

**ВЛИЯНИЕ СОЧЕТАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЕТОТЕРАПИИ
И ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ДЕЛЬТОВИДНОЙ МЫШЦЫ ЧЕЛОВЕКА**

П. И. ГОРОХ, И. Н. СЕМЕНЧИК, канд. техн. наук, доц. В. М. БОНДАРИК

**(Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники, Минск)**

Рассматривается сочетанное воздействие светотерапии и физических нагрузок высокой интенсивности на электрические и физиологические параметры дельтовидной мышцы человека при различном расстоянии от передатчика светового излучения до поверхности воздействия. Авторы пришли к заключению, что локальное световое облучение не имеет корреляционного воздействия с частотой сердечных сокращений – ЧСС испытуемых, однако оказывает положительное влияние на интегральное амплитудное напряжение дельтовидной мышцы испытуемых в ходе физических нагрузок.

Авторы приводят экспериментальные данные и приходят к выводу о перспективах использования светотерапии в качестве успешного восстановительного инструмента для профессиональных спортсменов.

Ключевые слова: берпи, дельтовидная мышца, светотерапия, миография, физические нагрузки, частота сердечных сокращений.

Введение. В условиях высокого уровня конкуренции современных спортсменов остро стоит вопрос повышения эффективности восстановительного этапа подготовки, как после всего ежедневного тренировочного цикла спортсмена, так и в промежутке между физическими упражнениями в течение тренировки. В свою очередь процедуры светотерапии являются актуальным способом борьбы с целым рядом заболеваний суставов и мышечных групп [1]. На сегодняшний день эффективность взаимного использования излучения видимого поляризованного света и физических нагрузок высокой интенсивности не исследована в должной мере, поэтому представляет научный интерес.

Основная часть. В исследованиях приняли участие 15 здоровых испытуемых (9 мужского и 6 женского пола; средний возраст 21 год).

Электрофизиологические исследования проводились на базе БГУИР с использованием двухканального аппаратно-программного комплекса для регистрации и обработки суммарных электромиографических сигналов нервно-мышечного аппарата человека.

Отведение электромиографических сигналов осуществляли с помощью накожных электродов диаметром 10 мм, которые фиксировались в области двигательной точки мышцы. Межэлектродное расстояние не превышало 40 мм.

Согласно методике проведения исследования сочетанного воздействия светотерапии и физических нагрузок высокой интенсивности, каждый испытуемый проводил исследование в два этапа. Перед началом проведения исследований у испытуемых определяли максимальное количество повторений упражнения берпи без критических искажений техники выполнения N и проводили исследование, принимая данное количество повторений за оптимальную физическую нагрузку [2].

Берпи – упражнение глобального воздействия на организм. По сути, это упражнение включает в себя три элемента: планка, отжимание и прыжок.

Во время исследования фиксировали ЧСС испытуемого в спокойном состоянии v_0 , затем испытуемый выполнял N повторений берпи [2]. Сразу после выполнения данного упражнения фиксировали ЧСС испытуемого v_m .

Затем с разницей в один день между этапами: в первом этапе группа испытуемых отдыхала в течение промежутка времени t . Во втором же этапе группа была подвержена процедуре светолечения аппаратом Биоптрон MedAll в течение того же промежутка времени.

Аппаратом Биоптрон MedAll было произведено воздействие на дельтовидную мышцу (лат. *musculus deltoideus*) рабочей руки испытуемого. Дельтовидная мышца была выбрана ввиду удобства фиксации электромиографических сигналов во время проводимых физических упражнений, оказывающих на нее непосредственное воздействие.

Параметры воздействия аппарата Биоптрон MedAll с зеленым светофильтром в качестве источника видимого света с медианной длиной волны были следующие:

- мощность источника излучения поляризованного света 0,01Вт,
- расстояние от источника излучения поляризованного света до поверхности воздействия 4–15 см.

После прохождения интервала t у испытуемых необходимо было снова зафиксировать ЧСС и подключить дельтовидную мышцу рабочей руки к аппарату для проведения миографического исследования (рис. 1):



Рисунок 1. – Схема подключения измерительных электродов к дельтовидной мышце

Для определения интегрального амплитудного напряжения дельтовидной мышцы U_s , выбранного для мощностной оценки влияния эффективности сочетанного воздействия, задействованным в эксперименте необходимо было произвести 20 горизонтальных подъемов рабочей руки в сторону с заранее определенной массой снаряда m . Масса снаряда подбиралась из условия, что испытуемый способен произвести 20 технически чистых повторений горизонтальных подъемов рабочей руки. В экспериментальные данные для фиксации межэлектродного напряжения U , а также дальнейшего суммирования и получения интегрального амплитудного напряжения дельтовидной мышцы U_s , вошли повторения с $i = 6$ по $i = 15$, чтобы нивелировать стабилизационные внутримышечные процессы на старте и финише физического упражнения. После выполнения данного упражнения была зафиксирована ЧСС испытуемого v_e .

Для чистоты собираемых экспериментальных данных этапы исследования производились через достаточные для восстановления после физических нагрузок промежутки времени (2–4 часа).

Испытуемых разделили на несколько групп для выявления эффективности применения светолечения после физических нагрузок высокой интенсивности:

1. Группа 1: Фильтр зеленого света выбирается в качестве фильтра аппарата Биоптрон во время второго этапа исследования. Отдых проводится в течение четырех минут. Расстояние между аппаратом и объектом светолечения составляет $d = 4$ см.

2. Группа 2: Фильтр зеленого света выбирается в качестве фильтра аппарата Биоптрон во время второго этапа исследования. Отдых проводится в течение четырех минут. Расстояние между аппаратом и объектом светолечения составляет $d = 10$ см.

3. Группа 3: Фильтр зеленого света выбирается в качестве фильтра аппарата Биоптрон во время второго этапа исследования. Отдых проводится в течение четырех минут. Расстояние между аппаратом и объектом светолечения составляет $d = 15$ см.

Экспериментальные и расчетные данные исследования корреляции воздействия поляризованного света на дельтовидную мышцу испытуемых и ЧСС, полученные от трех групп испытуемых, не выявили существенной взаимозависимости между наличием восстановительного воздействия поляризованного света и ЧСС испытуемых.

Расчетные данные эффективности воздействия светотерапии дельтовидной мышцы испытуемых на ЧСС в процентном соотношении относительно базового дня 1 опыта 1 получены путем нахождения процента эффективности процедур облучения поляризованным светом (табл. 1).

Таблица 1. – Эффективность воздействия светотерапии дельтовидной мышцы испытуемых на ЧСС

№ исследования		Изменение ЧСС до выполнения берпи Δv_0 , %	Изменение ЧСС после выполнения берпи Δv_m , %	Изменение ЧСС после перерыва или светотерапии Δv_t , %	Изменение ЧСС после измерений напряжения Δv_e , %
Группа 1	День 1 Опыт 2	-5,12	-2,82	-7,5	-4,67
	День 2 Опыт 1	-2,56	-2,82	-5	-4,67
	День 2 Опыт 2	2,56	-1,41	2,5	0
Группа 2	День 1 Опыт 2	-3,13	-6,45	-2,73	-5,13
	День 2 Опыт 1	0	-12,91	-2,7	-2,56
	День 2 Опыт 2	6,25	-4,83	-5,4	-5,11
Группа 3	День 1 Опыт 2	5,88	2,82	10,52	9,75
	День 2 Опыт 1	5,88	1,41	-2,63	0
	День 2 Опыт 2	8,82	-1,39	5,26	4,87

Экспериментальные данные влияния светотерапии дельтовидной мышцы испытуемых на интегральное амплитудное напряжение, полученные от трех групп испытуемых показывают, что процедуры светотерапии оказывают положительное влияние на восстановительный процесс испытуемых ввиду повышения суммарного амплитудного напряжения на исследуемой мышце от 7 до 12% (рис. 2):

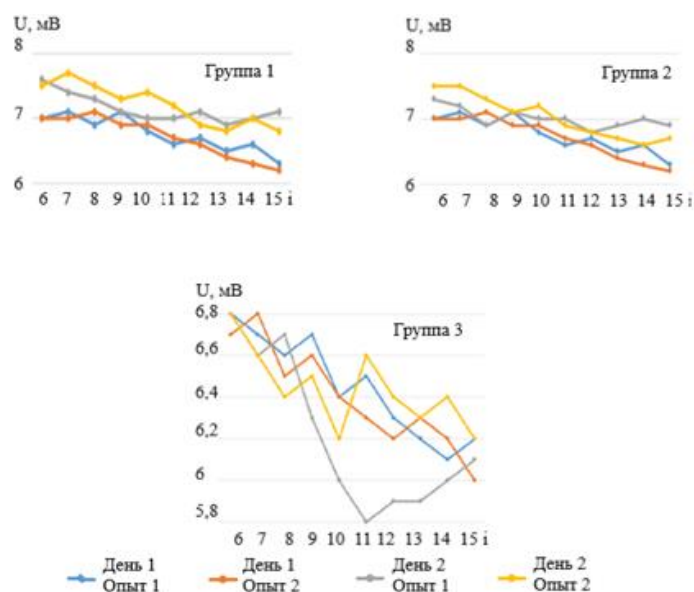


Рисунок 2. – Влияние поляризованного света на интегральное напряжение дельтовидной мышцы

Расчетные данные эффективности воздействия светотерапии на интегральное амплитудное напряжение дельтовидной мышцы испытуемых свидетельствуют о положительном воздействии светотерапии на восстановительный процесс испытуемых (табл. 2):

Таблица 2. – Расчетные данные эффективности воздействия светотерапии на интегральное амплитудное напряжение дельтовидной мышцы испытуемых

№ исследования		Изменение интегрального амплитудного напряжения дельтовидной мышцы ΔU_s , %
Группа 1	День 1 Опыт 2	-0,73
	День 2 Опыт 1	5,76
	День 2 Опыт 2	6,65
Группа 2	День 1 Опыт 2	-0,73
	День 2 Опыт 1	3,69
	День 2 Опыт 2	3,99
Группа 3	День 1 Опыт 2	-0,77
	День 2 Опыт 1	-3,72
	День 2 Опыт 2	-0,15

Рост интегрированного значения амплитуд напряжения дельтовидной мышцы свидетельствует об уменьшении нагрузки на мышечную группу во время выполнения физических упражнений за счет улучшения циркуляции крови и уменьшения выработки молочной кислоты, а также стабилизации внутримышечных организменных окислительно-восстановительных реакций [3, 4].

Заключение. Исходя из анализа полученных экспериментальных данных установлено, что светотерапия не оказывает существенного влияния на ЧСС испытуемых ввиду сильно локализованного воздействия на дельтовидную группу мышц, что оказалось недостаточным для изменения важных физиологических параметров организма человека.

По результатам эксперимента, проведенного на нескольких группах испытуемых, удалось выявить, что уменьшение расстояния от передатчика светового излучения до поверхности воздействия от 15 до 4 см увеличивает эффективность восстановительных процедур светотерапии с 2 до 7%.

Проведение процедур светотерапии, оказывающих значительное влияние на окислительно-восстановительные процессы внутри мышечной ткани, повышает выносливость и резистивность к нагрузкам после высокоинтенсивных физических упражнений. Процедуры светотерапии положительно сказываются на электрических показателях дельтовидной мышцы испытуемых, полученных путем миографического исследования, что демонстрирует перспективность совместного использования когерентного квантового излучения с тренировками для ускорения

восстановительного периода. Дополнительное применение процедур светотерапии во время тренировок поможет профессиональным спортсменам достигать более выдающихся спортивных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Улащик В. С. Физиотерапия. Новейшие методы и технологии. – Справочное пособие. – Мн.: Книжный дом, 2013. – 448 с.
2. Горох, П. И. Методика исследования сочетанного воздействия светотерапии и физических нагрузок высокой интенсивности / П. И. Горох, И. Н. Семенчик // Электронные системы и технологии [Электронный ресурс] : сборник материалов 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18-22 апреля 2022 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2022. – С. 370–372. – Режим доступа : <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/46926>.
3. Маргазин В. А. Клинические аспекты спортивной медицины : руководство для врачей / В. А. Маргазин. – СПб : СпецЛит, 2014. – 455 с. – ISBN 9785299005943. – Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. – URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/klinicheskie-aspekty-sportivnoj-mediciny-3360652/> (дата обращения: 25.09.2022). - Режим доступа : по подписке.
4. Пархач, Л. П. Анатомия и физиология человека : учеб. пособие / Л. П. Пархач и др. – Минск : БГУИР, 2013. – 247 с. : ил.