

Meeri Hakala ja Elina Mäntyniemi

HAMPAAN HERKKYYSMITTAUKSET

Syventävien opintojen kirjallinen työ

Kevätlukukausi 2020

Meeri Hakala ja Elina Mäntyniemi

HAMPAAN HERKKYYSMITTAUKSET

Hammaslääketieteen laitos, Turun yliopisto

Kevätlukukausi 2020

Vastuhenkilö: EHL Merja Laine

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

TURUN YLIOPISTO

Hammaslääketieteen laitos

HAKALA MEERI ja MÄNTYNIEMI ELINA: Hampaan herkkyyssmittaukset

Syventävien opintojen kirjallinen työ 25 sivua

Kariologia ja korjaava hammashoito

Huhtikuu 2020

Kirjallisuuskatsaus käsittelee hampaiden herkkyyssmittauksia. Hampaiden herkkyyssmittauksista on paneuduttu erityisesti kylmätettiin ja elektroniseen pulpan testaukseen eli EPT:hen, sillä ne ovat kliinisesti yleisimmin käytössä ja suositeltuja rutiinimittauksia vastaanotolla hammaspulpan tilaa arvioidessa. Edellä mainittujen herkkyyssmittausten lisäksi katsaus sivuaa ennen käytettyjä herkkyyssmittauksia ja tulevaisuuden testausmenetelmiä. Kirjallisuuskatsaus pohjautuu Pubmed-tietokannasta haettuihin tutkimuksiin ja artikkeleihin sekä endodontian oppikirjoihin. Pudmed-tietokannassa hakusanoina käytimme ”pulp sensitivity”, ”electrical”, ”thermal”, ”pulp test/testing”, ”dental test”, ”tooth vitality” ja ”clinical testing” erilaisina hakulausekkeina. Rajasimme hakutulokset 10 vuoden sisällä julkaistuiksi ja valitsimme hakutuloksista parhaiten aiheittamme käsittelevät tutkimukset ja katsausartikkelit.

Kirjallisen työn lisäksi osa syventäviä opintojamme on hampaan herkkyyssmittauksia käsittelevä opetusvideo, joka on tarkoitettu erityisesti hammaslääketieteen opiskelijoille oppimismateriaaliksi. Videossa käsitellään hampaan kylmättestaus ja EPT sekä niissä tarvittava välineistö, käytännön suoritus ja lyhyesti mahdolliset diagnoosit. Video on kuvattu Turun yliopiston Hammaslääketieteen laitoksella helmikuussa 2020. Videon kesto on 7 minuuttia ja 36 sekuntia.

Asiasanat: hampaan herkkyyssmittaus, kylmättesti, elektroninen pulpan testaus, EPT.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	2
2 PULPAN HERKKYYSMITTAUKSET	4
2.1 Pulpan herkkyyssmittausten toimintaperiaate	4
2.2 Pulpan herkkyyssmittausten käyttöaiheet	6
2.3 Mittaukset diagnosoinnin tukena	7
3 KYLMÄTESTAUS	9
3.1 Toimintaperiaate	9
3.2 Välineistö	10
3.3 Käytännön suoritus	11
3.4 Kylmätestauksen ongelmakohdat	12
4 ELEKTRONINEN PULPAN TESTAUS (EPT)	12
4.1 Toimintaperiaate	12
4.2 Välineistö	13
4.3 Käytännön suoritus	13
4.4 EPT:n ongelmakohdat	15
5 HERKKYYSMITTAUSTEN VIRHELÄHTEET	17
6 PÄÄTELMÄT	19
LÄHTEET	21

1 JOHDANTO

Pulpan herkkyyden määrittämiseen on käytetty erilaisia testejä jo pitkään. Herkkyydsmittauksia ovat kylmä- ja kuumetestit, elektroninen pulpan testaus (EPT), tekninen testi (koekaviteetti, testikaviteetti) sekä uusimpina laser-doppler -virtausmittaus ja pulssioksimetri. (Jafarzadeh ja Abbot 2010.) Herkkyydsmittausten haasteena on ollut niiden kyky rekisteröidä vain hermojen toimintaa, eikä lainkaan pulpan verenkierron tilaa. Vitaliteettimittauksiksi voidaan kutsua vain mittauksia, jotka rekisteröivät hampaan verenkiertoa. Näitä ovat edellä mainituista pulssioksimetri ja laser-doppler -virtausmittaus. Muut herkkyydsmittaukset mittaavat vain hermojen toimintaa, minkä avulla voidaan tehdä johtopäätöksiä hammaspulpan tilasta. Ainut varma menetelmä hammaspulpan tilan selvittämiseksi on histologinen tutkimus, mutta se ei sovellu käytännön työhön diagnostiseksi menetelmäksi.

Kuumetestin on yksi hampaan herkkyydsmittauksista. Kuumetestin voi suorittaa eri tavoin. Yleensä käytetään kuumennettua guttaperkanastaa, kuumennettua instrumenttia, elektronista lämmitintä, kitkalämpöä tai kuumaa vettä. Kuumetestin on melko epäluotettava testimenetelmä, eikä sitä suositella käytettäväksi yksinään pulpan tilan diagnosoinnissa (Petersson ym. 1999, Bergenholtz ym. 2003 ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Käypä hoito -suosituksen mukaan kuumetestin ei suositella, sillä se on epäluotettavampi kuin EPT ja kylmätesti. Kuumetestin suorittaessa lämpötilan kontrolloiminen on haastavaa ja testivälineen kuumuus voi vaihdella riippuen sen lämmitysajasta. Lämmitettyä välinettä ei saa pitää hampaalla viittä sekuntia kauempaa, sillä hampaan pulpa voi jopa vaurioitua nopeasta lämpötilan noususta. Jos kuumaärsyke saa aikaan kiputuntemuksen, tulee hammas viilentää heti testauksen jälkeen. Kuumetestien toistettavuus on huono, sillä lämpötilan kontrollointi on haasteellista. (Jafarzadeh ja Abbot 2010.)

Nykyään vastaanotoilla käytetään yleisimmin kylmätestin ja EPT:ta. Ne ovat suhteellisen yksinkertaisia suorittaa ja niiden luotettavuus on tarpeeksi hyvä etenkin yhdessä käytettynä. Kylmätestin käsitellään seuraavassa kappaleessa ja EPT:ta kappaleessa 4. Käypä hoito -suosituksen mukaan EPT:ta ja kylmätestausta suositellaan hampaan pulpan tilan diagnosoinnin tukena.

Laser-doppler -virtausmittauksen etuna on sen kyky rekisteröidä hampaan verenkiertoa. Sen toiminta perustuu lasersäteeseen, jonka aallonpituus on nykyisissä laitteissa yleensä 780–820 nm (Ghouth ym. 2018). Säde kohdistetaan hampaalle ja siitä takaisin heijastuva säde rekisteröidään. Verenkierto aiheuttaa säteeseen dopplersiirtymän ja muuttaa rekisteröitävää sädettä, jolloin saadaan tietoa hampaan verenkierron tilasta. Menetelmä on haastavampi kuin perinteisemmät herkkyysmittaukset, sillä mittarin ja potilaan tulee olla aivan paikallaan, jotta tuloksista saadaan luotettavia. Myös hampaiden anatomian variaatiot aiheuttavat haastetta mittaukseen, sillä säteen on osuttava pulpaan ja siinä sijaitseviin verisuoniin. Laser-doppler -virtausmittaus ei ole vielä laaja-alaisessa käytössä hammaslääketieteessä juuri vaikeakäyttöisyytensä ja kalleutensa takia. Tulevaisuudessa laser-doppler -virtausmittaukset tulevat kuitenkin oletettavasti lisääntymään, kun mittavälineistö kehittyy entistä kätevämmäksi. Laser-doppler -virtausmittauksen etuna on myös se, ettei se aiheuta potilaalle tuntemuksia. Näin voidaan välttyä potilaan tuntemuksiin perustuvilta mittausvirheiltä. Nikotiini ja jotkin lääkeaineet voivat kuitenkin vaikuttaa hampaan verenkiertoon ja näin ollen myös laser-doppler -virtaus mittauksen tulokseen. (Cohen ja Burns, 2002.)

Pulssioksimetri on toinen vitaliteettimittaus. Laser-doppler -virtausmittauksen tavoin sekin perustuu optiseen mekaniikkaan ja se toimii samalla periaatteella kuin hapetusastetta sormenpäältä mittaava pulssioksimetri. Hammasta tutkittaessa pulssioksimetri asetetaan sen molemmin puolin ja mittari rekisteröi hampaan verenkierron hapetusasteen. Pulssioksimetrillä on mahdollista havaita tulehtunut pulpa tai osittainen nekroosi, kun hammas on vielä elävä. Tulehdus lisää metabolisten tuotteiden määrää pulpassa ja vähentää hampaan hapetusastetta. (Cohen ja Burns, 2002.) Pulssioksimetrin toiminta perustuu valtimoissa kiertävän veren kykyyn muuttaa hampaan läpi johdettavaa infrapuna- ja punaista valoa (Caldeira ym. 2016). Pulssioksimetriaan tarvittava välineistö on vielä kallista ja kömpelöä, mutta tulevaisuudessa nämäkin laitteet tulevat todennäköisesti lisääntymään niiden kehityksen myötä.

Hampaiden verenkiertoon perustuvissa mittauksissa on useita virhelähteitä. Laser-doppler-mittauksen ja pulssioksimetrin on kuitenkin todettu olevan luotettavimpia pulpan tilan arvioinnissa kuin perinteiset herkkyysmittaukset (Mainkar ja Sahng, 2018). Etenkin traumahampaissa verenkiertoa mittaavat testit ovat ensisijaisia (Alghaithy ja Qualtrough, 2016).

2 PULPAN HERKKYYSMITTAUKSET

2.1 Pulpan herkkyyssmittausten toimintaperiaate

Pulpan herkkyyssmittauksilla mitattava vaste tarkoittaa hammaspulpan hermojen reaktiota eri ärsykkeisiin, joita ovat esimerkiksi kylmä-, kuuma- tai sähköärsyke. Vaikka testien tarkoituksena on yleensä pääasiassa selvittää, onko hammas elossa eli onko siinä verenkiertoa, herkkyyssmittaukset eivät kuitenkaan mittaa verenkiertoa vaan pulpan hermojen toimintaa. Siksi ne eivät koskaan anna aivan varmaa vastausta pulpan tilasta, vaan aiheuttavat vain ärsykkeen hermokudokseen, jolloin saadaan epäsuorasti olettautua myös hampaan verenkierron toiminnasta. Pulpan herkkyyssmittaukset ovat siis suuntaa antavia, kun arvioidaan pulpan hermojen ja verenkierron tilaa. (Gutmann ja Lovdahl 2011.) Pulpahermojen reagoinnin kylmään, kuumaan ja sähköiseen ärsykkeeseen on silti havaittu korreloivan kohtalaisesti hammaspulpan terveyden kanssa (Cotton ym. 2007 ks. Gutmann ja Lovdahl 2011).

Kolmoishermon (n. trigeminus) toimii puremalihasten liikehermona ja kasvojen alueen tuntohermona. Hammaspulpan tuntohermotus on peräisin kolmoishermosta haarautuvista hermosäikeistä, tarkemmin sen toisesta (yläleukahermo, n. maxillaris) ja kolmannesta (alaleukahermo, n. mandibularis) haarasta. Yläleukahermo jakaantuu hampaiden alueelle vielä alveolares superiores -hermosäikeisiin ja alaleukahermo alveolaris inferior -hermosäikeeseen. (Paulsen ja Waschke 2011.) Pulpan hermokudos sisältää poikkeuksellisen paljon keskushermostoon päin viestejä välittäviä hermosolujen viejähaarakkeita eli sensorisia aksoneita, jotka välittävät suurimmaksi osaksi elleivät jopa täysin vain nosiseptiivisiä eli kudostuhosta varoittavia signaaleja. Pulpa- ja dentiinikudos reagoivat siksi herkästi ärsykkeisiin. Hampaan hermot välittävät siis vain kipuaistimuksia, jotka voivat olla hyvinkin voimakkaita. (Bergenholtz ym. 2010.)

Hermosolut voidaan jakaa eri ryhmiin niiden viejähaarakkeiden koon ja rakenteen mukaan, ja nämä määrittävät signaalien johtumisen nopeuden yksittäisissä säikeissä. Eri hermosäieyytyypit paksuimmasta ohuimpaan ovat A α -, A β -, A δ - ja C-säikeet. Mitä paksumpi hermosäie on, sitä nopeammin hermosignaali kulkee sen sisällä.

Esimerkiksi A α -säikeitä on motorisissa hermosoluissa. Näissä paksuissa ja myeliinitupen ympäröivissä hermosäikeissä signaali kulkee nopeimmin. Sensoriset A β -säikeet taas välittävät kosketus- ja painetuntemuksia. (Guyton ja Hall 2006 ks. Bergenholtz ym. 2010.)

Kipuaistimus välittyy kahdella eri hermosäietyyppillä. Ohuen myeliinitupen ympäröivät A δ -säikeet välittävät terävää ja hyvin paikannettavaa kipua kun taas myeliinitupettomat C-säikeet välittävät tylppää, huonosti paikannettavaa kipua. Hermosignaali kulkee nopeammin myeliinitupellisissa A δ -säikeissä kuin myeliinitupettomissa C-säikeissä. Kipureseptorien aktivoituttua havaitaan ensin terävä, hyvin paikallistettava kipu ja vasta myöhemmin jomottava, tylppä ja huonosti paikallistettava kipu. Huono paikallistettavuus johtuu siitä, että ohuet sensoriset C-säikeet yhdistyvät suuremmalta alueelta hermokimpuiksi kuin A-säikeet. (Bergenholtz ym. 2010.)

Sekä kylmätesti että EPT aktivoivat yleensä vain A δ -hermoja, sillä niiden aktivoitumiseen vaaditaan vain 25% ärsyke siitä, mitä C-säikeiden aktivoimiseen vaadittaisiin (Virtanen 1985, Hargreaves ja Goodis 2002 ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Jos hammas on elossa eli siinä on vielä toimivaa pulpakudosta ja vahingoittumattomia odontoblasteja, potilas tuntee herkkyydestiä tehtäessä nopean, sykäysmäisen kivun, joka on paikallistettavissa (Ingle ja Bakland 2002 ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010).

Hammaspulpassa ei ole lainkaan lämpötilaa aistivia hermopäätteitä. Lämpötilavaihteluun perustuvissa herkkyyssmittauksissa, eli tässä tapauksessa kylmätestissä, hampaalle tuotu kylmä-ärsyke saakin aikaan dentiinikanavissa sijaitsevan nesteen hydrodynaamisen liikkeen. Nesteen liike puolestaan ärsyttää pulpa-dentiinirajalla sijaitsevien sensoristen A δ -hermojen reseptoreita. (Cohen ja Hargreaves 2006 ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010.) C-säikeet eivät aktivoitu näissä testeissä, ellei kylmä-ärsyke ole niin voimakas, että se aiheuttaa palautumatonta vauriota hammaspulpalle (Fuss ym. 1986 ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010).

EPT:ssä taas hampaalle tuodun sähkövirran on oltava suurempi kuin kiilteen ja dentiinin resistenssi, jotta A δ -säikeet aktivoituisivat. C-säikeet eivät aktivoitu, sillä tavanomaisista EPT-laitteista ei saada tarpeeksi suurta sähkövirtaa C-säikeiden ärsyttämiseen (Närhi ym. 1979 ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Herkkyyssmittausta tehtäessä sähkövirtaa nostetaan vaiheittain ja se johdetaan hampaan läpi. Sähkövirta

saa aikaan dentiinikanavissa olevan nesteön ionien liikkumisen ja aiheuttavat paikallisen depolarisaation. Tästä syntynyt aktiopotentiaali siirtyy aktivoituneessa hermosäikeessä ja aiheuttaa kiputuntemuksen. (Pantera ym. ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010.)

2.2 Pulpan herkkyyssmittausten käyttöaiheet

Pulpan herkkyyssmittaukset ovat osa hammaslääketieteellistä diagnostiikkaa. Kliiniseen tutkimukseen sisältyvien herkkyyssmittausten lisäksi diagnoosiin vaikuttavat potilaan esitiedot, kipuhistoria ja röntgenlöydökset. Herkkyyssmittausten lisäksi kliiniseen tutkimukseen kuuluu muun muassa palpaatio- ja koputusarkuuksien, suurten restauraatioiden, kariuksen, syventyneiden ientaskujen, purennan, hampaiden liikkuvuuksien, turvotusten, fistelien, fraktuuroiden ja hampaiden värimuutosten rekisteröinti. (Haapasalo ym. 2009.)

Herkkyyssmittausten indikaatioita on useita. Ne ovat oleellisia esimerkiksi hammastraumojen jälkeisessä seurannassa. Joskus trauman jälkeen hermot voivat olla vaurioituneet, mutta niiden toiminta voi palautua normaaliksi seurannan aikana. Traumahampaassa voi olla normaali verenkierto, vaikka hermotus ei toimisikaan normaalisti. Traumojen jälkeisessä välittömässä seurannassa herkkyyssmittausten ennustearvo on kyseenalainen, eikä niiden perusteella voida tehdä suoria johtopäätöksiä pulpan tilan kehittymisestä hammastrauman jälkeen. Hermotuksen palautuminen voi viedä 1–8 viikkoa, minkä vuoksi pitkä seuranta-aika traumahampaille on suositeltavaa. Jos herkkyyssmittauksen tulos muuttuu trauman jälkeen negatiivisesta positiiviseksi, pulpan hermotus on palautunut. Toistuvat positiiviset mittaukset kertovat, että pulpa on terve. Jos vaste muuttuu seurannassa positiivisesta negatiiviseksi, pulpa on vaurioitunut ja nekroosissa. Tämä indikoi juurihoidon aloittamisen. (Jafarzadeh ja Abbott 2010.)

Herkkyyssmittaukset ovat usein suositeltavia ennen korjaavaa hoitoa. Erityisesti proteettisia ratkaisuja suunniteltaessa on olennaista varmistaa pulpan tila. Osittaisen pulpotomian ja laajojen sekä syvälle ulottuvien restauraatioiden jälkeen hampaiden pulpan herkkyyttä on syytä seurata määrääjain. Trigeminiusneuralgiatyypisissä kiputiloissa herkkyyssmittauksia voidaan käyttää apuna hammasperäisten syiden poissulkemisessa. Erotusdiagnoosiikan ohella pulpan herkkyyssmittausten avulla

voidaan arvioida puudutteen tarpeellisuutta hammashoidossa. Jos hammas ei reagoi kylmätestiin tai EPT:hen, voidaan olettaa toimenpiteen olevan suhteellisen kivuton. (Jafarzadeh ja Abbott 2010.)

Herkkyysmittaukset ovat keskeinen osa myös radiologista erotusdiagnoosiin, kun erotellaan normaalianatomia tulehduksellisista röntgenlöydöksistä. (Jafarzadeh ja Abbott 2010). Röntgenologisesti apikaaliparodontiittia muistuttavia normaalianatomian piirteitä ovat erityisesti foramen mentale, foramen incisivum, lokeroitunut poskiontelo, huokoinen luun rakenne ja voimakkaat ravitsemuskanavat (Haapasalo ym. 2009). Apikaaliparodontiitin diagnoosi varmistuu, mikäli herkkyysmittausten tulokset ovat negatiiviset. Täytyy muistaa, että periapikaalialue voi näyttää radiologisesti terveeltä, vaikka hammas olisi jo nekroosissa. Tällöinkään vastetta herkkyysmittauksille ei saada. (Jafarzadeh ja Abbott 2010.)

EPT:ta on mahdollista hyödyntää myös arvioitaessa transplantoinnin onnistumista. Transplantointia voidaan pitää onnistuneena erityisesti, jos hampaan herkkyysmittauksille kasvaa transplantoinnin jälkeisessä seurannassa. EPT:ta voidaan käyttää myös Le Fort -murtumien jälkeisessä hampaiden tilan arvioinnissa. Hampaiden vasteet palaavat normaalille tasolle yleensä 7–11 kuukauden kuluttua leikkauksesta. (Jafarzadeh ja Abbott 2010.)

2.3 Mittaukset diagnosoinnin tukena

Pulpan herkkyystesteillä arvioidaan vasteen välittömyyttä, intensiteettiä ja kestoja. Tutkittavan hampaan ja muiden hampaiden vasteiden keston vertaileminen auttaa diagnosoinnissa etenkin, mikäli hammas on pulpiittinen (Ingle ja Bakland 2002, ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Vaikka diagnoosia voidaan päätellä pulpan vasteen perusteella, tulee kuitenkin muistaa, että vasteet ovat aina yksilöllisiä ja voivat vaihdella (Seltzer et. al 1963, ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Herkkyysmittauksilla voidaan saada lisäinformaatiota diagnoosia tehtäessä, mutta niitä ei voida käyttää ainoana tutkimusmenetelmänä selvittäessä pulpan tilaa. Diagnoosiin pääsy edellyttää huolellista anamneesia, kliinistä ja radiologista tutkimusta sekä tutkijan kliinistä kokemusta. (Hampaan vitaliteetin mittaaminen. Käypä hoito. www.kaypahoito.fi/nak08708)

Kliinisesti normaalin, terveen pulpan reaktio herkkyytsteihin vaihtelee lievästä kohtalaiseen, eivätkä testit aiheuta potilaalle erityisen kovaa kipua. Vaste lakkaa muutaman sekunnin kuluessa ärsykkeen poistamisen jälkeen (Berman ja Hartwell 2006, ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Terve pulpa ei yleensä reagoi kuumatestiin (Cohen ja Hargreaves 2006, ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Reversiibelissä pulpiitissa pulpa reagoi terävällä kivulla, joka lakkaa ärsykkeen poistuttua tai viimeistään muutama sekunti sen jälkeen (Berman ja Hartwell 2006, ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Tällöin tulehdus on rajautunut eikä ole vielä infektoinut koko hammasta ja sen juurikanavia.

Irreversiibelissä pulpiitissa tulehdus on kehittynyt pidemmälle kuin reversiibelissä pulpiitissa. Irreversiibeli pulpiitti on nimensä mukaisesti palautumaton, jolloin pulpan tulehdus ei enää parane vaan hammas täytyy joko juurihoitaa tai poistaa. Akuutti irreversiibeli pulpiitti aiheuttaa selviä, havaittavia oireita, kun taas krooninen irreversiibeli pulpiitti on tavallisesti oireeton tai siinä on vain lieviä satunnaisia oireita (Seltzer ym. 1963a, Ingle ym. 2008, ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Juurikanavan apikaalisimpiin osiin ulottuvasta tulehduksesta kertoo koputus- ja puruarkuus. Lämpötilavaihtelut aiheuttavat irreversiibelissä pulpiitissa terävän kivun, joka voi pitkittyä jopa tunnin pituiseksi. Irreversiibelin pulpiitin etenemisastetta ei voida arvioida EPT:llä yhtä luotettavasti kuin kylmätestillä. EPT:llä saadaan aikaan vaste, mutta sen intensiteettiä ei voida verrata terveisiin hammasytimiin. Hammas reagoi herkästi siihen, vaikka olisi irreversiibelissä pulpiitissa. Suositeltava testausjärjestys on ensin EPT, sitten kylmätesti, jolla voidaan arvioida kivun jatkuvuutta ja kestoa (Cohen ja Hargreaves 2006, ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010).

Herkkyytstien vasteilla ja pulpanekroosilla on todettu olevan merkittävä riippuvuussuhde, vaikka testit eivät suoraan kerro hampaan vitaliteetista (Marshall 1979, Seltzer ja Bender 1984, ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Pulpan hermotus kestää tulehdusta suhteellisen hyvin, ja hermotuksen onkin todettu olevan hammasytimen viimeisenä kuoleva osa (Mullaney et. al 1970, England ym. 1974, ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Myös nekroottinen hammas voi siis reagoida herkkyytsteihin vielä jonkin aikaa pulpan kuoleman jälkeen (Fuss et. al 1986, ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Yleensä nekroottinen pulpa ei kuitenkaan reagoi herkkyytsteihin. Herkkyytstein perusteella ei voida arvioida nekroosin syytä, minkä vuoksi on tärkeää selvittää hampaan esitiedot huolella ja tarvittaessa ottaa röntgenkuvia tutkittavasta hampaasta (Cohen ja Hargreaves 2006, ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010).

Apikaaliparodontiitissa hampaan juurikanavista peräisin oleva tulehdus on levinnyt hampaan ulkopuolelle, leukaluun alueelle. Se jaetaan krooniseen ja akuuttiin. Akuutissa apikaaliparodontiitissa vaste herkkyytysteihin on usein samankaltainen kuin pulpiittisessa hampaassa. Vaste voi kuitenkin myös vaihdella. Akuutissa apikaaliparodontiitissa hampaassa on oireita, kun taas krooninen apikaaliparodontiitti on usein oireeton. (Jafarzadeh ja Abbott 2010.)

Pulpan herkkyyttestit ovat erityisen tärkeitä erotusdiagnostiikassa marginaalisen ja apikaaliparodontiitin aiheuttaman märkäpesäkkeen eli absessin tunnistamisessa. Parodontaalisessa absessissa hammas reagoi ärsykkeeseen, kun taas hampaan tulehduksesta johtuvassa absessissa pesäkkeen aiheuttava hammas ei reagoi herkkyyksmittauksiin. (Cohen ja Hargreaves 2006, ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010.)

3 KYLMÄTESTAUS

3.1 Toimintaperiaate

Kylmätestissä lämpötilavaihtelu saa aikaan dentiinissä nesteen mekaanista liikettä, mikä ärsyttää dentiinikanavissa sijaitsevia hermopäätteitä. Tämä ärsyke saa aikaan tuntemuksen tutkittavassa hampaassa, jos hampaan hermokudos toimii normaalisti. Kuitenkin hampaista, joissa pulpaontelo on pienentynyt esimerkiksi vanhenemiseen liittyvän kalsifioitumisen seurauksena, ei välttämättä saada reaktiota kylmä-ärsykkeelle, vaikka hammas olisikin elossa ja sen hermotoiminta normaalia. (Jafarzadeh ja Abbott 2010.)

Reaktion voimakkuus ja kesto ovat merkittäviä seikkoja, kun arvioidaan hampaan pulpan tilaa ja ennustetta. Erityisesti reaktion kesto on diagnostisesti tärkeä tieto, sillä kaikki yli 10 sekuntia ärsykkeen poistamisen jälkeen jatkuvat tuntemukset viittaavat pulpan epänormaaliin tilaan. Teoreettisesti tällöin kyseessä on aina irreversiibeli pulpiitti eikä juurikanavan tulehdus enää parane. Kuitenkin tiedetään, että käytännössä pulpan tuhoutuminen on dynaaminen prosessi, jossa oireilu voi vaihdella aika ajoin. Oireet eivät välttämättä muutu huonompaan suuntaa ajan kuluessa, mutta on silti erittäin epätodennäköistä, että pulpan toiminta palaisi enää normaaliksi. (Gutmann ja Lovdahl 2010.)

3.2 Välineistö

Kylmätestauksessa on käytetty jääpuikkoja, etyylikloridikiteitä, hiilidioksidisprayta tai kylmää vettä (Gutmann ja Lovdahl 2010). Hiilihappojää ja kylmäspray (tässä tutkimuksessa käytetty Endo-Ice:a) on kuitenkin todettu diagnostisesti paremmiksi kuin etyylikloridi tai jääpuikot, sillä ne saavat aikaan suuremman lämpötilan laskun hammaspulpassa. (Fuss ym. 1986, ks. Alghaithy ja Gualtrough 2016.) Jääpuikoissa lämpötila on vain 0°C, eikä tällöin riittävän kylmä, jotta mittaustuloksia voitaisiin pitää luotettavina (Ehrmann 1977, Augsburg ja Peters 1981 ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Jääpuikkoja tai kylmää vettä ei suositella käytettäväksi enää nykyään kylmätestissä.

Hiilihappojää on kiinteässä olomuodossa olevaa hiilidioksidia (CO₂). Se on tehokas viilentäjä ja kylmempää kuin jää, eikä siitä jää kosteutta testattavalle pinnalle. Hiilihappojää keksittiin vuonna 1835 ja sitä käytettiin ensimmäisen kerran hammaslääketieteessä vuonna 1936. (Jafarzadeh ja Abbott 2010.) Vaikka hiilihappojäällä saadaan luotettavia ja hyviä tuloksia kylmätestauksessa, nykyään kylmätesti suoritetaan yleisesti kylmäsprayta käyttäen (Ingle ym. 2008 ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Kylmäsprayn käyttö on helppoa ja nopeaa, joten se sopii hyvin kliniseen työhön. Lisäksi sen antamat tulokset on todettu luotettaviksi ja se on hyvin toistettavissa (White ja Cooley 1977 ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010).

Kylmäsprayta on erilaisia ja niiden toiminta perustuu difluorodikloorimetaaniin (DDM), tetrafluorimetaaniin (TFE) tai propaani-butaani seokseen (PBM). Lämpötila vaihtelee kylmäsprayssa -20°C:stä -50°C:een tuotteesta riippuen. Kuitenkin kaikkien näihin aineisiin perustuvien kylmäsprayden on todettu aiheuttavan riittävän suuren lämpötilan laskun pulpassa, jotta kylmätestaus onnistuu (de Morais ym. 2008 ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). DDM:n käyttö kiellettiin vuonna 1996 sen otsonikerrokselle haitallisten vaikutusten vuoksi. Se saattaa olla myös hengitettynä ärsyttävä aine potilaalle ja hoitohenkilökunnalle. Tämän lisäksi joissakin tutkimuksissa on havaittu, että se voi aiheuttaa uusia fraktuuroita testattavan hampaan kiilteeseen (Bachmann ja Lutz 1976 ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Uudemmissa tutkimuksissa DDM:n ei ole kuitenkaan todettu aiheuttavan mitään merkittäviä haittoja testihampaisiin (Cohen ja Hargreaves 2006 ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). DDM on nykyisin korvattu TFE:llä. Sillä ei ole

otsonikerrokselle haitallisia ominaisuuksia, mutta samanlaiset termodynaamiset ominaisuudet kuin DDM:lla (Jafarzadeh ja Abbott 2010).

3.3 Käytännön suoritus

Kylmätestin suorittamisessa on tärkeää selvittää ensin potilaalle, miltä normaali kylmä-ärsyke tuntuu. Kylmätesti suoritetaan ensin useampiin oletettavasti terveisiin hampaisiin ja vasta sitten siirrytään oireilevalle hammasalueelle. Ideaalitulanteessa testataan ensin sama hammas vastakkaiselta leukapuoliskolta. Tämän jälkeen testataan vielä epäilyksen alaisena olevan hampaan molemmat viereiset hampaat. Mahdollisesti oireilevan hampaan reaktiota kylmä-ärsykkeelle verrataan aiemmin testattujen, luultavasti terveiden hampaiden reaktioon. Tämä on erittäin tärkeää erityisesti silloin, kun tutkittavassa hampaassa ei ole pulpavaurioon viittaavia kliinisiä merkkejä. (Gutmann ja Lovdahl 2011.)

Kylmätesti tehdään kylmäsprayn ja vanupallojen avulla. Alue kuivataan ja eristetään syljestä esimerkiksi vanurullien avulla. Vanupallo otetaan atuloihin ja siihen ruiskutetaan kylmäsprayta. Kylmäspray suihkutetaan vanupalloon aina pois päin potilaasta. Tämän jälkeen vanupallo viedään testattavan hampaan inkisaalikärkeen, kusprien kärkeen tai vaihtoehtoisesti hampaan labiaalipinnalle. Suuria restauraatiokohtia hampaassa tulisi välttää, sillä ne voivat toimia virhelähteenä testauksessa. Vanupalloa pidetään hampaalla noin viisi sekuntia tai kunnes potilas havaitsee tuntemuksen. Kylmäspray haihtuu vanupallolta nopeasti, joten testin aikana on huolehdittava, että vanupallo on pysynyt riittävän kylmänä testauksen ajan. (Hampaan juurihoito. Käypä hoito. <https://www.kaypahoito.fi/imk01009>.) Jos tutkittava hammas ei reagoi kylmätestiin, tulisi kylmätestaus suorittaa siihen uudestaan eri pinnalta kuin alunperin, tarvittaessa useampaan kertaan. Tällöin on kuitenkin muistettava, että pulpaontelon toiminnan palautuminen normaaliksi vie useamman minuutin, kun se on kerran testattu kylmällä (Mumford ja Jedynakiewicz 1988, Trope ja Debelian 2005 ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010).

3.4 Kylmätestauksen ongelmakohdat

Yksi kylmätestin ongelmista on, että testi ei ole potilaalle täysin kivuton, vaan potilaan täytyy kokea epämiellyttäviä tuntemuksia hampaissa. Lisäksi tuntemukset toistuvat useampaan kertaan, kun oletettavasti terveitä hampaita testataan ennen siirtymistä varsinaisesti tutkittavaan hampaaseen. Vaikka kipukokemuksen ei pitäisi olla kovin suuri, kylmätestistä aiheutuvat tuntemukset ovat kuitenkin subjektiivisia ja esimerkiksi pelkopotilailla kipu voi tuntua suuremmalta kuin ei-pelkäävillä potilaalla.

Siitä, mihin kohtaan testattavaa hammasta kylmäspraylla kostutettu vanupallo tulisi asettaa on myös hieman eriäviä tutkimustuloksia. Toiset ovat sitä mieltä, että kylmätesti olisi suoritettava mahdollisimman kervikaalisesti eli vanupallo tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle ienrajaa. Tällä alueella kiille ja mahdolliset restauraatiot ovat ohuimmillaan ja siitä on lyhin matka pulpaonteloon (Peters ym. 1994, Ruddle 2002 ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Toisaalta toisissa tutkimuksissa kylmätesti on suoritettu hampaiden kruunun keskikolmanneksesta bukkaali- tai labiaalipinnalta, tai vaihtoehtoisesti palatinaali- tai linguaalipinnalta (Cohen ja Hargreaves 2006 ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Tämän lisäksi on tutkittu, että paras kohta testaukseen olisi etuhampaissa kruunun inkisaalikärki ja takahampaissa mesiobukkaalisen kuspין kärki, koska pulpasarvet sijaitsevilla näillä kohdilla ja niissä pulpan hermotus on kaikkein runsaimmillaan (Trope ja Debelian 2005 ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). On kuitenkin muistettava, että pulpaontelon koko on tärkein tekijä kylmätestin onnistumiselle, ja hampaasta, jossa on pieni pulpaontelo on vaikeaa saada luotettavaa vastetta kylmätestauksella (Reynolds 1966 ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010).

4 ELEKTRONINEN PULPAN TESTAUS (EPT)

4.1 Toimintaperiaate

EPT:ssa sähkövirtaa johdetaan hampaan läpi. Pulpan hermotus aistii sähkövirran ja aiheuttaa kiputuntemuksen. Sähkövirta ärsyttää suoraan pulpan hermokudosta. Myös nekroottiseen pulpaan jääneet elektrolyytit voivat johtaa sähkövirtaa, jolloin testillä saadaan väärä positiivinen tulos. Ärsyksen voimakkuutta säädellään nostamalla jännitteen tai sähkövirran suuruutta. Periaatteena on aiheuttaa tarpeeksi voimakas

ärsyke, jotta se johtuisi kiilteen ja dentiinin läpi aina pulpaan saakka. (Jafarzadeh ja Abbott 2010.)

Virtapiirin tulee olla suljettu, jotta virta pääsee kulkemaan. Ennen kumisuojakäsineiden käyttöä virtapiiri sulkeutui, kun käyttäjä koski toisella kädellään potilaaseen ja toisella elektrodiin (Jafarzadeh ja Abbott 2010). Toinen mahdollisuus virtapiirin sulkemiseen on, että potilas pitää itse elektrodista kiinni. Tämä tekniikka antaa potilaalle kontrollin tunnetta, sillä hän voi itse avata virtapiirin heti kun hampaassa tulee tuntemuksia.

Vasteen aiheuttamiseen tarvittava sähkövirta riippuu hampaan kiilteen paksuudesta. Siksi etuhammasalueella sähkövirta on pienempi kuin takahammasalueella. (Cohen ja Burns, 2002.)

4.2 Välineistö

Aiemmin EPT-laitteet ovat olleet bipolaarisia, mutta nykyiset laitteet ovat useimmiten monopolaarisia. Vanhat bipolaariset laitteet toimivat siten, että hampaalle asetetaan sekä anodi että katodi. Tällä menetelmällä saadut tulokset ovat kuitenkin epäluotettavia (Jafarzadeh ja Abbott 2010). Nykyään vastaanotoilla käytettävät EPT-laitteet ovat monopolaarisia. Monopolaaristen laitteiden tuottama sähkövirta on korkeataajuisista ja niiden virran voimakkuus vaihtelee. Markkinoilla on sekä vaihtovirralla, että vaihtojännitteellä toimivia laitteita. (Jafarzadeh ja Abbott 2010.)

EPT-laitteita on olemassa sekä paristokäyttöisiä että isompia pöytämallisia. Uudenaikaiset laitteet ovat turvallisia eivätkä ne aiheuta suurta kipua potilaalle edes osaamattoman käsittelijän käyttämänä. Laitteissa on valmistajasta riippuen erilaisia asteikkoja, minkä vuoksi tulokset tulee ilmoittaa mittarin skaalan kanssa (esimerkiksi "D.25 reagoi EPT:hen arvolla 17/80, SybronEndo Vitality Scanner 2006").

4.3 Käytännön suoritus

Laitteissa on anodina joko huulikoukku, jonka avulla virtapiiri suljetaan, tai testin suorittaja sulkee sen koskemalla potilaaseen. Tällöin potilasta koskevasta kädestä otetaan suojakäsine pois, jotta virta pääsee kulkemaan. Huulikoukun käyttäminen

mahdollistaa suorittajan suojäkäsineiden käytön. Ennen elektrodin asettamista potilaaseen, laitteen toimivuus on hyvä tarkistaa koettamalla elektrodia omaan käteen.

Hampaan pinta tulee kuivata huolellisesti ennen mittauksen tekemistä. Suositeltavaa olisi käyttää kofferdam-eristystä, mutta käytännön työssä kofferdam-kumia käytetään vain harvoin. Hammas kuivataan hyvin ilmaa puhaltamalla ja eristetään syljestä mm. vanurullien avulla. Hampaan pinnan tulee olla kuiva, jotta mittaus antaisi mahdollisimman luotettavan tuloksen. Sähkö voi johtua kostean hampaan pinnan kautta ikenelle ja aiheuttaa vasteen. Jos hampaissa on metallisia välipintojen paikkoja, tulee ne eristää ohuilla muoviliuskoilla eli stripsellä. (Jafarzadeh ja Abbott, 2010).

Elektrodin päähän laitetaan sähkövirtaa johtavaa ainetta, kuten pieni määrä hammastahnaa tai fuorigeeliä, jotta elektrodi saataisiin asetettua optimaalisesti hampaalle ja sähkövirta pääsee kulkemaan esteettä. Elektrodi asetetaan hampaan inkisaalikärkeen tai kuspין kärkeen. Elektrodin asettelun suhteen on saatu ristiriitaisia tutkimustuloksia, joita pohditaan tarkemmin kappaleessa 4.4. Jos hampaassa on laajoja paikkoja, tulisi käyttää ohutkärkistä elektrodia, jotta se saadaan koskettamaan hammaskudosta (Jafarzadeh ja Abbott, 2010). Jos bukkaaliselta pinnalta ei saada vastetta, voi elektrodin asemaa muuttaa esimerkiksi palatinaaliselle pinnalle tai kuspין kärkeen elektrodin asettelusta johtuvien virheiden poissulkemiseksi. Joskus vaste saadaan helpoiten inkisaalikärjestä tai kuspין kärjestä, sillä pulpasarvissa on tihein hermotus ja kiille on ohuimmillaan näissä kohdissa hammasta. (Bergenholtz ym. 2010).

Ennen testausta potilas tulee informoida mittauksen periaatteesta ja halutusta vasteesta. Joskus potilaat jännittävät testiä, mikä voi johtaa väärään positiiviseen tulokseen. Kun elektrodi on asetettu hampaalle, sähkövirtaa nostetaan hitaasti asteittain, jotta potilas ehtii reagoida tuntemukseen. Sähkö voi tuntua kihelmöintinä, kuumotuksena, pistävänä tai kipuna. Testi otetaan mitattavan hampaan lisäksi viereisistä hampaista, jotta saadaan vertailuarvot ja koe tulisi toistaa 2–3 kertaa. (Jafarzadeh ja Abbott, 2010). Testaus olisi myös hyvä aloittaa jostain muusta kuin tutkittavasta hampaasta, jotta potilas saa käsityksen testauksen luonteesta ja testaja voi tarkkailla ensin niin sanottua tavallista vastetta.

Jos hampaassa on kruunu, EPT ei anna luotettavia tuloksia. Tällöin hampaaseen voi tehdä koeporauksen, mikä joskus riittää saamaan vasteen. Jos hammas ei reagoi

koeporaukseen, voi EPT:n elektrodin asettaa porattuun kaviteettiin ja suorittaa pulpan herkkyysmittauksen suoraan dentiinin kautta. Kaviteetin on kuitenkin oltava tarpeeksi laaja, jotta elektrodi ei osu kruunun metallisiin reunoihin. (Jafarzadeh ja Abbott, 2010.) Tämä tekninen testi ei ole suositeltava menetelmä sen peruuttamattomuuden vuoksi.

Aina ennen EPT-laitteen käyttöä tulee perehtyä kyseisen laitteen käyttöohjeisiin huolellisesti, sillä ne voivat vaihdella eri laitemerkkien välillä.

4.4 EPT:n ongelmakohdat

Isoimmat haasteet EPT:n käytössä liittyvät virtapiirin sulkemiseen ja potilaasta johtuviin tekijöihin. Nykyaikaiset laitteet vähentävät virhelähteitä, mutta eivät poista niitä kokonaan.

Mittalaitteissa on havaittu epäluotettavuutta, kun paristojen varaus laskee. Kun paristot ovat lopussa, laitteen ruudulla oleva virran suuruudesta kertova luku voi nousta, vaikka virran suuruus ei todellisuudessa nouse. Tämä virhelähde voidaan eliminoida vaihtamalla paristot säännöllisin väliajoin.

Elektrodin optimaalisesta asettelukohdasta on ristiriitaisia tuloksia. Joissain tutkimuksissa elektrodi suositellaan asetettavaksi bukkaaliseen keskikolmannekseen (King 1972, Hannam ym. 1974, Matthews ym. 1974 ks. Jafarzadeh ja Abbott, 2010), joissain bukkaaliseen inkisaalikolmannekseen (Jones 1967 ks. Jafarzadeh ja Abbott, 2010) ja joissain bukkaaliseen kervikaalikolmannekseen (Martin ym. 1969, West 1982 ks. Jafarzadeh ja Abbott, 2010). Useiden tutkimusten mukaan luotettavin paikka elektrodin asettamiseen on hampaan inkisaalikärki tai kuspın käri (Ziskin ja Zegarelli 1945, Mumford 1960, Jacobson 1984, Bender ym. 1989, Lin ym. 2007 ks. Jafarzadeh ja Abbott, 2010). Vaihtelevien tutkimustulosten vuoksi vastetta voi yrittää ottaa useammalta hampaan pinnalta. Etenkin monijuurisissa hampaissa mittaus kannattaa suorittaa useammasta kohdasta. Hampaiden anatomiasa on laajaa vaihtelua ja tiheimmän hermokudoksen sijainti voi hieman vaihdella. Useimmin se on kuitenkin hampaan inkisaalikärjessä tai kuspın kärjessä.

EPT:tä suorittaessa täytyy muistaa sähköä johtavan aineen käyttäminen elektrodin päässä. Se tiivistää elektrodin kiinni hampaan pintaan ja saa virran kulkemaan haluttuun suuntaan. Jos elektrodi asetetaan kuivalle hampaan pinnalle virta voi kulkea

hampaan pintaa pitkin eikä hampaan ytimeen. Aineella ei ole todettu olevan juurikaan merkitystä, kunhan se johtaa sähköä ja on mieluusti vesipohjainen. Öljypohjaiset aineet voivat estää virran etenemistä pulpaan. Tämän vuoksi on syytä tarkistaa, ettei hampaiden pinnalla ole esimerkiksi huulirasvaa tai huulipunaa. (Jafarzadeh ja Abbott 2010).

Myös useat hampaasta johtuvat tekijät vaikuttavat testin suorittamiseen. Kiille vastustaa sähkövirtaa enemmän kuin dentiini, joten kiilteen kuluminen mahdollisesti laskee tarvittavaa sähkövirtaa (Bender ym. 1989 ks. Jafarzadeh ja Abbott, 2010). Pulpan vetäytyminen ja kalsifikaatio vaikuttavat vasteeseen siten, että tarvitaan isompi sähkövirta saamaan aikaan ärsytys. Traumahampaista ja oikomishoidon jälkeen hampaista ei välttämättä saada lainkaan vastetta tai niiden kynnyksarvo on korkeampi. EPT:tä ei voida hyödyntää hampaissa, joissa on laaja restauraatio kuten metallokeraaminen tai keraaminen kruunu sillä sähkö ei johdu näiden materiaalien läpi pulpaan. Myöskään oikomishoidossa EPT:tä ei voida käyttää, sillä oikomiskojeet kuten metallikaaret ja –ligatuurit johtavat sähköä ja virta voi siirtyä viereisiin hampaisiin ja kudoksiin aiheuttaen vasteen. (Jafarzadeh ja Abbott 2010.)

Parodontaalisesti heikentyneissä hampaissa on havaittu alentunut vaste EPT:lle. Akuutissa periapikaalisessa tulehduksessa EPT voi toisinaan antaa tuloksen, sillä juurikanavassa on tällöin kaasumaisia tai nestemäisiä aineita, jotka kykenevät johtamaan sähköä ja välittämään ärsyksen periapikaalikudoksiin. (Weine 1996, ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010).

Myös potilaan psykologiset ja fysiologiset tekijät voivat vaikuttaa EPT:hen. Hermostuneet tai pelkäävät potilaat voivat reagoida ärsykkeeseen herkemmin, kun taas psyykkisistä häiriöistä kärsivät potilaat voivat reagoida vasta suuremmilla arvoilla tai eivät lainkaan. Alkoholi, huumeet ja kipulääkkeet voivat nostaa ärsyksen tarvitsemää kynnyksarvoa. (Jafarzadeh ja Abbott 2010.)

EPT:n käytön rajoitteina on sen kyky mitata ainoastaan hermojen toimintaa, jolloin vain vähäinen jäljellä oleva hermotus saa aikaan vasteen. EPT:tä ei suositella lasten hampaiden pulpan tilan arvioinnissa hampaan kesken olevan kehityksen ja puutteellisen ko-operaation vuoksi. EPT:tä ei voida hyödyntää osittain tai kokonaan metallilla restauroiduissa hampaissa. Aiemmin EPT:tä ei voinut käyttää

sydäntahdistinpotilailla, mutta nykyisten laitteiden on todettu olevan turvallisia myös heillä (Wilson ym. 2006 ks. Jafarzadeh ja Abbott, 2010).

Kylmätestin ja EPT:n erilaisen hermoärsytysmekanismin vuoksi testien suorittamisjärjestyksellä ei ole todettu olevan merkittävää eroa (Gysi 1900, Trowbridge ym. 1980, Pantera ym. 1993 ks. Jafarzadeh ja Abbott, 2010). Jotkut virheellisesti uskovat, että kylmätestaus saisi hampaan lamaanumaan, minkä vuoksi EPT:llä ei saataisi luotettavaa tulosta kylmätestin jälkeen. EPT voi olla kuitenkin järkevää suorittaa ennen kylmätestausta, jos kyseessä on pulpiittinen hammas ja kipu voi mahdollisesti jäädä päälle kylmätestin jälkeen.

5 HERKKYYSMITTAUSTEN VIRHELÄHTEET

Pulpan herkkyyssmittauksissa esiintyy useita virhelähteitä. Vääriksi positiiviseksi tuloksiksi kutsutaan tuloksia, joissa esimerkiksi juurihoidettu tai nekroottinen hammas reagoi herkkyyssmittauksiin. Vääriksi negatiiviseksi tuloksiksi kutsutaan puolestaan tuloksia, joissa terveeltä hampaasta ei saada vastetta.

Taulukko 1. Herkkyyssmittausten mahdollisia virhelähteitä.

Hammaskohtaiset	Mittauskohtaiset	Potilaskohtaiset
Hammastraumat	Testin teknisen suorituksen puutteet	Kipu-/rauhottavat lääkkeet
Avojuuriset hampaat	Laitteistojen viat	Alkoholi ja pähteet
Restauraatiot		Hammashoitopelko
Oikomishoito		Psyykkiset sairaudet
Pulpan kalsifioituminen		Kipukynnys

Vääriä negatiivisia tuloksia voidaan saada lukuisista eri syistä. Esimerkiksi, jos potilas on saanut rauhoittavaa lääkettä tai kipuläkettä ennen hammashoitoa, voi testitulokset olla virheellisesti negatiivinen. Myös alkoholin vaikutuksen alaisena testien tulokset

ovat epäluotettavia. Lisäksi potilaan mahdolliset psyykkiset sairaudet voivat omalta osaltaan vaikuttaa testitulosten luotettavuuteen. Testien teknisestä suorituksesta johtuvat virhelähteet tai laitteistojen viat voivat myös antaa vääriä negatiivisia tuloksia. Tuore trauma voi aiheuttaa negatiivisen vasteen, vaikka hammas olisikin terve. Myös kesken oleva juurenkehitys voi aiheuttaa vääriä negatiivisia tuloksia. (Jafarzadeh ja Abbott 2010.)

Vääriä negatiivisia tuloksia aiheuttavat myös laajat restauraatiot tai pulpaa säästävät toimenpiteet, kuten osittainen pulpotomia. Toisaalta terveeseen hampaan negatiivisen vasteen voi aiheuttaa potilaan korkea kipukynnys. Oikomiskojeiden aktivointi vähentää hampaiden reagointia herkkyysmittauksiin jopa kahden kuukauden ajan aktivointikerrasta, ja oikomishoidon yhteydessä kylmätestiä pidetään luotettavampana. (Jafarzadeh ja Abbott 2010.) Avojuurisissa hampaissa herkkyystestit eivät välttämättä anna luotettavaa mittaustulosta ja kehittyvissä hampaissa kylmätestillä on saatu enemmän pulpan todellista tilaa kuvaavia mittaustuloksia kuin EPT:lla (Fuss ym. 1986, ks. Alghaithy, Gualtrough 2016).

Juurihoidettujen hampaiden ei kuuluisi reagoida herkkyysmittauksiin, mutta joskus hampaassa voi olla esimerkiksi hoitamatta jäänyt juurikanava, joka ylläpitää tulehdusta. Tällöin hampaasta voidaan saada vaste kylmätestille tai EPT:lle. Joissain tutkimuksissa on todettu EPT:llä saatavan erityisen paljon vääriä positiivisia tuloksia. Kylmätestit antavat huomattavasti harvemmin vääriä positiivisia tuloksia (Peters ym. 1994, ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Tätä voidaan selittää sillä, että pulpan hermotus säilyy pitkään, kun taas herkkyys lämpötilan vaihtelun aiheuttamalle ärsytykselle katoaa melko pian pulpan tuhoutuessa. Kylmätesti vaatii siis enemmän elävää pulpakudosta kuin EPT. EPT:llä saadut väärät positiiviset tulokset jakautuvat tasaisesti kaikkiin mittaustilanteisiin, kun taas kylmätestillä väärät positiiviset tulokset rajoittuvat vain monijuurisiin hampaisiin. (Peters ym. 1994, ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010.)

Hampaan ollessa frakturoitunut se yleensä reagoi herkkyysmittauksille. Joskus kuitenkin erityisesti kylmätestissä vaste on korostunut, mikä kertoo pulpan olevan jo tulehtunut. Kun epäillään hampaan olevan frakturoitunut, kannattaa diagnoosin tukena käyttää parentatestejä esimerkiksi niin sanottua crack finderia. (Mathew ym. 2012.)

Hampaan vaste erityisesti kylmätestille on alentunut, jos pulpa on kalsifioitunut eli luutunut. Kalsifioitumista voi tapahtua pulpassa vasteena esimerkiksi kariekselle,

mutta se on myös normaali reaktio ihmisen ikääntyessä. Kun pulpan koko on pienentynyt kalsifikaation seurauksena, EPT:llä saadaan luotettavampia tuloksia. Tällöin tarvitaan kuitenkin voimakkaampaa sähkövirtaa, koska dentiinikerros on normaalia paksumpi. (Klein 1978, Grossman ym. 1988, ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010.) Useimmiten vaste kuitenkin saadaan myös kalsifioituneemmista hampaista.

6 PÄÄTELMÄT

Kultaisena standardina pulpan tilan arvioinnissa pidetään pulpan histologista tutkimusta. Tätä ei ole kuitenkaan kliinisesti mahdollista suorittaa, sillä tutkimus vaatisi pulpan tai hampaan poiston. Histologisen tutkimuksen sijaan referenssistandardina voidaan pitää suoraa pulpan tutkimusta. Siinä pulpaan saadaan suora yhteys, jolloin voidaan havaita, vuotaako pulpasta verta vai ei. Myöskään suora pulpan tutkimus ei sovi invasiivisuutensa vuoksi kliiniseen käyttöön, mutta sen avulla on tehty tutkimuksia herkkyyssmittausten luotettavuudesta. (Alghaithy, Gualtrough 2016.)

EPT:n ja kylmätestauksen on havaittu olevan lähes yhtä luotettavia. Aga Khanin yliopistossa vuonna 2015 tehdyssä tutkimuksessa suoritettiin sekä EPT että kylmätestaus tutkittavaan hampaaseen. Tämän jälkeen juurihoitoa aloitettaessa seurattiin, tuliko pulpasta verta. Hammas määritettiin vitaaliksi, jos kavumavauksessa vuosi verta ja nekroottiseksi, jos kavum ei vuotanut tai vuotoa havaittiin vasta apikaalisemmissa osissa. Tutkimuksessa todettiin, että molemmilla herkkyyssmittauksilla diagnostisen informaation tarkkuus oli tyydyttävällä tasolla. Kylmätestin tarkkuus oli tutkimuksen mukaan 85% ja EPT:n 84%. Erityisen suotavaa olisi kuitenkin käyttää sekä kylmätestiä että EPT:tä tulosten luotettavuuden maksimoimiseksi. (Farid ym. 2015.)

EPT:n on todettu olevan luotettavampi tutkittaessa vitaaleja hampaita kuin devitaaleja hampaita (Fuss ym. 1986, Peters ym. 1994, Evans ym. 1999, Petersson ym. 1999, Kamburoglu ja Paksoy 2005, Gopikrishna ym. 2007, Weisleder ym. 2009, ks. Alghaithy, Gualtrough 2016). Kun oletetaan hampaan olevan nekroosissa, kylmätestauksella saadaan EPT:ta luotettavampi mittaustulos, koska sen on todettu olevan EPT:ta sensitiivisempi eli sen kyky erottaa nekroottinen pulpa on parempi.

Kaikista luotettavimpia tuloksia hampaiden vitaliteetista saadaan pulssioksimetrillä ja laser-doppler -virtausmittarilla, sillä ne arvioivat suoraan hampaan verenkiertoa. (Mainkar ja Kim 2018.)

Pulpan herkkyyssmittaukset ovat suhteellisen yksinkertaisia, ja lisäksi niiden etuna on, ettei hammaskudokseen tarvitse kajota. Mittauksia suoritettaessa on tärkeää muistaa, että testeissä on aina virhelähteitä eikä niiden tuloksiin voi täysin luottaa. Vääriltä positiivisilta sekä vääriltä negatiivisilta tuloksilta ei voida koskaan täysin välttyä (Ransohoff ja Feinstein 1978, ks. Jafarzadeh ja Abbott 2010). Testeillä pyritään parhaaseen tarkkuuteen ja mahdollisimman pieneen vaihteluun tulosten välillä. Ideaalitulanteessa testiä toistamalla saataisiin aina sama tulos, joka vastaisi hampaan todellista tilaa. (Jafarzadeh ja Abbott 2010.) Vuonna 2017 International Endodontic Journal -lehdessä julkaistun katsausartikkelin mukaan väriä positiivisia ja väriä negatiivisia mittaustuloksia havaitaan herkkyyssysteillä etenkin kehittyvissä hampaissa ja traumahampaissa (Alghaithy ja Qualtrough 2017). Tarkimmaksi menetelmäksi pulpan tilan arvioinnissa todettiin laser-doppler -virtausmittari, kun taas pulssioksimetrillä saadut tulokset todettiin epäjohdonmukaisiksi ja ne vaihtelivat melko paljon. Pulssioksimetri ei ole siis ensisijainen valinta, kun otetaan lisäksi huomioon sen kustannukset ja teknisen toteutuksen haasteet.

Käytännössä vastaanotolla pulpan tilan arvioinnin apuna käytettävät herkkyyssitestit ovat kylmätesti ja EPT, joita tulisi käyttää rinnakkain. (Alghaithy ja Qualtrough 2017.) Oikein käytettyinä ja tulkittuina ne antavat lisäarvoa diagnostiseen pulpan tilan arviointiin (Alghaithy, Qualtrough 2016). Molemmat testit mittaavat hermojen reagoitokykyä, joten niiden toteutus ja mittauskohdat testattavilla hampailla ovat hyvin samankaltaiset.

LÄHTEET

Alghaithy R. A., Qualtrough A. J. E. Pulp sensibility and vitality tests for diagnosing pulp health in permanent teeth: a critical review. *International Endodontic Journal* 2017; 50: 135–142.

Bergenholtz G., Hørsted-Bindslev P., Reit C. *Textbook of Endodontology*. 2. painos. Wiley-Blackwell, 2010.

Caldeira C. L., Barletta F. B., Ilha M. C., Abrão C. V., Gavini G. Pulse oximetry: a useful test for evaluating pulp vitality in traumatized teeth. *Dental Traumatology* 2016; 32: 385–389.

Cohen S., Burns R. C. *Pathways of the pulp*. 8. painos. Mosby, 2002.

Farid H., Khan F. R., Pasha L., Shinwari M. S. Are pulp sensibility tests still sensible? *Journal of Ayub Medical College* 2015; 27: 874–877.

Ghouth N., Duggal M. S., BaniHani A., Nazzal H. The diagnostic accuracy of laser Doppler flowmetry in assessing pulp blood flow in permanent teeth: A systematic review. *Dental Traumatology* 2018; 34: 311–319.

Gutmann J., Lovdahl P. E. *Problem solving in endodontics: prevention, identification and management*. 5. painos. Elsevier Mosby, 2010.

Hampaan vitaliteetin mittaus. Käypä hoito -suositus 2.5.2016. Suomalainen lääkäriseura Duodecim. Terveysportti. www.kaypahoito.fi/nak08708. Luettu 18.11.2019 klo 14.30.

Jafarzadeh H., Abbott P. V. Review of the pulp sensibility tests. Part I: general information and thermal tests. *International Endodontic Journal* 2010; 43: 738–762.

Jafarzadeh H., Abbott P. V. Review of the pulp sensibility tests. Part II: electric pulp tests and test cavities. *International Endodontic Journal* 2010; 43: 945–958.

Mainkar A., Kim S. G. Diagnostic Accuracy of 5 Dental Pulp Tests: A Systemic Review and Meta-analysis. *Journal of Endodontics* 2018; 44: 694–702.

Mathew S, Thangavel B, Mathew CA, Kailasam S, Kumaravadivel K, Das A. Diagnosis of cracked tooth syndrome. *Journal of Pharmacy & BioAllied Sciences* 2012; 4(6): 242–244.

Paulsen F., Waschke J. *Sobotta Atlas of Human Anatomy - Head, Neck and Neuroanatomy*. 15. painos Elsevier Munich, 2011.