

Гений ортопедии. 2023;29(3):293-298.*Genij Ortopedii.* 2023;29(3):293-298.

Научная статья

УДК 616-001-013.14:615.847:612.017.1

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2023-29-3-293-298>**Изменения иммунологических показателей у пострадавших с политравмой при применении в комплексном лечении электромагнитных волн терагерцевого диапазона****Ю.П. Солдатов¹, М.В. Стогов^{1,5}, С.В. Шень², Я.Б. Бейкин³, Е.Н. Овчинников¹, С.Ю. Лукин^{1,4}, Н.В. Тушина¹**¹ Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия² Центральная городская клиническая больница № 3, Екатеринбург, Россия³ Клинико-диагностический центр, Екатеринбург, Россия⁴ Городская больница № 36 «Травматологическая», Екатеринбург, Россия⁵ Лаборатория перспективных материалов для индустрии и биомедицины, Курганский государственный университет, Курган, Россия**Автор, ответственный за переписку:** Максим Валерьевич Стогов, stogo_off@list.ru**Аннотация**

Введение. Улучшение результатов лечения и реабилитации пациентов с политравмой является актуальной задачей. **Цель.** Доказать эффективность применения электромагнитных волн терагерцевого диапазона (ЭМВТГД) у пострадавших с политравмой в раннем посттравматическом периоде в части коррекции иммунных показателей. **Материалы и методы.** В исследование включено 20 пострадавших с политравмой. Пациенты были распределены на две группы. Больным основной группы (n = 10) в раннем посттравматическом периоде, помимо стандартных методов лечения (согласно концепции «damage control»), назначали терапию ЭМВТГД. Пострадавшим контрольной группы (n = 10) в комплекс лечебных мероприятий сеансы облучения ЭМВТГД не были включены. В процессе лечения выполняли иммунологические исследования. В отделенном периоде оценивали эффективность реабилитационных мероприятий по балльной шкале.

Результаты. Показано, что у пациентов основной группы средние значения индекса реабилитационных мероприятий были достоверно лучше относительно группы контроля. Обнаружено, что у больных основной группы после применения ЭМВТГД, в сравнении с пациентами группы контроля, стимулированная продукция TNFα и IL-2, спонтанная продукция лимфоцитами IFNγ, активность фагоцитов (НСТ-тест) и поглотительная активность моноцитов были статистически значимо выше. Также констатирован рост уровня IgG и IgM у пациентов основной группы. **Обсуждение.** Выполненное исследование свидетельствует о том, что применение ЭМВТГД у пострадавших с политравмой в раннем посттравматическом периоде способствует активации цитотоксической активности лимфоцитов и фагоцитарных клеток. Иммуностимулирующий эффект воздействия ЭМВТГД также достигается за счет увеличения уровня гуморальных факторов иммунитета. **Заключение.** Применение ЭМВТГД в раннем посттравматическом периоде у пострадавших с политравмой повышает иммунный статус, что способствует увеличению эффективности реабилитационных мероприятий.

Ключевые слова: политравма, электромагнитные волны, терагерцевой диапазон, иммунитет

Для цитирования: Солдатов Ю.П., Стогов М.В., Шень С.В., Бейкин Я.Б., Овчинников Е.Н., Лукин С.Ю., Тушина Н.В. Изменения иммунологических показателей у пострадавших с политравмой при применении в комплексном лечении электромагнитных волн терагерцевого диапазона. *Гений ортопедии.* 2023;29(3):293-298. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-3-293-298. EDN: MHDXXH.

Original article

Changes in immunological parameters of polytrauma patients with use of terahertz electromagnetic waves in complex treatment**Yu.P. Soldatov¹, M.V. Stogov^{1,5}, S.V. Shen², Ya.B. Beikin³, E.N. Ovchinnikov¹, S.Yu. Lukin^{1,4}, N.V. Tushina¹**¹ Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation² Central City Clinical Hospital No. 3, Ekaterinburg, Russian Federation³ Clinical Diagnostic Center, Ekaterinburg, Russian Federation⁴ City Hospital No. 36 "Traumatological", Ekaterinburg, Russian Federation⁵ Advanced Materials for Industry and Biomedicine laboratory, Kurgan State University, Kurgan, Russian Federation**Corresponding author:** Maksim V. Stogov, stogo_off@list.ru**Abstract**

Introduction Improving the results of treatment and rehabilitation is essential for polytrauma patients. **The aim of the study** was to prove the effectiveness of terahertz electromagnetic waves (TEW) in polytrauma patients early after traumatic event to improve immune parameters.

Material and methods The study included 20 polytrauma patients who were divided into two groups. Patients of the treatment group (n = 10) received TEW early after traumatic event in addition to standard treatment using the damage control approach. Control patients (n = 10) received no TEW therapy in the complex of therapeutic measures. Immunological studies were performed during treatment. The effectiveness of rehabilitation was assessed at a long term using an evaluation scale. **Results** The mean rehabilitation score was significantly higher in the treatment group compared to the controls. The treatment group showed significantly higher production of TNFα and IL-2, spontaneous production of IFNγ by lymphocytes, phagocyte activity (NBT-test) and absorption activity of monocytes after the use of TEW in comparison with controls. An increased level of IgG and IgM was also noted in patients of the treatment group. **Discussion** The findings showed that the use of TEW in polytrauma patients early after traumatic event resulted in the increase in cytotoxic activity of lymphocytes and phagocytic cells. The immunostimulating effect of TEW was also achieved through boosting humoral immunity. **Conclusion** The TEW used early after traumatic event in polytrauma patients resulted in strengthening of the immune system which contributed to more effective rehabilitation.

Keywords: polytrauma, electromagnetic waves, terahertz range, immunity

For citation: Soldatov Yu.P., Stogov M.V., Shen S.V., Beikin Ya.B., Ovchinnikov E.N., Lukin S.Yu., Tushina N.V. Changes in immunological parameters of polytrauma patients with use of terahertz electromagnetic waves in complex treatment. *Genij Ortopedii.* 2023;29(3):293-298. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-3-293-298

ВВЕДЕНИЕ

Лечение пострадавших с политравмой представляет особую и трудную проблему в связи с наличием у данных пациентов травматического шока, большой вероятности возникновения различных осложнений

(жировая эмболия, тромбоэмболия, пневмония, несращения костей и др.), высокого уровня инвалидизации и летальности (достигает до 80 %) [1-3].

Как отмечают авторы, к нарушению функций организма у пострадавших после политравмы приводит снижение иммунного статуса [4-8]. Причем в раннем посттравматическом периоде у данной группы пациентов развиваются признаки угнетения как клеточного, так и гуморального звена иммунитета [9].

Из литературы следует, что применение КВЧ-терапии у пострадавших с политравмой в комплексном ее лечении предупреждает развитие иммун-

ной патологии [10-13]. Метод имеет преимущества в плане малоинвазивности, доступности в применении комплексного лечения данного контингента больных.

Тем не менее, к настоящему времени опыт применения КВЧ-терапии в практической травматологии пока не существен [14-17], а при политравме описанный опыт ее использования нами не встречен.

Цель – доказать эффективность применения электромагнитных волн терагерцевого диапазона (ЭМВТГД) у пострадавших с политравмой в раннем посттравматическом периоде в части коррекции иммунных показателей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Были изучены результаты применения ЭМВТГД у 20 пострадавших с политравмой. Критерии включения: 1) наличие более одного повреждения, одно из которых или их сочетание обуславливало угрозу для жизни больного и являлось причиной возникновения травматической болезни; 2) переломы костей; 3) индекс политравмы по шкале ISS соответствовал 26-40 баллам; 4) возраст больных в пределах 18-35 лет. Критериями исключения были декомпенсированные состояния деятельности внутренних органов и систем, хронические заболевания в стадии обострения.

Пострадавшие были распределены на две группы. В основную группу (n = 10) вошли пациенты, которым проведено комплексное лечение (согласно концепции «damage control») с сеансами терапии ЭМВТГД. В контрольной группе (n = 10) сеансы терапии ЭМВТГД не назначали.

Для излучения ЭМВТГД применяли физиотерапевтический аппарат «Орбита» (рег. уд. ФСР 2009/05497 от 14.08.2009, бессрочный срок действия). Частота тока $150 \pm 0,75$ ГГц соответствовала амплитудной модуляции сигнала. Воздействие ЭМВТГД производили ежедневно в течение 30 минут на мечевидный отросток грудины (рис. 1). Начинали физиотерапию на третьи сутки после травмы. Количество сеансов – 10.

Клиническая оценка. Результаты лечения оценивали интегрально. Рассчитывали индекс реабилитации (М). Для его выявления определяли: 1) среднее значение результата лечения (от 0 до 200 баллов) (P_{cp}); 2) средний показатель качества жизни в баллах, K_{cp} – от 0 до 80-100 баллов, по формуле $K_{cp} = B/n$, где В – сумма баллов у всех больных (если переломы были сочетанными на двух конечностях, то рассчитывали среднее значение суммы баллов для верхней (K1) и нижней (K2) конечностей – $K = (K1 + K2) / 2$), n – количество наблюдений; 3) общий процент инвалидности – от 0 до 100 (И) в каждой группе боль-

ных. Исходная формула для расчета индекса реабилитации в каждой группе больных была следующей: $M = P_{cp} + K_{cp} + И$. Показатель 0 баллов соответствовал хорошему уровню реабилитационных мероприятий, 400 баллов – плохому (табл. 1).

Иммунологические исследования. Иммунологическое исследование проводили при поступлении пострадавших в стационар (в среднем, в диапазоне от 2 до 12 часов после травмы). Кровь забирали перед началом облучения ЭМВТГД (третий день после травмы) и после окончания десятого сеанса воздействия ЭМВТГД.

В исследовании применяли гематологический анализатор Cobas Micros 60 ОТ (ABX, Франция). Из гепаринизированной крови посредством выделения на градиенте плотности 5,64 % выделяли мононуклеары и проводили внутриклеточное окрашивание цитокинов (МПК) (Lympholyte®-H, Cedarlane Laboratories Ltd, Нидерланды). Отмытые МПК в среде RPMI-1640 с добавлением 10 % инактивированной телячьей эмбриональной сыворотки ресуспендировали в концентрации 2×10^6 /мл.



Рис. 1. Фото пациента в процессе проведения сеанса физиотерапии

Таблица 1

Матрица интегральной оценки результатов реабилитационных мероприятий у пациентов с политравмой

Показатели	Результат реабилитационных мероприятий, баллы		
	хороший	удовлетворительный	плохой
Анатомо-функциональный результат лечения (P_{cp})	0-50	51-140	141-200
Средний показатель качества жизни (K_{cp})	0-20	21-45	46-100
Инвалидность	0-10	11-25	26-100
Индекс реабилитационных мероприятий (М)	0-80	81-210	211-400

С целью иммунофенотипирования лимфоцитов применяли моноклональные антитела: BD Multitest (CD3-FITC/CD16+CD56-PE/CD45-PerCP/CD19-APC; CD3-FITC/CD8-PE/CD45-PerCP/CD4-APC) (BD BioSciences, США); CD3-FITC/HLA-DR+ (IO Test, Immunotech, Франция). Для выявления внутриклеточных цитокинов использовали анти-IFN- γ -PE; анти-IL-4-PE; анти-IL-2-PE; анти-TNF- α -PE (IO Test, Immunotech, Франция). Иммунофенотипирование основных субпопуляций лимфоцитов производили по протоколу Direct immunofluorescence staining of whole blood, 2002 (BDIS, США).

Внутриклеточную продукцию цитокинов анализировали с применением рекомендаций «Intracellular staining procedure, 1996», активацию лимфоцитов производили в течение 4 часов при температуре 37 °C 25 нг/мл Phorbol 12-myristate 13-acetate (PMA) с иономицином (1 мкг/мл) в присутствии брэфелдина А (10 мкг/мл) в полистироловых 12 × 75 мм пробирках. С целью исключения неспецифического связывания моноклональных антител осуществляли флюорохром-конъюгированный изотипический контроль. Контроль эффективности активации осуществляли посредством инкубирования одной аликвоты МПК с PMA и иономицином без добавления брэфелдина А. Активированные МПК фиксировали в течение 10 минут с применением 1 × FACS Lysing Solution. Пермеабиллизацию производили также в течение 10 минут с использованием 1 × FACS Permeabilizing Solution при комнатной температуре и в темноте. Моноклональные антитела окрашивали течение 30 минут одновременно для поверхностных и внутриклеточных марке-

ров. Для активационного контроля добавляли CD69PE/CD3-PerCP (BD BioSciences, США). Двухцветный анализ проводили с применением проточного цитофлюориметра FACS Canto II (BD BioSciences, США). Интерпретацию данных осуществляли с применением FACS Diva Version 6.1.3 (при этом набирая не менее 3000 лейкоцитов в образце).

Бактерицидную активность лейкоцитов, моноцитов и поглотительную активность нейтрофилов анализировали по Д.В. Мазурову с соавт. [18, 19]. В сыворотке крови концентрацию иммуноглобулинов IgM, IgG и IgA определяли способом радиальной иммунодиффузии в агаре по Mancini. Для определения циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) применяли метод иммунопреципитации в 4 % ПЭГ-6000 с последующей фотометрией на спектрофотометре СФ-2000.

Лабораторные исследования проведены на базе клинико-диагностической лаборатории ГАУЗ СО «Клинико-диагностический центр», Екатеринбург.

Полученные лабораторные показатели больных сравнивали на этапах лечения с показателями десяти здоровых людей в возрасте 20-35 лет (референсная группа).

Результаты представлены в таблицах в виде среднего арифметического ($\bar{X}_i$) и стандартного отклонения (SD). С помощью критерия Шапиро-Уилка определяли нормальность выборок. Достоверность различий показателей исследуемых групп оценивали с помощью параметрического t-критерия Стьюдента для независимых выборок. Минимальный уровень значимости (p) принимали равным 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты интегральной оценки результатов реабилитационных мероприятий у больных с политравмой представлены в таблице 2.

В соответствии с матрицей интегральной оценки результатов реабилитационных мероприятий у пациентов с переломами костей в условиях политравмы, которым не проводили воздействие (контроль), средняя оценка соответствовала удовлетворительному результату лечения. У пациентов основной группы средний результат баллов также соответствовал удовлетворительному результату, но количественно значения индекса реабилитационных мероприятий были достоверно ниже группы контроля.

Выявлено снижение абсолютного содержания иммунокомпетентных клеток у пациентов обеих групп в посттравматическом периоде (табл. 3). Значимых отличий значений у пострадавших основной группы относительно группы сравнения не выявлено. Однако

зафиксированы достоверные отличия функциональной активности иммунокомпетентных клеток (табл. 4). После применения ЭМВТГД у пострадавших основной группы относительно контрольной констатируется статистически значимое увеличение активности фагоцитов (НСТ-тест), продукции лимфоцитов IFN γ , стимулированных продукцией TNF α и IL-2, и поглотительной активности моноцитов.

У пострадавших основной группы отличия наблюдали и для показателей гуморального иммунитета (табл. 5). У них к моменту окончания воздействия ЭМВТГД отмечалось увеличение роста уровней IgG и IgM относительно контрольной и референсной групп.

Нежелательных явлений со стороны клинических проявлений, иммунологического статуса, связанных с применением ЭМВТГД, не выявлено. Это свидетельствует о допустимой безопасности их применения при лечении пациентов с политравмой.

Таблица 2

Результаты интегральной оценки результатов реабилитационных мероприятий у больных с политравмой ($\bar{X}_i \pm SD$)

Показатели	Основная группа	Контрольная группа
Анатомо-функциональный результат лечения (P_{cp})	28,8 ± 4,5*	49,3 ± 6,3
Средний показатель качества жизни (K_{cp})	46,1 ± 6,8	53,5 ± 7,4
Инвалидность	15,2 ± 3,9*	35,9 ± 8,4
Индекс реабилитационных мероприятий (М)	90,1 ± 9,8*	138,7 ± 10,5

Примечание: * – статистически значимые отличия от группы контроля при уровне значимости $p < 0,05$.

Таблица 3

Показатели клеточного иммунитета у пациентов на сроках наблюдения ($\bar{X} \pm SD$)

Показатели	Группа	Референсная группа	После травмы	До КВЧ-терапии	После КВЧ-терапии
Т-лимфоциты CD3+, 10 ⁹ /л	О	1,331 ± 0,18	0,781 ± 0,28*	0,993 ± 0,25*	1,181 ± 0,33
	К		0,903 ± 0,12*	1,013 ± 0,15*	1,171 ± 0,17
В-лимфоциты CD19+, 10 ⁹ /л	О	0,253 ± 0,05	0,141 ± 0,06*	0,133 ± 0,08*	0,183 ± 0,09
	К		0,171 ± 0,03*	0,130 ± 0,08*	0,174 ± 0,05
Т-хелперы CD3+CD4+, 10 ⁹ /л	О	0,984 ± 0,03	0,463 ± 0,25*	0,634 ± 0,30*	0,843 ± 0,11*
	К		0,514 ± 0,14*	0,583 ± 0,13*	0,813 ± 0,08*
Т-киллеры CD3+8+, 10 ⁹ /л	О	0,414 ± 0,08	0,243 ± 0,14*	0,302 ± 0,08*	0,444 ± 0,08
	К		0,314 ± 0,04*	0,312 ± 0,07*	0,384 ± 0,08
NK-клетки CD3-16+56+, 10 ⁹ /л	О	0,381 ± 0,07	0,071 ± 0,04*	0,172 ± 0,11*	0,334 ± 0,03
	К		0,102 ± 0,04*	0,141 ± 0,06*	0,333 ± 0,06
TNK-клетки CD3+16+56+, 10 ⁹ /л	О	0,0851 ± 0,016	0,0752 ± 0,016	0,084 ± 0,030	0,113 ± 0,048
	К		0,080 ± 0,023	0,074 ± 0,029	0,122 ± 0,060
Активированные лимфоциты CD3+HLA-DR+, 10 ⁹ /л	О	0,102 ± 0,02	0,042 ± 0,02*	0,032 ± 0,01*	0,090 ± 0,03
	К		0,051 ± 0,02*	0,033 ± 0,02*	0,10 ± 0,04

Примечание: О – основная группа; К – контрольная группа; * – статистически значимые отличия от референсной группы при уровне значимости $p < 0,05$.

Таблица 4

Показатели функциональной активности иммунокомпетентных клеток у пациентов на сроках наблюдения ($\bar{X} \pm SD$)

Показатели	Группа	Референсная группа	После травмы	До КВЧ-терапии	После КВЧ-терапии
CD3 + IFN γ + стим., 10 ⁹ /л	О	0,281 ± 0,052	0,193 ± 0,104	0,246 ± 0,052	0,362 ± 0,164
	К		0,253 ± 0,072	0,237 ± 0,077	0,254 ± 0,080
CD3 + IFN γ + спонт., 10 ⁹ /л	О	0,006 ± 0,001	0,005 ± 0,002	0,004 ± 0,005	0,012 ± 0,003 ^{0,05*}
	К		0,006 ± 0,003	0,006 ± 0,001	0,006 ± 0,001
CD3 + TNF γ + стим., 10 ⁹ /л	О	0,681 ± 0,078	0,346 ± 0,093*	0,379 ± 0,080*	0,738 ± 0,233 ^{0,04}
	К		0,426 ± 0,079*	0,318 ± 0,100*	0,405 ± 0,140*
CD3 + TNF γ + спонт., 10 ⁹ /л	О	0,005 ± 0,001	0,004 ± 0,002	0,004 ± 0,003	0,006 ± 0,004
	К		0,004 ± 0,002	0,006 ± 0,001	0,005 ± 0,001
CD3 + IL2 + стим., 10 ⁹ /л	О	0,504 ± 0,118	0,222 ± 0,131*	0,323 ± 0,140*	0,666 ± 0,239 ^{0,04}
	К		0,294 ± 0,100*	0,332 ± 0,088*	0,393 ± 0,067*
CD3 + IL2 + спонт., 10 ⁹ /л	О	0,004 ± 0,001	0,003 ± 0,001	0,004 ± 0,003	0,004 ± 0,003
	К		0,004 ± 0,002	0,005 ± 0,002	0,005 ± 0,003
CD3 + IL4 + стим., 10 ⁹ /л	О	0,014 ± 0,005	0,007 ± 0,006	0,014 ± 0,010	0,018 ± 0,013
	К		0,008 ± 0,007	0,014 ± 0,009	0,017 ± 0,009
CD3 + IL4 + спонт., 10 ⁹ /л	О	0,004 ± 0,002	0,003 ± 0,001	0,003 ± 0,002	0,005 ± 0,003
	К		0,004 ± 0,003	0,004 ± 0,002	0,004 ± 0,002
CD3-IFN γ +стим., 10 ⁹ /л	О	0,031 ± 0,010	0,016 ± 0,005*	0,025 ± 0,020	0,053 ± 0,026
	К		0,016 ± 0,010*	0,022 ± 0,014	0,052 ± 0,009*
CD3-IFN γ +спонт., 10 ⁹ /л	О	0,004 ± 0,002	0,003 ± 0,002	0,003 ± 0,002	0,006 ± 0,003
	К		0,003 ± 0,002	0,004 ± 0,002	0,005 ± 0,002
НСТ-тест спонт., %	О	8 ± 2	9 ± 7	4 ± 2*	5 ± 1 ^{0,04*}
	К		8 ± 5	4 ± 2*	2 ± 1*
НСТ-тест стим., %	О	52 ± 17	18 ± 7*	15 ± 8*	18 ± 8*
	К		17 ± 2*	15 ± 2*	17 ± 3*
Бактерицидная активность лейкоцитов, %	О	33,2 ± 5,1	59,6 ± 15,5*	57,4 ± 14,3*	57,8 ± 17,5*
	К		59,2 ± 8,9*	41,8 ± 16,8	48,0 ± 14,2
Поглотительная способность нейтрофилов, %	О	90,4 ± 5,1	88,8 ± 8,7	87,7 ± 8,6	89,8 ± 3,3
	К		94,0 ± 7,7	88,4 ± 3,9	87,0 ± 8,0
Поглотительная активность моноцитов, %	О	81,2 ± 6,3	83,2 ± 13,3	80,0 ± 9,0	87,5 ± 5,1 ^{0,04*}
	К		77,5 ± 6,2	80,4 ± 8,1	79,4 ± 4,1

Примечание: О – основная группа; К – контрольная группа; * – статистически значимые отличия от референсной группы при уровне значимости $p < 0,05$; верхний индекс – значение p относительно контрольной группы.

Таблица 5

Показатели гуморального иммунитета у пациентов на сроках наблюдения ($\bar{X} \pm SD$)

Показатели	Группа	Референсная группа	После травмы	До КВЧ-терапии	После КВЧ-терапии
IgA, г/л	О	2,85 ± 0,46	1,47 ± 0,43*	2,66 ± 0,66	3,44 ± 0,43*
	К		1,52 ± 0,32*	2,58 ± 0,52	3,46 ± 0,74*
IgG, г/л	О	13,5 ± 1,8	9,1 ± 2,2*	10,1 ± 2,5*	17,5 ± 2,7 ^{0,02*}
	К		7,6 ± 0,7*	9,2 ± 1,2*	12,5 ± 0,7
IgM, г/л	О	1,25 ± 0,12	1,00 ± 0,18*	1,44 ± 0,31	2,14 ± 0,35 ^{0,04*}
	К		0,90 ± 0,08*	1,34 ± 0,18	1,35 ± 0,44
ЦИК, ед.	О	57 ± 14	49 ± 22	56 ± 20	70 ± 21
	К		43 ± 8	65 ± 17	77 ± 22

Примечание: О – основная группа; К – контрольная группа; * – статистически значимые отличия от референсной группы при уровне значимости $p < 0,05$; верхний индекс – значение p относительно контрольной группы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Выполненные нами исследования однозначно свидетельствуют о том, что применение ЭМВТГД у пострадавших с политравмой в раннем посттравматическом периоде способствует активации цитотоксической активности лимфоцитов и фагоцитарных клеток. Иммуностимулирующий эффект воздействия КВЧ-излучения также достигается за счет увеличения уровня гуморальных факторов иммунитета. В целом, совокупность представленных признаков, в том числе и результаты интегральной балльной оценки, свидетельствуют об эффективности применения терапии ЭМВТГД в системе лечения пациентов с политравмой.

Проведение сравнительной оценки полученных нами данных достаточно затруднительно, т.к. описанного опыта применения терапии ЭМВТГД у пациентов с политравмой мы не встретили. Однако в имеющихся работах по применению терапии в практике травматологии указано, что использование КВЧ-терапии

способствует сращению перелома костей [13, 20], улучшает функциональный результат и снижает число посттравматических осложнений [14, 21, 22]. Технология также находит широкое применение в комплексном лечении остеоартроза [23-25]. Расширяются показания к методу и для других нозологий [26-28]. В целом общая картина свидетельствует о положительном опыте применения сеансов КВЧ-терапии в клинической практике [29, 30].

Представленные результаты применения ЭМВТГД у пациентов с политравмой, возможно, имеют ограничения в связи с небольшим количеством выборок. Из этого следует, что изучение эффективности применения ЭМВТГД у пострадавших с политравмой нуждается в расширении количества наблюдений. Однако представленный опыт подтверждает гипотезу об эффективности применения данного вида физиотерапии в комплексном лечении представленной категории больных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение воздействия электромагнитных волн терагерцового диапазона на мечевидный отросток грудины в течение 15-30 минут у пациентов с политравмой в раннем посттравматическом периоде способствует активации цитотоксической активности лимфоцитов и фагоцитарных клеток. Иммуностимулирующий эффект воздействия ЭМВТГД также до-

стигается за счет увеличения уровня гуморальных факторов иммунитета.

У пациентов с политравмой применение ЭМВТГД в комплексном лечении в раннем посттравматическом периоде повышает качество реабилитационных мероприятий. Это обуславливает рекомендацию по использованию данных волн для повышения иммунного статуса.

Конфликт интересов. Авторы сообщают об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования отсутствует.

Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова, протокол № 3(63) от 11.04.2019.

Информированное согласие. Всеми пациентами дано подписанное добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лютов В.В., Булатов М.Р., Сущенин А.А., Махновский А.И. Клинико-эпидемиологический мониторинг множественных и сочетанных травм. *Военно-медицинский журнал*. 2013;(9):11-13.
2. Paffrath T, Lefering R, Flohé S; TraumaRegister DGU. How to define severely injured patients? – an Injury Severity Score (ISS) based approach alone is not sufficient. *Injury*. 2014;45 Suppl 3:S64-9. doi: 10.1016/j.injury.2014.08.020
3. von Rüden C, Woltmann A, Röse M, Wurm S, Rüger M, Hierholzer C, Bühren V. Outcome after severe multiple trauma: a retrospective analysis. *J Trauma Manag Outcomes*. 2013;7(1):4. doi: 10.1186/1752-2897-7-4
4. Валетова В.В., Ермолов А.С., Боровкова Н.В., Хватов В.Б., Тимербаев В.Х. Апоптоз лимфоцитов как критерий ишемии и реперфузии при тяжелой сочетанной травме и массивной кровопотере. *Медицинский алфавит*. 2016;(4):25-31.
5. Мамытова Э.М. Динамика показателей Т-клеточного иммунитета у больных с черепно-мозговой травмой на фоне нейротропной терапии. *Иммунопатология, аллергология, инфектология*. 2016;(2):6-10.
6. Шабанов А.К., Булава Г.В., Андреева М.В., Кузовлев А.Н., Кислухина Е.В., Хубутя М.Ш. Роль ранней иммунозаместительной терапии в снижении частоты развития нозокомиальной пневмонии у пострадавших с тяжелой сочетанной травмой. *Общая реаниматология*. 2014;10(6):15-23. doi: 10.15360/1813_9779_2014_6_15_23
7. Easton R, Balogh ZJ. Perioperative changes in serum immune markers after trauma: a systematic review. *Injury*. 2014;45(6):934-941. doi: 10.1016/j.injury.2013.12.002
8. Volpin G, Cohen M, Assaf M, Meir T, Katz R, Pollack S. Cytokine levels (IL-4, IL-6, IL-8 and TGFβ) as potential biomarkers of systemic inflammatory response in trauma patients. *Int Orthop*. 2014;38(6):1303-9. doi: 10.1007/s00264-013-2261-2
9. Кравцов Ю.И., Шевченко К.В., Четвертных В.А., Кравцова Е.Ю. Дизрегуляция вегетативной, гипоталамо-надпочечниковой и иммунной систем у пациентов с тяжелой черепно-мозговой травмой. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2013;(2):4-8.
10. Казаринов К.Д. Терагерцовое излучение - инструмент XXI века (использование в медико-биологических исследованиях). *Электронная техника. Серия 1: СВЧ-техника*. 2016;(2):86-101.
11. Чекрыгин В.Э. Терагерцовый диапазон на страже здоровья. Известия Южного федерального университета. *Технические науки*. 2009;(7):102-107.
12. D'Agostino S, Della Monica C, Palizzi E, Di Pietrantonio F, Benetti M, Cannatà D, Cavagnaro M, Sardari D, Stano P, Ramundo-Orlando A. Extremely high frequency electromagnetic fields facilitate electrical signal propagation by increasing transmembrane potassium efflux in an artificial axon mode. *Sci Rep*. 2018;8(1):9299. doi: 10.1038/s41598-018-27630-8
13. Галанов Е.К. Взаимодействие и распространение терагерцового электромагнитного излучения в нейронных структурах. *Инновационная наука*. 2021;(7):19-27.
14. Богомолова Н.В., Дулатов Р.М., Киреев С.И., Киричук В.Ф., Креницкий А.П. Комплексное экспериментальное и клиническое исследование эффективности КВЧ – терапии на частотах оксида азота в восстановительном лечении пациентов с переломами костей. *Вестник новых медицинских технологий*. 2010;XVII(1):107-110.

15. Лукин С.Ю., Солдатов Ю.П., Стогов М.В. Комплексная коррекция патофизиологических нарушений у ортопедотравматологических больных с применением электромагнитных волн терагерцового диапазона на частотах излучения оксида азота. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2018;(6):58-66. doi: 10.17116/kurort20189506158
16. Масляков В.В., Дралина О.И., Суханова О.А., Барсуков В.Г., Дадаев А.Я. Применение аппарата для терагерцовой терапии "Орбита" с целью коррекции реологических свойств крови при колото-резанных ранениях груди. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2015;(4):29-32.
17. Kireev SI, Imamov AM, Kurmanov AG. Biophysical approach to the correction of supporting tissue microcirculation impairments. *Journal of Biomedical Photonics & Engineering*. 2015;1(4):225-228. doi: 10.18287/JBPE-2015-1-4-225
18. Мазуров Д.В., Дамбаева С.В., Пинегин Б.В. Оценка внутриклеточного киллинга стафилококка фагоцитами периферической крови с помощью проточной цитометрии. *Иммунология*. 2000;(2):57-59.
19. Мазуров Д.В., Хамидуллина К.Ф., Пинегин Б.В. Комплексный метод для оценки функциональной активности фагоцитарных клеток периферической крови. *Медицинская иммунология*. 1999;1(3-4):75-76.
20. Лукин С.Ю., Солдатов Ю.П., Дьячков А.Н. Результаты лечения больных с множественной и сочетанной травмой с применением малоинвазивных технологий остеосинтеза и электромагнитных волн терагерцового диапазона. *Гений ортопедии*. 2021;27(1):6-12. doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-1-6-12
21. Ахмадуллина Э.М., Хасанова Э.М., Бодрова Р.А. Физические факторы реабилитации пациентов, перенесших тяжелую черепно-мозговую травму. *Вестник новых медицинских технологий*. 2021;(5):95-100. doi: 10.24412/2075-4094-2021-5-3-8
22. Козлов Е.С., Солдатов Ю.П., Стогов М.В., Щурова Е.Н., Киреева Е.А. Результаты воздействия электромагнитных волн терагерцового диапазона на ткани локтевого сустава при последствиях его повреждений. *Гений ортопедии*. 2022;28(3):328-332. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-3-328-332. EDN: BOXUBR.
23. Агеева А.И., Куликов А.Г. Возможности применения терагерцового излучения у пациентов с гонартрозом. *Вестник новых медицинских технологий*. 2019;26(4):99-104. (In Russ.) doi: 10.24411/1609-2163-2019-16495
24. Куликов А.Г., Агеева А.И., Воловец С.А. Лечение и реабилитация пациентов с гонартрозом. Возможности терагерцовой терапии. *Вестник Всероссийского общества специалистов по медико-социальной экспертизе, реабилитации и реабилитационной индустрии*. 2019;(1):83-89.
25. Куликов А.Г., Агеева А.И., Воловец С.А. Опыт применения терагерцового излучения при остеоартрозе коленных суставов. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2018;17(3):145-148. doi: 10.18821/1681-3456-2018-17-3-145-148
26. Баграев Н.Т., Головин П.А., Клячкин Л.Е., Маляренко А.М., Преснухина А.П., Реуков А.С., Хромов В.С. Терапия ковидных осложнений с помощью терагерцового излучения. *Журнал технической физики*. 2022;(7):943-950. doi: 10.21883/JTF.2022.07.52648.7-22
27. Ихлов Б.Л. О возможности лечения вирусных заболеваний КВЧ-терапией. *Вестник новых медицинских технологий*. 2019;26(1):67-71. doi: 10.24411/1609-2163-2019-16248
28. Кирьянова В.В., Жарова Е.Н., Логинова С.В. Терагерцовое излучение в комплексной терапии больных с травматическим повреждением головного мозга. *Вестник физиотерапии и курортологии*. 2018;(1):35-42.
29. Полякова А.Г., Преснякова М.В., Соловьева А.Г., Перетягин П.В. Экспериментальное обоснование современных медицинских технологий с позиций междисциплинарных исследований. *Евразийское Научное Объединение*. 2020;(2-1):68-71.
30. Свистунов А.А., Цымбал А.А., Литвицкий П.Ф., Будник И.А. Экспериментальное и клиническое обоснование применения электромагнитных волн терагерцового диапазона на частотах излучения и поглощения оксида азота и кислорода при различных формах патологии. *Вестник РАМН*. 2017;72(5):365-374. doi: 10.15690/vramn817

Статья поступила в редакцию 19.04.2022; одобрена после рецензирования 08.11.2022; принята к публикации 20.04.2023.

The article was submitted 19.04.2022; approved after reviewing 08.11.2022; accepted for publication 20.04.2023.

Информация об авторах:

1. Юрий Петрович Солдатов – доктор медицинских наук, профессор, руководитель учебного отдела, заведующий кафедрой, soldatov-up@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2499-3257>;
2. Максим Валерьевич Стогов – доктор биологических наук, доцент, руководитель отдела, stogo_off@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8516-8571>;
3. Семен Вадимович Шень – врач участковый терапевт, semen_shen@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2112-6828>;
4. Яков Борисович Бейкин – доктор медицинских наук, профессор, главный врач, inbox@kdc-lab.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8622-1602>;
5. Евгений Николаевич Овчинников – кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе, omu00@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5595-1706>;
6. Станислав Юрьевич Лукин – доктор медицинских наук, ассистент кафедры, главный врач, lukin-s.u@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0481-4285>;
7. Наталья Владимировна Тушина – кандидат биологических наук, научный сотрудник, ntushina76@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1322-608X>.

Information about the authors:

1. Yuri P. Soldatov – Doctor of Medical Sciences, Professor, soldatov-up@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2499-3257>;
2. Maksim V. Stogov – Doctor of Biological Sciences, Assistant Professor, stogo_off@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2112-6828>;
3. Semen V. Shen – therapist, semen_shen@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2112-6828>;
4. Yakov B. Beikin – Doctor of Medical Sciences, Professor, inbox@kdc-lab.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8622-1602>;
5. Evgeny N. Ovchinnikov – Candidate of Biological Sciences, omu00@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5595-1706>;
6. Stanislav Yu. Lukin – Doctor of Medical Sciences, lukin-s.u@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0481-4285>;
7. Natalya V. Tushina – Candidate of Biological Sciences, ntushina76@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1322-608X>.

Вклад авторов

Солдатов Ю.П. – идея; формулировка или эволюция целей и задач исследования; внесение корректировки в первоначальный вариант, подготовка работы к публикации.
Стогов М.В. – разработка и проектирование методологии; подготовка и написание первоначального проекта (черновика) работы; внесение корректировки в первоначальный вариант, подготовка работы к публикации.
Шень С.В. – проведение исследования, в частности, проведение экспериментов или сбор данных/доказательств.
Бейкин Я.Б. – проведение исследования, в частности, проведение экспериментов или сбор данных/доказательств.
Овчинников Е.Н. – подготовка, создание и/или представление работы к публикации, в частности, визуализация/презентация данных.
Лукин С.Ю. – ответственность за управление и координацию планирования и проведения исследовательской деятельности.
Тушина Н.В. – применение статистических, математических, вычислительных или других формальных методов для анализа или синтеза данных исследования.