

Кириязи Т.С.

**Влияние волн терагерцевого диапазона на частотах оксида азота на функциональное состояние эндотелия и перфузию ткани при длительном стрессе**

*Медицинский университет «Реавиз», г. Саратов*

Kiryazi T.S.

**The influence of terahertz waves at nitric oxide frequencies on endothelial functional activity and tissue perfusion in condition of a long-term stress**

*Medical University "Reaviz", Saratov*

---

**Abstract**

The data on the influence of terahertz range electromagnetic waves at nitric oxide frequencies on peripheral tissue perfusion are presented. It is shown that irradiation of terahertz waves at frequencies of nitric oxide stimulates basal nitric oxide production in the animals in a state of long-term immobilization stress.

**Keywords:** terahertz waves, peripheral perfusion, nitric oxide

**Ключевые слова:** оксид азота, терагерцевые волны, эндотелий, перфузия ткани, стресс

---

Заболевания сердечно-сосудистой системы, в частности ишемическая болезнь сердца, в том числе инфаркт миокарда, являются одной из основных причин инвалидности и смертности в России. Известно, что формирование и течение инфаркта миокарда сопровождается комплексом сосудистых расстройств. Однако большинство работ посвящено изучению особенностей циркуляции крови в крупных, средних и коронарных сосудах. Вместе с тем развитие и тяжесть течения заболеваний сердечно-сосудистой системы в значительной степени определяют нарушения микрогемодинамики, в том числе периферической перфузии тканей кровью [4].

В настоящее время для восстановления адекватной перфузии тканей кровью используют широкий спектр медикаментозных препаратов, однако фармакотерапия всегда сопровождается возникновением побочных эффектов. Электромагнитные волны крайневисокочастотного и терагерцевого диапазонов являются одним из методов немедикаментозной физиологической регуляции [3]. Наибольший интерес представляют электромагнитные волны на частотах молекулярных спектров излучения и поглощения (МСИП) клеточных метаболитов, таких как оксид азота, кислород, оксид углерода и другие [1, 2]. В частности, оксид азота является мощным вазодилататором и антиагрегантом, а сигнальные механизмы реализуемые при его участии имеют ключевое значение в функционировании эндотелия сосудов [6].

Была продемонстрирована высокая эффективность электромагнитных волн на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц в коррекции стрессорных нарушений функциональной активности тромбоцитов, реологии крови и коагуляционного гемостаза [5, 7].

**Цель исследования:** изучение влияния облучения электромагнитных волн на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц на периферическую перфузию у белых крыс, находящихся в состоянии длительного иммобилизационного стресса.

**Материал и методы**

Исследования проведены на 45 белых крысах-самцах массой 180-220 г. В качестве модели нарушений перфузии использовался длительный иммобилизационный стресс, который вызывали у крыс путем ежедневной 3-х часовой иммобилизации в течение 5 дней. Облучение животных терагерцевыми волнами на частотах МСИП оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц проводилось малогабаритным медицинским аппаратом «Орбита». Перфузию кожи и механизмы модуляции микрокровотока оценивали методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) с помощью анализатора ЛАКК-02. Световодный зонд располагали на тыле стопы. Определяли величину перфузионного показателя (перф. ед), а также амплитуды эндотелиальных, вазомоторных, дыхательных и пульсовых колебаний кровотока.

**Результаты**

В результате проведенных исследований обнаружено, что у крыс-самцов, находящихся в состоянии длительного стресса происходит выраженное снижение перфузии кожи тыла стопы, которое сопровождается изменением как активных, так и пассивных механизмов модуляции кровотока. Изменения активных механизмов модуляции кровотока в микроциркуляторном русле кожи проявляются уменьшением амплитуд эндотелиальных и вазомоторных колебаний. Снижение амплитуд эндотелиальных колебаний кровотока микроциркуляторного русла ассоциировано с уменьшением базальной продукции оксида азота эндотелиальными клетками. Уменьшение величины вазомоторных колебаний отражает повышение нейрогенного и миогенного тонуса сосудов микроциркуляцию. Изменения пассивных механизмов модуляции кровотока проявляются снижением величины пульсовых колебаний, что ассоциировано с ограничением притока артериальной крови в микроциркуляторное русло.

**Заключение**

Полученные данные свидетельствуют, что у животных в состоянии длительного стресса под влиянием курса облучения терагерцевыми волнами происходит восстановление перфузионного показателя (М). При этом величина перфузионного

показателя статистически достоверно не отличается от уровня группы контроля. Вместе с тем обнаружено, что под влиянием облучения на частотах оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц у крыс в состоянии длительного иммобилизационного стресса происходит увеличение амплитуд эндотелиальных и вазомоторных и пульсовых колебаний. Увеличение эндотелиальных колебаний микрокровка отражает увеличение базальной вазодилатирующей активности эндотелия, реализуемой за счет повышения продукции оксида азота. Уменьшение вазомоторных колебаний ассоциировано снижением периферического сопротивления. Увеличение амплитуд пульсовых колебаний свидетельствует об увеличении притока крови в микроциркуляторное русло, что обуславливает обнаруженное увеличение перфузии.

Таким образом, представленные результаты свидетельствуют, что облучение терагерцевыми волнами на частотах МСИП оксида азота оказывает значительное влияние на кровоток в микроциркуляторном русле, вызывая повышение базальной продукции оксида азота эндотелием.

#### Литература

1. Влияние электромагнитного излучения терагерцового диапазона на частотах молекулярного спектра оксида азота на тромбоциты белых крыс при иммобилизационном стрессе / В.Ф. Киричук, А.Н. Иванов, О.Н. Антипова и др. // Биомедицинская радиоэлектроника. 2004. № 11. С. 4-11.
2. Влияние эми тгч на частоте молекулярного спектра излучения и поглощения кислорода на функциональную активность тромбоцитов белых крыс в состоянии иммобилизационного стресса / В.Ф. Киричук, С.В. Сухова, О.Н. Антипова и др. // Биомедицинская радиоэлектроника. 2008. № 12. С. 41-47.
3. Восстановление микроциркуляторных расстройств под влиянием эми квч на частотах оксида азота in vivo / В.Ф. Киричук, О.Н. Антипова, А.Н. Иванов и др. // Миллиметровые волны в биологии и медицине. 2004. № 2. С. 57-69.
4. Методы диагностики эндотелиальной дисфункции / А.Н. Иванов, А.А. Гречихин, И.А. Норкин, Д.М. Пучиньян // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2014. Т. 13. № 4 (52). С. 4-11.
5. Механизм действия терагерцовых волн на частотах оксида азота с физиологической точки зрения / В.Ф. Киричук, А.Н. Иванов, А.А. Цымбал, Е.В. Андронов // Миллиметровые волны в биологии и медицине. 2009. № 1-2. С. 47-55.
6. Роль оксида азота в регуляции микроциркуляторного звена системы гемостаза (обзор литературы) / Е.В. Андронов, В.Ф. Киричук, А.Н. Иванов, Н.В. Мамонтова // Саратовский научно-медицинский журнал. 2007. Т. 3. № 3. С. 39-44.
7. Способ нормализации нарушенной линейной скорости кровотока в магистральных сосудах при острой стресс-реакции в эксперименте / В.Ф. Киричук, А.Н. Иванов, Т.С. Кораблева и др. // патент на изобретение RUS 2327493 19.12.2006