

УДК 51-76; 612.7; 616.747.11

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КВАНТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ДЕЛЬТОВИДНОЙ МЫШЦЫ ЧЕЛОВЕКА

П.И. ГОРОХ, В.М. БОНДАРИК, И.Н. СЕМЕНЧИК, В.В. ВОЙТОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
(г. Минск, Республика Беларусь)*

**Аннотация.** В работе рассматривается воздействие квантового излучения на процесс восстановления дельтовидной мышцы после физических нагрузок высокой интенсивности. Анализируя частоту сердечных сокращений (ЧСС) в ключевых точках эксперимента и электромиографические сигналы дельтовидной мышцы авторы пришли к выводу, что облучение квантами света не оказывает существенного влияния на ЧСС, однако позволяет интенсифицировать процесс восстановления дельтовидных мышц после физических нагрузок на 13%.

**Ключевые слова:** берпи, дельтовидная мышца, квантовая терапия, миография, физические нагрузки, частота сердечных сокращений.

## STUDY OF THE EFFECT OF QUANTUM RADIATION ON THE RESTORATION PROCESS OF THE HUMAN DELTOID MUSCLE

P.I. HAROKH, V.M. BONDARIK, I.M. SIAMENCHYK, V.V. VOYTA

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics  
6 P. Brovki Street, Minsk, 220013, Belarus*

**Abstract.** The paper considers the impact of quantum radiation on the process of recovery of the deltoid muscle after high-intensity physical exertion. Analyzing the heart rate (HR) at the key points of the experiment and the electromyographic parameters of the deltoid muscle, the authors came to the conclusion that irradiation with light quanta does not have a significant effect on the heart rate, however, it allows to intensify the recovery process of the deltoid muscles by 13% after physical exertion.

**Keywords:** burpee, deltoid muscle, quantum therapy, myography, exercise, heart rate.

### 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.

Воздействие поляризованным квантовым излучением – это физиотерапевтическая методика лечения с помощью направленного сконцентрированного потока поляризованного света. Данная методика применяется практически во всех областях современной медицины: офтальмология, гинекология, урология, стоматология, хирургия, кардиохирургия, ортопедия, педиатрия, онкология [1].

У поляризованного квантового излучения наблюдаются следующие положительные свойства, влияющие на человеческий организм [1]:

- повышается эластичность сосудов;
- сосуды и капилляры расширяются, соответственно их проходимость увеличивается;
- ускоряется метаболизм;
- ткани наполняются кислородом;
- лекарственные средства поступают в организм намного быстрее;
- здоровые клетки получают питательные вещества;

- происходит рост новых клеток;
- ускоряется процесс регенерации поврежденных клеток.

Одним из видов поляризованного квантового излучения является низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ). При его воздействии кровь в легких больше насыщается кислородом. Во время физической нагрузки на 1 мм поперечного сечения мышцы открываются до 2500 капилляров против 80 в состоянии покоя. Под влиянием тренировок изменяется и химический состав мышцы. В ней увеличивается количество веществ, при распаде которых освобождается много энергии: гликогена и фосфагена [1].

Процедуры воздействия поляризованным квантовым излучением являются актуальным способом борьбы с целым рядом заболеваний суставов и мышечных групп [2, 3].

На сегодняшний день эффективность взаимного использования излучения видимого поляризованного света и физических нагрузок высокой интенсивности не исследована в должной мере, поэтому представляет научный интерес.

### **Теоретическое обоснование эксперимента**

Поляризованное квантовое излучение оказывает следующее воздействие на организм [2, 3]

1 Под его действием отмечается увеличение биосинтеза нуклеиновых кислот в ядрах клеток различных тканей человека, что свидетельствует об активации системы ДНК-РНК-белок и биосинтетических процессов в клетках.

2 НИЛИ стимулирует активность аденилатциклазные и АТФ-азные системы, что ведет к усилению биосинтетических процессов.

3 Усиливается кислородный обмен.

4 Повышается скорость кровотока и количество функционирующих капилляров.

5 Уменьшается интерстициальный и внутриклеточный отек, что связано с повышением кровотока в тканях, нормализацией мембранной проницаемости.

6 Укорачиваются фазы воспалительного процесса, подавляются экссудативные и инфильтративные реакции.

7 Увеличивается количество новых сосудистых коллатералей.

8 Активируется транспорт веществ через сосудистую стенку.

9 Стимулируется митотическая активность клеток.

10 НИЛИ понижает рецепторную чувствительность тканей, что является следствием уменьшения их отечности, а также прямым действием лазерного луча на нервные окончания.

При поглощении тканями организма НИЛИ уже на расстоянии 250–300 мкм его когерентность и поляризация исчезают. Далее вглубь тканей распространяется поток монохроматического излучения. Он вызывает избирательную активацию молекулярных комплексов биологических тканей (фотобиоактивация). Избирательное поглощение НИЛИ биомолекулами обусловлено совпадением длины волны лазерного излучения и максимумов спектра поглощения биомолекул [1].

Вследствие высокой направленности излучения в области облучения происходит запуск ансамбля многочисленных физико-химических и биохимических реакций организма. Поляризованное квантовое излучение запускает триггерный каскад неспецифических регуляторных реакций организма, за счет которых формируется генерализованная реакция больного на поляризованное квантовое излучение.

Занятия физическими упражнениями в свою очередь увеличивают активность обменных процессов. Работающие мышцы нуждаются в большем количестве кислорода и питательных веществ, а также в более быстром удалении продуктов обмена веществ. Это достигается благодаря тому, что в мышцы притекает больше крови и скорость тока крови в кровеносных сосудах увеличивается.

### Описание исследования

Для проведения исследований использовалась система (рис. 1), включающая электромиограф Bagnoli Handheld и аппарат светотерапии Биоптрон MedAll. В качестве оптимальной физической нагрузки испытуемые выполняли от 14 до 20 повторений упражнения Берпи.

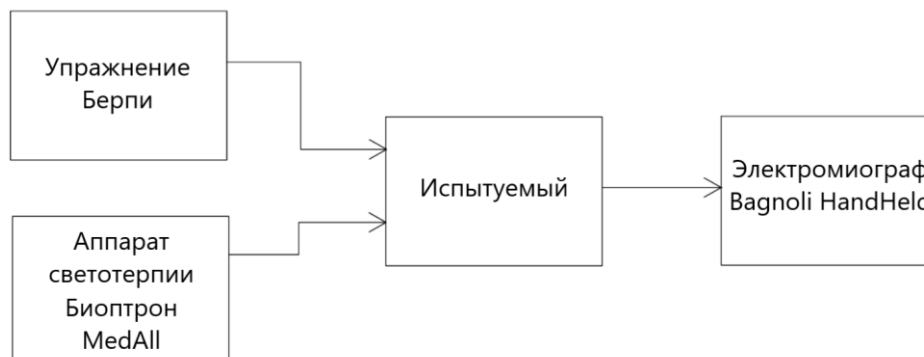


Рис. 1. Структурная схема системы для проведения исследований

В исследованиях приняли участие 23 здоровых испытуемых (15 мужского и 8 женского пола; средний возраст 22 года).

Электрофизиологические исследования проводились на базе Белорусского университета информатики и радиоэлектроники (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 (рис. 2).



Рис. 2. Схема подключения измерительных электродов к дельтовидной мышце

Согласно методике проведения исследования сочетанного воздействия квантовой терапии и физических нагрузок высокой интенсивности, каждый испытуемый проводил исследование в два этапа с разницей в одни сутки между этапами. 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 [4].

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

На каждом этапе непосредственно перед проведением исследования фиксировали ЧСС испытуемого в спокойном состоянии  $v_0$ , затем испытуемый выполнял  $N$  повторений берпи. Сразу после выполнения данного упражнения еще раз фиксировали ЧСС испытуемого  $v_m$ .

На первом этапе группа испытуемых отдыхала в течение промежутка времени  $t$  между двумя опытами. На втором этапе группа была подвержена процедуре светолечения аппаратом Биоптрон MedAll в течении того же промежутка времени  $t$  между двумя опытами.

Аппаратом Биоптрон MedAll было произведено воздействие поляризованным квантовым излучением 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 различными светофильтрами были следующие:

- мощность источника излучения поляризованного света 0,01Вт,
- длина волны 480..3400 нм,
- степень поляризации >95% (590..1550 нм),
- плотность световой энергии в минуту ср. 2,4 Дж/см<sup>2</sup>,
- расстояние от источника излучения поляризованного света до поверхности воздействия 4..15 см,
- длительность воздействия  $t=4..10$  мин.

После прохождения интервала  $t$  у испытуемых необходимо было снова зафиксировать ЧСС и подключить дельтовидную мышцу рабочей руки к аппарату для проведения электромиографического исследования (см. рис. 2).

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  $i$  с  $i = 6$  по  $i = 15$ . Выбор номеров повторений упражнения обуславливался необходимостью нивелирования стабилизационных внутримышечных процессов 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. Второй этап проводится в течение  $t=4$ мин. Расстояние между аппаратом и объектом светолечения составляет  $d=4$ см.

2 Группа 2: Фильтр красного света выбирается в качестве фильтра аппарата Биоптрон во время второго этапа исследования. Второй этап проводится в течение  $t=4$ мин. Расстояние между аппаратом и объектом светолечения составляет  $d=4$ см.

3 Группа 3: Фильтр фиолетового света выбирается в качестве фильтра аппарата Биоптрон во время второго этапа исследования. Второй этап проводится в течение  $t=4$ мин. Расстояние между аппаратом и объектом светолечения составляем  $d=4$ см.

4 Группа 4: Фильтр зеленого света выбирается в качестве фильтра аппарата Биоптрон во время второго этапа исследования. Второй этап проводится в течение  $t=4$ мин. Расстояние между аппаратом и объектом светолечения составляет  $d=10$ см.

5 Группа 5: Фильтр зеленого света выбирается в качестве фильтра аппарата Биоптрон во время второго этапа исследования. Второй этап проводится в течение  $t=4$ мин. Расстояние между аппаратом и объектом светолечения составляет  $d=15$ см.

6 Группа 6: Фильтр зеленого света выбирается в качестве фильтра аппарата Биоптрон во время второго этапа исследования. Второй этап проводится в течение  $t=7$ мин. Расстояние между аппаратом и объектом светолечения составляет  $d=4$ см.

7 Группа 7: Фильтр зеленого света выбирается в качестве фильтра аппарата Биоптрон во время второго этапа исследования. Второй этап проводится в течение  $t=10$ мин. Расстояние между аппаратом и объектом светолечения составляет  $d=4$ см.

## Результаты и их обсуждение

При проведении исследований за базовый опыт, относительно которого фиксировались изменения отслеживаемых опытных данных, была выбрана первая тренировочная сессия первого дня экспериментов. В течение данной сессии воздействие квантовой терапии не применялось.

Результаты исследования влияния квантовой терапии на интегральное амплитудное напряжение дельтовидной мышцы испытуемых при физических нагрузках высокой интенсивности представлены в табл. 1.

**Таблица 1.** Изменение интегрального амплитудного напряжения  $U_s$  в ходе проведения эксперимента

№ Опыта	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	Группа 6	Группа 7
День 1 Опыт 1	-0,73%	-0,70%	3%	-0,73%	-0,77%	-0,67%	-1,21%
День 2 Опыт 1	5,76%	8,78%	13,26%	3,69%	-3,72%	3,90%	6,59%
День 2 Опыт 2	6,65%	10,76%	12,17%	3,99%	-0,15%	5,51%	4,16%

Результаты исследования влияния квантовой терапии на ЧСС испытуемых при физических нагрузках высокой интенсивности представлены в табл. 2.

**Таблица 2.** Изменение ЧСС в ходе проведения эксперимента

№ исследования		$\Delta v_0, \%$	$\Delta v_m, \%$	$\Delta v_t, \%$	$\Delta v_e, \%$
Группа 1	День1 Опыт 2	-5,12	-2,81	-7,5	-4,65
	День2 Опыт 1	-2,56	-2,81	-5	-4,65
	День2 Опыт 2	2,56	-1,40	2,5	0
Группа 2	День1 Опыт 2	9,09	3,27	9,09	2,77
	День2 Опыт 1	3,03	3,27	0	2,77
	День2 Опыт 2	0	4,91	3,03	8,33
Группа 3	День1 Опыт 2	-2,63	1,53	17,14	7,5
	День2 Опыт 1	-5,26	0	11,42	7,5
	День2 Опыт 2	0	4,615	11,42	5
Группа 4	День1 Опыт 2	-3,12	-6,45	-2,70	-5,12
	День2 Опыт 1	0	-12,90	-2,73	-2,56
	День2 Опыт 2	6,25	-4,83	-5,40	-5,12
Группа 5	День1 Опыт 2	5,88	2,81	10,52	9,75
	День2 Опыт 1	5,88	1,40	-2,63	0
	День2 Опыт 2	8,82	-1,40	5,26	4,87
Группа 6	День1 Опыт 2	-7,89	2,89	-4,87	-6,81
	День2 Опыт 1	2,63	2,89	4,87	2,27
	День2 Опыт 2	-2,63	7,24	0	-2,27
Группа 7	День1 Опыт 2	-5,40	-4,05	-2,5	-4,65
	День2 Опыт 1	2,70	-6,75	2,5	2,32
	День2 Опыт 2	-2,70	-2,70	2,5	2,32

Экспериментальные данные влияния квантового излучения на интегральное амплитудное напряжение дельтовидной мышцы  $U_s$  показывают, что процедуры квантовой терапии оказывают положительное влияние на восстановительный процесс испытуемых (табл. 1). Наибольшая эффективность, заключающаяся в повышении суммарного амплитудного напряжения на исследуемой мышце до 13%, была выявлена у третьей группы испытуемых (рис. 3).

Рост интегрированного значения амплитуд напряжения дельтовидной мышцы  $U_s$  свидетельствует об уменьшении нагрузки на мышечную группу во время выполнения физических упражнений вероятнее всего за счет улучшения циркуляции крови и уменьшения выработки молочной кислоты, а также стабилизации внутримышечных организменных окислительно-восстановительных реакций [5, 6].

Экспериментальные данные корреляции воздействия квантового излучения на дельтовидную мышцу испытуемых и ЧСС не выявили существенной взаимозависимости между наличием восстановительного воздействия поляризованного света и ЧСС испытуемых (см. табл. 2).

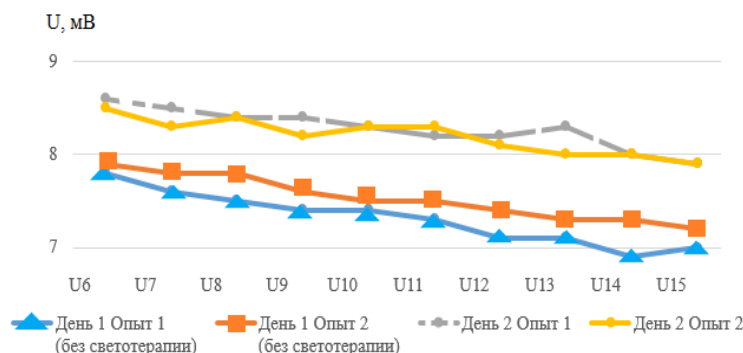


Рис. 3. Обобщенные амплитуды напряжений дельтовидной мышцы у третьей группы испытуемых

### Заключение

Установлено что воздействие поляризованного квантового излучения при выполнении физических нагрузок высокой интенсивности 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.

Уменьшение расстояния от источника поляризованного квантового излучения до поверхности воздействия от 15 до 4 см увеличивает эффективность восстановительных процедур квантовой с 2 до 7 %. Увеличение длительности квантовой терапии с 4 до 10 минут не оказало существенного влияния на эффективность восстановительных процедур.

Проведение процедур квантовой терапии, оказывающих значительное влияние на окислительно-восстановительные процессы внутри мышечной ткани, повышает выносливость и резистивность к нагрузкам после проведения высокоинтенсивных физических упражнений. Процедуры квантовой терапии положительно сказываются на электрических показателях дельтовидной мышцы испытуемых, полученных путем миографического исследования. Это доказывает перспективность совместного использования поляризованного квантового излучения с тренировками для ускорения восстановительного периода у спортсменов. Дополнительное применение процедур квантовой терапии во время тренировок поможет профессиональным спортсменам достигать более выдающихся спортивных результатов.

### Список литературы

- 1 Абрамович С. Г. *Фототерапия* / С. Г. Абрамович. – Иркутск : ФГБУ «НЦРВХ» СО РАМН, 2014. – 200 с.
- 2 Камлач, П. В. *Электронные медицинские аппараты, системы и комплексы. Лабораторный практикум* : пособие / П. В. Камлач, И. И. Ревинская. – Минск : БГУИР, 2020. – 64 с.
- 3 Улащик В.С. *Физиотерапия. Новейшие методы и технологии.* – Справочное пособие. – Мн.: Книжный дом, 2013. – 448 с.
- 4 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>.
- 5 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.
- 6 Пархач, Л. П. *Анатомия и физиология человека: учебное пособие* / Л. П. Пархач и др. - Минск : БГУИР, 2013. – 247 с.: ил.