УДК 612.17

ВЛИЯНИЕ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА НА ПОДВИЖНОСТЬ НЕРВНЫХ ПРОЦЕССОВ

Черкасова С.А., Шварц Ю.Г.

ГОУ ВПО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава России», Саратов, e-mail: salvete87@yandex.ru

Изучается гипотеза о влиянии биопотенциалов сердца на функцию центральной нервной системы. При проведении исследования было смоделировано увеличение частоты сердечных сокращений в два раза, для чего в середине каждого кардиоинтервала на грудную клетку здоровых добровольцев наносились искусственные электрические стимулы, по своим характеристикам сходные с естественными биоимпульсами сердца. По длительности они были равны 8 мс, а по амплитуде подбирались под высоту зубца R. Стимулы воспроизводились при помощи наружного электрокардиостимулятора и сообщались посередине каждого нормального сердечного цикла. Воздействие проводимой стимуляции оценивалось в отношении изменений подвижности нервных процессов, которая отражала состояние центральной нервной системы и проверялась посредством проведения теппинг-теста. Испытание, продолжавшееся 40 минут, было проведено на двух группах по 10 человек в возрасте 18–26 лет. Стимуляция проводилась в этих группах в противоположных режимах. Первая получала воздействие на протяжении первого и третьего десятиминутного отрезка, вторая – в продолжение второго и четвертого. В конце каждого из четырех промежутков времени по 10 минут выполнялся теппинг-тест. Оценка полученных данных показала, что проведение стимуляции оказывает воздействие на результаты теста. Под ее влиянием показатель подвижности кратковременно возрастает, при этом параллельно отмечается снижение устойчивости нервных процессов. Кроме того, регрессионный анализ данных показывает усиление взаимосвязей между исследуемыми параметрами на протяжении стимуляции. Все это подтверждает возможность воздействия изменения частоты биопотенциалов сердца на функцию ЦНС и подразумевает необходимость проведения дальнейших исследований в данном направлении.

Ключевые слова: сердце, центральная нервная система, биопотенциалы сердца, подвижность нервных процессов, теппинг-тест

THE INFLUENCE OF THE HEART' BIOELECTRIC ACTIVITY ON THE NERVOUS SYSTEM MOBILITY

Cherkasova S.A., Shvarts Y.G.

Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Saratov, e-mail: salvete87@yandex.ru

We study the hypothesis of the influence of heart' biopotentials on the function of the central nervous system. During the study it was modeled increase in heart rate in two times. In the middle of each cardiointerval we applied artificial electrical pulses on a chest of healthy volunteers; main characteristics of these pulses were similar to those of natural heart biopotentials (duration – 8 mc, amrlitude amplitude as the height of the R wave).Pulses were generated by external pacemaker and applied in the middle of each normal cardiac cycle. The influence of stimulation was evaluated on changes of nervous system mobility that was verified through typing test. A forty-minute test was conducted on two groups of 10 people aged 18–26 years. They received the stimulation in two different modes. The first group received additional pulses during the first and third ten-minute interval , the second group was stimulated durind for the second and fourth similar interval. In the end of each 10-minute period our patients performed a typing-test. Data analysis showed a short-term increase of nervous system mobility together with a decrease of nervous processes stability. In addition, regression analysis of the data showed strengthening the connection between the studied marks for stimulation. Our findings confirm a possible influence of heart' biopotentials frequency changes on the function of the central nervous system.

Keywords: heart, central nervous system. cardiac biopotentials, nervous mobility, typing-test

В 1543 году был опубликован труд Андрея Везалия «О строении человеческого тела», в котором ученый впервые описал схему строения и механизмы работы сердца, близкие к современным. Он подверг сомнению истинность утверждений, освещенных в более ранних работах, где представление о сердечно-сосудистой системе во многом состояло из предубеждений и домыслов, например, идее о том, что сердце является мыслительным органом, несет через себя жизненную силу и является обиталищем души [1].

Дальнейшие научные достижения, от открытия кругов кровообращения до установления авторегуляции сердечного ритма, долго шли в одном направлении – уточнении, усовершенствовании, углублении механистического объяснения деятельности сердечной мышцы, главным тезисом которого служило утверждение «сердце – это насос, особенности работы которого зависят от влияния ряда внешних и внутренних факторов».

Однако в последние десятилетия понятие о деятельности сердца как органа расширилось: были обнаружены механизмы, при помощи которых сам орган воздействует на другие структуры, а не наоборот. Так, атриопептид, выделяющийся миоцитами предсердий, влияет на тонус кишечника, растяжение левого предсердия усиливает

диурез, ишемия миокарда «выключает» часть альвеол из вентиляции, сильное сужение коронарных сосудов ведет к развитию лейкоцитоза и т.д. [3]. В свете этого давно опровергнутые идеи древних о наличии у сердечной мышцы особых свойств уже не кажутся столь необоснованными. Весьма интересными представляются и пока немногочисленные работы о влиянии на организм естественного «продукта» деятельности сердца: магнитных и электрических полей, генерируемых в момент его сокращений [6]. Развивается гипотеза, согласно которой создание биопотенциалов является не только одним из основных проявлений жизнедеятельности и «побочным эффектом» сердечных сокращений, но и механизмом, синхронизирующим и подчиняющим себе физиологические процессы в тканях и органах человеческого организма.

Если брать это предположение за основу для последующих научных изысканий, в первую очередь следует обратить внимание на частоту генерации биоимпульсов сердца и изучить ее влияние на работу отдаленных органов. Именно частота представляется ключевым фактором возможного воздействия, так как физические характеристики полей являются практически постоянными для каждого человека и почти не меняются во времени. При этом проблемой является вычленение влияния именно этого вида активности сердца, так как просто учащение сердечных сокращений приведет к изменению всех остальных сердечных функций. Для исследования обсуждаемой гипотезы мы провели искусственную симуляцию учащения сердечных биопотенциалов в два раза и изучили результаты этого воздействия на одну из характеристик центральной нервной системы [5]. Последняя выбрана как наиболее быстро реагирующая и относительно легко тестируемая из других систем организма.

Цель исследования – изучить гипотезу о возможном влиянии биоэлектрической активности сердца на функцию центральной нервной системы, оценив изменение подвижности нервных процессов в ответ на искусственное двукратное учащение частоты биопотенциалов, возникающих в области сердца.

Материал и методы исследования

В ходе эксперимента изучалось влияние искусственного учащения «сердечного ритма» в два раза на подвижность нервных процессов (ПНП) – показатель функционального состояния ЦНС. В качестве испытуемых выступали здоровые добровольцы, мужчины и женщины 18–26 лет.

Искусственные стимулы передавались пациентам через электроды, наложенные на грудную клетку, и сообщались посередине каждого естественного сердечного цикла, что имитировало двукратное ускорение частоты сердечных сокращений. В качестве генератора импульсов выступал наружный программируемый электрокардиостимулятор ЧЭЭКСп-3 «Вектор-МС». Проводилась синхронизация сердечного ритма с искусственными стимулами; они контролировались посредством постоянного мониторирования сердечной деятельности при помощи кардиомонитора STARTECH PM-8. Продолжительность сообщаемых сигналов во всех случаях составляла 8 мс, что приблизительно равно длительности зубца R, а амплитуда подбиралась индивидуально.

Никаких ощущений, связанных со стимулами, у испытуемых при этом не отмечалось.

Так как ранее подобных исследований не проводилось и соответствующие данные в литературе отсутствуют, длительность и количество эпизодов стимуляции, а также режим тестирования подбирались эмпирически, с учетом этических соображений.

Испытания проводились на протяжении 40 минут в двух группах добровольцев по 10 человек. Первой группе (20_S0) стимуляция проводилась на протяжении первых 20 минут, а второй аналогичный отрезок времени она отсутствовала. Во второй группе воздействие выполнялось противоположным образом: первые 20 минут – отсутствие стимуляции, вторые 20 минут – стимуляция. При этом обе группы для исключения индивидуальных различий состояли из одних и тех же испытуемых, каждый из которых получал стимуляцию вначале в одном режиме, а затем (через 1–2 суток) – в другом. На протяжении эксперимента участники не знали, в каком именно режиме и на каких минутах исследования им проводится воздействие.

Выполнение теппинг-теста (ТТ) с целью оценки подвижности нервных процессов выполнялось на 10, 20, 30 и 40 минутах исследования, через каждые 10 минут. Кроме того, перед исследованием каждый участник дважды проходил пробное тестирование, что позволяло пациентам адаптироваться к условиям его проведения и по возможности исключало влияние процесса врабатывания на результаты.

ТТ проводился в бланковом варианте, в сокращенной форме. Каждый тест выполнялся в течение 15 секунд, на протяжении которых испытуемые с максимальной скоростью ставили карандашом точки в трех расположенных в ряд квадратах, в каждом на протяжении 5 секунд [4].

Статистика. Данные обрабатывались программой STATISTICA6. Для оценки результатов теппинг-теста учитывались точки, поставленные в каждый квадрат, а также сумма точек во всех 3 квадратах. Для каждой группы и каждого периода тестирования определялись средние значения (Mean), стандартные ошибки среднего (SE), также на графиках использовалась величина 1,96 от SE. По результатам строились графики типа «ящик с усами» (Box&Whisker Plot).

Результаты выполнения каждого теста в каждом квадрате (промежутки времени по 5 секунд) сравнивались между собой. Для оценки статистической значимости изменений использовались критерий знаков и парный критерий Wilcoxon для зависимых выборок. Статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$. На графике наличие или отсутствие существенных различий демонстрируется границами SE.

Кроме того, проводился линейный регрессионный анализ результатов ТТ. Просчитывался коэффициент детерминации (R), при этом в качестве предикторов использовались первые два отрезка ТТ,

а в качестве «отклика» заключительный отрезок. Таким образом изучалась взаимосвязь между количеством точек в первом и втором квадратах с количеством точек в третьем квадрате, то есть зависимость между подвижностью нервных процессов в начальные и заключительные периоды ТТ, как во время стимуляции, так и в ее отсутствие.

Результаты исследования и их обсуждение

В группе 20_S0 после начала воздействия отмечалось достоверное увеличение ПНП, что говорит о его возможном стимулирующем влиянии (рис. 1).

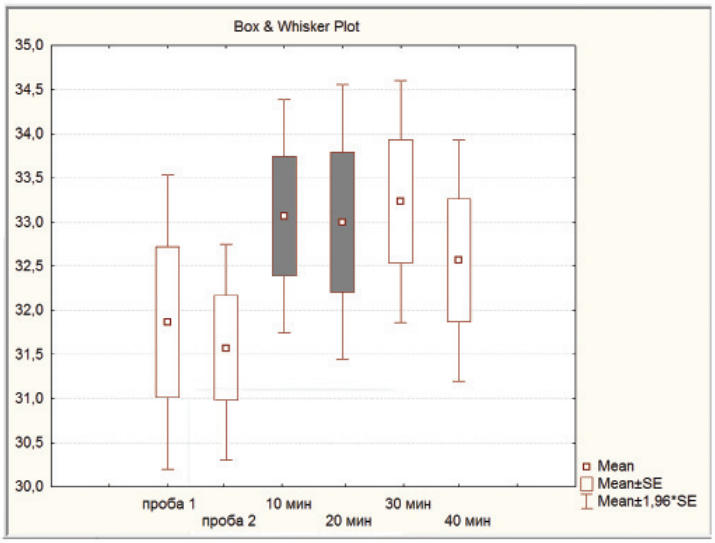

Рис. 1. Изменение суммарного показателя подвижности нервных процессов в группе испытуемых, получавших стимуляцию в режиме 20_S0

Детальный анализ показателя ПНП (оценка изменений ПНП на протяжении каждых 5 секунд теста) показал значимое улучшение результатов во время стимуляции в первом и во втором квадрате и существенное ухудшение в третьем квадрате в сравнении со вторым и первым. Таким образом, воздействие действительно увеличивает ПНП, но только вначале, а затем под влиянием «ускорения сердечного ритма» происходит уменьшение показателя, возможно, наступающее из-за истощения нервных процессов на фоне стимуляции (рис. 2).

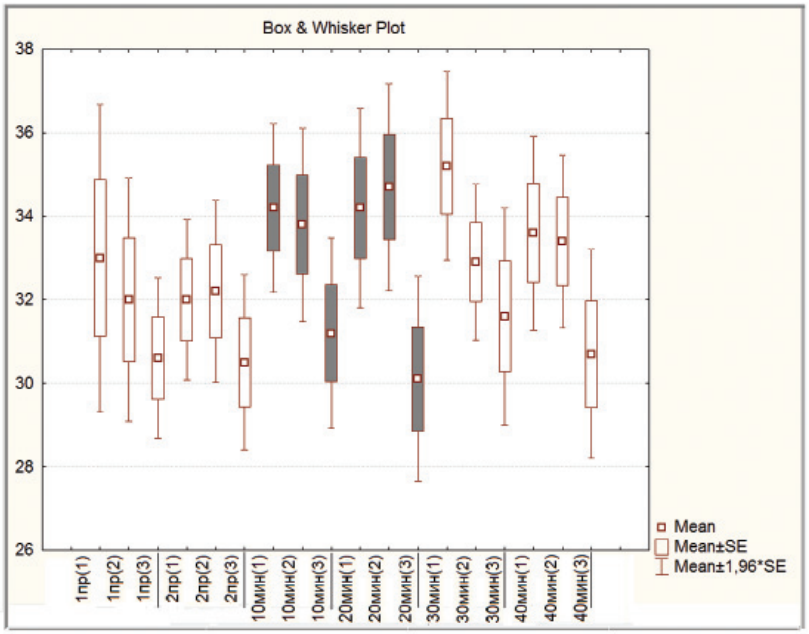

Рис. 2. Изменение показателя подвижности нервных процессов в каждом из трех квадратов в группе испытуемых, получавших стимуляцию в режиме 20_S0

Все время после ее окончания у испытуемых сохранялись несколько заниженные результаты тестирования – признаки снижения устойчивости нервных процессов. В те периоды, когда стимуляции не проводилось, описанных изменений не наблюдалось, что подтверждает предположение о наличии влияния исследуемого воздействия на нервные процессы.

В группе 20_0S в первую очередь обращает на себя внимание статистически недостоверное, но заметное ухудшение результатов ТТ на 20 минуте исследования. Вероятно, это можно объяснить спонтанными колебаниями состояния ЦНС. На фоне данного эпизода показатели ТТ, полученные на протяжении стимуляции, возросли, однако в сравнении с остальными результатами тестирования прирост оказался незначимым. Трактовка общей картины в данном случае затруднена (рис. 3).

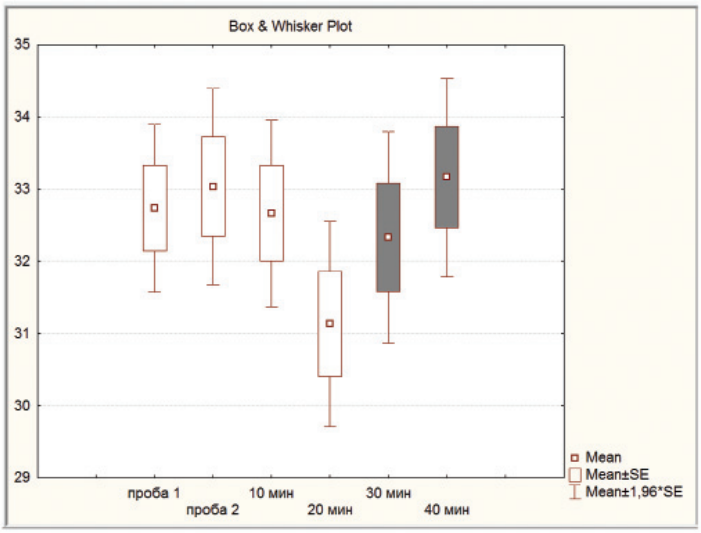

Рис. 3. Изменение суммарного показателя подвижности нервных процессов в группе испытуемых, получавших стимуляцию в режиме 20_0S

Оценка подробных результатов показывает то же, что и в группе 20_S0: вначале небольшое возрастание, а затем значительное падение подвижности нервных процессов, чего не наблюдалось во время тестирования, проводимого вне эпизодов стимуляции (рис. 4).

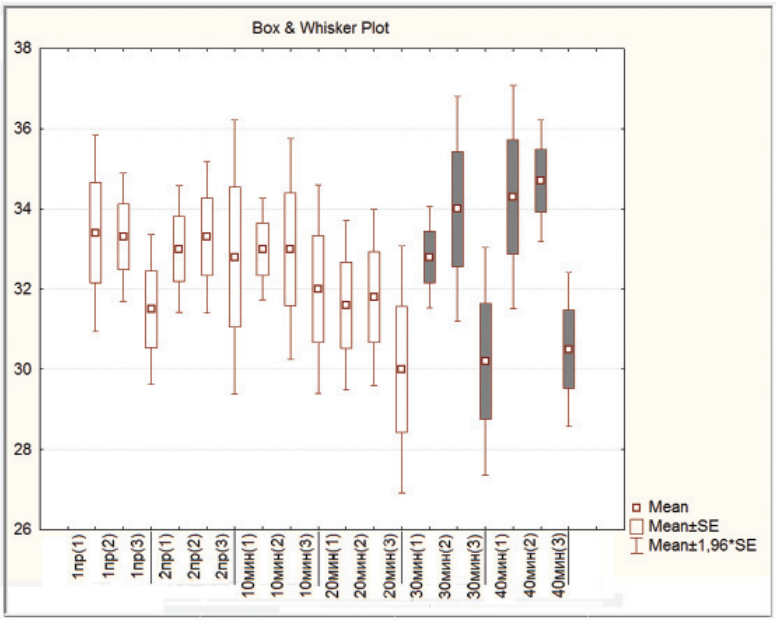

Рис. 4. Изменение показателя подвижности нервных процессов в каждом из трех квадратов в группе испытуемых, получавших стимуляцию в режиме 20_0S

Регрессионный анализ продемонстрировал (таблица), что максимальная взаимосвязь между изучаемыми показателями ТТ в группах обследуемых отмечалась в период стимуляции, вне зависимости от того, в какой последовательности проводилось испытание. Единственная статистически достоверная связь вне стимуляции зафиксирована в период, непосредственно следующий за стимуляцией в группе 20_S0. Поскольку у здоровых лиц усиление взаимосвязей между исследуемыми параметрами может свидетельствовать о повышении напряженности регуляторных механизмов, полученные регрессионным методом результаты в определенной мере подтверждают высказанное выше предположение о характере влияния стимуляции на показатель подвижности нервных процессов.

Коэффициенты детерминации (R) результатов показателей теппинг-теста в зависимости от периодов стимуляции

	Проба 1	Проба 2	10 мин	20 мин	30 мин	40 мин
Стимуляция	---	---	+++	+++	---	---
Группа 1	0,233283	0, 295123	0,448452*	0,714712*	0,586439*	0,285861
Стимуляция	---	---	---	---	+++	+++
Группа 2	0,035513	0,338974	0,096871	0,382954	0,77856*	0,333112

Примечания: «*» – статистически значимая корреляция; «+++» – период стимуляции; «---»период отсутствия стимуляции.

Получение результатов, подтверждающих друг друга, свидетельствует в пользу правомочности выдвигаемой гипотезы, однако стоит отметить, что исследование данного феномена связано с рядом ограничений и методических проблем.

Один из центральных вопросов исследуемой концепции состоит в значимости влияния полей с заданными характеристиками на нервную проводимость, учитывая слабость стимулов и их искусственное происхождение.

Что касается характеристик генерируемых полей, то даже слабые электромагнитные волны способны легко распространяться в биологических средах, несмотря на существование затухания, дифракции, рассеивания и других феноменов, присущих волнам. Больше всего особенности распространения электромагнитных полей в живых тканях сходны с их распространением в электролитах, что во многом объясняется химическим составом клеток и плазмы. Проводимость электролитов, особенно для волн низких частот, весьма высока, так что поля распространяются в пределах организма и даже за его пределы, хоть и недалеко [2]. В частности, магнитное излучение может регистрироваться на расстоянии без соприкосновения с кожей человека. Таким образом, воздействие длинноволновым низкочастотным электромагнитным излучением, которое используется в ходе эксперимента, способно распространяться по всему телу, чтобы оказывать воздействие даже на отдаленные от сердца органы и ткани, в том числе элементы нервной системы.

Объяснение физических основ распространения полей может служить одним из доказательств его влияния на нервные процессы, однако основная сложность исследования состоит в невозможности подтвердить идентичность искусственных стимулов и естественных биоимпульсов работающего сердца, что связано с многочисленными техническими ограничениями.

Некоторые физиологические процессы, в частности, электрические явления, возникающие в тканях, настолько самобытны, что их сложно воссоздать. К примеру, кардиостимулятор воспроизводит прямоугольные импульсы, тогда как кардиомиоциты продуцируют электрические стимулы, близкие по форме к синусоидным. Отдельной дискуссии заслуживает выбор продолжительности и амплитуды сигнала. В ходе эксперимента использовались стимулы длительностью 8 мс, так как «действующим» фактором представляется биоэлектрическая активность сердца, возникающая во время сокращения желудочков. Не исключено, что этот интервал должен быть больше или меньше.

Амплитуда стимулов подбиралась индивидуально, по высоте зубца R, что представляется логичным, однако высота искусственных сигналов, отслеживаемая по монитору, во многом зависела от того, как далеко активные электроды стимулятора находились от воспринимающих электродов монитора. Малейшее изменение расстояния между ними приводило к изменению картины на мониторе. Между тем в процессе повторного наложения электродов на тело пациента точно воспроизвести их положение не представлялось возможным. В результате один и тот же человек, проходя стимуляцию в разных режимах, мог

получать сигналы с отличающейся амплитудой, что, возможно, отразилось на результатах исследования. В нашем случае, виду технических ограничений, провести соответствующие измерения для выявления соответствия искусственных сигналов естественным не представляется возможным еще и из-за отсутствия необходимого оборудования.

Следующий вопрос состоит в том, насколько исследуемое воздействие является значимым в условиях постоянного влияния на пациента посторонних электромагнитных полей. В идеальных условиях эксперименты подобного рода следует проводить в специальных изолированных помещениях, где исключено зашумляющее воздействие побочных волн от проводки, медицинской аппаратуры, компьютеров и других приборов, так как создаваемые при этом поля воздействуют на организм человека и, возможно, вносят несоответствие в наблюдаемые результаты. Подобные исследования рекомендуют проводить либо вдали от городов, в помещениях, построенных из немагнитных материалов, либо в специальных комнатах с магнитными экранами. И то, и другое в нашем случае недоступно. Тем не менее на это препятствие, судя по всему, не стоит обращать столь пристальное внимание. Во-первых, подобные требования более актуальны в исследованиях, в которых проводятся измерения характеристик полей, а не оценка их влияния на физиологические показатели, а во-вторых, согласно выдвигаемой гипотезе, биоимпульсы сердца действуют на организм человека всегда, независимо от того, в насколько «зашумленной» обстановке он находится.

Особого внимания заслуживает объяснение полученных результатов. Мы склонны предполагать, что наблюдаемые изменения подвижности нервных процессов вызваны увеличением количества электромагнитных импульсов, исходящих из области сердца, однако есть мнение, что наблюдаемый феномен может быть вызван изменением свойств мембран нервных волокон под действием внешнего импульсного электромагнитного излучателя, что оказывает влияние на реакцию рецепторов и проводимость нервных стволов.

Таким образом, проводимый нами эксперимент, несмотря на попытки сделать его максимально «чистым», проводится при наличии ряда ограничений, и пока сложно говорить, насколько большое значение имеют перечисленные методические погрешности. Тем не менее получение достоверных результатов говорит о том, что гипотеза выбрана небезосновательно. Чтобы говорить о происхождении наблюдаемых эффектов с большей уверенностью, необходимо продолжить исследование, проводя стимуляцию в других режимах, с другой частотой и характеристиками стимулов, на большем количестве испытуемых, синхронно и асинхронно с деятельностью сердца.

Выводы

Искусственное удвоение частоты биоимпульсов, возникающих в области сердца, оказывает стимулирующее действие на показатель ПНП наряду с негативным влиянием на устойчивость нервных процессов. Это частично подтверждает гипотезу о возможном влиянии биоэлектрической активности сердца на функцию центральной нервной системы.

Список литературы

1. Андрей Везалий. О строении человеческого тела в семи книгах. В 2-х т. Т 2. – М.: АН СССР, 1954. – 960 с.

2. Литвинов О.С., Павлов К.Б., Горелик В.С. Электромагнитные волны и оптика. Т. 4. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. Кафедра физики. 2002. – 763 с.

3. Черешнев В.А., Юшков Б.Г. Патофизиология. – М.: ВЕЧЕ, 2001. – 703 с.

4. Райгородский Д.Я. Практическая психодиагностика. Методики и тесты: учебное пособие. – Самара: издательский дом «БАХРАХ», 1998. – 672 с.

5. Шварц Ю.Г., Черкасова С.А., Кондальская Ю.О. Влияют ли биопотенциалы сердца на функциональное состояние центральной нервной системы: первый шаг в исследовании гипотезы // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2012. – № 4. – С. 947–953.

6. Bradley R.T., McCraty R., Atkinson M. Emotion self-regulation, psychophysiological coherence, and test anxiety: results from an experiment using electrophysiological measures. Appl. Psychophysiol Biofeedback, 2010, Dec; no. 35(4), pp. 261–83.

References

1. Andrey Vezaliy. O stroenii chelovecheskogo tela v semi knigah.V 2-h tomah. Tom 2. M.: AN SSSR, 1954, 960 p.

2. Litvinov O.S., Pavlov K.B., Gprelik V.S. Electromagnitnye volni i optika. Tom 4. M.: MGTU im. N.E. Baumana. Kafedra fiziki. 2002, 763 p.

3. Chereshnev V.A., Yushkov B.G. Patofiziologia. M.: VECHE, 2001, 703 p.

4. Raygorodskiy D.Ya. Prakticheskaya psihodiagnostika. Metodiki i testy: uchebnoe posobie, Samara: izdatel'skiy dom «BAHRAH», 1998, 672 p.

5. Shvarts Yu.G., Cherkasova S.A., Kondal'skaya Yu.O. Vliyayut li biopotentsialy serdtsa na funktsional'noe sostoyanie tsentral'noi nervnoi sistemy: pervyi shag v issledovanii gipotezy// Saratovskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal. 2012, no. 4, 947–953 p.

6. Bradley R.T., McCraty R., Atkinson M. Emotion self-regulation, psychophysiological coherence, and test anxiety: results from an experiment using electrophysiological measures. Appl. Psychophysiol Biofeedback, 2010, Dec; no. 35(4), pp. 261–83.

Рецензенты:

Олейников В.Э., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой терапии Медицинского института Пензенского государственного университета, г. Пенза;

Лямина Н.П., д.м.н., профессор, зам. директора по науке, ФБГУ «Саратовский научно-исследовательский институт кардиологии» Минздрава России, г. Саратов.

Работа поступила в редакцию 30.11.2013.