

Kimmo Kero ja Arvo Korteso

JUURIKANAVAN TYÖSKENTELYMITAN MÄÄRITTÄMINEN
KAHDELLA ERI MENETELMÄLLÄ

Apeksimittarilla ja röntgenkuvasta saadun työskentelymitan vertailu

Syventävien opintojen kirjallinen työ
Syyslukukausi 2014

Kimmo Kero ja Arvo Korteso

JUURIKANAVAN TYÖSKENTELYMITAN MÄÄRITTÄMINEN
KAHDELLA ERI MENETELMÄLLÄ

Apeksimittarilla ja röntgenkuvasta saadun työskentelymitan vertailu

Turun yliopisto
Lääketieteellinen tiedekunta
Hammaslääketieteen laitos, kariesoppi
Syyslukukausi 2014

Ohjaaja: dos. Merja Laine
Asiantuntijatarkastaja: prof. Leo Tjäderhane

TURUN YLOPISTO

Lääketieteellinen tiedekunta, Hammaslääketieteen laitos

KERO, KIMMO; KORTESUO, ARVO:

Juurikanavan työskentelymitan määrittäminen kahdella eri menetelmällä -
Apeksimittarilla ja röntgenkuvasta saadun työskentelymitan vertailu

Syventävien opintojen kirjallinen työ, 22 sivua

Kariesoppi

Lokakuu 2014

Kirjallisuuskatsaus käsittelee hampaan juurikanavan mittaamisessa käytettyjen apeksimittarin ja neulakuvan eroja kliinisessä hoitotyössä. Tutkimuksen kohteena ovat vain pysyvät hampaat, joiden juurenkehitys on päättynyt. Tavoitteena on selvittää näiden kahden eri tekniikan eroja sekä niiden soveltuvuutta kliiniseen työhön. Katsaus perustuu alan oppikirjoihin sekä aihetta käsitteleviin tutkimuksiin Pubmed -tietokannasta. Kirjallisuuskatsauksen vertailuosuuteen on valittu vain in vivo -olosuhteissa tehdyt tutkimukset.

Apeksimittarin ja neulakuvan mittaustarkkuuksissa ei näyttäisi olevan tilastollisesti merkittävää eroa. Apeksimittari on juurihoidossa apuväline, joka säästää aikaa sekä vähentää potilaan saamaa säteilyrasitusta. Hammaslääkärin tulisi käyttää apeksimittaria juurihoidon tukena. Laitteen satunnaisesta epätarkkuudesta johtuen on kuitenkin suositeltavaa ottaa neulakuva työskentelymitan varmistamiseksi etenkin epäselvissä tapauksissa.

Tämä kirjallinen työ on osa syventävistä opinnoistamme. Toinen osa koostuu tekemästämme opetusvideomateriaalista, jota on tarkoitus käyttää juurihoidon peruskurssin simulaatioharjoituksissa.

Asiasanat: apeksimittari, juurihoito, neulakuva, työskentelymitta

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	5
2. TAUSTAA	6
2.1 <i>Hampaan juurenkärki</i>	6
2.2 <i>Foramen apicale ja apikaalinen kurouma</i>	7
2.3 <i>Työskentelymitta</i>	7
2.4 <i>Apeksimittari</i>	9
3. MENETELMIEN VERTAILU	10
3.1 <i>Röntgenkuvan edut ja haitat</i>	10
3.2 <i>Apeksimittarin edut ja haitat</i>	12
4. TUTKIMUS	13
4.1 <i>Juuritäytteen onnistumisen arviointi röntgenkuvan perusteella, kun työskentelymitta oli arvioitu joko apeksimittarilla tai neulakuvalla</i>	15
4.1.1 <i>Tulokset</i>	15
4.2. <i>Työskentelymitan arviointi in vivo apeksimittarilla ja neulakuvalla</i>	16
4.2.1 <i>Tulokset</i>	17
5. POHDINTA JA YHTEENVETO	19
LÄHTEET	21

1. JOHDANTO

Kolmiulotteisten hampaan juurikanavien tarkan pituuden ja sijainnin selvittämisessä kaksiulotteisen röntgenkuvan tulkitseminen on usein haastavaa. Pitkään käytössä olleiden röntgenkuvien rinnalle kehitetty apeksimittari on vaihtoehtoinen keino kanavamitan selvittämiseen. Apeksimittarin toiminta perustuu sähköisen vastuksen muutoksen mittaamiseen kudoksessa. Mittari päästää äänimerkin juurikanavaneulan kärjen kohdattua parodontaaliligamentin foramen apicalen alueella. Apeksimittari on yleisesti hyväksytty nimitys, vaikka varsinaisesti kyseessä on foramen apicale -mittari. Kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on selvittää juurikanavien työskentelymitan määrittämisessä käytettävien apeksimittarin ja neulakuvan eroja kliinisessä juurihoitotyössä. Kirjallisuuskatsaus käsittelee vain niitä hampaita, joiden juurenkehitys on jo päättynyt.

Katsaus perustuu endodontian oppikirjoihin sekä aihetta käsitteleviin tutkimuksiin Pubmed -tietokannasta. Aluksi kerrataan hampaan apeksin anatomia, työskentelymitan Pohjoismainen määritelmä sekä molempien tekniikoiden toimintaperiaatteet, joiden jälkeen keskitytään selvittämään tekniikoiden mahdollisia paremmuuseroja. Selvitetään myös eroja soveltuvuudessa kliiniseen työhön sekä pohditaan kummankin menetelmän tulevaisuudennäkymiä.

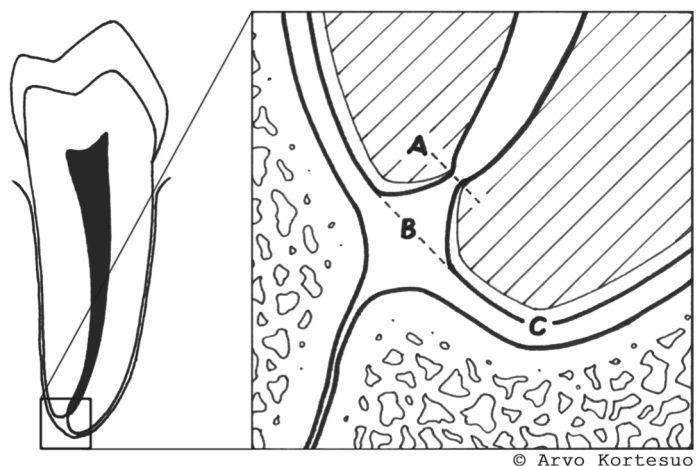
2. TAUSTAA

2.1 Hampaan juurenkärki

Hampaan juurenkärjen eli apeksin tarkan anatomian tunteminen on oleellista juurihoidon teorian ymmärtämiselle sekä onnistuneelle juurihoidolle. Kuva 1 on leikepiirros hampaan juurenkärjen alueelta, jossa kuvatut rakenteet jokaisen hammaslääkärin tulee tietää. Jana A merkitsee apikaalisen kurouman eli foramen minorin sijaintitason, jossa endodontium päättyy sementti-dentiinirajalla vaihtuen parodontiumiksi (Gutmann ym. 2011). Jana B kuvaa foramen apicalen eli foramen majorin sijaintia, jossa juurikanava avautuu hampaan juuren pinnalle (Patel ym. 2011). Janojen välinen etäisyys on 0,5–0,7 mm (Olson ym. 1991). Piste C on hampaan juurenkärki eli anatominen apeksi, jota ei tule sekoittaa kohtaan, jossa juurikanava päättyy. Röntgenologisella apeksilla tarkoitetaan röntgenkuvassa näkyvää hampaan apeksia. Paralleelitekniikalla kuvattaessa röntgensäteet osuvat kuvalevyllä 90 asteen kulmassa, jolloin röntgenologinen apeksi on sama kuin anatominen apeksi.

Kuva 1: Juurenkärjen anatomiaa.

A = apikaalinen kurouma (foramen minor)
B = foramen apicale (foramen major)
C = hampaan anatominen apeksi



© Arvo Kortesus

2.2 Foramen apicale ja apikaalinen kurouma

Ideaalitilanteessa foramen apicale sijaitsee hampaan anatomisessa apeksissa, mutta usein sen sijainnissa on vaihtelua. Edeltävät tutkimukset ovat osoittaneet, että foramen apicale sijaitsee anatomisessa apeksissa vain 50–98 % hampaista (Olson ym. 1991). Edeltävien tutkimusten perusteella on päädytty siihen, että foramen apicalen etäisyys apeksista on keskimäärin 0,5 mm ja apikaalisen kurouman etäisyys apeksista keskimäärin 1,0 mm (ElAyouti ym. 2014). Näitä arvioita käytetään yleisesti juurihoidossa foramen apicalen ja apikaalisen kurouman sijaintia määritettäessä, vaikka tiedossa on, että etäisyyksissä on suurta vaihtelua. Myös sementti-dentiinirajan sijainti apikaalisen kurouman suhteen voi vaihdella. Mikroskooppiset anatomiset variaatiot ovat juurihoidon haastavuutta lisääviä tekijöitä, sillä niiden röntgenologinen tai kliininen havainnointi on mahdotonta (Patel ym. 2011).

2.3 Työskentelymitta

Työskentelymitalla tarkoitetaan hampaan juurihoidossa pituutta, jolla juurihoitoinstrumentteja voidaan turvallisesti ja samalla tehokkaasti käyttää juurikanavassa. Periapikaaliset kudokset eivät juurikanavan preparoinnissa saa vaurioitua, mutta pituuden on oltava riittävä, jotta kanavat voidaan puhdistaa koko juuripulpan alueelta. Pohjoismaisen määritelmän mukaan työskentelymitta on hampaan kruunulle määritellyn referenssipisteen sekä apikaalisen kurouman välinen etäisyys. Juurikanavan ylimittauksella tarkoitetaan apikaalisen kurouman läpi ulottuvaa mittausta. Juurikanavan alimittaus puolestaan tarkoittaa, että apikaalista kuroumaa ei ole saavutettu. Juurikanavien pituudet vaihtelevat suuresti eri hampaissa ja eri henkilöillä. Työskentelymitan tarkka määrittäminen on erittäin tärkeää juurihoidon onnistumisen kannalta (Haapasalo ym. 2009, Jarad ym. 2011).

Neulakuvan ottamisen osalta tässä katsauksessa keskitytään yksinkertaiseen paralleelitekniikkaan. Tavoitteena on, että hammas ja sen juurikanavassa oleva juurikanavaneula merkintärenkaineen eli puhekielisesti stoppareineen kuvautuvat kokonaisuudessaan ilman päällekkäisyyksiä tai venymiä. Lisäksi kuvassa tulee näkyä periapikaalialuetta 2–3 millimetriä. Tällöin kuvasta voidaan mitata matka juurikanavaneulan kärjen ja röntgenologisen apeksin välillä. Asiantuntijat suosittelivat

neulakuvan uusimista, jos neulamittaan vaadittava muutos on suurempi kuin 2 mm (Haapasalo ym. 2009). Lopullinen työskentelymitta määritetään neulamitan perusteella 1,0 millimetrin päähän röntgenologisesta apeksista, mikä on arvioitu apikaalisen kurouman sijaintitasoksi ja minkä on tutkimuksissa todettu keskimäärin johtavan parhaaseen juuritäytteeseen (Walton 2009). Neuloina neulakuissa käytetään yleensä pieniä, kokojen 10–15 K-viiloja. Niiden pieni koko ja elastisuus useimmiten riittävät apeksin vaivattomaan saavuttamiseen (Haapasalo ym. 2009).

2.4 Apeksimittari

Apeksimittarin historia ulottuu noin 50 vuoden taakse, jolloin Japanissa alettiin tutkia hampaan juurikanavan mittaamista sähköisesti (Gutmann ym. 2011, Jarad ym. 2011). Kehitys on edennyt tasavirran vastusta mittaavista laitteista kolmannen sukupolven frekvenssityyppisiin apeksimittareihin, jotka hyödyntävät vaihtovirtaa ja eritaajuuksisten vaihtovirtojen impedanssimuutoksien muuttamista etäisyysinformaatioksi (Walton 2009). Nykypäivänä useimmat apeksimittarit mittaavat sähkövirrasta myös muita suureita, kuten kapasitanssia ja resistanssia tai näiden yhdistelmiä. Laitteiden tarkkuus on parantunut ja ne hyödyntävät aiempaa etevämpiä laskukaavoja tarkemman mittaustuloksen saamiseksi (Ali ym. 2013). Näitä apeksimittareita kutsutaan neljännen sukupolven apeksimittareiksi, vaikka pohjimmiltaan toimintaperiaate on sama kuin kolmannen sukupolven apeksimittareissa.

Frekvenssityypin apeksimittarien toiminta perustuu impedanssin eli virtapiirin vaihtovirralla luoman vastuksen mittaamiseen (Walton 2009). Juurikanavaneulaan kiinnitetty ja huuleen kontaktissa oleva elektrodipari muodostaa virtapiirin, jonka avulla apeksimittari mittaa apeksin ja juurikanavaneulan kärjen välisen etäisyyden. Apeksimittari johtaa johtimeen kahta tai useampaa eritaajuisia vaihtovirtaa, joiden impedanssierot ovat pienimmillään juurikanavan koronaalisessa osassa. Erot suurenevat apeksia lähestyessä ja ovat suurimmillaan sementti-dentiinirajalla kun apikaalinen kurouma saavutetaan. Virtapiiri sulkeutuu juurikanavaneulan kohdattua parodontaaliligamentin ja laite ilmoittaa apeksin saavuttamisesta (Ali ym. 2013). Käytännössä neula on tällöin mennyt apikaalisen kurouman läpi. Tutkimusten mukaan juurikanavassa olevat elektrolyytit eivät vaikuta merkittävästi kolmannen ja neljännen sukupolven apeksimittareiden mittatarkkuuteen, mutta ylimääräinen neste on yleisen näkemyksen mukaan syytä poistaa kavumista virtapiirin ennen aikaisen sulkeutumisen estämiseksi (Ali ym. 2013, Gordon ym. 2004).

3. MENETELMIEN VERTAILU

3.1 Röntgenkuvan edut ja haitat

Röntgenkuvasta saadaan runsaasti tietoa hoidettavan alueen anatomiasta ja muun muassa alla mainitut asiat vaikuttavat juurihoidon ennusteeseen.

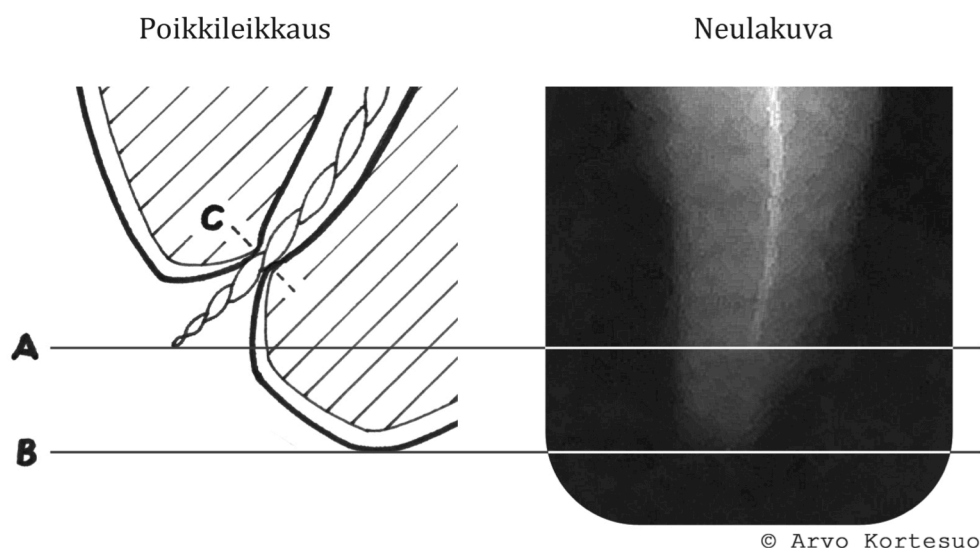
- juurikanavien muoto, määrä ja laajuus
- ympäröivien kudosten rakenne
- periapikaalinen status
- juurikanavan vierasesineet
- sivukanavat
- mahdolliset resorptiot

Neulakuva on perinteinen juurikanavamitan määrittämiseen käytetty menetelmä. Hoitosuunnitelmaan voidaan tehdä muutoksia neulakuvan antaman tiedon perusteella. Digitaalinen röntgenkuva on tuonut mukanaan mahdollisuudet kuvan ikkunointiin ja dimensioiden mittaamiseen kuvantamisohjelmien avulla, helpottaen hammaslääkärin työtä. Röntgenologinen tutkimus tuottaa tietoa, joka on helppo arkistoida ja ottaa myöhemmin tarvittaessa uudelleen esille. Tämä takaa sekä potilaan että hammaslääkärin oikeusturvan.

Työskentelymitan määrittäminen röntgenkuvasta perustuu hammaslääkärin tekemään subjektiiviseen arvioon röntgenologisen apeksin sijainnista. Neulakuvan antaman tiedon perusteella hammaslääkäri laskee lopullisen työskentelymitan, joka perustuu tutkimuksista saatuun keskiarvoon apikaalisen kurouman sijainnista. Tämä 1,0 mm keskiarvo ei täysin sovellu yksilötasolle ja voi joissakin tapauksissa johtaa virhearvioihin. Etenkin ylämolaareissa röntgenkuvan tulkinta on hankalaa poskionteloiden, poskikaaren sekä suulaen anatomian vuoksi. Röntgenkuva on kaksikulotteinen kuva kolmiulotteisesta rakenteesta, jolloin informaatio on aina tulkinnanvaraista, eikä kaikkea anatomista tietoa välttämättä saada selville esimerkiksi päällekkäisyyksien vuoksi. Kuvalevyn virheasennon aiheuttamia venymiä ei aina voida välttää, vaikka käytössä olisi kuvalevynpidike.

Lisäksi kuvausteknisistä syistä johtuen kuvalevyille piirtyvä kuva on aina 5–10 % suurempi kuin alkuperäinen rakenne (Patel ym. 2011). Välillä kuvia joudutaan uusimaan epäonnistumisen vuoksi, mikä lisää potilaan säteilyrasitusta ja vie ylimääräistä aikaa. Esimerkiksi juurikanavaneula tai sen merkintärengas voivat liikkua kanavassa kuvauksen aikana. Myös filmin tai kuvalevyn asettelussa suuhun voidaan joutua tekemään kompromisseja esimerkiksi ahtauden vuoksi, jolloin kuva ei välttämättä onnistu ensimmäisellä yrityksellä. Röntgenologisen apeksin määrittäminen ei aina kerro foramen apicalen sijaintia. Olson ym. (1991) tutkimuksessa foramen apicale pystyttiin määrittämään 82 %:ssa kanavista käyttämällä yhtä neulakuvaa. Yleinen syy mittavirheisiin on foramen apicalen lateraalinen sijainti, jolloin kuvausprojektio antaa vääristyneen kuvan foramen apicalen sijainnista (Kuva 2).

ALARA-periaatteen (As Low As Reasonably Achievable) mukaisesti röntgenkuvista saatavan hyödyn on ylitettävä niistä aiheutuvat haitat ja säteilyannoksen on oltava mahdollisimman pieni (Säteilyturvakeskus 2014). Juurihoitoon sisältyy useita röntgenkuvia, joista osa voidaan joutua ottamaan useampaan kertaan. Tämä lisää potilaan saamaa säteilyrasitusta. Lisäksi monet yleis-, suun- ja mielenterveydelliset seikat joko estävät tai hankaloittavat röntgenologisen tutkimuksen suorittamista. Tällaisista seikoista ovat esimerkkejä potilaan raskaus tai herkkänieluisuus.



Kuva 2: Neulakuvaharha. Kärjistetyssä esimerkissä neulamitta näyttää neulakuvassa alimittaiselta, vaikka todellisuudessa apikaalinen kurouma (jana C) on jo reilusti ylitetty. Taso A kertoo neulan kärjen sijaintitason ja taso B linjaa röntgenologisen apeksin. Röntgensäteet kulkevat tasojen suuntaisesti.

3.2 Apeksimittarin edut ja haitat

Useimmat klinikot käyttävät apeksimittaria neulakuvan rinnalla. Nykyiset kolmannen sukupolven apeksimittarit ilmoittavat apikaalisen kurouman sijainnin 0,5 mm tarkkuudella yli 90 %:ssa kanavista ja 1 mm:n tarkkuudella 100 %:ssa kanavista (Jarad ym. 2011). Apeksimittari vähentää yli-instrumentoinnin riskiä (Vieyra ym. 2011). Mittaria voidaan käyttää tarvittaessa preparoinnin aikana. Potilaalle menetelmä on miellyttävä ja röntgenkuvausta helpompi toteuttaa. Potilas välttyy ylimääräiseltä säteilyrasitukselta ja lisäksi aikaa säästyy. Apeksimittaria voidaan käyttää myös juurikanavan perforaatioiden etsimisessä (Haapasalo ym. 2009).

Neulakuvaan verrattuna apeksimittarin antama tieto on objektiivista. Hammaslääkärin on kuitenkin perehdyttävä apeksimittarin käyttöön, sillä markkinoilla on paljon erilaatuisia laitteita (Akisue ym. 2014). Kanavasta tuleva märkävuoto, hampaan avojuuruus, apikaalinen resorptio, sivukanavat sekä juuren resorptiosta tai iatrogeenisistä syistä aiheutuneet perforaatiot aiheuttavat häiriöitä, jotka voivat vaikuttaa mittaustuloksiin. Osa apeksimittareista vaatii säännöllisen kalibroinnin, jotta niiden mittaustarkkuus säilyy. Markkinoiden uudet apeksimittarit ovat kuitenkin lähes kaikki automaattisesti kalibroituja. Ylimääräinen neste kavumissa sekä mittauskärjen kontaktit metallirestauraatioihin aiheuttavat virhelukemia (Patel 2011). Lisäksi kalsiumhydroksidijäät juurikanavassa voivat osaltaan heikentää apeksimittarin mittaustarkkuutta (Ustun ym. 2014).

Apeksimittarin käytöstä ei jää röntgenkuvien kaltaisia dokumentteja, joita voidaan tarpeen vaatiessa tulkita uudelleen. Tämän vuoksi osa klinikoista ottaa aina röntgenkuvan apeksimittarin käytön ohessa, jotta hoitohenkilökunnan oikeusturva on taattu potilasvahingon sattuessa (Smadi 2006). Toisaalta röntgenkuvia otetaan myös varmennukseksi, jos apeksimittarin lukema ei vaikuta luotettavalta. Apeksimittarien soveltuvuudesta sydämentahdistinpotilaille on keskusteltu runsaasti. Tutkimuksissa ei kuitenkaan ole havaittu häiriöitä sydämentahdistimien toiminnassa apeksimittaria käytettäessä (Garofalo ym. 2002, Gomez ym. 2012).

4. TUTKIMUS

Kirjallisuuskatsauksessa käytettiin artikkelien haussa PubMed-tietokantaa, josta artikkeleita haettiin hakusanoilla *endodontic working length determination*, *endodontic working length measurement*, *comparison radiographic and electronic working lengths* ja *dental working length determination*. Hakujen perusteella löydettiin 580 artikkelia, joista otsikoiden ja abstraktien perusteella valikoitiin kahdeksan artikkelia ajanjaksolta 1996–2013. Katsaukseen valittiin tutkimukset, joissa käsitellään apeksimittarien ja neulakuvan eroja kliinisessä työssä eli ns. in vivo. Näistä neulakuvan ja apeksimittarin eroja selvittävästä tutkimuksista kolme artikkelia käsittelee juuritäytteen onnistumista ja viisi artikkelia juurikanavan mittaustarkkuutta.

Tutkimuksissa käytetyt hampaat rajattiin seuraavin kriteerein:

- pysyvä hammas, jonka juurenkärki on sulkeutunut
- ei röntgenkuvassa havaittavaa resorptiota
- ei aiempaa juurihoitoa

Tutkimuksissa käytössä olivat seuraavat apeksimittarit:

- Raypex 5 (DENTSPLY)
- Root ZX (J. Morita Co.)
- Root ZX Mini (J. Morita Co.)
- VDW Gold (VDW Dental)
- Elements Apex Locator (SybronEndo)
- Precision Apex Locator (NSK)
- Endex Apex Locator (Osada Electric Co., Ltd.)
- Endo Analyzer Model 8005 (SybronEndo)

Taulukko 1: Kirjallisuuskatsaukseen hyväksytyt tutkimukset

Tutkimus ja vuosi	Tarkoitus	Otanta	Mittausmenetelmät	Tutkimusmenetelmä	Tulokset
Pratten ym. 1996	Apeksimittarin ja röntgenologisen neulakuvan mittaustarkkuus apikaalisen kurouman paikantamisessa	27 juurikanavaa	Endex Apex locator neulakuva	Juurikanava mitattiin apeksimittarilla ja neulakuvalla. Hammas poistettiin ja tutkittiin histologisesti	Tilastollisesti merkittävä ero apeksimittarin ja neulakuvan välillä
Welk ym. 2003	Kahden apeksimittarin mittaustarkkuus apikaalisen kurouman paikantamisessa	32 hammasta	Root ZX Endo Analyzer model 8005	Juurikanava mitattiin kahdella apeksimittarilla. Hammas poistettiin ja tutkittiin leikkenä visuaalisesti	Tilastollisesti merkittävä ero apeksimittareiden välillä
Wrbas ym. 2007	Kahden apeksimittarin mittaustarkkuus apikaalisen kurouman paikantamisessa	20 juurikanavaa	Raypex 5 Root ZX	Juurikanava mitattiin kahdella apeksimittarilla. Hammas poistettiin ja tutkittiin valomikroskoopilla.	Ei tilastollisesti merkittävää eroa apeksimittareiden välillä
Vieyra ym. 2010	Kahden apeksimittarin ja röntgenologisen neulakuvan mittaustarkkuus apikaalisen kurouman paikantamisessa	482 juurikanavaa	Root ZX Elements Apex Locator neulakuva	Juurikanava mitattiin kahdella apeksimittarilla ja neulakuvalla. Hammas poistettiin ja tutkittiin visuaalisesti	Ei tilastollisesti merkittävää eroa apeksimittareiden välillä. Tilastollisesti merkittävä ero apeksimittareiden ja neulakuvan välillä
Vieyra ym. 2011	Apeksimittarin ja röntgenologisen neulakuvan mittaustarkkuus apikaalisen kurouman paikantamisessa	693 juurikanavaa	Root ZX Elements apex Locator Precision Apex Locator Raypex 5 neulakuva	Juurikanava mitattiin neljällä apeksimittarilla ja neulakuvalla. Hammas poistettiin ja tutkittiin visuaalisesti	Ei tilastollisesti merkittävää eroa apeksimittareiden välillä. Tilastollisesti merkittävä ero apeksimittareiden ja neulakuvan välillä
Ravanshad ym. 2010	Juuritäytteen onnistuminen määritettäessä työskentelymitta röntgenologisesti tai apeksimittaria käyttäen	188 juurikanavaa	Raypex 5 neulakuva	2 ryhmää. Ensimmäisessä ryhmässä juurikanava mitattiin neulakuvalla ja toisessa apeksimittarilla. Tulos tutkittiin päänasta- ja täyttökuvalla	Ei tilastollisesti merkittävää eroa apeksimittarin ja neulakuvan välillä
Jarad ym. 2011	Juuritäytteen onnistuminen määritettäessä työskentelymitta röntgenologisesti tai apeksimittaria käyttäen	46 hammasta	Raypex 5 neulakuva	2 ryhmää. Ensimmäisessä ryhmässä juurikanava mitattiin apeksimittarilla ja toisessa neulakuvalla. Tulos tutkittiin päänastakuvalla	Ei tilastollisesti merkittävää eroa apeksimittarin ja neulakuvan välillä
Koçak ym. 2013	Juuritäytteen onnistuminen määritettäessä työskentelymitta röntgenologisesti tai apeksimittaria käyttäen	283 juurikanavaa	Root ZX mini VDW Gold neulakuva	3 ryhmää. Ensimmäisessä ryhmässä juurikanava mitattiin neulakuvalla ja kahdessa muussa apeksimittareilla. Tulos tutkittiin päänastakuvalla	Ei tilastollisesti merkittävää eroa apeksimittareiden ja neulakuvien välillä

4.1 Juuritäytteen onnistumisen arviointi röntgenkuvan perusteella, kun työskentelymitta oli arvioitu joko apeksimittarilla tai neulakuvalla

Kriteerit täyttäneitä tutkimuksia oli kolme. Näissä vuosina 2010–2013 tehdyissä tutkimuksissa tutkittiin potilaille tehtyjen juuritäytteen onnistumisprosentteja kahdessa ryhmässä. Ensimmäisessä ryhmässä työskentelymitta määritettiin apeksimittarilla ja toisessa neulakuvalla. Juuritäytön onnistuminen kontrolloitiin kaikissa tutkimuksissa sekä päänastakuvalla että täyttökuvalla.

Hyväksyttäviksi juuritäytteiksi määriteltiin 0–2 mm päässä röntgenologisesta apeksista olevat juuritäytteet. Vajaatäytöksi luettiin yli 2 mm päässä röntgenologisesta apeksista olevat juuritäytteet ja ylitäytön kriteerinä oli röntgenologisen apeksin ylittävä juuritäyte. Jarad ym. 2011 eivät tilastoi erikseen vajaa- ja ylitäyttöä, joten kentät on yhdistetty. Tulokset sekä yhteenveto esitetään taulukoissa 2 ja 3.

4.1.1 Tulokset

Taulukossa 2 esitetään kolmen tutkimuksen tulokset, joissa on tutkittu 517 juuritäytteen onnistumista. Työskentelymitta oli 316 juurikanavassa mitattu apeksimittarilla ja 201 juurikanavassa neulakuvalla. Tutkimuksessa apeksimittareina olivat Raypex 5, Root ZX mini ja VDW Gold. Juuritäytteen onnistuminen arvioitiin täyttökuvalla.

Taulukko 2: Juuritäytteen onnistuminen, kun kanavamitta on määritetty apeksimittarilla ja neulakuvalla. Arviointimenetelmänä täyttökuvalla.

	Ravanshad ym. 2010				Jarad ym. 2011				Koçak ym. 2013					
	Raypex 5		neulakuva		Raypex 5		neulakuva		Root ZX Mini		VDW Gold		neulakuva	
Kanavan täyttö	n=104	%	n=84	%	n=23	%	n=23	%	n=92	%	n=97	%	n=94	%
Hyväksyttävä*	94	90,4	72	85,7	21	91	17	74	80	87	81	83,5	77	81,9
Vajaatäyttö**	1	1	1	1,2					4	4,3	6	6,2	7	7,4
Ylitäyttö***	9	8,7	11	13,1					8	8,7	10	10,3	10	10,6
Vajaa- ja ylitäyttö					2	9	6	26						

* Hyväksyttävä: juuritäyte on 0-2 mm päässä radiologisesta apeksista.

** Vajaatäyttö: juuritäytteen etäisyys radiologisesta apeksista on yli 2 mm.

*** Ylitäyttö: juuritäyte menee radiologisen apeksin yli.

Yhteenvertaustaulukko (taulukko 3) juuritäytteen onnistumisesta osoittaa apeksimittarin vähäisen paremmuuden, joka tilastollisesti merkitsemättömänä todetaan useimmissa lähteinä käytetyissä tutkimuksissa. Tulosten perusteella juuritäytteen onnistuminen ei riipu siitä, onko työskentelymitan määrittämisessä käytetty apeksimittaria (hyväksyttävät täytöt 87,3%) vai neulakuvaa (hyväksyttävät täytöt 82,6%).

Taulukko 3: Yhteenveto juuritäytteen onnistumisesta käsiteltyistä tutkimuksista. Kanavamitta on määritetty apeksimittarilla ja neulakuvalla. Arviointimenetelmänä täyttökäyttö.

Kanavan täyttö	apeksimittari		neulakuva	
	n=316	%	n=201	%
Hyväksyttävä	276	87,3	166	82,6
Hylätty*	40	12,7	35	17,4

* Sekä vajaatäyttö että ylitäyttö

4.2 Työskentelymitan arviointi in vivo apeksimittarilla ja neulakuvalla

Kriteerien perusteella valittiin viisi juurikanavan mittaustarkkuutta käsittelevää tutkimusta vuosilta 1996-2011, joissa mittaus tehtiin potilaan suussa olevaan hampaaseen apeksimittarilla ja neulakuvalla. Mittauksen jälkeen hampaat poistettiin valomikroskooppitutkimusta varten. Syynä hampaiden poistoon olivat parodontaaliset, proteettiset tai oikomishoidolliset syyt. Kaikilla tutkimuksilla oli eettisen lautakunnan myöntämä lupa.

Näiden tutkimusten tavoitteena oli paikantaa apikaalinen kurouma (Kuva 1) ja tulokset jaettiin viiteen eri ryhmään: $\geq 1,0$ mm yli- tai alimittaukset, 0,99–0,5 mm yli- tai alimittaukset ja apikaalisen kurouman löytäneet (0,49–0 mm) mittaukset. Mukana olevista tutkimuksista Welk ym. 2003 ja Wrbas ym. 2007 ovat apeksimittareiden välisiä eroja mittaavia tutkimuksia, joten niissä ei ole otettu lainkaan neulakuvaa. Pratten ym. 1996 on tutkimuksista ainoa, joka on tilastoinut myös yli 1 mm alimittauksen. Tutkimuksessa Vieyra ym. 2011 ei ilmoiteta otettujen neulakuvien lukumäärää. Pyöristettyjen prosentiosuuksien perusteella on laskettu lukumääräksi 684, vaikka sen mitattujen kanavien mukaan lukumäärän tulisi olla 693.

4.2.1 Tulokset

Taulukossa 4 esitetään viiden mukana olleen tutkimuksen tulokset mittaustarkkuuksista. Juurikanavista 3854 oli mitattu apeksimittarilla ja 1158 neulakuvalla. Apeksimittareina näissä tutkimuksissa olivat Endex Apex Locator, Root ZX, Raypex 5, Endo Analyzer Model 8005, Elements Apex Locator ja Precision Apex Locator. Yhteenvedo tuloksista esitetään taulukossa 5.

Taulukko 4: Mittaustarkkuus eri apeksimittarien ja neulakuvan välillä. Arviointimenetelmänä valomikroskooppi.

Etäisyys apikaalikuroumasta		- 1,0 mm		- 0,5 mm		AC**		+0,5 mm		+ 1,0 mm	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Pratten ym. 1996											
Endex Apex Locator	n=31	2	6,5	10	32,2	15	48,3	2	6,5	2	6,5
neulakuva	n=20	7	35	6	30	5	25	1	5	1	5
Welk ym. 2003											
Root ZX	n=32	0	0	1	3,1	29	91	1	3,1	1	3,1
Endo Analyzer model 8005	n=32	0	0	0	0	11	34	12	38	9	28
Wrbas ym. 2007											
Raypex 5	n=20	0	0	0	0	16	80	3	15	1	5
Root ZX	n=20	0	0	1	5	15	75	2	10	2	10
Vieyra ym. 2010											
Root ZX	n=484	0	0	5	1	286	59	193	40	0	0
Elements Apex Locator	n=463	0	0	37	8	240	52	186	40	0	0
neulakuva	n=454	0	0	4	0,8	58	13	226	50	166	37
Vieyra ym. 2011											
Root ZX	n=693	0	0	8	1,15	491	70,9	194	28	0	0
Elements Apex Locator	n=693	0	0	79	11,4	371	53,5	237	34,2	6	0,9
Precision Apex Locator	n=693	0	0	11	1,6	464	67	218	31,4	0	0
Raypex 5	n=693	0	0	124	17,9	330	47,6	237	34,2	2	0,3
neulakuva	n=684*	0	0	113	16,5	116	17	291	42,5	164	24

* Vieyra ym. ei ilmoita neulakuvien lukumäärää. Pyöristetyistä prosenttiosuuksista laskettu n=684, vaikka sen tulisi olla 693

** AC = Apikaalinen kurouma (Apical Constriction)

Yhteenvetotaulukko (taulukko 5) osoittaa apeksimittarin paremmuuden, kun apeksimittaria ja neulakuvaa vertaillaan apikaalisen kurouman paikantamisessa. Apeksimittarilla tehdyistä mittauksista 94,6% oli 0,5 mm etäisyydellä apikaalisesta kuroumasta ($-0,5 < AC < 0,5$). Vastaava prosenttiosuus neulakuvalla määritetyistä mittauksista oli 66,4%. Yli 1 mm ylimittaukset olivat neulakuvalla 4,5 kertaa yleisempiä kuin apeksimittarilla (4,9 % vs. 21,8 %). Puolestaan yli 1 mm alimittaukset olivat neulakuvalla kanavia mitattaessa lähes 20 kertaa yleisempiä kuin apeksimittarilla mitattaessa (0,59 % vs. 11,7 %).

Taulukko 5: Yhteenveto eri apeksimittarien ja neulakuvan mittaustarkkuutta käsitelleistä tutkimuksista. Arviointimenetelmänä valomikroskooppi.

Etäisyys*	apeksimittari		neulakuva	
	n=3854	%	n=1158	%
- 1,0 mm	2	0,6	7	11,7
- 0,5 mm	276	7,4	123	15,8
AC**	2268	61,7	179	18,2
+ 0,5 mm	1285	25,5	518	32,4
+ 1,0 mm	23	4,9	331	21,8

* Etäisyys apikaalisesta kuroumasta (AC)

** AC = Apikaalinen kurouma

5. POHDINTA JA YHTEENVETO

Vuonna 2014 julkaistu Martins ym. systemaattinen katsaus vertailee 21 artikkelia apeksimittareiden kliinisestä toimintakyvystä vuosilta 1995–2012. Tämän systemaattisen katsauksen mukaan apeksimittari saattaa toimia neulakuvaa paremmin työskentelymitan määrittämisessä ja vähentää potilaan saamaa säteilyrasitusta. Samalla katsauksessa kuitenkin todetaan saatavilla olevan tieteellisen näytön vähäisyys, joka saattaa aiheuttaa vääristymiä tutkimustuloksiin.

Apeksimittari on ollut kliinisessä käytössä viitisenkymmentä vuotta. In vivo – tutkimuksien määrä Pubmed –tietokannassa on toistaiseksi vähäinen, mutta uusia tutkimuksia julkaistaan jatkuvasti. Nykyisen tutkimusnäytön rinnalle tarvitaan tutkimuksia, joissa hoidettavassa hampaassa on esimerkiksi aikaisempi juurihoito, avoimet juurenkärjet, luutuneet kanavat tai apikaalinen parodontiitti. Apeksimittarin toimintavarmuus edellä mainituissa tilanteissa onkin ollut keskustelun kohteena kliinikoiden keskuudessa. Kasvavalla ikääntyvien ihmisten väestöryhmällä on Suomessa yhä enemmän omia hampaita suussa, mikä moninkertaistaa hoitoa vaativien hampaiden lukumäärän. Tämä johtaa tulevaisuudessa myös juurihoitojen määrän kasvuun. Juurihoito on vaativa ja aikaa vievä toimenpide, joten pienetkin parannukset juurihoidon suorittamisessa lisäävät hammashoidon tehokkuutta.

Juuritäytteen onnistumisen tarkastaminen in vivo -tutkimuksissa tuo mukanaan sekä taloudellisia että eettisiä kysymyksiä. Tämän kirjallisuuskatsauksen juurentäyttövertailun tutkimuksissa lopputulos tutkittiin vaivattomasti päänasta- sekä täyttökuvalla, mutta varman tutkimustuloksen saaminen edellyttäisi joko tietokonetomografiaa tai hampaan poiston jälkeistä histologista tutkimusta. Perinteisessä kaksiulotteisessa röntgenkuvassa juuritäyte voi näyttää laadukkaalta, mutta täytteen todellista tiiviyttä ei pelkillä kaksiulotteisilla röntgenkuvilla voida määrittää. Kirjallisuuskatsaukseen valituissa tutkimuksissa on käytetty referenssipisteenä sekä apikaalista kuroumaa että foramen apicalea, mikä vaikeuttaa tutkimusten vertailua. Hampaan apeksin määrittelyn tulisi olla yksiselitteistä, vaikka ero näiden kahden tason välillä onkin pieni.

Markkinoilla on suuri määrä erimerkkisiä apeksimittareita, joista osa edustaa vielä edellistä sukupolvea. Vaikka osassa tutkimuksista on vertailtu useita laitteita, vain harva apeksimittari sisältyy useampaan eri tutkimukseen. Tämä tekee ristiinvertailusta hankalaa. Apeksimittareista vain Root ZX (J. Morita Co.) ja Raypex 5 (DENTSPLY) ovat olleet mukana useammassa tutkimuksessa. Olisi toivottavaa, että tulevaisuudessa muutkin laajassa käytössä olevat apeksimittarit sisältyisivät useampaan eri vertailututkimukseen.

Osassa markkinoiden uusimmista apeksimittareista on mittaustyökalu yhdistettynä koneelliseen kulmakappaleeseen. Juurikanavaa voidaan näillä laitteilla laajentaa ilman eri laitteella tapahtuvaa työskentelymitan määrittämistä, jolloin aikaa mahdollisesti säästyy. Laitteen elektroniikka säätää automaattisesti juurikanavaneulan pyörimisnopeutta ja kääntää pyörimissuunnan neulan kohdattua apeksin. Tulevaisuudessa tämän kaltaiset ratkaisut saattavat yleistyä, sillä ne vähentävät tehokkaasti juurihoidon vaatimien työvaiheiden määrää. Kuten perinteisen apeksimittarinkin kohdalla, tutkimusnäyttö on toistaiseksi puutteellista.

Apeksimittari on juurihoidoissa vakiinnuttanut paikkansa neulakuvan rinnalla. Suomessa apeksimittarit ovat olleet käytössä parisenkymmentä vuotta. Apeksimittarin käyttö vähentää muun muassa yli-instrumentoinnin riskiä ja näin ollen mahdollisesti juurihoidetun hampaan jälkioireilua sekä parantaa hoidon ennustetta. Apeksimittarin tulisikin olla neulakuvasta huolimatta jokaisen hammaslääkärin käytössä, sillä neulakuvan ja apeksimittarin yhdistelmä on edelleen vertaansa vailla työskentelymitan tarkassa määrittämisessä. Katsauksessa mainitut apeksimittarin toimintaa haittaavat tekijät voivat vaikuttaa kliiniseen mittaustarkkuuteen. Siksi onkin tärkeää, että hammaslääkäri tuntee käyttämänsä apeksimittarin toiminnan sekä osaa tunnistaa mahdolliset mittausta häiritsevät tekijät.

Juurihoidon onnistumiseen vaikuttavat tarkan työskentelymitan lisäksi monet muutkin asiat. Tärkeimpinä korostuvat aseptinen työskentely, onnistunut kavumavaus, juurikanavien huolellinen kemomekaaninen puhdistus, tiivis juurentäyte sekä juurihoidon jälkeisen restauraation laatu. Hammaslääkärin kokemus ja tietotaito juurihoidossa käytetyistä menetelmistä ja välineistä ovat kuitenkin tärkeimmät juurihoidon onnistumiseen vaikuttavat tekijät.

LÄHTEET

Akisue ym.; Not all electronic foramen locators are accurate in teeth with enlarged apical foramina: An in vitro comparison of 5 brands; *Journal of Endodontics*, Vol. 40, No. 1, sivut 109-112; 2014

Ali ym.; An overview of electronic apex locators: part 1; *British Dental Journal*, Vol 214, No. 4, sivut 155-158; 2013

Ali ym.; An overview of electronic apex locators: part 2; *British Dental Journal*, Vol 214, No. 5, sivut 227-231; 2013

Dummer ym.; The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen; *International Endodontic Journal*, Vol 17, sivut 192-198; 1984

Duran-Sindreu ym.; Comparison of in vivo and in vitro readings when testing the accuracy of the Root ZX apex locator; *Journal of Endodontics*, Vol. 38, No. 2, sivut 236-239; 2012

ElAyouti ym.; Apical constriction: Location and dimensions in molars – A micro-computed tomography study; *Journal of Endodontics*, Vol 40, No. 8, sivut 1095-1099; 2014

Garofalo ym.; Effect of electronic apex locators on cardiac pacemaker function; *Journal of Endodontics*, Vol 28, No. 12, sivut 831-833; 2002

Gomez ym.; The effects of six electronic apex locators on pacemaker function: an in vitro study; *International Endodontic Journal*, Vol 46, sivut 399-405; 2013

Gordon ym.; Electronic apex locators; *International Endodontic Journal*, Vol. 37, sivut 425-437, 2004

Gutmann ym.; Problem solving in endodontics 5th edition, Elsevier Health Sciences; 2011

Haapasalo ym.; Käytännön juurihoito, toinen painos; 2009

Hoer ym.; The accuracy of electronic working length determination; *International Endodontic Journal*, Vol. 37, sivut 125-131; 2004

Jarad ym.; Working length determination in general practice: A randomised controlled trial; *British Dental Journal*, Vol. 211, No. 12, sivut 595-598; 2011

Koçak ym.; Efficiency of 2 electronic apex locators on working length determination: a clinical study; *Journal of Conservative Dentistry*, Vol 16, No. 3, sivut 229-232; 2013

Martins ym.; Clinical efficacy of electronic apex locators: systematic review; *Journal of Endodontics*, Vol 40, No. 6, sivut 759-777; 2014

Martos ym.; Morphologic analysis of the root apex in human teeth; *Journal of Endodontics*, Vol. 36, sivut 664-667; 2010

Olson ym.; The ability of the radiograph to determine the location of the apical foramen; *International Endodontic Journal*, Vol 24, sivut 28-35; 1991

Pascon ym.; An in vivo comparison of working length determination of two frequency-based electronic apex locators; *International Endodontic Journal*, Vol 42, sivut 1026-1031; 2009

Patel; Pitt Ford's problem-based learning in endodontology; Wiley-Blackwell; 2011

Pratten ym.; Comparison of radiographic and electronic working lengths; *Journal of Endodontics*, Vol. 22, No. 4, sivut 173-176; 1996

Ravanshad ym.; Effect of working length measurement by electronic apex locator or radiography on the adequacy of final working length: A randomized clinical trial; Journal of Endodontics, Vol. 36, No. 11, sivut 1753-1756; 2010

Säteilyturvakeskus; Terveystaittojen ehkäiseminen säteilysuojelulla, päivitetty 19.9.2014; http://www.stuk.fi/ihminen-ja-sateily/fi_FI/sateilysojelu/

Smadi; Comparison between two methods of working length determination and its effect on radiographic extent of root canal filling: A clinical study; BMC Oral health, Vol. 6, No. 4, sivut 1-6; 2006

Somma ym.; In vivo accuracy of three electronic root canal length measurement devices: Dentaport ZX, Raypex 5 and Propex II; International Endodontic Journal, Vol 45, sivut 552-556; 2012

Stöber ym.; Evaluation of the Raypex 5 and the Mini Apex Locator: an in vivo study; Journal of Endodontics, Vol 37, No 10, sivut 1349-1352; 2011

Ustun ym.; The effect of residual calcium hydroxide on the accuracy of a contemporary electronic apex locator; Acta Odontologica Scandinavica, Early online, 1-5; 2014

Vieyra ym.; Comparison of working length determination with radiographs and four electronic apex locators; International Endodontic Journal, Vol 44, sivut 510-518; 2011

Vieyra ym.; Comparison of working length determination with radiographs and two electronic apex locators; International Endodontic Journal, Vol 43, sivut 16-20; 2010

Walton; Endodontics: Principles and practice 4th edition; Elsevier Health Sciences; 2009

Welk ym.; An in vivo comparison of two frequency-based electronic apex locators; Journal of Endodontics, Vol 29, No. 8, sivut 497-500; 2003

Wrbas ym.; In vivo comparison of working length determination with two electronic apex locators; International Endodontics Journal, Vol. 40, sivut 133-138; 2007