



Hampaan säilyttäminen juurihoidon avulla vaikuttaa positiivisesti potilaan suunterveyteen liittyvään elämänlaatuun. Poikittaistutkimukset kuitenkin osoittavat, että juuritäytteiden tekninen laatu ei ole niin hyvä kuin se voisi olla. Tulevaisuudessa yhä useampi hammaslääkäri joutuu arvioimaan hoidettavan tapauksen vaikeusastetta ja päättämään, hoitaako hampaan itse vai lähettääkö potilaan erikoishammaslääkärille. Kavumavauksessa, instrumentoinnissa ja regeneratiivisissa toimenpiteissä on suosittu mini-invasiivista hoitoa. Pitkäaikaisia klinisiä hoitotuloksia koskevia tutkimuksia ei tältä alalta valitettavasti ole. Kipumekanismeista, tulehdusprosesseista ja yleisterveyden vaikutuksesta taudin etenemiseen sekä paraneismekanismeista on vähän tutkimusta. Infektioiden torjuntaan, antibioottiresistenssiin ja uusiin antibakteerisiin hoitomenetelmiin on tulevaisuudessa kiinnitettävä huomiota. Suunterveyden palveluihin, mukaan lukien juurihoito, on odotettavissa enemmän hallinnollista ja vakuutusjärjestelmistä aiheutuvaa sääntelyä. Korkeatasoinen hammaslääkärikoulutus mahdollistaa palvelutarjonnan laadullisen parantamisen. Tämä on tärkein investointi juurihoidon kehittämiseen. Terveysviranomaiset ja tiedotusvälineet voivat silloin esittää endodonttisen hoidon turvallisena, luotettavana ja tehokkaana vaihtoehtona, joka hyödyttää potilasta.

Tulevaisuuden suuntaviivoja endodontiassa

Anca Virtej, Emma Wigsten, Dag Ørstavik, Sivakami Rethnam Haug

Tulevaisuuden suuntaviivoja juurihoidossa

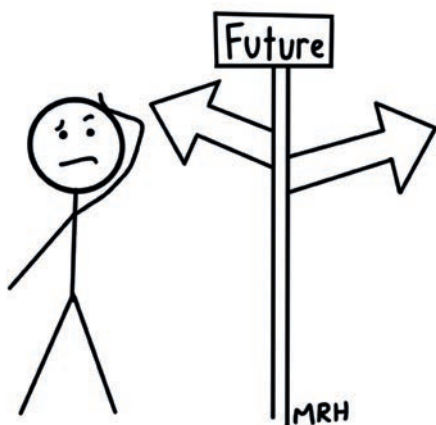
“Opi menneisyydestä, diagnosoi nykyisyys, ennusta tulevaisuus” – Hippokrates n. 460 eKr.

”Tulevaisuus” viittaa siihen, mikä tapahtuu tai on olemassa nykyajan jälkeen. ”Suunta” on yleinen tapa, jolla jokin kehittyy tai etenee (kuva 1). Tässä artikkelissa esittelemme juurihoidon nykytilaa, viimeaikaista kehitystä ja kirjoittajien näkemyksiä siitä, mihin suuntaan endodontian tieteenalan tulisi tulevaisuudessa kehittyä. Tulevaisuuden suuntaviivat on tässä artikkelissa jaettu kolmeen osaan, joita ovat potilas, hammaslääkäri ja valtakunnallinen tai yhteiskunnallinen taso.

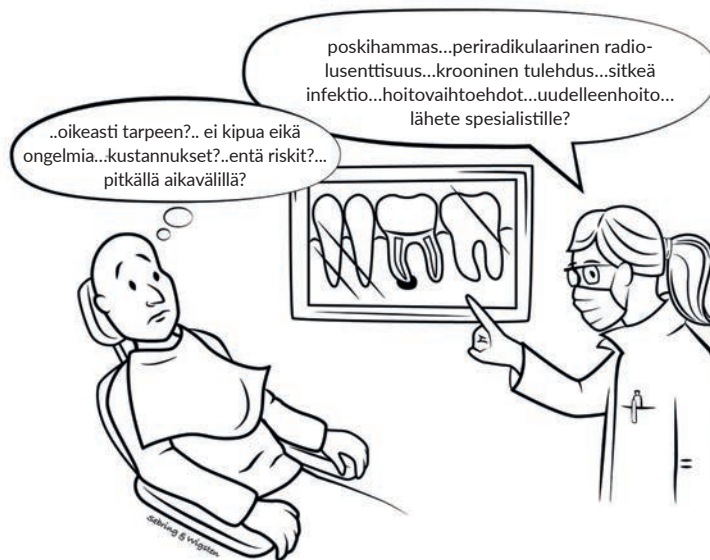
Potilas

Suunterveys on yleisesti parantunut Pohjoismaissa viime vuosikymmeninä. Samaan aikaan elinajanodote on pidentynyt, ja yhä useampi säilyttää luonnollisen hampaistonsa vanhuuteen saakka ja yhä harvempi päättyy hampaattomaksi. On olemassa riski, että yhä useampaan

hampaaseen on tehty paljon hoitotoimenpiteitä, jotka voivat aiheuttaa pulpaurion ja siitä seuraavan pulpasairauden (1). Juurihoitoa tehdään pääosin perusterveydenhuollossa. Ruotsin sosiaalivakuutuslaitoksen (SSIA) tietokannassa rekisteröitiin 217 047 yli 20-vuotiaalle kansalaiselle tehtyä juurihoitoa ainakin yhteen hampaaseen vuonna 2009 (2). Kymmenen vuotta myöhemmin samassa tietokannassa raportoitiin juurihoidetuiksi lähes 190 000 hammasta, mikä viittaa juurihoitojen vähenemiseen (3). Samanlainen trendi havaittiin myös Tanskassa (Danish Civil Registration System / Tanskan siviilirekisteröintijärjestelmä) ajanjaksolla 1997–2009. Lisäksi Razdan ym. (4) havaitsivat, että vaikka juurihoidettujen hampaiden määrä väheni, apikaalisen parodontiitin ilmaantuvuus juurihoitamattomissa hampaissa kasvoi. Epidemiologisiin tutkimuksiin yhdistetyt valtakunnalliset hammashoitorekisterit paljastavat väestön endodonttisten hoitotarpeiden kehityssuuntia, mikä auttaa tunnistamaan koulutus- ja vakuutusjärjestelmi-



Kuva 1. Tulevaisuuden suunta on jotain, jonka uskomme tapahtuvan tai jotain, jonka haluamme tapahtuvan.



Kuva 2. Juurihoidon tavoitteena on säilyttää sairastunut hammas ja luoda tai ylläpitää terveet periradikulaariset kudokset. Yksittäinen potilas ei yleensä ole tietoinen hampaan tilasta eikä välttämättä jaa samoja huolenaiheita. Potilaalla ja hammaslääkärillä saattaa myös olla erilaiset näkemykset siitä, mitä pidetään tärkeänä ja mikä on onnistunutta hoitoa (5, 6).

en kannalta merkityksellisiä muutoksia, ja siten auttaa edistämään hammasterveyttä.

Hampaan säilyttäminen juurihoidon avulla vaikuttaa positiivisesti potilaan suunterveyteen liittyvään elämänlaatuun. Juurihoitoa tulee edistää turvalisena, luotettavana ja tehokkaana vaihtoehtona, josta potilaat voivat hyötyä. Terveysviranomaiset ja tiedotusvälineet ovat tärkeitä tässä työssä. Potilaat ovat yleensä tyytyväisiä juurihoitoonsa ja haluavat säilyttää luonnollisen hampaistonsa aina sen ollessa mahdollista (5–8). Kun hoitoa arvioitiin tutkimalla potilaan kokemuksia tarkemmin potilastyytyväisyyskyselyllä (7), sekä erikois- että perushammasoidossa hoidetut potilaat olivat tyytyväisiä valintaansa ja hoitoonsa (7, 9). Vähiten tyytyväisiä oltiin hoidon kustannuksiin. On tärkeää ottaa potilas mukaan hoitosuunnitelmaan ja -prosessiin sekä määrittää yhteiset tavoitteet kliiniselle hoitotulokselle (kuva 2). Hoidon onnistuminen tai epäonnistuminen tulisi määrittää enusteen perusteella kullekin henkilölle

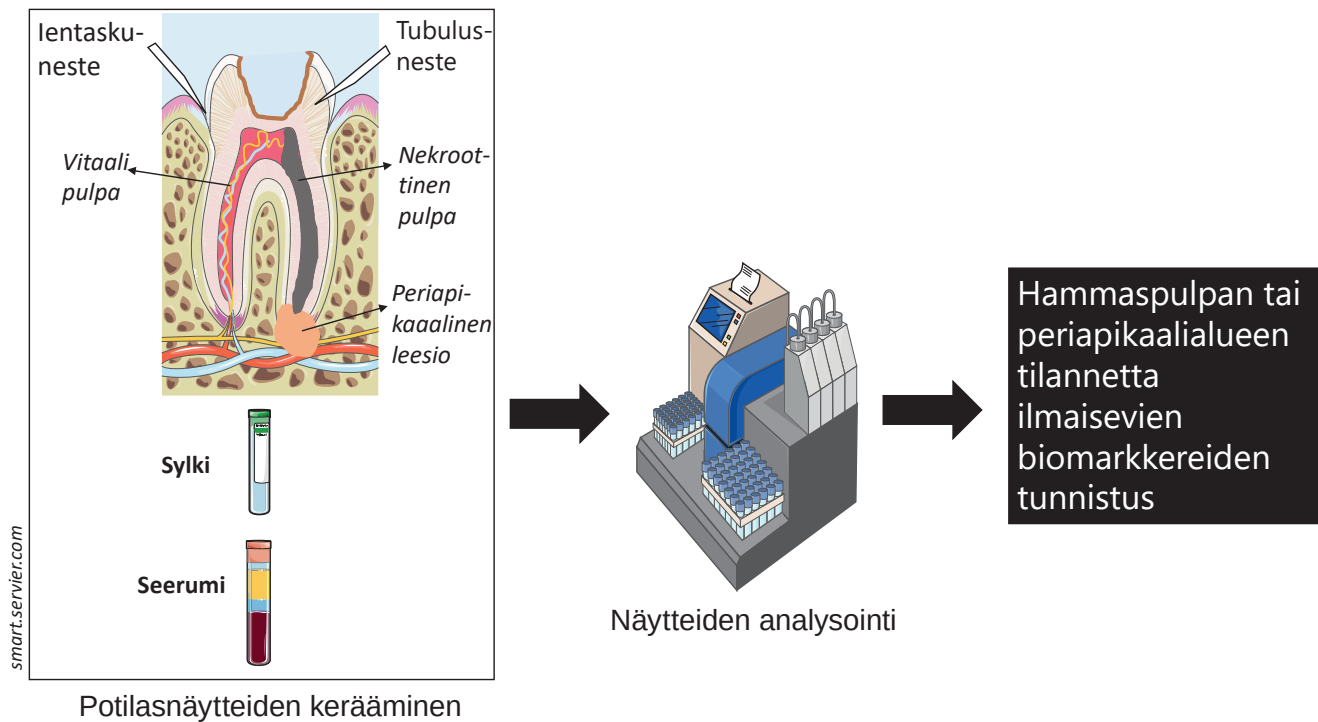
(6), jolloin kommunikoinnilla on tärkeä rooli. Potilaiden tulee olla tietoisia siitä, että hoitoon hakeutuminen oikeaan aikaan (ilman viivästyksiä) on olennaisen tärkeää optimaalisen hoitotuloksen saavuttamiseksi.

Hammaslääkärit

Juurihoito voidaan kokea teknisesti vaativaksi, kuormittavaksi ja turhauttavaksi, ja siihen voi liittyä hallinnan menetystä (10). Lähes puolet Ruotsin Länsi-Götanmaan specialistiklinikoille lähetyistä tapauksista koski aiemmin juurihoidettuja poskihampaita, jotka vaativat lisähoitoa (11). Perusterveydenhuollossa poskihampaisiin tehtyjen juurihoitojen juuritäytteet raportoidaan usein teknisesti laadultaan heikommiksi, periapikaalisten muutosten ilmaantuvuus suuremmaksi ja hampaan selviytyminen huonommaksi muihin hammasryhmiin verrattuna (12, 13). Tähän voi olla monia syitä: poskihampaissa on tavallisesti enemmän juuria, monimutkaisempi juurikanava-anatomia ja niiden sijainti hammaskaarella on vaikeapääsyinen.

Kliininen merkitys

Endodontia on kehittynyt nopeasti viime vuosina uusien käsitysten, materiaalien, työvälineiden ja tekniikoiden myötä, mutta hoidon toteutus voi olla edelleen teknisesti vaativaa ja turhauttavaa yleis- hammaslääkärille. Materiaalien ja työvälineiden valinnan tueksi tarvitaan tieteellisesti validoitua tietoa ja klinisiä pitkäaikaistutkimuksia hoitotuloksista. Maailmanlaajuisesti tarvitaan osaavia kouluttajia, työtä helpottavia käytännön asioita, teknologian integrointia, enemmän mahdollisuuksia ja rahoitusta tutkimuksen tekemiseen. Tutkimuksen tulee keskittyä teknisten innovaatioiden lisäksi myös perustieteeseen, mukaan lukien kipumekanismit, taudin etenemiseen ja infektioiden torjuntaan.



Kuva 3. Seerumi-, sylki-, ientasku- tai dentiininestenyhteitä kerätään ja analysoidaan molekyyllitasolla diagnoosin ja optimaalisen hoidon määrittämiseksi.

Poskihampaat eivät ole vain teknisesti vaativia, vaan niihin liittyy usein myös hoidon aikaisia komplikaatioita, mikä vaatii enemmän resursseja (14). Etuhammas tai välihammas voi kuitenkin myös aiheuttaa vaikeuksia silloin, kun hampaan pulpaontelo ja juurikanavat ovat ahtaat tai kun juuri on voimakkaasti käyrä. (15). Pienempi onnistumisprosentti yhdistettynä hoitoon liittyvään stressiin ja turhautumisen kokemukseen herättää kysymyksen siitä, kenen tulisi tehdä endodonttinen hoito, yleis- vai erikoishammaslääkärin (10)?

Hyvä ymmärrys juurihoidon vaikeusasteesta ja toimenpiteen tekijän osaamisesta voi auttaa yleishammaslääkäreitä päättämään, pitäisikö heidän potilaan edun kannalta hoitaa hammas itse vai ohjata hänet spesialistille.

Endodonttinen diagnoosi

Endodonttisen sairauden keskeisin syy on mikrobien aiheuttama infektio. Uudet tekniikat bakteerien havaitsemiseksi juurikanavassa antavat toivoa siitä, että

infektoivien mikrobien määrittäminen suoraan vastaanotolla voi tulevaisuudessa olla mahdollista (16). Viimeaikainen tutkimus on myös pyrkinyt tunnistamaan hammasytimen tai periapikaalisten kudosten tulehdustilan biomarkkereita (kuva 3). Isännän systeemiä ja paikallisia molekyylejä voidaan teoriassa mitata ja yhdistää endodonttiseen sairautteen tai hoidon lopputulokseen (17, 18). Voimme toivoa, että käyttäjäystävälliset ja tarkat suoraan vastaanotolla sovellettavat menetelmät pulpan ja periapikaalialueen sairauksien diagnosointiin tulevat piankin yleisesti saataville (19). Laboratoriotutkimuksia koskevan uuden tiedon soveltaminen ja luotettavien, suoraan vastaanotolle sovellettavien menetelmien kehittäminen potilaan sairauden diagnosointiin edellyttää kuitenkin laajaa ja aikaa vievää translationaalista tutkimusta.

Kartiokielitietokonetomografia (KKTT) on kolmiulotteinen radiologinen tekniikka, jossa vältetään kaksiulotteisten periapikaalisten röntgenkuvien ana-

tomiset kohina- ja diagnostiset rajoitteet (kuva 4). ESE (Euroopan endodontiayhdistys) suosittelee KKTT-koulutuksen sisällyttämistä hammaslääketieteen perus- ja jatko-opintojen opetusohjelmiin (20). KKTT-laitteiden hankinta on lisääntymässä hammaslääketieteen erikoisklinikoilla Yhdysvalloissa ja Skandinaviassa, mutta implanttihoidon suunnittelu on toistaiseksi ollut tärkein indikaatio KKTT-kuvauksille Norjassa ja Ruotsissa (21, 22). Tekniikka kehittyy, mutta potilaalle aiheutuvia riskejä ja hyötyjä ionisoivalle säteilylle altistamisesta on arvioitava. Tulevaisuudessa säteilyannokseltaan pienempien KKTT-laitteiden odotetaan yleistävän hammashoidossa ja toimivan apuna endodonttisissa diagnooseissa ja hoidon suunnittelussa.

Tekoäly (Artificial intelligence, AI) on 1950-luvulta peräisin oleva sovellettavan tietotekniikan ala ja ajatus koneista, jotka suorittavat ihmisten normaalisti toteuttamia tehtäviä (23). Tekoäly ja koneoppimisjärjestelmät voivat luotavuutta parantamalla ja tarkalla diag-

noosilla mullistaa hammaslääketiedettä (23). Tekoöly voisi tulevaisuudessa toimia apuna periapikaalisten leesioiden ja hampaan vertikaalifraktuuroiden havaitsemisessa, työskentelypituuden määrittämisessä tai endodonttisten hoitotulosten ennustamisessa. Tekoölyn luotettavuus ja käyttökelpoisuus on vielä varmistettava ennen sen soveltamista päivittäisessä kliinisessä hoitotyössä (24).

Kavumavaus

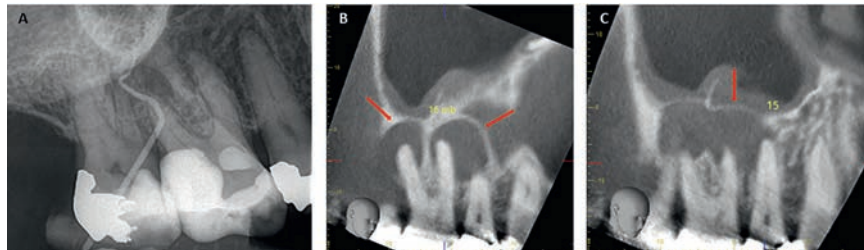
Lääketiede on edennyt mini-invasiivisten hoitojen aikakaudelle. Mini-invasiivista kavumavausta tai "ninja-lähestymistapaa" juurikanavajärjestelmään on suositeltu dentiinin säilyttämiseksi ja hampaan murtumariskin minimoimiseksi (25). Tämä tekniikka poikkeaa perinteisestä suoralinjaisesta avauksesta. Enemmän koronaalista hammasmateriaalia, mukaan lukien hampaan pulpa-kavumin katon osat, jotka voivat olla infektoituneita, jätetään paikoilleen koko hoitajakson ajaksi. Tämä toimintatapa kuitenkin vaikeuttaa myöhempiä hoitovaiheita, kuten juurikanavan paikallistamista ja instrumentointia, ja heikentää infektioiden hallintaa (26).

Toinen uusi tekniikka on ohjattu kavumavaus. Se sisältää preoperatiiviset KKTT-kuvaukset, ohjainten valmistamisen erikoisporien ohjaamista varten kanavien paikantamiseksi minimaalisella preparoinnilla ja lopulta instrumentoinnin (27). On kuitenkin kyseenalaista altistaa kaikkia potilaita KKTT-kuvaukselle ilman näyttöön perustuvaa hyötyä dentiinin säilyttämisen kannalta.

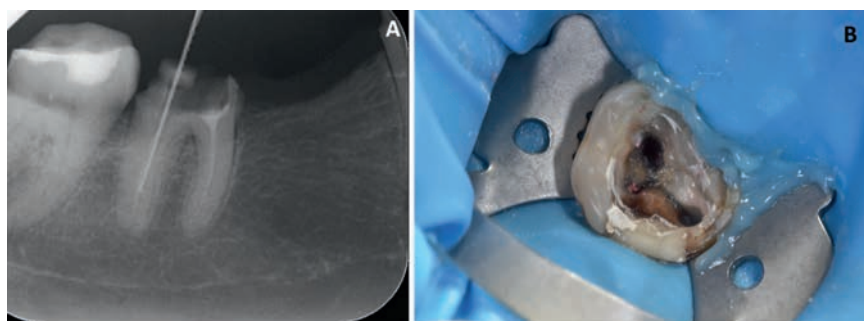
Mini-invasiivisista tai ohjatuista kavumavauksista ei toistaiseksi myöskään ole olemassa pitkäaikaisia kliinisiä tutkimustuloksia, jotka osoittaisivat näiden menetelmien olevan parempia tai edes vastaavia kuin nykyiset kavumavauksen periaatteet ja menetelmät.

Infektioiden torjunta

Aseptiset tekniikat ovat ensiarvoisen tärkeitä endodonttisten toimenpiteiden aikana. Oikea käsihygienia, koffer-



Kuva 4. Hampaiden 15–17 apikaalinen diagnoosi oli epävarma periapikaalisen röntgenkuvan ja fistulografian jälkeen (A). KKTT-kuva varmistaa ja osoittaa yksityiskohtaisesti apikaaliparodontiitileesiot toisesta välihampaasta toiseen molaariin asti (B ja C).



Kuva 5. Yhä useampi hammaslääkäri Norjassa ja Ruotsissa käyttää rutiininomaisesti kofferdamia endodonttisten toimenpiteiden aikana (31), ja nuoremmat hammaslääkärit yleisemmin (64). Verrattuna valtaosaan ruotsalaisia yleishammaslääkäreitä vain harva norjalainen hammaslääkäri sulkee tiiviisti korfferdamin ja hampaan välisen alueen (31). Esimerkki (A) työskentelypituuden röntgenkuva ilman kofferdamia, mikä vaarantaa potilaan ja saattaa haitata hoitoa; (B) kofferdamin oikea sijoitus uudelleenhoitettavalle poskihampaalle lisää näkyvyyttä ja kohteeseen pääsyä ja helpottaa samalla infektioiden torjuntaa.

damin käyttö ja endodonttisen työskentelyalueen desinfiointi ovat olennaisia vaiheita aseptisessä endodonttisessa hoidossa (28). Kofferdam otettiin käyttöön hammaslääketieteessä vuonna 1864, ja se on hoidon standardi kaikille endodonttisille toimenpiteille (kuva 5). Tästä huolimatta käytännöt vaihtelevat suuresti. Tanskassa useimmat hammaslääkärit eivät järjestelmällisesti käytä kofferdamia (29). Suomessa vain noin 30 % endodonttisista hoidoista tehdään kofferdamia käyttäen (30). On muistutettava, että kaikkien endodonttisten hoitojen tulokset ovat yhteydessä infektioiden esiintymiseen (31, 32). Muita tehokkaita eristystekniikoita ei toistaiseksi ole saatavilla. Ammatillista ja hoitosuosituksiin perustuvaa painetta kofferdamin käyttöön endodonttisten toimenpiteiden aikana tulisikin tulevai-

suudessa vahvistaa.

Juurikanavatulehdus on edelleen yleisin syy hoidon epäonnistumiseen (32). Uusia instrumentointi- ja huuhtelutekniikoita ja hoito-ohjeita kehitetään jatkuvasti kanavien desinfioinnin parantamiseksi. Desinfiointiaineet, kuten 2-prosenttinen klooriheksidiini, eivät ole osoittautuneet natriumhypokloriittia (NaOCl) paremmiksi kemomekaanisten preparointien aikana (33). Ultraääniaktivoitu huuhtelu saattaa edistää juurikanavan puhtautta (34, 35). Koneellisten yhden viilan Ni-Ti-järjestelmien käyttö instrumentoinnissa on yleistynyt viime vuosikymmenellä. Preparointiaika on yhden viilan tekniikoilla lyhyempi, ja yhden hoitokäynnin toimintatapa lyhentää myös desinfiointiaikaa. Antibakteerisen tehon saavuttamiseksi NaOCl pieninä pi-



toisuuksina vaatii suuria liuosmääriä ja toistuvia käyttökertoja (36). Vaikka lyhentyneellä hoitoajalla on taloudellisia ja käytännön etuja, sillä voi näin ollen olla negatiivinen vaikutus huuhteluun käytettyyn aikaan ja antibakteeriseen vaikutukseen, eikä se välttämättä vähennä tehokkaasti mikro-organismeja juurikanavasysteemissä.

Kanavansisäiset lääkitykset ovat kehittyneet vain minimaalisesti. Vuonna 1920 käyttöön otettu kalsiumhydroksidi on edelleen ensisijainen kanavansisäinen lääke. Bakteerit eivät muodosta kasvustoja ainoastaan pääjuurikanaviin, vaan myös dentiinitubuluksiin, sivu- ja lisäkanaviin, istmuksiin ja anastomooseihin, joihin ei päästä luotettavasti pelkän instrumentoinnin ja huuhtelun avulla (37). Mikrobeja, kuten *E. faecalis* tai *C. albicans*, tavataan usein sekundaari-infektioissa ja niiden tiedetään kestävän kalsiumhydroksidin vaikutuksia (38, 39). Vaikka juurikanavaan käytettävien probioottien antimikrobista ja immunomoduloivaa vaikutusta ei toistaiseksi pystytä soveltamaan kliiniseen käyttöön, sitä saatetaan tulevaisuudessa kohdistaa endodontisiin patogeneihin (40).

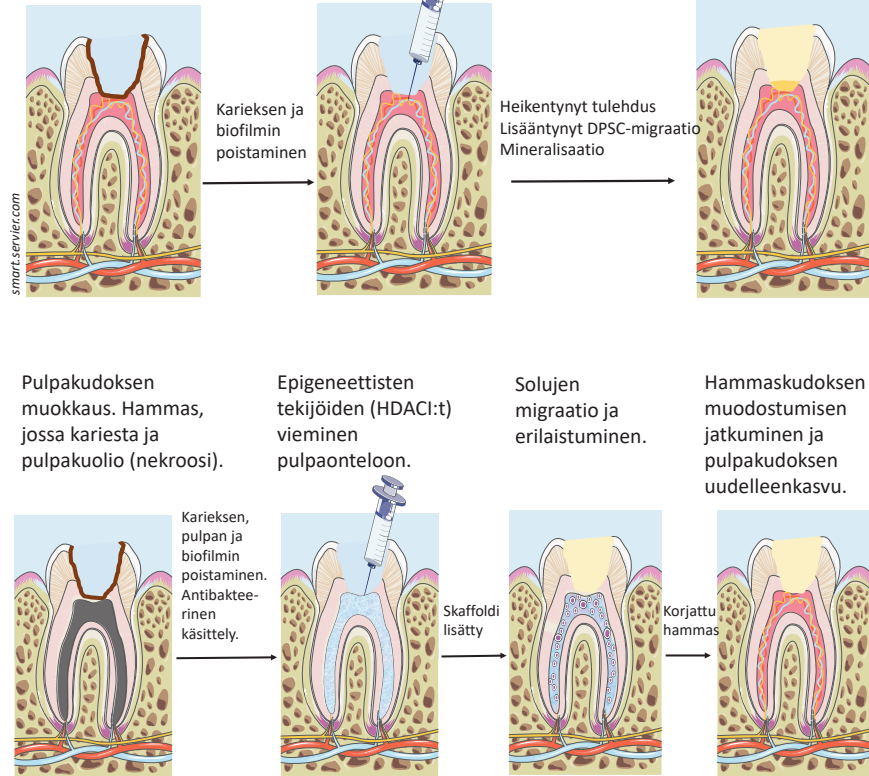
Endodontista alkuperää olevat odontogeeniset infektiot saattavat vaatia mikrobilääkehoitoa, jos niillä on vaikutusta yleisterveyteen. Mikrobilääkkeiden käyttö hammashoidossa on kuitenkin usein kokemusperäistä ja saattaa olla epätarkoituksenmukaista, koska bakteriologisia herkkyystestejä tehdään vain harvoissa tapauksissa (41). Bakteerien mikrobilääkeherkkyys on heikkenemässä maailmanlaajuisesti (42, 43), ja tämä koskee myös suuontelossa esiintyviä kantoja (44), etenkin lajeja *Porphyromonas spp.* ja *Prevotella spp.* (45). Endodontisia infektiota aiheuttavat mikro-organismit voivat tulevaisuudessa muuttua vastustuskykyisiksi mikrobilääkkeille. Hoitopaikalla tehtävät taudinaiheuttajasta ja sen mikrobilääkeherkkyydestä kertovat diagnostiset pikatestit voivat merkittävästi mini-

Vitaalisen pulpan
hoito.
Karioitunut
hammas.

Vitaalisen pulpan
hoito.
Karioitunut
hammas.

Epigeneettisten
tekijöiden (HDAC:t)
lisääminen
avoimeen
hammaspulpaan.

Paikattu hammas.
Mineralisoitunut
dentiinisilta.



Kuva 6. Esimerkki epigeneettisistä modifikaatioista, joita voidaan käyttää vitalin ja nekroottisen pulpan hoitona, muokattu julkaisusta (51). DNA koostuu histoneista. Histoniin asetylaatiolla ja deasetylaatiolla on tärkeä rooli solujen transkriptionaalisessa säätelyssä. Histoniideasetylaasit (HDAC) ovat yhteydessä sairauksiin, ja niiden HDACi-estäjät lupaava apukeino monien sairauksien, kuten tulehduksen hoidossa (65, 66). Kariesin ja biofilmin poiston jälkeen HDAC-estäjiä käytetään paikallisesti avoimeen hammaspulpaan vähentämään tulehdusta, lisäämään dentiinin mineralisaatiota ja DPSC:ien migraatiota uusien verisuonten muodostumisen ohella, hampaan eheyden palauttaen (ylempi kuvasarja). Tämän hoitoteknologian tavoitteena ovat myös revitalisaatio-tapahtumat, kuten juuren muodostumisen jatkuminen ja vitalin kudoksen uudelleenkasvu pulpakanavassa (kuvattu alimmassa kuvasarjassa).

moida epätarkoituksenmukaista mikrobilääkkeiden käyttöä ja lisätä potilasturvallisuutta (42).

Juuritäyttemateriaalit

Juurikanavasysteemin täyttäminen on juurihoidon viimeinen vaihe, jonka tavoitteena on estää bakteereiden sekä suun ja periapikaalialueen nesteiden

pääsy juurikanavaan. Juuritäytteiden yleisin täyttemateriaali on edelleen guttaperkka, mutta uusia tiivistysaineita otetaan käyttöön jatkuvasti. Silti tiivistysaineiden puutteet, kuten kutistuminen, liukoisuus tai puutteellinen sidostuminen guttaperkkaytimeen, voivat vaikuttaa hoidon lopputulokseen (46). Lupaavia tulevaisuuden vaihtoehtoja

ovat biokeraamiset tiivistysaineet niiden antibakteeristen ominaisuuksien, muodon pysyvyyden ja bioaktiivisuuden ansiosta. Valmistajat ja asiantuntijat markkinoivat uusia endodonttisia materiaaleja ja tekniikoita sosiaalisessa mediassa usein ”kauniilla” periapikaalikuvilla ilman tietoja kliinisistä hoitotuloksista (26, 47). Materiaalivalintojen tulisi ihannetapauksessa tukeutua kliinisesti merkityksellisiin biomateriaalitutkimuksiin.

Regeneraatio endodontiassa

Kliinisessä toiminnassa on pitkään sovellettu juurenkärjeltään avoimien nekroottisten hampaiden regeneratiivista hoitoa, joka mahdollistaa hammaskudosten kasvun. Toimenpide perustuu apikaalialueen papillan kantasoluihin, jotka voivat siirtyä juurikanavaan, erilaistua ja jatkaa juuren kehittymistä (48). Teoriassa hammaspulpun kantasolut (dental pulp stem cells, DPSC) voivat myös erilaistua ja regeneroida pulpakudosta täysin kehittyneiden hampaiden mini-invasiiviseen hoitoon myötävaikuttaen. Kehittyminen kantasoluista erilaistuneiksi soluiksi vaatii epigeneettisiä modifikaatioita, kuten kuvassa 6 yksityiskohtaisesti havainnollistetaan. Autologisten DPSC-solujen saatavuus on kuitenkin rajoitettua (49).

Amerikan endodonttiyhdistys (The American Association of Endodontists, AAE) ja ESE eivät vielä ole suositelleet autologista DPSC-transplantaatiota kliinisessä regeneratiivisessa endodontiassa, koska se edellyttäisi monimutkaisia ja kalliita teknisiä vaatimuksia, hallinnollista säätelyä sekä klinikoiden koulutusta ja taitoja (50). Nämä esteet ovat kuitenkin voitettavissa, ja tulehtuneiden ja nekroottisten hammasytimien hoitaminen saattaa tulevaisuudessa olla mahdollista kudosteknologian avulla tehtävällä regeneroinnilla (51).

Valtakunnallinen tai yhteiskunnallinen taso

Hammaslääketieteellinen koulutus

Hammaslääketieteellinen koulutus on tärkein investointi endodontian tulevai-

Future Directions in Endodontics

Preserving a tooth with root canal treatment (RCT) has a positive impact on the patient's oral health-related quality of life. However, cross-sectional studies show that the technical quality of root fillings is less than optimal. In the future, more dental practitioners need to evaluate the case difficulty and decide on whether they want to treat a tooth or refer the patient to a specialist. The concept of minimally invasive treatment has been advocated during cavity preparation, instrumentation, and regenerative procedures. Unfortunately, long-term clinical outcome studies are lacking in this area. Research in pain mechanisms, inflammatory processes, the impact of systemic health on disease pro-

gression, and healing mechanisms is scarce. Infection control, antibiotic resistance and new antibacterial treatment regimens are issues to address in the future. We may anticipate increased regulation and administration of dental, including endodontic, services through insurance schemes and government involvement. An improved quality of service provision through a high standard of dental education is the most important investment to shape endodontics in the future. Health authorities and media may then present endodontic treatment as a safe, reliable, and effective option that is performed for the benefit of patients.

suuden kannalta. Tämän päivän opiskelijat ovat tulevia hammaslääketieteen kouluttajia, päättäjiä, asiantuntijoita, tutkijoita sekä käytännön ammatinharjoittajia. Perustutkinto-opintojen aikainen koulutus on olennainen osa luottamuksen ja turvallisuuden rakentamista (52). Hiljattain tehdyn tutkimuksen mukaan yli 70 % yleishammaslääkäreistä katsoi, että he eivät olleet saaneet riittävää kliinistä koulutusta (53). Endodonttista hoitoa koskevat vaatimukset hammaslääketieteen oppilaitoksissa vaihtelevat, ja opiskelijahoitoon soveltuvien tapausten määrää on jossain määrin rajoitettu (52, 54, 55). Vastavalmistuneilla opiskelijoilla ei välttämättä ole suositeltua pätevyyttä (56).

Elinikäinen oppiminen tai jatkuva hammaslääketieteellinen koulutus ovat olennainen osa hammaslääkäriskoulutusta, mutta ne eivät voi korvata riittämätöntä perustutkintokoulutusta (57, 58). Hammaslääketieteen kouluttajakoulutuksen vahvistamista ja tukemista opetusta antavissa laitoksissa tulee siksi korostaa. Erinomaisesti suorituneiden opiskelijoiden rekrytointi oppilaitoksiin on kilpailla työmarkkinoilla haaste, johon on kyettävä vastaamaan.

Tutkimus

Kliiniseen endodontiaan otettiin käyttöön 1900-luvun lopulla innovaatioita, kuten operaatiomikroskooppi, koneellinen instrumentointi ja apeksimittarit. Näiden teknisten edistysaskeleiden ansiosta on mahdollista säilyttää hampaita, jotka vielä muutama vuosikymmen sitten olisi poistettu. Lisäksi endodontisen mikrokirurgian kehitys on parantanut hoitotuloksia huomattavasti (59).

Hammaslääketieteen tutkimusrahoituksen lähteistä on valitettavasti pulaa (60). Innovaatioita ohjaavat sidosryhmät, kuten hammaslääketieteen alan teollisuus. Kipu on edelleen tavallisin syy hakeutua hammashoitoon, ja juurihoitoa pidetään edelleen kivuliaana toimenpiteenä väestön keskuudessa (61, 62). Ymmärryksemme kipumekanismista, tulehdusprosesseista, yleis-terveyden vaikutuksesta taudin etene-miseen ja paranemismekanismista on rajallista (63). Infektioiden hallinnassa, miten toimia vastustuskykyisten mikrobien aiheuttamien infektioiden yhteydessä ja uusien hoitomenetelmien käyttöönotossa, on lisäksi puutteita. Tutkimuksen tulisi teknisen kehityksen lisäksi keskittyä perustutkimukseen,



jonka teemat eivät välttämättä kiinnosta lyhyen aikavälin tuloksia hakevia sidosryhmiä.

Kustannukset ja terveystieteelliset

Vaikka kustannukset vaikuttavat kaikilla tasoilla, järjestelmällinen kustannusten alentaminen on mahdollista vain yksityisten tai julkisten vakuutusten kautta. Pohjoismaisen hammashoidon rahoittaa pääosin maksava aikuisväestö (Suomessa terveyskeskuksen hammashoito on maksutonta alle 18-vuotiaille). Juurihoidon kustannuksia tulisi ihanne tapauksessa verrata proteettisesti korvattavan hampaan hoitokustannuksiin (8). On myös kallista kouluttaa asian tuntijoita tekemään juurihoitoa.

Lisävakuutusta saatetaan tarvita endodonttisten hoitokulujen kattamiseen, jos potilaat haluavat säilyttää terveet luonnolliset hampaat koko elinaikansa. Suun terveydenhoidon, myös endodonttisten palveluiden, sääntelyyn ja hallintaan tarvitaan tulevaisuudessa mukaan sekä vakuutusjärjestelmiä että valtion osallistumista.

Johtopäätökset

Endodonttisen hoidon ja ennusteen optimoinnin teknistä kehitystä on tulevaisuudessa täydennettävä paremmilla diagnostisilla menetelmillä sekä paremmalla tautiprosessin tuntemuksella, mukaan lukien esimerkiksi kivun ja tulehduksen mekanismit. Tämä edellyttää korkealaatuista perus-, translationaalista ja kliinistä tutkimusta. Lisäksi tarvitaan riittävästi rahoitusta suunterveyttä edistäviin ja hoitojen kansallista dokumentointia sisältäviin vakuutusjärjestelmiin, jotka mahdollistavat yhteiskunnallisen tason kehityssuunnan tutkimuksen ja tunnistamisen. Näyttöön perustuva ja ajantasainen hammaslääkärinkoulutus saattaa olla tärkein investointimme tulevaisuuteen. ■

Anca Virtej

Førsteamanuensis, dr.odont.
Institutt for klinisk odontologi
Det medisinske fakultet
Postdoktor, Kjevekirurgisk avdeling,
Haukeland universitetssykehus
Universitetet i Bergen, Norge
Anca.Virtej@uib.no

Emma Wigsten

Dr. odont.
Institutionen för odontologi
Sahlgrenska akademien
Göteborgs universitet, Sverige

Dag Ørstavik

Professor emeritus, dr. odont.
Institutt for klinisk odontologi
Det odontologiske fakultet
Universitetet i Oslo, Norge

Sivakami Rethnam Haug

Førsteamanuensis, dr.odont.
Institutt for klinisk odontologi
Det medisinske fakultet
Universitetet i Bergen, Norge

Käännös Ilkka Helander

KIRJALLISUUS

1. Bjørndal L, Reit C. The annual frequency of root fillings, tooth extractions and pulp-related procedures in Danish adults during 1977–2003. *Int Endod J* 2004; 37(11): 782–8.
2. Fransson H, Dawson VS, Frisk F, Bjørndal L, EndoReCo, Kvist T. Survival of Root-filled Teeth in the Swedish Adult Population. *J Endod* 2016; 42(2): 216–20.
3. Försäkringskassan. Statistik inom tandvårdsområdet 2021. Tukholma: Försäkringskassan; 2021 [updated cited 2021-04-08]. [https://www.forsakringskassan.se/statistik/statistikdatabas/!ut/p/z1/hY45D4JAFIR_iwUt73EZYkcgngI8I25jwKwLZmE-JIPx9CdQYeEw3k28yAwQSIFXaFyztCIGfPQnMj-ba1_3Q1RjdCMVN7Htmcyh0Bxbh-ME4BdZ-CORfnOyl7ju24tkYeWHgorXfroxAjRXcaS_gx0QlH-HGRPe9aVaaZDEhDr7ShjXvxjivurpdSCjhMAwyE-4JxKI9EKeGnSi7aDpJ3EuoywZvB-6U1mz0AEA_DBW!!/#1/tandj]. Viitattu 27.06.2022.
4. Razdan A, Jungnickel L, Schropp L, Vaeth M, Kirkvang LL. Trends of endodontic and periapical status in adult Danish populations from 1977 to 2009: A repeated cross-sectional study. *Int Endod J* 2022; 55(2): 164–76.
5. Azarpazhooh A, Dao T, Ungar WJ, Da Costa J, Figueiredo R, Krahn M, et al. Patients' Values Related

to Treatment Options for Teeth with Apical Periodontitis. *J Endod* 2016; 42(3): 365–70.

6. Friedman S, Mor C. The success of endodontic therapy – healing and functionality. *J Calif Dent Assoc* 2004; 32(6): 493–503.
7. Dugas NN, Lawrence HP, Teplitsky P, Friedman S. Quality of life and satisfaction outcomes of endodontic treatment. *J Endod* 2002; 28(12): 819–27.
8. Gatten DL, Riedy CA, Hong SK, Johnson JD, Cohen N. Quality of life of endodontically treated versus implant treated patients: a University-based qualitative research study. *J Endod* 2011; 37(7): 903–9.
9. Hamasha AA, Hattiwsh A. Quality of life and satisfaction of patients after nonsurgical primary root canal treatment provided by undergraduate students, graduate students and endodontic specialists. *Int Endod J* 2013; 46(12): 1131–9.
10. Dahlstrom L, Lindwall O, Rystedt H, Reit C. 'Working in the dark': Swedish general dental practitioners on the complexity of root canal treatment. *Int Endod J* 2017; 50(7): 636–45.
11. Sebring D, Dimenas H, Engstrand S, Kvist T. Characteristics of teeth referred to a public dental specialist clinic in endodontics. *Int Endod J* 2017; 50(7): 629–35.
12. Laukkanen E, Vehkalahti MM, Kotiranta AK.

Radiographic outcome of root canal treatment in general dental practice: tooth type and quality of root filling as prognostic factors. *Acta Odontol Scand* 2021; 79(1): 37–42.

13. Fransson H, Bjørndal L, Frisk F, Dawson VS, Landt K, Isberg PE. (ym.). Factors Associated with Extraction following Root Canal Filling in Adults. *J Dent Res* 2021; 100(6): 608–14.
14. Wigsten E, EndoReCo, Kvist T. Patient record assessment of results and related resources spent during 1 year after initiation of root canal treatment in a Swedish public dental organization. *Int Endod J* 2022; May;55(5):453-466. doi: 10.1111/iej.13699. Epub 2022 Feb 20
15. Haug SR, Solfeld AF, Ranheim LE, Bardsen A. Impact of Case Difficulty on Endodontic Mishaps in an Undergraduate Student Clinic. *J Endod* 2018; 44(7): 1088May; 55(5): 453-466. doi: 10.1111/iej.13699. Epub 2022 Feb 20–95.
16. Knight A, Blewitt I, Al-Nuaimi N, Watson T, Herzog D, Festy F. (ym.). Rapid Chairside Microbial Detection Predicts Endodontic Treatment Outcome. *J Clin Med* 2020; 9(7): 2086. doi: 10.3390/jcm9072086.
17. Mente J, Petrovic J, Gehrig H, Rampf S, Michel A, Schurz A, et al. A Prospective Clinical Pilot Study on the Level of Matrix Metalloproteinase-9 in Dental

Pulpal Blood as a Marker for the State of Inflammation in the Pulp Tissue. *J Endod* 2016; 42(2): 190–7.

18. Rechenberg DK, Galicia JC, Peters OA. Biological Markers for Pulpal Inflammation: A Systematic Review. *PLoS One*. 2016; 11(11): e0167289.

19. Zehnder M, Belibasakis GN. A critical analysis of research methods to study clinical molecular biomarkers in Endodontic research. *Int Endod J* 2022 Mar; 55 (Suppl 1): 37–45. doi: 10.1111/iej.13647. Epub 2021 Oct 31.

20. Patel S, Brown J, Semper M, Abella F, Mannocci F. European Society of Endodontology position statement: Use of cone beam computed tomography in Endodontics: European Society of Endodontology (ESE) developed by. *Int Endod J* 2019; 52(12): 1675–8.

21. Hol C, Hellen-Halme K, Torgersen G, Nilsson M, Moystad A. How do dentists use CBCT in dental clinics? A Norwegian nationwide survey. *Acta Odontol Scand* 2015; 73(3): 195–201.

22. Strindberg JE, Hol C, Torgersen G, Moystad A, Nilsson M, Nasstrom K, et al. Comparison of Swedish and Norwegian Use of Cone-Beam Computed Tomography: a Questionnaire Study. *J Oral Maxillofac Res* 2015; 6(4): e2.

23. Schwendicke F, Samek W, Krois J. Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges. *J Dent Res* 2020; 99(7): 769–74.

24. Aminoshariae A, Kulild J, Nagendrababu V. Artificial Intelligence in Endodontics: Current Applications and Future Directions. *J Endod* 2021; 47(9): 1352–7.

25. Clark D, Khademi J. Modern molar endodontic access and directed dentin conservation. *Dent Clin North Am* 2010; 54(2): 249–73.

26. Silva E, Pinto KP, Ferreira CM, Belladonna FG, De-Deus G, Dummer PMH. (ym.) Current status on minimal access cavity preparations: a critical analysis and a proposal for a universal nomenclature. *Int Endod J* 2020; 53(12): 1618–35.

27. Zehnder MS, Connert T, Weiger R, Krastl G, Kuhl S. Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. *Int Endod J* 2016; 49(10): 966–72.

28. Endodontology ESo. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J* 2006; 39(12): 921–30.

29. Markvart M, Fransson H, EndoReCo, Björndal L. Ten-year follow-up on adoption of endodontic technology and clinical guidelines amongst Danish general dental practitioners. *Acta Odontol Scand* 2018; 76(7): 515–9.

30. Leinonen S, Vehkalahti MM. Compliance with Key Practices of Root Canal Treatment Varies by the Reward System Applied in Public Dental Services. *J Endod* 2021; 47(10): 1592–7.

31. Malmberg L, Hagg E, Björkner AE. Endodontic infection control routines among general dental practitioners in Sweden and Norway: a questionnaire survey. *Acta Odontol Scand* 2019; 77(6): 434–8.

32. Bergenholtz G. Assessment of treatment failure in endodontic therapy. *J Oral Rehabil* 2016; 43(10): 753–8.

33. Ruksakiet K, Hanák L, Farkas N, Hegyi P, Sadaeng W, Czumbel LM. (ym.) Antimicrobial Efficacy of Chlorhexidine and Sodium Hypochlorite in Root Canal Disinfection: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *J Endod* 2020; 46(8):

1032–1041. e7.

34. Haapasalo M, Wang Z, Shen Y, Curtis A, Patel P, Khakpour M. Tissue dissolution by a novel multisonic ultracleaning system and sodium hypochlorite. *J Endod* 2014; 40(8): 1178–81.

35. Sigurdsson A, Garland RW, Le KT, Woo SM. 12-month Healing Rates after Endodontic Therapy Using the Novel GentleWave System: A Prospective Multi-center Clinical Study. *J Endod* 2016; 42(7): 1040–8.

36. Basrani B, Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic Topics* 2012; 27(1): 74–102.

37. Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005; 99(2): 231–52.

38. Ma J, Tong Z, Ling J, Liu H, Wei X. The effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine irrigants on the antibacterial activities of alkaline media against *Enterococcus faecalis*. *Arch Oral Biol* 2015; 60(7): 1075–81.

39. Kvist T, Molander A, Dahlen G, Reit C. Microbiological evaluation of one- and two-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a randomized, clinical trial. *J Endod* 2004; 30(8): 572–6.

40. Kumar G, Tewari S, Tagg J, Chikindas ML, Popov IV, Tiwari SK. Can Probiotics Emerge as Effective Therapeutic Agents in Apical Periodontitis? A Review. *Probiotics Antimicrob Proteins* 2021; 13(2): 299–314.

41. Poveda Roda R, Bagán JV, Sanchis Bielsa JM, Carbonell Pastor EJMO, Patología Oral y Cirugía Bucal. Antibiotic use in dental practice: A review. 2007; 12(3): 186–92.

42. Laxminarayan R, Duse A, Wattal C, Zaidi AKM, Wertheim HFL, Sumpradit N. (ym.) Antibiotic resistance—the need for global solutions. *The Lancet Infectious Diseases* 2013; 13(12): 1057–98.

43. Laxminarayan R, Heymann DL. Challenges of drug resistance in the developing world. *BMJ* 2012; 344: e1567.

44. Prieto-Prieto J, Calvo A. Microbiological basis of oral infections and sensitivity to antibiotics. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2004; 9 (Suppl):15–8; 11–4..

45. Bresco-Salinas M, Costa-Riu N, Berini-Ayres L, Gay-Escoda C. Antibiotic susceptibility of the bacteria causing odontogenic infections. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006; 11(1): E70–5.

46. Li G-H, Niu L-N, Zhang W, Olsen M, De-Deus G, Eid AA, et al. Ability of new obturation materials to improve the seal of the root canal system: a review. *Acta Biomater* 2014; 10(3): 1050–63.

47. Ørstavik D. Endodontic filling materials. *Endodontic Topics* 2014; 31(1): 53–67.

48. Kim SG, Malek M, Sigurdsson A, Lin LM, Kahler B. Regenerative endodontics: a comprehensive review. *Int Endod J* 2018; 51(12): 1367–88.

49. Liu Y, Gan L, Cui DX, Yu SH, Pan Y, Zheng LW. (ym.) Epigenetic regulation of dental pulp stem cells and its potential in regenerative endodontics. *World J Stem Cells* 2021; 13(11): 1647–66.

50. Lin LM, Huang GT, Sigurdsson A, Kahler B. Clinical cell-based versus cell-free regenerative endodontics: clarification of concept and term. *Int Endod J* 2021; 54(6): 887–901.

51. Kearney M, Cooper PR, Smith AJ, Duncan HF. Epigenetic Approaches to the Treatment of Dental Pulp Inflammation and Repair: Opportunities and Obstacles.

Front Genet 2018; 9: 311.

52. Baaij A, Ozok AR, Vth M, Musaeus P, Kirkevang LL. Self-efficacy of undergraduate dental students in Endodontics within Aarhus and Amsterdam. *Int Endod J* 2020; 53(2): 276–84.

53. Haug SR, Linde BR, Christensen HQ, Vilhjalmsen VH, Bardsen A. An investigation into security, self-confidence and gender differences related to undergraduate education in Endodontics *Int Endod J* 2021; 54(5): 802–11.

54. Gatley S, Hayes J, Davies C. Requirements, in terms of root canal treatment, of undergraduates in the European Union: an audit of teaching practice. *Br Dent J* 2009; 207(4): 165–70.

55. Qualtrough AJ. Undergraduate endodontic education: what are the challenges? *Br Dent J* 2014; 216(6): 361–4.

56. Patel J, Fox K, Grieveson B, Youngson CC. Undergraduate training as preparation for vocational training in England: a survey of vocational dental practitioners' and their trainers' views. *Br IDent J* 2006; 201(S5): 9–15.

57. Whitney EM, Walton JN, Aleksejuniene J, Schönewetter DJ. Graduating Dental Students' Views of Competency Statements: Importance, Confidence, and Time Trends from 2008 to 2012. *J Dent Educ* 2015; 79(3): 322–30.

58. Christensen HQ, Linde BR, Bårdsen A, Vilhjalmsen VH, Haug SR. Influence of dental education on adoption and integration of technological aids in the delivery of endodontic care by dental practitioners: a survey. *Acta Odontol Scand* 2022; Nov; 80(8): 611–618.

59. Tsesis I, Rosen E, Taschieri S, Telishevsky Strauss Y, Ceresoli V, Del Fabbro M. Outcomes of Surgical Endodontic Treatment Performed by a Modern Technique: An Updated Meta-analysis of the Literature. *J Endod* 2013; 39(3): 332–9.

60. D'Souza RN, Colombo JS. How Research Training Will Shape the Future of Dental, Oral, and Craniofacial Research. Chicago 2017. p. eS73–eS82.

61. Wigsten E, Jonasson P, EndoReCo, Kvist T. Indications for root canal treatment in a Swedish county dental service: patient- and tooth-specific characteristics. *Int Endod J* 2019; 52(2): 158–68.

62. Wigsten E, Al Hajj A, Jonasson P, EndoReCo, Kvist T. Patient satisfaction with root canal treatment and outcomes in the Swedish public dental health service. A prospective cohort study. *Int Endod J* 2021. May 10. doi: 10.1111/iej.13548

63. Zilinskaite-Petrauskiene I, Haug SR. A Comparison of Endodontic Treatment Factors, Operator Difficulties, and Perceived Oral Health-related Quality of Life between Elderly and Young Patients. *J Endod* 2021; 47(12): 1844–53.

64. Bletsa A, Iden O, Sulo G, Berggreen E. Work experience influences treatment approaches in endodontics: a questionnaire survey among dentists in Western Norway. *Acta Odontol Scand* 2019; 77(8): 617–23.

65. Hull EE, Montgomery MR, Leyva KJ. HDAC Inhibitors as Epigenetic Regulators of the Immune System: Impacts on Cancer Therapy and Inflammatory Diseases. *Biomed Res Int* 2016; 2016: 8797206.

66. Duncan HF, Smith AJ, Fleming GJ, Cooper PR. Histone deacetylase inhibitors induced differentiation and accelerated mineralization of pulp-derived cells. *J Endod* 2012; 38(3): 339–45.