 0,009	0,392 ± 0,004
3 – дистанция «трабекула – радужка» в 250 мкм	0,140 ± 0,005	0,129 ± 0,004	0,165 ± 0,009
4 – дистанция «трабекула – радужка» в 500 мкм	0,260 ± 0,006	0,198 ± 0,007	0,180 ± 0,008
5 – дистанция «трабекула – цилиарные отростки» в 250 мкм	1,165 ± 0,04	1,271 ± 0,04	0,886 ± 0,008
6 – дистанция «трабекула – цилиарные отростки» в 500 мкм	1,355 ± 0,08	1,364 ± 0,08	0,892 ± 0,004
7 – глубина предкарнизной бухты в 250 мкм	0,651 ± 0,009	0,781 ± 0,008	0,325 ± 0,007 *
8 – глубина предкарнизной бухты в 500 мкм	0,726 ± 0,006	0,810 ± 0,005	0,293 ± 0,009 *
9 – глубина задней камеры	0,692 ± 0,004	0,714 ± 0,002	0,310 ± 0,009 *

«*» – различия показателей достоверны

Представленное в таблице соотношение структур при 1-м варианте строения иридоцилиарной системы было самое частое и определялось в 72 % случаев. При 2-м варианте глубина предкарнизной бухты больше, чем при 1-м варианте, а глубина передней камеры достоверно не отличалась ($p > 0,05$). Такое соотношение структур иридоцилиарной системы наблюдали в 20 % случаев. При 3-м варианте предкарнизная бухта в 1,5–2 раза мельче, чем в первых двух вариантах и такое ее строение наблюдали в 8 % случаев.

Выводы

1. УБМ позволяет количественно оценить параметры структур передней и задней камеры глаза.
2. Предкарнизная бухта задней камеры и расположение цилиарных отростков варьирует у здоровых лиц.
3. Анатомо-топографическое строение структур иридоцилиарной системы глаза может иметь три варианта.

Abstract

By the ultrasonic biomicroscopy method we studied the anatomy parameters of the iridociliary system of the eye of the 45 to 55 year old healthy persons. We determined the possibilities of the anatomy structure based on 3 variants of position of the processus of the ciliary body with respect to the angle top of the anterior chamber and iridal roots. In 72% of cases we determined the 1-st variant where the processus of the ciliary body were positioned non-significantly to the front from the angle top of the anterior chamber in projection of the iridal roots and the pre-cornice cove was of middle depth. In 20% of cases we observed the 2-nd variant where the processus of the ciliary body were positioned at the level of the angle top of the anterior chamber and the pre-cornice cove was deep. In 8% of cases we came across the 3-d variant of the anatomy structure of the iridociliary system where the processus were significantly rotated to the front and pre-cornice cove was shallow.

Литература

1. Егорова Э.В., Бессарабов А.Н., Узунян Д.Г. Анатомо-топографические особенности глаз при

различных видах рефракции и их изменения при глаукоме по результатам ультразвуковой биомикроскопии // Глаукома. 2006. №2. С.17–23.

2. Нестеров А.П. Глаукома. М., 1995.

3. Тахчиди Х.П., Ходжаев Н.С., Егорова Э.В. и др. Ультразвуковая биомикроскопия в интерпретации морфологических изменений структур дренажных путей при нормализованном ВГД после непроникающей глубокой склерэктомии // Офтальмохирургия. 2006. №3 С. 30–36.

4. Узунян Д.Г. Ультразвуковая биомикроскопия в оценке эффективности непроникающей глубокой склерэктомии: Автореф. дис. ...канд.мед.наук. М., 2007.

5. Ходжаев Н.С., Тимошкина Н.Т., Узунян Д.Г. Возможности ультразвуковой биомикроскопии в диагностике различных форм глаукомы // Глаукома. 2004. №4. С. 3–5.

6. Pavlin C.J., Harasiewicz K., Foster F.S. Ultrasound biomicroscopy of anterior segment structures in normal and glaucomatous eyes // Am. J. Ophthalmol. 1992. Vol. 113. P. 381–389.

Кафедра глазных болезней № 2 Ростовского государственного медицинского университета

Статья поступила в редакцию 12.12.08

МЕТОДЫ, СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ, МОНИТОРИНГА, ПРОГНОЗА И КОРРЕКЦИИ ЗДОРОВЬЯ

УДК 612.82

Т.Н. БАЛИНА

ДИАГНОСТИКА ХРОНИЧЕСКОГО
УТОМЛЕНИЯ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОЙ
СТАБИЛОГРАФИИ

Реферат

В данной работе обосновывается возможность диагностики хронического утомления методом компьютерной стабیلoграфіи. Выдвинуто предположение, что применение стабیلoграфіи с этой целью существенно экономит время испытуемых и устраняет элемент субъективизма при диагностике. Проведено сравнительное исследование показателей хронического утомления, полученных в результате применения методики А.Б. Леоновой «Степень хронического утомления» и в результате стабیلoграфіи. Данные, полученные с применением этих двух способов диагностики, не обнаружили статистически достоверных различий, на основании чего сделан вывод, подтверждающий гипотезу.

Стабیلoграфія – это метод диагностики и коррекции нарушений функции равновесия в неврологии, психологии, нейрохирургии, отоларингологии,

мануальной терапии, ортопедии, травматологии, лечебной физкультуре и других смежных специальностях. Кроме того, стабیلoграфія позволяет осуществлять реабилитацию больных с нарушением функции равновесия, а также двигательной системы на основе биологической обратной связи [4].

С каждым годом метод компьютерной стабیلoграфіи все чаще применяется для донозологического выявления отклонений в здоровье сотрудников различных предприятий, где имеют место экстремальные виды деятельности, существует вероятность травматизма, проявляется высокий уровень профессионального выгорания. Широкое распространение метод стабیلoграфіи получил при осуществлении преддопускового контроля к профессиональной деятельности у летчиков, машинистов, спортсменов.

Это стало возможным в результате научных разработок, позволивших, используя стабیلoплатформу, создать методику оперативной оценки функционального состояния, которая строится на основе оценки качества функции равновесия. Показатель качества функции равновесия введен кандидатом медицинских наук, профессором Военно-медицинской академии и МАПО (г. Санкт-Петербург) В.И. Усачевым совместно с разработчиками стабیلoанализатора ЗАО «ОКБ "РИТМ"». Этот показатель вычисляется по оригинальной методике с элементами векторного анализа стабیلoграмм.

Методика защищена патентом Российской Федерации и стала основой предрейсового и предсменного контроля.

Методика оперативной оценки функционального состояния человека успешно апробирована в обследовании летного состава в малой авиации, а также в обследовании локомотивных бригад на железнодорожном транспорте, водителей трамваев в г. Санкт-Петербурге, работников энергетических комплексов. Эффективной оказалась оценка отклонений показателей, получаемых в процессе обследования, от ранее сформированных индивидуальных показателей этого же человека. Наличие и выраженность отклонений свидетельствует о существовании неблагоприятных функциональных изменений в психическом и соматическом состоянии человека. Так, например, описаны возможности выявления абстинентного синдрома, соматических расстройств, острого физического, либо умственного утомления.

В данной работе нами предпринята попытка обоснования возможности диагностики хронического утомления методом компьютерной стабیلлографии. Своевременное выявление симптомов хронического утомления имеет важное значение для профилактики травматизма, профессионального выгорания, поддержания высокой производительности труда и психологического комфорта работающего человека [3]. Как указывают А.Б. Леонова, В.И. Медведев, отличительной чертой хронического утомления является его длительное «подспудное» накопление, которое появляется чаще всего только в различных субъективных жалобах, ощущении общей физической усталости [1]. Оно долгое время не имеет объективно регистрируемых проявлений. Когда же хроническое утомление достигает высокого уровня, распад деятельности и ухудшение здоровья могут проявиться в форме массивного «обвала». Поэтому своевременная диагностика развития хронического утомления чрезвычайно важна для организации профилактических и коррекционных мероприятий по поддержанию общей трудоспособности человека.

При поддержке гранта РФФИ №02-06-80189 А.Б. Леоновой разработан опросник «Степень хронического утомления», который включает 36 развернутых утверждений, соответствующих наиболее типичным проявлениям хронического утомления [2]. Работа с данной методикой у испытуемых

занимает 20–25 мин. Кроме того, многократное применение опросника (с целью отслеживания динамики хронического утомления), снижает интерес к тестированию, испытуемые начинают отвечать формально, что снижает диагностическую ценность результатов.

Нами выдвинуто предположение, что применение метода компьютерной стабیلлографии для диагностики хронического утомления существенно экономит время испытуемых (стабیلлографический тест длится 2 мин) и устранит элемент субъективизма. Проверить это предположение удалось в рамках научного сотрудничества с ЮЗЭС г. Таганрога, где было проведено сравнительное исследование показателей хронического утомления, полученных после применения методики А.Б. Леоновой «Степень хронического утомления» и в результате стабیلлографии.

На первом этапе исследовательской работы сотрудники ЮЗЭС, работающие не более трех месяцев и вновь поступающие на работу сотрудники, деятельность которых требует обязательного преддопускового контроля, прошли медицинский отбор, собеседование с психологом и тестирование по методике А.Б. Леоновой. Сотрудники, явившиеся здоровыми по результатам медосмотра, не обнаружившие признаков хронического утомления и не имеющие психологических проблем, которые могли бы снизить их работоспособность, выступили в качестве объекта данного исследования. Возраст испытуемых – от 25 до 45 лет, общее количество – 30 человек.

Отобранные таким образом испытуемые приняли участие в исследовании методом компьютерной стабیلлографии. Они прошли 4 стабیلлографических теста, которые проводились утром два раза в неделю в среду и пятницу в течение двух недель.

Использовалась стабیلлографическая платформа с радиусом поля регистрации координат центра давления 150 мм и допустимым отклонением в оценке координат центра давления не более 2 %. Самый большой диапазон оценки координат центра давления, оказываемого человеком на рабочую поверхность стабیلлоплатформы, реализован в стабیلлоанализаторе «Стабилан 01», который доведен до круга радиусом 200 мм. Достигнуто это за счет использования четырехопорного варианта стабیلлоплатформы. В сравнении с трехопорным вариантом четырехопорный, при равных габаритах,

имеет радиус поля регистрации центра давления больше в два раза, а площадь этого поля – примерно в три раза.

В стабилотестере предусмотрена операция «центрирования», т.е. совмещение математического ожидания положения центра давления с центром осей координат по всему полю регистрации, что не выявлено ни у отечественных, ни у зарубежных аналогов.

Главное достоинство стабилотестера с большим радиусом поля регистрации центра давления в сочетании с широким диапазоном «центрирования» состоит в снятии ограничений в установке ступней ног испытуемого. Это позволяет существенно упростить многие методики и повысить эффективность стабилотестирования исследований и тренинга, что важно в спорте, например в тяжелой атлетике, стрельбе, биатлоне, и при реабилитации больных с нарушениями опорно-двигательного аппарата, а также предрейсового и допускового контроля.

В данном исследовании оценивалась статистическая стабильность вертикального положения при спокойном состоянии с открытыми глазами (по площади статокинезиграммы) и динамическая стабильность с помощью теста на устойчивость, позволяющего определить запас устойчивости человека при произвольном смещении корпуса в каждом из четырех направлений: вперед, назад, вправо и влево (максимальное расстояние в мм).

Количественная оценка функции поддержания вертикальной позы осуществлялась методом компьютерной стабилотестирования с помощью стабилотестера компьютерного с биологической обратной связью «Стабилан-01», разработанного ЗАО ОКБ «РИТМ» (г. Таганрог).

Исследование происходило в процессе выполнения оперативными сотрудниками ЮЗЭС двух компьютерных стабилотестировочных игр «Мячики» и «Кубики». Две игры введены для исключения эффекта тренировки. Принцип выполнения обеих игр примерно одинаков. Сотрудник должен, стоя на стабилотестировочной платформе перед монитором, посредством перемещения корпуса относительно стоп совмещать свой центр давления, демонстрируемый ему на экране в виде курсора, с мишенью и далее перемещать ее в обозначенное место. Радиус поля координат, в котором разворачивался игровой сюжет, составлял ± 64 мм от реального положения центра давления человека.

Две компьютерные игры отличались по форме их выполнения. Так, в игре «Мячики» мишень возникала в случайной последовательности в различных частях экрана, и далее должна быть доставлена в одну из трех расположенных в ряд и обозначающихся также случайно корзинок. Диаметр корзины соответствовал 43-44 мм реального смещения центра давления. Игра направлена на обучение общей стратегии управления позой.

В игре «Кубики» мишень постоянно возникала в одном и том же месте, в верхней части экрана и потом переносилась испытуемым вниз для выравнивания строки. Ширина каждого «кубика» составляла 25-26 мм соответствующего реального смещения центра давления испытуемым. Игра направлена на формирование новой тонкой позной координации.

За каждую правильно выполненную двигательную операцию (попадание мяча в корзину или укладывание кубика в строчку) начислялся 1 балл, после чего двигательное задание повторялось. От испытуемого требовалось набрать максимально возможное количество баллов за две минуты игрового времени. В нашей выборке максимальное количество баллов равнялось 15.

Перед каждым стабилотестировочным тестом проводилась беседа с испытуемым. Беседа состояла из нескольких вопросов, таких как: «Как вы себя чувствуете?», «Вы ощущаете чувство усталости?», «Все ли в порядке у Вас дома?», «Все ли в порядке со здоровьем?», «Не было ли у Вас вчера событий, которые могли бы вывести Вас из нормального состояния?» и т.д. Все ответы письменно фиксировались и, в зависимости от ответа респондента, могли быть заданы еще несколько уточняющих вопросов, выявляющих какие-либо нарушения.

Средние арифметические показатели по результатам 4 тестов были сохранены в электронной базе данных. Таким образом создавался эталонный показатель оптимального функционального состояния работника.

Второй этап исследования начался спустя 8 месяцев. За это время испытуемые осуществляли непрерывную трудовую деятельность, т.е. никто из них не был в отпуске. Все испытуемые прошли повторное тестирование по методике А.Б. Леоновой «Степень хронического утомления». Полученные данные переводились в пятиуровневую шкалу по следующему принципу:

- отсутствие хронического утомления 0–17 баллов = уровень 1,
- начальная стадия 18–26 баллов = уровень 2,
- выраженная стадия 27–37 баллов = уровень 3,

- сильная стадия 38–48 баллов = уровень 4,
- патология 49–72 балла = уровень 5.

Результаты повторного тестирования по методике «Степень хронического утомления» представлены на рис. 1.

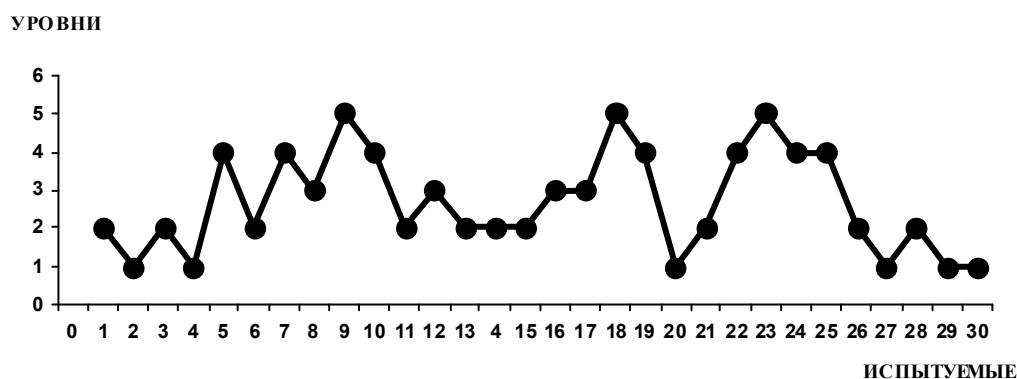


Рис. 1. Данные тестирования по методике «Степень хронического утомления»

По результатам тестирования можно считать входящими в зону риска тех сотрудников, у которых степень хронического утомления достигла и превысила третий уровень. Таких сотрудников оказалось 14 человек, что составляет практически половину испытуемых.

Далее, в течение двух недель испытуемые вновь обследовались методом компьютерной стабильности: прошли 4 стабильностных теста. Процедура полностью соответствовала той, что описана в рамках первого этапа исследования. Средние арифметические показатели четырех замеров первого этапа исследования сравнивались со средними арифметическими

показателями, полученными на втором этапе исследования путем вычисления разности между ними.

Полученные данные переводились в пятиуровневую шкалу по следующему принципу:

- отсутствие хронического утомления, если разность ≤ 2 = уровень 1,
- начальная стадия 3–5 = уровень 2,
- выраженная стадия 6–8 = уровень 3,
- сильная стадия 9–11 = уровень 4,
- патология 12–15 = уровень 5.

Результаты повторного тестирования по методу компьютерной стабильности представлены на рис. 2.

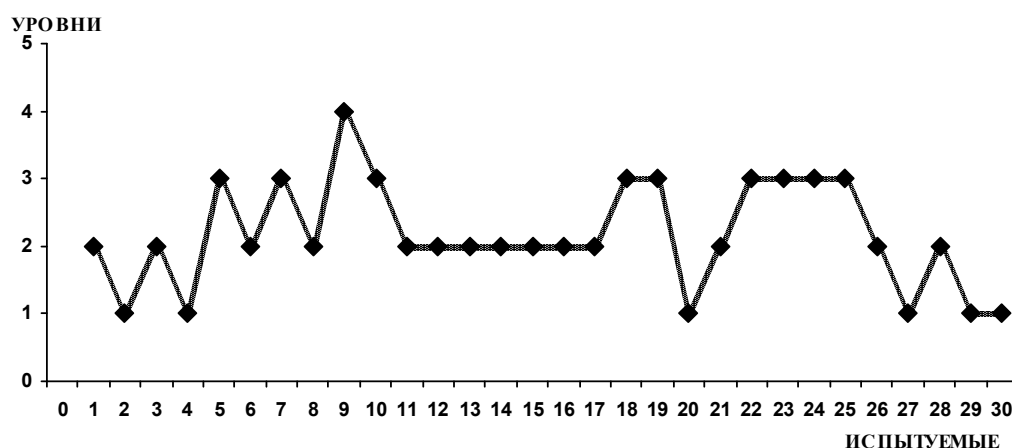


Рис. 2. Данные компьютерной стабильности

В данном случае в группу риска вошло 10 человек. Их психофизиологические показатели выше установленных норм. Для того чтобы убедиться, что полученные данные свидетельствуют именно о высоком уровне хронического утомления, а не являются следствием других психологических, социальных или соматических факторов, использованы результаты диагностических бесед. В них не было выявлено никаких отклонений, встречались лишь жалобы на усталость, затрудненность мыслительной деятельности, желание побыть наедине. По сути, это симптомы хронического утомления [1].

Кульминацией данной исследовательской работы явилось сравнение конечных показателей, полученных по методике «Степень хронического утомления» и методу компьютерной стабิโลграфии. Нас интересовали вопросы: попали ли в зону риска по результатам этих тестирований одни и те же

сотрудники; совпадают ли уровни хронического утомления отдельных сотрудников, полученные разными способами.

Для ответа на поставленные вопросы данные, полученные двумя разными способами, были обработаны с помощью методов математической статистики, в частности с применением критерия Пирсона χ^2 .

$$\chi^2_{\text{эмп.}} = 3,38; \chi^2_{\text{кр.}}(0,01) = 13,3; \chi^2_{\text{кр.}}(0,05) = 9,5.$$

Так как $\chi^2_{\text{эмп.}}$ меньше $\chi^2_{\text{кр.}}$ даже на низком уровне достоверности, можно убедительно говорить, что различия недостоверны, т.е. данные по методике «Степень хронического утомления» и результаты диагностики хронического утомления методом компьютерной стабิโลграфии значимо не отличаются, что подтверждает выдвинутую гипотезу. Наглядно это продемонстрировано на рис. 3, где полученные диаграммы практически копируют одна другую.

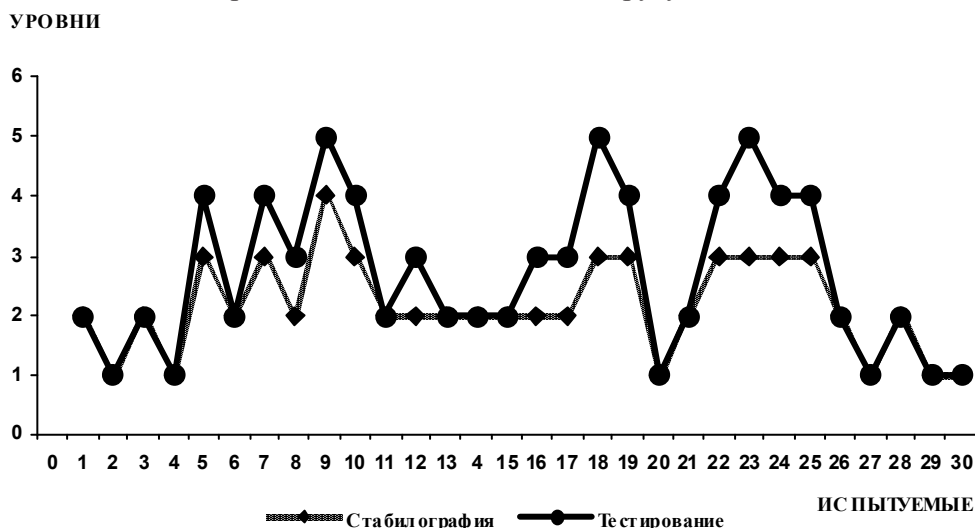


Рис. 3. Сводные данные эмпирического исследования

При внимательном рассмотрении наложенных друг на друга диаграмм можно заметить, что пятый уровень, соответствующий самой высокой степени хронического утомления, проявлялся при диагностике по методике А.Б. Леоновой и не был выявлен методом компьютерной стабิโลграфии. Это можно объяснить, с одной стороны, наличием игровой мотивации при выполнении стабิโลграфических тестов, с другой – влиянием субъективно переживаемого чувства усталости при заполнении опросника «Степень хронического утомления», где испытуемые сами характеризовали свое состояние, субъективно переживаемое как неблагоприятное.

Сказанное позволяет сделать вывод, что ко всем достоинствам компьютерной стабิโลграфии (экономия во времени, компьютерная обработка данных, интересная процедура выполнения), можно отнести еще и большую объективность получаемых результатов.

На основании вышеизложенного следует заключить, что метод компьютерной стабิโลграфии валиден в отношении диагностики степени хронического утомления при условии наличия исходных показателей оптимального функционального состояния человека.

Abstract

The article provides rationale for the possibility of diagnostics of chronic fatigue by the method of computer stabilography. It is assumed that the use of stabilography for this purpose will considerably save time of a subject and will eliminate the subjectivity element during the diagnostics. The author conducts the comparative analysis of the chronic fatigue indicators, obtained from the technique of A.B.Leonova "The degree of chronic fatigue", and as a result of stabilography. The fact that the findings, gained through these two ways of diagnostics, do not demonstrate statistically valid differences, leads to the conclusion confirming the hypothesis.

Литература

1. Леонова А.Б., Медведев В.И. Функциональные состояния человека в трудовой деятельности. М., 1981.
2. Практикум по инженерной психологии и эргономике / Под ред. Ю.К. Стрелкова. М., 2003.
3. Психология состояний: Хрестоматия/Под ред. А.О. Прохорова. М.; СПб., 2004.
4. Слива С.С. Биологическая обратная связь на основе методов и средств компьютерной стабилографии // Биоуправление-4: Теория и практика. Новосибирск, 2002.

Таганрогский институт управления и экономики

Статья поступила в редакцию 12.12.08

УДК 612.821.6

Д.С. МЕДВЕДЕВ, А.Г. СУХОВ
МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГИСТРАЦИИ
И АНАЛИЗА ПОВЕДЕНИЯ ЖИВОТНЫХ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ МЕХАНИЗМОВ
АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА
В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ВАЛЕОЛОГИИ

Реферат

Разработан программно-аппаратный метод регистрации в реальном времени и анализа поведен-

ческой активности крыс в тесте открытого поля с возможностью предъявления различных стимулов в управляемом от ЭВМ эксперименте на разных этапах поведения животного: при достижении определенной скорости передвижения, при достижении заданных на полигоне координат, при выполнении вертикальных стоек или по результатам текущего анализа ЭЭГ от второго компьютера. Данный метод может эффективно использоваться для решения самых различных задач экспериментальной валеологии при фундаментальных исследованиях механизмов регуляции различных систем организма животных и их адаптации к действию физико-химических факторов внешней среды.

Поведение животных является тонким индикатором деятельности мозга и его функционального состояния. Необходимость объективной регистрации общего поведения животных, а также отдельных двигательных актов, их скорости, длительности, последовательности существует в физиологических, биологических и валеологических исследованиях при изучении характера действия различных физических и химических факторов и механизмов адаптационных процессов.

Оптимальный метод исследования поведения, не стесняя движений животного, должен обеспечивать достаточную длительность регистрации, точность определения пространственных координат и времени передвижения, выделение различных двигательных актов в режиме реального времени для обеспечения возможности предъявления заданных стимулов на заранее определенных этапах поведения в рамках управляемого от ЭВМ эксперимента. Метод должен допускать возможность гибко изменять параметры регистрации, обеспечивать формализацию результатов автоматической регистрации поведения при различной степени усреднения с целью сведения большого разнообразия поведенческих актов к ограниченному числу переменных для их последующего статистического анализа.

Анализ публикаций свидетельствует о том, что до настоящего времени нет достаточно простой и надёжной методики регистрации поведения животных, в частности, наиболее распространенных из них – лабораторных крыс, в связи с чем в большинстве работ по-прежнему используется традиционный метод открытого поля с регистрацией различных форм поведения крыс самим экспериментатором.

В попытках исключить участие человека, как инерционного и субъективного звена регистрации, были разработаны методики с применением фотографического способа регистрации, в частности для крыс [4] или с использованием видеокамер [3]. Однако эти методы имеют свои недостатки: они позволяют подробно документировать поведение крыс, но в дальнейшем анализе в выделении поведенческих актов также требуется участие человека. Использование видеоинформации с последующим машинным анализом позволяет выделять достаточно большое количество поз и поведенческих актов, но накладывает ограничение в расположении предметов и перегородок, которые не должны перекрывать обзор камеры и скрывать хотя бы часть животного. Кроме того, такой метод требует постоянного достаточно яркого освещения, что само по себе сказывается на поведении крыс – нормных животных, избегающих ярко освещенных открытых пространств.

В ряде разработок для автоматической регистрации передвижения крыс в открытом поле полигон разбивался на 25 изолированных квадратов [6]. Каждый квадрат имел свои контакты, которые замыкались при наступании крысы на квадрат, а момент замыкания и размыкания регистрировались. Этот метод обеспечивал автоматическую регистрацию перемещения крыс в открытом поле, скорость перемещения, путь и траекторию движения, однако, имел низкую точность определения местоположения животного, которая была ограничена размерами квадратов.

Более высокая точность регистрации двигательной активности крысы в клетке 40х40 см была достигнута в работе Ossenkopp a.o. [5], где были использованы инфракрасные датчики с интервалом размещения 2,54 см по периметру клетки. Максимальная, до 1 мм, точность пространственного расположения центра тяжести крысы в клетке размером 30х40 см была достигнута в предыдущей разработке нашего отдела 1996 г. с использованием трёхкомпонентного силомоментного датчика [1, 2]. Последующая обработка данных позволяла выделять до 15 различных показателей поведенческой активности крысы, однако анализ проводился в апостериорном режиме и, кроме того, не регистрировались вертикальные стойки животного. С целью устранения этих недостатков и обеспечения возможности сопоставления результатов автоматического

анализа с данными широко используемого метода открытого поля мы провели дальнейшее усовершенствование этого метода.

Описание метода

Значительная часть методов исследования двигательной активности животных может основываться на информации о силовых взаимодействиях объекта с окружающей средой. Первичные источники информации о таких взаимодействиях обычно включают в состав экспериментального стенда, что позволяет проводить исследования в условиях свободного поведения животных. Регистрируя силовые и весовые реакции оцущствлённых элементов экспериментального стенда, возникающие при перемещении животных и их контактах с окружающей средой, экспериментатор получает информацию о положении объекта в каждый момент времени. Разные уровни необходимой детализации этой информации достигаются применением первичных преобразователей, различающихся как размерами чувствительных поверхностей и силовоспринимающих элементов, так и уровнями входных силовых воздействий. Сигналы с первичных преобразователей через усилитель и плату аналого-цифрового преобразователя записываются на жесткий диск компьютера для последующей оценки характеристик поведения и интегральных показателей двигательной активности животного.

Описание экспериментального стенда

Экспериментальный исследовательский стенд для наблюдения естественного поведения животного состоит из весокоординатной платформы, усилителя сигналов датчиков, устройства регистрации вертикальных стоек крысы, платы ввода-вывода сигналов L-761 фирмы «LCard», компьютера и программного обеспечения. Весокоординатная платформа установлена на трёх тензометрических, однокомпонентных датчиках веса, разработанных НИИ нейрокибернетики им. А.Б. Когана. Устройство регистрации вертикальных стоек состоит из набора инфракрасных светодиодов с одной стороны платформы и набора фотодиодов с другой, установленных на высоте 8 см от уровня платформы. Устройство регистрации отмечает появление стойки крысы в любой части платформы. Плата

L-761 – 16-канальный 14-разрядный аналогоцифровой преобразователь для оцифровки и ввода сигналов в компьютер. Эта плата также содержит выходные ТТЛ и ЦАП порты для осуществления автоматического управления различными стимулами.

Для анализа двигательной активности, характеризующейся большой площадью сцены типа открытого поля и значительными длинами траекторий движения, используется многокомпонентная (вес и моменты) весокоординатная платформа (ВКП). Она позволяет получать значения массы и координат в горизонтальной проекции центра тяжести животного, находящегося на ее опорной поверхности. Среди требований, предъявленных к ВКП, важнейшими являются: независимость результатов измерения массы от места приложения нагрузки и влияния боковых сил и моментов, минимизация

нелинейности и гистерезиса рабочих характеристик, высокая собственная частота и защищенность информационных сигналов от влияния вибрационных воздействий.

Во избежание влияния изменения температурных условий эксплуатации, натягов и зазоров при монтаже, а также для обеспечения стабильности измерительных свойств во времени выбрана внешне статически определяемая схема конструкции ВКП с тремя измерительными узлами. Измерительные узлы 2 состоят из тензометрических датчиков вертикальной компоненты силового воздействия, приложенного к опорной плите 3 (рис. 1). Они соединены с ней через упругие шарниры для ослабления влияния на датчики крутящих моментов. Датчики располагаются на основании 1, представляющем собой раму с виброгасящими опорами.

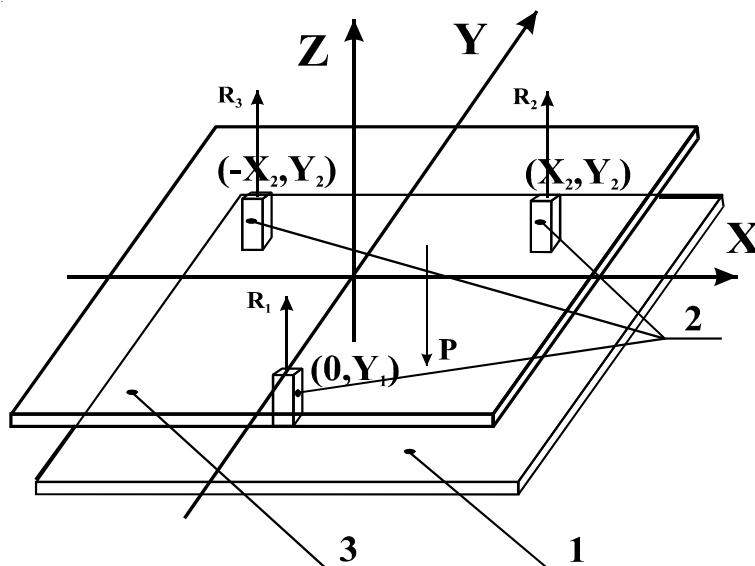


Рис. 1. Схема платформы регистрации двигательной активности крыс

Обработка сенсорной информации с помощью специализированного программного обеспечения позволяет получать погрешность измерения массы не более $\pm 0,008$ кг при погрешности определения координат центра массы не более ± 2 мм для ВКП с размером опорной плиты 500 x 500 мм и номинальной нагрузкой 3 кг. Платформа рассчитана для работы с полигоном типа открытое поле с возможностью регистрации как на свету, так и в темноте, что особенно важно при работе с крысами, которые ведут ночной образ жизни. Принцип работы ВКП позволяет размещать в открытом

поле лабиринты и закрытые боксы с отверстиями, имитирующие естественные укрытия, и регистрировать поведенческую активность животного внутри них, что невозможно при использовании методов, использующих видеозапись.

Программное обеспечение

Программное обеспечение состоит из программы регистрации двигательной активности – RatVisor, программы просмотра побегов – RatViewer и программы обработки – RatDim.

Программное обеспечение работает в среде Windows. Программа RatVisor регистрирует перемещения крысы в реальном времени с отображением на экране монитора местоположения и стоек крысы. Точность регистрации составляет 1 мм, период опроса АЦП от 5 мс. Координаты центра тяжести животного сглаживаются методом скользящего среднего для исключения случайно и резонансно возникающих колебаний центра тяжести (например, дыхание, колебания центра тяжести при движении) и получения более плавных траекторий движения. Одновременно с получением текущих координат вычисляется мгновенная скорость движения объекта. По результатам анализа координат и скорости могут выдаваться стимулирующие воздействия. Используются стимулы 4 типов: при выполнении крысой стоек, при появлении крысы в определенных координатах (XY-стимулы), по скорости ее передвижения (V-стимулы) и ручной стимул, который запускается экспериментатором. XY-стимулы и V-стимулы могут состоять из серии стимулов (максимальное количество – 256). Для каждого XY-стимула задаются координаты области стимуляции на платформе. При попадании объекта в заданную область выдается стимул. Области могут пересекаться, располагаться одна внутри другой, быть полностью независимыми и т. д. Для каждого стимула задается выход, по которому будет подан стимул. Продолжительность стимула, общая для всех воздействий, задается перед проведением опыта. Для ЦАПов задается также уровень выходного сигнала.

В случае длительной регистрации побегов при заполнении буфера в оперативной памяти программы сохраняет эти данные на жестком диске и продолжает ввод, что позволяет проводить длительные регистрации, до нескольких суток. Одновременно с вводом двигательной активности, стоек и отметок стимулов, по свободным каналам (общее количество каналов – 16) можно вводить электроэнцефалограмму, электрокардиограмму и пневмограмму. Обработка ЭЭГ данной программой в реальном времени не предусмотрена. ЭЭГ может быть обработана апостериорно или в режиме реального времени с использованием еще одного компьютера с параллельной регистрацией ЭЭГ или ВП с дополнительным программным обеспечением. Программа RatViewer позволяет просматривать пробежки крысы как во время опыта, так и после

эксперимента, с отображением моментов стимуляции и стоек. Возможно визуализировать как весь файл сразу, так и частично, задавая временное окно, границу которого можно изменять. Программа позволяет сохранить изображение побегов в виде BMP-файла или переносить его в другие пакеты через буфер обмена Windows. Программа также осуществляет вывод изображения на принтер. Эти возможности ПО существенно упрощают создание иллюстративного материала и подготовку отчетов (рис. 2). Программа RatDim позволяет выявлять и апостериорно анализировать различные двигательные акты: стойки, покой, движение, локальную деятельность (почесывание, умывание, прием пищи). Результаты оформляются в виде таблицы: определенное состояние, его начальный момент, длительность, координаты центра тяжести, путь, скорость. Данная программа выдает интегрированные характеристики поведения – суммарный путь, общее время нахождения в различных состояниях и т. д. Полученные данные могут быть экспортированы в пакет статистической обработки для дальнейшего анализа.

Методика регистрации поведения

Перед проведением эксперимента проводится «обнуление»: платформа освобождается от груза (животное) и выставляются нули усилителей. Определяются «нулевые» значения сигналов с трех датчиков a_{10} , a_{20} , a_{30} . Это необходимо для стандартизации начальных условий измерений, так как может измениться вес платформы в работе с различными экспериментальными клетками или полигонами, например, если оснастить платформу дополнительными приспособлениями (кормушка, поилка, лабиринт и т. д.). Затем проводится нормировка преобразования для каждого датчика. Для этого поочередно каждый датчик нагружается грузом известной массы P_0 (в этом случае вес на датчике является весом на платформе P), получают значения сигналов с датчиков a_1 , a_2 , a_3 , вычисляется коэффициент пропорциональности между весом на датчике и выходным сигналом $k_i = (a_i - a_{i0}) / P_0$.

Получение координат объекта осуществляется из условия равновесия платформы – вес объекта равен сумме реакций опор всех трех датчиков столба. Поясним подробнее. Пусть X, Y – координаты

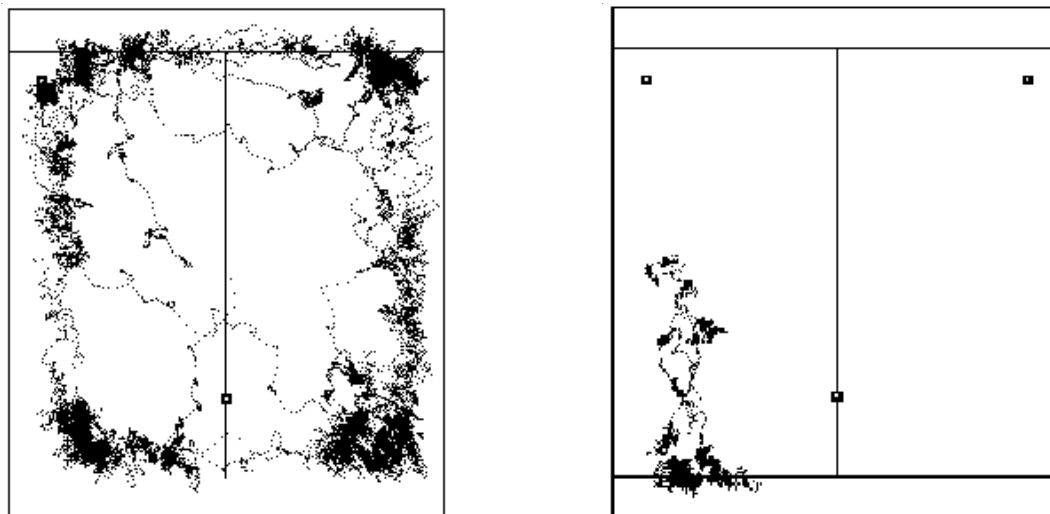


Рис. 2. Пример изменения функционального состояния и поведенческой активности крысы после проведения сеанса транскраниальной магнитной стимуляции

А – побежки крысы до стимуляции; Б – поведение крысы после стимуляции

объекта, P – вес объекта. R_1, R_2, R_3 – реакция опор соответствующих датчиков. $P = R_1 + R_2 + R_3$.

Пусть $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3)$ – координаты датчиков. В силу конструктивных особенностей столика $X1=0, Y2=Y3, X3=-X2$ (см. рис. 1). Исходя из вышеупомянутого правила, получаем следующие выражения:

$$\begin{aligned} X * P &= X_1 * P_1 + X_2 * P_2 + X_3 * P_3 = (P_2 - P_3) * X_2; \\ Y * P &= Y_1 * P_1 + Y_2 * P_2 + Y_3 * P_3 = P_1 * Y_1 + (P_2 + P_3) * Y_2, \end{aligned}$$

из которых мы легко можем получить X и Y :

$$\begin{aligned} X &= (P_2 - P_3) * X_2 / (P_1 + P_2 + P_3); \\ Y &= (P_1 * Y_1 + (P_2 + P_3) * Y_2) / (P_1 + P_2 + P_3), \end{aligned}$$

где $P_1 = (a_1 - a_{10}) / k_p, P_2 = (a_2 - a_{20}) / k_2, P_3 = (a_3 - a_{30}) / k_3$.

Кроме определения координат центра тяжести крысы на плоскости платформы, экспериментальный стенд регистрирует вертикальные стойки крысы при подъеме ее на задние лапы. Регистрация стоек крысы происходит по резкому изменению освещенности фотодиодов. Система регистрации таких стоек срабатывает по изменению, а не по порогу, что исключает срабатывания при медленном тренде освещенности и позволяет использовать сетчатую клетку ограждения столика.

Abstract

The firmware method in real time registration and analysis of rats behavioural activity in the open field test is developed with an opportunity of presentation of various stimulus in experiment operated from the computer at different stages of behaviour of an animal: at achievement of the certain speed of movement, at achievement of the coordinates range, at performance of vertical racks or by results of current EEG analysis from the second computer. The given method can effectively be used for the decision of the most various problems of experimental valeology at fundamental researches of regulatory mechanisms of various systems in animals and their adaptation to action of physical and chemical factors of an environment.

Литература

1. Кривец Д.В. Многокомпонентный датчик для силомоментного оцувствления роботов // Разработка и использование испытательных машин весоизмерительной и силоизмерительной техники/Тр. НИКИМПа. М., 1978. С. 67–75.
2. Сухов А.Г., Кривец Д.В., Шмаков В.В. Новый метод автоматической регистрации и анализа структуры двигательной активности мелких животных // Журн. высш. нервн. деят. 1987. Т. 46. № 1. С. 195–198.
3. Kerman W., Mullemix P., Hopper D. Pattern recognition of rat behavior. // Pharmacology Biochemistry and Behavior. 1987. № 27. P. 559–564.

4. Norton S. Photographic analysis of rat behavior before and after amygdaloid lesion // Brain Res. 1970. № 19. P. 447–496.

5. Ossenkopp K-P., Macras L., Teskey G. Automated Multivariate Measurement of Spontaneous Motor Activity in Mice: Time Course and Reliabilities of the Behavioral Measures. Time Course and Reliabilities of the Behavioral

Measures // Pharmacology Biochemistry and Behavior. 1987. № 27. P. 565–568.

6. Tomkies P., O'Donovan D. A fully automated open-field apparatus incorporating rearing detection // Physiology and Behavior. 1981. № 26. Vol. 4. P. 741–746.

НИИ нейрокибернетики ЮФУ

Статья поступила в редакцию 12.12.08

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗДОРОВЬЯ В ОНТОГЕНЕЗЕ

Е.К. АЙДАРКИН, М.А. ПАВЛОВСКАЯ ИССЛЕДОВАНИЕ РИТМИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ, СВЯЗАННЫХ С СОБЫТИЕМ ПОТЕНЦИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ЗВУКОВОЙ МАСКИРОВКИ

Реферат

В статье представлены основные закономерности изменения межполушарных и лобно-затылочных асимметрий дельта- и тета-диапазонов обработки информации, а также возможные таламо-кортикальные механизмы, обеспечивающие их взаимодействие.

Показано, что слуховое различение целевых стимулов в условиях бинарного выбора обеспечивается в основном взаимодействием дельта колебаний, лежащих в основе CPV-, CNV-, HP- и P3b- компонентов, и тета-колебаний, участвующих в формировании компонентов ССП. Ухудшение распознавания целевого стимула в условиях ОМ связано с воздействием маскира на постстимульные тета-волны, а улучшение в условиях ПМ – с воздействием на достигнутые дельта-колебания.

В нашей предыдущей работе [3] описана динамика изопотенциальных карт, связанных с событием потенциалов (ССП) при воздействии целевого и маскирующего звуковых стимулов в условиях обратной (ОМ) и прямой (ПМ) последовательной маскировки.

Было показано [3, 5], что различным этапам СМН (ожидание, восприятие, принятие решения,

формирование и реализация двигательной реакции и т.д.) соответствуют конкретные компоненты ССП, которые представляют собой динамику последовательной активации корково-подкорковых циклических процессов, связанных с таламическими, гиппокампальными и стволовыми структурами.

Вышеуказанная последовательность этапов организации и реализации СМН осуществляется за счет мощных горизонтальных (корково-корковых) и вертикальных (корково-подкорковых) взаимодействий, механизм которых и особенности их взаимодействия до конца не выяснены. Ряд авторов полагают, что обработка сенсорных стимулов обеспечивается циклическим повторением входной информации [45]. Можно предположить, что основные компоненты ССП представляют собой циклы (контуры) регуляции сенсорного притока, связанного с процессами торможения подкорковых структур, что обеспечивало активный приток информации во фронтальные области коры ретикулярного ядра со стороны теменной ассоциативной области (Е-волна), таламического ретикулярного ядра со стороны таламофронтальной системы для произвольного контроля (N1, HP), а также мезенцефалической ретикулярной системы (N2, P300) [4].

Кроме того, ритмический подход к анализу ССП представляет собой суперпозицию активности основных генераторов ЭЭГ (дельта, тета, альфа и т.д.), синхронизированных относительно момента подачи стимула [41, 20, 22, 1, 2], и позволяет оценить ряд особенностей корково-подкоркового взаимодействия.

Считается, что ранние негативно-позитивные компоненты ССП с латентным периодом 80–150 мс

у человека являются отражением активности средне- и низкочастотного генератора альфа-активности [8]. Компонент Р300, связывают с активацией структур, генерирующих тета- и дельта-ритмы [20, 41]. В свою очередь, генераторами альфа-, тета-, дельта-компонентов, которые являются самостоятельными единицами ССП, скорее всего, выступают соответствующие корковые, таламические, септально-гиппокампаальные и другие структуры [22, 41, 20].

Функциональная значимость ритмических компонентов ССП может быть интерпретирована в рамках концепций влияния неспецифических образований на уровень функционирования коры мозга [20, 1]. Также постулируется существование диффузных тета- и альфа-реагирующих систем, деятельность которых отражается в соответствующих ритмических компонентах ССП и сопровождает процесс обработки сенсорного стимула [20]. Следовательно, ритмические составляющие могут быть в определенной степени индикаторами подкорковых генераторов, принимающих участие в СМИ.

Особый интерес представляет распределение фокусов максимальной выраженности (ФМВ) негативных и позитивных процессов в изопотенциальных картах ССП, которые отражают работу различных глобальных механизмов обработки информации и получили название функциональных корковых асимметрий. Л.П. Павлова (1960, 1980) показала, что существуют три вида функциональной асимметрии: асимметрия активационно-деактивационного баланса различных зон коры; асимметрия активации одноименных образований, лежащих в левом и правом полушариях и фронтально-окципитальная асимметрия.

Первый вид асимметрии отражает общий механизм взаимодействия (синергичность, реципрокность) тормозных и/или возбуждающих процессов в различных структурах коры.

Второй вид асимметрии связан с различной активацией симметричных корковых структур, которая определяется наличием транскаллозальных связей, обеспечивающих межполушарные и корково-подкорковые взаимодействия с преобладанием конкурентных и суммарно-реципрокных взаимоотношений с элементами отрицательной обратной связи в правом полушарии, и однонаправленный синфазный характер поведения всех диапазонов ритмов с преобладающим принципом дополнительно-согласованности по принципу положительной

обратной связи в левом полушарии [10, 11]. Кроме того, отмечено участие активирующей системы ствола мозга в формировании левополушарной асимметрии у правшей и диффузной – для левшей. Диэнцефальные структуры мозга и, вероятно, связанные с ними лимбические структуры (для левшей и правшей), способствуют формированию правополушарной асимметрии. Отмечено преобладание интракорковых связей в левом полушарии и интеркорковых – в правом [7].

Модель межполушарных отношений В.Л. Бианки базируется на трех основных принципах деятельности мозга – асимметрии, доминанте и комплементарности [6], в которой предусмотрено участие горизонтальных и вертикальных потоков возбуждения и торможения, формирующих асимметрию больших полушарий. Асимметричная локализация мозговых генераторов на различных корково-подкорковых уровнях приводит к латерализации когнитивных функций, контролирующих обработку сенсорных стимулов. Показано, что структурно-функциональная асимметрия мозга касается доминирования сенсорных и моторных процессов в левом полушарии, а их взаимодействия – в правом.

В.Л. Деглин с сотрудниками [9] выделил три типа взаимоотношений полушарий при выполнении высших психических функций: а) реципрокные взаимоотношения, когда рост активации в одном полушарии связан с ее снижением в другом; б) комплементарные, когда степени участия полушарий в выполнении данной функции равнозначны; в) взаимодействия по типу демпфирования, когда одно полушарие предупреждает гиперактивацию другого.

Еще один тип асимметрии связан с лобно-затылочным градиентом, который формирует противофазный характер активности во фронтальных и затылочных структурах, что в основном связано с наличием двух систем внимания – таламо-фронтальной и таламо-париетальной.

В связи с этим целью настоящей работы был анализ динамики топологических характеристик ритмических компонентов ССП на целевые и маскировочные стимулы в условиях слуховой последовательной маскировки.

Методика

В исследовании принимали участие 27 испытуемых (в возрасте от 20 до 25 лет), не имеющих

жалоб и патологий слухового анализатора. Испытуемые располагались в удобном кресле в звукоизолированной комнате, где выполнял ряд тестовых процедур. Слуховые стимулы предъявлялись одновременно с помощью двух динамиков, располагающихся в 5 см от каждого уха соответственно.

В качестве тестовых процедур были использованы ситуации обратной (ОМ) и прямой (ПМ) последовательной маскировки, в которых необходимо было дифференцировать два различных по частоте (1000 и 1200 Гц) тональных стимула интенсивностью 60 дБ и длительностью 30 мс. Согласно инструкции, на тестовый стимул частотой 1200 Гц необходимо было нажимать левой рукой на соответствующую клавишу манипулятора «мышь», а на стимул 1000 Гц – правой. В качестве маскера использовали тональный стимул той же длительности, частотой 1100 Гц и интенсивностью 90 дБ. Для оценки влияния маскера на эффективность выполнения тестового задания использовался фиксированный ряд интервалов (300, 200, 100 и 50 мс), отделяющих целевой стимул от маскирующего. В первой серии исследования вероятность целевых стимулов разной частоты была одинакова и составляла 0,5, во второй серии – вероятность одного из тестовых стимулов (1200 Гц) составляла 0,85, а другого (1000 Гц) – 0,15 (экспериментальная парадигма «odd-ball reaction»). Интервал между парами стимулов (тестовый стимул – маскер) составлял 4 с девиацией 20 %. В аналогичных контрольных сериях маскер отсутствовал.

Регистрация ЭЭГ, времени реакции (ВР) и режим стимуляции осуществлялись при помощи компьютерного энцефалографа-анализатора «Энцефалан-131-03» (Таганрог, Россия). При этом регистрировались ЭЭГ-активность головного мозга в 21 стандартном отведении (система 10–20) с шагом дискретизации 4 мс и частотой пропускания 0,5–70 Гц относительно объединенных ушных электродов. Индифферентный электрод располагался на лбу. Оцифрованная ЭЭГ и ВР экспортировались в MATLAB, где проводилась их дальнейшая обработка.

Анализ полученных экспериментальных данных заключался в фильтрации исходной ЭЭГ в диапазонах частот, соответствующих основным ритмам ЭЭГ. Основными частотными диапазонами были выбраны дельта (0,5–4 Гц), тета (4–8 Гц), альфа (8–13 Гц), и бета (14–25 Гц) колебания. Профиль-

рованные данные были суммированы относительно стимула для соответствующего частотного ряда с формированием ССП (эпоха анализа 1000 мс – 100 мс до момента предъявления первого стимула и 900 мс после). Далее был использован метод картирования амплитуд ССП [4], суммированных в указанных частотных диапазонах.

Результаты

Разложение (фильтрация) слуховых ССП на ритмические составляющие показало, что все основные их изменения связаны с дельта- и тета-компонентами (рис. 1 Б; В), суперпозиция изопотенциальных карт которых практически полностью совпадает с соответствующей картой целостного ССП (рис. 1 А).

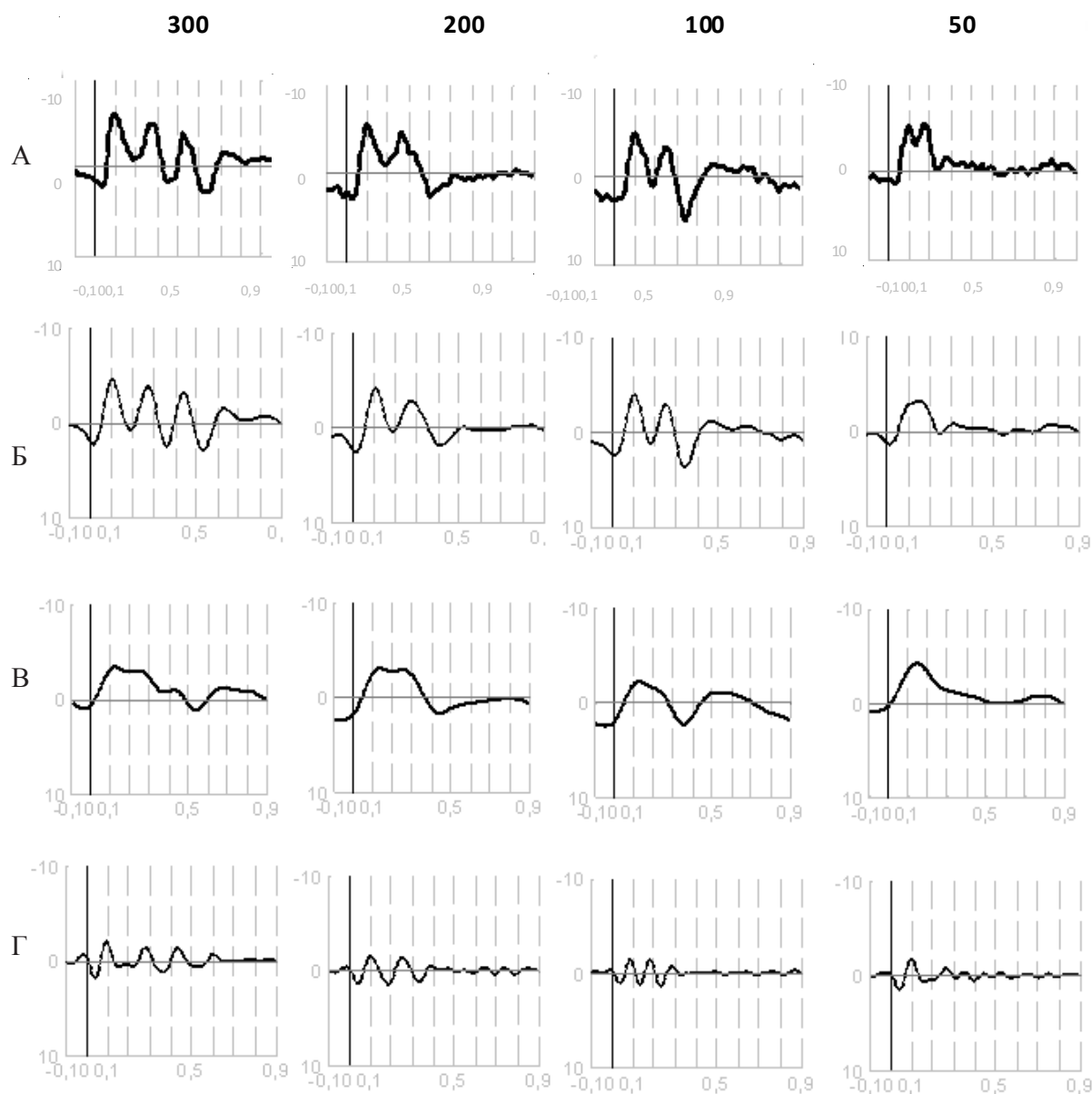
Сравнительный анализ изопотенциальных карт слуховых ССП и их отдельных ритмических компонентов в контрольной серии при равно- и разнo-вероятном предъявлении показал, что наибольшие изменения связаны с дельта-ритмической негативно-позитивно-негативной волной, локализуемой в фронтально-центральной (негативность) и теменной (позитивность) областях, модулируя цепочку основных компонентов ССП.

В условиях равновероятного предъявления целевых стимулов первым звеном СМН на стадии ее организации развивается негативная волна ожидания в центральной области (рис. 2). Построение изопотенциальной карты данной волны показало наличие дельта-ритмической составляющей компонента с двумя негативными фокусами максимальной выраженности (ФМВ), развивающимися в симметричных структурах мозга, с некоторым преобладанием в правом полушарии (рис. 3). Эти симметричные ФМВ наблюдались на этапе ожидания (до 60 мс), усиливались при развитии компонента переднего фронта N1 (60–120 мс) и несколько расходились в рострально-каудальном направлении на этапе формирования негативности рассогласования (НР) (120–220 мс) с последующим уменьшением их выраженности на фоне развития позитивной дельта-волны (240–500 мс), которая представляла собой традиционный хорошо выраженный компонент P3б, ФМВ которого был локализован в отведении Pz. Завершение позитивной волны приводило к восстановлению в рамках следующей негативной дельта-волны (500–700 мс)

двух симметричных ФМВ в центральных областях коры, которые были выражены весь межстимульный период и формировали волну ожидания при восприятии следующего целевого стимула.

При разноравнотном предъявлении стимулов сохранялась указанная динамика дельта-колебаний как на частый, так и на редкий стимулы. При этом асимметрия двух ФМВ в центральной области усиливалась на частый стимул, а на редкий стимул характеризовалась только одним мощным ФМВ в правом полушарии. Медленная по-

зитивная волна (РЗб) существенно уменьшалась на частый стимул и увеличивалась на редкий, по сравнению с равновероятным предъявлением целевых стимулов. После завершения СМР на этапе второй негативной волны на частый стимул восстанавливались два асимметричных ФМВ, повторяя комбинацию, зафиксированную на этапе ожидания. На редкий стимул формировался только мощный правый ФМВ. В лобной коре позитивная волна исчезала на частый стимул и усиливалась на редкий.



Фиг. 1. Гитмические составляющие ССП в тета – (B), дельта – (D) и альфа – (Г) диапазонах в условиях обратной маскировки (А – суммарный ССП) в зависимости от маскировочного интервала. Сверху указан маскировочный интервал

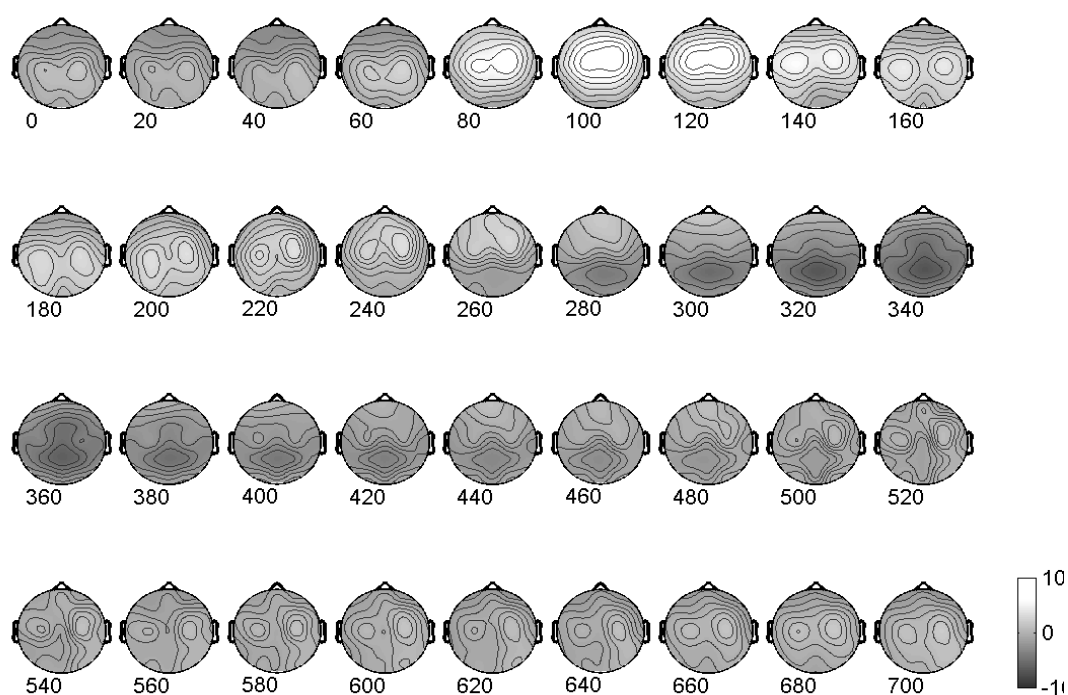


Рис. 2. Динамика изопотенциальных карт основных компонентов ССП в контрольных условиях бинарного различения равновероятных целевых стимулов.

Светлым тоном показан максимум негативности, темным – позитивности.
Цифры под картой указывают на время ее возникновения от момента подачи стимула, мс

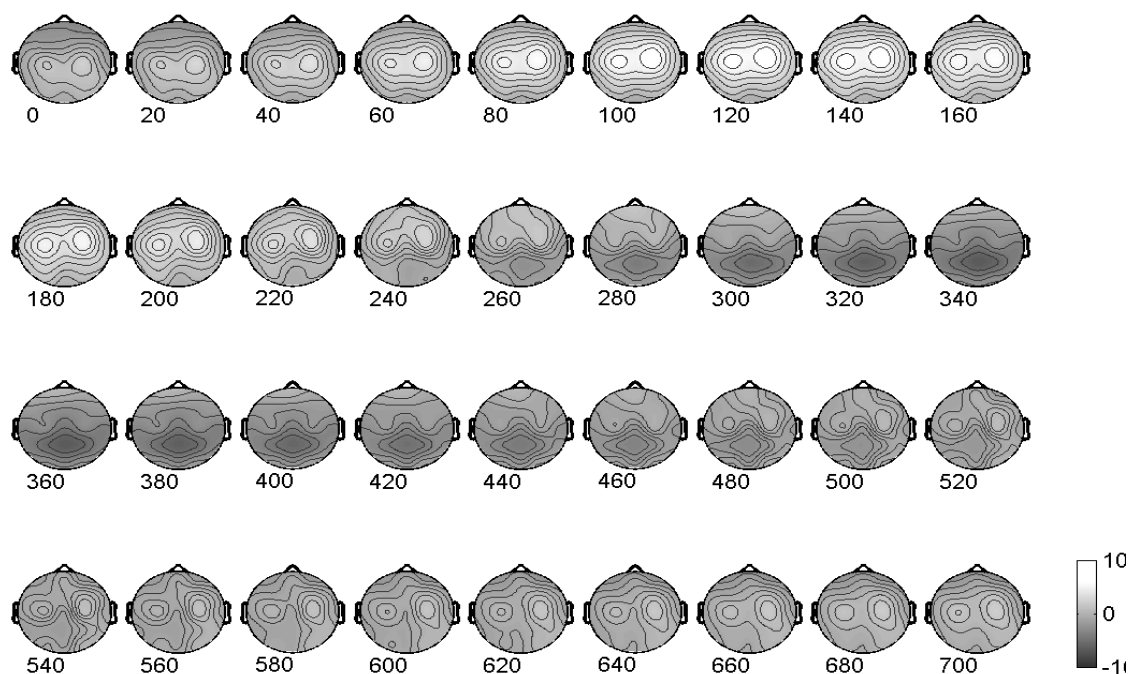


Рис. 3. Динамика дельта-колебаний, соответствующих основным компонентам ССП в контрольных условиях бинарного различения равновероятных целевых стимулов.

Исходная динамика изопотенциальных карт основных компонентов ССП и остальные обозначения см. на рис. 2

Если при добавлении маскировочного стимула к целевому в условиях ОМ (рис. 4) при равновероятном предъявлении целевых стимулов во всем исследуемом диапазоне маскировочных интервалов лобная позитивная волна практически не изменялась, то центральное дельта-колебание было чувствительно к нему (рис. 5). При этом сокращение маскировочного интервала приводило к ослаблению асимметрии на этапе ожидания – за счет слияния (200 мс) двух негативных ФМВ в единое колебание с его максимумом в правом полушарии, а затем при 100 и 50 мс – за счет формирования единого мощного колебания, охватывающего оба полушария. При этом, начиная с 300 мс, данный комплекс постепенно смещался в теменную область. На этапе

восприятия тенденция слияния и ослабления асимметрии усиливалась с некоторым смещением комплекса ФМВ в ростральном направлении. На этапе развития НР данная тенденция была еще больше выражена в связи со слиянием (200–50 мс) заднего фронта компонента N1 с ССП на маскировочный стимул. Позитивная дельта-волна была представлена двумя компонентами (теменной и лобный) при маскировочном интервале 300 мс, восстанавливая свою конфигурацию по мере его уменьшения. На этапе второй центрально-негативной дельта-волны наблюдалось исчезновение двух ФМВ (300 мс) и формирование сагиттально-фронтального ФМВ наряду с небольшой сагиттально-теменной позитивной волной.

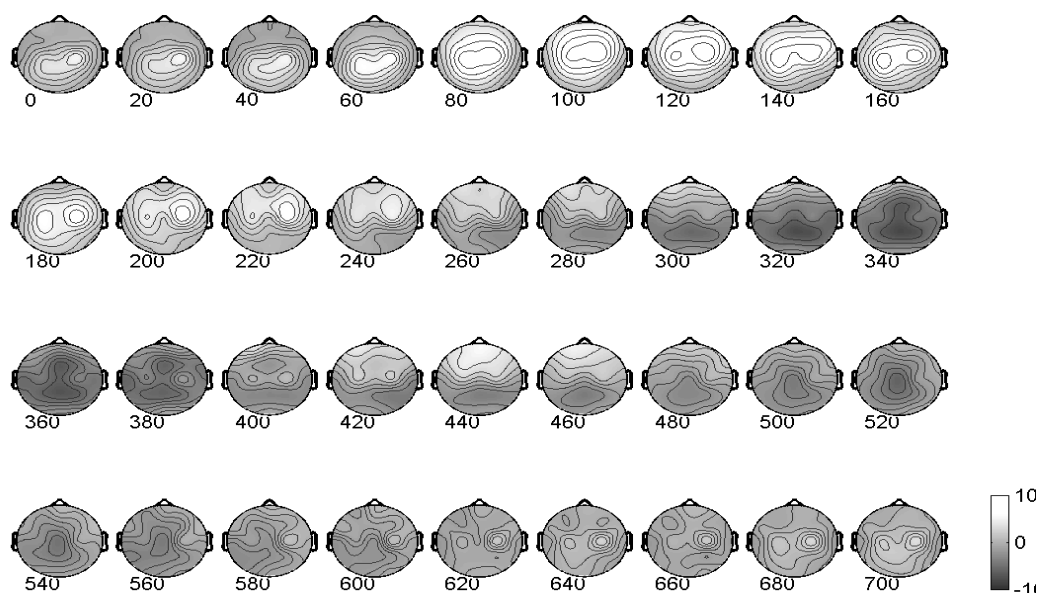


Рис. 4. Динамика изопотенциальных карт основных компонентов ССП в условиях ОМ.
Маскировочный интервал 300 мс, вероятность целевого стимула $p=0,15$. Остальные обозначения см. на рис. 2

При равновероятном предъявлении целевых стимулов в условиях ОМ данные тенденции были выражены слабее, что было связано с сохранением на всех маскировочных интервалах двух ФМВ на этапе восприятия и развития НР, в противоположность стадии ожидания, где развивался только правый ФМВ. На редкий стимул аналогичные процессы были выражены сильнее.

Особенностью реагирования на частый стимул при сокращении маскировочного интервала была малая выраженность РЗб, одновременно с кото-

рой развивался компонент РЗа. При этом на этапе формирования второй негативной дельта-волны сохранялись два типичных асимметричных ФМВ в центральной коре. Для редкого стимула компоненты РЗа и РЗб были мощнее, но на маскировочных интервалах 100 и 50 мс вместо двух асимметричных ФМВ формировались сагиттально-фронтальный ФМВ одновременно с небольшой сагиттально-теменной позитивной волной, регистрируемой при равновероятном предъявлении целевых стимулов.

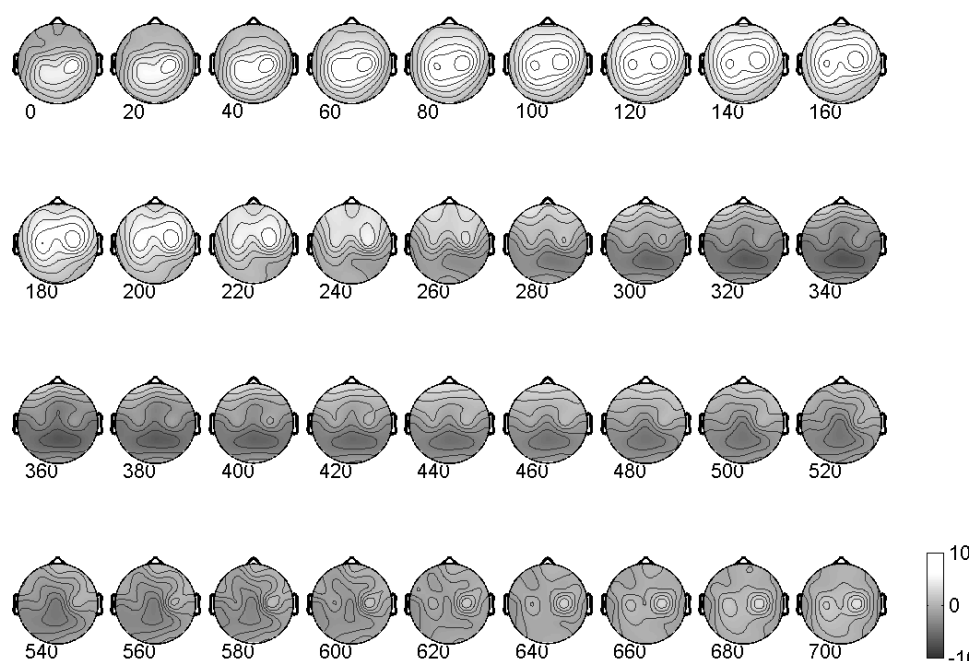


Рис. 5. Динамика дельта-колебаний, соответствующих основным компонентам ССП в условиях ОМ. Маскировочный интервал 300 мс, вероятность целевого стимула $p=0,15$. Исходная динамика изопотенциальных карт основных компонентов ССП и остальные обозначения см. на рис. 2

Предъявление маскера перед равновероятными целевыми стимулами (рис. 6) при ПМ также влияет на динамику дельта-колебаний при изменении маскировочного интервала. При этом реакция на целевой стимул в большей степени зависела от ответа на маскер. Так, при маскировочном интервале 300 мс анализ маскер на этапе его ожидания начинался с формирования симметричной сагиттально-лобной позитивной и правой теменно-негативной волны. По мере уменьшения маскировочного интервала ФМВ теменно-негативной волны локализовался в правом полушарии. В связи с игнорированием маскера на него возникал очень короткий ССП, и по мере укорочения маскировочного интервала амплитуда ответа увеличивалась, а основные изменения в нем были связаны с формированием негативности, которая выполняла функцию волны ожидания для целевого стимула. Этот процесс связан с переходом комплекса, состоявшего из симметричной сагиттально-лобной позитивной и теменно-негативной волны с доминированием правого полушария при 300 мс, к формированию топологически асимметричных ФМВ (теменного – в левом полушарии и центрального – в правом) при 200 мс и, далее, с последующим усилением правого центрального ФМВ при 100–50 мс.

Реакция на целевой стимул на этапе формирования НР при маскировочном интервале 300–200 мс была связана с развитием комплекса из двух слившихся центральных ФМВ (при большем маскировочном интервале) или теменно-центральных (при сокращении маскировочного интервала) волны ожидания в лобный ФМВ (компонент N1) с последующим их расщеплением (сама НР). При дальнейшем сокращении маскировочного интервала негативный ФМВ смещался в центральные области. За этапом развития позитивной волны Р3б, которая сокращалась по мере уменьшения маскировочного интервала, все более четко формировался негативный сагиттально-фронтальный ФМВ наряду с небольшой сагиттально-теменной позитивной волной.

При равновероятном предъявлении раздражений в условиях ПМ динамика изопотенциальных карт ССП на маскер и целевой стимулы претерпевала существенные изменения. Этап ожидания на маскировочный стимул характеризовался наличием комплекса состоящего и лобно-позитивного ФМВ и двух асимметричных центрально-негативных ФМВ, среди которых преобладал левополушарный. По мере укорочения маскировочного интервала при 100–50 мс доминирующим становился правополушарный

центрально-негативный комплекс со смещением его в теменном направлении, что особенно четко было выражено на редкий стимул. На интервале анализа маскера 100–180 мс сохранялся комплекс из центрально-негативных ФМВ, локализованных в левом полушарии. Этап развития НР после предъявления маскера по мере уменьшения маскировочного интервала становился этапом ожидания целевого стимула, который при 300 мс был дополнен лобно-негативной волной, подавляющий комплекс из двух центрально-негативных ФМВ с доминированием левой гемисферы. По мере трансформации периода реакции на маскер в этап ожидания целевого стимула данная позитивная волна исчезала и вновь возникал комплекс из двух центрально-негативных ФМВ с доминированием левой гемисферы. На этапе восприятия целевого стимула наблюдалось смещение доминирования в правое полушарие наряду с одновременным сдвигом центрально-негативного ФМВ в ростральном направлении. По мере уменьшения маскировочного интервала НР на маскер сливалась с волной ожидания и этапом восприятия целевого стимула, что приводило к исчезновению лобно-позитивной дельта-волны и сокращению трансформаций, приводящих к доминированию правого полушария, также сохранявшееся на этапе развития НР на целевой стимул. Данные изменения были лучше выражены на редкий стимул. Далее следовала динамика развития компонента Р3б с последующим формированием негативного сагиттально-фронтального ФМВ наряду с небольшой сагиттально-теменной позитивной волной.

Анализ тета-ритмических компонентов ССП показал, что в контрольной серии при равновероятном предъявлении целевых стимулов этап ожидания характеризовался симметричным фронтально-позитивным тета-комплексом с ФМВ в отведении Fz. Затем на этапе развития переднего фронта N1 формировался негативный тета-компонент с ФМВ в лобной области. На этапе развития заднего фронта N1 данный комплекс состоял из двух симметричных ФМВ, которые перемещались в височные, а затем и теменные области с преобладанием негативизации в правом полушарии. Параллельно этому процессу формировался фронтально-позитивный тета-комплекс с ФМВ в отведении Fz, соответствующий развитию компонента Р2. Затем на этапе формирования компонента N2 наблюдалось развитие

негативной тета-волны с ФМВ в лобной области с переходом в тета-позитивный компонент Р3а, который чередовался или существовал одновременно с компонентом Р3б (дельта-ритм). Спустя 500–700 мс после стимула формировался комплекс из двух симметричных центрально-негативных ФМВ, правый из которых преобладал по амплитуде.

Разновероятное предъявление целевых стимулов в отсутствии маскера сохраняло все указанные выше закономерности, которые сильнее были выражены при редкой стимуляции и слабее при частой по сравнению с контрольной серией.

В условиях ОМ (рис. 7) предъявление маскера с интервалом 300 мс приводило к возникновению аналога компонента N3 с сохранением всех аналогичных изменений, характерных для различных стадий анализа целевых стимулов, предъявляемых с разной вероятностью. При маскировочном интервале 200–100 мс наблюдалось усиление волн, соответствующих компоненту N2 с укорочением их латентных периодов для интервала 100 мс и ростом их при интервале 200 мс. При маскировочном интервале 50 мс при равновероятной стимуляции формировались волны, соответствующие двум компонентам, а для разновероятной стимуляции формировались волны, соответствующие развитию только компонента N1.

В условиях ПМ для тета-ритмических компонентов (рис. 8) при сокращении маскировочного интервала наблюдались те же закономерности, что и при ОМ. Различия были связаны с тем, что возникающие на этапе НР два асимметричных негативных ФМВ не смещались ниже центральных областей по сравнению с аналогичным комплексом в условиях обратной маскировки, который достигал симметричных теменных областей.

Следовательно, анализ соотношения основных компонентов слуховых ССП и его ритмических составляющих при отсутствии маскера доказал, что слуховой ССП на целевой стимул представлял собой суперпозицию последовательностей дельта- (рис. 3, 5, 9) и тета-волн (рис. 7, 8), соответствующих различным стадиям СМИ (ожидание, восприятие, актуализация СМИ и принятие решения, подготовка и реализация двигательной реакции, оценка и коррекция СМИ, инициация волны ожидания), характеризовавшихся различной динамикой их лобно-затылочного и билатерального градиентов.

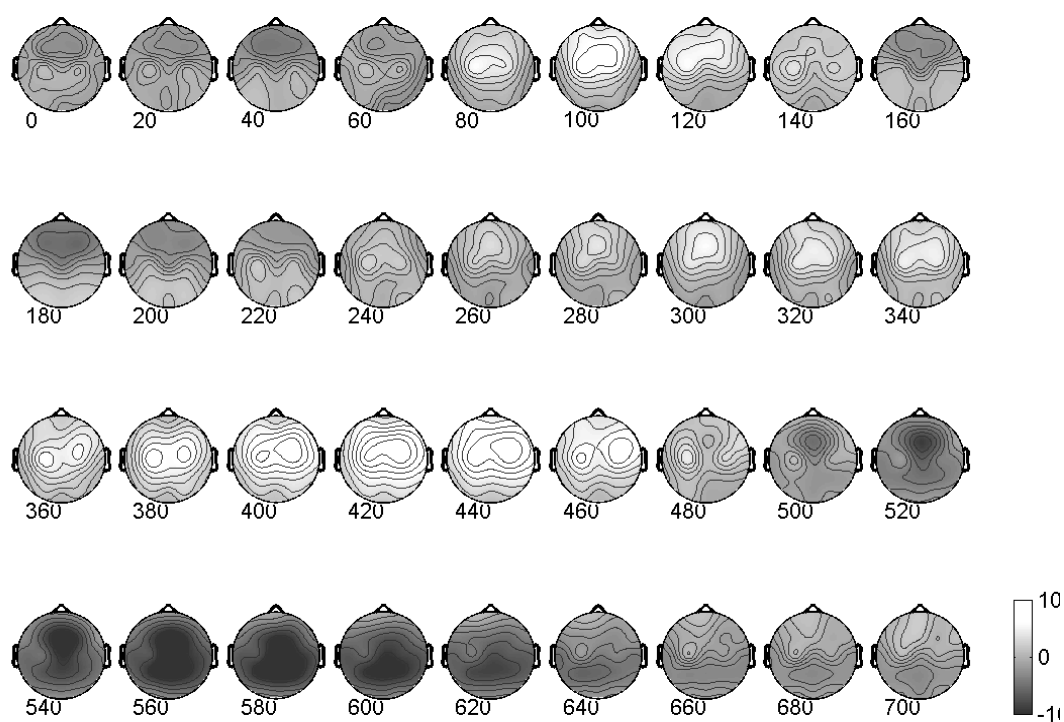


Рис. 6. Динамика изопотенциальных карт основных компонентов ССП в условиях ПМ.
 Маскировочный интервал 200 мс, вероятность целевого стимула $p=0,15$. Остальные обозначения см. на рис. 2

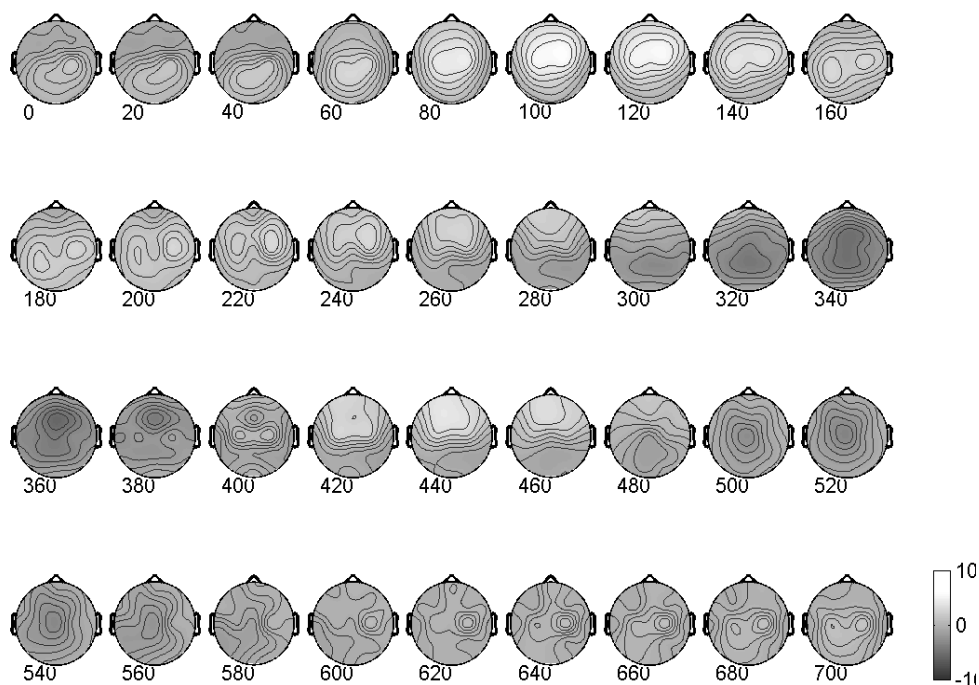


Рис. 7. Динамика тета-колебаний, соответствующих основным компонентам ССП в условиях ОМ.
 Маскировочный интервал 300 мс, вероятность целевого стимула $p=0,15$. Исходная динамика изопотенциальных карт основных компонентов ССП и остальные обозначения см. на рис. 2

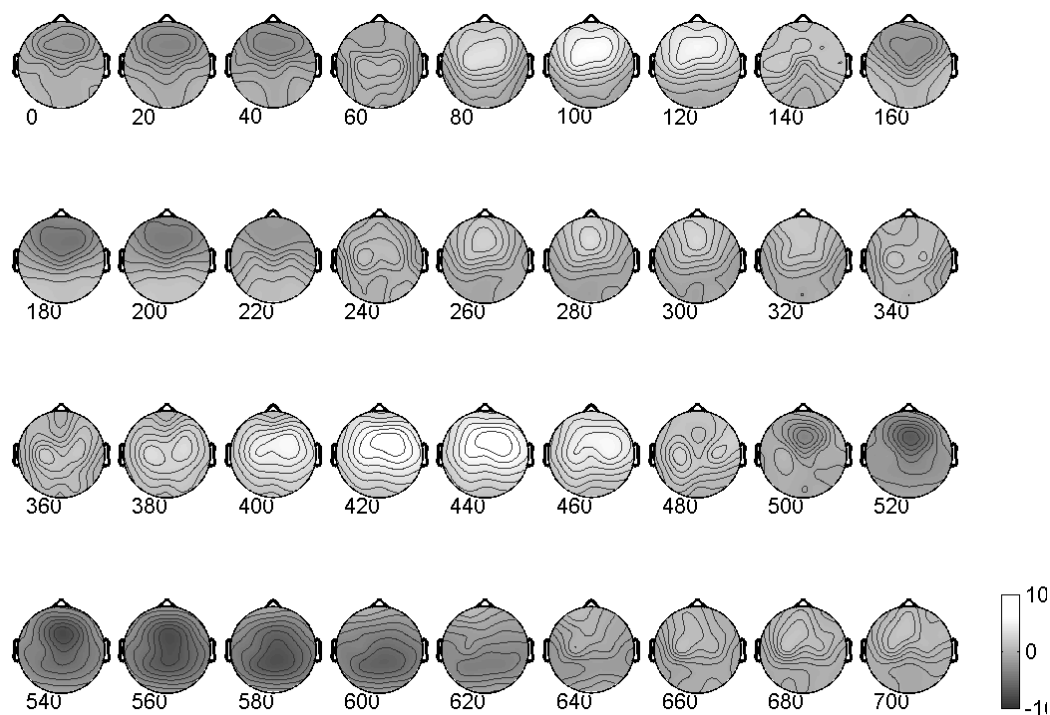


Рис. 8. Динамика тета-колебаний, соответствующих основным компонентам ССП в условиях ПМ.
 Маскировочный интервал 200 мс, вероятность целевого стимула $p=0,15$. Исходная динамика изопотенциальных карт основных компонентов ССП и остальные обозначения см. на рис. 2

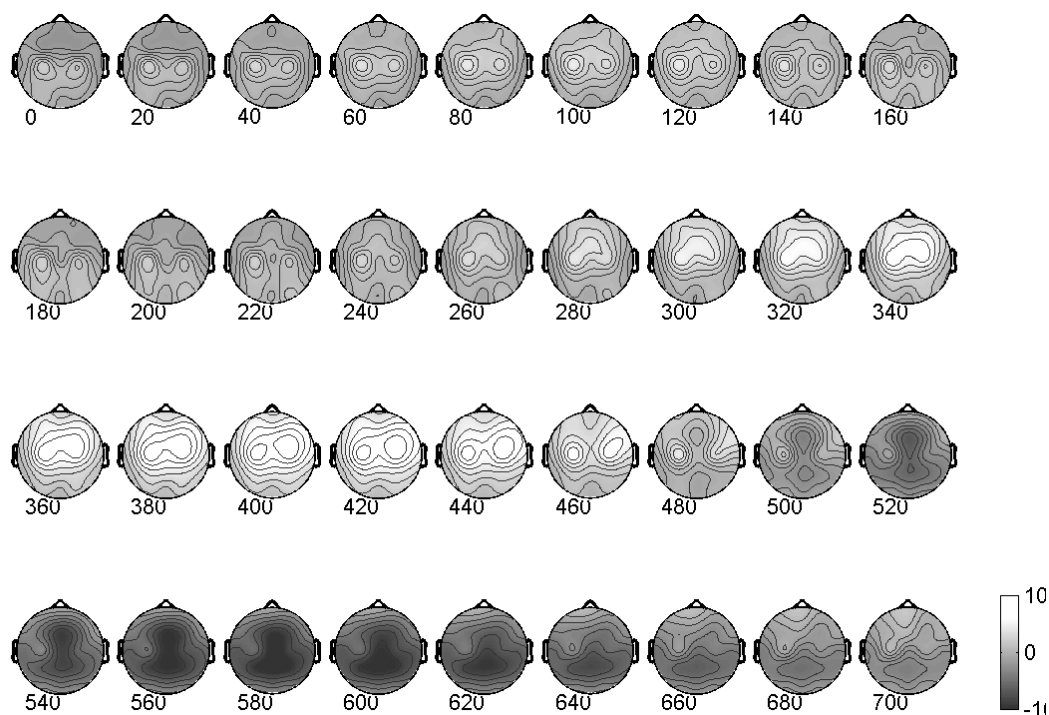


Рис. 9. Динамика дельта-колебаний, соответствующих основным компонентам ССП в условиях ПМ.
 Маскировочный интервал 200 мс, вероятность целевого стимула $p=0,15$. Исходная динамика изопотенциальных карт основных компонентов ССП и остальные обозначения см. на рис. 2

В частности, дельта-колебания отражали развитие на всех этапах СМИ ряда медленных компонентов ССП (лобно-позитивный, CNV, НР, РЗб, медленный негативный и позитивный компоненты). Изопотенциальные карты негативных дельта-колебаний представляли собой комплекс двух центральных ФМВ, среди которых доминировал правополушарный, смещающийся на этапе максимальной активации (восприятие, актуализация СМИ и принятие решения) рострально по отношению к левополушарному. Позитивные колебания формировали либо единую волну с ФМВ в Fz (лобно-позитивный компонент на этапе ожидания), либо Pz (компонент РЗб). При этом в первом случае наблюдалась конкуренция позитивных и негативных дельта-волн, а во втором – позитивная волна (РЗб) угнетала двухфокусный негативный комплекс.

Тета-колебания отражали развитие быстрых компонентов слуховых ССП (N1, P2, N2, P3a), изопотенциальные карты которых представляли собой мощные единые негативно-позитивные колебания с ФМВ в отведении Fz (рис. 7, рис. 8). Иногда негативные колебания на соответствующих стадиях СМИ демонстрировали изменения, характерные для негативных дельта-колебаний. При этом негативные ФМВ также доминировали в правом полушарии, но были более диффузные и более топологически вариативные – могли смещаться в теменные и лобные области. Хорошо выраженные позитивные тета-колебания регистрировались в теменной области.

На динамику дельта-компонентов влияла вероятность стимуляции (увеличение CNV, НР, РЗб и поздней негативной волны при уменьшении вероятности и наоборот), тип маскировки (доминирование левого центрально-негативного ФМВ на этапе ожидания и трансформация его на этапе восприятия в правополушарное доминирование в условиях ПМ, при ОМ на данных этапах динамика ФМА совпадала с изменениями в контрольной серии), величина маскировочного интервала (смещение на этапе ожидания центрально-негативного комплекса в каудальном направлении с ослаблением асимметрии, на этапе восприятия – в ростральном направлении, на этапе развития медленной негативной волны наблюдалась замена двух центрально-негативных ФМВ на единый сагиттально-фронтальный, наряду с формированием небольшой сагиттально-теменной позитивной волны).

Динамика тета-колебаний определялась циклами их восстановления, которые зависели от величины маскировочного интервала.

ССП на маскер как правило представлял собой достаточно «обедненный» по компонентному составу и выраженности ответ и развивался в период формирования позитивных колебаний (лобно-позитивная достимульная волна, P2 и P3a).

Таким образом, в условиях ПМ маскер влиял на дельта-составляющие ССП, при ОМ – на тета-компоненты. ПМ влияет на этап ожидания стимула и в основном определяет особенности дельта-волн, оптимизация которых резко сокращает время распознавания целевого стимула. ОМ в основном воздействует на развитие тета-колебаний, нарушая основные стадии СМИ, начиная с этапа восприятия, что приводит к увеличению времени выполнения тестового задания.

Обсуждение

Предположение о том, что ССП представляет собой сумму развивающихся от момента подачи стимулов ритмических компонентов, связанных с активацией основных ЭЭГ генераторов (дельта-, тета-, альфа-, бета- и т.д.), является чрезвычайно перспективной в плане исследования корково-подкорковых взаимодействий, лежащих в основе когнитивной деятельности [21, 1, 2]. Полученные в наших предыдущих работах результаты позволили выдвинуть предположение о природе и функциональной значимости отдельных компонентов ССП [3, 4], подтверждение или опровержение которых может быть получено с помощью исследования ритмической природы регистрируемых слуховых ССП.

Анализ полученных результатов показал, что слуховой ССП в условиях сложной сенсомоторной реакции в контрольной серии в основном представляет собой суперпозицию ритмических дельта- и тета-компонентов, динамика которых в значительной степени зависит от вероятности предъявления целевого стимула, характера маскировки и маскировочного интервала.

Наиболее чувствительным ко всем указанным факторам экспериментальных парадигм были дельта-колебания, которые включали в себя последовательность медленных компонентов ССП, возникающих на определенных этапах СМИ. Основное

дельта-колебание в отсутствие маскировки представляет собой комплекс двух асимметричных центрально-негативных ФМВ, который возникает задолго до предъявления целевого стимула, угнетается на этапе развития позитивно-теменной волны Р3б и восстанавливается после ее исчезновения. Согласно литературным данным негативный перистимульный комплекс представляет собой CNV [14, 15], которая завершается следовой позитивизацией (компонент Р3б) [16–18].

Показано, что CNV, которая отражает результат дополнительной активации (повышение возбудимости) центральных структур коры, ответственных за формирование и реализацию конкретной СМИ коррелирует с уровнем мотивации [40], степенью концентрации внимания, инструкцией. Локализация данного комплекса в центральной области коры соответствует литературным данным о местоположении Е-волны при выполнении СМР [44]. С другой стороны, усложнение слухового распознавания приводит к смещению ФМВ CNV в теменную область [39], что также наблюдалось в наших исследованиях при введении маскера и прогрессировало при уменьшении маскировочного интервала.

Стабильная ФМА при выполнении тестовой процедуры правой и левой рукой противоречит предположению, что CNV является отражением потенциала готовности, предшествующего произвольному моторному действию, локализованному в контралатеральной прецентральной области [40]. Вероятно, доминирование правого полушария при генерации CNV связано с тем, что оно в большей степени ответственно за произвольное внимание, которое определяет механизм обнаружения целевого стимула, запускающего этап восприятия. С другой стороны, зарегистрированная в наших исследованиях CNV не завершается на этапе восприятия, а при сложных СМР, особенно на редкий целевой стимул при разном вероятном их предъявлении, развивается далее, перекрываясь с НР, сохраняясь в виде искомого комплекса, состоящего также из двух центрально-негативных ФМВ с правополушарным доминированием. Согласно нашим представлениям [19], НР включает в себя три компонента: неспецифический фронтальный компонент, включенный в комплекс N1, фрагменты CNV и компонента N2, функциональная значимость которых связана не с активацией детекторов, оценивающих

различия по физическим параметрам между предыдущим и текущим стимулами [36], а является результатом актуализации требуемой СМИ и формирования этапа принятия решения [5]. Подтверждением данного факта является соответствующий НР фрагмент CNV, который несет в себе предварительную инструктивную информацию о реализации тестовой СМИ, которая под воздействием пускового стимула актуализируется в определенные процессы ее выполнения (распознавание, принятие решения), сохраняясь в течение 100–150 мс (задний фронт N1) после завершения этапа обнаружения.

Завершение НР приводит к подавлению данного центрально-негативного комплекса за счет развития следовой «позитивизации» (компонент Р3б) [18, 23, 24], которую связывают с завершением распознавания и подготовкой двигательной реакции и т.д. Вероятно, данный процесс определяется тормозной природой компонента Р3б [38, 5], что обеспечивает снижение степеней свободы сформированной СМИ за счет подавления перцептивной деятельности. Существует несколько предположений о соотношении CNV и Р3б. Одни авторы предполагают, что CNV и Р3б являются различными сторонами единого механизма [26, 27, 33], другие считают, что Р3б представляет собой реактивное изменение CNV [33, 35, 46, 47]. Наши результаты подтверждают разнонаправленное и независимое изменение CNV и Р3б [18, 39], например, при изменении вероятности предъявления целевого стимула, а также различную их локализацию в лобно-затылочном и билатеральном направлениях [27, 34, 37], хотя и демонстрируют при усложнении задачи слухового различения смещение ФМВ CNV в теменную область, где лучше всего выражен компонент Р3б. Вместе с тем данные компоненты характеризуются антагонистическим взаимодействием – возникновение Р3б прерывает развитие CNV, которое восстанавливается на этапе посттормозной отдачи (второй негативный дельта-компонент или поздняя негативная волна). Данное восстановление CNV можно рассматривать в качестве варианта «постимперативной негативной волны», которая связана с оценкой испытуемым результатов СМИ, особенно при больших вероятностях получения ошибочных результатов [29, 16, 17, 23, 43, 30, 28, 31].

Следовательно, дельта-ритмический компонент ССП отражает тонические (эндогенные) медленные

модуляционные неспецифические процессы, связанные с концентрацией ресурсов произвольного внимания, которые направлены на этапе ожидания на центральные моторные области, снижая пороги двигательной реакции и предварительно подготавливая требуемую СМИ. Приход пускового целевого стимула на этапе восприятия усиливает количественную асимметрию, которая на этапе НР дополняется топологическим сдвигом ФМВ в правом полушарии в ростральном направлении, что соответствует процессу принятия решения и приводит к активации волны Р3б, отражающей развитие тормозных процессов в теменной области, притормаживая сенсорную интеграцию и переводя ее в моторную. При завершении двигательной реакции восстанавливается исходная волна ожидания, отражающая высокую концентрацию произвольного внимания на данной СМИ в межстимульный период.

Можно выделить ряд основных направлений, объясняющих генез исследуемых дельта-колебаний. Нейрональная организация изолированной коры обеспечивает максимально лучшее воспроизведение ритмических колебаний, лежащих в диапазоне дельта-частот (резонансная частота 2 Гц). Следовательно, кора обладает самостоятельным механизмом генерации дельта-волн, который модулируется подкорковыми неспецифическими влияниями. Предполагается, что CNV представляет собой дендритный корковый потенциал плексиморфного слоя, повышающий возбудимость пирамидных клеток 3-4 слоев коры, ответственных за восприятие или организацию двигательных ответов [14, 15]. Воздействие на данный вход может обеспечиваться либо через неспецифические ядра таламуса, либо от ретикулярной формации ствола мозга (ядро солитарного тракта). Учитывая интенсивное взаимодействие корковых, таламических и ретикулярных структур, обеспечивающих циклическое изменение возбудимости корковых систем, можно предположить, что негативные медленные волны являются механизмом активации устойчивых процессов произвольного внимания, связанных с ожиданием или осмыслением тестовой процедуры. Позитивное колебание (компонент Р3б) также имеет корково-подкорковое происхождение [38] и формируется теми же корковыми и подкорковыми структурами, обеспечивая развитие тормозных процессов как на уровне модуляционных процессов (дендритные потенциалы), так и по всей толще коры,

сохраняя оптимальную возбудимость, структур, реализующих требуемый двигательный ответ.

Асимметрия негативных процессов, вероятно, формируется за счет транскортикальных влияний, обеспечивающих избирательность восприятия конкретных стимулов, и возникает в момент их обнаружения, что связано с доминированием правого полушария. Симметрия позитивных компонентов, вероятно, представляет собой диффузный процесс вытормаживания сложившейся перцептивной интеграции в период развития CNV, с участием в том числе, механизмов возвратного коркового торможения, обеспечивая переключения системы в режим реализации двигательной реакции. Чем лучше выражен процесс концентрации внимания на двигательном компоненте СМИ, тем больше представленность волны Р3б. Дальнейшее быстрое формирование последующей медленной негативной волны с восстановлением интеграции по типу CNV связано, с одной стороны, с прекращением тормозных влияний, а с другой — с повышением возбудимости после длительного торможения (посттормозная отдача).

Исследование особенностей тета-колебаний показало, что они имеют лобное происхождение с локализацией ФМВ в областях, характерных для тета-ритма ЭЭГ, больше связаны с анализом пускового целевого слухового стимула и соответствуют развитию фазических экзогенных ответов в виде компонентов N1, P2, N2, P3а. Для слуховой стимуляции тета-ритм, вероятно, связан с квантованием экзогенных (восприятие) и эндогенных (память) процессов, что определяется в первую очередь влиянием гиппокампальных структур на кору.

В условиях выполнения простой сенсомоторной реакции регистрируются ранние компоненты, очень сложной структуры — добавляются колебания N3, N4 и т.д. [1, 2]. Вероятно, данное явление можно связать с циклической природой возникновения ощущения [12], которая отражается в периодическом воспроизведении негативных тета-колебаний, отражающих одновременный приход различных типов информации в кору. В условиях СМИ принятие решения запускает тормозную волну Р3б, которая подавляет работу синхронизированного с моментом подачи стимула тета-генератора. Данное взаимодействие обеспечивается, вероятно, как корковыми, так и подкорковыми процессами.

Следовательно, дельта-компоненты ССП связаны с модуляцией уровня возбудимости требуемых

для реализации СМИ структур, обеспечивающих координацию в пространстве и во времени, тогда как тета-компоненты ответственны за анализ стимула с участием механизмов восприятия и памяти. Лобно-позитивная дельта-волна на этапе ожидания, скорее всего, связана с процессом притормаживания механизмов, характерных для тета-компонентов, отражающих специфические процессы обработки слуховой информации.

В условиях ОМ при сокращении маскировочного интервала основные изменения были связаны с тета-ритмическими компонентами, что приводило к нарушению соответствующих стадий СМИ – подготовка и реализация двигательной реакции (200–300 мс), принятие решения (100 мс), восприятие (50 мс). При этом ВР увеличивалось по сравнению с контролем и не зависело от маскировочного интервала, что свидетельствует о том, что маскер в условиях ОМ разрушает цепочку последовательных стадий, в основе которых лежат однотипные циклические корково-гиппокампальные взаимодействия, и для ее восстановления требуется приблизительно одинаковое время. Развитие тета-компонентов во фронтальной системе свидетельствует о том, что последовательность этапов СМИ контролируется из одного источника, связанного с таламо-фронтальной системой внимания.

В условиях ПМ маскер в основном воздействовал на волну ожидания и приводил к значительному сокращению по сравнению с контролем ВР при увеличении маскировочного интервала, что, вероятно, было связано с предупреждающей функцией маскера, игнорирование которого также в последствии улучшало восприятие целевого стимула. В основном ПМ приводила к изменению дельта-компонентов ССП, которые отражали динамику изменения уровня возбудимости заинтересованных структур коры в реализации СМИ. Так появление маскера (маскировочный интервал 100–300 мс) было связано с инверсией асимметрии на этапе восприятия маскера, что отражалось в доминировании левого ФМВ в комплексе центральных негативных компонентов. При этом дальнейшее восстановление исходной правосторонней асимметрии наблюдалось на этапе развития НР, что, вероятно, и обуславливало более быстрое распознавание целевого стимула за счет демпфирующей функции левого полушария [9], обеспечивающей активное «игнорирование» маскера.

Сокращение маскировочного интервала в обеих тестовых ситуациях приводило к постепенному сдвигу CNV в теменную область, уменьшению асимметрии за счет слияния двух фокусов, с последующим преобразованием типичной Е-волны, развивающейся после завершения компонента РЗб, в О-волну с доминированием сагиттального фронтального фокуса. Данная трансформация, вероятно, была связана с ухудшением процесса восприятия, особенно в условиях периферической маскировки (маскировочный интервал 50 мс), требующего больше ресурсов внимания к теменным ассоциативным структурам (Е-волна) для идентификации целевого стимула, сливающегося с маскером. Данный процесс облегчается О-волной, возникающей в последствии целевого стимула, являющегося «кондиционирующим» по отношению к следующей комбинации маскера и целевого стимула.

Таким образом, нейрофизиологический механизм восприятия слухового стимула обеспечивается взаимодействием двух систем – тета- и дельта-ритмических компонентов. Дельта-колебания связаны с развитием модуляционных процессов, определяющих уровень возбудимости структур мозга, участвующих в реализации основных стадий СМИ. При этом Е-волна обеспечивает активацию моторных процессов в условиях простых перцептивных задач. В случае их усложнения Е-волна смещается в теменную область, наряду с формированием О-волны в период последствия. Тета-ритмический компонент, вероятно, отражает процесс восприятия и анализа слухового стимула на основе извлекаемой из долговременной памяти эндогенной информации. ФМА возникает только в дельта-ритме и связана с правополушарным доминированием, ответственным за механизмы обнаружения простого стимула.

Механизм ОМ связан с нарушением цепочки тета-колебаний, обеспечивающих взаимодействие экзогенных (сенсорных) и эндогенных (память) процессов, восстановление которой требует одинакового времени. Характер ФМА при ОМ и ее отсутствии одинаков.

В условиях ПМ воздействие маскера направлено на волну ожидания и выражается в изменении Е-волны, ФМВ которой в момент восприятия маскера смещается в левое полушарие а на этапе анализа целевого стимула – в правое, восстанавливая исходную ФМА.

Сокращение маскировочного интервала в обоих случаях маскировки приводит к снижению асимметрии Е-волны и смещению ее в теменную область, где она подавляется компонентом Р36, что приводит к формированию О-волны, обеспечивающей более эффективную подготовку для различения тестовых стимулов в условиях периферической маскировки.

Abstract

In this article showed the basic changes interaction between interhemispheric and fronto-occipital of the mechanisms asymmetry in delta and theta oscillation information processing on the basis of possible thalamo-frontal of the mechanisms attention. It was showed the auditory recognition targets stimuli found in the interaction between delta wave (CPV, CNV, MMN, P36) and theta oscillation developed on the components of ERP N1, P2, N2 and P3a of principal auditory processes. Deterioration of the auditory recognition in condition successive the backward masking related to influence masker on the ERP's theta wave after the presentation targets stimuli. Improvement of the auditory recognition in condition successive the forward masking observed for influence masker on the ERP's delta wave before the presentation the targets stimuli.

Литература

1. Айдаркин Е.К. Вариативность компонентов вызванных потенциалов и способы их идентификации // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. Приложение. 2003. № 5. С. 50–59.
2. Айдаркин Е.К. Локальная и дистантная синхронизация спонтанной и вызванной суммарной активности мозга человека // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. Приложение. 2003. № 6. С. 68–77.
3. Айдаркин Е.К., Павловская М.А. Исследование нейрофизиологических механизмов непроизвольного внимания в условиях центральной маскировки слухового стимула // Валеология. 2007. №2. С. 65–74.
4. Айдаркин Е.К., Павловская М.А. Исследование нейрофизиологических механизмов взаимодействия произвольного и непроизвольного внимания в условиях последовательной слуховой маскировки // Валеология. 2007. №3. С. 103–113.
5. Айдаркин Е.К. Исследование нейрофизиологических механизмов взаимодействия произвольного и непроизвольного внимания в условиях сенсорной интеграции // Валеология. 2007. №3. С. 89–103.
6. Бианки В.Л. Асимметрия мозга животных. Л., 1985.
7. Брагина Н.Н., Доброхотова Т.А. Функциональные асимметрии человека. М., 1981.
8. Данилова Н.Н. Функциональные состояния: механизмы и диагностика. М., 1985.
9. Деглин В.Л., Черниговская Т.В., Менишуткин В.В. Анализ лексического и грамматического материала в условиях преходящей инактивации левого и правого полушарий мозга // Физиол. человека. 1985. Т. 11. № 1. С. 44–50.
10. Жаворонкова Л.А. Правши-левши: межполушарная асимметрия электрической активности мозга человека / Отв. ред. Г.Н. Болдырева; Ин-т высш. нерв. деятельности и нейрофизиологии РАН. М., 2006.
11. Жаворонкова Л.А. Правши – левши: особенности межполушарной асимметрии мозга и параметров когерентности ЭЭГ // Журн. высш. нервн. деят. 2007. Т. 57. № 6. С. 645–662.
12. Иваницкий А.М., Стрелец В.Б., Корсаков И.А. Информационные процессы мозга и психическая деятельность. М., 1984.
13. Иваницкий А.М. Синтез информации в ключевых отделах коры как основа субъективных переживаний // Журн. высш. нервн. деят. 1997. Т. 47. № 2. С. 209–225.
14. Канунников И.Е. Условная негативная волна (CNV) как электрофизиологический показатель психической деятельности. Сообщение 1: Феноменология CNV // Физиол. человека. 1980. Т. 6. № 3. С. 505–519.
15. Канунников И.Е. Условная негативная волна (CNV) как электрофизиологический показатель психической деятельности. Сообщение 2: Психофизиологическая значимость и нейрогенез CNV // Физиол. человека. 1980. Т. 6. №3. С. 521–529.
16. Филимонова Т.Д. // Журн. высш. нервн. деят. 1973. Т. 23. №3. С. 643.
17. Филимонова Т.Д. // Журн. невропат. и психиатрии. 1973. Т. 73. С. 183–187.
18. Филимонова Т.Д. // Физиол. человека. 1976. Т. 2. № 4. С. 558.
19. Aydarkin E.K. The mismatch negativity and sensorimotor integration // J. Psychophysiology. 2008. Vol. 69/3. P. 305.
20. Basar E., Basar-Eroglu C., Karakas S., Schürmann M. Gamma, alpha, delta, and theta oscillations govern cognitive processes International Journal of Psychophysiology. Vol. 39. 2001. P. 241–248.
21. Basar E. The theory of the whole-brain-work // Int. J. Psychophysiol. 2006. Vol. 60. P. 133–138.
22. Basar-Eroglu C., Basar E., Demiralp T., Schürmann M. P300-response: possible psychophysiological correlates in delta and theta frequency channels.

- A review // *Int. J. Psychophysiol.* 1992. Vol. 13. P. 161–179.
23. *Cohen J., Offer F., Blatt S.* // *Proc. VI Intern. Congr. EEG and Clin. Neurophysiol.*, Amsterdam, 1965.
24. *Cohen J., Walter W.G.* // *Psychophysiology*. 1966. Vol. 2. P. 187.
25. *Donchin E., Cohen J.* // *EEG and Clin. Neurophysiol.* 1967. Vol. 22. P. 537.
26. *Donchin E., Smith D.B.* // *EEG and Clin. Neurophysiol.* 1970. Vol. 28. P. 91.
27. *Donchin E., Tueting P., Ritter W., Kutas M., Hefley E.* // *EEG and Clin. Neurophysiol.* 1975. Vol. 38. P. 449.
28. *Dongier M.* // *EEG and Clin. Neurophysiol.* 1969. Vol. 27. P. 108.
29. *Dongier M.* // *EEG and Clin. Neurophysiol.* 1973. Suppl. 33. P. 161.
30. *Dongier M., Dubrovsky B., Engelmann F.* // *Res. Commun. Psychiat. And Behav.*, 1976. Vol. 1. № 1. P. 91.
31. *Dongier M., Timsit-Berthier M., Koninckx N., Delaunoy J.* // *EEG and Clin. Neurophysiol.*, 1973. Suppl. 33. P. 321.
32. *Halgren E., Marinkovic K., Chauvel P., et al.* Generators of the late cognitive potentials in auditory and visual oddball tasks // *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 1998. Vol. 106. P. 156–164.
33. *Karlin L.* // *Psychol. Bull.* 1970. Vol. 73. P. 122.
34. *Leifer L.J., Hart S.G., Huff E.M.* // *EEG and Clin. Neurophysiol.*, 1973. Vol. 34. P. 177.
35. *Naatanen R.* // *Biol. Psychol.*, 1975. Vol. 2. № 4. P. 237.
36. *Naatanen R., Paavilainen P., Rinne T., Alho K.* The mismatch negativity (MMN) in basic research of central auditory processing: A review // *Clin. Neurophysiology*. 2007. Vol. 118. P. 2544–2590.
37. *Peters J.F., Billinger T.W., Knott J.R.* // *Psychophysiology*, 1977. Vol. 14. P. 577.
38. *Polich J.* Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b // *Clin. Neurophysiol.* 2007. Vol. 118. P. 2128–2148.
39. *Poon L.W., Thompson L.W., Williams R.B., Marsh G.R.* // *Psychophysiology*. 1972. Vol. 2. № 6. P. 660.
40. *Rebert C.S.* // *EEG and Clin. Neurophysiol.* 1971. Vol. 31. P. 299.
41. *Schurmann M., Basar-Eroglu C., Koleva V., Basar E.* Delta responses and cognitive processing: single-trial evaluations of human visual P300 // *Int. J. of Psychophysiol.* 2001. Vol. 39. P. 229–239.
42. *Timsit M., Koninckx N., Dargent J., Fontaine O., Dongier M.* // *EEG and Clin. Neurophysiol.* 1970. Vol. 28. P. 41.
43. *Timsit M., Koninckx N., Dargent J., Fontaine O., Dongier M.* Variations Contingents Negatives. University

of Liege, Belgium, 1969, p.206.

44. *Walter W. G.* // *Brit. J. Physiol. Optics*, 1965. Vol. 22. P. 1.

45. *Watson R.T., Valenstein E., Heilman K.M.* Thalamic neglect. Possible role of the medial thalamus and nucleus reticularis in behavior // *Arch. Neurol.* 1981. Vol. 38. P. 501–556.

46. *Wilkinson R.T., Ashby S.M.* *Biol. Psychol.* 1974. Vol. 1. P. 167.

47. *Wilkinson R.T., Spence M.T.* *EEG and Clin. Neurophysiol.* 1973. Vol. 35. P. 503.

Учебно-научно-исследовательский
институт валеологии ЮФУ

Статья поступила в редакцию 25.12.08

УДК 612.821+612.822.3

**Е.К. АЙДАРКИН, М.А. ПАВЛОВСКАЯ,
Н.А. ОДИНЦОВА**
НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ЗРИТЕЛЬНОЙ
МАСКИРОВКИ В УСЛОВИЯХ
СЕНСОМОТОРНОЙ ИНТЕГРАЦИИ

Реферат

Представлены основные закономерности изменения межполушарных и лобно-затылочных асимметрий дельта- и тета- диапазонов обработки информации, а также возможные таламо-кортикальные механизмы, обеспечивающие их взаимодействие.

Показано, что зрительное различение целевых стимулов в условиях бинарного выбора обеспечивается в основном взаимодействием дельта-колебаний, лежащих в основе CPV-, CNV-, НР- и Р3б- компонентов, и тета-колебаний, участвующих в формировании компонентов ССП.

Феномен зрительной маскировки, как прямой (ПМ), так и обратной (ОПМ), имеет систематическое

обобщение механизмов в работах отечественных [6, 7, 13, 17, 19, 21, 24, 25] и зарубежных авторов [29, 36, 43, 44, 47, 57, 60]. В качестве механизмов зрительной маскировки в литературе предложено некоторое количество физиологических теорий. Основные их положения базируются на процессах торможения: рецепторного [29], латерального нейронального [37, 49, 68], а также внутри- и межканального характера [35, 36].

Психофизиологические теории анализа последовательно предъявляемой зрительной информации на периферическом уровне (маскировочный интервал от 0 до 50 мс) описываются процессами интеграции [41, 43, 62], временной и пространственной суммации физических признаков и процессов фузии [61], которые объясняют формирование и консолидацию сенсорно-перцептивного образа тестового стимула и маскера. Процесс прерывания когнитивной обработки основных стадий на центральном маскировочном уровне (интервал от 50 до 300 мс) [30, 42, 46, 48, 53, 58, 59, 64] возможен за счет стирания/замещения маскера тестовым сигналом или, наоборот [30], перераспределением ресурсов внимания на маскер, стадию принятия решения [34]. В работах Алика, Михаэлиса и соавт. [28, 50] представлена комплексная теория интеграции, прерывания и переключения внимания.

Показано, что сокращение маскировочного интервала приводит к уменьшению относительного вклада интеграционных механизмов и увеличению процессов, связанных с прерыванием анализа маскером. Зрительная обработка на периферическом уровне маскировки описывается мультипликативным законом, где энергия тестового сигнала, умноженная на минимальный маскировочный интервал, равна константе [64]. Процессы маскировки центрального уровня описываются аддитивной функцией: сумма времени предъявления тестового стимула и минимального маскировочного интервала соответствует константе [64].

Однако если на периферическом уровне ОМ и ПМ практически равносильны, то на центральном - ОМ более чувствительна к помехам. Предполагается, что правое полушарие для зрительного анализа более помехоустойчиво, чем левое [18, 19].

В связи с этим актуальным является дополнение описанных выше закономерностей нейрофизиологическими особенностями зрительного восприятия в условиях последовательной маскировки,

лимитированного процессами принятия решения (по параметрам времени реакции, ВР), а также изучением механизмов корково-подкорковых и корково-корковых специфических (основные стадии СМИ) и модуляционных (с учетом латерализации основных когнитивных процессов) процессов, характерных для слухового анализа [2, 3, 4].

Известно, что информация из проекционной зоны зрительного анализатора на этапе принятия решения (150–200 мс) концентрируется от специфических и неспецифических механизмов [23, 67] в височной [52, 23] и теменной [7, 9, 17] коре, выступающие центрами сенсомоторной интеграции, с помощью дорзального и вентрального зрительных путей неокортекса [38, 54, 66].

Так, операции распознавания зрительных стимулов в разных полушариях не тождественны [18, 27]. Задача идентификации стимула решается быстрее и лучше левым полушарием [15, 18, 27, 55, 56]. В правом полушарии осуществляется более конкретное и детальное описание изображения [5, 14, 15, 27]. Усложнение экспериментальных условий для исходно простой зрительной информации приводит к повышению роли левого полушария.

На основе анализа особенностей переработки информации, полученных при латерализованном ее предъявлении, Зальцман [10] выделяет три принципиально отличных способа межполушарных взаимодействий, проявляющихся в процессе зрительного опознания: параллельная деятельность (каждое полушарие перерабатывает информацию с использованием присущих ему механизмов), избирательная деятельность (переработка информации в «компетентном» полушарии), совместная деятельность (оба полушария участвуют в переработке информации, последовательно, преобладавая на тех или иных этапах анализа).

Кроме того, известно, что перцептивный зрительный анализ поддерживается преимущественно произвольным вниманием, механизмы которого локализованы в левом полушарии [31] в отличие от слухового восприятия с преобладающим механизмом непроизвольного внимания [39, 40, 63] и ориентировочного рефлекса [45].

Помимо латерализации произвольного и непроизвольного внимания существует специализация в лобно-затылочном направлении [22]. Так, если в организации движений и произвольного внимания ведущую роль играют лобные доли и соединяющие

их комиссуральные пути [26], то для произвольного общего сенсорного внимания большее значение имеют теменно-затылочные области и спленниум мозолистого тела [26, 39].

Следовательно, в развиваемой нами концепции о преобладании механизмов произвольного внимания при зрительном распознавании можно ожидать инверсию двигательного доминирования и ФМА в условиях последовательной зрительной маскировки [1]. Целью данной работы является исследование нейрофизиологических механизмов и, в частности, особенностей ФМА, лежащих в основе прямой и обратной последовательной зрительной маскировки по параметрам ВР и связанных с событием потенциалов (ССП).

Методы исследования

В исследовании принимали участие 10 человек (в возрасте от 18 до 23 лет), не имеющих жалоб и патологий зрительного восприятия. Испытуемые располагались в удобном кресле в звукоизолированной комнате, где выполняли ряд тестовых процедур. Зрительные стимулы предъявлялись симметрично относительно обоих глаз на расстоянии 70 см.

В качестве дифференцирующих тестовых стимулов зрительной модальности предъявлялись 1 или 2 (интервал 70 мс) вспышки яркостью 9 Кд, длительностью 1 мс с одинаковой вероятностью. Маскером выступал более интенсивный стимул, состоящий из 3 безынтервальных вспышек, тех же физических параметров, предъявляемый до целевого (в случае ПМ) или после него (ОМ). Согласно инструкции, на одинарную вспышку необходимо было нажимать левой рукой на соответствующую клавишу манипулятора «мышь», а на двойную – правой. Для оценки влияния маскера на эффективность выполнения тестового задания использовался фиксированный ряд маскировочных интервалов (300, 200, 100 и 50 мс), отделяющий целевой стимул от маскирующего. Интервал между пробами составлял 4 с с девиацией 20 %.

Регистрация ЭЭГ, времени реакции (ВР) и режим стимуляции осуществлялись при помощи компьютерного энцефалографа-анализатора «Энцефалан-131-03» (Таганрог, Россия). При этом регистрировались ЭЭГ-активность головного мозга в 21 стандартном отведении (система 10–20) с шагом

дискретизации 4 мс и частотой пропускания 0,5–70 Гц относительно объединенных ушных электродов. Индифферентный электрод располагался на лбу. Оцифрованная ЭЭГ и ВР экспортировались в MATLAB, где проводилась их дальнейшая обработка.

Вычислялись средние арифметические значения ВР, ошибка среднего, стандартное отклонение, доверительные интервалы с уровнем достоверности 0,95. Безартефактные участки ЭЭГ (режекция участков ЭЭГ с векодвигательными и ошибочными реакциями) подвергали полосовой фильтрации в диапазоне от 0,5 до 24 Гц. Частотные интервалы фильтрации для получения ритмических колебаний, соответствующих основным компонентам ССП, составляли 0,5–3 Гц для дельта-, 4–7 Гц – тета-, 8–13 Гц – альфа- и 14–24 Гц – бета-диапазонов.

Анализ ССП заключался в оценке амплитудно-временных показателей в интервале 1000 мс (100 мс до момента предъявления первого стимула в паре и 900 мс после). Амплитуда основных компонентов ССП измерялась относительно изолинии (средняя величина достимульного интервала длительностью 100 мс). Пиковый ЛП измерялся от начала предъявления стимула до ближайшей точки экстремума соответствующего компонента. Точность измерения временных параметров составляла 4 мс, а амплитудных – 0,04 мкВ. Количество усреднений для получения ССП составляло не менее 60 реализаций. Для анализа были выбраны следующие компоненты зрительного ССП: CNV (200–0 мс), N1 (110–130 мс), P2 (180–220 мс), NP (180–250 мс), N2 (220–240 мс), P3 (320–350 мс) – для целевого и маскирующего стимулов. Метод изопотенциальных карт ССП и их ритмических компонентов заключался в построении динамики распределения мгновенных значений амплитуд компонентов ССП с шагом 16 мс, отражающих поэтапную обработку информации.

Результаты исследования

Анализ двигательных реакций в контрольной серии (рис. 1) показал, что ВР на одинарный и парный зрительные стимулы в условиях сложной реакции двойного равновероятного выбора не различалось и в среднем составляло около 500 мс.

В условиях ОМ ВР для левой руки было достоверно выше, чем в контроле, в среднем на 100 мс и

практически не зависело от маскировочного интервала (МИ). При МИ в 300 мс ВР правой и левой рукой совпадали. Сокращение МИ до 100 мс приводило к достоверному снижению ВР правой рукой до контрольного уровня. При МИ в 50 мс наблюдалась тенденция увеличения ВР.

В условиях ПМ для обеих рук при росте МИ от 50 до 300 мс наблюдалось монотонное уменьшение ВР в среднем на 200 мс по сравнению с контролем с одновременным ослаблением доми-

нирования правой руки, которая исчезала при МИ в 300 мс. Необходимо отметить, что при минимальном МИ ВР правой рукой не отличалось от контрольной величины, а для левой было достоверно выше и совпадало с ответами при ОМ. Исключение составлял минимальный интервал, при котором ВР левой рукой при ОМ было достоверно выше, чем в условиях ПМ. При увеличении МИ до 100 мс ВР левой рукой снижалось до контрольного уровня.

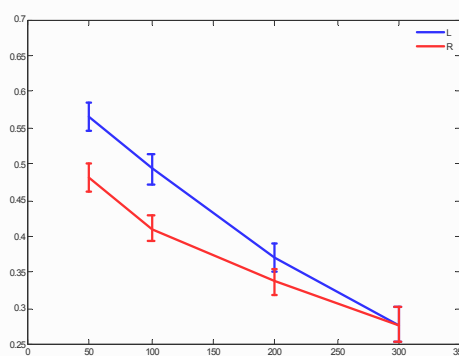
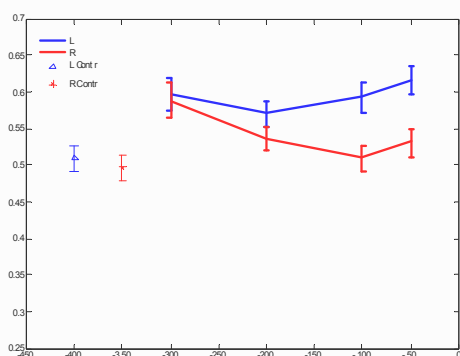


Рис. 1. Зависимость времени реакции от маскировочного интервала в условиях зрительной последовательной маскировки.

По оси абсцисс: маскировочный интервал, мс; по оси ординат: время реакции, с.

Сплошной линией обозначено ВР левой рукой, пунктирной – правой. Слева от графика показано ВР контрольной серии

Анализ ССП на целевые стимулы показал (рис. 2, контроль), что они имели стандартную конфигурацию, которая включала в себя контингентную негативную волну (CNV), предшествующую моменту подачи стимула и доминирующую в теменно-центральной области, компонент С1 с фокусом максимальной выраженности (ФМВ) в теменной области, Р1 – в зрительной, N1 – в теменной и зрительной, Р2 и N2 – во фронтальной, Р3б – в теменной. Иногда на фоне компонента Р3б развивались в тета-диапазоне компоненты N3, N4.

В условиях ОМ (рис. 2) при МИ 300 мс ответ на маскер возникал на заднем фронте компонента Р3б, что приводило к формированию негативно-позитивного комплекса в сенсорно-специфических отведениях (Oz, O1, O2) меньшей амплитуды. Сокращение МИ вызывало увеличение ответа на маскировочный стимул в случае совпадения его с развитием негативных компонентов ССП на целевой стимул (МИ 100, 200 мс) и уменьшение – при взаимодействии с позитивными колебаниями. При МИ в 50 мс компонент С1 на маскер сливался с

компонентом N1, возникающим на целевой стимул, обеспечивая в дальнейшем интерференцию двух ССП.

В условиях ПМ (рис. 3) в ответ на маскер регистрировался мощный комплекс N1-P2. ССП, возникающий на последующий целевой стимул, также интерферирующий с ответом на маскер, был лучше выражен, что отражалось в развитии компонентов С1, Р1, N1, Р2, N2 и Р3б.

Анализ изопотенциальных карт показал, что в контроле (рис. 4) целевому стимулу предшествовало центрально-негативное колебание (Е-волна) с доминированием ФМВ в правом полушарии (на картах 0 – 48 мс). На этапе восприятия (на картах 64 – 144 мс), который сопровождался одновременным формированием комплекса компонентов С1, Р1 и N1, доминирующий негативный очаг смещался в правое полушарие, вначале в центрально-теменные области, а затем в затылочные области. Возникновение в правом полушарии позитивного фокуса (компонент Р1) приводило к миграции негативного фокуса в левое полушарие. На этапе принятия

решения (на картах 160 – 256 мс) при развитии заднего фронта N1 и переднего фронта N2, доминирование негативного фокуса снова смещалось в правое полушарие с ФМВ в центрально-теменно-затылочные области, а также в нижневисочные отведения. Одновременно формировался во фронтальной области компонент P2, а также в теменной области небольшая волна P3б. Затем на этапе подготовки двигательной интеграции (на картах 272 – 480 мс) развивались длительная волна P3б в центрально-теменном отведении и более короткая (на картах 320 – 384 мс) фронтальная волна P3а. На этапе реализации двигательной реакции и следово-

го анализа (на картах 480 – 576 мс) наблюдалось ослабление центрально-теменной волны P3б и формирование О-волны, которая на этапе подготовки новой реакции взаимодействовала с очагами возбуждения (на картах 596 – 678 мс), возникающими в теменных и затылочных областях правого полушария. В перистимульный период отмечена трансформация типичной фронтальной О-волны, ФМВ которой постепенно смещался в правое полушарие в центральную область, в Е-волну. Динамика указанных выше компонентов была лучше выражена при реализации тестовой процедуры правой рукой.

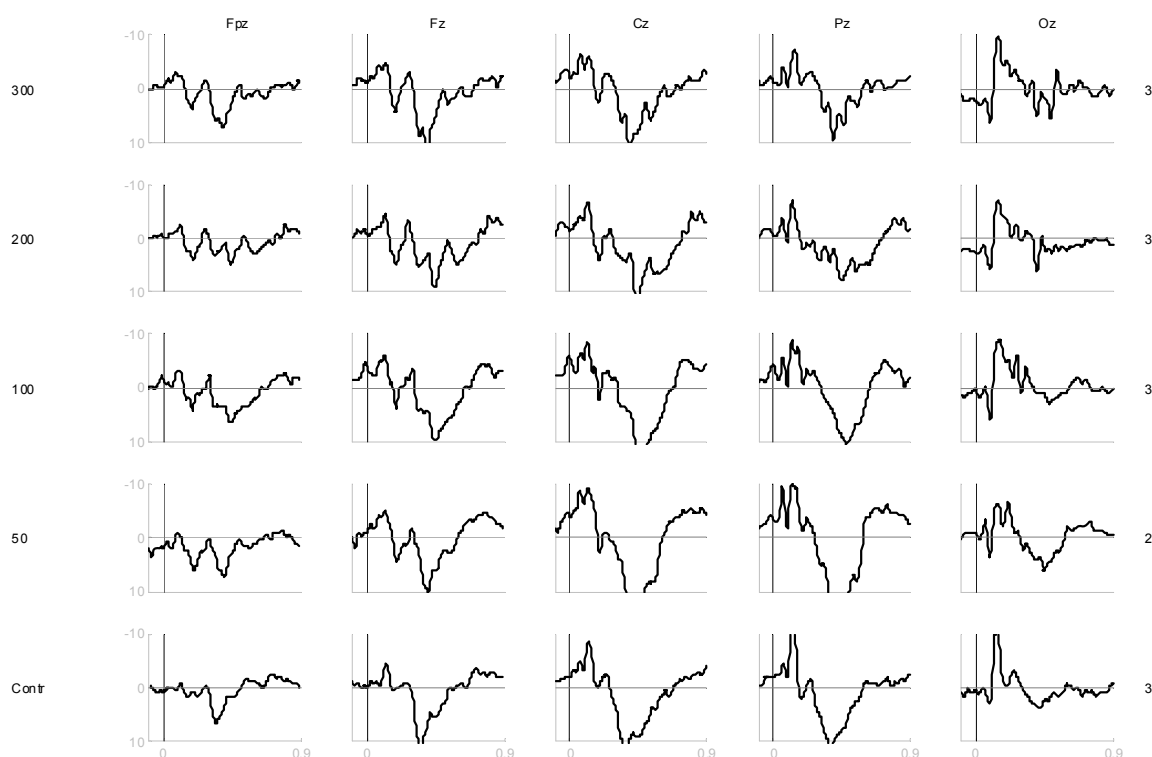


Рис. 2. Динамика зрительного ССП в зависимости от маскировочного интервала в условиях обратной зрительной маскировки.

По оси абсцисс: латентный период, с; по оси ординат: амплитуда, мкВ.
Слева указан маскировочный интервал, сверху – отведения. Contr – ССП в контрольной серии

В условиях ОМ изопотенциальные карты ССП (рис. 5) на целевой стимул совпадали с таковыми, регистрируемыми в контрольных тестовых сериях. ССП на маскер при МИ 300 мс был слабо выражен в связи с развитием его на этапе формирования компонента P3б. При этом сокращение МИ приводило к формированию негативного ФМВ, доминирующего в центральных отведени-

ях правого полушария на этапе принятия решения, и к миграции его в каудальном направлении в теменную область.

В условиях ПМ (рис. 6) изопотенциальные карты на первый маскировочный стимул совпадали с таковыми на целевой в условиях ОМ. Однако они были более ослаблены.

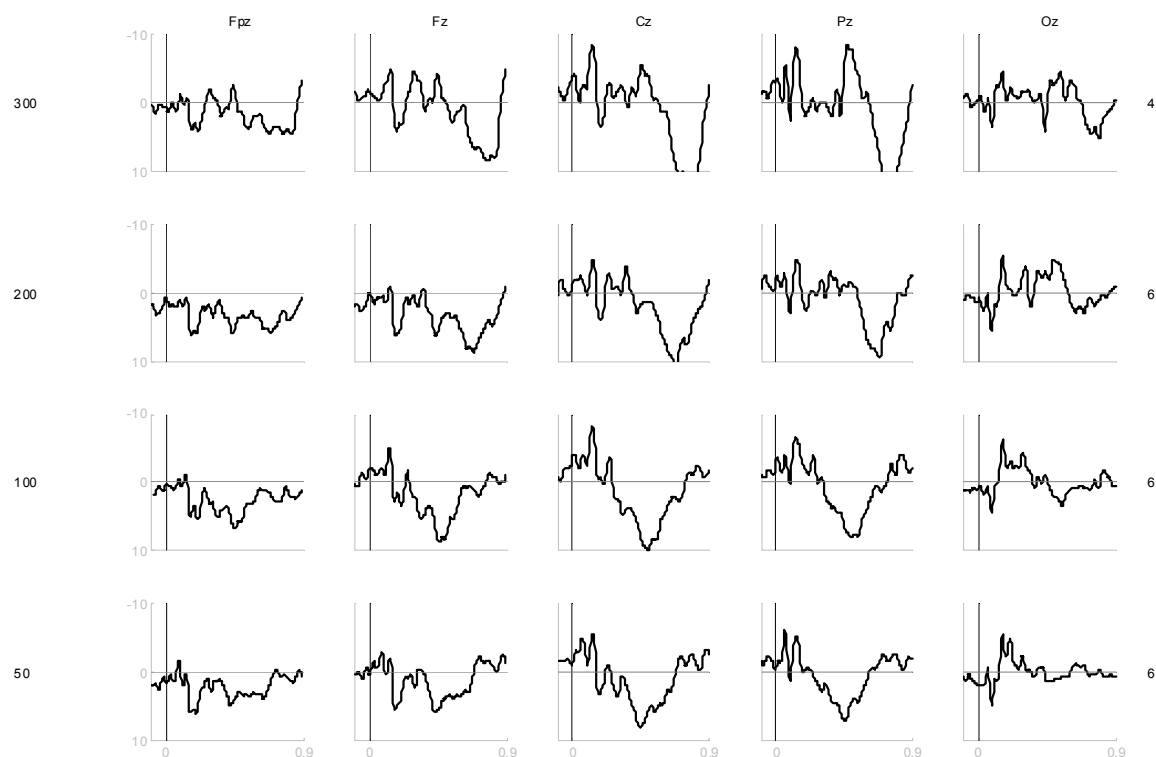


Рис. 3. Динамика зрительного ССП в зависимости от маскировочного интервала в условиях прямой зрительной маскировки.

Обозначения, как на рис. 2

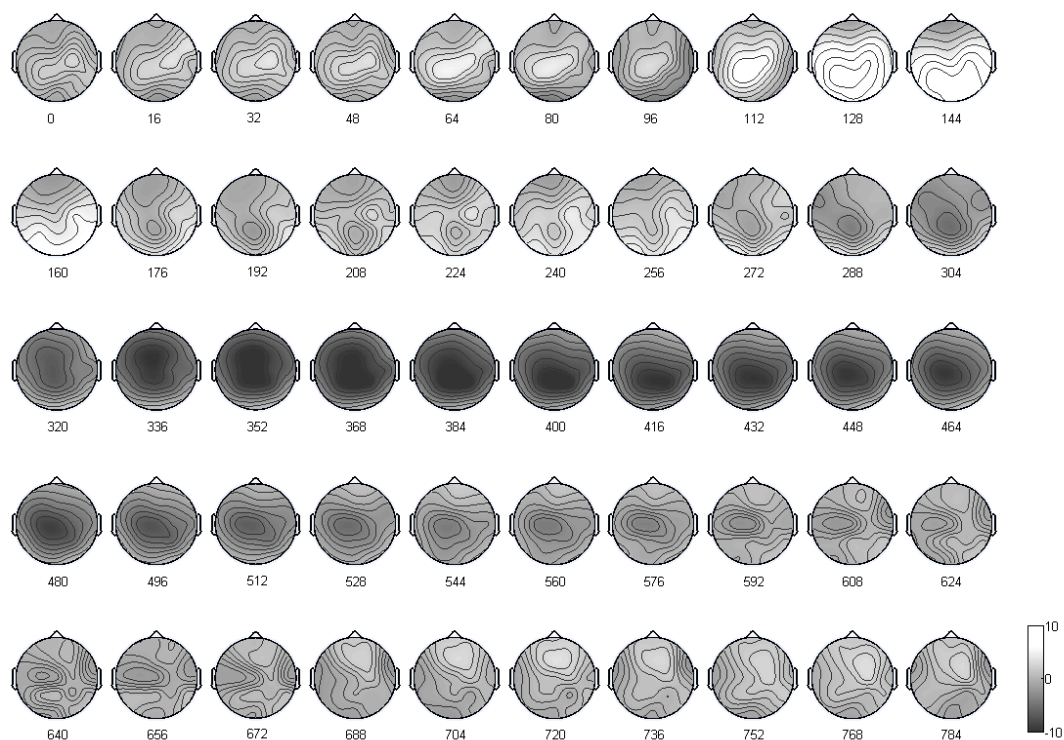


Рис. 4. Динамика изопотенциальных карт основных компонентов ССП в контрольных условиях бинарного различения равновероятных целевых зрительных стимулов.

Светлым тоном показан максимум негативности, темным – позитивности.

Цифры под картой указывают на время ее возникновения от момента подачи стимула, мс

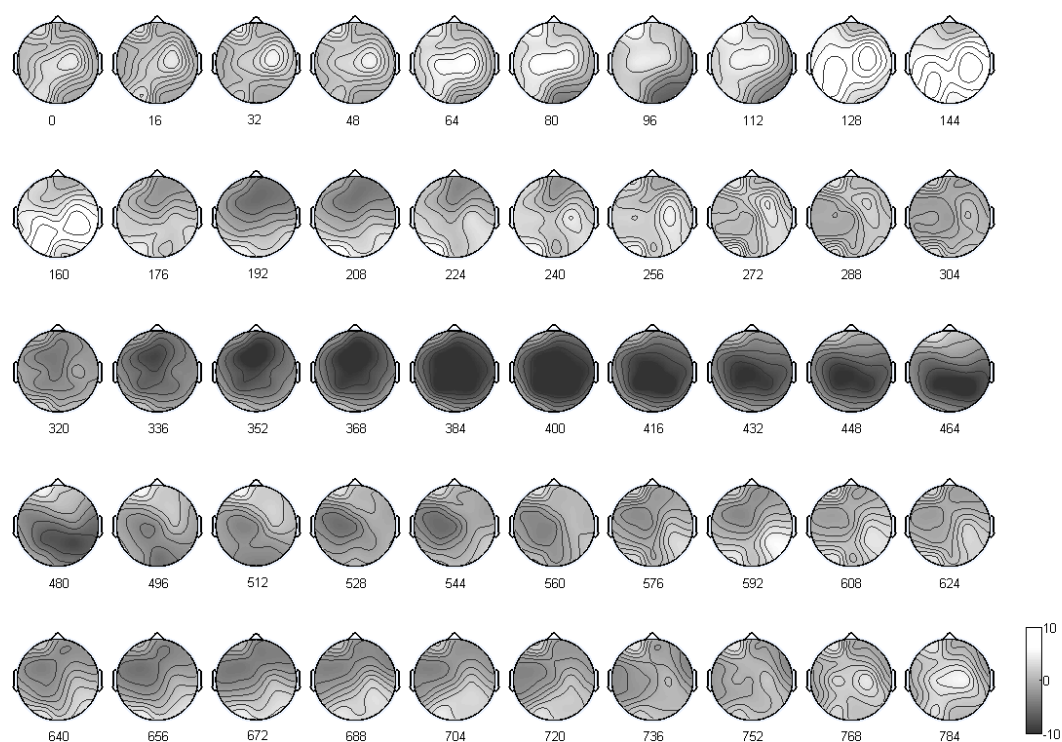


Рис. 5. Динамика изопотенциальных карт основных компонентов ССП в условиях обратной зрительной маскировки.
Обозначения, как на рис. 4

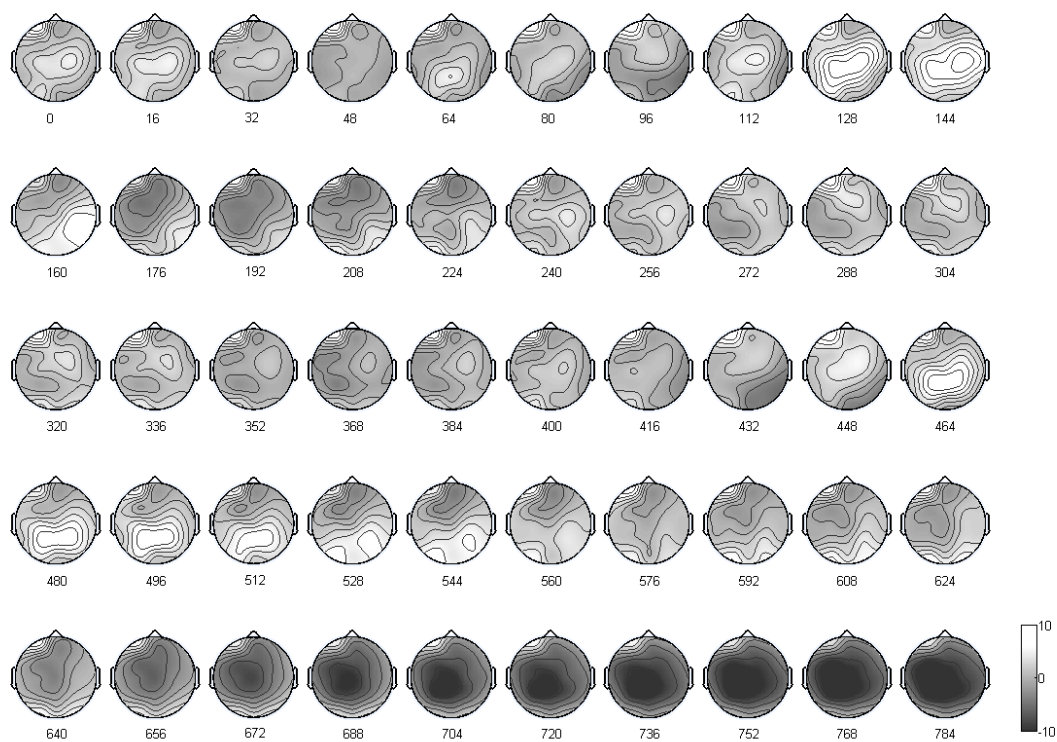


Рис. 6. Динамика изопотенциальных карт основных компонентов ССП в условиях прямой зрительной маскировки.
Обозначения, как на рис. 4

Разложение ССП, полученных на целевой стимул в контрольных сериях, на дельта- и тета-ритмические компоненты показало, что доминирование негативного фокуса в правом полушарии на этапах ожидания, распознавания и принятия решения определялось дельта-колебаниями (на карте 0–240 мс), которые в основном связаны с развитием цепочки компонентов CNV(Е-волна)– НР-Р3б (рис. 7). Для тета-колебаний (рис. 8) наблюдалось доминирование левого полушария (на карте 60 – 144 мс) на этапе восприятия, и восстановление преобладания негативного фокуса в правой гемисфере – на этапе принятия решения (на картах 160 – 256 мс).

В условиях ОМ развитие CNV в виде двух негативных фокусов в центральных областях с некоторым доминированием в правом полушарии соответствовало дельта колебанию ССП. Это доминирование росло на этапе восприятия стимула (передний фронт компонента N1), с последующим смещением этого максимума в теменно-затылочную область (задний фронт компонента N1).

Параллельно в левом полушарии мог формироваться симметричный негативный дельта-фокус, который всегда был смещен несколько каудальнее правополушарного ФМВ. Далее развивался комплекс Р3б, который завершался формированием Е-волны в дельта-диапазоне. При сокращении МИ наблюдалось смещение двух негативных фокусов на этапе развития компонента N1 из центральных в теменные отведения с одновременным формированием О-волны, конкурирующей с Е-волной.

В условиях ПМ анализ ритмических дельта-колебаний ССП на целевой стимул сохранялись указанные выше тенденции, только негативные фокусы на этапе ожидания, восприятия и принятия решения были больше смещены в каудальном направлении, особенно в левом полушарии, тогда как на маскировочный стимул они были более симметричными и локализовались в центральных отведениях. Сокращение МИ приводило к аналогичным изменениям, наблюдаемым в условиях ОМ.

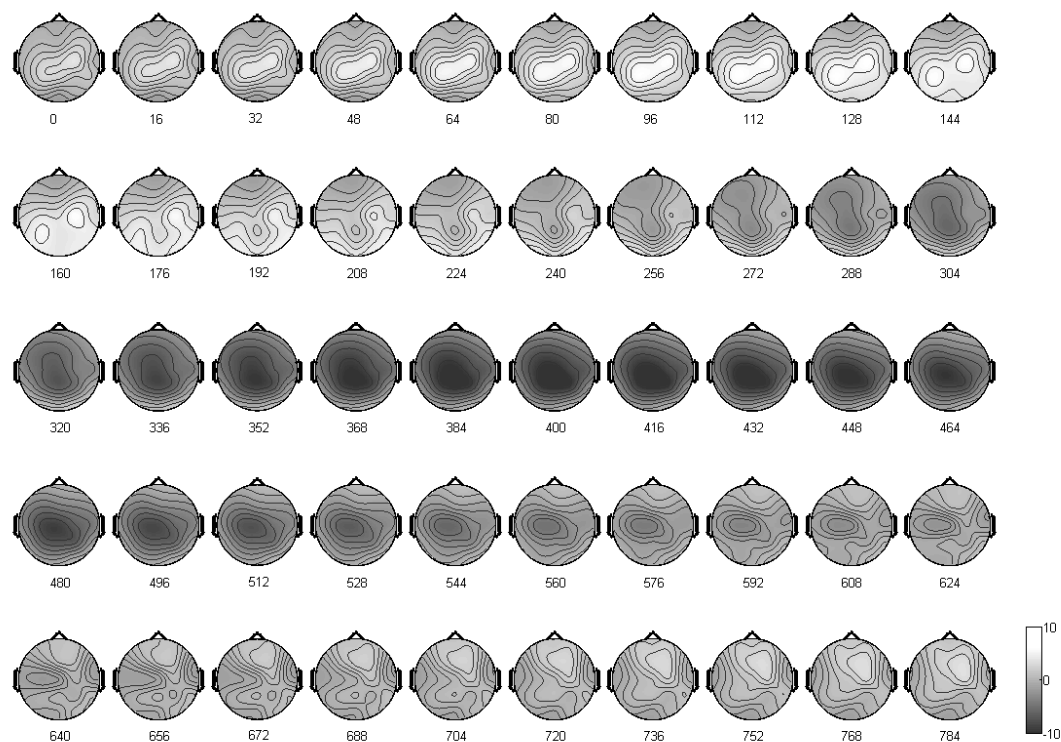


Рис. 7. Динамика дельта-колебаний, соответствующих основным компонентам ССП в контрольных условиях бинарного различения равновероятных зрительных целевых стимулов.

Исходная динамика изопотенциальных карт основных компонентов ССП и остальные обозначения см. на рис. 4

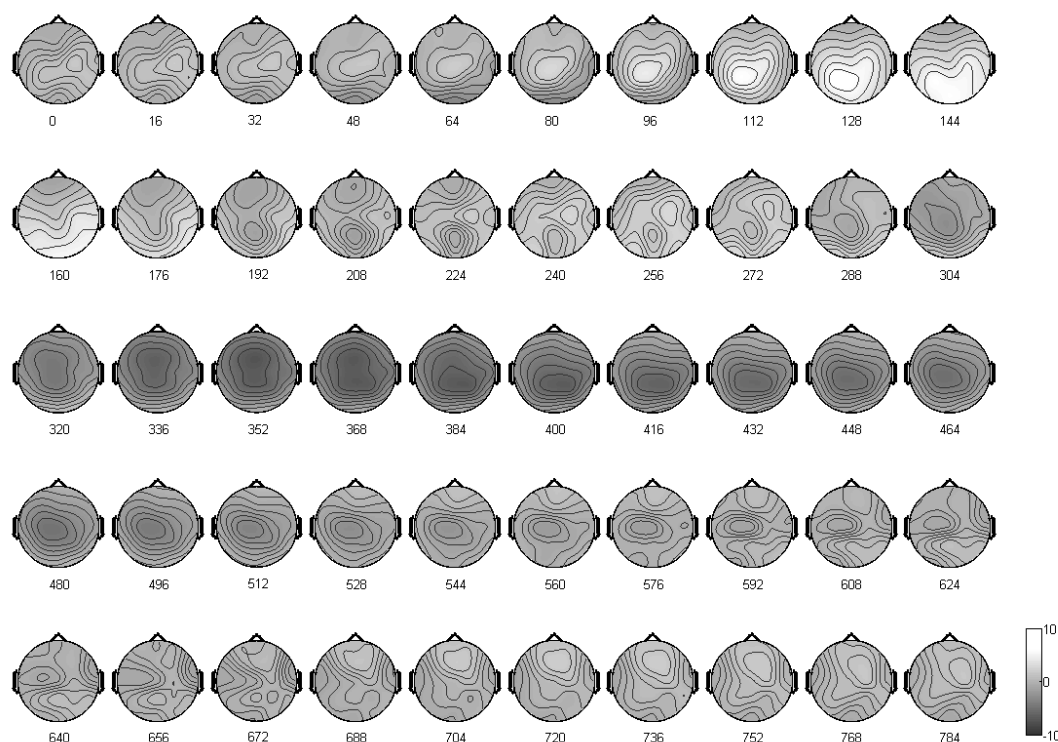


Рис. 8. Динамика тета-колебаний, соответствующих основным компонентам ССП в контрольных условиях бинарного различения равновероятных зрительных целевых стимулов.

Исходная динамика изопотенциальных карт основных компонентов ССП и остальные обозначения см. на рис. 4

Для тета ритмических колебаний ССП в условиях ОМ наблюдалось формирование на этапе ожидания негативных фокусов, связанных с развитием CNV. Основные компоненты ССП (P1, N1, P2, N2 и P3a) развивались в тета-ритмическом диапазоне. Однако развитие компонента P1 в правой затылочной области приводило к смещению доминирования негативных колебаний в левое полушарие. Исчезновение компонента P1 было связано с восстановлением (на этапе формирования компонента N1) доминирования негативных колебаний в правом полушарии, ФМВ которых смещался в височно-каудальном направлении, захватывая теменные, зрительные и височные области. При МИ в 300 мс при реакции правой рукой восстанавливался в левом полушарии на этапе принятия решения мощный негативный фокус, смещенный в большей степени каудальней, чем правый, что было сходно с динамикой тета-колебаний ССП в контрольной серии. Тета-компоненты на маскировочный стимул были слабо выражены.

В условиях ПМ тета-колебания ССП на маскировочный стимул совпадали с таковыми, регист-

рируемыми на целевые стимулы в условиях ОМ, но были слабее выражены. В ответ на целевые стимулы негативные тета-компоненты были в большей степени смещены в теменную область с сохранением доминирования правого полушария.

Таким образом, в контрольных сериях ВР было одинаковым для правой и левой рук. При сокращении МИ наблюдалось усиление асимметрии ВР с доминированием по скорости реагирования правой руки как в условиях ОМ, так и ПМ. При ОМ ВР слабо зависело от МИ, тогда как в условиях ПМ его рост приводил к существенному сокращению скорости реагирования обеими руками. В контрольных сериях ССП характеризовался развитием на этапе ожидания негативного фокуса CNV (Е-волна), доминирующего в правой гемисфере. На этапе восприятия (развитие доминирующего в правом полушарии компонента P1) наблюдалось смещение негативного ФМВ в левое полушарие, с последующим (на этапе развития компонента N1) восстановлением исходного доминирования правого полушария и смещением правого и левого негативных ФМВ в височно-каудальном направлении,

которое преобладало в левом полушарии. После развития типичных волн P2, N2, P3a, P3b, развивались О- и Е-волны. Добавление маскера в условиях ОМ усиливало выраженность левополушарного негативного ФМВ на этапе формирования начальных компонентов ССП, а сокращение МИ приводило к смещению в каудальном направлении право- и левополушарного фокусов. ССП на маскер в условиях ОМ был слабо выражен. При ПМ реакция на маскер сохраняла все особенности, типичные для целевого стимула в условиях ОМ, но была слабее выражена. На целевой стимул при ПМ наблюдалась сходная динамика компонентов с ситуацией ОМ, но начальные негативные компоненты в большей степени были смещены в теменную область. Дельта-ритмические компоненты соответствовали развитию Е- и О-волн CNV, а также компоненту P3b и на них в большей степени влияли условия ПМ, тогда как тета-колебания соответствовали основным компонентам ССП и на них основное влияние оказывали условия ОМ.

Обсуждение

Анализ зависимости ВР зрительной СМИ в условиях ОМ и ПМ показал в подавляющем большинстве случаев доминирование правой руки по скорости реагирования на целевой стимул, при условии, что данная асимметрия отсутствовала в контрольной серии. Этот факт, вероятно, можно объяснить следующими явлениями. Для реализации зрительных СМИ необходим значительный ресурс произвольного внимания [31]. С другой стороны, моторное представительство правой руки и сенсорный анализ в левом полушарии облегчает взаимодействие данной СМИ с механизмами произвольного внимания, которые доминируют в этой же гемисфере [22].

Полученные на этом же контингенте праворуких испытуемых в тех же условиях контроля, ПМ и ОМ противоположные результаты, связанные с доминированием левой руки при использовании слуховой стимуляции [4], позволяют подтвердить нашу гипотезу [1] о преобладающей связи слуховой стимуляции с механизмами произвольного внимания, а зрительной – произвольного, которые лежат в основе межмодального взаимодействия как в условиях их комплексирования, так и чередования [1].

С другой стороны, при изменении МИ на слуховой стимул при равновероятной стимуляции в условиях ОМ асимметрия рук отсутствует, а при ПМ она присутствует, но практически не изменяется [4], что свидетельствует о том, что в условиях воздействия предупреждающего маскера, обеспечивающего улучшение реагирования по сравнению с контрольной процедурой, дополнительно активируются механизмы непроизвольного внимания, локализованные в правом полушарии. Для зрительного стимула в данном направлении наблюдаются иные закономерности – асимметрия присутствует как в условиях ПМ, так и ОМ, но она усиливается при сокращении МИ в обоих случаях, что может говорить о более высокой помехоустойчивости левополушарной конструкции СМИ, которая формируется за счет включения в анализ зрительных процессов. В дополнение о преимущественных помехоустойчивых процессах может говорить факт демпфирования воздействия маскера при слуховой стимуляции в условиях ПМ [4]. Эти результаты в некоторой степени противоречат данным [17, 20], которые делают вывод о более высокой помехоустойчивости правого полушария. Однако эти данные получены при тахистоскопическом предъявлении сложных зрительных стимулов, в то время как в данной работе использовалась билатеральная стимуляция. С другой стороны, усложнение экспериментальных условий для исходно простых зрительных тестовых процедур приводит к повышению роли левого полушария, что, вероятно, и объясняет данные противоречия.

Анализ зрительных ССП и изопотенциальных карт их компонентов подтверждает предположение о том, что дельта-колебания (Е- и О-волн CNV, НР, P3b) отражают модулирующие подкорково-корковые влияния, формирующие, в частности, характер функциональной межполушарной асимметрии (ФМА), тогда как тета-колебания отражают динамику развития основных специфических компонентов ССП [4, 32, 33].

Если для слухового раздражения доминирование на всех этапах развития начальной негативной дельта-волны касалось правого полушария, за исключением ситуации демпфирования маскера в условиях ПМ [4], то при зрительной стимуляции всегда сочетались две тенденции – аналогичное доминирование правого полушария и возникновение доминирующего очага в левом полушарии на

этапе восприятия и принятия решения (развитие компонента N1]. Вероятно, используемый тип СМИ (маскировка) требует включения механизмов произвольного внимания в левом полушарии для анализа зрительного стимула и постоянное поддержание на высоком уровне возбудимости механизмов непроизвольного внимания, необходимых для обнаружения момента подачи целевого и маскировочного стимулов, которые локализованы в правом полушарии. Последний механизм выражен независимо от модальности стимула, а первый связан преимущественно со зрительным анализом.

Кроме того, указанные выше основные различия в динамике ССП в условиях зрительной и слуховой последовательной маскировки связаны со спецификой анализа разномодальных стимулов. Если для слухового анализа два начальных негативных ФМВ смещаются на этапе развития компонента N1 и НР во фронтальном направлении с доминированием правого полушария [4], то при зрительном анализе данный правополушарный фокус смещается в затылочном направлении с одновременным формированием более каудального аналогичного фокуса в левом полушарии. В результате на этапе принятия решения эти фокусы, как для зрительной, так и для слуховой маскировки локализируются в местах пересечения соответствующих дорзальных и вентральных сенсорных путей [38, 54, 66].

Необходимо также отметить общие механизмы для разномодальной последовательной центральной маскировки.

Во-первых, ПМ улучшает эффективность распознавания целевого стимула, что вероятно связано с предупреждающей функцией маскера, с формированием активной реакции игнорирования (снижение порогов восприятия маскера), а также с повышением возбудимости систем распознавания в результате посттормозной отдачи.

Во-вторых, маскер в условиях ПМ воздействует на модулирующий механизм СМИ (дельта-колебания ССП), а при ОМ – на специфический механизм (тета-компоненты ССП).

В-третьих, уменьшение МИ приводит к замедлению реализации СМИ, смещению начальных негативных фокусов из центральных областей в теменные и формированию О-волны на фоне подавления Е-волны.

В-четвертых, эффективность каждого вида последовательной маскировки в зависимости от

модальности целевого и маскировочного стимула определяется механизмом ФМА СМИ, который в первую очередь ориентирован на характер внимания (произвольное или непроизвольное), которое является базовым для реализации сенсорных функций для конкретной модальности.

В-пятых, функции связанные с выделением полезного простого сигнала из шума в условиях последовательной центральной маскировки в большей мере локализованы в левом полушарии.

Таким образом, анализ особенностей последовательной слуховой и зрительной маскировки при билатеральной подаче простых целевого и маскировочного стимулов показал, что для слухового раздражения главную роль играет правое полушарие, в котором доминируют механизмы непроизвольного внимания, что обеспечивает более быстрое выполнение СМИ левой рукой. В условиях зрительного восприятия доминирует левое полушарие, в котором преобладают механизмы произвольного внимания, что оптимизирует выполнение СМИ правой рукой. Однако при зрительной центральной маскировке также характерно использование правого полушария для обнаружения моментов подачи целевых и маскировочных стимулов (механизмы непроизвольного внимания).

Работа выполнена при поддержке внутреннего гранта Южного федерального университета «Разработка методов и аппаратно-программных средств выявления психофизических паттернов эффективного поведения человека, идентификации и направленного формирования режимов его функционирования».

Abstract

In this article showed the basic changes interaction between interhemispheric and fronto-occipital of the mechanisms asymmetry in delta- and theta- oscillation information processing on the basis of possible talamo-frontal of the mechanisms attention. It was showed the visual recognition targets stimuli found in the interaction between delta- wave (CPV-, CNV-, MMN-, P36-J) and theta-oscillation developed on the components of ERP N1, P2, N2 and P3a of principal auditory processes.

Литература

1. Айдаркин Е.К. Нейрофизиологические механизмы непроизвольного внимания в условиях сенсомоторной интеграции// Валеология. 2006. № 2. С. 39–51.

2. Айдаркин Е.К., Павловская М.А. Исследование нейрофизиологических механизмов непроизвольного внимания в условиях центральной маскировки слухового стимула // Валеология. 2007. №1. С. 65–74.
3. Айдаркин Е.К., Павловская М.А. Исследование нейрофизиологических механизмов взаимодействия произвольного и непроизвольного внимания в условиях последовательной слуховой маскировки // Валеология. 2007. № 3. С. 103–113.
4. Айдаркин Е.К., Павловская М.А. Исследование ритмических составляющих связанных с событием потенциалов в условиях слуховой последовательной маскировки // Валеология. 2008. № 4. С. 63–79.
5. Баранов-Крылов И.И., Шуваев В.Т., Канунников И.Е. Межполушарные различия в задачах внимания и селекции латерализованных стимулов // Рос. физиол. журн. 2006. Т. 92(6). С. 709–722.
6. Бахманн Т. Психофизиология зрительной маскировки = Psychophysiology of visual masking: (К вопросу о микроструктуре сознания) / Тарт. гос. университет. Каф. психол. Тарту, 1989.
7. Глезер В.Д. (ред.) Зрительное опознание и его нейрофизиологические механизмы. Л., 1975.
8. Глезер В.Д. Зрение и мышление. Л., 1985.
9. Дудкин К.Н. Зрительное восприятие и память. Л., 1985.
10. Зальцман А.Г. Особенности переработки зрительной информации в правом и левом полушариях головного мозга человека. Обзор // Физиол. человека. 1990. Т. 16, № 2. С. 137–148.
11. Иваницкий А.М. Нейрофизиологические механизмы восприятия и памяти: вызванные потенциалы // Механизмы деятельности мозга человека. Л., 1988. С. 151.
12. Иванова Е.Н. Функциональная асимметрия больших полушарий головного мозга человека при зрительном опознании: дис. ...канд. мед. наук. Л., 1978.
13. Кропотов Ю.Д., Пономарев В.А. Реакции нейронов и вызванные потенциалы в подкорковых структурах мозга при зрительном опознании. Сообщение IV: Эффект маскировки зрительных стимулов // Физиол. человека. 1987. Т. 13. № 4. С. 561–566.
14. Костандов Э.А., Рецикова Т.Н., Шостакович Г.С., Пенкина О.А. Асимметрия зрительного восприятия // Журн. высш. нерв. деят. 1977. Т. 27(3). С. 545–552.
15. Леушина Н.А., Невская А.А., Павловская М.Б. Сравнительное исследование закономерностей зрительного опознавания в правом и левом полушариях. Сенсорные системы: Сенсорные процессы и асимметрия полушарий. Л., 1985. С. 21–36.
16. Лытаев С.А., Шостак В.И. Таламическая интеграция афферентных потоков у человека при опознании образов // Журн. высш. нервн. деят. 1992. Т. 42. Вып. 1. С. 12–20.
17. Меерсон Я.А. О нейрофизиологических механизмах фильтрации в зрительной системе // Физиол. человека. 1980. Т. 6. № 1. С. 8.
18. Меерсон А.Я. Высшие зрительные функции: Зрительный гнозис. Л., 1986.
19. Мецкерский Р.М. Ретроактивные явления в зрительной системе // Психол. журн. 1981. Т. 2. № 1. С. 141–150.
20. Мямлин В.В. Латерализация зрительного восприятия буквенных стимулов в условиях обратной маскировки // Журн. высш. нервн. деят., 1985. Т. 35. Вып. 2. С. 222.
21. Невская А.А. Исследование инвариантности зрительного опознания у человека // Механизмы кодирования зрительной информации. Л., 1966. С. 141–150.
22. Отмахова Н.А., Коновалов В.Ф. Межполушарные различия и взаимодействие полушарий // Успехи физиол. наук. 1988. Т. 19. № 1. С. 51–70.
23. Суворов Н.Ф., Тауров О.П. Психофизиологические механизмы избирательного внимания. Л., 1986.
24. Сутин А.Я. Нейрональные механизмы зрительного анализа. М., 1974.
25. Теплов Б.М. Психология как основа для маскировочной техники // Война и техника. 1926. № 306/307. С. 44–52.
26. Хомская Е.Д., Демина Л.Л. Межполушарная асимметрия зрительных вызванных ответов (ВП) при различных формах произвольного внимания // Функциональная асимметрия и адаптация человека. М., 1976. С. 46–47.
27. Чернова Н.Д., Невская А.А., Глезер В.Д., Гаузелеман В.Е. Роль взаимодействия полушарий в опознании зрительных образов // Сенсорные системы. 2000. № 14(2). С. 167–172.
28. Allik J., Bachmann T. How bad is the icon? // The Behavioral and Brain Science. 1983. Vol. 6. № 1. P. 12–13.
29. Alpern M. Metacontrast: Historical introduction // American Journal of Optometry. 1952. Vol. 29. P. 631–646.
30. Averbach E., Goriell A.S. Short-term memory in vision // Bell System Technical Journal. 1961. Vol. 40. P. 309–328.
31. Bakan P. Two streams of consciousness: a typological approach // The stream of consciousness / Ed. K.S. Pope, J.L. Singer. N.Y., 1978. P. 159–184.
32. Basar E. The theory of the whole-brain-work. International Journal of Psychophysiology. 2006. Vol. 60. P. 133–138.
33. Basar E., Basar-Eroglu C., Karakas S., Schurmann M. Gamma, alpha, delta, and theta oscillations

govern cognitive processes // *International Journal of Psychophysiology*. 2001. Vol. 39. P. 241–248.

34. *Bernstein I.H., Smith d.B., Adey M.* Perceptual and response interdependencies in visual masking // S. Dornic (Ed.), *Attention and Performance*. Vol. 6.- hillsdale: Erlbaum. 1977. P. 177–194.

35. *Breitmeyer B.G., Ganz L.* Implication of sustained and transient channels for theories of visual pattern masking, saccadic suppression, and information processing // *Psychological Review*. 1976. Vol. 83. № 1. P. 1–36.

36. *Breitmeyer B.G.* Visual Masking. An Integrative Approach. Oxford. 1984.

37. *Brigdeman B.* Metacontrast and lateral inhibition // *Psychological Review*. 1971. Vol. 78. № 6. P. 528–539.

38. *Desimone R., Ungerleider L.* Neural mechanisms of visual processing in monkeys // F. Boller, J. Grafman (Eds.), *Handbook of neuropsychology*. Amsterdam, 1989. Vol. 2. P. 267–299.

39. *Dimond S.* Depletion of awareness and double-simultaneous stimulation in split-brain man // *Cortex*. 1978. Vol. 14. № 4. P. 604–607.

40. *Dimond S.* Performance of split-brain humans on lateralized vigilance task // *Cortex*. Vol. 12. № 1. P. 43–50.

41. *Eriksen C.W.* Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model // *Perception and Psychophysics*. 1986. Vol. 40. № 4. P. 225–240.

42. *Erwin D.E., Hershenson M.* Functional characteristics of visual persistence predicted by a two-factor theory of backward masking // *Journal of Experimental Psychology*. 1974. Vol. 103. № 2. P. 249–254.

43. *Felsten G., Wasserman G.S.* Visual masking: Mechanisms and theories // *Psychological Bulletin*. 1980. Vol. 88. № 2. P. 329–353.

44. *Fox R.* Visual masking // H. Leibovitz, H.-L. teuber, R. Held (Eds.), *Handbook of Sensory Physiology*. Vol. 8: Perception. Heidelberg, 1978. P. 629–653.

45. *Heilman K.M., Watson R.T.* Neglect syndrome - a unilateral defect of orienting reflex // *Lateralisation in the nervous system* / Ed. S. Harnard et al. N.Y., 1977. P. 285–302.

46. *Hellige J.* Feature similarity and laterality affect in visual masking // *Neuropsychologia*. 1983. Vol. 21. № 6. P. 633.

47. *Kahneman D.* Method, findings and theory in studies of visual masking // *Psychological Bulletin*. 1968. Vol. 70. № 4. P. 404–425.

48. *Kline J.S., Saccuzzo D.P.* Integrative and interruptive mechanisms in peripheral and hemispheric masking // *Bulletin of the Psychonomic Society*. 1988. Vol. 25. № 1. P. 43–46.

49. *Landahl H.D.* A neural model for masking phenomena // *Bulletin of Mathematical Biophysics*. 1967. Vol. 29. P. 227–232.

50. *Michaels C.F., Turvey M.T.* Central sources of visual masking: Indexing structures supporting a single, brief glance // *Psychological Research*. 1979. Vol. 41. № 1. P. 1–61.

51. *Milner A. D., Goodale M. A.* The visual brain in action. Oxford, 1995.

52. *Moskivitch M.* Afferent and efferent models of visual perceptual asymmetries: theoretical and empirical implication // *Neuropsychologia*. 1986. Vol. 24. № 1. P. 91.

53. *Navon D., Purcell D.G.* Does integration produce masking or protect from it // *Perception*. 1981. Vol. 10. № 1. P. 71–84.

54. *Ogmen H., Breitmeyer B.G., Mervin R.* The what and where in visual masking // *Visual Research*. Vol. 43. 2003. P. 1337–1350.

55. *Polich J.M.* Hemispheric differences in stimulus identification // *Percept. And Psychophys.* 1978. № 1. Vol. 24. P. 49.

56. *Polich J., Aguilar V.* Hemispheric local/global processing revisited // *Acta Psychol. (Amst.)*, 1990. Vol 74. P. 47–60.

57. *Raab D.H.* Backward masking // *Psychological Bulletin*. 1963. Vol. 60. № 2. P. 118–129.

58. *Scharf B., Lefton L.A.* Backward and forward masking as a function of stimulus and task parameters // *J. of Experimental Psychology*. 1970. Vol. 84. № 2. P. 331–338

59. *Scheerer F.* Integration, interruption and processing rate in visual backward masking. I. Review // *Psychologische Forschung*. 1973. Bd. 36. № 1. P. 71–93.

60. *Schiller P.H.* Behavioral and electrophysiological studies of visual masking // K.N. Leibovic (Ed.), *Information Processing in the Nervous System*. N.Y., 1969. P. 141–165.

61. *Stoper A.E., Banffy S.* Relation of split apparent motion to metacontrast // *J. of Experimental Psychology; Human Perception and performance*. 1977. Vol. 3. № 2. P. 258–277.

62. *Thompson J.H.* What happens to the stimulus in backward masking? // *J. of Experimental Psychology*. 1966. Vol. 71. № 4. P. 580–586.

63. *Trevarthen C.* Analysis of cerebral activities that generate and regulate consciousness in commissurotomy patients // *Hemisphere function of the human brain*. L., 1974. P. 235–263.

64. *Turvey M.T.* On peripheral and central processes in vision: Inferences from an information-processing analysis of masking with patterned stimuli // *Psychological Review*. 1973. Vol. 80. № 1. P. 1–52.

65. *Ungerleider L.G.* The corticocortical pathways for object recognition and spatial perception // C. Chagas, R. Gattas, C. Gross (Eds.) Pattern recognition mechanism. 1985. P. 21–37. Vatican City: Pontifical Academy of Sciences.

66. *Ungerleider L. G., Mishkin M.* Two cortical visual systems // D. J. Ingle, M. A. Goodale, R.J.W.

Mansfield (Eds.) Analysis of visual behavior Cambridge. 1982. P. 549–586.

67. *Walk R.D., Pick H.L.* Intersensory perception and sensory integration. N.Y.; L. 1981.

68. *Weisstein N.* Backward masking and models of perceptual processing // J. of Experimental Psychology. 1966. Vol. 72. № 2. P. 232–240.

УНИИ валеологии и кафедра физиологии
человека и животных ЮФУ

Статья поступила в редакцию 22.01.09

Концепция издания научно-практического журнала «Валеология» (Основные положения)

1. Учредителем журнала «Валеология» является Учебно-научно-исследовательский институт валеологии «Южного федерального университета» (адрес редакции: 344090, г.Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 28/2, корп. 5А Валеоцентр УНИИ валеологии «Южного федерального университета», Тел. (863) 247-36-78, 247-80-51, тел/факс (863) 292-95-16. E-mail: valeocentr@rsu.ru; cvvt@mail.ru и ему принадлежат все права на данный журнал.

2. Журнал «Валеология» публикует теоретические и экспериментальные работы в области валеологии, по физиологии человека, психофизиологии, генетике, биохимии, содержащие информацию о методических разработках и путях их использования в валеологии, обзоры научных исследований, рецензии на монографии и другие публикации в области здоровья человека, в соответствии со следующей рубрикой:

1. *Теоретические вопросы валеологии, здоровья.*
2. *Методы, средства диагностики, мониторинга, прогноза и коррекции здоровья.*
3. *Антропогенетические основы здоровья в онтогенезе.*
4. *Физиологические основы здоровья в онтогенезе.*
5. *Психологические основы здоровья в онтогенезе.*
6. *Возрастная валеология.*
7. *Валеопедагогика, валеологическое образование.*
8. *Этническая валеология.*
9. *Молекулярная медицина.*
10. *Медицинская валеология.*
11. *Экологическая валеология.*
12. *Здоровый образ жизни, факторы риска, вредные привычки, продолжительность жизни, физическая культура.*
13. *Валеология систем организма.*
14. *Профессиональная валеология.*
15. *Социальная валеология.*
16. *Валеология детей с ограниченными возможностями.*
17. *На книжной полке. Дискуссии.*

3. Издание журнала осуществляется на основе следующих основных принципов.

3.1. Журнал издается на бумажном носителе, но все его материалы ежеквартально переписываются на CD-ROM и хранятся в течение 10 лет.

3.2. Статьи, поступающие от авторов, должны иметь рекомендацию двух докторов наук, известных в качестве специалистов по данной тематике. Рекомендующие данную статью доктора не могут быть ее авторами (или соавторами). Фамилии, ученые степени и контактные телефоны рекомендующих указываются в статье перед ее заглавием.

3.3. Статья публикуется без рекомендации, если в числе ее соавторов присутствуют действительные члены и член-корреспонденты РАН, РАМН, РАО и т.п.

3.4. Редколлегия журнала, как правило, проводит рецензирование статьи перед ее опубликованием, но при необходимости имеет право обратиться к доктору наук, рекомендующему данную статью, за подтверждением факта рекомендации или за более подробным разъяснением мнения рекомендующего по данной статье.

3.5. Редколлегия может отклонить статью, не объясняя авторам причин. Рукописи не возвращаются.

3.6. Публикация статьи в журнале не исключает последующей ее публикации в других журналах. Если такая публикация производится без каких-либо изменений, то приводится ссылка на журнал «Валеология» как на первоисточник.

3.7. Журнал не принимает к публикации статьи, напечатанные ранее в других журналах.

3.8. Запрещается издание и/или распространение материалов журнала третьими лицами или организациями на бумажных и магнитных электронных носителях.

3.9. **Подписаться на первое полугодие 2009 г. можно в почтовом отделении по каталогу (подписной индекс № 79607), а также через редакцию журнала.**

Стоимость одного номера – 200 руб.