

УДК 616.314-002.2-085.849.19

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/121/25>

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ И ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ВЕРХУШЕЧНОМ ПЕРИОДОНТИТЕ

©Алиев Б. Ф., канд. мед. наук, Азербайджанский медицинский университет, г. Баку, Азербайджан

©Алиев А. Н., канд. мед. наук, Азербайджанский медицинский университет, г. Баку, Азербайджан

©Сафаралиев Ф. Р., канд. мед. наук, Азербайджанский медицинский университет, г. Баку, Азербайджан

©Дамирчиева М. В., канд. мед. наук, Азербайджанский медицинский университет, г. Баку, Азербайджан

©Ибрагимова Л. К., Азербайджанский медицинский университет, г. Баку, Азербайджан

### EFFICACY OF PHOTODYNAMIC THERAPY AND LASER TECHNOLOGIES IN CHRONIC APICAL PERIODONTITIS

©Aliyev B., MD, Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan

©Aliyev A., MD, Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan

©Safaraliev F., MD, Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan

©Damirchiyeva M., MD, Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan

©Ibrahimova L., Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan

**Аннотация.** Хронический верхушечный (апикальный) периодонтит остаётся одной из наиболее частых причин обращения к эндодонтисту и нередко ведёт к клиническим неудачам. Даже при аккуратной химико-механической обработке и современных схемах ирригации фрагменты биоплёнки могут выживать в труднодоступной микрорельефной анатомии — истмусах, латеральных ответвлениях и дентинных канальцах, а также в периапикальных тканях, поддерживая воспаление и риск рецидива. На этом фоне растёт интерес к двум адъювантным подходам: антибактериальной фотодинамической терапии (ФДТ) и лазер-активированной ирригации (LAI). Сводные данные за 2020–2025 годы показывают, что ФДТ достоверно снижает бактериальную нагрузку: в рандомизированном клиническом исследовании дезинфицирующий эффект ФДТ оказался сопоставим с пассивной ультразвуковой ирригацией и превосходил внутриканальные повязки на основе гидроксида кальция, хотя в другом РКИ с наблюдением 12 месяцев добавление ФДТ к ультразвуковой финальной ирригации не улучшило объёмное заживление крупных периапикальных очагов по данным КЛКТ (конусно-лучевой компьютерной томографии) после ретритмента. Для LAI (Er:YAG-режимы PIPS/SWEEPS и диодные лазеры) описаны преимущества в удалении смазанного слоя и биоплёнок, улучшении проникновения ирригаторов, а также снижение ранней послеоперационной боли по сравнению с игольчатой ирригацией. Дополнительно показано, что режим SWEEPS позволяет уменьшать концентрацию гипохлорита натрия без потери антимикробной эффективности. Главные ограничения доказательной базы — методологическая неоднородность (параметры излучения и фотосенсибилизаторов, дизайн исследований, критерии исходов) и относительно короткие сроки наблюдения, что требует стандартизации протоколов и длительных клинических РКИ. В практическом плане ФДТ и LAI целесообразно рассматривать как дополнение к безупречной химико-механической обработке, с выбором параметров на основе валидированных режимов и учётом показаний/ограничений.

*Abstract.* Chronic apical periodontitis remains one of the most common reasons for seeking endodontist attention and frequently leads to clinical failure. Even with careful chemical-mechanical treatment and modern irrigation schemes, biofilm fragments can survive in hard-to-reach microrelief anatomy — isthmuses, lateral branches, and dentinal tubules—as well as in periapical tissues, maintaining inflammation and the risk of relapse. Against this background, there is growing interest in two adjuvant approaches: antibacterial photodynamic therapy (PDT) and laser-activated irrigation (LAI). Pooled data from 2020 to 2025 show that PDT significantly reduces the bacterial load: in a randomized clinical trial, the disinfectant effect of PDT was comparable to passive ultrasonic irrigation and superior to calcium hydroxide-based intracanal dressings, although in another RCT with 12-month follow-up, the addition of PDT to ultrasonic final irrigation did not improve volumetric healing of large periapical lesions as measured by CBCT after retreatment. For LAI, advantages in removing the smear layer and biofilms, improving irrigant penetration, and reducing early postoperative pain compared to needle irrigation have been described. Additionally, the SWEEPS mode has been shown to allow a reduction in the concentration of sodium hypochlorite without loss of antimicrobial efficacy. The main limitations of the evidence base are methodological heterogeneity (radiation and photosensitizer parameters, study design, outcome measures) and relatively short follow-up periods, which requires standardization of protocols and long-term clinical RCTs. In practical terms, PDT and LAI should be considered as complementary to adequate chemical-mechanical treatment, with the selection of parameters based on validated regimens and taking into account indications/limitations.

*Ключевые слова:* апикальный периодонтит; фотодинамическая терапия; лазер-активированная ирригация; микробные биоплёнки.

*Keywords:* apical periodontitis; photodynamic therapy; laser-activated irrigation; biofilm.

Цель настоящего обзора — обобщить и критически проанализировать данные за 2020–2025 годы о клинической эффективности и безопасности фотодинамической терапии (ФДТ) и лазер-активированной ирригации (LAI) при лечении хронического верхушечного (апикального) периодонтита; уточнить границы показаний и противопоказаний, описать практические ограничения применения и сформулировать приоритетные направления последующих исследований [1-4].

Хронический апикальный периодонтит — это длительно текущая инфекция корневой системы и периапикальных тканей, при которой даже тщательно выполненная химико-механическая обработка (NiTi-инструментация, NaOCl/EDTA) может оставлять жизнеспособные участки биоплёнки в истмусах, латеральных каналах и дентинных канальцах. Это объясняется сложной микрогеометрией корневых каналов и ограничениями традиционной ирригации, из-за чего сохраняется риск персистенции воспаления и рецидива. В качестве адьювантов к стандартному протоколу активно изучаются антибактериальная фотодинамическая терапия (ФДТ) и лазер-активированная ирригация (LAI), усиливающие физико-химическое действие на биоплёнку и транспорт ирригантов [5].

Клиническая доказательная база за последние годы неоднородна, но позволяет выделить несколько устойчивых наблюдений. Во-первых, рандомизированное клиническое исследование с 12-месячным наблюдением показало, что добавление ФДТ к протоколу ультразвуковой финальной ирригации не улучшило объемное заживление крупных периапикальных очагов после ретритмента. Во-вторых, в другом РКИ ФДТ продемонстрировала сопоставимую с пассивной ультразвуковой ирригацией дезинфекцию и превосходство над Ca(OH)<sub>2</sub>-повязками. Для LAI (Er:YAG-режимы PIPS/SWEEPS и диодные

лазеры) показаны преимущества в удалении смазанного слоя/биоплёнок и снижение ранней послеоперационной боли по сравнению с игольчатой ирригацией; при этом режим SWEEPS позволяет использовать более низкие концентрации NaOCl без потери противомикробного эффекта. Совокупно эти данные подтверждают роль ФДТ и LAI как адьювантов, а не замены стандартной химико-механической подготовки, и подчёркивают необходимость стандартизации параметров и долгосрочных РКИ [1-2, 4-7].

*Механизмы действия ФДТ и LAI.* ФДТ (aPDT). Метод опирается на введение фотосенсибилизатора (чаще метиленовый или толуидиновый синий, индоцианин и др.) с последующим облучением светом нужной длины волны. В процессе образуются активные формы кислорода, которые повреждают мембранны, белки и ДНК микробов в составе биоплёнки. На клинический эффект влияют проникновение сенсибилизатора в дентинные каналы, выдержка, плотность энергии и наличие кислорода в тканях. LAI. Диодные (810–980 нм) и Er:YAG-лазеры (2940 нм) индуцируют фотоакустические потоки и кавитацию, за счёт чего ирригант активнее проникает в латеральные ответвления и каналы. В режимах PIPS и SWEEPS формируются ударные волны, которые эффективно срывают биоплёнку и способствуют выносу детрита [5].

*Параметры и протоколы.* В клинической практике важно подготовить канал до апикального размера, обеспечивающего гидродинамику, и придерживаться последовательности: NaOCl (1–5%)→EDTA (17%)→финальная активация (PUI/LAI/ФДТ). ФДТ: выбирают валидированный сенсибилизатор; выдержка обычно 1-5 минут; облучение — порядка 30-120 секунд, с контролем температуры. LAI: световод размещают в коронковой/средней трети, проводят циклы активации; в режиме SWEEPS допустимо уменьшать концентрацию NaOCl при сохранении противомикробного эффекта [4].

*Клиническая эффективность ФДТ.* Заживление очагов. РКИ с 12-месячным наблюдением показало, что добавление ФДТ к ультразвуковой финальной ирригации не ускорило объёмное заживление крупных периапикальных поражений по данным КЛКТ после ретритмента [1].

*Дезинфекция.* В другом РКИ (BDJ Open, 2024) aPDT обеспечила дезинфекцию, сопоставимую с PUI(Passive Ultrasonic Irrigation), и превзошла внутриканальную повязку на основе гидроксида кальция [2]. Клиническая работа 2023 года дополнительно показала снижение ЛПС (lipopolysaccharide,LPC) и ЛТК (lipoteichoic acid,LTA) в корневых каналах при добавлении ФДТ [3].

*Комбинация с LAI.* Экспериментальные данные указывают на синергию SWEEPS+aPDT против биоплёнок смешанного состава (*E. faecalis/C. albicans*) [9].

*Клиническая эффективность LAI* (Er:YAG, PIPS/SWEEPS; диодные лазеры). *Морфология и микробиология.* Обзор IEJ (2024) подчёркивает потенциал Er:YAG-LAI в удалении смазанного слоя и биоплёнок, а также в улучшении проникновения ирригантов в дентинные каналы [5]. *Болевая симптоматика.* Показано преимущество LAI (включая диодные протоколы) над игольчатой ирригацией по снижению боли в первые 6–48 часов; при этом методологическая неоднородность остаётся высокой [6]. Мета-анализы 2025 года сообщают о снижении боли после PIPS (Er:YAG) и преимуществе LAI над ультразвуковой активацией в интервале 24–48 часов [7–8].

*Рационализация NaOCl.* Исследование режима SWEEPS (2022) продемонстрировало возможность снижать концентрацию NaOCl без потери антибактериального действия [4].

Ключевые моменты безопасности — контроль энергии и времени облучения, профилактика перегрева стенок корня, апикальный контроль при активации ирригантов (минимизация экструзии) и использование валидированных концентраций NaOCl/EDTA.

Для ФДТ важно избегать выраженной гипоксии в зоне воздействия, поскольку кислород — субстрат фотодинамической реакции.

**Показания:** ретритмент при персистирующей инфекции; сложная анатомия (истмусы, латеральные каналы); выраженные биоплёнки/высокая микробная нагрузка; ситуации, где стандартная дезинфекция может быть недостаточно эффективной. **Ограничения:** крупные гипоксичные очаги; непроходимые каналы; условия, при которых безопасное применение лазера затруднено (истончённые стенки, риск перегрева); отсутствие стандартизированного оборудования и подготовки персонала. Рассматривайте ФДТ/LAI как адьювант, а не замену безупречной химико-механической обработки. Выбирайте фотосенсибилизатор и параметры света по данным РКИ и инструкциям производителя; для LAI (Er:YAG PIPS/SWEEPS/диодные) используйте циклы активации после NaOCl и EDTA; при SWEEPS можно снижать NaOCl без потери эффективности [4].

Контролируйте температуру и экструзию, а оценку результатов проводите не только клинически, но и по динамике КЛКТ через ≥6–12 месяцев [1].

Фотодинамическая терапия (ФДТ) надёжно снижает микробную нагрузку внутри корневой системы, включая уровень эндотоксинов и липотеихоевой кислоты, и по дезинфицирующему эффекту часто сопоставима с пассивной ультразвуковой ирригацией. Вместе с тем высококачественное 12-месячное РКИ не выявило дополнительного влияния ФДТ на объёмное заживление крупных периапикальных очагов после ретритмента. Эти факты подсказывают, что роль ФДТ — в усилении внутриканальной дезинфекции, а не в «ускорителе» костной регенерации при больших поражениях [1–3].

Лазер-активированная ирригация (LAI) обеспечивает физические преимущества — кавитацию, фотоакустические потоки и более глубокое проникновение ирригантов — что подтверждается морфологическими и микробиологическими данными. На клиническом уровне наиболее последовательный эффект LAI проявляется в виде уменьшения ранней послеоперационной боли (в первые 6–48 часов), причём наибольший вклад демонстрируют импульсные Er:YAG-протоколы (PIPS/SWEEPS); диодные лазеры дают менее стабильный результат. В то же время неоднородность параметров излучения, дизайнов РКИ и критериев исходов диктует осторожность в интерпретации и требует стандартизации протоколов [5–8].

*Приоритетные направления исследований включают:* (1) стандартизованные РКИ при хроническом апикальном периодоните с оценкой по КЛКТ в средне- и долгосрочные сроки; (2) прямые сравнения LAI vs PUI не только по боли, но и по микробиологическим и морфометрическим критериям заживления; (3) оптимизацию фотосенсибилизаторов и систем доставки (в т.ч. наноформуляции) для улучшения проникновения в биоплёнку и дентинные канальцы; (4) экономическую оценку применения ФДТ/LAI в реальной практике; (5) дальнейшее изучение режимов, позволяющих снижать концентрацию NaOCl (например, SWEEPS) без потери антимикробного эффекта [4].

Фотодинамическая терапия (ФДТ) и лазерные технологии обоснованно рассматриваются как адьюванты к стандартной химико-механической обработке при хроническом апикальном периодоните. ФДТ надёжно уменьшает микробную нагрузку и по дезинфицирующему эффекту нередко сопоставима с пассивной ультразвуковой ирригацией, однако ускорение объёмного заживления крупных периапикальных очагов после ретритмента не подтверждено в 12-месячном рандомизированном исследовании [1–2]. Лазер-активированная ирригация (LAI) улучшает физико-химическую эффективность ирригации (срыв биоплёнки, проникновение растворов) и ассоциируется со снижением

ранней послеоперационной боли; при этом режим SWEEPS позволяет рационализировать концентрации NaOCl, сохраняя противомикробный эффект [4–9].

С практической точки зрения внедрение ФДТ/LAI целесообразно при сложной анатомии и высокой микробной нагрузке, но не как замена, а как дополнение к безупречной химико-механической обработке и герметичной обтурации. Дальнейший прогресс требует стандартизованных протоколов, хорошо спланированных клинических исследований с длительным наблюдением и объективной оценкой исходов (включая КЛКТ-метрики), а также анализа стоимостной эффективности в реальной практике [4–8].

*Список литературы:*

1. Pažin B., Lauc T., Bago I. Effect of photodynamic therapy on the healing of periapical lesions after root canal retreatment: 1-year follow up randomized clinical trial // Photodiagnosis and Photodynamic Therapy. 2024. V. 45. P. 103907. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2023.103907>
2. Barazy R., Alafif H., Achour H., Al-Aloul A., Alsayed Tolibah Y. Can antimicrobial photodynamic therapy serve as an effective adjunct protocol for disinfecting the necrotic root canal system? A randomized controlled study // BDJ open. 2024. V. 10. №1. P. 53. <https://doi.org/10.1038/s41405-024-00239-y>
3. Alves-Silva E. G., Arruda-Vasconcelos R., Louzada L. M., de-Jesus-Soares A., Ferraz C. C. R., Almeida J. F. A., Gomes B. P. Effect of antimicrobial photodynamic therapy on the reduction of bacteria and virulence factors in teeth with primary endodontic infection // Photodiagnosis and photodynamic therapy. 2023. V. 41. P. 103292. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2023.103292>
4. Lei L., Wang F., Wang Y., Li Y., Huang X. Laser activated irrigation with SWEEPS modality reduces concentration of sodium hypochlorite in root canal irrigation // Photodiagnosis and photodynamic therapy. 2022. V. 39. P. 102873. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2022.102873>
5. Meire M., De Moor R. J. G. Principle and antimicrobial efficacy of laser-activated irrigation: A narrative review // International Endodontic Journal. 2024. V. 57. №7. P. 841-860. <https://doi.org/10.1111/iej.14042>
6. McGillivray A., Dutta A. The influence of laser-activated irrigation on post-operative pain following root canal treatment: A systematic review // Journal of Dentistry. 2024. V. 144. P. 104928. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.104928>
7. Schmidt L. S., Ferreira L. D. S., Junior F. A. V., Montagner A. F., Rosa W. L. D. O. D., Araújo L. P. D., Vieira C. C. Postoperative pain in primary root canal treatments after Er: YAG laser-activated irrigation: A systematic review and meta-analysis // Lasers in Medical Science. 2025. V. 40. №1. P. 37. <https://doi.org/10.1007/s10103-024-04271-0>
8. Sabeti M., Harouni A., Gabbay J. Comparing Ultrasonically Activated Irrigation and Laser-Activated Irrigation for Postoperative Pain Reduction in Endodontics: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials // Journal of Endodontics. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2025.08.002>
9. Rostami G., Afrasiabi S., Benedicenti S., Signore A., Chiniforush N. The evaluation of SWEEPS plus antimicrobial photodynamic therapy with indocyanine green in eliminating Enterococcus faecalis biofilm from infected root canals: an in vitro study // Biomedicines. 2023. V. 11. №7. P. 1850. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11071850>

*References:*

1. Pažin, B., Lauc, T., & Bago, I. (2024). Effect of photodynamic therapy on the healing of periapical lesions after root canal retreatment: 1-year follow up randomized clinical trial.

*Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 45, 103907.  
<https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2023.103907>

2. Barazy, R., Alafif, H., Achour, H., Al-Aloul, A., & Alsayed Tolibah, Y. (2024). Can antimicrobial photodynamic therapy serve as an effective adjunct protocol for disinfecting the necrotic root canal system? A randomized controlled study. *BDJ open*, 10(1), 53. <https://doi.org/10.1038/s41405-024-00239-y>

3. Alves-Silva, E. G., Arruda-Vasconcelos, R., Louzada, L. M., de-Jesus-Soares, A., Ferraz, C. C. R., Almeida, J. F. A., ... & Gomes, B. P. (2023). Effect of antimicrobial photodynamic therapy on the reduction of bacteria and virulence factors in teeth with primary endodontic infection. *Photodiagnosis and photodynamic therapy*, 41, 103292. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2023.103292>

4. Lei, L., Wang, F., Wang, Y., Li, Y., & Huang, X. (2022). Laser activated irrigation with SWEEPS modality reduces concentration of sodium hypochlorite in root canal irrigation. *Photodiagnosis and photodynamic therapy*, 39, 102873. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2022.102873>

5. Meire, M., & De Moor, R. J. (2024). Principle and antimicrobial efficacy of laser-activated irrigation: A narrative review. *International Endodontic Journal*, 57(7), 841-860. <https://doi.org/10.1111/iej.14042>

6. McGillivray, A., & Dutta, A. (2024). The influence of laser-activated irrigation on post-operative pain following root canal treatment: A systematic review. *Journal of Dentistry*, 144, 104928. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.104928>

7. Schmidt, L. S., Ferreira, L. D. S., Junior, F. A. V., Montagner, A. F., Rosa, W. L. D. O. D., Araújo, L. P. D., & Vieira, C. C. (2025). Postoperative pain in primary root canal treatments after Er: YAG laser-activated irrigation: A systematic review and meta-analysis. *Lasers in Medical Science*, 40(1), 37. <https://doi.org/10.1007/s10103-024-04271-0>

8. Sabeti, M., Harouni, A., & Gabbay, J. (2025). Comparing Ultrasonically Activated Irrigation and Laser-Activated Irrigation for Postoperative Pain Reduction in Endodontics: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Endodontics*. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2025.08.002>

9. Rostami, G., Afrasiabi, S., Benedicenti, S., Signore, A., & Chiniforush, N. (2023). The evaluation of SWEEPS plus antimicrobial photodynamic therapy with indocyanine green in eliminating Enterococcus faecalis biofilm from infected root canals: an in vitro study. *Biomedicines*, 11(7), 1850. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11071850>

Поступила в редакцию  
21.10.2025 г.

Принята к публикации  
30.10.2025 г.

#### Ссылка для цитирования:

Алиев Б. Ф., Алиев А. Н., Сафаралиев Ф. Р., Дамирчиева М. В., Ибрагимова Л. К. Эффективность фотодинамической терапии и лазерных технологий при хроническом верхушечном периодонтиите // Бюллетень науки и практики. 2025. Т. 11. №12. С. 198-203. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/121/25>

#### Cite as (APA):

Aliyev, B., Aliyev, A., Safaraliev, F., Damirchiyeva, M., & Ibrahimova, L. (2025). Efficacy of Photodynamic Therapy and Laser Technologies in Chronic Apical Periodontitis. *Bulletin of Science and Practice*, 11(12), 198-203. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/121/25>