
Irrigasjonsmidler til endodontisk behandling – materialer og metoder

DAG ØRSTAVIK

Introduksjon

Endodontiske prosedyrer skal enten forhindre eller behandle apikal periodontitt. Endodontisk behandling på diagnosen pulpitt forebygger apikal periodontitt; har man fått en apikal periodontitt, skal endodontisk behandling kurere denne.

Endodontisk behandling av pulpitt er alltid vellykket hvis den gjennomføres aseptisk og hvis rotfylling og restaurering sikrer mot ny infeksjon. I store etterundersøkelser fra hele verden ligger suksessraten for vitalektirpasjoner på rundt 95 prosent (1).

Behandling av apikal periodontitt er langt mer krevende og usikker. Her er medikamentelle og tekniske aspekter avgjørende for resultatet (2). Den eneste forskjellen mellom vitalektirpasjoner og behandling av apikal periodontitt er at rotkanalsystemet er infisert ved en etablert periodontitt. Det er altså infeksjonen av rotkanalsystemet som skaper problemer for behandlingen, og lite eller intet annet.

Når vi skal bedømme effekt og kvalitet av prosedyrer for endodontisk behandling, er det derfor virkningen på infeksjonen i rotkanalsystemet (Fig. 1) som er alfa og omega (3). Det gjelder også irrigasjonsmidler og –metoder. Vår praksis i endodonti har imidlertid lange historiske røtter. Dokumentasjonen av infeksjonens betydning er nok gammel, men erkjennelsen i praksis har latt vente på seg. De kvalitetene som vi tradisjonelt ønsker hos irrigasjonsmidlene, er derfor iblandet en rekke egenskaper hvis nytte man nok kan trekke i tvil.

Hva er standard praksis i dag?

I hverdagen skilles vitalekstirpasjon fra behandling av den infiserte rotkanal bare ved behovet for desinfeksjon i det siste tilfelle. Selv om man teoretisk kan tenke seg at vitalekstirpasjon kan gjennomføres uten antibakterielle midler, er det lettere å opprettholde aseptikk ved bruk av de samme irrigasjons- og innleggsmidler som anvendes ved infeksjonsbehandling, og dermed blir prosedyrene like (4). Tekstboks 1 viser standard praksis.

Tekstboks 1. Standardprinsipper for endodontisk behandling

1. Etablering av et aseptisk arbeidsfelt.
2. Etablering av rotkanalene og sikker lengdekontroll.
3. Instrumentering under irrigasjon til ønsket apikal diameter og kanalform natriumhypokloritt og EDTA.
4. Eventuelt mellomseanseinnlegg med kalsium hydroksid.
5. Rotfylling med semet og guttaperka- eller plast-kjerne.
6. Tett og stabil toppfylling.

Irrigasjonen og irrigasjonsmidlene er stort sett empirisk utviklet, og man har søkt og brukt midler med en rekke ulike egenskaper. Også i dag lister man gjerne opp en rekke ønskelige egenskaper ved irrigasjonsvæskene. Tekstboks 2 viser en slik liste (5), og Fig. 1 illustrerer problematikken.



Figur 1. Viktige aspekter ved endodontisk irrigasjon av infiserte tenner med apikal periodontitt. Tallene svarer til numrene i Tekstboks 1.

Andre egenskaper, som smertelindrende og betennelsesdempende, er også gjort gjeldende (3).

Tekstboks 2. Antatt ønskede egenskaper ved irrigasjonmidler i endodonti

1. Mekanisk skylning.
2. Redusere friksjon ("smøring" av instrumentene").
3. Lette fjerning av dentin.
4. Penetrere til kanalens ytterpunkter.
5. Løse inorganisk vev (dentin).
6. Løse organisk vev (dentin, biofilm, pulpavev).
7. Virke antimikrobielt.
8. Vevsvennlig.
9. Ikke svekke dentinets fysiske egenskaper.

Tradisjonen er altså NaOCl og EDTA. Begrunnelsene er mange og varierende: Antimikrobiell aktivitet, fjerne smearlaget, løse opp nekrotisk vev, løse opp biofilm, være vevsvennlig, ikke svekke dentinets fysiske egenskaper...

Hva vi tror og hva vi vet

Oppløsning av nekrotisk vev

Vi har lagt vekt på at midlene kan løse opp nekrotisk vev, og NaOCl er effektiv i så måte (5). Men hvis dette er av stor betydning, kan mange vitalektirpasjoner mislykkes: pulparester i isthmus og utilgjengelige deler av rotkanalsystemet som etterlates, vil nekrotisere etter at behandlingen er fullført. De burde da bidratt til mislykkede kasus. Lite tyder på det. Det er i prinsippet riktig at alt er ryddig og rent, men dette må være en faktor av begrenset betydning.

Fjernelse av biofilmer i rotkanalsystemet

Hvis det hadde vært viktig, burde rotbehandling med irrigasjons- og innleggsmidler som jod-preparater og kalsium hydroksid, gitt dårligere resultater. Lite tyder på det. Igjen må man si at prinsippet synes godt, men betydningen usikker.

Fjernelse av smearlaget

Vi tenker oss at et smearlag som etterlates, kan huse irriterende og infeksiøse komponenter og derved bidra til svekket prognose. Dette er vanskeligere å bevise eller motbevise, da nesten alle studier har brukt EDTA. I et av de klassiske studiene (6) ble EDTA ikke brukt, men resultatene var likevel gode. Smearlaget kan ses på som evolusjonens mekanisme for å hindre inntrengning av mikrober og irritamenter inn i dentin.

Noen rotfyllingsmaterialer markedsføres med en forutsetning om at smearlaget skal fjernes for at rotfyllingen skal kunne binde til dentinet. Det er ikke sikre holdepunkter for at slik binding er av betydning eller for at den er sterkere til et smear-fritt dentin (7).

Smertelindring

Smerter før, under og etter endodontisk behandling er i all hovedsak mikrobielt betinget (3). Effektiv antimikrobiell kontroll gir effektiv smerteforebyggelse. Unntaket er neuropatiske smerter som får sin egen dynamikk uavhengig av tannbehandlingen.

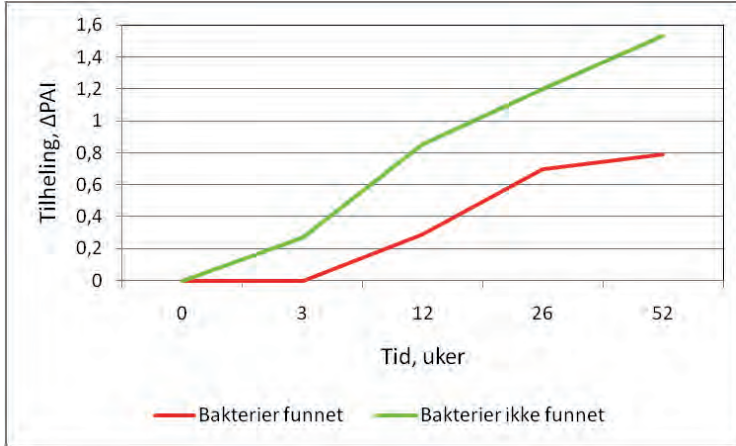
Hva er det vi vet?

Desinfeksjon

Hvis vi holder oss til faktorer som er etterprøvet i klinisk praksis, er det bare restinfeksjon i kanalen som gjenstår som viktig prognostisk faktor.

Gullstandarden for testing av effekt av irrigasjon er de studiene som har fulgt bakterietallet i kanalene under behandlingen, og som har fulgt tennene til sluttresultatet kan bedømmes. Der hvor dette er gjort, viser resultatene entydig at rotkanaler som er

bakteriefri ved fylling, eller hvor bakteriene er redusert til et nivå hvor de ikke lenger kan dyrkes, er forbundet med optimal/best prognose. Er det påvisbare bakterier igjen i rotkanalen, faller prognosen markert og signifikant.(8,9,10) (Fig. 2).



Figur 2. Tilheling av apikal periodontitt i grupper av tenner der bakterier enten ble funnet eller ikke i seansen for rotfylling. Positiv endring i periapikalscore (PAI) er mål på tilheling. Fra (10).

Tømming av rotkanalen

Men klinisk anvendelighet må selvsagt tas i betraktning. Det er lettere å eliminere bakterier når debriss og dentinspon fjernes fra rotkanalen. Irrigasjonsvæsken har derfor en selvstendig funksjon i å lette instrumenteringen og den fysiske klargjøring av kanalen. Vi kan si at dette dekker punktene 1 til 3 i Tekstboks 2. Det er imidlertid viktig å erkjenne at dette er egenskaper langt underordnet midlenes evne til å redusere eller eliminere bakteriene i kanalene.

In vitro/ex vivo kontra *klinisk/in vivo*

Evidensbasert medisin/odontologi tar utgangspunkt i kunnskap fra kliniske undersøkelser; helst fra sammenlignende studier. Det er ikke mange slike som omhandler irrigasjonsmidler. Studiene

har ofte mangler i design og metodikk. Som grunnlag for valg og bruk av midlene kan likevel mangelfulle kliniske studier være å foretrekke fremfor laboratoriestudier.

Det beste er selvsagt studier som følger tennene lenge nok til at behandlingen kan endelig bedømmes som vellykket eller mislykket. Det eksisterer ingen slike studier som sammenligner skyllemidler. Det nest beste, og kanskje tilstrekkelige, er kliniske studier som tar bakterieprøver fra infiserte rotkanaler under behandlingens gang. Av disse finnes det noen få, og de blir våre primære kilder til kvalitetsbedømmelse av irrigasjonsmidler og -metoder.

Tabell 1 gir en oversikt over de mest aktuelle irrigasjonsmidlene.

Tabell 1. Aktuelle irrigasjonsmidler

Preparat	Innholdsstoffer	Konsentrasjon	Virkemåte	Problemer
Natrium hypokloritt	NaOCl	0,5-6 %	HOCl oksyderende, sterkt toksisk på flere mikrobielle bioprosesser	Korroderer metall, kliniske smertereaksjoner, bleker kunststoffer
Bufret hypokloritt (Dakin's væske)	NaOCl i H ₂ NaCO ₃	0,5-1 i 1-2 % bikarbonat	pH-stabilisert NaOCl	Korroderer metall, kliniske smertereaksjoner
Klorhexidin-glukonat	CHX	0,12-5% (evt. i gel)	CHX ødelegger cellemembranen; binder til dentin	Begrenset antibakterielt spektrum?
Etylendiamin-tetraeddiksyre	EDTA	15-17%	Kjelasjon av Ca fra dentin	Liten antibakteriell aktivitet
Jod-jodkalium (Lugol's væske)	IKI	0,2-5% I i 0,4-10% KI	Oksydasjon av organisk materiale i cellene	Misfarging av dentin?
Vannstoffhyperoksid	H ₂ O ₂	3 %; som carbamide peroksid	Oksydasjon av organisk materiale i cellene	Fare for effervesens utenfor rotspissen

MTAD	Doksyklin, detergent, sitronsyre		Antibiotikum som binder til dentin, blokkerer initiering av proteinsyntese	Sensibilisering; resistensutvik- ling; misfar- ging? (godkjent i USA, ikke tilbudt i Europa)
------	--	--	---	--

En rekke andre midler har vært brukt og kan ennå forekomme, men finner liten anvendelse, av ulike grunner. Formaldehyd- og glutaraldehyd anses toksiske og potensielt genotoksiske; etanol og kamferfenolvarianter anses for lite antibakterielle.

Det er kun ett kjent randomisert klinisk studium som sammenligner NaOCl med andre irrigasjonsmidler, in casu klorheksidin (11). Med kun 10 tenner i hver gruppe er det vanskelig å trekke konklusjoner, men tendensen var at flere tenner ble bakteriefri etter skylling med 0,2% CHX enn med 2,5% NaOCl, og at alternerende bruk av de to væskene gav enda større bakteriereduksjon. Forsøk på hunder har også vist like god eller bedre effekt på bakteriene av CHX i forhold til NaOCl (12). For øvrig er det ikke kjente studier de siste tiår som vurderer andre irrigasjonsmidler som potensielle erstattere for NaOCl.

I USA har preparatet MTAD fått stor oppmerksomhet. Det kombinerer et tetrasyklin med svak sitronsyre, fjerner smearlaget (sitronsyre løser opp dentin) og tenkes gi en lengre antibakteriell effekt (tetrasyklin binder til hardvev). Produktet er imidlertid lansert som et supplement, og ikke som et alternativ til NaOCl (4).

Andre midler er ikke blitt seriøst vurdert som alternativer, og blar man i litteraturen (5,13,14), kan det se ut som om det ikke stilles reelle spørsmål ved NaOCl's fortrinn fremfor andre irrigasjonsmidler. NaOCl gjenstår dermed som det eneste produktet med sikker dokumentasjon på antimikrobiell effekt. Men vi kan trenge flere studier som gir reelle sammenligninger, ikke minst med tanke på problemene som kan oppstå ved bruk av NaOCl (15).

EDTA er på sin side nesten enerådende når det gjelder å fjerne på smearlaget, som altså fremmes som viktig av mange. Det er også kliniske, bakteriologiske data som tyder på at kombinasjonen NaOCl og EDTA gir bedre bakteriereduksjon enn NaOCl alene (16). Sitronsyre (5-50%) har vært benyttet (4), men risikoen for toksiske effekter og mindre kontroll med den demineraliserende virkningen kan være minusfaktorer. I USA er som nevnt MTAD blitt en utfordrer, men dette produktet er ikke lansert i Europa og har ikke godkjenning her.

Peroxyder finner anvendelse som støtte for mekanisk løsning og utspoling av debris, gjerne som kombinasjonspreparater med EDTA og glyserol som bidrar til "smøring" under instrumentering. En eventuell klinisk betydning er ikke dokumentert.

Komplikasjoner og problemer

Det er heldigvis få dramatiske komplikasjoner ved bruk av de vanligste irrigasjonsmidlene. NaOCl kan gi kraftige reaksjoner i form av svært sterke smerter, hevelse og blodutredning. Dette tenkes skje ved at væsken presses ut gjennom apeks under bruk, men risikofaktorer og årsakssammenhenger er ganske usikre (15).

Ved bruk av maskinelle og mekaniske innretninger kan det være vanskelig å kontrollere applikasjon av irrigasjonsvæsken (17), og risikoen for regionale og systemiske virkninger må vurderes nøye i hvert kasus. Kritiske områder er naturlig nok mandibularkanalene og nese- og bihuler.

Karsinogene egenskaper er selvsagt uønsket, og selv om risikoen synes liten, er formaldehyd klassifisert som et humant karsinogen.

Rotfyllinger med jod-preparater ble brukt i fjern fortid, og kunne gi tydelig gul-brun misfarging av rot dentinet. Dentin fritt for pulpa-rester burde ikke misfarges av kortvarig eksponering til jod-jod-kalium. Misfarging ved bruk av MTAD er observert, men kan kanskje forebygges ved grundig utskylning av NaOCl før applikasjon av MTAD (18).

Ulemper som misfarging av kunstfibre ved bruk av klor- og jod-forbindelser kan enkelt unngås med vannfast duk rundt pasienten hals og bryst. Enhver skade ved kontakt av midlene til munnslimhinnene unngås ved bruk av kofferdam, og ved risiko for søl ut over kofferdammen bør pasientens øyne beskyttes med briller.

Det er anført at hypokloritt kan svekke de fysiske egenskaper ved dentin (19). Men det er ikke gjort sammenligninger med andre antibakterielle midler, og det er usikkert om dette har klinisk betydning.

NaOCl er korrosivt mot metall, men det synes ikke som om dette er et problem i praksis enten det brukes filer av nikkeltitan eller av stål. Derimot svekker NaOCl bindingen av resin-baserte fyllingsmaterialer til dentin; derfor brukes rikelig etterskylling med EDTA før rotfylling med slike materialer. Blandinger av ulike midler i samme løsning kan virke tiltalende, men NaOCl, EDTA og klorheksidin kan reagere med hverandre slik at effektene svekkes, og det kan oppstå uønskede reaksjonsprodukter (5). Vond lukt av klor- og jod-forbindelser fremheves av og til som uønsket, men bør ikke begrense bruken.

Applikasjon, distribusjon og aktivering

Alminnelig desinfeksjonslære forteller oss at det er to ting som er viktig for et godt resultat: Konsentrasjonen av effektivt (virksomt) antibakterielt middel og tiden for eksponering. De fleste irrigasjonsmidler avtar raskt i effekt ved kontakt med vev (dentin, pulpa og infisert materiale). Derfor må irrigasjonsvæsken fornyes kontinuerlig, og vi snakker om volum heller enn konsentrasjon som viktig. Eksempelvis synes konsentrasjoner av NaOCl fra 0,5 til i hvert fall 5,25 å gi sammenlignbare resultater (4). Dernest må midlet gis tilstrekkelig tid til å virke. De samme betraktninger om volum og tid gjelder også den demineraliserende og vevsoppløsende effekten som tilstrebes.

Klorheksidin og jod-jod-kalium har blitt lansert som ”korttidinnlegg” (30 sekunder til 10 minutter) ved avslutningen av første

seanse (2,20,21). Dette skal gi økt desinfeksjon og kanskje gjøre rotfylling av infiserte tenner i én seanse mulig. Det er imidlertid usikkert om dette gir en tilleggseffekt annet enn den som oppnås ved at det brukes lengre tid på eksponeringen av rotkanalsystemet til desinfeksjonsmidlet, selv om de første studiene kunne tyde på det (20).

Sprøyteapplikasjon

Vi må tro at effekten blir bedre desto nærmere apex vi kan applisere irrigasjonsmidlet. Bruk av svært tynne kanyler er derfor foreslått (Tabell 1). En standard størrelse som 25 G svarer til en ytre diameter på 0,5 mm, og kan derfor bare nærme seg apeks i en rett kanal instrumentert til minst 50. Har man dimensjonen 30 G, er derimot diameteren 0,25 mm, og den er mer fleksibel og kan eventuelt bøyes for å komme opp i en kanal instrumentert til nummer 30. Det kreves imidlertid mye høyere trykk for å kjøre væsken ut av en sprøyte med denne kanylestørrelsen (kraften øker med en faktor på minst 12 fra 25 G). Da blir det ekstra viktig ikke å blokkere tilbakestrømningsveien, men holde kanylen løs i kanalen. Det er også lansert spisser hvor åpningen er lagt til siden som ett stort hull eller mange små. In-vitro-forsøk på effektene av slike variasjoner har i regelen vist at det er vanskelig å sikre effektiv rensing av rotens apikale tredel uansett, og at gevinsten av sideåpninger er usikker, selv om sideåpning er rapportert å gi bedre renseeffekt (22). Tradisjonelle spisser er også skrånåret i spissen slik at kraften på strålen har en stor horisontal komponent.

Mekaniske irrigasjonssystemer

RinsEndo (Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Tyskland): RinsEndo monteres direkte på ansatsen for vinkelstykket og gir alternerende sug og trykk av irrigasjonsvæsken. Det gir god gjennomstrømning av væske, men faren for press av irrigasjonsmidlet ut gjennom apex er en reell risiko (17).

EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA, USA): Her føres en tynn plast-sprøytespiss, montert på et håndstykke med sug, helt

ned mot apeks (dimensjoner ned til 035). Det er et komplekst system med et eget fast utstyr og egne forbruksvarer, men det kan gi større volum per tidsenhet og en renere kanalvegg ved apeks sammenlignet med manuell applikasjon (23). Risikoen for å plassere væske utenfor apeks synes redusert (24), men effekten på bakteriene apikalt in vitro var ikke signifikant forskjellig fra manuell applikasjon (25).

Distribusjon av irrigasjonsvæsken

Renseeffekten av irrigasjonssystemer sammenlignes nesten alltid med passiv sprøyteirrigasjon og viser derfor oftest bedre resultater. Det er mer usikkert hvordan væsken fordeles i klinisk praksis, med samtidig bruk av filer til apeksområdet. Der er vist at pumping med opp-og-ned-bevegelse av en godt tilpasset guttaperkaspiss gir svært god distribusjon av væsken og endog bedre rensing enn RinsEndo, som ellers kommer godt ut i slike studier (26). Det kan tyde på at den manuelle eller maskinelle instrumenteringen gir adekvat distribusjon av væskene apikalt.

Mekaniske mikrobørster av plast (CanalBrush, Coltène/Whaledent, Altstätten, Sveits) er lansert; de monteres i reduksjonsvinkelstykker og feier dentinoverflaten i nærvær av hypokloritt eller klorheksidin. Det er rapportert god effekt på fjernelse av debris apikalt (27).

Ultrasonisk og sonisk aktivering

Ultrasonisk aktivering: Det finnes utstyr både for kombinert ultrasonisk instrumentering og aktivering, og for bare irrigasjon, såkalt passiv ultrasonisk irrigasjon (PUI)(28). Interessen for kombinert instrumentering og irrigasjon er avtagende, mest fordi det er vanskelig å kontrollere kanalens form mot det apikale (14). Ultrasoniske instrumenter som bidrar til kanalsøk og rensing av koronale tredel, er imidlertid stadig aktuelle. Alt i 1987 viste Sjögren og Sundqvist (29) at ultrasonisk aktivering av

irrigasjonsvæske økte den antibakterielle effekten in vivo. Det finnes kommersielt tilgjengelige, ikke-skjærende spisser til de fleste ultralydhåndstykkene.

Sonisk aktivering: Mens ultralyd opererer fra 20 til 30 kHz, er sonisk aktivering i det hørbare området opp til 10 kHz. Micro-Mega (Besançon, Frankrike) lanserte tidlig et håndstykke (MM 1500) for sonisk instrumentering; kombinert med en Rispisonic-fil oppnås god renseseffekt. Mer i tråd med det passive konseptet (ikke-skjærende aktivering av væsken) er EndoActivator (Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA) som kommer med et eget håndstykke og tynne plast-ansatser til innførsel helt ned mot det apikale. En enkel irrigator er Vibringe (Vibringe, Amsterdam, Nederland) som bruker en tilnærmet vanlig manuell applikasjon av væsken i kombinasjon med sonisk aktivering med et batteri.



Figur 3. . EndoActivator med 3 spisstørrelser.
Fra http://www.endoruddle.com/prod_clinical.html?name=Prod_EA_2010-07-07.

Hva står igjen som sikker kunnskap?

Vi vet fra kliniske studier at irrigasjon med NaOCl gir kraftig reduksjon av bakteriene i infiserte rotkanaler. Det er en klinisk erfaring supplert med laboratoriedata som viser at kanalene renses lettere ved bruk av EDTA. Vi vet at den antibakterielle effekten av NaOCl øker når det alterneres med EDTA og ved bruk av ultrasonisk aktivering.

Med mulig unntak for klorheksidin gir ingen andre midler eller metoder (for eksempel laser) like sterk og sikker bakteriereduksjon som natrium hypokloritt.

Den interesserte leser anbefales oversiktene i referansene 3, 5, 14 og 30. Tekstboks 3 gir en oppsummering av dagens status.

Tekstboks 3. Konklusjoner

1. Vi irrigerer primært for å drepe flest mulig mikrober.
2. Sekundært irrigerer vi for å lette instrumentering og evakuering av dentin og debris. Alternering mellom NaOCI EDTA er standard irrigasjonsprosedyre. EDTA brukes til slutt. Klorheksidin kan erstatte eller supplere NaOCI.
3. Nasjonale bestemmelser kan styre preparatformen: I Norge anvendes buffet NaOCI som 0,5-1 % i 1-2 % bikarbonat, andre steder brukes 5,25 % uten bufring. EDTA fremstilles typisk til 15-17 %, mettet, vandig løsning, og finnes i mange kommersielt tilgjengelige preparater.
4. Klorheksidin diglukonat kan brukes som 0,12-2 % vandig løsning, mens de mange preparatene i gel-form har tilsetninger av etanol og annet som ikke er studert i rotkanalssituasjonen.
5. Passiv ultrasonisk aktivering gir økt effekt av irrigasjonen.

LITTERATUR

1. Friedman S. Expected outcomes in the prevention and treatment of apical periodontitis. I: Ørstavik D, Pitt Ford TR, eds. Essential Endodontology: Prevention and Treatment of Apical Periodontitis. Oxford: Blackwell Munksgaard; 2008.
2. Trope M, Debelian G. Endodontic treatment of apical periodontitis. I: Ørstavik D, Pitt Ford TR, eds. Essential Endodontology: Prevention and Treatment of Apical Periodontitis. Oxford: Blackwell Munksgaard; 2008.
3. Ørstavik D. Intracanal medication. I: Harty's Endodontics in Clinical Practice. Chong BS, ed. Oxford: Churchill Livingstone Elsevier; 2010.
4. Spångberg LSW. Endodontic treatment of teeth without apical periodontitis. I: Ørstavik D, Pitt Ford TR, eds. Essential Endodontology: Prevention and Treatment of Apical Periodontitis. Oxford: Blackwell Munksgaard; 2008.

5. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am.* 2010 Apr;54(2):291-312.
6. Strindberg LZ. The Dependence of the Results of Pulp Therapy on Certain Factors. *Acat Odontol Scand* 1956;14: Suppl. 1.
7. Shemesh H, Wu MK, Wesselink PR. Leakage along apical root fillings with and without smear layer using two different leakage models: a two-month longitudinal ex vivo study. *Int Endod J.* 2006 Dec;39(12):968-76.
8. Byström A, Happonen RP, Sjogren U, Sundqvist G. Healing of periapical lesions of pulpless teeth after endodontic treatment with controlled asepsis. *Endod Dent Traumatol.* 1987 Apr;3(2):58-63.
9. Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J.* 1997 Sep;30(5):297-306. Erratum in: *Int Endod J* 1998 Mar;31(2):148.
10. Waltimo T, Trope M, Haapasalo M, Ørstavik D. Clinical efficacy of treatment procedures in endodontic infection control and one year follow-up of periapical healing. *J Endod.* 2005 Dec;31(12):863-6.
11. Kuruvilla JR, Kamath MP. Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. *J Endod.* 1998 Jul;24(7):472-6.
12. Tanomaru Filho M, Yamashita JC, Leonardo MR, da Silva LA, Tanomaru JM, Ito IY. In vivo microbiological evaluation of the effect of biomechanical preparation of root canals using different irrigating solutions. *J Appl Oral Sci.* 2006 Apr;14(2):105-10.
13. Kanisavaran ZM. Chlorhexidine gluconate in endodontics: an update review. *Int Dent J.* 2008 Oct;58(5):247-57.
14. Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod.* 2009 Jun;35(6):791-804.
15. Spencer HR, Ike V, Brennan PA. Review: the use of sodium hypochlorite in endodontics – potential complications and their management. *Br Dent J.* 2007 May 12;202(9):555-9.
16. Bystrom A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J.* 1985 Jan;18(1):35-40.

17. Desai P, Himel V. Comparative safety of various intracanal irrigation systems. . J Endod. 2009 Apr;35(4):545-9.
18. Tay FR, Mazzoni A, Pashley DH, Day TE, Ngoh EC, Breschi L. Potential iatrogenic tetracycline staining of endodontically treated teeth via NaOCl/MTAD irrigation: a preliminary report. J Endod. 2006 Apr;32(4):354-8.
19. Sobhani OE, Gulabivala K, Knowles JC, Ng YL. The effect of irrigation time, root morphology and dentine thickness on tooth surface strain when using 5% sodium hypochlorite and 17% EDTA. Int Endod J. 2010 Mar;43(3):190-9.
20. Zamany A, Safavi K, Spångberg LS. The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2003 Nov;96(5):578-81.
21. Kvist T, Molander A, Dahlén G, Reit C. Microbiological evaluation of one- and two-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a randomized, clinical trial. J Endod. 2004 Aug;30(8):572-6.
22. Kahn FH, Rosenberg PA, Gliksberg J. An in vitro evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonic and subsonic handpieces and irrigating needles and probes. J Endod. 1995 May;21(5):277-80.
23. Shin SJ, Kim HK, Jung IY, Lee CY, Lee SJ, Kim E. Comparison of the cleaning efficacy of a new apical negative pressure irrigating system with conventional irrigation needles in the root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2010 Mar;109(3):479-84.
24. Mitchell RP, Yang SE, Baumgartner JC. Comparison of apical extrusion of NaOCl using the EndoVac or needle irrigation of root canals. J Endod. 2010 Feb;36(2):338-41.
25. Miller TA, Baumgartner JC. Comparison of the antimicrobial efficacy of irrigation using the EndoVac to endodontic needle delivery. J Endod. 2010 Mar;36(3):509-11.
26. McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model. Int Endod J. 2008 Jul;41(7):602-8.

27. Salman MI, Baumann MA, Hellmich M, Roggendorf MJ, Termaat S. SEM evaluation of root canal debridement with Sonicare CanalBrush irrigation. *Int Endod J.* 2010 May;43(5):363-9.
28. van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J.* 2007 Jun;40(6):415-26. Epub 2007 Apr 17.
29. Sjögren U, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of ultrasonic root canal instrumentation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1987 Mar;63(3):366-70.
30. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006 May;32(5):389-98.