

# **Juurihoidon yleisimmät komplikaatiot, niiden ehkäisy ja hoito**

Syventävien opintojen opinnäyte

Laatija:

Katariina Rantala

Ohjaajat:

Dosentti Merja Laine

EHL Laura Ruohola

10.4.2025

Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

TURUN YLIOPISTO  
Lääketieteellinen tiedekunta  
Hammaslääketieteen laitos

RANTALA, KATARIINA: Juurihoidon yleisimmät komplikaatiot, niiden ehkäisy ja hoito

Syventävien opintojen kirjallinen työ, 49 s.  
Oppiaine: Kariologia ja korjaava hammashoito  
Huhtikuu 2025

---

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön aiheena on juurihoidon komplikaatiot. Tarkoituksena on koota yhteen tietoa juurihoidon yleisimmistä komplikaatioista, niiden ehkäisystä ja hoidosta. Komplikaatiot on jaettu hampaan anatomiaan liittyviin haasteisiin, juurihoidon aikaisiin komplikaatioihin ja juurihoidon jälkeisiin komplikaatioihin. Pääpaino on juurihoidon aikaisissa komplikaatioissa.

Aineistona käytettiin PubMed-tietokannan artikkeleita, Suomen Hammaslääkärilehden artikkeleita, Juurihoidon Käypä hoito -suositusta (2022) ja muuta alan kirjallisuutta. Hakusanoina olivat endodontic treatments, root canal therapy, complications, hypochlorite accident, transportation, calcification, separated instruments, perforation, pulp stones, vertical fracture, cracked teeth, apical periodontitis ja discolouration. Hakutulokset rajattiin koskemaan vain englanninkielisiä ja 2010-luvulla julkaistuja artikkeleita. Analyysiin valikoitui edellä mainituilla kriteereillä 65 artikkelia ja 4 alaa käsittelevää kirjaa.

Juurihoidon komplikaatioista yleisimpiä ovat juurentäytön ongelmat, instrumentin katkeaminen ja juurikanavan anatomian muutokset. Useimmat juurihoidon aikaiset komplikaatiot on mahdollista estää huolellisella työskentelyllä ja apuvälineiden, kuten hyvän valaistuksen ja suurennustyökalujen käytöllä. Juurihoidon vaikeuden arviointi auttaa varautumaan mahdollisiin komplikaatioihin ja arvioimaan omien kliinisten kykyjen riittävyttä hoidon suorittamiseen. Komplikaatioiden hoito voi olla haastavaa, mutta useimmiten komplikaatiot pystytään hoitamaan konservatiivisesti ja onnistumisen todennäköisyys on hyvä jopa pysyvissä komplikaatioissa, kuten perforaatioissa.

Avainsanat: juurihoito, periapikaalinen parodontiitti, pulpiitti, komplikaatio

# SISÄLLYS

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>4</b>
<b>2 YLEISTÄ JUURIHOIDOSTA JA JUURIHOIDON KOMPLIKAATIOISTA .....</b>	<b>5</b>
<b>3 TUTKIELMAN TAVOITE .....</b>	<b>6</b>
<b>4 MATERIAALIT JA METODIT .....</b>	<b>6</b>
<b>5 TULOKSET .....</b>	<b>7</b>
5.1 ANATOMIAAN LIITTYVÄT JUURIHOITOA VAIKEUTTAVAT TEKIJÄT .....	7
5.1.1. <i>Ahtautuneet ja kaarevat juurikanavat .....</i>	7
5.1.2 <i>Pulpakivet.....</i>	10
5.2 JUURIHOIDON AIKAISET KOMPLIKAATIOT .....	11
5.2.1 <i>Juurikanavan tukkeutuminen.....</i>	11
5.2.2 <i>Instrumentin katkeaminen.....</i>	12
5.2.3 <i>Juurikanavan anatomian muuttuminen .....</i>	14
5.2.4 <i>Perforaatiot.....</i>	15
5.2.5 <i>Juurentäytön ongelmat.....</i>	18
5.2.6 <i>Natriumhypokloriittionnettomuus.....</i>	21
5.3 JUURIHOIDON JÄLKEISET KOMPLIKAATIOT .....	26
5.3.1 <i>Juurihoidon jälkeinen kipu ja oireilu .....</i>	26
5.3.2 <i>Hampaan väärytyminen .....</i>	28
5.3.4 <i>Halkeamat.....</i>	31
5.3.4 <i>Hoitoresistentti periapikaalinen parodontiitti .....</i>	34
<b>6 HOIDON VAIKEUSASTEEN ARVIOINTI JA SEN MERKITYS KOMPLIKAATIOIDEN ENNALTAEHKÄISYSSÄ .....</b>	<b>35</b>
<b>7 POHDINTAA.....</b>	<b>37</b>
<b>LÄHTEET</b>	

## 1 Johdanto

Kirjallisuuskatsaus käsittelee juurihoidon komplikaatioita. Aihe on tärkeä kliinistä hammaslääkärin työtä tekeväille. Hammaslääkärin tulee osata tunnistaa, ehkäistä ja hoitaa juurihoidossa ilmeneviä ongelmia. Kirjallisuudessa mainitaan useita, eri vaiheisiin liittyviä juurihoidon komplikaatioita. Tässä kirjallisuuskatsauksessa komplikaatiot on jaettu hampaan anatomiaan liittyviin haasteisiin, juurihoidon aikaisiin ja juurihoidon jälkeisiin komplikaatioihin. Pääpaino kirjallisuuskatsauksessa on juurihoidon aikaisissa komplikaatioissa.

Suomalaisessa väestössä kahdella kolmesta aikuisesta on vähintään yksi juurihoidettu hammas, mutta vain noin puolet juurihoidoista on suoritettu moitteettomasti. Juuritäyttöön liittyy komplikaatoriskejä. Yleisin syy juurihoidon epäonnistumiselle on alitäyttö (Hampaan juurihoito: Käypä hoito -suositus 2022.) Alitäytössä juurentäyte jää yli 2 mm päähän radiologisesta apeksista, mikä saattaa ylläpitää biofilmiä juurikanavassa (Mello ym. 2019). Toinen täyttöön liittyvä ongelma on ylitäyttö, mutta se heikentää hoidon ennustetta vähemmän (Sjögren ym. 1990). Juurihoidon onnistumista arvioidaan hampaan oireettomuuden ja periapikaalialueen röntgenologisen paranemisen perusteella. Oireettoman hampaan seuranta voidaan tarvittaessa jatkaa 4 vuotta juurihoidosta (Hampaan juurihoito: Käypä hoito -suositus 2022.)

Juurihoidon komplikaatioiden vakavuusaste vaihtelee. Vakavimpia komplikaatioita ovat perforaatiot ja hampaan halkeamat, sillä näitä on vaikeaa ja joissain tapauksissa mahdoton korjata. Natriumhypokloriittionnettomuus puolestaan saattaa vakavimmillaan uhata potilaan terveyttä, jos huuhteluaine leviää mm. lymfateitä pitkin syvemmälle kudoksiin (Haapasalo ym. 2021). Juurikanavan tukkeuma ja kanavan anatomian muutokset, kuten portaat ja pykälät eivät yleensä vaikuta heikentävästi ennusteeseen, jos komplikaatiot pystytään hoitamaan. Anatomiaan liittyviä haasteita ovat ahtautuneet ja kaarevat juurikanavat sekä pulpakivet.

Systemaattinen juurihoidon vaikeuden arviointi ennen hoidon aloittamista auttaa hammaslääkärinä varautumaan mahdollisiin komplikaatioihin. Juurihoidon Käypä hoito -suositus (Hampaan juurihoito: Käypä hoito -suositus, 2022) sisältää juurihoidon vaikeuden arviointilomakkeen. Tekemällä systemaattisen arvion hoidon vaikeusasteesta hammaslääkäri voi etukäteen arvioida tarvitseeko potilas lähettää erikoishammaslääkärille.

## **2 Yleistä juurihoidosta ja juurihoidon komplikaatioista**

Juurihoidon tarkoituksena on hoitaa hammasytimen tulehdusta ja estää tulehduksen leviäminen hammasta ympäröiviin kudoksiin tai eliminoida olemassa oleva infektio. Juurihoidossa juurikanavasysteemi puhdistetaan kemo-mekaanisesti ja juurikanavat täytetään. Juurihoidon indikaatioita ovat palautumaton pulpiitti, pulpanekroosi, apikaalinen parodontiitti, radikulaarikysta ja sisäinen tai ulkoinen tulehduksellinen resorptio. Suhteellisia eli tapauskohtaisia indikaatioita ovat esimerkiksi hampaan invaginaatio, evaginaatio ja hampaan ”cracked”- tyyppinen murtuma. (Haapasalo ym. 2021). Juurihoidon tarve arvioidaan anamneesin, potilaan kertomien oireiden sekä kliinisen ja röntgenologisen tutkimuksen perusteella. Hoitopäätöksen teossa otetaan huomioon potilaan yleisterveys ja hoitomyöntyvyys, hampaan ennuste ja restauroitavuus sekä purentaelimistön parodontologinen, purennallinen ja kariologinen kokonaistilanne. (Hampaan juurihoito: Käypä hoito -suositus 2022.)

Kun päätös hoidosta on tehty, siirrytään juurihoidon tekniseen suorittamiseen. Juurihoidon alussa hammas tarvittaessa puudutetaan, poistetaan karies ja plakki, hammas eristetään kofferdamilla, ja työskentelyalue desinfioidaan. Kun on siirrytty aseptiseen työskentelyyn, tehdään kavumavaus ja etsitään juurikanavien suuaukot. Juurikanavien pituudet ja työskentelypituudet määritetään apeksimittarilla tai neulakuvalla. Kanavat preparoidaan juurikanavaneuloilla ja niitä huuhdellaan desinfiiovalla aineella. Tarvittaessa kanaviin laitetaan lääke ja hoitoa jatketaan seuraavalla kerralla. Juurihoito jatkuu päänastan sovituksella, päänastakuvan otolla, juurikanavien täytöllä ja täyttökuvan ottamisella. Lopuksi hammas restauroidaan, esimerkiksi yhdistelmämuovilla tai proteettisella rakenteella. Hampaan

paranemista seurataan, kunnes tulehdus voidaan todeta parantuneeksi tai juurihoito epäonnistuneeksi. Seuranta jatketaan tarvittaessa neljä vuotta. (Haapasalo ym. 2021.)

Ensimmäistä kertaa juurihoidettavan hampaan täydellisen paranemisen ennuste on 73–90 %. Vitaalin hampaan ennuste on 10–20 % parempi kuin nekroottisen hampaan. Molaareissa ennuste on muita hampaita huonompi. (Hampaan juurihoito: Käypä hoito -suositus 2022.) Juurihoidon epäonnistuminen voi johtua monesta tekijästä. Useimmat komplikaatiot voidaan kuitenkin hoitaa niin ilman, että sillä olisi hoidon lopputulokseen juuri merkitystä. Yleisimpiä juurihoidon komplikaatioita ovat alitäyttö, ylitäyttö ja instrumentin katkeaminen (Yousuf ym. 2015, AlRahabi 2017a). Jotta juurihoito ei epäonnistuisi hammaslääkärin tulee hallita yleisimpien komplikaatioiden hoito ja vaikutus ennusteeseen. (Bhuva ym. 2020.)

### **3 Tutkielman tavoite**

Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on kerätä yhteen tietoa juurihoidon yleisimmistä komplikaatioista ja juurihoitoa vaikeuttavista tekijöistä sekä komplikaatioiden hoidosta ja ehkäisystä.

### **4 Materiaalit ja metodit**

Aineistona kirjallisuuskatsaukseen käytettiin PubMed-tietokannan artikkeleita, Suomen Hammaslääkärilehden artikkeleita, Käypä hoito -suositusta (Hampaan juurihoito: Käypä hoito -suositus, 2022) ja muuta alan kirjallisuutta. Hakusanoina olivat endodontic treatments, root canal therapy, complications, hypochlorite accident, transportation, calcification, separated instruments, perforation, pulp stones, vertical fracture, cracked teeth, apical periodontitis ja discolouration sekä näiden sanojen muunnelmia. PubMed-tietokannassa hakutulokset rajattiin koskemaan vain englanninkielisiä ja 2010-luvulla julkaistuja artikkeleita. Rajaus 2010-luvulle tehtiin, jotta saataisiin aiheesta mahdollisimman tuoretta tietoa. Hakutuloksista käytiin ensin läpi otsikot ja abstraktit ja näiden perusteella valittiin aihetta parhaiten vastaavat

artikkelit tarkempaan käsittelyyn, mikäli koko teksti on saatavilla. Kirjallisuuskatsaukseen on valittu kuusikymmentäviisi artikkelia ja neljä alaa käsittelevää kirjaa.

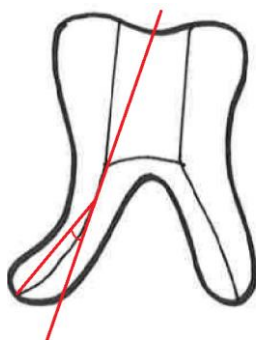
## 5 Tulokset

### 5.1 Anatomiaan liittyvät juurihoitoa vaikeuttavat tekijät

#### 5.1.1. Ahtautuneet ja kaarevat juurikanavat

Ahtaita ja kaarevia juurikanavia on vaikeampi löytää ja preparoida. Ahtautuminen voidaan havaita usein etuhampaissa värin kellertymisestä, kun kudoksen läpikuultavuus vähenee. Vaste herkkyyystesteihin voi vähentyä tai kokonaan puuttua, mikä voi vaikeuttaa pulpan tilan arviointia. (Kiefner ym. 2017.) Syitä juurikanavien ahtautumiseen ovat pulpan vetäytyminen, sekundaari- tai tertiääridentiinin muodostuminen, juurikanavien kalkkeutuminen ja pulpakivet. Sekundaaridentiiniä muodostuu fysiologisesti iän myötä, mutta yleensä dentiiniä ei muodostu ilman ärsykettä niin paljon, että juurihoito kävisi vaikeaksi tai mahdottomaksi. Juurikanavan tukkeutuminen vaatii ylimääräisen ärsykkeen stimuloimaan odontoblastien toimintaa tai vaurion, joka johtaa tertiääridentiinin muodostukseen. Kariesvaurion ja ikääntymisen lisäksi tavallisimpia syitä dentiinin muodostumiseen ovat bruksismi, abraasio, attritio, eroosio, krooninen pulpiitti, trauma, oikomishoito, hampaan transplantaatio ja regeneratiivinen juurihoito. (Haapasalo ym. 2021.)

Useimmilla ihmisillä esiintyy yhteen tai useampaan tasoon ja asteeseen kaareutuvia juurikanavia. Yleisimmin käytetty menetelmä juurikanavien kaarevuuden luokitteluksi on Schneiderin kaarevuuskulma. Schneiderin kaarevuuskulma määritellään periapikaalikuvasta piirtämällä suora juurikanavan suuaukolta sen koronaaliseen kolmannekseen ennen kanavan kaareutumista ja toinen suora radiologisesta apeksista leikkaamaan ensimmäisen suoran. Schneiderin kaarevuuskulma on näiden suorien välille muodostuva terävä kulma (katso kuva 1).



Kuva 1. Schneiderin kaarevuuskulma on suorien väliin jäävä terävä kulma.

Tämän luokituksen mukaan juurikanavat, joiden kulma on  $5^\circ$  tai pienempi, voidaan luokitella suoriksi kanaviksi; kanavat, joiden kulma on  $10\text{--}20^\circ$  ovat kohtalaisen kaarevia ja juurikanavat, joiden kulma on yli  $25^\circ$ , voidaan luokitella voimakkaasti kaareviksi kanaviksi. Kuitenkin kaarevuuden sijainnilla on raportoitu olevan paljon suurempi merkitys instrumenttien kykyyn liikkua kanavassa kuin kaarevuuskulmalla. On havaittu, että NiTi-neulojen väsymiskestävyys laskee merkittävästi, jos maksimikaarevuuspiste sijaitsee koronaalisemmin verrattuna tilanteeseen, jossa se sijaitsee apikaalisemmin. (Chaniotis ym. 2022.)

Juurikanavien ahtautuminen ja kaareutuminen aiheuttavat usein samankaltaisia ongelmia juurihoidolle. Ne lisäävät menettelyvirheiden riskiä juurihoidossa. Tällaisia virheitä ovat juurikanavan oikeneminen, portaat, pykälät, perforaatiot ja instrumentin katkeaminen. Nämä virheet eivät välttämättä johda juurihoidon epäonnistumiseen, mutta laskevat sen ennustetta, sillä ne heikentävät mahdollisuuksia infektion eliminointiin. Lisäksi juurikanavien ahtautuminen vaikeuttaa kanavien löytämistä. Ahtaissa juurikanavissa joudutaan käyttämään pieniä neulakokoja ja neula jää helpommin jumiin kuin laajemmissa kanavissa, ja tämän vuoksi neulan liikuttamiseen tarvitaan suurempia vääntövoimia. Nämä molemmat tekijät lisäävät riskiä juurikanavaneulan katkeamiseen. (Chaniotis ym. 2022.)

Joskus juurikanava on ahtautunut niin, ettei sitä saada hoidettua ollenkaan. Kanavan suuta ei löydetä tai sitten kanavaan ei päästä edes pienimmällä neulakoolla. Hoitamatta jäänyt juurikanava ei aina tarkoita, että juurihoito epäonnistuu. Jos hampaassa on periapikaalinen parodontiitti, hoidon epäonnistuminen on todennäköisempää. (Bhuva ym. 2020.)

**Hoito.** Hammaslääkärin on tunnettava hampaiden tyypillinen juurikanavien lukumäärä ja kanavamorfologia. Juurikanavien löytämisessä riittävä suurennos ja valaistus helpottavat työtä huomattavasti. Luupit tai operaatiomikroskooppi, luuppivalo ja terävä sondi ovat tärkeimmät työvälineet kanavien suita etsittäessä. Luuppivalon lisäksi voidaan käyttää myös kuituvaloa. Lähtökohta hyvälle näkyvyydelle on riittävän laaja ja avoin koronaalinen avaus. (Priyanka 2017.) Koska kanava-alueen dentiini poikkeaa yleensä muun dentiinin väristä, se erottuu selvästi mikroskoopilla työskenneltäessä (Haapasalo ym. 2021).

Lisäröntgenkuvista voi olla apua kanavien etsinnässä ja kaarevuutta arvioitaessa. Kuvat voidaan ottaa röntgenputken kulmausta muuttamalla eli parallaksimenetelmällä. Tällöin röntgenputkea kallistetaan 20 astetta mesiaalisesti tai distaalisesti horisontaalitasossa. (Priyanka 2017.) Kartiokeilatietokonetomografialla kanavamorfologia tulee parhaiten esiin, mutta sitä ei käytetä rutiininomaisesti (Hampaan juurihoito: Käypä hoito -suositus 2022).

Ahtautuneen kanavan avauksessa voi hyödyntää kapeita endodontiassa käytettäviä ultraäänikärkiä tai pitkävartisia poranteriä. Porien käyttöön liittyy kuitenkin riski perforaatiosta ja siksi niitä olisi turvallisuuden takia hyvä käyttää yhdessä mikroskoopin kanssa. (Priyanka 2017.) Kanavan avaukseen sopivia poranteriä ovat esimerkiksi kartiomaiset Endo-Guide poranterät, mikrofissuuraporat ja pyöreäpäiset hitaalla kierrosnopeudella pyörivät Munce- tai Long Neck- porat (Chaniotis ym. 2022). Kun kanavan suuaukko on näkyvässä, mutta kanavaan ei päästä tunkeutumaan neulalla, porataan koon 2 tai 3 Long Neck-poralla (halkaisijat 0,8 mm ja 1,0 mm) 0,5–1 mm syvyyteen ja painetaan pisteen kohtaa sondilla. Tässä voidaan käyttää myös pientä (008–010) pitkävartista ruusuporaa. Useimmiten tämän jälkeen kanavaan päästään koon 10 tai pienemmän neulan kanssa. (Haapasalo ym. 2021.)

Liukupolku on esteetön reitti juurikanavan suulta apikaaliseen kuroumaan ja se on välttämätön osa preparointia, jotta juurenhoitoinstrumenttien katkeamisilta välttyttäisiin ja kanavan anatomia pysyisi muuttumattomana. Kun liukupolkua tehdään kaareviin ja ahtaisiin juurikanaviin, suositetaan kokojen 06-15 teräksisiä K-fleksoviiloja. Pienten nikkelititaani eli NiTi K-viilojen ongelmana on heikko tunkeutumiskyky ja herkkä katkeaminen. Ahtaiden kanavien

paikantamiseen ja preparointiin on kehitetty erikseen C ja C+ teräsviiloja, jotka ovat tavallisia K-teräsviiloja jäykempiä eivätkä taivu yhtä herkästi. (Haapasalo ym. 2021).

### 5.1.2 Pulpakivet

Pulpa alkaa kalkkeutua iän myötä ilman näkyvää syytä. Kalkkeumat voivat olla diffuuseja tai muodostaa nodulaarisia massoja, joita kutsutaan pulpakiviksi. (Regezi ym. 2017.) Pulpakiviä havaitaan yleensä koronaalisessa pulpassa, mutta niitä voi esiintyä myös juurikanavissa. Sijaintinsa perusteella ne voidaan jakaa dentiinin sisäisiin, kanavan seinämiin kiinnittyneisiin ja vapaisiin pulpakiviin. (Chaniotis ym. 2022.) Pulpakiviä voi olla esiintyä kaikenikäisillä, mutta niiden esiintyvyys lisääntyy iän myötä. Maailman laajuisesti niitä esiintyy noin 10 %:ssa hampaista ja yleisimpiä ne ovat ensimmäisissä molaareissa sekä premolaareissa. (Jannati ym. 2019.) Esiintymiseen vaikuttavat infektiot, karies, parodontaalitautit, hammastraumat, perintötekijät ja hoidolliset tekijät, kuten pulpan kattaminen ja hampaan restaurointi. (Juárez-Gallegos ym. 2022.) Myös oikomishoidon ja tiettyjen hammas- ja yleissairauksien on havaittu lisäävän todennäköisyyttä pulpakivien syntyyn. Tällaisia sairauksia ovat dentiinidysplasia, sydän- ja verisuonisairaudet sekä munuaissairaudet. (Ravichandran ym. 2022). Pulpakivet ovat yleensä oireettomia ja niitä löydetään sattumalöydöksinä röntgentutkimuksissa, useimmiten poskihampaista. Pulpakivet näkyvät röntgenkuvassa, kun niiden koko ylittää 200 µm. (Juárez-Gallegos ym. 2022.)

**Hoito.** Pulpakiven poisto ultraäänellä on usein helpompaa kuin niiden poisporaaminen. Tällöin myös perforaation riski on pienempi (Juárez-Gallegos ym. 2023). Endodonttista ultraäänikärkeä kuljetetaan pulpakiven ympäri, kunnes pulpakivi irtoaa. Jos ultraääni ei riitä irrottamaan pulpakiveä, joudutaan ympäröivää dentiiniä usein poistamaan poraamalla. (Chong ym. 2017, 253–268.)

## 5.2 Juurihoidon aikaiset komplikaatiot

### 5.2.1 Juurikanavan tukkeutuminen

Juurikanavan tukkeutuma sijaitsee lähes aina kanavan apikaaliosassa (Bhuva ym. 2020). Kanavan tukkeutuminen havaitaan joko apeksimittarilla, kun apeksia ei löydy tai kesken preparoinnin, kun työpituuteen ei enää päästä. Tukos voi johtua kahdesta syystä, joko kanava tukkeutuu hampaan omien materiaalien, kuten dentiinilastujen tai pulpakivestä irronneen materiaalin vaikutuksesta tai sitten juurihoitomateriaalit, kuten katkennut instrumentti, tukkii kanavan. (Priyanka 2017.) Ahdas kanava tukkeutuu muita todennäköisemmin. Tärkeimmät syyt kanavan tukkeutumiselle ovat riittämätön huuhtelu, liiallinen instrumentointi kuivassa kanavassa ja preparointijätteen kertyminen juurikanavaneulan kierteisiin. (Bhuva ym. 2020.)

**Ehkäisy ja hoito.** Tukkeutunutta kanavaa on vaikea avata ja sen vuoksi hoidon aikana yritetään ehkäistä tukkeuman muodostuminen. Tukkeumia ehkäistään poistamalla ennakoivasti kaikki heikko restoratiivinen materiaali kavumavauksen läheisyydestä, joka voi irrota ja tukkia kanavan. Pyöriviä instrumentteja ei tule viedä syvemmälle kuin minne on käsi-instrumentein päästy ja kanavaa on tärkeää huuhdella riittävän usein. (Priyanka 2017.) ”Apical patency” on tekniikka, jolla pyritään pitämään kanavan apikaaliaukko avoimena. Tekniikassa jokaisen instrumentoinnin jälkeen kanavaan mennään ohuella juurikanavaneulalla (yleensä koon 10 K-viilalla) ja ulotetaan se apeksimittaan. Tämän jälkeen kanavaa huuhdellaan. Isompaa neulaa ei pidä käyttää, jotta apikaaliaukko ei laajene. Menetelmän käyttö on kiistanalaista, koska se voi aiheuttaa potilaalle postoperatiivista kipua, kun juurikanavasta työntyy materiaalia periapikaalialueelle. Eri tutkimuksista on saatu ristiriitaista tietoa siitä, lisääkö ”apical patency” -tekniikka postoperatiivista kipua. Torabinejad ym. (1988) mukaan ”apical patency” -tekniikka saattaa lisätä riskiä juurentäyttemateriaalien joutumisesta periapikaalialueelle. (Shubham ym. 2021.) Jos tukkeuma pääsee syntymään, pyritään pienellä käsiviilalla ja huuhtelulla saamaan se hajoamaan (Bhuva ym. 2020). Jos tukkeumaa ei saada poistettua, kanava täytetään saavutettuun pituuteen ja informoidaan potilasta tilanteesta.

## 5.2.2 Instrumentin katkeaminen

Instrumentin katkeaminen voi heikentää juurihoidon ennustetta muodostamalla esteen juurikanavan puhdistukselle ja juurentäytteelle. Usein katkeava instrumentti on juurihoitoneula, mutta myös muut instrumentit, kuten poranterät, ultraäänikärjet tai juurikanavatäppäimet voivat katketa juurikanavaan. (Terauchi ym. 2022). Instrumentti katkeaa metallin väsymisen seurauksena. Väsyminen voi johtua väännöstä tai syklisestä rasituksesta. Väsyminen tapahtuu, kun pyörivää instrumenttia pidetään liian pitkään juurikanavan kaarteissa. Instrumentti katkeaa väännöstä, kun sen pää jää osittain tai kokonaan jumiin, mutta varren liikettä jatketaan. Suuri voimankäyttö lisää kitkaa kanavan seinämien ja instrumentin välille, mikä suurentaa todennäköisyyttä katkeamiseen. Metallin rasittuu lisäksi enemmän, jos samaa instrumenttia käytetään pitkään tai kanavaa ei huuhdella preparointijätteestä riittävän usein. (Priyanka 2017.) Moottorikäyttöisten NiTi-neulojen käyttöönoton jälkeen murtumat ovat yleistyneet, koska ne murtuvat helpommin kuin ruostumattomasta teräksestä valmistetut käsikäyttöiset juurihoitoneulat. NiTi-neulojen murtumistodennäköisyyden on eri tutkimuksissa todettu olevan 1,3–10,0 % ja teräsneulojen murtumistodennäköisyys on 0,25–6,0 %. (Terauchi ym. 2022).

**Ehkäisy.** Instrumentin katkeamista voidaan parhaiten ehkäistä noudattamalla valmistajan ilmoittamia ohjeita pyörimisnopeudelle, vääntömomentille ja käyttötekniikalle. Kavumavauksessa tulee pyrkiä saavuttamaan mahdollisimman suora pääsy kanaviin, jotta instrumentteja ei tarvitse taivuttaa. Pyörivät juurikanavaneulat tulisi pitää jatkuvassa liikkeessä etenkin, jos kanava on käyrä. Juurikanavaneulan tulee myötäillä kanavaa ilman, että voimaa tarvitsee juurikaan käyttää. Tarvittaessa teräksistä neulaa voi hieman taivuttaa ennen kuin se viedään kanavaan. Juurikanavaneulan puhtaus ja kierteiden symmetrisyys kannattaa aina tarkistaa ennen kanavaan viemistä: kierteet eivät saa olla auenneet, tihentyneet tai epäsymmetriset. (Priyanka 2017.) NiTi-neulojen kierteissä ei usein näy visuaalista muutosta ennen instrumentin katkeamista (Ungerechts ym. 2014). Neuloja tulee käyttää valmistajan ilmoittamassa järjestyksessä. Tiheä huuhtelu varmistaa, etteivät pulpa- ja juurikanavan seinämän jäänteet tuki kanavaa. (Priyanka 2017.)

**Hoito.** Katkennutta instrumenttia ei ole aina tarpeen poistaa, vaan instrumentti voidaan koettaa ohittaa tai jättää paikoilleen, mikäli hampaassa ei ole periapikaalista parodontiittia (McGuigan ym. 2013). Jos hampaassa on periapikaalinen parodontiitti, katkenneen instrumentin jättäminen juurikanavaan heikentää hoidon ennustetta varsinkin, jos kanavaa ei olla ehditty puhdistaa ennen instrumentin katkeamista (Ungerechts ym. 2014). Hoitovaihtoehdon valinnassa täytyy punnita mahdolliset hyödyt verrattuna komplikaatoriskiin. Potilasta on informoitava instrumentin poiston vaikeudesta ja hoidon kestosta. Kaikki potilaat eivät välttämättä kykene istumaan hoitotuolissa riittävän pitkään. Myös potilaan yleissairaudet voivat vaikuttaa hoitopäätökseen. Esimerkiksi suonensisäinen bisfosfonaattilääkitys lisää riskiä hampaan poiston jälkeisiin komplikaatioihin, mikä puoltaa instrumentin poistamista hampaan poiston sijaan. (McGuigan ym. 2013.) Mikäli instrumentti päätetään jättää juurikanavaan, kanavan koronaalinen osa preparoidaan ja täytetään normaalisti (Shahabinejad ym. 2013).

Instrumentin poisto onnistuu 53–95 %:ssa tapauksista. Onnistumista määrittävät tekijät vaihtelevat eri tutkimuksissa, minkä vuoksi raportoiduilla onnistumistodennäköisyyksillä on suuri vaihteluväli vertailtaessa eri tutkimuksia toisiinsa. Katkenneen instrumentin sijainti, pituus, tyyppi, kyseessä oleva hammas ja juurikanava, hammaslääkärin kokemus sekä käytettävissä olevat apuvälineet vaikuttavat hoitotulokseen. Operaatiomikroskooppia käytettäessä juurikanavan suorassa osassa olevat instrumentin kappaleet pystytään yleensä poistamaan. Kaarevassa kanavassa poisto on haastavampaa. (McGuigan ym. 2013.) Kartiokeilatietokonetomografiaa voidaan hyödyntää selvittäessä instrumentin sijaintia ja anatomisia haasteita, joita voidaan kohdata instrumentin poistamisessa (Bhuva ym. 2020).

Katkennut instrumentin osa voidaan poistaa konservatiivisesti tai kirurgisesti. Juuren koronaaliseen tai keskikolmannekseen katkenneet instrumentit voidaan poistaa kapean endodonttisen ultraäänikärjen avulla. Ultraäänikärjellä poistetaan dentiiniä instrumentin ympäriltä, minkä jälkeen siihen on mahdollista tarttua. Operaatiomikroskoopin käyttö on tarpeen näkyvyyden saavuttamiseksi. Jos katkennut instrumentin kappale on pitkä, voidaan käyttää instrumentin poistoon suunniteltuja työkaluja, esim. Masserann kit -sarjaa. Sarjaan kuuluu pyörivä trepaanipora, joka asetetaan katkenneen instrumentin ympärille. Tämän jälkeen instrumentti kiilataan poran sisälle ja ruuvataan pois kanavasta. (Bhuva ym. 2020.)

Trepanipora poistaa dentiiniä toimenpiteen yhteydessä niin paljon, ettei menetelmää voida käyttää juuren keski- tai apikaalisimmassa kolmanneksessa tai käyrässä juurikanavassa lisääntyneen juuren murtuma- ja perforaatoriskin vuoksi (Shahabinejad ym. 2013).

Silmukka-tekniikka (loop technique) on uudempi, dentiiniä säästävä menetelmä katkenneen juurihoitoinstrumentin poistoon. Tekniikassa käytetään pitkävartista instrumenttia, jonka päässä on silmukka esim. Terauchin Yoshi Loop Device (TFRK-L) ja BTR Pen. Silmukka-instrumenttia käytetään kuivassa kanavassa, jotta näköyhteys saataisiin mahdollisimman hyväksi. Toimenpiteen alussa dentiiniä poistetaan noin 1 mm katkenneen juurihoitoinstrumentin ympäriltä. Silmukka taivutetaan 45° kulmaan, viedään juurikanavaan, kiristetään katkenneen juurihoitoinstrumentin ympärille ja katkennut osa vedetään varovaisesti ulos kanavasta. (Terauchi ym. 2022.)

### 5.2.3 Juurikanavan anatomian muuttuminen

Juurikanavan anatomian muutokset ovat palautumattomia instrumentoinnista johtuvia virheitä. Transportaatiolla tarkoitetaan juurikanavan poikkeamista pois alkuperäisestä juurikanava-anatomiasta kanavan preparoinnin aikana. Sitä tapahtuu juurikanavan kaarteessa, kun kanavan toisesta reunasta poistetaan liikaa dentiiniä. Riskiä lisäävät jäykkien taivuttamattomien instrumenttien käyttö, liiallinen voimankäyttö tai virheellinen preparointitekniikka. Jäykkä instrumentti ei myötäile kanavaa riittävästi. (Priyanka 2017.) Mitä suurempi kanavan kaarevuus on, sitä suurempi preparointivirheiden todennäköisyys on. Jos kanavan siirtymää ei huomata heti, se voi johtaa vakavampiin virheisiin, kuten portaan muodostumiseen tai perforaatioon. (Bhuva ym. 2020.) Kanavan transportaatio kaarteessa apikaaliaukon lähellä voi laajentaa apikaaliaukon niin, että vaarana on juurikanavamateriaalien joutuminen periapikaalialueelle huuhtelun ja täytön yhteydessä. Tilanteen korjaamiseksi voidaan harkita apeksifikaatiota. Apeksifikaatio on toimenpide, jolla pyritään sulkemaan juuren apikaaliosa. (Priyanka 2017.)

Porras on mekaanisen preparoinnin aikana syntynyt pykälä juurikanavan seinämässä. Se syntyy yleensä kaarteiden ulkoreunaan, kun neula pyrkii suoristamaan kanavaa. Portaan muodostumisen riskiä lisää kanavan preparointi työskentelypituutta lyhyemmällä neulamitalla. Tämä voi johdattaa neulan pois juurikanavasta, jolloin neula alkaa luoda omaa polkuaan erilleen alkuperäisestä kanavasta. Kun porras on muodostunut, sen ohittaminen on vaikeaa varsinkin koneellisilla neuloilla, joihin ei voi tehdä etukäteen taivutusta. (Priyanka 2017.)

**Ehkäisy ja hoito.** Juurikanavapreparointi ja siinä käytettävä tekniikka on hyvä suunnitella etukäteen. Jos kanava kuvautuu röntgenkuvassa kaarevana, liukupolun tekemisessä on käytettävä huolellisuutta. Liukupolku aloitetaan pienillä (ISO 06-10) ruostumattomasta teräksestä valmistetuilla K-viiloilla, joiden päihin tehdään taivutukset ennen kanavaan viemistä. ISO-standardoiduissa juurihoitoneuloissa koosta 10 kokoon 15 siirryttäessä tulee olla varovainen, sillä neulan halkaisija kasvaa tällä välillä 50 %. Kun siirrytään neulakoossa suurempaan, neulan jäykkyys kasvaa, mikä lisää preparointivirheiden todennäköisyyttä. Jos porras on muodostunut, se voidaan yrittää ohittaa varovaisesti pienellä neulalla esim. koon 10 K-viilalla. Taivutetulla neulalla voidaan varovaisesti ohittaa porras ja paikantaa alkuperäinen kanava. Kun porras on ohitettu, kanavaa viilataan edestakaisella liikkeellä laajemmaksi, ettei seuraava neulakoko jäisi enää portaaseen. Kun kanavaa viilataan, on tärkeää pystytellä portaan apikaalipuolella ja välttää uudestaan portaaseen osumista. (Bhuva ym. 2020.)

#### 5.2.4 Perforaatiot

Perforaatio tarkoittaa parodontiumin ja juurikanavan välille syntynyttä yhteyttä. Perforaatio voi syntyä iatrogenisesti tai johtua patologisista tekijöistä, joita ovat invasiivinen kariesvaurio ja sisäinen tai ulkoinen resorptio. Hoidon aikainen perforaatio aiheutuu yleensä kavum-avauksen yhteydessä, kanavien suuaukkoja etsittäessä, juurikanavan preparoinnin aikana tai porattaessa juurikanavanastalle tilaa. (Siew ym. 2015). Perforaatiot voidaan luokitella neljään luokkaan sijaintinsa perusteella: 1. kärkiperforaatio, 2. varsiperforaatio, 3.

furkaatioperforaatio ja 4. muu perforaatio (Haapasalo ym. 2021). Perforaation esiintyvyyden on osoitettu useissa tutkimuksissa vaihtelevan välillä 2–12 % (Krupp ym. 2013). Noin kolme neljäsosaa perforaatioista tapahtuu yläleuan hampaissa (Siew ym. 2015). Perforaatiolle altistavia tekijöitä ovat pulpakivet, juurikanavien kalkkeutuminen, juurikanavan kaartuminen, hampaan kallistuminen, laaja kariesvaurio, juuren sisäinen resorptio, juurikanavanasta ja riittämätön tai väärin suunnattu kavum-avaus (Estrela ym. 2018).

Juuriperforaation hoidon lopputulos riippuu siitä, kuinka nopeasti perforaation korjaus tehdään, miten suuri perforaatio on ja missä se sijaitsee. On raportoitu, että hoidon ennuste on hyvä, mikäli perforaatio korjataan heti, se on kooltaan pieni ja sijaitsee juuren koronaalisessa tai apikaalisessa osassa (Krupp ym. 2013.) Bakterikontaminaatio on tärkein ennusteeseen vaikuttava tekijä. (Bhuva ym. 2020.) Infektio voi aiheuttaa perforaatiokohtaan kiinnityskudosten ja luun menetystä. Tällaista vauriota kutsutaan endo-parodontaaliseksi vaurioksi. Tulehduksen jatkuminen johtaa granulaatiokudoksen muodostumiseen, epiteelin lisääntymiseen ja lopulta parodontaalisen taskun muodostumiseen. (Estrela ym. 2018). Jos perforaatioon liittyy endo-parodontaalinen vaurio, hoidon ennuste heikkenee huomattavasti (Clauder 2022).

Kipu ja/tai verenvuoto kavumista tai juurikanavasta ovat usein perforaation ensimmäiset kliiniset merkit. Paperinastan avulla on helppo havaita verenvuoto. Verenvuodolle on kuitenkin muitakin mahdollisia syitä, kuten hampaan avojuurisuus, tietyt systeemiset tilat, lääkitykset, akuutti periapikaalinen parodontiitti sekä sisäinen resorptio. Perforaation löytäminen voi olla hankalaa, apuna tässä voidaan käyttää apeksimittaria, röntgenkuvausta ja mikroskooppia. (Estrela ym. 2018.)

Perforaation hoidon tavoitteena on estää tulehdusreaktio ja kiinnityskato perforaation viereisissä kudoksissa. Jos kiinnityskatoa on jo tapahtunut, pyritään kiinnitys saamaan takaisin. Hoidon onnistumisen edellytyksenä on perforaation onnistunut sulku. (Clauder 2022.) Nykyaikana kalsiumsilikaattisementit, kuten MTA ja Biodentine, ovat yleisimmät materiaalit, joita käytetään perforaation sulkun (Bhuva ym. 2020). Perforaation konservatiivisen hoidon kokonaisuonnistumisprosentti on 73 % materiaalista riippumatta. MTA:ta käytettäessä onnistumisprosentti on 81 %. Yläleuan hampailla onnistumistodennäköisyys on suurempi.

Syynä on arveltu olevan yläleuan runsaampi verisuonitus. (Siew ym. 2015.) Perforaation hoidossa nopeus on tärkeää bakteerikontaminaation ja -kolonisaation estämiseksi. Perforaatio hoidetaan aina ensisijaisesti konservatiivisesti. Kirurgiseen hoitoon ryhdytään niissä tapauksissa, jossa konservatiivista hoitoa ei pystytä tekemään, hoitoon ei ole saatu vastetta tai kiinnityskudosten samanaikainen hoito on aiheellista. Kirurginen hoito tehdään avaamalla limakalvoläppä niin, että perforaatiokohta saadaan paljastettua ja korjattua ulkoapäin. Kärkiperforaatioissa voidaan tehdä juurenkärjen resektio, jolloin juuri katkaistaan 3 mm päästä juurenkärjestä ja kärkipala poistetaan. (Clauder 2022.)

**Furkaatioperforaatio.** Furkaatioperforaatio syntyy usein juurikanavien paikannuksen ja avauksen yhteydessä. Kanavien obliteroituminen, juurten ja kruunun kallistuminen, kanavien epäonnistunut tunnistaminen ja liiallinen dentiinin poistaminen pulpakavumin pohjasta lisäävät furkaatioperforaation riskiä. (Saed ym. 2016). Lisäksi furkaatioperforaation riski kasvaa, kun etsitään juurikanavia kruunutetuista hampaista, sillä hampaan aiempaa elongoitumista tai asentoa on vaikea havaita kruunun alta (Haapasalo ym. 2021.)

Perforaation hoito aloitetaan alueen varovaisella huuhtelulla, jotta huuhteluainetta ei pääse ympäröivään kudokseen. Jos perforaation lähellä kulkee tärkeitä rakenteita tai hermoja, on parempi käyttää steriiliä keittosuolaliuosta natriumhypokloriitin sijaan. Hemostaasi tulee saada aikaan käyttämällä kollageenia, kalsiumsulfaattia tai kalsiumhydroksidia. Ferrisulfaattia ei pitäisi käyttää verenvuodon hyydyttämiseen, sillä se voi vahingoittaa alveolaarista luuta. Kalsiumsilikaattisementti asetetaan perforaatiokohtaan. Kuivausnastalla voidaan poistaa ylimääräistä kosteutta ja tiivistää materiaalia. Juurihoitoavaus suljetaan tiiviillä väliaikaisella paikalla ja juurihoitoa jatketaan myöhemmin. (Clauder 2022.) Mikäli perforaation viereen on ehtinyt syntyä huomattavaa luutuhhoa, resorboituvan materiaalin esim. kollageenityynyn käytöstä on hyötyä, jotta vältetään kalsiumsilikaattisementin ylitäytöltä. (Bhuva ym. 2020.)

**Varsiperforaatio.** Perforaatiot juuren varressa johtuvat yleensä juurihoitoneulan, Gates Glidden-poran tai juurikanavanastan väärästä suuntauksesta. Ennen perforaation sulkemista juurikanavan tulee olla preparatoitu sellaiseen laajuuteen, että se mahdollistaa kanavan tarkan suojaamisen ja estää tukkiutumisen perforaation korjauksen yhteydessä. (Clauder 2022.) Jos preparointia jatketaan perforaation synnyn jälkeen, on tärkeää estää instrumenttia osumasta

perforaatiokohtaan ja suurentamasta sitä. Perforaation hoitoon on kaksi tekniikkaa: (1) kanavan apikaaliosa täytetään juurikanavatäytteellä perforaatioon asti ja koronaaliosa MTA:lla tai (2) vain perforaatiokohta täytetään MTA:lla ja kanavaan laitetaan guttaperkanasta ehkäisemään MTA:ta työntymistä muualle kanavaan. Ensimmäisessä tekniikassa haasteena on estää MTA:ta työntymästä ulos perforaatiosta. (Saed ym. 2016.)

**Kärkiperforaatio.** Kärkiperforaation hoito on haasteellista huonon näkyvyyden vuoksi ja on usein erikoishammaslääkärin osaamista vaativa tehtävä. Perforaation hoito riippuu juurihoidon syystä ja perforaation koosta. Jos hammas on hoidon alussa ollut vitaali ja perforaatio on pieni, sitä ei ole välttämätöntä erikseen hoitaa. Tällöin perforaatio täytetään esim. kalsiumsilikaattitiivistysaineella juuritäyteen teon yhteydessä. Suuremmissa perforaatioissa käytetään kalsiumsilikaattisementtiä. Hoito aloitetaan huuhtelemalla natriumhypokloriitilla. (Haapasalo ym. 2021) MTA on suositelluin materiaali perforaation hoitoon varsinkin, jos kanavaa on vaikea pitää kuivana. Joskus perforaatiota ei pystytä hoitamaan onnistuneesti juurikanavan kautta ja juurenpään resektio on paras vaihtoehto. (Clauder 2022.)

### 5.2.5 Juurentäytön ongelmat

Juurentäyte on suositeltavaa ulottaa 0–2 mm päähän röntgenologisesta apeksista, koska se ilmeisesti parantaa juurihoidon laatua (Hampaan juurihoito: Käypä hoito -suositus 2022). American Association of Endodontists on määritellyt alitäytön epätäydelliseksi juuren täytöksi, joka jättää juurikanavaan tyhjää tilaa ja ylitäytön juurentäyteen kulkeutumiseksi apikaalisen aukon ulkopuolelle (Glossary of Endodontic Terms 2020). Juurentäytteellä on kaksi tavoitetta: sulkea juurikanava apikaalisesti ja täyttää juurikanava tiiviisti ilman aukkoja. Onnistunut juurentäyte estää syljen, bakteerien ja periapikaalisen kudostulehduksen pääsyn kanavaan ja vangitsee mahdolliset jäännösmikrobit sisäänsä. (Gasner ym. 2023.)

**Ylitäyttö.** Juurikanavan ylitäytön on havaittu olevan yleisempi ongelma lämminguttaperkatekniikassa kuin lateraalikondensaatiotekniikassa (Peng ym. 2007). Lämmin guttaperka mukaillee paremmin kanavan muotoa kuin lämmittämätön, mutta samalla sen

levittymistä on haastavampaa kontrolloida ja ylitäytön riski on suurempi. Pysyvän haitan mahdollisuus on kuitenkin pieni niin kauan kuin ylitäyttö ei ole kosketuksissa elintärkeiden rakenteiden, kuten alveolaarihermon tai poskionteloiden, kanssa ja kanavan apikaalinen osa on tiiviisti täytetty. Poikkeuksena on paraformaldehydiä sisältävä tiivistysaine. (Priyanka 2018.) Paraformaldehydi vapauttaa neurotoksista formaldehydikaasua joutuessaan kosketuksiin veden kanssa (Rosen ym. 2016). Suomessa paraformaldehydi ei kuitenkaan ole enää käytössä. Kudosvaurioita täytön aikana voivat aiheuttaa juuritäytteen neurotoksinen ominaisuus, kudosten ylikuumeneminen lämminkondensaatiotekniikoita käytettäessä tai painevaikutus, jos täyte painaa n. alveolaris inferioria. (Priyanka 2018.)

N. alveolaris inferior sijaitsee mandibulaarikanavassa ja kanavan seinämät muodostuvat suoraan huokoisesta hohkaluusta. Kortikaaliluu ei muodosta rajapintaa hohkaluun ja kanavan välillä. Kortikaaliluun puuttuminen mahdollistaa puudutusaineen pääsyn hermoon, mutta samalla voi edesauttaa hermon vaurioitumista juurihoidon yhteydessä. N. alveolaris inferiorin vaurioituminen voi johtaa alahuulen ja leuan tuntopuutokseen. N. alveolaris inferiorin vaurioista 8 % syntyy endodonttisen hoidon aikana. Useimmiten vaurio liittyy toisen poskihampaan juurihoitoon, koska hampaan juuret ovat lähimpänä mandibulaarikanavaa, jos viisaudenhammasta ei oteta lukuun. (Bastien ym. 2017.) Varhaisia hermovaurioon viittaavia oireita ovat kipu toimenpiteen aikana tai sen jälkeen sekä neurosensoriset muutokset, kuten kihelmöinti, tunnottomuus tai lisääntynyt tuntoherkkyys (Rosen ym. 2016).

Vieraiden aineiden pääsy poskionteloon voi aiheuttaa poskiontelokipua ja -painetta, purentakipua, palpaatioarkuutta sekä akuutin tai kroonisen poskiontelotulehduksen. Juurentäytemateriaaleja voi joutua poskionteloon käytettäessä hopeanastoja, guttaperkanastoja tai termoplastista guttaperkaa. Kartiokeilatietokonetomografiakuvaus eli KKTT-kuvaus voi helpottaa ylitäytön diagnostiikkaa. (Priyanka 2018.)

**Hoito.** Jos täyttökuvassa havaitaan guttaperkan menneen apeksin yli eikä täyte ole ehtinyt vielä kovettua, se on usein mahdollista vielä poistaa. Toisinaan poisto on mahdollista myös kovettumisen jälkeen. Yleensä juurentäytteen tiivistysaineet (sealerit) eivät ole kovetuttuaan merkittävästi kudostoksisia tai aiheuta vierasesinereaktiota, vaikka pieni määrä sealeria pääsisikin juurta ympäröivien kudosten puolelle (Ricucci ym. 2016). Jos kanavan yli mennyttä

täytettä ei saada mekaanisesti poistettua, tilannetta voidaan jäädä seuraamaan. Kirurgiaa ei ole rutiininomaisesti perusteltua käyttää, sillä yleensä ylitäyttö ei aiheuta potilaalle oireita ja eikä haittaa juurta ympäröivien kudosten paranemista. Kirurginen operaatio on aiheellinen vain, jos tulehduksen merkkejä ilmenee. (Priyanka 2018.) Hermovaurioon liittyvät tuntuu muutokset häviävät suurimmassa osassa tapauksia täysin tai osittain vuoden kuluessa juurihoidosta (Rosen ym. 2016). N. alveolaris inferiorin vaurion hoidosta ei ole yksimielisyyttä: hermovaurion paranemista voidaan jäädä seuraamaan tai vaihtoehtoisesti voidaan suorittaa kirurginen puhdistus hermon alueelta. Mikäli täytemateriaali on biologisesti yhteensopiva eikä aiheuta toksisia vaikutuksia, varhainen kirurginen lähestymistapa ei ole suositeltava edes silloin, kun täytettä on joutunut poskionteloon. Tiedetään, että toksisuus yleensä vähentyy ja juuren ulkopuolelle joutunut materiaali resorboituu vähitellen. Potilasta on aina informoitava juurentäytteen joutumisesta kanavan ulkopuolelle ja sen aiheuttamista mahdollisista riskeistä. (Priyanka 2018.)

**Alitäyttö.** Alitäytön vaikutus juurihoidon onnistumiseen riippuu siitä, onko hampaassa ollut periapikaalinen parodontiitti ennen juurihoitoa vai ei. Pulpiittisessa hampaassa alitäyttö aiheuttaa pienemmän riskin juurihoidon epäonnistumiselle kuin hampaassa, jossa on periapikaalinen parodontiitti. Vitaalissa hampaassa, jossa on irreversiibeli pulpiitti, ei yleensä ole bakteerikolonisaatiota juuren apikaalisessa kolmanneksessa (Mello ym. 2019.) Jos hampaassa on periapikaalinen parodontiitti, alitäyttö heikentää juurihoidon ennustetta enemmän kuin ylitäyttö. Sjögren ym. (1990) tutkimuksessa verrattiin alitäytön (>2 mm röntgenologisesta apeksista) ja ylitäytön vaikutusta juurihoidon onnistumiseen hampaissa, joissa on periapikaalinen parodontiitti. Alitäytössä juurihoidon onnistumisprosentti oli 68 %, kun taas ylitäytetyissä hampaissa se oli 76 %. Alitäyttö saattaa ylläpitää biofilmiä juurikanavassa ja siten vaikuttaa juurihoidon onnistumiseen. (Mello ym. 2019.)

**Ehkäisy ja hoito.** Päänastakuvan ottaminen varsinkin molaarien juurihoidossa parantaa juurihoidon laatua. Jos kuvassa havaitaan juurentäytteen olevan vajaa, preparointipituutta on vielä helppo muuttaa. (Haapasalo ym. 2021.) Preparointimitta tulee varmistaa apeksimittarilla (Hampaan juurihoito: Käypä hoito -suositus 2022). NiTi-neuloilla preparoiduissa kanavissa on tavallista, ettei neulakokoa vastaava guttaperkanasta menekään työmittaan. Tämä johtuu NiTi-neulojen leikkaavan terän kulumisesta, mikä kaventaa neulaa. Ongelma voidaan ratkaista

trimmaamalla kanavan apikaaliosaa teräsneulalla tai käyttämättömällä NiTi-neulalla tai valitseamalla pienempi päänasta ja lyhentämällä sitä tarvittaessa. (Haapasalo ym. 2021.) Kun päänastaa vedetään pois kanavasta, pitäisi tuntua pieni ”tug back” eli vastustuksen tunne, joka kertoo siitä, että nasta on tiiviisti kanavassa. Vastuksen tunnetta pidetään tärkeänä, koska silloin seinämän ja täytteen väliin ei jää tilaa bakteereille kolonisoitua ja guttaperka ei tiivistyksen aikana lähde liikkumaan syvemmäs kanavassa. ”Tug backin” kliinistä merkitystä on kuitenkin tutkittu vähän ja tulokset ovat olleet ristiriitaisia. (Jeon ym. 2017.) Jos täyttökuvassa havaitaan juurentäytteen jääneen yli 2 mm röntgenologisesta apeksista, juurentäyte on helpointa poistaa heti.

### 5.2.6 Natriumhypokloriittionnettomuus

Natriumhypokloriitti (NaOCl) on yksi yleisimmin käytetyistä juurikanavan huuhteluaineista sen tehokkaan antimikrobisen vaikutuksen ja kudosta liuottavien ominaisuuksien vuoksi. Natriumhypokloriitti on erittäin emäksinen yhdiste (pH > 11), joka hajottaa kudoksia. Natriumhypokloriitti tuhoaa mikrobeita hajottamalla niiden solukalvon ja kykenee toimimaan laajakirjoisesti bakteereja ja viruksia vastaan. Se on kuitenkin erittäin sytotoksinen ja voi aiheuttaa vakavia kudonsvaurioita, jos ainetta joutuu juurikanavasysteemin ulkopuolelle hampaan periradikulaarisiin kudoksiin. (Kanagasingam ym. 2020.) Natriumhypokloriitti voi levitä nopeasti lymfateitä pitkin lähikudoksista myös syvemmälle muihin kudoksiin (Haapasalo ym. 2021). Joutuessaan kosketuksiin hampaan ulkopuolisiin kudoksiin natriumhypokloriitti hapettaa nopeasti ympäröiviä kudoksia, mikä johtaa nopeaan hemolyysiin ja haavaumiin. Lisäksi natriumhypokloriitti estää neutrofiilien kulkeutumista alueelle ja tuhoaa endoteeli- ja fibroblastisoluja. (Guivarc'h ym. 2017). Natriumhypokloriitin sytotoksisuus riippuu konsentraatiosta (Kanagasingam ym. 2020). Suomessa käytettävän natriumhypokloriittiliuoksen konsentraatio vaihtelee yleensä 0,5–3 % välillä (Mikkola ym. 2016). Muualla maailmassa konsentraatio on välillä 0,5–5,25 %, vaikka kliiniset tutkimukset ovat osoittaneet yhtä suuria bakteereja tappavia vaikutuksia pienemmillä ja suuremmilla konsentraatioilla (Kanagasingam ym. 2020).

Natriumhypokloriittionnettomuudella tarkoitetaan tilannetta, jossa natriumhypokloriittia kulkeutuu juurikanavasysteemin lisäksi muihin kudoksiin. Swanljung ym. (2018) tutkivat endodonttisten vammojen esiintyvyyttä Suomessa. Aineistona käytettiin Potilasvahinkokeskuksen todentamia vammoja. Huuhteluaineisiin ja lääkkeisiin liittyvien vammojen esiintyvyydeksi todettiin kokonaisuudessaan 7,1 % kaikista todetuista vammoista vuosina 2002–2006 ja 2011–2013. Näistä vammoista 87 % olisi ollut vältettävissä. Kaikki huuhteluaineisiin ja lääkkeisiin liittyvät vammat olivat natriumhypokloriitin ja kalsiumhydroksidin aiheuttamia. Kanavalääkkeenä käytettävä kalsiumhydroksidi on myös hyvin emäksinen aine. Kun preparointi ulottuu apeksin yli, on hyvin todennäköistä, että hammasta ympäröiviin kudoksiin pääsee molempia aineita (Swanljung ym. 2017). Erään amerikkalaistutkimuksen (Kleier ym. 2008) mukaan lähes puolet endodonteista on kokenut uransa aikana ainakin yhden natriumhypokloriittionnettomuuden.

Natriumhypokloriitti voi aiheuttaa komplikaatioita juurihoidon aikana seuraavilla tavoilla: läikkymällä vaatteille, iholle, silmille tai suun limakalvoille, joutumalla poskionteloon tai imeytymällä periradikulaarisiin kudoksiin, mikä voi johtaa vakavaan periapikaalisten kudosten vaurioon, tulehdukseen ja pahimmillaan hengenvaaralliseen tilaan. (Alrahabi ym. 2019.) Iatrogeenisia syitä natriumhypokloriittionnettomuuteen voivat olla vääränlainen huuhtelutekniikka, kuten neulan juuttuminen juurikanavan seinämiin, liian suuri paine tai päästään avoimen huuhteluneulan käyttö sivusta aukenevan ”turvaneulan” sijaan sekä juurikanavan yli-instrumentointi ja juuren perforaatio (Zhu ym. 2013, Haapasalo ym. 2021). Lisäksi anatomiaan liittyviä syitä ovat avojuuriset hampaat ja juuren ulkoinen resorptio (Zhu ym. 2013).

Merkit natriumhypokloriittionnettomuudesta on tärkeä tunnistaa. Äkillinen terävä kipu huuhtelun aikana, verenvuoto juurikanavasta ja muutamassa minuutissa seuraava diffuusi turvotus kasvojen alueella viittaavat siihen, että huuhteluainetta on todennäköisesti päätenyt periradikulaarisiin kudoksiin. (Alrahabi ym. 2019). Natriumhypokloriitin työntyessä poskionteloon kliiniset merkit ovat yleensä hieman erilaiset. Potilas ei välttämättä aluksi tunne kipua vaan pikemminkin polttavaa tunnetta poskiontelossa. Hän voi tuntea huuhteluaineen valuvan sieraimistaan ja kloorin maun kurkussaan. Kasvojen turvotusta ja verenvuotoa

juurikanavasysteemistä ei yleensä juurikaan esiinny. Mahdollisia oireita ovat myös nenäverenvuoto ja poskionteloiden tukkoisuus. (Kanagasingam ym. 2020.)

Systemaattinen arviointi (Kanagasingam ym. 2020), jolla natriumhypokloriittionnettomuuden vakavuutta selvitetään, sisältää seuraavat kohdat:

(1) Potilaan tunteman kivun aste selvitetään numeerisena arvosanana tai visuaalisen kipuasteikon avulla (esim. VAS). Myös kivussa tapahtuva muutos ensioireiden jälkeen tulee kysyä.

(2) Ekstraoraalinen tutkimus, jossa selvitetään kasvojen symmetriaa, turvotusta ja mahdollista ihonalaista verenvuotoa.

(3) Intraoraalinen tutkimus, jossa hammasta ympäröivältä limakalvolta tutkitaan mustelmat, haavaumat ja turvotus. Lisäksi tutkitaan, onko trismusta ja onko suun pohja noussut, mikä voi viitata hengitysteiden tukkiutumiseen.

(4) Arvioidaan mahdollisten neurologisten muutosten esiintyminen, esim. nasolabiaalijuonteen tasoittuminen ja suupielen kääntyminen alaspäin voi viitata häiriöön kolmois- ja kasvohermossa.

(5) Arvioidaan hengitystiet. Hengitysteiden ahtautumiseen viittavia merkkejä ovat kovaääninen hengityksen vinkuminen, käheys, yskä sekä vaikeutunut ja nopeutunut hengitys.

Merkkejä vakavammasta kudosnekroosista ovat kasvojen laaja turvotus, diffuusi mustelma, haavauman esiintyminen, intraoraalinen kudosnekroosi, hengitysteiden ahtautuminen ja neurovaskulaarisen häiriön esiintyminen (Haapasalo ym. 2021).

	<i>Lievä</i>	<i>Kohtalainen</i>	<i>Vakava</i>
<i>Kipu</i>	0–3	4–6	7–10
<i>Turvotus</i>	< 30 %	30–50 %	> 50 %
<i>Mustelma/värimuutos</i>	Paikallinen	Diffuusi	Diffuusi
<i>Haavauma</i>	Ei	Paikallinen	Paikallinen
<i>Kudosnekroosi</i>	Ei	Ei	Intraoraalinen
<i>Muu</i>			Hengitystiet mahdollisesti vaarantuneet, neurovaskulaarinen häiriö

Taulukossa 1 on koottu lievän, kohtalaisen ja vakavan natriumhypokloriittionnettomuuden tunnusmerkkejä. Mukailtu lähteistä: Haapasalo ym. 2021 ja Farook ym. 2014

**Ehkäisy.** Natriumhypokloriittionnettomuutta voidaan ehkäistä välttämällä huuhteluruiskun voimallista käsittelyä kanavassa, käyttämällä kevyttä painetta ja sivusta aukeavaa huuhteluneulaa. (Alrahabi ym. 2019.) Huuhteluneulan pituuden tulisi olla 1–3 mm työpituutta lyhyempi (Zhu ym. 2013). Lisäksi alipainetekniikka on turvallisempi kuin perinteinen huuhtelutekniikka, koska tällöin juurikanavan päähän kohdistuu negatiivinen paine. Tekniikassa kavum täytetään huuhtelunesteellä, neste imetään ensin juurikanavaan ja sitten neulan kautta takaisin imuriin. (Haapasalo ym. 2021.) Ero nesteiden työntymisessä periapikaalialueelle alipainetekniikan ja perinteisen tekniikan välillä erottuvat varsinkin kapeissa kanavissa. Laajoissa neulakokoon 30 tai yli preparoiduissa kanavissa, joissa natriumhypokloriittionnettomuuden riski on muutenkin korkeampi, eri huuhtelutekniikoiden väliset erot ovat merkityksettömät. (Vivekananda Pai 2023.)

**Hoito.** Ensimmäinen toimenpide natriumhypokloriittionnettomuuden jälkeen, kun potilas valittaa kovaa kipua, on lopettaa huuhtelu välittömästi. Potilasta rauhoitellaan ja häntä informoidaan tilanteesta. Natriumhypokloriitti aspiroidaan juurikanavasta ja kanavaa huuhdellaan fysiologisella keittosuolaliuoksella. Verenvuodon annetaan jatkua, koska se huuhtelee kanavaa. Akuuttia kipua voidaan hoitaa johtopuudutuksella ja kipulääkityksellä. (Kanagasigam ym. 2020.) Infiltraatiopuudutuksesta ei ole juurikaan hyötyä, sillä se lisää

painetta kudoksissa. Kun potilaalla ilmenee diffuusia turvotusta, infiltraatiopuudutus on vasta-aiheinen, sillä puudutukseen liittyy riski tulehduksen leviämiseen. (Guivarc'h ym. 2017). Tulehduskipulääkkeet ovat ensisijainen kivunlievityskeino perusterveillä potilailla, koska se vähentää samalla turvotusta. Tulehduskipulääkkeen rinnalle kivun hoitoon voidaan määrätä parasetamolia ja vakavammassa tapauksissa opioideja. Turvotuskohtaa painetaan kylmähauteella ensimmäiset 24 tuntia ja myöhemmin lämpöhauteella verenkierron stimuloimiseksi. Alueesta on otettava röntgenkuva mahdollisen aiheuttajan löytämiseksi (esim. perforaatio), tilanteen dokumentoimiseksi ja myöhempää seuranta varten. Juurikanavat voidaan täyttää kalsiumhydroksidilla, jos veren- ja kudoseksudaatin vuoto saadaan hallintaan. Jos eritystä ei saada hallintaan, hammas voidaan jättää auki, mutta ei yli 24 tunniksi, sillä auki jättäminen voi aiheuttaa suuontelon bakteerien pääsyn nekroottiseen kudokseen. (Kanagasingam ym. 2020.) Keskivaikeiden ja vaikeiden vaurioiden hoidossa voidaan määrätä antibiootteja, mikäli ilmenee merkkejä tulehduksesta (Farook ym. 2014).

Jos potilaalla ilmenee merkkejä vakavammasta kudosnekroosista, hänet tulee lähettää välittömästi sairaalaan suu- ja leukakirurgian yksikköön. Siellä potilaalle voidaan antaa suonensisäisesti kortikosteroideja ja antibiootteja, erityisesti, jos kyseessä on immunosuppressiivinen potilas. Potilaalle voidaan tehdä tietokonetomografia- tai magneettikuvantamiset tulehtuneitten kudosten, luuytimen turvotuksen ja reaktiivisen liikakasvun tunnistamiseksi. (Farook ym. 2014.) Joskus hoito vaatii leikkauksen märän ja kudosnesteiden poistamista varten (Haapasalo ym. 2021). Vakava hypokloriitin aiheuttama vaurio voi vaatia plastiikkakirurgiaa, kivunhoitoa erikoissairaanhoidossa, hermovaurioiden hoitoa sekä puhe- ja fysioterapiaa (Farook ym. 2014).

Natriumhypokloriittionnettomuuden vaikeusasteesta riippumatta tilannetta tulee kontrolloida. Natriumhypokloriittionnettomuuden paranemisajasta on raportoitu vaihtelevaa tietoa: kipu ja turvotus voivat kestää viikosta kuukauteen, limakalvojen paranemisessa voi kestää jopa 60 päivää, mikä joskus johtaa fibroosiin tai arpikudoksen muodostumiseen. Neurologisten vaurioiden paranemisessa voi kestää kuukausia. (Kanagasingam ym. 2020.) Oireiden poistuttua juurihoitoa voidaan jatkaa ilman natriumhypokloriittia. (Haapasalo ym. 2021.)

## 5.3 Juurihoidon jälkeiset komplikaatiot

### 5.3.1 Juurihoidon jälkeinen kipu ja oireilu

Kipu on yksi merkittävimmistä hammashoitoon hakeutumiseen syistä. Kipuun liittyvän psykososiaalisen ahdistuksen tiedetään johtavan hammashoitopelkoon, mikä puolestaan on merkittävä este hammashoidolle ja voi johtaa muihin negatiivisiin psykososiaalisiin seurauksiin. (Nixdorf ym. 2010.) Kivunhallinta juurihoidon aikana ja sen jälkeen on keskeinen osa juurihoidon suoritusta. Post-operatiivista kipua esiintyy useimmiten ensimmäisen 24–48 tunnin aikana hoidosta. Yleensä kipu häviää muutamassa tunnissa, vaikka toisinaan se jatkuu useita päiviä. (Alí ym. 2016.) Pulpiittisessa hampaassa kipu juurihoidon aloittamisen jälkeen liittyy usein kesken jääneisiin tai puutteellisesti preparoituihin kanaviin. Apikaalisessa parodontiitissa oireet voivat jatkua, vaikka preparointi olisi valmis. Kipu apikaalisessa parodontiitissa preparoinnin jälkeen liittyy yleensä hoidon aikana periapikaalialueelle työntyneisiin mikrobeihin ja niiden aiheuttamaan epätasapainoon bakteerien ja puolustuksen välillä. (Haapasalo ym. 2021.)

Post-operatiivisen kivun syitä on etsitty juurihoitoprosessista. Sun ym. (2018) tekemässä meta-analyysissä osoitettiin, että preparointimenetelmä on yksi hoidon jälkeiseen kipuun vaikuttavista tekijöistä. Juurikanavan preparointiin käytettävät instrumentit voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan: käsikäyttöisiin, koneellisiin pyöriviin ja koneellisiin edestakaisin liikkuviin instrumentteihin (resiprookkineulat). Tulokset osoittivat, että post-operatiivisen kivun esiintyminen oli huomattavasti vähäisempää ja kivun intensiteetti matalampaa käytettäessä koneellisia pyöriviä useamman neulan sarjoja kuin käsikäyttöisiä tai koneellisia resiprookkineuloja. Syy voi olla se, että koneellinen pyörivä instrumentti työntää vähemmän kudospäättettä ja mikrobeja periapikaalialueelle kuin käsikäyttöiset viilat tai koneelliset resiprookkineulat. Muita tekijöitä, joiden tiedetään mahdollisesti aiheuttavan kipua juurihoidon jälkeen, ovat juurikanavalääkkeen tai -täytteen ulottuminen apeksin yli, natriumhypokloriittionnettomuus ja yli-instrumentointi. Eräissä tutkimuksissa on todettu post-operatiivisen kivun olevan yleisempää yhden käynnin juurihoidoissa verrattuna siihen,

että juurihoito suoritetaan useammalla käyntikerralla. Juurihoitokertojen määrän yhteys hoidon jälkeiseen kipuun on kuitenkin epävarma. (AlRahabi ym. 2017b.)

Yli kuusi kuukautta juurihoidon jälkeen esiintyvälle kivulle on useita mahdollisia syitä. Persistoivan kivun esiintyvyys on 5,3 % (Nixdorf ym. 2010). Yleensä se liittyy apikaaliseen paradontiittiin. Mikäli juurihoito on suoritettu optimaalisesti ja saumavuodon mahdollisuus on suljettu pois, on epäiltävä muita kuin infekioon liittyviä syitä, kuten juuren vertikaalifraktuuraa (Haapasalo ym. 2021). Yleisimpiä infekioon liittymättömiä syitä juurihoidon jälkeiselle kivulle ovat hampaan halkeamat, koronaalisen restauraation epäonnistuminen, muusta hampaasta säteilevä särky ja ei-hammasperäiset syyt, kuten leukanivel- ja puremalihaskivut ja neuropaattinen kipu. (Nixdorf ym. 2010). Juurihoidon jälkeisen kivun ennustekijöitä ovat ennen hoitoa esiintynyt kipu, kroonisen kivun historia, kipuhistoria aiemmassa hammashoidossa sekä naissukupuoli. (Philpott ym. 2018.)

**Ehkäisy ja hoito.** Potilasta on hyvä etukäteen informoida mahdollisesta hoidon jälkeisestä kivusta ja tarvittaessa antaa kipulääkeresepti. Tämä parantaa potilaan luottamusta hoitoon ja helpottaa kivun sietoa. Yleensä kivun hallintaan käytetään tulehduskipulääkkeitä. (AlRahabi ym. 2017b.) Puoli tuntia ennen toimenpidettä annettu kipulääke vähentää toimenpiteen jälkeistä kipua (AlRahabi ym. 2017b, Matos ym. 2024). Juurihoidon aikana post-operatiivista kipua voidaan ehkäistä vaikuttamalla juurikanavapreparointiin. Kanavapreparoinnit olisi hyvä saada valmiiksi samalla kerralla ja vältettävä kudospääntymistä apeksin ulkopuolelle. Tätä voidaan välttää crown-down-tekniikalla, käyttämällä koneellisia pyöriviä juurihoitoneuloja, huuhteluaineen aktivoinnilla ja alipainetekniikalla. Crown-down-tekniikassa kanava preparoidaan vaiheittain alkaen koronaalisesta kolmanneksesta edeten kohti apikaalista kolmannesta (AlRahabi ym. 2017b.) Huuhteluainetta voidaan aktivoida esimerkiksi liikuttamalla guttaperkanastaa edestakaisin työmitassa, ”sonic irrigation” -tekniikalla, ultraäänellä tai laseraktivoinnilla (Kumar ym. 2023). Pitkäkestoisempaa kipua hoidetaan kivun aiheuttajan perusteella.

### 5.3.2 Hampaan värjäytyminen

Hampaan värjäytyminen on esteettinen ongelma, jonka voivat aiheuttaa useat syyt. Värimuutos on usein potilaan mielestä häiritsevää, minkä takia hammaslääkärin onkin tärkeä ymmärtää hampaan värjäytymiseen liittyviä etiologisia tekijöitä. Hampaiden värjäytymät voidaan luokitella sisäisiksi, ulkoisiksi tai näiden yhdistelmäksi. Ulkoisia värjäytymistä aiheuttavia tekijöitä ovat ruoka-aineet, tupakka, huono suuhygienia ja esimerkiksi suuvesien sisältämät metallisuolat ja kationiset antiseptit, kuten klooriheksidiini. Sisäistä värjäytymistä aiheuttavat karies, hammastrauma, pulpanekroosi, sisäinen resorptio ja perinnölliset sairaudet, kuten synnynnäinen erythropoieettinen porfyria ja dentinogenesis imperfecta. Sisäistä värjäytymistä aiheuttavat myös hammashoidon yhteydessä käytettävät aineet, kuten jotkut fluoriyhdisteet, amalgaami, tetrasykliini ja juurihoidon materiaalit. (Ahmed ym. 2012.)

Juurihoito voi aiheuttaa värjäymiä, jos koronaalista pulpakudosta jää poistamatta. Biologinen värjäytyminen johtuu yleensä epäonnistuneesta kavumavauksen suunnittelusta ja preparoinnista. Pulpakudokseen tai dentiinitubuluksiin jääneet punasolut hajoavat hemosideriiniksi, hemiiniksi, hematiiniksi ja hematoidiiniksi, jotka vapauttavat rautaa hemolyysissä. Rauta muuttuu mustaksi rautasulfidiksi bakteerien tuottaman rikkivedyn avulla, mikä voi johtaa kruunun harmaantumiseen. Veren hajoamisen lisäksi muutkin nekroottisen pulpakudoksen hajoavat proteiinit voivat aiheuttaa värjäytymistä. (Ahmed ym. 2012.)

Useat tutkimukset ovat raportoineet, että juurihoidossa käytetyt materiaalit voivat aiheuttaa hampaan koronaalista värjäytymistä, mikäli aineita jää pulpakavumiin ja marginaalisen luureunan tason yläpuolelle juurihoidon aikana tai sen jälkeen. Mahdollisia värjäytymistä aiheuttavia materiaaleja ovat huuhteluaineet, lääkeaineet, tiivistysaineet, MTA ja juurentäytteet. Hammas voi värjäytyä myös juurihoidon jälkeen hampaan restauration yhteydessä ja esimerkiksi metallinen juurikanavanasta voi kuultaa kruunun läpi. (Ahmed ym. 2012.) Juurihoidossa värjäytyneen hampaan valkaisu on usein vähemmän tehokasta kuin traumaattisesti värjäytyneen. Valkaisun pitkän aikavälin ennuste on epävarma, sillä värillä on taipumus palata. (Krstl ym. 2013.)

Natriumhypokloriitti ei yleensä aiheuta hampaiden värjäytymistä, paitsi ollessaan kosketuksissa punasolujen kanssa. Tällöin dentiini voi värjäytyä. Lisäksi huuhteluaineiden väliset reaktiot voivat aiheuttaa merkittäviä hampaiden värjäytymiä. Natriumhypokloriitin reaktio klooriheksidiinin kanssa muodostaa tummanruskean sakan. Tummanruskea sakka voi värjätä dentiiniä ja muodostaa kalvon sen pinnalle, joka häiritsee kanavalääkkeen diffuusiota dentiiniin, juurentäytteen adheesiota ja vaarantaa koronaalisen restauration onnistumisen. Lisäksi sakan on havaittu sisältävän merkittävän määrän karsinogeenistä 4-kloorianiliinia, joka voi hajota edelleen 1-kloori-4-nitrobenseeniksi, joka on myös syöpää aiheuttava aine. Etyleenidiamiinitetraetikkahappo (EDTA) voi reagoidessaan klooriheksidiinin kanssa aiheuttaa saostuman, jonka väri vaihtelee valkoisesta vaaleanpunaiseen. Sakan ei ole kuitenkaan osoitettu sisältävän merkittävää määrää 4-kloorianiliinia toisin kuin natriumhypokloriitin ja klooriheksidiinin välisessä reaktiossa syntyneessä sakassa. (Ahmed ym. 2012) EDTA ja natriumhypokloriitti ovat usein juurihoidossa käytettävä yhdistelmä ja niiden reaktiossa muodostuu kuplia, jotka sisältävät pääasiassa kloorikaasua (Prado ym. 2013).

Kanavalääkkeet ehkäisevät mikrobien kasvua juurikanavissa juurihoitokäyntien välillä. Juurikanavalääkkeiden edullisista vaikutuksista huolimatta ne voivat muuttaa hampaan väriä, varsinkin jos lääkettä laitetaan juurikanavien lisäksi myös hampaan pulpakavumiin (Afkhami ym. 2019). Juurihoidon Käypä hoito -suosituksen (2022) mukaan ensisijainen kanavalääke juurihoidossa on kalsiumhydroksidi ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Sen on osoitettu eräissä tutkimuksissa osoitettu liittyvän värjäntymiseen (Kahler ym. 2016), mutta esimerkiksi Afkhamin ym. (2019) tutkimuksessa kalsiumhydroksidi ei aiheuttanut merkittävää värin muutosta hampaan koronaaliosassa. Ledermix-pasta, joka sisältää demeklosykliini-hydrokloridia, voi aiheuttaa hampaiden värjäytymistä, jos sitä ei poisteta kokonaan pulpaontelon koronaalisesta osasta. Aiemmin värjäytymistä aiheutti myös kolmoisantibioottipasta, joka sisälsi siprofloksasiinia, metronidatsolia ja minosykliiniä. (Ahmed ym. 2012.) Minosykliinin tunnistettiin kuitenkin aiheuttavan värjäytymiä, minkä takia sitä ei enää käytetä antibioottipastoissa (Haapasalo ym. 2021). Kolmoisantibioottipasta ei ole ollut Suomessa käytössä. Myös muiden kanavalääkkeiden, kuten formokresoli- ja jodoformipohjaisten lääkkeiden, on raportoitu aiheuttavan koronaalista värjäytymistä. (Ahmed ym. 2012.)

Monilla juurentäytteen tiivistysaineilla on värjäämispotentiaalia. Sinkkioksidi-eugenolia sisältävillä tiivistysaineilla on alhainen värjäämispotentiaali (Tour Savadkouhi ym. 2016), mutta niiden heikkoutena on huokoisuus ja sytotoksisuus, jos ne joutuvat kosketuksiin periapikaalisten kudosten kanssa (Chong ym. 2017). Lasi-ionomeeripohjaisissa tiivistysaineissa ei ole havaittu värjäämispotentiaalia. Sen sijaan osa kalsiumhydroksidipohjaisista ja biokeraamisista tiivistysaineista sekä melkein kaikki resiinipohjaiset tiivistysaineet voivat aiheuttaa värjäytymiä. (Tour Savadkouhi ym. 2016.)

Aiemmin juurentäytteenä käytetyt hopeanastat aiheuttivat hampaiden värjäytymistä ja syöpymistä. Hopeanastojen käyttö on kuitenkin lopetettu. Guttaperka on nykyään yleisin juurentäyttemateriaali. Sen on raportoitu aiheuttavan vaaleanpunaista värjäytymistä. (Ahmed ym. 2012.) Myös sekä valkoisen että harmaan MTA:n on osoitettu liittyvän hampaiden värjäntymiseen (Kahler ym. 2016). MTA:n värjäämispotentiaali liittyy luultavasti joidenkin sen sisältämien aineiden hapettumiseen (Ahmed ym. 2012). Veri lisää MTA:n värjäämispotentiaalia. Biodentiini näyttäisi indusoivan värjäytymistä vähemmän kuin MTA, myös veren läsnäollessa. (Madani ym. 2019.)

**Ehkäisy.** On tärkeää suunnitella kavumavaus ennalta ja tehdä avauksesta riittävän laaja, ettei pulpasarvia jää avaamatta. Korkeiden pulpasarvien huomaamatta jääminen on vaarana erityisesti nuorten hampaissa, joissa pulpaontelo ei ole ehtinyt vetäytyä (Haapasalo ym. 2021). Pulpaontelon katto on tärkeää poistaa kokonaan ja onteloa on huuhdeltava perusteellisesti, jotta jäljelle jäänyt orgaaninen kudos saadaan kokonaan poistettua (Ahmed ym. 2012).

Hammaslääkärin tulee valita juurikanavan huuhteluaineet huolellisesti. Jos käytetään natriumhypokloriittia ja klooriheksidiiniä, välissä tulee suorittaa huolellinen välihuuhtelu, esim. steriilillä tislatulla vedellä tai keittosuolaliuoksella, minkä jälkeen kanava on kuivattava. Alkoholia ei ole suositeltu käytettäväksi välihuuhtelussa, koska sen biologinen yhteensopivuus periapikaalisten kudosten ja muiden huuhteluaineiden kanssa on epävarmaa. (Ahmed ym. 2012, Haapasalo 2021.)

Juurikanavalääkkeiden ja täyttemateriaalien käytössä on tärkeää ulottaa materiaali juurikanavaan luureunan alle. Lääkeaineen annostelussa tulisi käyttää annosteluneuloja

(esim. NaviTip) tai pyörivää spiraalimaista täytemateriaalin viejää hitaassa käsikappaleessa (esim. Lentulo-instrumentti). Viejään asetetaan pieni määrä lääkettä ja viedään kanavaan 3–4 mm päähän apikaaliaukosta. Käytettävän nopeuden on oltava erittäin hidas. Instrumentti pidetään pyörimässä myös, kun se vedetään kanavasta ulos, ettei lääke nousisi ylös kanavasta. Lentulo-instrumenttia käytettäessä kannattaa pitää mielessä sen katkeamisherkkyyys. Jos lääkettä tai täytemateriaalia jää hampaan koronaaliseen osaan, se tulee poistaa huolellisesti esim. absoluuttiseen alkoholiin kostutetuilla vanupalloilla. (Ahmed ym. 2012.)

**Hoito.** Värjäytymiä voidaan hoitaa sisäisellä valkaisulla tai proteettisella hoidolla. Sisäinen valkaisu on näistä vähiten invasiivinen ja hinnaltaan halvempi ratkaisu. Sisäinen valkaisu tapahtuu asettamalla valkaisevaa ainetta, kuten vetyperoksidia, karbamidiperoksia tai natriumperboraattia, pulpakavumiin ja sulkemalla hammas väliaikaisella paikalla. Valkaiseva aine vaihdetaan, kunnes riittävä värimuutos on saavutettu. Laboratoriotutkimuksissa vetyperoksidi (35 %), karbamidiperoksidi (35 % tai 37 %) ja vetyperoksidin ja natriumperboraatin yhdistelmä (3 % tai 30 %) on todettu tehokkuudeltaan melko samanlaisiksi. Natriumperboraatti yksinään oli vähemmän tehokas. (Frank ym. 2022.)

### 5.3.4 Halkeamat

Juurihoito lisää riskiä hampaan halkeamiin, koska se muuttaa dentiinin biomekaanisia ominaisuuksia. Vitaali hammas koostuu 60-prosenttisesti epäorgaanisesta hydroksiapatiitista, 30-prosenttisesti orgaanisista aineista kuten kollageenista sekä 10-prosenttisesti vedestä, jotka antavat hampaalle rasituskestävyyttä ja estävät halkeaman etenemistä (Bhanderi 2021). Kun pulpakudos poistetaan, veden määrä myös dentiinitubuluksissa ja -matriisissa vähenee. Dentiinin kuivuminen pienentää hampaan murtolujuutta ja mikrokovuutta sekä heikentää kestävyyttä väsymistä ja okklusaalisia voimia vastaan. (Patel ym. 2022.) Lisäksi juurikanavia preparaoidessa menetetään dentiiniä ja käytetään aineita, jotka kuivattavat ja heikentävät hammasta, kuten natriumhypokloriittia. (Li ym. 2021.)

Hampaiden murtumat voidaan jaotella eri vaikeusasteisiin. American Association of Endodontists (AAE) on jaotellut vertikaaliset murtumatyypit viiteen luokkaan:

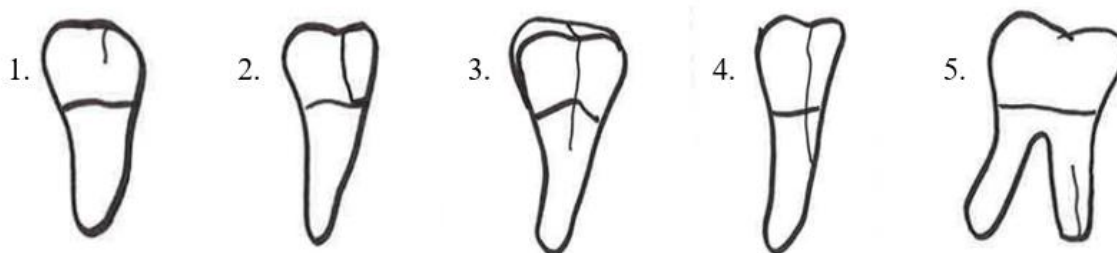
(1) "Craze line" eli kiillehalkeama rajoittuu kiilteen alueelle. Tämä murtumatyyppi ei yleensä vaadi toimenpiteitä.

(2) Kuspin murtuma on dentiinimurtuma, joka ei ulotu pulpaan ja murtumalinja päättyy ennen kiillesementtirajaa.

(3) "Cracked tooth" on termi, joka kuvaa hampaan okkluusalipinnalta alkavaa ja apikaalisuuntaan jatkuvaa epätäydellistä mesio-distaalisessa suunnassa kulkevaa murtumalinjaa. Murtuma on epätäydellinen, koska hammas on vielä yhtenä kappaleena eikä ole jakautunut fragmentteihin. Murtuma ulottuu usein kiillesementtirajan alapuolelle ja saattaa kulkea pulpan läpi. "Cracked tooth" -murtuma voi esiintyä vain premolaareissa ja molaareissa.

(4) "Split tooth" on samanlainen vertikaalisuuntainen murtuma kuin "cracked tooth", mutta murtuma on täydellinen eli hammas on jakautunut toisistaan irrallisiin fragmentteihin.

(5) Vertikaalifraktuura on juuresta lähtöisin oleva pitkittäinen kruunun suuntaan jatkuva bukko-linguaalinen/palatinaalinen murtuma. (Lubisich ym. 2010.) "Cracked" ja "split" -murtumista poiketen vertikaalifraktuura voi esiintyä kaikissa hampaissa, eikä vain premolaareissa ja molaareissa (Haapasalo ym. 2021).



Kuva 2. American Association of Endodontists (AAE) on jaotellut vertikaaliset murtumatyypit viiteen luokkaan. Murtumatyypit vasemmalta oikealle: (1) kiillehalkeama, (2) kuspin murtuma, (3) "cracked tooth", (4) "split tooth" ja (5) vertikaalifraktuura. AAE:n luokitus kuvaa vertikaalisuunnassa tapahtuvia hampaan murtumia. Näiden murtumatyyppien lisäksi on myös vinoja ja horisontaalisuuntaisia murtumia.

Hampaan murtuman diagnosointi ja murtumatyyppien erottaminen toisistaan saattaa olla haasteellista. Hampaan murtuma voi aiheuttaa kipua, puruarkuutta, herkkyyttä lämpötilanvaihteluille ja makealle. Kapea syventynyt ientasku potilaalla, jolla muuten ei ole syventyneitä ientaskuja, on kliininen löydös mahdollisesta hampaan murtumasta. Potilaan kertomien oireiden, ientaskumittauksen ja visuaalisen havainnoinnin lisäksi murtuma voidaan paikantaa värjäyksellä, röntgenkuvauksella, läpivalaisulla ja mikroskoopilla. (Kang ym. 2016.) Joskus paikan poistaminen on ainut keino havaita hampaan murtuma, esimerkiksi ”cracked tooth” murtuma ei näy kaksiulotteisessa röntgenkuvassa sen mesio-distaalisen sijainnin takia (Haapasalo ym. 2021).

**Ehkäisy ja hoito.** Juurihoidon jälkeen proteettinen kruunu tai epäsuora täyte ehkäisisi todennäköisesti suurimman osan hampaiden murtumista (Haapasalo ym. 2021.). ”Cracked”-murtuma on usein pitkään oireeton ennen kuin se etenee juuren puolelle. Etenemisen nopeus riippuu potilaan purentavoimista ja parafunktioista sekä lämpötilan vaihtelusta. ”Cracked”-murtuma on pysäytettävissä hampaan kruunutuksella, mikäli se ei ole levinnyt ienrajan alapuolelle. Jos murtumaa ei pysäytetä, se saattaa edetä pulpaan ja infektoida sen. Täydellisessä murtumassa eli ”split”-murtumassa ei ole muuta mahdollisuutta kuin poistaa hammas tai monijuurisessa hampaassa poistaa haljennut juuri. (Bhanderi 2021.) Myös vertikaalifraktuuran ennuste on toivoton (Haapasalo ym. 2021).

Eri juurihoidon teknisillä menetelmillä voidaan vaikuttaa hampaan murtumaherkkyteen. Juurikanavan laajan preparoinnin, korkean natriumhypokloriittiliuoksen konsentraation ja juurikanavaruvien tiedetään lisäävän riskiä juuren vertikaalifraktuuran syntymiseen. Koneelliset NiTi-neulat ovat endodontiassa suosittuja niiden nopeuden ja tehokkuuden vuoksi, mutta niiden haittapuolena on dentiinin rasittuminen. Koneellisia NiTi-neuloja on saatavilla yhden neulan ja useamman neulan järjestelminä. Murtumatodennäköisyys ei eroa tilastollisesti merkittävästi eri järjestelmien välillä. Eroa on siinä, minne dentiinin mikrohalkeamat syntyvät. Esimerkiksi useamman neulan järjestelmä ProTaper poistaa enemmän dentiiniä koronaaliosasta kuin muut neulajärjestelmät ja lisää murtumaherkkyttä koronaaliosassa. Sen sijaan yhden neulan järjestelmät OneShape ja WaveOne lisäävät dentiinin murtumaherkkyttä juurikanavan apikaaliosassa. Tämän saattaa johtua siitä, että

monineulajärjestelmissä kanavaa laajennetaan asteittain, jolloin dentiiniin kohdistuu kerralla vähemmän räsitystä kuin yksineulajärjestelmällä. (Shantiaee ym. 2019.) Kanavia huuhdeltaessa tulee välttää edestakaista huuhteluaineesta toiseen siirtymistä, esim. EDTA-huuhtelun jälkeen ei saa enää siirtyä takaisin natriumhypokloriittiin, sillä tämä aiheuttaa dentiinin eroosiota, minkä arvellaan lisäävän juuren vertikaalifraktuuran riskiä. (Haapasalo ym. 2021.)

#### 5.3.4 Hoitoresistentti periapikaalinen parodontiitti

Hoitoresistentti apikaalinen parodontiitti tarkoittaa apikaalista parodontiittia, joka ei parane hyvin tehdystä juurihoidosta huolimatta. Hoitoresistenssiä aiheuttaa mikrobien resistenttiys juurikanavan desinfiointiaineille ja mikrobien tunkeutuminen pääkanavasta sen periferiaan tai juuren ulkopinnalle. Periferialla tarkoitetaan esim. lateraalikanavia ja deltamaista apeksia. (Haapasalo ym. 2021.) Hoitoresistenttiys on kuitenkin harvinaista ja useimmiten paranemista hidastavat tai estävät juurihoidon teknisessä suorituksessa tai restauroatiossa tapahtuneet virheet. Tällaisia virheitä ovat alhainen aseptiikan taso, hoitamatta jääneet kanavat, riittämätön instrumentointi ja vuotavat väliaikaiset tai pysyvät täytteet. Systemisten sairauksien, kuten diabeteksen, yhteyttä hoitoresistenttiin periapikaaliseen parodontiittiin on tutkittu. Tutkimukset osoittavat, että diabetes liittyy merkitsevästi periapikaalisten leesioden yleisempää esiintyvyyteen juurihoidetuissa hampaissa. (Segura-Egea ym. 2016.)

**Hoito.** Juurihoito määritellään onnistuneeksi, kun hammas on oireeton, siitä ei löydy infektiota viittaavia kliinisiä merkkejä, hammas on purennallisesti toimiva ja juurta ympäröi normaali parodontaalirako ja lamina dura. Merkkejä parantumisesta pitäisi näkyä jo alle vuodessa juurihoidosta, mutta paranemista voidaan tarvittaessa seurata neljä vuotta juurihoidosta, mikäli hammas on oireeton. (Hampaan juurihoito: Käypä hoito -suositus 2022.) Jos juurihoito todetaan epäonnistuneeksi vaihtoehtoina ovat uusintajuurihoito, kirurginen hoito tai hampaan poisto. Mikäli hampaassa epäillään hoitoresistenttiä periapikaalista parodontiittia hoitovaihtoehtoina ovat apikaalisen preparoinnin tehostaminen,

huuhteluaineen aktivointi esimerkiksi endodonttisella ultraäänellä, hoitoa tehostavien huuhteluaineiden ja kanavalääkkeiden käyttö tai juurenpään resektio (Haapasalo ym. 2021).

## **6 Hoidon vaikeusasteen arviointi ja sen merkitys komplikaatioiden ennaltaehkäisyssä**

Juurihoidon vaikeuden arviointi ennen hoidon aloitusta auttaa varautumaan mahdollisiin komplikaatioihin. Juurihoidon Käypä hoito -suositus (2022) sisältää juurihoidon vaikeuden arviointilomakkeen. Se on suomennos amerikkalaisen endodonttijärjestön American Association of Endodontists (AAE) lomakkeesta. Lomakkeessa arvioidaan juurihoidon vaativuutta potilaskohtaisten, diagnostisten ja hoidollisten sekä muiden tekijöiden perusteella. Näiden tekijöiden perusteella juurihoidon vaativuus jaotellaan helpoksi, kohtalaisen vaikeaksi ja erittäin vaikeaksi. Hoidon vaativuusasteen systemaattinen arviointi antaa informaatiota hyöty-riskisuhteesta ja voi helpottaa hoitopäätöksen tekoa.

Potilaan yleisterveys on potilaskohtainen juurihoidon vaativuuteen vaikuttava tekijä. AAE:n lomakkeessa yleisterveyttä arvioidaan ASA-luokittelulla (American Society of Anesthesiologists Classification System), jossa on viisi luokkaa. Luokka yksi kuvaa yleistervettä potilasta ja luokka viisi välittömässä kuolemanvaarassa olevaa potilasta. Muut luokat ovat näiden kahden välissä. Yleissairaudet lisäävät juurihoidon haastavuutta varsinkin, jos ne ovat komplisoituneet. Muita potilaskohtaisia juurihoidon vaikeuden arviointiin vaikuttavia tekijöitä ovat paikallispuudutuksen sietäminen ja puutuneisuuden saavuttaminen, potilaan yhteistyö, suun avaus, yökkäysrefleksi ja hampaaseen liittyvä kipu ja turvotus. Ongelmat, kuten rajoittunut suun avaus tai yökkäysrefleksi, vievät luokitusta kohtalaisen vaikean ja erittäin vaikean juurihoidon suuntaan.

Diagnostiset ja hoidolliset tekijät, joita vaikeuden arvioinnissa huomioidaan ovat diagnostiikan selkeys, haasteet röntgenkuvauksessa, hampaan asema hammaskaarella, pystytäänkö hammas eristämään kofferdamilla, hampaan kruunumorfologia, juurten ja kanavien anatomia

ja erottuminen röntgenkuvauksessa sekä onko hampaassa merkkejä resorptiosta. Helppoa juurihoitoa ennustavat selkeä diagnostiikka, periapikaalikuvauksen ongelmattomuus, suorassa oleva etuhammas tai premolaari, mahdollisuus käyttää kofferdamia ilman lisätoimenpiteitä, normaali kruunumorfologia, suorat ja sulkeutuneet juurikanavat, kanavien erottuminen periapikaalikuvassa normaalin kokoisina ja se, ettei hampaassa ole merkkejä resorptiosta.

Muita juurihoidon vaikeuden arvioinnissa huomioitavia tekijöitä ovat hampaan aiempi traumahistoria, aiempi juurihoito ja hampaan paro-endotila. Komplisoitumaton kruunumurtuma ei vaikeuta juurihoidon suorittamista, mutta komplisoitunut kruunumurtuma ja kovakudosvammot vaikeuttavat. Primaarijuurihoito on helpompi suorittaa kuin uusintajuurihoito. Uusintajuurihoito määrittää juurihoidon vaikeusasteen erittäin vaikeaksi. Myös kiinnityskudostuho vaikeuttaa juurihoitoa.

Juurihoito arvioidaan helpoksi, jos lomakkeessa kaikki tekijät viittaavat luokkaan helppo juurihoito. Jos löydetään yksi tai useampi potilaaseen tai hoitoon liittyvä tekijä luokassa kohtalaisen vaikea juurihoito, juurihoidon vaikeusaste arvioidaan kohtalaisen vaikeaksi. Erittäin vaikeaa juurihoitoon viittaa useampi potilaaseen tai hoitoon liittyvä tekijä luokassa kohtalaisen vaikea juurihoito tai vähintään yksi tekijä luokassa erittäin vaikea juurihoito. Kokemattomankin hammaslääkärin tulisi pystyä saavuttamaan ennustettava hoitotulos helppoissa juurihoidoissa. Kohtalaisen vaikean ja erittäin vaikean juurihoidon suorittaminen onnistuneesti saattaa olla vaikeaa kokeneellekin hammaslääkärille. Eräässä tutkimuksessa raportoitiin, että erittäin vaikeaksi luokitelluissa juurihoidoissa tapahtui merkittävästi enemmän komplikaatioita ja ne vaativat enemmän hoitokäyntejä (Haug ym. 2018). AAE-luokittelua on kritisoitu siitä, että se luokittelee kaikki tiettyjä perussairauksia sairastavat potilaat erittäin vaikeaan luokkaan (Haug ym. 2023).

Pohjoismainen juurihoidon vaativuuden arviointilomake (The Nordic Endodontic Assessment Form) on toinen tapa luokitella juurihoidon vaativuutta. Luokittelu perustuu AAE:n luokitteluun, mutta siinä otetaan paremmin huomioon erot hammaslääkärien välillä. Luokittelussa hammaslääkärit jaetaan luokkiin A, B, C ja D teknisten taitojen, teoreettisen tiedon ja käytettävien apuvälineiden perusteella. Myös hampaat jaotellaan luokkiin A-D

hoidon haastavuuden perusteella. Haastavuuden arvioinnissa otetaan huomioon hoidon tyyppi ja haasteet (esim. päivystyksellinen hoito ja uusintajuurihoito), diagnoosi, hampaan tyyppi, hampaan kallistuminen ja kiertyminen, kruunumorfologia, radiologinen näkymä ja juuren käyryys.

Mikäli hammaslääkäri arvioi juurihoidon liian haastavaksi itselleen juurihoito on hyvä lähettää juurihoitoon perehtyneelle hammaslääkärille tai erikoishammaslääkärille. Lähetete specialistille on hyvä tehdä mahdollisimman varhaisessa vaiheessa hoitoa, jotta vältetään komplikaatioilta. Tarvittaessa ensin tehdään kiireellinen hoito, jotta hammas saadaan oireettomaksi. Lähetteeseen kirjoitetaan lyhyt yhteenveto potilaan esitiedoista, hampaan hoitohistoriasta, kliinisistä ja radiologisista löydöksistä, diagnoosista, tehdystä hoidosta, hoidon mahdollisista komplikaatioista ja muista tärkeistä potilaaseen liittyvistä huomioonotettavista tekijöistä. Mukaan liitetään periapikaalikuva. Hoidon päätyttyä specialisti tekee epikriisin ja informoi lähettänyttä hammaslääkärää hoidon ennusteesta, seuraavana vaiheen aikataulusta ja kontrollivälistä. (Haug ym. 2023.)

## 7 Pohdintaa

### 7.1 Komplikaatioiden yleisyydestä ja paranemistodennäköisyyksistä

Juurihoidon eri komplikaatioiden yleisyydet vaihtelevat eri lähteissä. Samastakin komplikaatiosta on saatu hyvin erilaisia yleisyystietoja eri tutkimuksissa. Esimerkiksi juuren vertikaalifraktuuran yleisyydet vaihtelevat eri artikkeleissa 4–32 %:n välillä (Patel ym. 2022). Komplikaatioiden yleisyydestä suhteessa toisiinsa löytyy melko vähän tietoa, sillä useimmat artikkelit käsittelevät kerralla vain yhtä komplikaatiota. AlRahabin (2017a) tutkimuksessa seurattiin hammaslääketieteen opiskelijoiden suorittamien juurihoitojen laatua ja eri komplikaatioiden yleisyyttä. Tutkimuksessa oli mukana 280 hammasta, joista 69 % juurihoito oli suoritettu moitteettomasti ja 31 %:ssa oli tapahtunut virhe. Menettelyvirheiden yleisyydet jakautuivat seuraavasti: alitäyttö (50 %), ylitäyttö (24 %), instrumentin katkeaminen (13 %),

apikaalinen perforaatio (2 %) ja juurikanavan transportaatio (2 %). Yleisimpiä komplikaatiot olivat molaareissa ja harvinaisimpia ylätuhampaissa. Yousuf ym. (2015) tutkimuksessa verrattiin komplikaatioiden yleisyyttä valmistuneiden hammaslääkärien joukossa. Tutkimuksen 1748 hampaan juurihoidosta 67 % juurihoidoista suoritettiin moitteettomasti ja 33 %:ssa tapahtui menettelyvirhe. Yleisimpiä virheitä olivat ylitäyttö (23 %), alitäyttö (9 %), instrumentin katkeaminen (0,9 %) ja apikaalinen transportaatio (0,4 %). Iqbal (2016) taas havaitsi tutkimuksessaan alitäytön ja löytämättä jääneiden juurikanavien olevan yleisimpiä juurihoidon epäonnistumiseen johtavia virheitä. Tutkimuksessa oli mukana 90 hampaan juurihoitoa. Juurihoidon Käypä hoito -suositus (2022) mainitsee, että juurihoidon ongelmat ilmenevät yleensä alitäyttönä.

Alitäyttöä ehkäistään huolellisella työskentelyllä. Työmitan tulee olla oikein mitattu. Jos apeksimittari ei anna selkeää tulosta, työmitta varmistetaan neulakuvalla. Juurikanavien preparoinnin aikana tulee huolellisesti tarkastaa, ettei työmitta ala lyhentymään. (Haapasalo ym. 2021.) Mikäli työmittaan ei jossain vaiheessa preparointia enää päästä syynä voi olla juurikanavaneulan katkeaminen tai kanavan tukkeutuminen dentiinipurusta (Priyanka 2017). Ennen juurentäyttöä työmitta tarkastetaan päänasta- ja täyttökuvalla (Hampaan juurihoito: Käypä hoito -suositus 2022).

Juurihoidon komplikaatioiden hoidon onnistumisesta löytyy vaihtelevasti tietoa. Priyankan kirjassa (2018) juurihoidon komplikaatiot jaetaan palautuviin ja palautumattomiin komplikaatioihin. Jako perustuu siihen, voiko hammas toipua komplikaatiosta täydellisesti vai ei. Palautumattomien komplikaatioiden hoidon onnistumisesta löytyy enemmän tutkimusta kuin palautuvien. Komplikaation hoidon onnistumistodennäköisyyksiä saattaa olla helpompi tutkia palautumattomilla komplikaatioilla, koska niistä jää yleensä todisteita esim. röntgenkuvien muodossa toisin kuin esimerkiksi juurikanavan tukkeutumista. Instrumentin katkeaminen on palautuva komplikaatio, sillä katkennut instrumentti on mahdollista saada poistettua. Katkenneen instrumentin poisto onnistuu 53–95 %:ssa tapauksia (McGuigan ym. 2013). Palautumattomien komplikaatioiden hoidolla on yleensä hyvä todennäköisyys onnistua, lukuun ottamatta vertikaalifraktuuraa ja ”split”-murtumaa. Perforaatioiden konservatiivisen hoidon onnistumisprosentti on 73 % ja MTA:ta käytettäessä onnistumisprosentti on jopa 81 %. Juurikanavan preparoinnin aikana syntynyt porras saadaan

useimmiten ohitettua ja 79 %:ssa tapauksista juurihoidon lopputulos on suotuisa (Jafarzadeh ym. 2007). Juurihoidon jälkeen syntyvillä ”cracked”-murtumilla on hyvä ennuste, jos hammas kruunutetaan. Kokonaisselviämistä ”cracked”-murtumilla on tällöin 76–100 %. (Mathew ym. 2024.) ”Split”-murtumissa ja juuren vertikaalifraktuuroissa hoitona on hampaan poisto. Juurihoidon vaikeuden arviointi auttaa hammaslääkärinä tunnistamaan omat rajansa ja lähettämään potilaan ajoissa erikoishammaslääkärille tai juurihoitoon perehtyneelle hammaslääkärille.

## 7.2 Juurihoidon komplikaatioiden ehkäisy ja hoito tulevaisuudessa

Pulpanhoidon (”vital pulp therapy, VRT”) menetelmät ovat yleistyneet viime vuosina voimakkaasti. Näihin menetelmiin kuuluvat osittainen ja vaiheittainen kariksen poisto, pulpan välitön kattaminen, osittainen pulpotomia ja pulpotomia. Juurihoidon Käypä hoito -suositus (2022) suosittelee pulpanhoitoa syvän kariksen hoidossa, kun hampaassa on korkeintaan palautuva pulpiitti. Pulpotomia on ollut klassisesti maitohampaiden ja avojuuristen pysyvien hampaiden hoitomenetelmä, mutta sitä on alettu harkitsemaan myös aikuisten pysyvien hampaiden lopullisena hoitomenetelmänä jopa palautumattomassa pulpiitissa. Pulpotomia voi sopia palautumattoman pulpiitin hoitoon, sillä vaikka kruunupulpa on infektoitunut, juuripulpa saattaa olla vielä terve. Juuripulpan tilaa arvioidaan pulpotomian aikana seuraamalla, tyrehtyykö verenvuoto juurikanavista 5 min sisällä. Ellei vuoto tyrehy tai juurikanavissa nähdään nekroottista kudosta, on infektio levinnyt juuripulpaan, ja hammas täytyy juurihoitaa. (Koronen ym. 2023.)

Meta-analyysissä havaittiin, että palautumattomasti pulpiittisten hampaiden hoidossa pulpotomia antoi suotuisan tuloksen 86 %:ssa tapauksia vähintään 6kk seurannassa. Onnistumisen todennäköisyyttä lisäsivät hampaan avojuurisuus ja Biodentinen käyttö. (Ather ym. 2022.) 3–4 vuoden seurannassa palautumattomasti pulpiittisten hampaiden pulpotomian yleinen onnistumisprosentti on 78–90 %, mikä vastaa primaarijuurihoidon onnistumisprosentteja. Erityisen toimivaksi pulpotomia on havaittu lasten ja nuorten aikuisten tapauksissa. (Koronen ym. 2023.)

Tällä hetkellä pulpotomia on vielä harvinainen hoitomuoto palautumattoman pulpiitin hoidoissa pysyvissä, täysin kehittyneissä hampaissa. Suomessa vain 1–3 % hammaslääkäreistä käyttäisi pulpotomiaa palautumattoman pulpiitin hoidossa (Koronen ym. 2023). Mikäli hoitomuoto kuitenkin tulevaisuudessa yleistyy, saattaa epäonnistumistenkin määrä lisääntyä, sillä juuripulpan infektoitumisen arviointi ei ole välttämättä yksinkertaista. Pulpanhoidon on raportoitu lisäävän kanavien ahtautumista, juurten resorptiota ja pulpakivien muodostumista (Haapasalo ym. 2021). Jonkinasteinen ahtautuminen on todennäköistä, sillä hoitomenetelmät perustuvat tertiäridentiinin muodostumisen lisääntymiseen. Tutkimuksia ahtautumisen vaikeutumisesta pulpahoidon seurauksena on kuitenkin melko vähän ja tulokset ovat osittain ristiriitaisia. Tähän vaikuttaa se, että suurimmassa osassa tutkimuksia seuranta-ajat ovat lyhyitä. (Boontankun ym. 2023.) Pulpotomiaa koskevista tutkimuksissa seuranta-aikaa on tehty korkeintaan 4–5 vuoden ajan ja näissä ahtautumisen havaittiin olevan harvinaista. (Koronen ym. 2023.) Mikäli pulpanhoito lisää ahtautumisen yleisyyttä, lisääntyvät todennäköisesti myös muut juurihoidon komplikaatiot. Ahtautuminen lisää riskiä instrumentin katkeamiselle, juurikanavan tukkeutumiselle ja furkaatioperforaatiolle.

### 7.3 Tutkielman laatuun vaikuttavia tekijöitä

Juurihoidon komplikaatioista löytyy paljon tutkimuksia, joten tutkielmaa ei työläyden vuoksi toteutettu systemaattisena kirjallisuuskatsauksena. Lähteinä pyrittiin hyödyntämään systemaattisia kirjallisuuskatsauksia ja meta-analyysejä mahdollisimman paljon, jotta saadaan mahdollisimman luotettava ja laaja käsitys juurihoidon eri komplikaatioista. Löytyneen tiedon määrä eri komplikaatiotyyppien välillä vaihtelivat, esimerkiksi perforaatioista löytyi enemmän tietoa kuin pulpakivistä. Tutkimusten pienempi määrä vaikeuttaa tulosten yleistettävyyttä.

Tässä tutkielmassa kirjallisuushaku rajattiin koskemaan vuonna 2010 tai sen jälkeen julkaistuja artikkeleita vuoteen 2024 asti. Tämä rajaus tehtiin, jotta tieto olisi mahdollisimman ajantasaista. Toisaalta aiheeseen oleellisesti liittyviä artikkeleita saattoi rajautua pois. Kieli on toinen tekijä, jonka mukaan artikkeleita rajattiin. Tämä sulkee pois kaikki muut kuin suomen- tai englanninkieliset artikkelit. Suurin osa mukaan otetuista tutkimuksista oli toteutettu muualla kuin suomalaisessa hammashoidossa. Tämän takia osa tiedosta saattaa hieman

poiketa Suomessa käytössä olevista hoitokäytännöistä tai olla epäolennaista Suomessa. Esimerkiksi ylitäytön yhteydessä varoitetaan paraformaldehydin neurotoksisesta vaikutuksesta, mutta Suomessa paraformaldehydi ei ole enää käytössä.

Juurihoidon komplikaatioita käsittelevissä artikkeleissa käsitellään yleensä vain yhtä komplikaatiotyyppiä. Tämä vaikeuttaa komplikaatioiden yleisyyden selvittämistä ja eri komplikaatioiden vertailua. Olisi hyvä tarkemmin selvittää, miten komplikaatiot vaikuttavat toistensa riskiin ja paranemistodennäköisyyksiin. Osa komplikaatioista on suorassa yhteydessä toisiinsa, esimerkiksi varsiperforaatio on yleensä seurausta juurikanavan anatomian muutoksesta juurikanavan preparoinnin aikana. Yhteys eri komplikaatioiden välillä saattaa olla myös tiedettyä monimutkaisempi. Tulevaisuudessa yksi tutkimusaihe voisikin olla samanaikaisten komplikaatioiden vaikutus hampaan endodonttiseen hoitoon.

**LÄHTEET**

Afkhami F, Elahy S, Nahavandi AM, Kharazifard MJ, Sooratgar A. Discoloration of teeth due to different intracanal medicaments. *Restor Dent Endod.* 2019 Feb 12;44(1):e10. doi: 10.5395/rde.2019.44.e10. PMID: 30834232; PMCID: PMC6387892.

Ahmed HM, Abbott PV. Discolouration potential of endodontic procedures and materials: a review. *Int Endod J.* 2012 Oct;45(10):883-97. doi: 10.1111/j.1365-2591.2012.02071.x. Epub 2012 May 23. PMID: 22621247.

Alí A, Olivieri JG, Duran-Sindreu F, Abella F, Roig M, García-Font M. Influence of preoperative pain intensity on postoperative pain after root canal treatment: A prospective clinical study. *J Dent.* 2016 Feb;45:39-42. doi: 10.1016/j.jdent.2015.12.002. Epub 2015 Dec 8. PMID: 26678517.

Alrahabi M, Zafar MS, Adanir N. Aspects of Clinical Malpractice in Endodontics. *Eur J Dent.* 2019 Jul;13(3):450-458. doi: 10.1055/s-0039-1700767. Epub 2019 Dec 3. PMID: 31795008; PMCID: PMC6890511.

AlRahabi MK. Evaluation of complications of root canal treatment performed by undergraduate dental students. *Libyan J Med.* 2017a Dec;12(1):1345582. doi: 10.1080/19932820.2017.1345582. PMID: 28678645; PMCID: PMC5508642.

AlRahabi MK. Predictors, prevention, and management of postoperative pain associated with nonsurgical root canal treatment: A systematic review. *J Taibah Univ Med Sci.* 2017b May 9;12(5):376-384. doi: 10.1016/j.jtumed.2017.03.004. PMID: 31435267; PMCID: PMC6695063.

American association of endodontitis. Glossary of Endodontic Terms 2020. Saatavilla internetissä: <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/glossary-endodontic-terms/>

Bastien AV, Adnot J, Moizan H, Calenda É, Trost O. Secondary surgical decompression of the inferior alveolar nerve after overfilling of endodontic sealer into the mandibular canal: Case report and literature review. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2017 Dec;118(6):389-392. doi: 10.1016/j.jormas.2017.09.001. Epub 2017 Sep 9. PMID: 28893717.

Bhuva B, Ikram O. Complications in Endodontics. *Prim Dent J.* 2020 Dec;9(4):52-58. doi: 10.1177/2050168420963306. PMID: 33225854.

Bhanderi S. Facts About Cracks in Teeth. *Prim Dent J.* 2021 Mar;10(1):20-27. doi: 10.1177/2050168420980987. PMID: 33722131.

Boontankun, Akarapong et al. "Pulp Canal Calcification in Young Permanent Teeth That Have Undergone Vital Pulp Therapy: A Review." *Pediatric dental journal* 33.3 (2023): 199–210. Web.

Chanotis A, Ordinola-Zapata R. Present status and future directions: Management of curved and calcified root canals. *Int Endod J.* 2022 May;55 Suppl 3:656-684. doi: 10.1111/iej.13685. Epub 2022 Feb 27. PMID: 35106792.

Chong, Bun San, ed. *Harty's Endodontics in Clinical Practice*. Seventh edition. Edinburgh: Elsevier Saunders, 2017. Print.

Clauder T. Present status and future directions - Managing perforations. *Int Endod J.* 2022 Oct;55 Suppl 4:872-891. doi: 10.1111/iej.13748. Epub 2022 Apr 28. PMID: 35403711.

Estrela C, Decurcio DA, Rossi-Fedele G, Silva JA, Guedes OA, Borges ÁH. Root perforations: a review of diagnosis, prognosis and materials. *Braz Oral Res.* 2018 Oct 18;32(suppl 1):e73. doi: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0073. PMID: 30365614.

Farook SA, Shah V, Lenouvel D, Sheikh O, Sadiq Z, Cascarini L, Webb R. Guidelines for management of sodium hypochlorite extrusion injuries. *Br Dent J.* 2014 Dec;217(12):679-84. doi: 10.1038/sj.bdj.2014.1099. Erratum in: *Br Dent J.* 2015 Feb;218(4):230. Webb, R [added]. PMID: 25525012.

Frank AC, Kanzow P, Rödiger T, Wiegand A. Comparison of the Bleaching Efficacy of Different Agents Used for Internal Bleaching: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Endod.* 2022 Feb;48(2):171-178. doi: 10.1016/j.joen.2021.10.011. Epub 2021 Nov 9. PMID: 34762968.

Gasner NS, Brizuela M. Endodontic Materials Used To Fill Root Canals. 2023 Mar 19. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. PMID: 36508541.

Guivarc'h M, Ordioni U, Ahmed HM, Cohen S, Catherine JH, Bukiet F. Sodium Hypochlorite Accident: A Systematic Review. *J Endod.* 2017 Jan;43(1):16-24. doi: 10.1016/j.joen.2016.09.023. PMID: 27986099

Haapasalo, Kotiranta, Siren, Endal, Haapasalo, Kerosuo. Käytännön juurihoito. Dental Mammoth Oy 2021.

Hampaan juurihoito. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Hammaslääkäriseuran Apollonian asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, 2022. Saatavilla internetissä: [www.kaypahoito.fi](http://www.kaypahoito.fi)

Haug SR, Brundin M, Furuholm J, Siukosaari P. Juurihoidon vaativuuden arviointi, klinikon taitotaso ja lähettäminen spesialistille. *Suomen Hammaslääkärilehti* 2023; 4: 38–47.

Haug SR, Solfjeld AF, Ranheim LE, Bårdsen A. Impact of Case Difficulty on Endodontic Mishaps in an Undergraduate Student Clinic. *J Endod.* 2018 Jul;44(7):1088-1095. doi: 10.1016/j.joen.2018.03.012. Epub 2018 May 24. PMID: 29803337.

Iqbal A. The Factors Responsible for Endodontic Treatment Failure in the Permanent Dentitions of the Patients Reported to the College of Dentistry, the University of Aljouf, Kingdom of Saudi Arabia. *J Clin Diagn Res.* 2016 May;10(5):ZC146-8. doi: 10.7860/JCDR/2016/14272.7884. Epub 2016 May 1. PMID: 27437351; PMCID: PMC4948527.

Jannati R, Afshari M, Moosazadeh M, Allahgholipour SZ, Eidy M, Hajihoseini M. Prevalence of pulp stones: A systematic review and meta-analysis. *J Evid Based Med.* 2019 May;12(2):133-139. doi: 10.1111/jebm.12331. Epub 2018 Nov 20. PMID: 30461204.

Jafarzadeh H, Abbott PV. Ledge formation: review of a great challenge in endodontics. *J Endod.* 2007 Oct;33(10):1155-62. doi: 10.1016/j.joen.2007.07.015. Epub 2007 Sep 4. PMID: 17889681.

Juárez-Gallegos J, Rodríguez-Hidalgo A, Santana M, Arzate H, Montoya-Ayala G. Characterization of pulp calcifications and changes in their composition after treatments with citric acid and ethylenediaminetetraacetic acid solutions. *Microsc Res Tech.* 2023 Jan;86(1):41-52. doi: 10.1002/jemt.24255. Epub 2022 Oct 31. PMID: 36314569.

Kahler B, Rossi-Fedele G. A Review of Tooth Discoloration after Regenerative Endodontic Therapy. *J Endod.* 2016 Apr;42(4):563-9. doi: 10.1016/j.joen.2015.12.022. Epub 2016 Feb 4. PMID: 26852148.

Kanagasigam S, Blum IR. Sodium Hypochlorite Extrusion Accidents: Management and Medico-Legal Considerations. *Prim Dent J.* 2020 Dec;9(4):59-63. doi: 10.1177/2050168420963308. PMID: 33225856.

Kang SH, Kim BS, Kim Y. Cracked Teeth: Distribution, Characteristics, and Survival after Root Canal Treatment. *J Endod.* 2016 Apr;42(4):557-62. doi: 10.1016/j.joen.2016.01.014. Epub 2016 Mar 2. PMID: 26944835.

Kiefner P, Connert T, ElAyouti A, Weiger R. Treatment of calcified root canals in elderly people: a clinical study about the accessibility, the time needed and the outcome with a three-year follow-up. *Gerodontology.* 2017 Jun;34(2):164-170. doi: 10.1111/ger.12238. Epub 2016 Jun 14. PMID: 27296318

Kleier DJ, Averbach RE, Mehdipour O. The sodium hypochlorite accident: experience of diplomates of the American Board of Endodontics. *J Endod.* 2008 Nov;34(11):1346-1350. doi: 10.1016/j.joen.2008.07.021. Epub 2008 Aug 30. PMID: 18928844.

Krupp C, Bargholz C, Brüsehaber M, Hülsmann M. Treatment outcome after repair of root perforations with mineral trioxide aggregate: a retrospective evaluation of 90 teeth. *J Endod.* 2013 Nov;39(11):1364-8. doi: 10.1016/j.joen.2013.06.030. Epub 2013 Sep 5. PMID: 24139255.

Krastl G, Allgayer N, Lenherr P, Filippi A, Taneja P, Weiger R. Tooth discoloration induced by endodontic materials: a literature review. *Dent Traumatol.* 2013 Feb;29(1):2-7. doi: 10.1111/j.1600-9657.2012.01141.x. Epub 2012 Apr 19. PMID: 22513082.

Kumar RS, Ankola AV, Sankeshwari RM, Hebbal M, Hampiholi V, Kumar S L, Deshpande AP, Choudhury AR, Pai Khot AJ. Effectiveness of various irrigant activation techniques on the penetration of sodium hypochlorite into lateral canals of mature permanent teeth: A systematic review and meta-analysis. *Saudi Dent J.* 2023 Jan;35(1):1-23. doi: 10.1016/j.sdentj.2022.12.004. Epub 2022 Dec 16. PMID: 36817024; PMCID: PMC9931519.

Li F, Diao Y, Wang J, Hou X, Qiao S, Kong J, Sun Y, Lee ES, Jiang HB. Review of Cracked Tooth Syndrome: Etiology, Diagnosis, Management, and Prevention. *Pain Res Manag.* 2021 Dec 15;2021:3788660. doi: 10.1155/2021/3788660. PMID: 34956432; PMCID: PMC8694987.

Lubisich EB, Hilton TJ, Ferracane J; Northwest Precedent. Cracked teeth: a review of the literature. *J Esthet Restor Dent*. 2010 Jun;22(3):158-67. doi: 10.1111/j.1708-8240.2010.00330.x. PMID: 20590967; PMCID: PMC3870147.

Madani Z, Alvandifar S, Bizhani A. Evaluation of tooth discoloration after treatment with mineral trioxide aggregate, calcium-enriched mixture, and Biodentine® in the presence and absence of blood. *Dent Res J (Isfahan)*. 2019 Nov 12;16(6):377-383. PMID: 31803383; PMCID: PMC6873240.

Mathew VB, Shamsuddin S, Langaliya A, Rathod PT, Gupta B, Ronsivalle V, Cicciù M, Minervini G. Survivability of endodontically treated cracked tooth: A systematic review. *Technol Health Care*. 2024;32(4):2023-2037. doi: 10.3233/THC-231993. PMID: 38517822.

Matos FS, Rocha LE, Lima MDC, Dantas MVB, Jesuino RD, Ribeiro JMDC, Vieira WA, Paranhos LR. Efficacy of preoperative and postoperative medications in reducing pain after non-surgical root canal treatment: an umbrella review. *Clin Oral Investig*. 2024 Aug 14;28(9):485. doi: 10.1007/s00784-024-05876-z. PMID: 39141185.

McGuigan MB, Louca C, Duncan HF. The impact of fractured endodontic instruments on treatment outcome. *Br Dent J*. 2013 Mar;214(6):285-9. doi: 10.1038/sj.bdj.2013.271. PMID: 23518972.

Mello FW, Miguel AFP, Ribeiro DM, Pasternak B Jr, Porporatti AL, Flores-Mir C, Andrada AC, Garcia LDFR, Dutra-Horstmann KL. The influence of apical extent of root canal obturation on endodontic therapy outcome: a systematic review. *Clin Oral Investig*. 2019 May;23(5):2005-2019. doi: 10.1007/s00784-019-02897-x. Epub 2019 Apr 17. PMID: 31001687.

Mikkola K, Laine M. Natriumhypokloriittikomplikaatiot juurihoitojen yhteydessä. *Suomen Hammaslääkärilehti* 2016; 7: 20–25.

Nixdorf DR, Moana-Filho EJ, Law AS, McGuire LA, Hodges JS, John MT. Frequency of persistent tooth pain after root canal therapy: a systematic review and meta-analysis. *J Endod*. 2010 Feb;36(2):224-30. doi: 10.1016/j.joen.2009.11.007. PMID: 20113779; PMCID: PMC2832800.

Patel S, Bhuvu B, Bose R. Present status and future directions: vertical root fractures in root filled teeth. *Int Endod J.* 2022 May;55 Suppl 3(Suppl 3):804-826. doi: 10.1111/iej.13737. Epub 2022 Apr 15. PMID: 35338655; PMCID: PMC9324143.

Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *J Endod.* 2007;33(2):106–9.

Philpott R, Gulabivala K, Leeson R, Ng YL. Prevalence, predictive factors and clinical course of persistent pain associated with teeth displaying periapical healing following nonsurgical root canal treatment: a prospective study. *Int Endod J.* 2019 Apr;52(4):407-415. doi: 10.1111/iej.13029. Epub 2018 Nov 9. PMID: 30332512.

Pietrzycka K, Pawlicka H. Clinical aspects of pulp stones: A case report series. *Dent Med Probl.* 2020 Apr-Jun;57(2):213-220. doi: 10.17219/dmp/117944. PMID: 32603035.

Prado M, Santos Júnior HM, Rezende CM, Pinto AC, Faria RB, Simão RA, Gomes BP. Interactions between irrigants commonly used in endodontic practice: a chemical analysis. *J Endod.* 2013 Apr;39(4):505-10. doi: 10.1016/j.joen.2012.11.050. Epub 2013 Jan 30. PMID: 23522546.

Priyanka J. *Common Complications in Endodontics: Prevention and Management.* Cham: Springer International Publishing AG 2017.

Ravichandran K, Dinesh K, Nagaraja S, Srinivasan B, Shetty N, Ramesh P. Comparative evaluation of decalcifying agents for dissolution of pulp stones: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2022 Jul-Aug;25(4):356-362. doi: 10.4103/jcd.jcd\_35\_22. Epub 2022 Aug 2. PMID: 36187864; PMCID: PMC9520652.

Ricucci D, Rôças IN, Alves FR, Loghin S, Siqueira JF Jr. Apically Extruded Sealers: Fate and Influence on Treatment Outcome. *J Endod.* 2016 Feb;42(2):243-9. doi: 10.1016/j.joen.2015.11.020. Epub 2015 Dec 24. PMID: 26725179.

Rosen E, Goldberger T, Taschieri S, Del Fabbro M, Corbella S, Tsesis I. The Prognosis of Altered Sensation after Extrusion of Root Canal Filling Materials: A Systematic Review of the Literature. *J Endod.* 2016 Jun;42(6):873-9. doi: 10.1016/j.joen.2016.03.018. Epub 2016 Apr 28. PMID: 27133502.

Regezi, Joseph, James Sciubba, and Richard Jordan. ORAL PATHOLOGY: CLINICAL PATHOLOGIC CORRELATIONS : Clinical Pathologic Correlations. 7th ed. Elsevier Health Sciences, 2017. Print.

Saed SM, Ashley MP, Darcey J. Root perforations: aetiology, management strategies and outcomes. The hole truth. *Br Dent J*. 2016 Feb 26;220(4):171-80. doi: 10.1038/sj.bdj.2016.132. PMID: 26917303.

Segura-Egea JJ, Martín-González J, Cabanillas-Balsera D, Fouad AF, Velasco-Ortega E, López-López J. Association between diabetes and the prevalence of radiolucent periapical lesions in root-filled teeth: systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig*. 2016 Jul;20(6):1133-41. doi: 10.1007/s00784-016-1805-4. Epub 2016 Apr 8. PMID: 27055847.

Shahabinejad H, Ghassemi A, Pishbin L, Shahravan A. Success of ultrasonic technique in removing fractured rotary nickel-titanium endodontic instruments from root canals and its effect on the required force for root fracture. *J Endod*. 2013 Jun;39(6):824-8. doi: 10.1016/j.joen.2013.02.008. Epub 2013 Apr 16. PMID: 23683286.

Shantiaee Y, Dianat O, Mosayebi G, Namdari M, Tordik P. Effect of Root Canal Preparation Techniques on Crack Formation in Root Dentin. *J Endod*. 2019 Apr;45(4):447-452. doi: 10.1016/j.joen.2018.12.018. Epub 2019 Mar 1. PMID: 30827767.

Shubham S, Nepal M, Mishra R, Dutta K. Influence of maintaining apical patency in post-endodontic pain. *BMC Oral Health*. 2021 Jun 2;21(1):284. doi: 10.1186/s12903-021-01632-x. PMID: 34078331; PMCID: PMC8173919.

Siew K, Lee AH, Cheung GS. Treatment Outcome of Repaired Root Perforation: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod*. 2015 Nov;41(11):1795-804. doi: 10.1016/j.joen.2015.07.007. Epub 2015 Sep 9. PMID: 26364002.

Sun C, Sun J, Tan M, Hu B, Gao X, Song J. Pain after root canal treatment with different instruments: A systematic review and meta-analysis. *Oral Dis*. 2018 Sep;24(6):908-919. doi: 10.1111/odi.12854. Epub 2018 Jun 8. PMID: 29516592.

Swanljung O, Vehkalahti MM. Root Canal Irrigants and Medicaments in Endodontic Malpractice Cases: A Nationwide Longitudinal Observation. *J Endod*. 2018 Apr;44(4):559-564. doi: 10.1016/j.joen.2018.01.003. Epub 2018 Feb 16. PMID: 29459149.

Swanljung, Outi; Vehkalahti, Miira M. Juurihoitovahingosta Nicolaun oireyhtymä? Suomen Hammaslääkärilehti 2017: 7 s.28-31

Terauchi Y, Ali WT, Abielhassan MM. Present status and future directions: Removal of fractured instruments. *Int Endod J.* 2022 May;55 Suppl 3:685-709. doi: 10.1111/iej.13743. Epub 2022 Apr 18. PMID: 35377473.

Tour Savadkouhi S, Fazlyab M. Discoloration Potential of Endodontic Sealers: A Brief Review. *Iran Endod J.* 2016 Fall;11(4):250-254. doi: 10.22037/iej.2016.20. PMID: 27790251; PMCID: PMC5069898.

Torabinejad M, Kettering JD, McGraw JC, et al. Factors associated with endodontic interappointment emergencies of teeth with necrotic pulps. *J Endod.* 1988;14(5):261–6. doi: 10.1016/S0099-2399(88)80181-X.

Tsesis, Igor et al. "Prevalence and Associated Periodontal Status of Teeth with Root Perforation: A Retrospective Study of 2,002 Patients' Medical Records." *Journal of endodontics* 36.5 (2010): 797–800. Web.

Ungerechts C, Bårdsen A, Fristad I. Instrument fracture in root canals - where, why, when and what? A study from a student clinic. *Int Endod J.* 2014 Feb;47(2):183-90. doi: 10.1111/iej.12131. Epub 2013 May 25. PMID: 23710943

Vivekananda Pai AR. Factors influencing the occurrence and progress of sodium hypochlorite accident: A narrative and update review. *J Conserv Dent.* 2023 Jan-Feb;26(1):3-11. doi: 10.4103/jcd.jcd\_422\_22. Epub 2022 Dec 8. PMID: 36908722; PMCID: PMC10003279.

Yousuf W, Khan M, Mehdi H. Endodontic Procedural Errors: Frequency, Type of Error, and the Most Frequently Treated Tooth. *Int J Dent.* 2015;2015:673914. doi: 10.1155/2015/673914. Epub 2015 Aug 10. PMID: 26347779; PMCID: PMC4546974.

Zhu WC, Gyamfi J, Niu LN, Schoeffel GJ, Liu SY, Santarcangelo F, Khan S, Tay KC, Pashley DH, Tay FR. Anatomy of sodium hypochlorite accidents involving facial ecchymosis - a review. *J Dent.* 2013 Nov;41(11):935-48. doi: 10.1016/j.jdent.2013.08.012. Epub 2013 Aug 28. PMID: 23994710; PMCID: PMC3824250.