

ширює динамічний діапазон порівнюваних опорів і забезпечує наочність і порівнянність результатів діагностики.

Література

1. Жбанков О. В., Толстой Е. В. – Технология контроля психофизического состояния студентов и управления <http://lib.sportedu.ru/press/tpfk/1997N8/p40-43.htm>.
2. Загрядский В. А. Метрология и электробезопасность при пунктурной электродиагностике / В. А. Загрядский, В. П. Злоказов // Известия Таганрогского радиотехнического университета. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1998. – С. 68 – 71.
3. Готовский Ю. В. Электропунктурная диагностика и терапия с применением вегетативного резонансного теста. «ИМЕДИС-ТЕСТ+»: Методические рекомендации / Ю. В. Готовский, Л. Б. Косарева. – М.: ИМЕДИСБ 2002. – 112 с.
4. Куценко В. П. Методы и средства сверхвысокочастотной радиометрии / В. П. Куценко, Ю. А. Скрипник, Н. Д. Трегубов и др. – Донецк: ИПШ «Наука і освіта», 2011. – 324 с.
5. Патент України №23045. Пристрій для визначення електричного зв'язку акупунктурних точок організму / Скрипник Ю. О., Шевченко К. Л., Дяченко В. В. – Бюл. № 6, 2007 р.
6. Куценко В. П. Періодичне порівняння сигналів в НВЧ-радіометрії / В. П. Куценко. – Донецьк: ИПШ «Наука і освіта», 2012. – 300 с.

Надійшла до редакції

12 серпня 2015 року

© Куценко В.П., Яненко О.П., Удовиченко С.В., 2015

УДК 615.831.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА CARDIOMOOD В ОЦЕНКЕ ДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

¹Терещенко Н. Ф., ²Аныхтин К. А., ¹Прендюк О. С., ¹Махия Н. В.

¹Национальный технический университет Украины

"Киевский политехнический институт", г. Киев, Украина

²ГУ "Институт медицины труда Национальной академии медицинских наук Украины", г. Киев, Украина

Главная трудность прогнозирования физиологического эффекта лазерного облучения (ЛО) на организм состоит в постоянной изменчивости свойств живого организма. Учитывая это, для достижения заданных параметров эффекта воздействия возникает необходимость использования систем автоматического регулирования параметров ЛО на основе биологической обратной связи (БОС). Одним из самых информативных показателей, является вариабельности сердечного ритма (ВСР), дающая характеристику функционирования вегетативной нервной системы (ВНС). Цель работы – изучить направленность эффектов воздействия локального лазерного облучения кожи на ВНС и определить параметры их специфики, учитывая половые различия испытуемых.

Приведена сравнительная оценка направленности сдвигов основных характеристик ВСР у мужчин и женщин, полученных на разных этапах исследования

В целом, настоящее исследование показало необходимость учета индивидуальной реакции на терапевтические дозы воздействия ЛО, а также – перспективу использования метода комплексного математического анализа ВСР для оперативной оценки изменения

функціонального состояния (ФС) и подбора оптимальных параметров процедуры лазерной терапии с учетом вегетативной реакции организма.

Ключевые слова: лазерная терапия, вариабельность сердечного ритма, вегетативная нервная система, биологическая обратная связь.

Вступление. Постановка проблемы.

Применение лазерного облучения (ЛО) в терапевтической медицине позволяет осуществлять коррекцию функционального состояния организма на молекулярном, клеточном и органном уровнях. Интересно, что для осуществления терапевтического воздействия на определенную часть тела ЛО может быть направлено совершенно на другую область тела (например: лазерная терапия (ЛТ), когда облучение, направленное на биологически активные точки (БАТ), биологически активные зоны кожи, оказывает воздействие на удаленные от области воздействия органы, системы или организм в целом) [1]. При этом, главная трудность прогнозирования физиологического эффекта ЛО состоит в постоянной изменчивости свойств живого организма, обусловленной как воздействием на него внешних факторов, так и вариабельностью его ответных реакций [2, 3]. Важно отметить, что данная изменчивость не может быть описана лишь простым сложением функций гармонических колебаний параметров систем организма, из-за наличия аperiodичности естественных биоритмов человека. К тому же на сегодняшний день не существует единого мнения о механизмах действия лазерного излучения [1, 4, 5]. По этим причинам, для достижения заданных параметров эффекта, возникает необходимость использования систем автоматического регулирования параметров ЛО на основе использования биологической обратной связи (БОС).

На наш взгляд, целесообразным является изучение влияния ЛО на БАТ кожи с использованием непрерывного (в режиме он-лайн) мониторинга параметров функциональной системы организма. Одним из таких параметров является температура облучаемой области, которая является показателем, за которым определяют степень и эффективность действия ЛО [6, 7].

Нами были проведены исследования ЛО биологического объекта при разных режимах и времени воздействия лазером, и была предложена перспективная аппаратная реализация [8]. На наш взгляд еще одним важным показателем функциональной системы организма, являются параметры функционирования вегетативной нервной системы (ВНС), обеспечивающей нормальное протекание в органах и тканях таких базовых физиологических процессов, как ассимиляция (накопление структурных и энергетических субстратов), так и диссимиляция, связанная с выполнением клетками специфических функций и расходом энергии, что неизбежно сопровождается также изменением ее структурных элементов (белковых и липидных структур, ферментов, ДНК, РНК). Для этой цели нами был использован анализ вариабельности сердечного ритма [9], который дает возможность оперативно оценивать функционально состояние (ФС) вегетативной НС.

Цель исследования:

Изучить направленность эффектов локального лазерного облучения кожи на вегетативную нервную систему и определить их специфику учитывая половые различия испытуемых.

Задачи исследования:

1. Оценить изменения ВСП при воздействии локального лазерного излучения на кожу в группах мужчин и женщин.
2. Сравнить направленность сдвигов основных характеристик ВСП у мужчин и женщин на различных этапах исследования.

Материалы и методы исследования:

Локальное лазерное облучение кожи проводилось 14-ти испытуемым студентам (6 мужчин и 8 женщин) возрастом – 21 год.

Для проведения сеансов локального лазерного облучения БАТ кожи был выбран физиотерапевтический гелий-неоновый лазерный аппарат АФЛ-2 непрерывного действия ($\lambda = 632$ мкм, $P_{\text{мак}} = 80$ мВт).

Для получения более сильного и ожидаемого физиологического эффекта локальное облучение кожи лазером осуществлялось в участке, соответствующем расположению биологически активной точки "ХЕ-ГУ", которая находится между I и II пястными костями. Воздействие на данную точку оказывает общее тонизирующее, обезболивающее, общее адаптивное действие. Используется для лечения всех хронических заболеваний, так как повышает общий уровень сопротивляемости организма [10].

Для оценки реакции вегетативной нервной системы на лазерное облучение использовался программно-аппаратный ритмокардиографический комплекс CardioMood [11, 12], являющийся совместной разработкой Института медицины труда НАМН Украины и Института кибернетики НАН Украины.

Оценивались параметры ВСП, характеризующие:

1. Уровень функционирования сердечно-сосудистой системы (средняя ЧСС (avgHR), среднее значение RR-интервала (mRR), мода RR-интервалов (Mo)).

2. Общую величину ВСП, отражающую общий адаптационный потенциал вегетативной регуляции (среднеквадратическое отклонение (SDNN), общая мощность спектра (TP) и ее натуральный логарифм ($\ln \text{TP}$)), вариационный размах, полученный на основе целой гистограммы распределения RR-интервалов (MxDMn), а также - на ее срезах, на высотах 1%, 4%, 5% (WN1 , WN4 , WN5 – соответственно).

3. Активность подкорковых симпатических нервных центров и гуморальной регуляции (спектральная мощность в домене очень низких частот (VLF), а также ее натуральный логарифм ($\ln \text{VLF}$) и удельную спектральную мощность ($\text{VLF}\%$)).

4. Активность сосудодвигательного центра продолговатого мозга, в функционировании которого принимают участие как симпатические, так и парасимпатические компоненты (спектральная мощность в домене низких частот (LF), а также ее натуральный логарифм ($\ln \text{LF}$), удельную спектральную

мощность (LF%), нормированный по сумме LF+HF показатель – LF norm ($LF\ norm = LF/(LF+HF)*100\%$).

5. Активность автономного контура регуляции сердечного ритма, осуществляемую через ядра блуждающего нерва и являющуюся парасимпатической по своей природе (спектральная мощность в домене высоких частот (HF), а также ее натуральный логарифм ($\ln HF$), удельную спектральную мощность (HF%), нормированный по сумме LF+HF показатель – HF norm ($HF\ norm = LF/(LF+HF)*100\%$).

6. Степень централизации управления сердечным ритмом (на основе гистограммы распределения R-R-интервалов). Показатели: амплитуда моды (AMo), стресс-индекс Баевского – SI ($SI = AMo/(2*Mo* MxDMn)$; [AMo] = %, [Mo] = с, [MxDMn] = с).

7. Симпато-вагальный баланс (LF/HF).

8. Степень активации подкорковых нервных центров (VLF/HF).

9. Индекс централизации (IC), учитывающий показатели (7) и (8), $IC = (VLF+LF)/HF$.

Учитывая пилотный характер исследования и небольшой объем выборки испытуемых ($n = 14$; $n < 50 - 100$), мы имели основания предполагать довольно высокую степень вклада различий между конкретными индивидами выборки в групповую дисперсию и, следовательно, в формирование производной от нее ошибки средней групповой величины показателей (m). В связи с этим, для исключения из общей дисперсии ее компонента, обусловленного межиндивидуальными различиями, нами был использован подход, основанный на вычислении сдвигов показателей ВСР между этапами исследования у каждого испытуемого индивидуально, с дальнейшим вычислением групповых статистик этих сдвигов (среднее арифметическое (M) и его ошибка (m)) [13].

Этапы статистической обработки и анализа данных включали в себя:

1. Индивидуальное вычисление сдвигов параметров ВСР между этапами исследования (0 – исходное состояние; 1 – воздействие лазером; 2 – период после воздействия лазером) при каждом наблюдении.

2. Вычисление среднего арифметического и стандартной ошибки сдвигов отдельно в группах мужчин и женщин. Оценка достоверности каждого полученного среднего группового значения сдвига по критерию Стьюдента (1). Достоверными считали сдвиги при $p < 0,05$. Также, принимались во внимание сдвиги с достоверностью на уровне тенденции ($0,05 < p < 0,1$).

3. Качественное сравнение картины достоверных сдвигов различных характеристик ВСР в группах мужчин и женщин.

Для статистических расчетов использовались программы Statistica 6.0 и Origin 8.0.

$$t = \frac{\Delta}{S_{\Delta}},$$

$$\Delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i, \Delta_i = x_1 - x_i', \quad (1)$$

$$S_{\Delta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i - \Delta)^2}{n(n-1)}}$$

Условные обозначения, принятые в статье:

A_{mo} – показатель "амплитуда моды".

$A_{mo_d_abs_}(0-2)$ - сдвиг показателя A_{mo} между этапами исследования "0" и "2", выраженный в абсолютной величине.

$A_{mo_d_proc_}(0-2)$ - сдвиг показателя A_{mo} между этапами исследования "0" и "2", выраженный в процентном отношении к величине показателя A_{mo} на этапе "0".

Таблица 1. Сдвиги показателей ВСР между различными состояниями в эксперименте в группах мужчин и женщин

Мужчины				Женщины			
	Сдвиг	Ошибка сдвига	p		Сдвиг	Ошибка сдвига	p
уровень функционирования ССС							
				Mo_d_abs_(1-2)	31,25	16,19	0,095
				Mo_d_proc_(1-2)	3,93	1,99	0,089
				Mo_d_abs_(0-2)	62,50	24,55	0,038
				Mo_d_proc_(0-2)	8,87	3,48	0,038
				avrHR_d_abs_(0-2)	-4,27	2,24	0,099
общая вариабельность сердечного ритма							
WN1_d_abs_(0-2)	22,14	4,69	0,005	WN5_d_abs_(0-2)	25,39	12,51	0,082
WN1_d_proc_(0-2)	10,23	1,25	0,000	WN4_d_abs_(0-2)	15,63	6,09	0,037
TP_d_proc_(1-2)	57,12	23,36	0,058	WN4_d_proc_(0-2)	18,59	7,16	0,036
ln_TP_d_abs_(1-2)	0,38	0,18	0,091	WN1_d_proc_(0-2)	12,94	6,56	0,089
ln_TP_d_proc_(1-2)	5,43	2,52	0,084				
подкорковые симпатические эрготропные нервные центры							
VLF_d_proc_(1-2)	72,86	32,60	0,076				
ln_VLF_d_abs_(1-2)	0,46	0,19	0,059				
ln_VLF_d_proc_(1-2)	7,67	3,45	0,077				
VLF_%_d_abs_(0-2)	12,62	5,59	0,074				
сосудодвигательный центр продолговатого мозга							
LF_d_abs_(1-2)	406,36	184,56	0,079	ln_LF_d_proc_(0-1)	7,13	3,46	0,078
LF_d_proc_(1-2)	77,55	31,76	0,059				
ln_LF_d_abs_(1-2)	0,49	0,18	0,044				
ln_LF_d_proc_(1-2)	8,16	3,20	0,051				
LF_%_d_abs_(0-2)	7,65	3,22	0,063				
LF_%_d_proc_(0-2)	27,04	11,60	0,067				
ядра блуждающего нерва (парасимпатическая регуляция)							
HF_d_proc_(0-2)	-37,43	17,36	0,084	RMSSD_d_proc_(0-1)	53,58	26,03	0,079
HF_%_d_abs_(0-1)	-14,04	5,73	0,058	HF_d_proc_(1-2)	-30,10	13,14	0,056
HF_%_d_proc_(0-1)	-35,44	11,58	0,028	ln_HF_d_abs_(0-1)	0,66	0,30	0,065

Продолжение таблицы 1.

HF_%_d_abs_(1-2)	-6,23	2,91	0,085	ln_HF_d_proc_(0-1)	9,76	3,79	0,037
HF_%_d_abs_(0-2)	-20,28	6,04	0,020				
HF_%_d_proc_(0-2)	-50,08	8,81	0,002				
степень централизации управления сердечным ритмом							
Amo_d_abs_(0-2)	-5,08	2,42	0,090				
Amo_d_proc_(0-2)	-10,40	4,39	0,064				
SI_d_proc_(0-2)	-24,33	6,58	0,014				
симпато-вагальный баланс							
LF/HF_d_abs_(0-1)	1,20	0,54	0,079				
LF/HF_d_proc_(0-1)	119,06	54,60	0,081				
LF/HF_d_abs_(0-2)	1,76	0,54	0,022				
LF/HF_d_proc_(0-2)	209,98	73,90	0,036				
LF_norm_d_abs_(0-1)	14,26	5,10	0,038				
LF_norm_d_proc_(0-1)	32,36	12,23	0,046				
LF_norm_d_abs_(0-2)	22,18	5,30	0,009				
LF_norm_d_proc_(0-2)	56,63	19,59	0,034				
HF_norm_d_abs_(0-1)	-14,26	5,10	0,038				
HF_norm_d_proc_(0-1)	-28,51	9,45	0,029				
HF_norm_d_abs_(0-2)	-22,18	5,30	0,009				
HF_norm_d_proc_(0-2)	-41,45	7,55	0,003				
индекс активации подкорковых нервных центров							
VLF/HF_d_proc_(1-2)	45,65	19,30	0,064	VLF/HF_d_proc_(1-2)	95,24	48,16	0,088
VLF/HF_d_abs_(0-2)	1,90	0,52	0,015				
индекс централизации							
IC_d_abs_(0-2)	2,93	0,74	0,016	IC_d_proc_(1-2)	48,22	25,27	0,098

Обобщая полученные результаты, приведенные в таблице 1, можно заключить следующее:

1. Воздействие ЛО на БАТ "Хе-Гу" привело тому, что у мужчин уровень функционирования ССС не изменялся, в то время, как у женщин — снижался (рис. 1, 2).
2. Показатели общей ВСР, рассчитанные на основе гистограммы и скорректированного вариационного размаха, после воздействия ЛО выявили достоверный рост, как у мужчин, так и у женщин (рис. 3, 4).
3. Показатели активности подкорковых симпатических эрготропных нервных центров у мужчин выявили тенденцию к росту в период после ЛО, по сравнению с исходным состоянием. В то же время, была отмечена тенденция к росту этих показателей после окончания ЛО, по сравнению с самим периодом ЛО. У женщин изменений показателей активности подкорковых симпатических эрготропных нервных центров не наблюдалось.

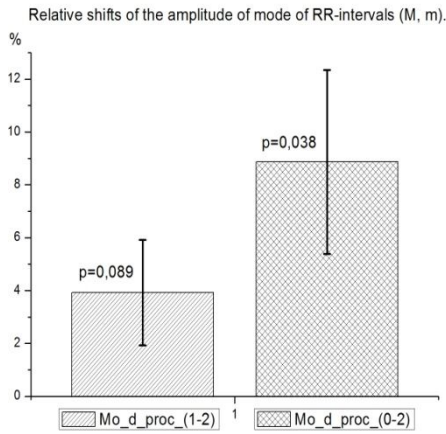


Рис. 1. Относительные сдвиги амплитуды моды RR-интервалов в смешанной группе

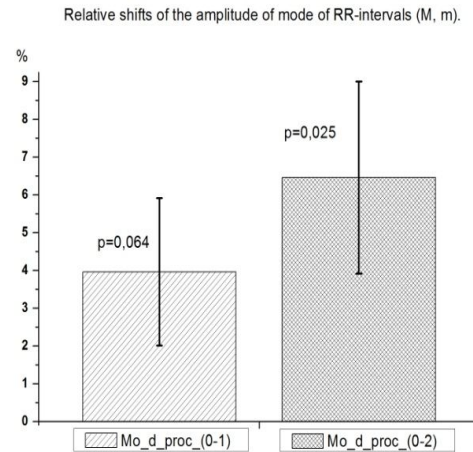


Рис. 2. Относительные сдвиги амплитуды моды RR-интервалов в группе женщин

4. При анализе показателей активности сосудодвигательного центра продолговатого мозга были выявлены их положительные сдвиги, как у мужчин, так и у женщин. Причем, у женщин имелась лишь тенденция к росту натурального логарифма спектральной мощности в домене низких частот в период ЛО, по сравнению с исходным состоянием. У мужчин же наблюдался достоверный рост этого показателя в период после ЛО, по сравнению с периодом во время ЛО. Также, у мужчин имелась тенденция к росту удельной спектральной мощности низких частот в период после ЛО, по сравнению с исходным состоянием.

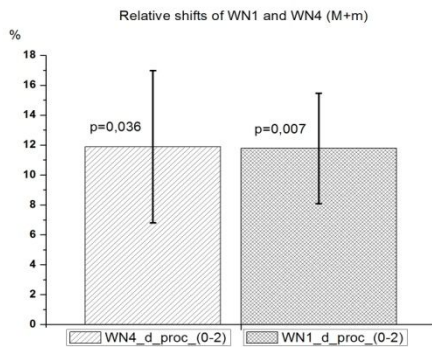


Рис. 3. Относительные сдвиги WN1 и WN4 (общая ВСР) в смешанной группе

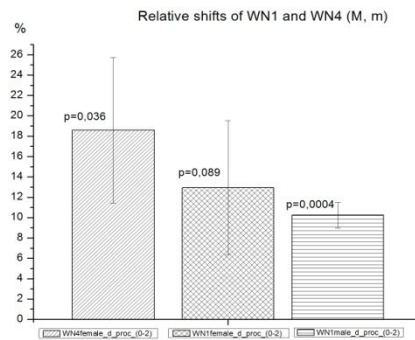


Рис. 4. Относительные сдвиги WN1 и WN4 (общая ВСР) в группе женщин (female) и мужчин (male)

5. При анализе показателей активности парасимпатической регуляции сердечного ритма у мужчин и женщин были выявлены их разнонаправленные изменения. Так, у женщин отмечался достоверный рост вагусной активности в период ЛО, по сравнению с исходным периодом, а в период после ЛО наблюдалась тенденция к ее снижению. У мужчин, напротив, отмечалось снижение вагусной активности: в период ЛО, по сравнению с исходным

состоянием; в период после ЛО, по сравнению с исходным состоянием; в период после ЛО, по сравнению с исходным состоянием.

6. Степень централизации управления сердечным ритмом, оцениваемая по стресс-индексу Баевского [14], у мужчин достоверно снижалась в период после ЛО, по сравнению с исходным состоянием, а у женщин — не изменялась.

The balance of the sympathetic and parasympathetic influences on heart rhythm (M, m)

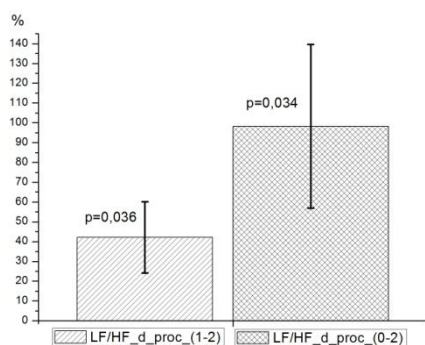


Рис. 5. Относительные сдвиги индекса LF/HF (симпато-вагальный баланс) в смешанной группе

The balance of the sympathetic and parasympathetic influences on heart rhythm (M, m)

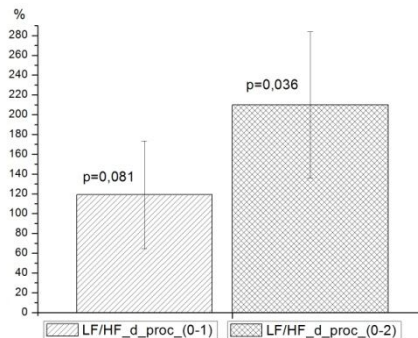


Рис. 6. Относительные сдвиги индекса LF/HF (симпато-вагальный баланс) в группе мужчин

7. Симпато-вагальный баланс у мужчин достоверно смещался в сторону преобладания активности симпатической нервной системы: в период ЛО, по сравнению с исходным состоянием; в период после ЛО, по сравнению с исходным состоянием. У женщин сдвигов симпато-вагального баланса не отмечалось (рис. 5, 6).

8. Индекс активации подкорковых нервных центров, как у мужчин, так и у женщин, имел тенденцию к повышению в период после ЛО, по сравнению с периодом во время ЛО. У мужчин также отмечался его достоверный рост в период после ЛО, по сравнению с исходным состоянием (рис. 7, 8).

Index activate subcortical nerve centers (M, m)

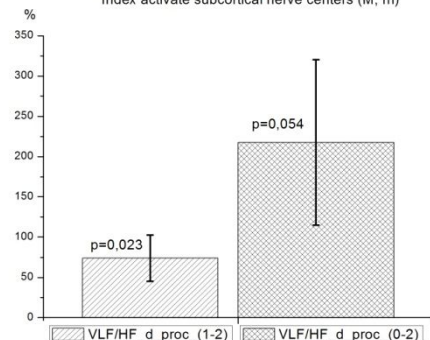


Рис. 7. Относительные сдвиги индекса активации подкорковых нервных центров в смешанной группе

Index activate subcortical nerve centers (M, m)

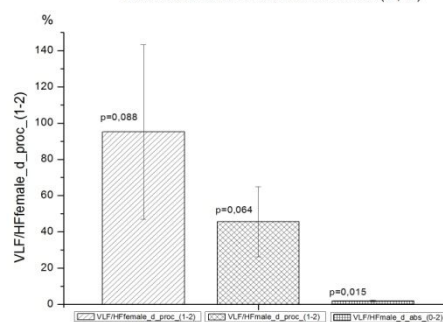


Рис. 8. Относительные сдвиги индекса активации подкорковых нервных центров в группе женщин (female) и мужчин (male)

9. Индекс централизации у мужчин достоверно возрастал в период после

ЛО, по сравнению с исходным состоянием. У женщин этот показатель имел тенденцию к росту в период после ЛО, по сравнению с периодом во время ЛО.

Выводы:

1. Воздействие ЛО на БАТ кожи "Хе-Гу" приводит к достоверным изменениям функционирования вегетативной нервной системы.

2. Общими для мужчин и женщин кардиоритмографическими изменениями были: рост общей ВСР, усиление активности сосудодвигательного центра продолговатого мозга, увеличение индекса активации подкорковых симпатических эрготропных нервных центров и индекса централизации.

3. Характерными особенностями изменений ВСР у женщин были: снижение уровня функционирования ССС (по показателю моды R-R интервалов и ЧСС); отличная от мужчин динамика вагусного тонуса (а именно - его повышение в период ЛО, в то время как у мужчин наблюдалось его снижение). Для мужчин были характерны повышение активности подкорковых симпатических эрготропных нервных центров; более сильный и пролонгированный во времени рост тонуса сосудодвигательного центра продолговатого мозга; снижение стресс-индекса Баевского на фоне смещения симпато-вагального баланса в сторону симпатикотонии.

Таким образом, настоящее исследование показало необходимость учета индивидуальной реакции на терапевтическое воздействие ЛО, а также — перспективу использования метода математического анализа ВСР для оперативной оценки изменения ФС и подбора оптимальных параметров процедуры лазерной терапии с учетом вегетативной реакции организма, соответственно дальнейший прогресс лазерной медицинской техники связан с использованием биологической обратной связи.

Литература:

1. Шахно Е.А. Физические основы применения лазеров в медицине / Е.А. Шахно. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 129 с.
2. Загускин С. Л. Внутриклеточные механизмы лазерной терапии / С. Л. Загускин // МИС-РТ. – Сб. научных трудов № 36-3. - 2005.
3. Горго Ю.П. Основи біофізики, біоніки та психофізики людини в навколишньому середовищі: курс лекцій для студентів університетів, психологічних та медичних вищих навчальних закладах / Ю.П. Горго. – Київ: Національний технічний університет України "КПІ", 2010. – 100 с.
4. Захаров С. Д. Светокислородный эффект – физический механизм активации биосистем квазимонохроматическим злучением / С. Д. Захаров, А.В. Иванов. – Москва: ФИАН, 2006. – Препринт № 1. – 50 с.
5. Инюшин В.М. Биостимуляция лучом лазера и биоплазма / В.М. Инюшин, П.Р. Чекуров. – Алма-Ата: Казахстан, 2005.— 120 с.
6. Терещенко М.Ф. Оцінка та контроль ефективності впливу на біологічний об'єкт лазерним випромінюванням / М.Ф. Терещенко, С.П. Якубовський // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2012. – Вип. 44. – С. 90 – 97.

7. Тимчик Г. С. Моніторинг зміни температур при лазерній терапії / Г. С. Тимчик, М. Ф. Терещенко, М. Р. Печена // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2014. – Вип. 47 (1). – С. 156 – 162.
8. Пат. України № 92433 на корисну модель, МПК(2014.01): А61Н1/00, А61Н5/00. Автоматизований комбінований фізіотерапевтичний апарат / М.Ф. Терещенко, Г.С. Тимчик, М.Р. Печена, О.С. Прендюк, Н.В. Махиня; винахідник та власник: М.Ф. Терещенко, Г.С. Тимчик, М.Р. Печена, О.С. Прендюк, Н.В. Махиня. – Заявка № u 2014 03508 від 07.04.2014; Патент опубліковано 16.06.2014.
9. Яблучанский Н.И. Вариабельность сердечного ритма в помощь практическому врачу. Для настоящих врачей / Н.И. Яблучанский, А.В. Мартыненко. – Харьков, 2010. – 131 с.
10. Мачерет Е. Л. Атлас акупунктурных зон / Е. Л. Мачерет, В. П. Лысенюк, И. З. Самосюк. – К.: Вища шк., 1986. – 255 с.
11. Программно-аппаратный ритмокардиографический комплекс Cardiomood. – Режим доступу до сайту: <http://www.cardiomood.com/>.
12. Программное обеспечение для ритмокардиографического комплекса Cardiomood. – Режим доступу до сайту: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.cardiomood.android.expert>.
13. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / М.Ю. Антомонов. – К, 2006. – 558 с.
14. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода / В.М. Михайлов. – Иваново, 2000. – 200 с.

*Надійшла до редакції
21 травня 2015 року*

© Терещенко Н. Ф., Апыхтин К. А., Прендюк О. С., Махиня Н. В., 2015

УДК 535.2:616-71

ОСОБЛИВОСТІ АНІЗОТРОПІЇ СВІТЛОРозСІЯННЯ ВОЛОКНИСТИМИ БІОЛОГІЧНИМИ ТКАНИНАМИ

Безугла Н. В., Безуглий М. О., Тимчик Г. С.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

У роботі розглянуто осьову асиметрії анізотропії світлорозсіяння на довжині хвилі 632,8 нм волокнистими біологічними структурами та її вплив на точність визначення коефіцієнтів дифузного відбиття та повного пропускання на прикладі зразків грудних м'язів курки з поперечним та повздовжнім розміщенням волокон. Результати проведених досліджень показали, що осьова анізотропія зразків з поперечним розміщенням волокон є більш симетричною в порівнянні зі зразками з повздовжнім розміщенням. Проаналізовані кількісні показники відхилення отриманих при моделюванні методом Монте-Карло оптичних коефіцієнтів від експериментально визначених у випадках врахування величини фактору анізотропії визначеної в межах однієї площини, а також усередненої по фотометричним перетинам.

***Ключові слова:** просторова фотометрія, анізотропія розсіяння, волокнисті біологічні тканини, еліпсоїдальний рефлектор.*

Вступ

Анатомічні особливості патологічно змінених біологічних тканин (БТ), а також певні новоутворення (фіброміома, фіброзна дисплазія, міосаркома тощо)