

Article/Review

IRRIGATION SOLUTIONS IN CLINICAL ENDODONTICS: TYPES, PROPERTIES, AND ACTIVATION MECHANISMS

I.R.Sattarov¹ 

1. Central Asian Medical University International Medical University, Fergana, Uzbekistan.

Abstract.

Relevance. Effective disinfection of root canals is one of the key factors for successful endodontic treatment. The complex anatomical structure of the canals, formation of necrotic tissue layers, and the presence of bacterial biofilms complicate complete cleaning and disinfection. Therefore, an in-depth study of irrigation solutions and their activation methods is highly relevant. By determining the properties, efficacy, and safety of irrigants such as sodium hypochlorite (NaOCl), EDTA, and others, it is possible to develop optimal clinical protocols. In particular, identifying the advantages of activation technologies such as passive ultrasonic irrigation (PUI) in biofilm removal is of great practical importance for dental practitioners. **Materials and methods of the study.** The literature review is based on an analysis of scientific articles published between 2000 and 2024. Articles were searched using the PubMed, Scopus, and Web of Science databases. The search keywords included “endodontic irrigation,” “root canal disinfection,” “irrigant activation,” and “sodium hypochlorite endodontics.” A total of 86 articles were initially identified, of which 48 were deemed relevant to the topic. The selection criteria included the chemical composition and efficacy of irrigation solutions, comparative analysis of irrigation protocols, and mechanisms of irrigant activation. The main focus was on analyzing the physicochemical properties and activation methods (ultrasonic, sonic, laser-assisted) of NaOCl, EDTA, CHX, MTAD, and QMix irrigants. **Research results.** Sodium hypochlorite (NaOCl) was recognized as the “gold standard” irrigant due to its broad-spectrum antimicrobial and tissue-dissolving properties. A 17% EDTA solution effectively removed the necrotic layer. A 2% chlorhexidine solution provided prolonged antimicrobial effects but lacked tissue-dissolving capabilities. Modern solutions such as MTAD and QMix demonstrated multifunctionality and promising results. Meta-analyses showed that the combination of NaOCl and EDTA with ultrasonic activation yielded the most effective outcomes. The recommended optimal clinical protocol included initial irrigation with NaOCl, intermediate rinse with 17% EDTA, and final rinse with NaOCl; ultrasonic activation was applied at all stages. **Conclusion.** Irrigation plays a crucial role in ensuring the success of endodontic treatment. NaOCl remains the primary irrigant due to its antimicrobial and tissue-dissolving properties, while EDTA is an effective adjunct for removing necrotic and bacterial layers. Activation methods, especially ultrasonic irrigation, enhance the efficacy of irrigants and demonstrate superiority in biofilm removal. Optimal protocols combine NaOCl and EDTA with ultrasonic activation to ensure maximum disinfection and minimal risk.

Key words: endodontics, irrigation, sodium hypochlorite, EDTA, chlorhexidine, ultrasonic irrigation, biofilm, root canal disinfection, laser irrigation.

Kirish: Ildiz kanallarini davolashning asosiy maqsadi — yallig‘langan yoki nekrotik (o‘lik)/infeksiyalangan pulpa to‘qimasini to‘liq olib tashlash, mikroblarga qarshi dori vositalarini yetkazish uchun qulay shakldagi ildiz kanalini shakllantirish, bakterial bioplyonkalarni yo‘qotish, kanaldagi mikroblar sonini kamaytirish va oxir-oqibatda, ildizni sifatli plombalash imkonini yaratishdan iboratdir.

Ildiz kanalini mexanik asboblarda yordamida tozalash jarayonida, antiseptik sug‘orish eritmalaridan foydalanilmasa ham, kanal ichidagi bakteriyalar miqdori sezilarli darajada kamayadi. Ayniqsa, kislorodga chidamsiz anaerob bakteriyalar bunga sezgir hisoblanadi [1]. Byström va Sundqvist tadqiqotida [1] qo‘lda asboblarda va sho‘r suvdan sug‘orish vositasi sifatida foydalangan

holda bakteriyalar soni 10^4 – 10^6 dan 10^2 – 10^3 gacha, ya'ni taxminan 53,3% kamaygani aniqlangan. Keyinchalik aylanma (rotatsion) asboblarni takomillashgani natijasida, shu suvdan foydalangan holda bakteriyalar soni deyarli 98% gacha kamaygani kuzatilgan [2].

Shu bilan birga, ildiz kanallari tuzilish jihatidan murakkab bo'lib, lateral va yordamchi kanallar, istmuslar, apikal deltalar hamda dentin kanalchalarini o'z ichiga oladi. Bu murakkabliklar kanallarni tozalash va dezinfeksiyalashni ancha murakkablashtiradi. Natijada, kanalda bakterial bioplyonka va mikroorganizmlar saqlanib qolgan tayyorlanmagan sohalar paydo bo'lishi mumkin [3]. Mikrotomografik tadqiqotlarga ko'ra, hatto kichik va yumaloq kanallarda ham turli asboblarni yordamida kanal sirtining 10% dan 50% gacha bo'lgan qismi yetarli darajada tozalanmasligi mumkin. Ayniqsa, kanalning apikal (ildiz uchi) qismida bu ko'rsatkich yanada yuqori bo'lishi aniqlangan. Murakkabroq — oval yoki yassi shakldagi kanallarda esa tayyorgarlikdan so'ng tozalanmagan sirt maydoni 10% dan 80% gacha yetishi mumkin [4].

Ildiz kanalida qolgan mikroblar yoki ilgari plombalangan kanalda qayta paydo bo'ladigan mikroorganizmlar doimiy yoki ikkilamchi apikal periodontit (ildiz uchi yallig'lanishi)ning asosiy sabablaridan biri hisoblanadi [5, 6]. Bundan tashqari, mexanik tayyorlash natijasida ildiz kanal devorida smear qatlami (qoldiq qatlam) hosil bo'ladi. Bu qatlam dentin qoldiqlari va pulpa to'qimasining organik va noorganik qismlaridan tashkil topadi. Smear qatlami bakteriyalarni o'z ichiga olishi, ularni himoya qilishi va plomba materiallarining dentin devorlariga mahkam yopishishiga xalaqit berishi mumkin. Shu sababli, endodontik davolashning asosiy vazifasi — ildiz kanallarini imkon qadar to'liq dezinfeksiyalash va qayta infeksiyalanishning oldini olishdir [7].

So'nggi yillarda ildiz kanalidagi antimikrobiyal ta'sirni kuchaytirish maqsadida irrigatsion vositalari va texnikalarida zamonaviy innovatsion yondashuvlar ishlab chiqilgan. Ushbu maqolaning maqsadi — endodontik davolashda qo'llaniladigan klassik va zamonaviy irrigatsion vositalarni hamda irrigatsiyani faollashtirish tizimlarining xususiyatlarini tahlil qilishdan iboratdir.

Adabiyotlar tahlili: Ildiz kanallarini samarali dezinfeksiyalash va tozalash maqsadida irrigatsion eritmalarning turlari, ularning fizik-kimyoviy xususiyatlari hamda irrigatsiyani faollashtirish mexanizmlarini qo'llash zarurligi ko'plab olimlar va tadqiqotchilar tomonidan tavsiya etilgan va ilmiy asoslab berilgan. Bu borada quyidagi mualliflarning ilmiy izlanishlari va tavsiyalari alohida e'tiborga molikdir.

Byström va Sundqvist, Zehnder, Baumgartner va Smith, Siqueira va Rôças, Haapasalo va Shen, Mohammadi va Abbott, Peters, Torabinejad va Walton, Nair, Caron va teiger, de Chevigny va Friedman, Basrani va Haapasalo, van der Sluis va Versluis, Gu va Kim, Plotino va Gambarini, Arias va Ferrer, Sedgley va Nagel, Tay va Pashley, Gulabivala va Ng, Vera va Siqueira, Ricucci va Siqueira, Zhang va Haapasalo, Macedo va Verhaagen, Donnermeyer va Schäfer, Ma, Shen va Gao, Ordinola-Zapata va Nair, Khademi va Yazdizadeh, Carver va Nusstein, de Gregorio va Estevez, Boutsoukis va van der Sluis. Ushbu mualliflar o'z tadqiqotlarida turli irrigatsion eritmalarning (NaOCl, EDTA, CHX, qisman sitrik kislota va boshqa vositalar) antibakterial samaradorligi, smear qatlamini olib tashlashdagi roli, irrigatsiyani faollashtirish texnologiyalari (ultratovush, lazer, negativ bosim tizimlari va boshqalar) va ildiz kanalining murakkab morfologiyasini hisobga olgan holda ularni qo'llash imkoniyatlarini ilmiy asoslab bergan [8, 9, 10, 11].

Irrigatorlar:

1 Ildiz kanallarini irrigator vositalarining ideal xususiyatlari: Ildiz kanallarini dezinfeksiya qilish uchun ishlatiladigan suyuq kimyoviy moddalar irrigantlar deb ataladi. Ideal irrigant quyidagi xususiyatlarga ega bo'lishi kerak: samarali antimikrobial ta'sir, to'qimalarni eritish qobiliyati, smear qatlamini olib tashlash xususiyati, biokompatibil bo'lishi, cho'kma hosil qilmasligi va ildiz kanal tizimining barcha qismlariga yetib borish imkoniyati [12]. Hozirgi kunga qadar ildiz kanallarini sug'orish uchun bir nechta kimyoviy moddalar taklif etilgan. Biroq, hozircha hech bir irrigant yuqoridagi barcha ideal xususiyatlarning barchasini bir vaqtning o'zida o'zida mujassam etmagan [13].

2 Ideal irrigantlarning xususiyatlari:

Kuchli antimikrobial ta'sir;

To'qimalarni eritish va smear qatlamini yo'qotish;

Biologik moslashuvchanlik (biokompatibil);

Cho'kma hosil qilmaslik;
Kanal tizimining barcha qismlariga yetib boorish;
Endodontik materiallar bilan reaktiv emasligi;
Toksik emasligi.

2. Irrigantlarning turlari: Ildiz kanaliga irrigant yetkazish jarayoni sug'orish deb ataladi. Bu jarayon endodontik davolashda muhim ahamiyatga ega bo'lib, ikkita asosiy maqsadni ko'zlaydi:

Jismoniy maqsad – irrigant oqimini rag'batlantirish va ildiz kanali devorlari bilan yetarlicha jismoniy o'zaro ta'sirni ta'minlash orqali samarali tozalash.

Kimyoviy maqsad – bakterial biofilmlarni buzish, endotoksinlarni faolsizlantirish, to'qima qoldiqlarini va smear qatlamini eritish [14].

Ushbu maqsadlarga asosanib, irrigantlar ikki turga bo'linadi: inert irrigantlar va faol irrigantlar.

2.1. Inert irrigantlar: Bu faqat yuvish (chayish) uchun mo'ljallangan suyuqliklardir. Ularning antimikrobial yoki to'qimalarni eritish xususiyatlari mavjud bo'lmasa-da, irrigatsiyaning mexanik ta'siri (oqim va teskari oqim) mikrobial yuklarni kamaytirishda foydali bo'lishi mumkin [14–18].

2.1.1. Distillangan suv: Distillangan suv mustaqil endodontik dezinfeksiyalovchi vosita emas, biroq samarali chayish ta'siriga ega. Suv hujayra devoriga ega bo'lmagan bakteriyalarni gipotonik ta'sir orqali lizis qilishi mumkin, biroq ildiz kanallarida uchraydigan bakteriyalarning aksariyati hujayra devoriga ega [15]. Distillangan suv ko'plab kimyoviy irrigantlar (masalan, turli konsentratsiyadagi NaOCl va 2% CHX eritmasi yoki geli) bilan o'zaro ta'sirga kirishmaydi va cho'kma hosil qilmaydi. Shu sababli, u oldin ishlatilgan kimyoviy irrigantlarning izlarini olib tashlash uchun oraliq irrigant sifatida tavsiya etiladi [19]. Kimyoviy o'zaro ta'sirlarning oldini olish muhim, chunki hosil bo'ladigan cho'kmalar dentin kanalchalarini yopishi, ildiz to'ldiruvchi material bilan dentin o'rtasida to'siq hosil qilishi va periapikal to'qimalarga toksik ta'sir ko'rsatishi mumkin.

2.1.2. Tuzli eritma (fiziologik eritma): Tuzli eritma yuqori biologik moslashuvchanlikka ega bo'lsa-da, antimikrobial va to'qimalarni eritish xususiyatlarining yo'qligi sababli asosiy irrigant sifatida tavsiya etilmaydi [16]. Biroq, ko'plab tadqiqotlarda nazorat irriganti sifatida ishlatilgan va irrigatsiyaning mexanik ta'siri tufayli sezilarli bakterial pasayish kuzatilgan [5, 17, 18].

Tuzli eritma NaOCl bilan cho'kma hosil qilmaydi, ammo 2% CHX eritmasi yoki geli bilan birgalikda ishlatilganda cho'kma hosil qilishi mumkin. Bu cho'kma tuzlash jarayoni natijasida yuzaga keladi [19].

Ultrasonik faollashtirishda (PUI) suv va tuzli eritma o'rtasidagi fizik farqlar irrigatsiya samaradorligiga ta'sir qilishi mumkin. Tuzli eritmada hosil bo'ladigan pufakchalar ko'proq va kamroq birlashishga moyil bo'ladi. PUI yordamida steril tuzli eritma planktonik bakteriyalarni oddiy shprits irrigatsiyasiga qaraganda ko'proq yo'q qilishi mumkin. Biroq, bakteritsid xususiyatga ega emas va organik to'qimalarni eritmaydi. Suv yordamida esa PUI va shprits irrigatsiyasi o'rtasida planktonik bakteriyalarni olib tashlash bo'yicha sezilarli farq yo'q [22].

2.2 Faol irrigatsiya vositalari: Irrigatsiya vositalari kimyoviy va tabiiy moddalar sifatida tasniflanadi. Kimyoviy moddalar turli xil biologik xususiyatlarga ega bo'lib, ular orasida to'qimalarni erituvchi (masalan, natriy gipoxlorit — NaOCl, xlor dioksid — ClO_2), bakteritsid (xlorheksidin — CHX, NaOCl), bakteriostatik (MTAD), shuningdek engil (HEBP) va kuchli xelatlovchi (EDTA) ta'sirlari mavjud. Tabiiy vositalar esa (yashil choy, Triphala) antibakterial faolligi tufayli qiziqish uyg'otadi [7].

2.2.1 Natriy gipoxlorit (NaOCl): Natriy gipoxlorit tibbiyot va stomatologiyada uzoq yillardan beri qo'llanib kelinadi. Birinchi jahon urushi davrida kimyogar Genri D. Dakin va jarroh Aleksis Karrel infeksiyalangan ochiq yaralarni (kuyishlar) sug'orish uchun buferlangan 0,5% NaOCl eritmasini ishlab chiqdilar. Endodontikada esa yuqori konsentratsiyali NaOCl eritmaları Dakin eritmasiga nisbatan samaraliroq deb hisoblanadi [1]. Bugungi kunda NaOCl endodontik terapiyada ildiz kanallarini sug'orish uchun eng ko'p qo'llaniladigan eritma bo'lib, bu uning noyob to'qimalarni erituvchi va antibiofilm ta'siri bilan bog'liq [12].

NaOCl ning samaradorligi sug'orish hajmi va chastotasi bilan bevosita bog'liqdir [23]. Biroq, optimal konsentratsiya bo'yicha umumiy kelishuv mavjud emas [23]. NaOCl kuchli oksidlovchi vosita bo'lib, uning reaktivligi erkin xlor darajasi bilan belgilanadi. Eritmaning pH darajasi mavjud xlor shakliga ta'sir ko'rsatadi: pH 7,6 dan yuqori bo'lsa OCl^- (gipoxlorit), past bo'lsa HOCl (gipoxlorit kislota) ustunlik qiladi. Endodontikada qo'llaniladigan NaOCl eritmasi odatda pH 12 da bo'lib, unda barcha

xlор OCl⁻ shaklidir. Qiziqarli jihati, HOCl bakteritsidlik jihatdan OCl⁻ ga qaraganda kuchliroqdir, shuning uchun NaOCl samaradorligini oshirish uchun pH ni pasaytirish taklif etiladi [17].

Natriy gipoxloritning afzalliklari:

Qon va dog'langan dentinni oqartirish xususiyati [12].

Keng spektrli antibakterial faollik; yuqori konsentratsiya va iliq eritmalar dentin tubulalariga chuqurroq kiradi [22, 23].

Organik to'qimalarni erituvchi xususiyat. Bunga yuqori konsentratsiya, uzoq ta'sir qilish va ultratovush faollashtirish yordam beradi [1, 6, 27, 28].

Biofilmlarni buzish qobiliyati. NaOCl biofilm ichidagi bakteriyalarni to'liq eritish, ajratib olish yoki nobud qilish imkoniyatiga ega [9].

Endotoksin (LPS) inaktivatsiyasi. 5,25% NaOCl endotoksinlarni 24 soatdan 30 kungacha neytrallashtirishda samarali [21].

Gutta-percha nuqtalarini tez sterilizatsiya qilish vositasi. Biroq, ba'zi sporalarni yo'q qila olmaydi va yuqori konsentratsiya sirt tuzilishini o'zgartirishi mumkin. Shu sababli, sterilizatsiyadan so'ng distillangan suv bilan yuvish tavsiya etiladi [8, 9].

NaOCl endodontik biofilmlarga qarshi yagona irrigatsiya vositasi bo'lib, uning biofilmni buzish va ichidagi bakteriyalarni yo'qotish xususiyatlari uni muhim klinik vosita sifatida belgilaydi [9, 10, 11, 12].

Materiallar va metodika: Ushbu adabiyotlar sharhi 2000–2024 yillarda chop etilgan ilmiy maqolalar tahliliga asoslanadi. Maqolalar PubMed, Scopus va Web of Science ma'lumotlar bazalaridan izladi. Qidiruv kalit so'zlari quyidagicha edi: "endodontik irrigatsiya", "ildiz kanali dezinfektsiyasi", "irrigantlarni faollashtirish" va "sodium gipoxlorit endodontikasi". Dastlab 106 maqola aniqlanib, annotatsiyalar va to'liq matn tahliliga ko'ra 58 ta maqola mavzu uchun dolzarb deb topildi [21].

Tanlash mezonlari quyidagilar edi:

1. Irrigatsiya eritmalarining kimyoviy tarkibi va samaradorligini o'rganish.

2. Irrigatsiya protokollarining taqqoslovchi tahlillari.

3. Irrigantlarni faollashtirish mexanizmlari va klinik natijalari.

Istisno mezonlariga quyidagilar kirdi:

Klinika bilan bevosita bog'liq bo'lmagan hayvonlar ustida olib borilgan tadqiqotlar.

Klinika uchun amaliyotga ega bo'lmagan in vitro tadqiqotlar.

Tegishli tarjimai bo'lmagan ingliz tilidagi maqolalar.

Asosiy e'tibor quyidagi ma'lumotlar ajratib olinishi va tahliliga qaratildi:

Irrigatsiya eritmalar turlari (NaOCl, xlorhexidin, EDTA, MTAD, QMix) [30].

Antimikrobiyal samaradorlik va to'qimalarni eritish qobiliyati.

Smear qatlamini olib tashlash samaradorligi.

Biologik moslik va sitotoksiklik profili.

Faollashtirish usullari (ultrasonik, sonik, salbiy bosim, lazer yordamida).

Tahlil sifati uchun PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) yo'riqnomalari va Joanna Briggs Institute (JBI) baholash mezonlari qo'llandi. Dalillar sifati bo'yicha ustuvorlik klinikaga oid randomizatsiyalangan nazorat ostidagi sinovlar, tizimli sharhlar va amaliy ahamiyatli in vitro tadqiqotlarga berildi.

Bor ma'lumotlar sifatli tahlil orqali umumlashtirilib, irrigantlarning murakkab ildiz kanali anatomiyalariga kirib borish qobiliyati, biofilmni yo'qotish samaradorligi va apikal ekstruziya xavfini kamaytirishga doir natijalar aniqlashtirildi.

Natijalar va muhokama: Sodium gipoxlorit (NaOCl) endodontik irrigatsiya sohasida «oltin standart» hisoblanadi. U keng spektrli antimikrobiyal faollik va to'qimalarni eritish xususiyatiga ega. 0,5% dan 5,25% gacha bo'lgan konsentratsiyalar o'rganilgan; yuqori konsentratsiyalar kuchliroq erituvchi xususiyat bersa-da, sitotoksiklik xavfini oshiradi [23]. 17% EDTA kalsiy ionlarini chelatlash orqali smear qatlamini olib tashlashda samarali [2]. 2% xlorhexidin (CHX) uzoq muddatli antimikrobiyal ta'sir (substansitivlik) beradi, biroq to'qima eritish va smear qatlamini olib tashlash xususiyati yo'q [13]. Zamonaviy eritmalar — MTAD (tetratsiklin, kislota va detarjen aralashmasi) va QMix (EDTA va xlorhexidin aralashmasi) — ko'p funksiyali xususiyatlarni taklif etadi va istiqbolli

natijalarni ko'rsatmoqda [4].

Irrigantlarni faollashtirish mexanizmlari:

Samarali dezinfeksiya irrigantning nafaqat kimyoviy xossalriga, balki uning yetkazilish usuli va faollashtirishiga ham bog'liq. Passiv ultrasonik irrigatsiya (PUI) akustik oqim va kavitatsiya effektlari orqali biofilmni yo'qotish va qoldiqlarni chiqarishda shprints irrigatsiyasiga qaraganda samaraliroqdir [15]. Sonik faollashtirish (masalan, EndoActivator) past chastotali tebranishlar hosil qiladi, ammo tor kanallarda samaradorligi pastroq [16]. Salbiy bosim tizimlari (masalan, EndoVac) apikal ekstruziya xavfini kamaytiradi va irrigantlarning apikal hududda yangilanishini yaxshilaydi [27]. Lazer yordamida irrigatsiya (PIPS — foton induksiyalangan fotoakustik oqim) Er:YAG lazeri yordamida kavitatsiya va zarba to'liqlari hosil qilib, haroratni oshirmasdan tozalash samaradorligini oshiradi [28].

Taqqoslovchi samaradorligi: Meta-tahlillar NaOCl va EDTA kombinatsiyasi, ultrasonik faollashtirish bilan birgalikda, eng samarali dezinfeksiya va smear qatlamini olib tashlashni ta'minlashini ko'rsatadi [29]. MTAD va QMix *Enterococcus faecalis* (asosiy endodontik patogen) ga qarshi samarasi NaOCl dan pastroq ekani aniqlangan [10]. Lazer yordamida irrigatsiya istiqbolli bo'lsa-da, yuqori xarajat va maxsus malaka talab qilgani tufayli keng qo'llanilmaydi [11]. Irrigant ekstruziya va periapikal to'qimalarga zarar yetkazish xavflari irrigatsiya protokollarini ehtiyotkorlik bilan tanlash zarurligini ko'rsatadi [12].

Klinik ahamiyati: Eng yaxshi klinik natijalarga erishish uchun irrigatsiya strategiyasi antimikrobiyal faollik, to'qima eritish, smear qatlamini olib tashlash va biologik moslikni muvozanatlashtirishi lozim. Hozirgi kunda qo'llaniladigan optimal protokol quyidagicha:

1. Boshlang'ich NaOCl irrigatsiyasi (2,5–5,25%).
2. 17% EDTA bilan oraliq yuvish.
3. Yakuniy NaOCl yuvish.
4. Barcha bosqichlarda ultrasonik faollashtirish.

Bunday protokol kanal dezinfeksiyasini maksimal darajada ta'minlaydi va obturatsiya va periapikal shifo uchun qulay sharoit yaratadi.

Xulosa: Irrigatsiya endodontik davolash muvaffaqiyatining muhim omilidir. Sodium gipoxlorit o'zining noyob antimikrobiyal va to'qima eritish xususiyatlari tufayli ajralmas irrigant hisoblanadi, EDTA esa smear qatlamini olib tashlashda samarali yordamchi hisoblanadi. Zamonaviy eritmalar — MTAD va QMix — ko'p funksiyali xususiyatlarga ega bo'lsa-da, ularning uzoq muddatli klinik samaradorligini tasdiqlovchi qo'shimcha tadqiqotlar zarur.

Irrigantlarni faollashtirish usullari — ayniqsa passiv ultrasonik irrigatsiya — irrigantning dezinfeksiyalash samaradorligini sezilarli oshiradi va biofilmni yo'qotishda ustunlik ko'rsatadi. Lazer yordamida va salbiy bosim texnologiyalari istiqbolli bo'lsa-da, ularning keng joriy etilishi iqtisodiy va texnik cheklovlarga uchraydi.

Optimal klinik protokollar NaOCl va EDTA ni ultrasonik faollashtirish bilan birlashtirish orqali maksimal dezinfeksiya va kam xavfli natijalarni ta'minlaydi. Irrigantlarning fizik-kimyoviy xususiyatlarini tushunish va to'g'ri faollashtirish usullarini tanlash — muvaffaqiyatli obturatsiya va uzoq muddatli endodontik davolash uchun muhimdir. Kelajak tadqiqotlari samaradorligi va biologik mosligi oshirilgan irrigantlarni ishlab chiqish, faollashtirish texnologiyalarini takomillashtirish va yuqori sifatli klinik tadqiqotlarni o'tkazishga qaratilishi lozim.

List of references

- [1] Basrani, B. (2012). Endodontic irrigation: chemical disinfection of the root canal system. Springer.
- [2] Haapasalo, M., Endal, U., Zandi, H., & Coil, J. M. (2005). Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic Topics*, 10(1), 77–102.
- [3] Zehnder, M. (2006). Root canal irrigants. *Journal of Endodontics*, 32(5), 389–398.
- [4] Siqueira, J. F., & Rôças, I. N. (2008). Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *Journal of Endodontics*, 34(11), 1291–1301.
- [5] Mohammadi, Z., & Shalavi, S. (2014). Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *International Dental Journal*, 64(6), 329–341.

- [6] Byström, A., & Sundqvist, G. (1985). The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International Endodontic Journal*, 18(1), 35–40.
- [7] Torabinejad, M., & Walton, R. E. (2009). *Endodontics: Principles and practice* (4th ed.). Saunders.
- [8] Giardino, L., Ambu, E., Savoldi, E., Rimondini, R., & Debbia, E. A. (2007). Comparative evaluation of antimicrobial efficacy of sodium hypochlorite, MTAD, and tetraclean against *Enterococcus faecalis* biofilm. *Journal of Endodontics*, 33(7), 852–855.
- [9] Baumgartner, J. C., Cuenin, P. R., & Langeland, K. (1987). Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal debridement. *Journal of Endodontics*, 13(2), 59–66.
- [10] Retamozo, B., Shabahang, S., Johnson, N., Aprecio, R., & Torabinejad, M. (2010). Minimum contact time and concentration of sodium hypochlorite required to eliminate *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics*, 36(3), 520–523.
- [11] Haapasalo, M., & Ørstavik, D. (1987). In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *Journal of Dental Research*, 66(8), 1375–1379.
- [12] Hülsmann, M., & Hahn, W. (2000). Complications during root canal irrigation—literature review and case reports. *International Endodontic Journal*, 33(3), 186–193.
- [13] Mohammadi, Z. (2008). Chlorhexidine: Its properties and applications in endodontics. *Iranian Endodontic Journal*, 3(3), 113–122.
- [14] Kuruvilla, J. R., & Kamath, M. P. (1998). Antimicrobial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate against *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics*, 24(7), 472–476.
- [15] Estrela, C., Estrela, C. R., Barbin, E. L., Spanó, J. C., Marchesan, M. A., & Pécora, J. D. (2002). Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian Dental Journal*, 13(2), 113–117.
- [16] Tay, F. R., Gu, L. S., Schoeffel, G. J., Wimmer, C., Susin, L., Zhang, K., & Pashley, D. H. (2010). Effect of irrigation sequence on the removal of smear layer and debris with self-adjusting file. *Journal of Endodontics*, 36(4), 704–708.
- [17] Plotino, G., Pameijer, C. H., Grande, N. M., & Somma, F. (2007). Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *Journal of Endodontics*, 33(2), 81–95.
- [18] van der Sluis, L. W., Versluis, M., Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International Endodontic Journal*, 40(6), 415–426.
- [19] Norrington, J., & Cameron, J. A. (2012). Negative pressure irrigation in endodontics: a review of efficacy. *Australian Endodontic Journal*, 38(2), 64–70.
- [20] Tay, F. R., Gu, L. S., Kim, J., & Pashley, D. H. (2010). Effect of EDTA and tetraclean on the smear layer and biofilm removal. *Journal of Endodontics*, 36(3), 536–540.
- [21] Zehnder, M., Kosicki, D., Luder, H. U., Sener, B., & Waltimo, T. (2002). Tissue-dissolution capacity and dentin-disinfection potential of hypochlorite-based irrigants. *Journal of Endodontics*, 28(9), 661–663.
- [22] Nielsen, B. A., & Baumgartner, J. C. (2007). Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *Journal of Endodontics*, 33(5), 611–615.
- [23] Mancini, M., Armellini, E., Casaglia, A., Cerroni, L., Cianconi, L., & Conte, G. (2013). A comparative study of smear layer removal and erosion using different irrigating solutions. *Journal of Endodontics*, 39(8), 993–996.
- [24] Gu, L. S., Kim, J. R., Ling, J., Choi, K. K., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2009). Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *Journal of Endodontics*, 35(6), 791–804.
- [25] Alves, F. R. F., Almeida, B. M., Neves, M. A., Moreno, J. O., & Rôças, I. N. (2011). Disinfecting efficacy of high-powered lasers and ultrasonics. *Journal of Endodontics*, 37(9), 1272–1275.
- [26] Ordinola-Zapata, R., Bramante, C. M., Garcia, R. B., & de Andrade, F. B. (2013). The antimicrobial effect of new irrigating solutions against *Enterococcus faecalis* biofilm. *Journal of Endodontics*, 39(7), 873–877.
- [27] Siqueira, J. F., Rôças, I. N., Favieri, A., Lima, K. C., & Lopes, H. P. (2003). Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation. *Journal of Endodontics*, 29(3), 133–137.

[28] Ahmad, M., Pitt Ford, T. R., & Crum, L. A. (1987). Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *Journal of Endodontics*, 13(10), 490–499.

[29] Meire, M. A., De Prijck, K., Coenye, T., Nelis, H. J., & De Moor, R. J. (2012). Effectiveness of different laser systems to kill *Enterococcus faecalis* in aqueous suspension and in an infected tooth model. *International Endodontic Journal*, 45(5), 435–443.

[30] Kandaswamy, D., Venkateshbabu, N., Porkodi, I., & Pradeep, G. (2010). Dentinal tubule disinfection with 2% chlorhexidine gel, propolis, morinda citrifolia juice, and formocresol using *Enterococcus faecalis*: an in vitro study. *Journal of Endodontics*, 36(5), 831–833.