МЕТА-АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ТВЁРДЫЕ ТКАНИ ЗУБОВ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И КЛИНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Шукурова У.А.,
Хатамова Ш.А.,
Мирзаев Х.Ш.
Ташкентский государственный стоматологический институт, Узбекистан

Аннотация. *Настоящий обзор посвящён систематизации современных сведений о воздействии электромагнитных излучений (ЭМИ) на твёрдые ткани зубов. Рассматриваются изменения физико-химических характеристик эмали и дентина, включая уменьшение микротвёрдости, нарушение минерализационного баланса и структурные микроповреждения, возникающие под действием ЭМИ. Обобщены результаты экспериментальных (in vitro и in vivo) работ, фиксирующих изменения свойств зубных тканей под влиянием радиочастотных полей. Описываются клинические и эпидемиологические наблюдения, демонстрирующие рост частоты кариозных поражений и признаков гипоминерализации у лиц, находящихся под воздействием повышенного уровня ЭМИ как в бытовых, так и в производственных условиях. Полученные данные подчёркивают необходимость разработки и внедрения мер по профилактике таких поражений.*

Ключевые слова*: электромагнитное излучение, зубная эмаль, дентин, микротвёрдость, минерализация, экспериментальные исследования, клинические наблюдения.*

Введение. За последние годы значительно возрос уровень повседневного воздействия электромагнитных излучений (ЭМИ) на организм человека, что связано с широким распространением беспроводных технологий, мобильной связи и промышленного оборудования. Электромагнитные поля охватывают широкий диапазон частот и оказывают различное влияние на биологические структуры, включая ткани ротовой полости. Особого внимания заслуживает влияние ЭМИ на твёрдые зубные ткани — эмаль и дентин — отличающиеся высоким содержанием минеральных компонентов и специфическими физико-химическими свойствами. Целью настоящего обзора является анализ научных работ, выполненных за последние 10 лет, посвящённых экспериментальному,

клиническому и эпидемиологическому изучению влияния ЭМИ на морфофункциональное состояние твёрдых тканей зубов.

Микротвёрдость эмали и дентина рассматривается как один из основных параметров, определяющих их резистентность к внешним воздействиям. Ряд научных работ демонстрирует, что продолжительное влияние радиочастотного электромагнитного излучения может вызывать уменьшение данного показателя. В частности, в экспериментальном исследовании, выполненном Akbari и соавт. (2020), установлено, что двухнедельное воздействие электромагнитного поля с частотой 900 МГц приводит к снижению микротвёрдости эмали приблизительно на 12% по сравнению с контрольной группой. Аналогичные данные представлены в отечественном исследовании, выполненном Малаховой А.В. и Пономаренко Т.В. (2021), в котором при месячном облучении зубных образцов электромагнитным полем частотой 2,4 ГГц зафиксировано уменьшение микротвёрдости эмали на 10–15%. [3,5].

Минеральная насыщенность зубных тканей во многом определяется концентрацией кальция и фосфатов. По данным Mortazavi и соавт. (2018), у детей, часто использующих мобильные телефоны (более 2 часов ежедневно), наблюдалось уменьшение уровня минерализации эмали на 8–10%, подтверждённое микро-КТ [7]. Аналогичную точку зрения выражают Асташенков С.Н. и Воронин С.В. (2018), отмечая, что ЭМИ может нарушать обменные процессы в организме, тем самым влияя на минерализацию твёрдых тканей [4].

Изменения на микроструктурном уровне под воздействием ЭМИ также подтверждаются современными методами анализа. Так, по результатам сканирующей электронной микроскопии (SEM), структура эмали при облучении теряет упорядоченность: наблюдаются микротрещины, фрагментация и дезориентация кристаллов гидроксиапатита. Akbari и соавт. (2020) отмечают появление выраженных признаков деминерализации и повреждений на поверхности эмали после радиочастотного облучения [4,5].

Эксперименты in vitro позволяют изучать влияние ЭМИ на физические характеристики зубов вне системных факторов организма. Авторами было установлено, что радиочастотное поле 900 МГц вызывает увеличение пористости и снижение микротвёрдости в образцах извлечённых человеческих зубов. Shahidi и соавт. (2020) оценивали эффективность антиоксидантной защиты эмали, подвергнутой ЭМИ, и показали частичное восстановление её микроструктуры при использовании антиоксидантных соединений [1,5,7].

Ряд экспериментальных моделей с участием лабораторных животных подтвердил отрицательное влияние ЭМИ на твёрдые ткани зубов. В опытах на крысах, подвергшихся облучению волнами частотой 1,8 ГГц, выявлены признаки снижения минерализации моляров, а также повышение активности ферментов, ответственных за костную ремоделяцию. Farhadi и соавт. (2021) пришли к выводу, что при введении антиоксидантов, таких как витамин Е и мелатонин, степень повреждения зубных тканей существенно уменьшалась [1,6].

Масштабное исследование, проведённое на территории Ирана, выявило, что у детей, регулярно использующих устройства беспроводной связи, такие как мобильные телефоны и Wi-Fi, наблюдается более высокая распространённость кариозного процесса, а также пониженные показатели минерализации зубной эмали. Схожие результаты получены и в отечественных исследованиях: при обследовании работников промышленных объектов с выраженным уровнем техногенного электромагнитного воздействия установлено достоверное увеличение частоты случаев гипоминерализации и развития кариеса у представителей групп с повышенным риском [2,4].

Особый интерес представляют результаты наблюдений за медицинскими работниками, которые находятся под постоянным воздействием ЭМИ в силу профессиональной деятельности (например, рентген-лаборанты, сотрудники отделений МРТ). Эти данные подтверждают рост числа случаев нарушений микроструктурной целостности эмали. Так, в исследовании Лебедева А.В. (2017), посвящённом состоянию зубов у операторов мобильных станций, также зафиксированы изменения, указывающие на деминерализацию и структурные повреждения эмали [2,4,8].

Заключение. Совокупность экспериментальных, клинических и эпидемиологических исследований указывает на неблагоприятное влияние электромагнитного излучения на морфофункциональное состояние твёрдых зубных тканей. Наиболее типичными последствиями такого воздействия являются снижение показателей микротвёрдости, уменьшение степени минерализационного насыщения, а также формирование микроскопических дефектов в структурах эмали и дентина. В условиях усиливающегося техногенного прессинга особую значимость приобретает разработка и внедрение эффективных профилактических стратегий, направленных на укрепление твёрдых тканей зубов, в том числе использование антиоксидантной терапии и реализация мер по минимизации влияния ЭМИ в быту и на производстве.

Список литературы

1. Атаходжаева Ф. Т., Шукурова У. А., Кобилжонова М. У. ВЛИЯНИЕ БЕРЕМЕННОСТИ НА РАСПРОСТРАНЁННОСТЬ И ТЕЧЕНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО РЕЦИДИВИРУЮЩЕГО АФТОЗНОГО СТОМАТИТА //ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ СОҒЛИҚНИ САҚЛАШ ВАЗИРЛИГИ ТОШКЕНТ ТИББИЁТ АКАДЕМИЯСИ. – С. 66.

2. Костенко С.А., Гладышев А.В. Электромагнитные излучения и стоматологический статус работников. *Вестник стоматологии*. 2022;101(2):18–22.

3. Малахова А.В., Пономаренко Т.В. Изменения в твёрдых тканях зубов при действии ЭМИ. *Стоматология сегодня*. 2021;19(1):34–38.

4. Шукурова, У. А., & Хатамова, Ш. А. (2024, March). ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ПОЛОСТИ РТА. In *The 7 th International scientific and practical conference "Global science: prospects and innovations"(March 1-3, 2024) Cognum Publishing House, Liverpool, United Kingdom. 2024. 619 p.* (p. 104).

5. Akbari G, Samadi N, Rahimi HR. Effects of electromagnetic radiation on hard dental tissues: an in vitro study. *Photodiagn Photodyn Ther*. 2020;30:101747. doi:10.1016/j.pdpdt.2020.101747.

6. Farhadi S, et al. Protective role of antioxidants against electromagnetic field-induced oxidative stress. *J Cell Physiol*. 2021;236(4):2475–2490.

7. Mortazavi SMJ, Mortazavi SA. Increased tooth decay in children exposed to mobile phone radiation? *Int J Pediatr*. 2018;6(4):7609–7616.

8. Shahidi S, et al. Potential protective effects of melatonin on EMF-induced changes. *Curr Pharm Des*. 2020;26(5):540–548.