

Skeletaalinen ankkurointi oikomishoidossa

Syventävien opintojen kirjallinen työ

Johanna Mielismäki

Turun Yliopisto

Lääketieteellinen tiedekunta

Hammaslääketieteen laitos

8.5.2025

Turku

Syventävien opintojen kirjallinen työ

Tutkinto-ohjelma, oppiaine: Oikomishoito

Tekijä: Johanna Mielismäki

Otsikko: Skeletaalin ankkurointi oikomishoidossa

Ohjaaja: Hlt Erika Mäkinen

Sivumäärä: 27 sivua

Päivämäärä: 8.5.2025

Tämä kirjallisuuskatsaus käsittelee skeletaalisen ankkuroinnin menetelmien valintaa, käyttöä sekä mahdollisia komplikaatioita. Ankkurointi oikomishoidossa tarkoittaa resistenssiä epätoivotulle hampaan liikkeelle. Hyvällä ankkuroinnilla vähennetään oikomiskojeiden aiheuttamia ei-toivottuja hampaiden siirtymisiä ja se on edellytys oikomishoidon onnistumiselle. Ankkuroinnissa perinteisesti käytetään hampaistoa tai ekstraoraaalisia oikomiskojeita, kuten kasvomaskia tai niskavetoa. Nykyään on mahdollista hyödyntää myös skeletaalisia ankkureita, joita ovat luuhun porautuvat miniruuvit ja minilevyt.

Kirjallisuuskatsaukseen tehtiin kirjallisuushakua useasta eri tietokannasta (PubMed, Web of Science ja Google Scholar). Käsiteltävät artikkelit olivat vuosilta 1999–2024. Lisäksi hyödynnettiin oppikirjamateriaalia ja Suomen hammaslääkärilehden artikkeleita.

Skeletaalisen ankkuroinnin käyttö on lisääntynyt viime vuosina. Oikomishoitoon suunnitelluilla miniruuveilla tai minilevyillä saadaan aikaan vahva ankkuri, jota voidaan hyödyntää monipuolisesti erilaisiin hoidontarpeisiin. Skeletaalin ankkurointi helpottaa vaikeiden oikomishoitosten toteutusta ja sillä voidaan välttää monia perinteisen ankkuroinnin ongelmakohtia. Miniruuvit ovat edullisia, hyvin siedettyjä ja yksinkertaisia käyttää. Vaativimmissa hoitoaiheissa voidaan harkita vaihtoehtoisesti minilevyjen käyttöä. Niiden epäonnistumisprosentti ja irtoamistapumus ovat pienempiä, kuin miniruuveilla.

Avainsanat: skeletaalin ankkurointi, luustolliset ankkurit, miniruuvi, mini-implantti, mikroruuvi, minilevy

Sisällysluettelo

1.	Johdanto	4
2.	Skeletaalinen ankkurointi	6
3.	Miniruuvit	8
3.1.	Käytön indikaatiot	9
3.2.	Potilasvalintaan liittyvät riskitekijät ja kontraindikaatiot	9
3.3.	Kiinnityspaikan valinta	10
3.3.1.	Bukkaaliset mini-implantit	10
3.3.2.	Palatinaaliset miniruuvit	11
3.3.3.	Muita mahdollisia kiinnityspaikkoja	13
3.4.	Miniruuvin valinta	13
3.5.	Ruuvien asettaminen	14
4.	Minilevyt	17
5.	Mahdolliset komplikaatiot	19
5.1.	Kipu ja epämukavuus	19
5.2.	Ruuvien osuminen hampaan juureen	20
5.3.	Hermovaurio	20
5.4.	Poskionteloperforaatio	21
5.5.	Miniruuvin taipuminen, murtuminen tai katkeaminen	21
5.6.	Limakalvon haavaumat, tulehtuminen ja ilmaemfyseema	22
5.7.	Ankkurin pettäminen ja miniruuvin migraatio	22
6.	Yhteenveto ja pohdinta	24
	Lähteet	25

1. Johdanto

Oikomishoidolla tavoitellaan stabiilia ja toimivaa purentaa. Alkutilanteesta riippuen voidaan oikomishoidolla esimerkiksi korjata leukojen sagittaalisuhteita kasvun ohjauksella, ohjata hampaiden puhkeamista tai liikuttaa hampaita hammaskaarilla. Hampaiston oikomishoidolla hoidetaan purentavirheitä, jotka haittaavat hampaiston normaalia kehitystä ja toimintaa. Oikomishoitoa voidaan tehdä myös esteettisistä syistä. Hoidon tavoitteet määritellään aina potilaskohtaisesti ennen hoidon aloitusta. (*Proffit et al., 2019*)

Ankkurointi oikomishoidossa tarkoittaa resistenssiä tai vastustusta epätoivotulle hampaan liikkeelle. Newtonin III lain mukaan jokaisella voimalla on yhtä suuri, mutta vastakkaisen suuntainen vastavoima. Kun hammasta siirretään toisiin hampaisiin nähden, siihen kohdistetaan kevyttä ja jatkuvaa voimaa. Muihin hampaisiin kohdistuu vastavoimia, jolloin myös ne liikkuvat kaarella. Tämän ehkäisemiseksi tarvitaan ankkurointia, sillä muidenkin hampaiden liikkuminen hammaskaarilla ei yleensä ole toivottavaa. Hyvällä ankkuroinnilla voidaan maksimoida halutut hampaiden liikkeet ja minimoida niiden epätoivotut siirtymiset. (*Proffit et al., 2019*)

Ankkuriksi kutsutaan anatomista yksikköä, joka vastustaa aktiivista voimaa.

Hampaistoankkuroidussa oikomiskojeessa kojeistetut hampaat voivat toimia ankkurina. Perinteisesti ankkureina käytetään hampaiden lisäksi ekstraoraalisia ankkureita, kuten kasvomaskia ja niskavetoa, tai intermaksillaarisia ankkureita. Useimmiten pyritään siihen, että ankkuroiva yksikkö olisi mahdollisimman stabiili, jotta hampaan siirto kohdistuisi mahdollisimman paljon vain haluttuun hampaaseen. (*Proffit et al., 2019*) Hampaiden biologiseen ankkurointikykyyn vaikuttavat monet eri tekijät, kuten juurten muoto ja koko, periodontaaliligamentin ja luun laatu, kasvojen ja leukojen alueen lihasaktiiviteetti, purentavoimat ja kasvojen luuston morfologia. (*Orlikova et al., 2012*)

Luotettava ankkurointi on edellytys oikomishoidon onnistumiselle. Perinteisin keinoin toteutetut ankkurointimenetelmät ovat useimmiten riittävän vahvoja tavoitellun hoitotuloksen saavuttamiseksi. Joissain tilanteissa on kuitenkin tarvetta tarkemmalle ankkuroinnille ja tällöin voidaan vaihtoehtoisesti hyödyntää skeletaalisia ankkureita. Skeletaaliset ankkurit eli luustoankkurit ovat titaanisia leukaluuhun kiinnitettäviä miniruuveja tai minilevyjä. Skeletaaliset ankkurit kiinnittyvät kovaan suulakeen, poskiluun kaareen tai leukojen alveoliluuhun ja ne asennetaan paikallispuudutuksessa. (*Proffit et al., 2019*) Skeletaalinen

ankkurointi helpottaa vaikeiden oikomishoitojen toteutusta ja sen avulla voidaan välttää perinteisten ankkurointimenetelmien ongelmia, kuten monimutkaisia kojeistuksia tai potilaan ko-operaatiosta riippuvia ankkurointilaitteita, kuten niskavetoa. Skeletaalin ankkurointi myös vähentää kirurgisen hoidon tarvetta. (*Orlikova et al., 2012*)

Suomessa luustoankkureiden käyttö on ollut melko vähäistä, mutta se on kasvamassa. Laajan valikoiman ja lukuisten erilaisten käyttöindikaatioiden vuoksi luustoankkureiden käytön aloitus saattaa tuntua vaikealta. Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on auttaa oikean luustoankkurin valinnassa ja koota tämän hetken tutkimustietoon perustuvaa tietoa skeletaalisten ankkureiden käyttöindikaatioista, asettamisesta ja komplikaatioista. Kirjallisuushakua tehtiin monesta eri tietokannasta (PubMed, Web of Science ja Google Scholar). Käsiteltävät artikkelit olivat vuosilta 1999–2024. Lisäksi työssä hyödynnettiin oppikirjamateriaalia ja Suomen hammaslääkärilehden artikkeleita.

2. Skeletaalin ankkurointi

Luustoankkurointi, eli väliaikainen skeletaalin ankkurointi (temporary anchorage device, TAD), on lisääntynyt oikomishoidossa viimevuosien aikana (*Umalkar et al., 2022*). Se mahdollistaa uusia hoitomenetelmiä, ja helpottaa ankkuroinnin suunnittelua.

Oikomishoidossa käytettävät miniruuvit on kehitetty hammasimplanttien pohjalta. Vuonna 1945 keksittiin, että luuhun porautuvaa ruuvia voisi käyttää oikomishoidon apuna. Pientä ruuvia käytettiin koiran leukaluun ramuksessa yläleuan poskihampaan distalointiin. 1950-luvun alkupuolella huomattiin tutkimuksissa titaani-implanttien osseointegroituva leukaluuhun. Tämä mahdollisti implantologian kehittymisen ja toi uusia menetelmiä hammaspuutosten hoitoon. Ensimmäisestä luustoankkurin käytöstä oikomishoidossa kirjoitettiin vuonna 1983. (*Baxi et al., 2023*) 1990-luvun lopulla tutkittiin potilailla kahden millimetrin paksuisten miniruuvien käyttöä purentavirheiden hoidossa. Uudenlaisten ruuvien asettaminen oli yksinkertaista ja niitä voitiin kuormittaa heti asettamisen jälkeen. Tutkimukset antoivat lupaavia tuloksia. (*Umalkar et al., 2022*)

Vuonna 1985 alettiin tutkia minilevyjen käyttöä oikomishoidon ankkurina. Sen jälkeen minilevyjä on käytetty useiden purentavirheiden hoidossa, kuten AIII-luokan purentavirheiden, avopurennan ja impaktoituneiden molaarien hoidossa. (*Pei-Chen et al., 2011*) Minilevyjen asennukseen liittyy kirurginen toimenpide ja paranemisaikaa, kun taas miniruuvien asennus on nopeampaa ja teknisesti helpompaa, ja niitä voidaan yleensä kuormittaa heti. Minilevyjen käyttö on toimivaa ja potilasystävällistä, mutta edellä mainituista syistä niiden käyttö on vähäisempää miniruuveihin verrattuna. (*Hourfar et al., 2014*)

Skeletaaliset miniruuvit ja minilevyt toimivat lähes absoluuttisina ankkureina, sillä niihin kohdistuva vastavoima ohjautuu luuhun ja laajalle alueelle. Absoluuttinen ankkuri tarkoittaa sitä, että ankkuriosa pysyy aivan paikallaan samalla kun muut oikomiskojeeseen kytketyt osat siirtyvät. Luustoankkurit vähentävät hampaiden epätoivottuja siirtymisiä, sillä voimat ohjataan luuhun hampaiden sijaan. (*Wehrbein et al., 2007*)

Luustoankkurointia käytetään vain väliaikaisesti ja lisäosana muihin oikomiskojeisiin. Sitä käytetään esimerkiksi tilanteissa, joissa ankkurin halutaan olevan aivan stabiili, perinteisellä ankkuroinnilla olisi muille hampaille epäsuotuisia vaikutuksia tai tarpeeksi hyvää ankkuria ei ole mahdollista saavuttaa perinteisin oikomishoidon keinoin. Skeletaalisen ankkuroinnin

menetelmät harvoin aiheuttavat haittaa hampaiden juurille tai muille ympäröiville rakenteille ja niitä voidaan kuormittaa usein heti asettamisen jälkeen. (*Selvaraj et al., 2024*)

Luustollisessa ankkuroinnissa hyödynnetään titaanista tai joskus ruostumattomasta teräksestä valmistettuja miniruuveja ja minilevyjä, jotka porautuvat leukojen kortikaaliluuhun. (*Selvaraj et al., 2024*) Oikomishoidossa käytettäviä pieniä ankkuriruuveja on markkinoilla hyvin paljon ja tämän vuoksi niiden terminologia ja jaottelu on sekavaa. Kirjoittajat käyttävät yksinkertaisuuden vuoksi pääosin termiä miniruuvi, jolla tarkoitetaan myös mini-implantteja ja mikroruuveja. Tässä kirjallisuuskatsauksessa näitä termejä käytetään synonyymeinä.

Miniruuviin asettamispaikkoihin liittyy joitakin rajoitteita, ja niiden rinnalle on otettu käyttöön minilevyjä ankkuroinnin tehostamiseksi. Minilevyjä käytetään laajalti myös suun ja kasvojen alueen murtuma-alueiden stabilointiin. (*Pei-Chen et al., 2011*) Joissakin tutkimuksissa myös minilevyt kuuluvat miniruuveihin. Tässä kirjallisuuskatsauksessa käsitellään kuitenkin näitä omassa erillisessä kappaleessaan, sillä niillä on käyttökohteisiin ja mekaniikkaan liittyviä erityispiirteitä.

Myös hammasimplantteja voidaan käyttää myös luustollisina ankkureina erityisesti laajasti vajaahampaisten potilaiden hoidossa. Ankkurina käytön jälkeen hammasimplantteja voidaan käyttää pysyvinä abutmentteina eli kiinnikejatkeina kiinteiden hammasproteesien kiinnityksessä. Hammasimplantit eivät sovellu kasvuikäisten hoitomenetelmäksi infraokluusioriskin vuoksi. (*Orlikova et al., 2012*) Tässä kirjallisuuskatsauksessa ei kuitenkaan käsitellä hammasimplanttien käyttöä oikomishoidon ankkurina tämän enempää.

3. Miniruuvit

Miniruuvit koostuvat yleisesti kolmesta osasta: päästä (head), kaulasta (neck) ja vartalosta (body). Pääosa yhdistää ruuvin oikomiskojeeseen ja sen muoto vaihtelee sen mukaan, minkälaiseen kojeeseen miniruuvi yhdistetään. Kaulaosaa kulkee limakalvon läpi ja vartalo-osa kiinnittyy luuhun porautumalla. Ruuvin kierteet kulkevat vartalo-osassa, joka on sylinterin muotoinen. Ruuvin kärki on kartion muotoinen. (Selvaraj et al., 2024)

Oikomishoitoon tarkoitettuja mini- ja mikroruuveja tehtiin niiden käytön alkuvaiheessa ruostumattomasta teräksestä. Myöhemmin ruuvien materiaalina on alettu suosia titaania, koska sen bioyhteensopivuus on parempi kuin ruostumattomaan teräkseen. Tämä tarkoittaa sitä, että titaani aiheuttaa hyvin harvoin allergiaa tai hylkimisreaktioita joutuessaan kosketuksiin ihmisen kudosten kanssa. (Proffit et al., 2019)

Mini-implantteja on saatavilla rakenteeltaan monenlaisia. Miniruuvien valintaan vaikuttavat ruuvin asetuspaikka, siihen kohdistuvat voimat ja käyttökohde. Miniruuvien ominaisuuksissa ja muodossa vaihtelee esim. ruuvin pituus ja paksuus, kierteiden määrä ja etäisyys toisistaan ja ruuvin pään muoto. (Proffit et al., 2019)

Mini-implantin asettaminen voidaan tehdä poraamalla asetuspaikalle ruuvin syvyinen reikä ennen ruuvin asennusta. Tällaisessa menetelmässä käytetään niin kutsuttua itseleikkaavaa ruuvia. Saatavilla on myös itseporautuvia ruuveja, joiden asennuksessa esiporausta ei tarvita. Itseporautuvien ruuvien asetus on nopeampaa, sillä siinä työvaiheita on vähemmän. (Deglow et al., 2022)

Itseporautuvat ruuvit tarjoavat yleensä paremman ankkurin verrattaessa itseleikkaaviin ruuveihin, sillä niillä on huomattu olevan parempi primaari stabiliteetti. Tämä johtuu siitä, että itseporautuvilla ruuveilla on parempi kontakti ympäröivään luuhun. Niillä on kuitenkin raportoitu itseleikkaavia ruuveja enemmän murtumisia. Itseporautuvia ruuveja suositellaan käytettävän etenkin ylä- ja alaleuan alueilla, joissa kortikaalinen luu on ohuempaa. (Selvaraj et al., 2024)

3.1. Käytön indikaatiot

Skeletaalinen ankkurointi helpottaa haastavien oikomishoitojen toteutuksia. Se vähentää kirurgisen hoidon aiheita ja sen avulla voidaan välttää monimutkaisia kojeistuksia ja potilaan ko-operaatiosta riippuvien kojeiden käyttöä, kuten niskavetoa. Miniruuviin hyötyjä ovat helppo asettaminen, kojeistaminen ja poistaminen ja edullisuus. (Orlikova et al., 2012) Miniruuveilla on hyvä primaaristabiliteetti ja sen takia niitä voidaan kuormittaa välittömästi (Baxi et al., 2023) Ne sopivat hyvin esimerkiksi tilanteisiin, joissa riittävän vahvaa ankkuria ei voida saavuttaa hampaiston avulla. (Orlikova et al., 2012)

Bukkaalisten ja palatinaalisten mini-implanttien hyötyjä on, että niiden asettaminen aiheuttaa vain pienen pehmytkudosvamman ja niiden avulla saavutetaan vahva ankkuri, jota voidaan hyödyntää useisiin tarkoituksiin. Miniruuviin nuppeja on saatavilla monen muotoisina, mikä mahdollistaa sen, että niitä voidaan käyttää lukuisiin erilaisiin kojeistuksiin. Niihin voidaan kytkeä esimerkiksi metalliligatuuria, jousia, voimalankoja ja ketjuja. Bukkaalisia miniruuveja voidaan hyödyntää esimerkiksi yksittäisten hampaiden intruusioon. Palatinaalisia mini-implantteja käytetään esimerkiksi "en masse" siirtoihin, kulmahampaiden distalointiin, voimakkaan ahtauden eliminointiin ja suulaen nopeaan levitykseen. (Orlikova et al., 2012)

Miniruuviin onnistumisprosentin on raportoitu olevan 83 %. Mini-implantin onnistuminen riippuu monista tekijöistä, kuten asetuspaikan valinnasta, oikeanlaisen miniruuviin käytöstä asetuspaikkaan nähden, asetustekniikasta, ympäröivistä kudoksista ja niiden mahdollisesta tulehduksesta ja implantin kuormituksesta. (Crismani et al., 2010)

3.2. Potilasvalintaan liittyvät riskitekijät ja kontraindikaatiot

Tupakointi heikentää peri-implanttikudosten ja parodontiumin terveyttä. Mini-implanttihoidon yhteydessä suositellaan, että tupakointi lopetetaan vähintään viikkoa ennen mini-implanttihoidon aloitusta. Tutkimusten mukaan tupakoitsijoilla on todettu enemmän tulehdusta pehmytkudoksissa ja luun resorptiota mini-implanttihoidon yhteydessä, kuin ei tupakoivilla henkilöillä. Tupakointi heikentää haavojen paranemista ja verenkiertoa suun alueella etenkin niillä, jotka tupakoivat yli 10 savuketta päivässä. (Umalkar et al., 2022)

Haavan paranemiseen ja mini-implanttihoidon toteutukseen vaikuttavat myös potilaan lääkitykset. Antiresorptiiviset lääkkeet, kuten bisfosfonaatit, immuunisuppressiiviset lääkkeet,

verenohennuslääkkeet ja jotkin epilepsialääkkeet voivat lisätä riskiä miniruuvihoidon epäonnistumiselle. (*Umalkar et al., 2022*)

Bisfosfonaattihoitoa saavilla syöpäpotilailla on raportoitu esiintyvän leuan osteonekroosia hammaskirurgisten toimenpiteiden jälkeen. Leuan osteonekroosi tarkoittaa parantumatonta, vähintään 1 cm suuruista haavaa leukaluun alueella, johon liittyy paljastunut luu.

Bisfosfonaattihoitoa saavilla potilailla tulee välttää hammas- tai suukirurgisia toimenpiteitä. (*Höök et al., 2006*) Näihin lukeutuu myös luustoankkurien käyttö, vaikka niiden asetus ja poistaminen ovatkin suhteellisen pieniä toimenpiteitä.

Potilaan saama mahdollinen ionisoivan sädehoidon annos tulee huomioida mini-implanttihoidon suunnitellessa, sillä myös sädehoito (yli 50 Gy) leukojen alueelle syövän hoidossa altistaa leukaluun nekroosille. Sädehoidettu kudoks on altis uusille vaurioille, eikä pysty reagoimaan hammas- tai suukirurgisen toimenpiteen, kuten mini-implantin asettamisen tai poiston, aiheuttamaan puolustus- ja uusiutumistarpeeseen normaalisti. (*Höök et al., 2006*)

3.3. Kiinnityspaikan valinta

3.3.1. Bukkaaliset mini-implantit

Mini-ruuvien asettaminen paikalleen on yksinkertaista, mutta siihen liittyy tiettyjä riskejä ja se voi aiheuttaa haittoja ruuvia ympäröiville kudoksille. Siksi on tärkeää valita ruuvien kiinnityskohta huolellisesti. Erityisesti hampaan juuren etäisyys ruuvista vaikuttaa miniruuvihoidon onnistumiseen. Jos ruuvi asetetaan liian lähelle hampaan juurta tai juurten furkaatioaluetta, hampaan juuri saattaa vaurioitua tai tulehtua ja siitä voi aiheutua ruuvien pysyvyyden ongelmia. (*Wang et al., 2021*) Miniruuvia ei tule asettaa hampaan poistokuopan kohdalle tai muuten vaurioituneen luun alueelle eikä maitohampaan välittömään läheisyyteen. (*Baxi et al., 2023*)

Mini-implantin asetuspaikka riippuu indikaatiosta ja käytettävästä biomekaniikasta. Ruuvi voidaan asettaa alueelle, jossa on tarpeeksi kortikaalista luuta ja etäisyys muihin anatomisiin rakenteisiin on riittävä. Miniruuvien stabiliteetti riippuu kortikaalisen luun paksuudesta, ja sen takia miniruuvi kannattaa sijoittaa alueelle, jossa kortikaalinen luu on paksua. Baumgaertel ja työryhmä tutkivat vuonna 2009 kasvojen luiden bukkaalisen kortikaaliluun paksuutta. He havaitsivat, että bukkaalisen kortikaaliluun paksuus lisääntyy alveoliharjanteelta

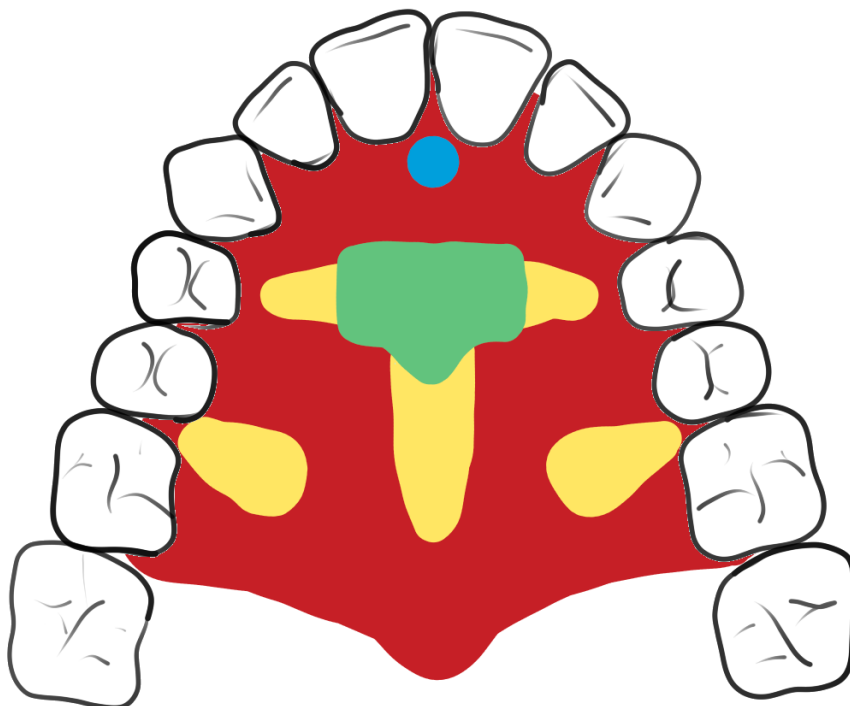
apikaalisuuntaan sekä hammaskaarilla edestä taaksepäin. (Baumgaertel & Hans, 2009)

Palatinaalisesti kortikaaliluun paksuus on vastakkainen; paksuin kortikaaliluu on palatinumin etuosassa ja pienempi distaalisuuntaan mentäessä. (Ludwig et al., 2011)

Alaleuassa on yläleukaa enemmän bukkaalista kortikaaliluuta. Miniruuvi tulisi bukkaalipuolelta sijoittaa vähintään 4 mm etäisyydelle apikaalisuuntaan alveoliharjanteelta, jolloin ruuvi on useimmiten marginaalisen ikenen ja liikkuvan limakalvon rajalla. Bukkaalisia miniruuveja ei tule sijoittaa ylämolaarien juurten väliin, jossa ei ole riittävästi kortikaaliluuta. Niitä ei tule myöskään kiinnittää kummarkaan leuan anteriorisempaan osaan hampaiden juurten väliin kortikaaliluun riittämättömän paksuuden sekä toisiaan liian lähellä olevien juurien vuoksi. (Baumgaertel & Hans, 2009)

Alaleuan bukkaalisen miniruuvien turvallisin sijoituspaikka on premolaarien juurten välissä. Alueella etäisyys juurten välillä on riittävä. Yläleuassa juurten väliin sijoitettavan ruuvien oikean paikan valinta on haastellisempaa – turvallisinta on pysyä kaaren etuosassa, mutta anatomiset rakenteet huomioiden. (Poggio et al., 2006)

3.3.2. Palatinaaliset miniruuvit



Kuva 3. Palatinaalisten miniruuvien hyvät asetuspaikat. Vihreällä on merkitty optimaalisin paikka. Keltaisella on kuvattu asetuspaikat, jotka ovat mahdollisia. Niissä esiintyy enemmän

yksilöllistä variaatiota luun paksuudessa. Sopiva asetuspaikka suulaessa muodostuu T-kirjaimen muotoisesta alueesta. Sinisellä on kuvattu inkisiivikanava. Punaiselle alueelle miniruuvien asetusta ei suositella. (Ludwig et al., 2011). Mukailtu kuva. Alkuperäinen artikkelissa Ludwig B et al. *Anatomical Guidelines for Miniscrew Insertion: Palatal Sites*.

Miniruuvien hyvä asetuspaikkoja ja kortikaalisen luun määrää suulaessa on tutkittu paljon kuvantamistutkimuksilla. Palatinumin keskiosaan asetettujen mini-implanttien stabiilitetti on hyvä ja onnistumisprosentin on raportoitu olevan jopa 100 %. Suulaen etuosa on erinomainen paikka asettaa palatinaaliruuvi, sillä siinä kortikaalisen luun määrä on miniruuville sopiva ja riski ympäröivien kudosten vaurioille on pieni. Parhaiten luun paksuuden palatinumin eri osissa saa selville radiologisella TT- tai KKTT-tutkimuksella. Radiologista näkymää on kuitenkin haastavaa soveltaa kliniseen käytäntöön, joten useimmiten hyvä asetuspaikka miniruuville arvioidaan kliinisen näkymän perusteella. (Ludwig et al., 2011)

Inkisiivikanava sijaitsee palatinumin etuosassa etuhampaiden takana, ja siihen osumista tulee välttää. Optimaalinen asetuspaikka on sivusuunnassa 2 mm etäisyyden sisällä suulaen keskilinjan nähden ja anterioposteriorisesti kulmahampaan ja ensimmäisen premolaarin kontaktikohtien ja ensimmäisen premolaarin ja toisen premolaarin kontaktikohtien välillä. Suulaen keskisaumassa on paksu kortikaalinen luu ja se toimii usein hyvänä asetuspaikkana miniruuville. Keskisauman kohdalla kortikaalisen luun paksuudessa on kuitenkin enemmän yksilöllistä vaihtelua, kuin sen vieressä ja tästä syystä miniruuvi asetetaan usein keskisauman vierelle. (Ludwig et al., 2011) On esitetty, että miniruuvien asetusta suulaen keskisaumaan tulisi välttää kasvuikäisillä potilailla, sillä suulaen keskisauma ei ole vielä luutunut (Umalkar et al., 2022). Ludwig B ja työryhmä kuitenkin toteavat, että keskiviivaan tai sen vierelle voi asettaa miniruuvien myös lapsille ja nuorille, ja ettei keskisaumaan miniruuvien asettamisella ole vaikutusta implantin stabiilitettiin. (Ludwig et al., 2011)

Tarvittaessa palatinumin takaosaan voidaan myös asettaa miniruuvi keskisauman läheisyyteen. Tällöin tulee kuitenkin huomioida, että palatinumin takaosassa on enemmän verisuonitusta, kuin etuosassa ja että kortikaalisen luun paksuus vähenee taaksepäin mentäessä. (Ludwig et al., 2011)

Miniruuvi voidaan myös asettaa ensimmäisen molaarin ja toisen premolaarin juurten väliseen tilaan palatinaalipuolelta. Kyseisellä alueella on miniruuville riittävän leveä tila hampaiden juurten välissä ja sopivasti kortikaalista luuta. Sopiva asetuspaikka on 8–9 mm apikaalisuuntaan ensimmäisen molaarin ja toisen premolaarin kontaktikohdasta katsottuna.

Miniruuvin asettamisessa alueelle tulee huomioida limakalvon paksuus ja hermojen ja verisuonten sijainti alueella. (Ludwig et al., 2011) Ensimmäisen ja toisen molaarin väliin palatinaalisesti ruuvin sijoitusta tulisi välttää, sillä lähellä kulkee *arteria palatina major*. (Poggio et al., 2006)

3.3.3. Muita mahdollisia kiinnityspaikkoja

Miniruuveja voi asettaa myös esimerkiksi tsygomakaaren alaosaan, retromolaarialueelle ja alaleuan runko-osaan, mutta tällöin tulee ottaa huomioon pehmytkudokset. Ruuvin tulee myös olla riittävän pitkä ja paksu. (Wehrbein et al., 2007; Proffit et al., 2019) Tämä kirjallisuuskatsaus keskittyy pääosin bukkaalisiin ja palatinaalisiin miniruuveihin.

3.4. Miniruuvin valinta

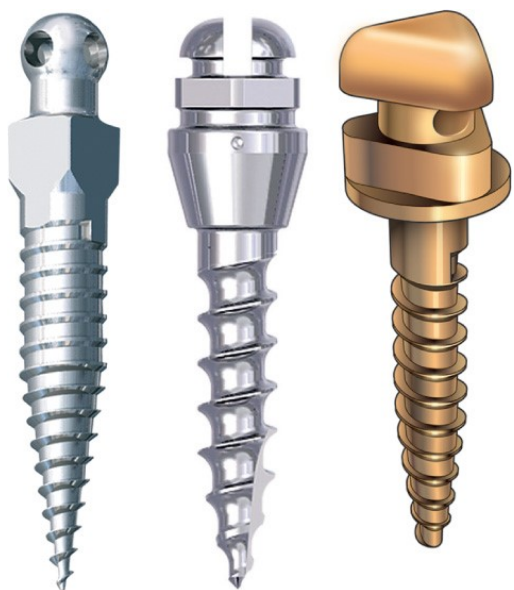
Ruuvin valintaan vaikuttaa asetuspaikka, pehmytkudoksen paksuus sekä asetuksen suunta. Miniruuvin tulee olla halkaisijaltaan yli 1 mm paksuinen murtumariskin vuoksi (Miyawaki et al., 2003), mutta juurten väliseen tilaan asetettuna ruuvin paksuus ei saa ylittää 2 mm (Proffit et al., 2019). Miniruuviin stabiliteetti on riippuvainen ainoastaan asetuspaikan kortikaaliluun määrästä (Baumgaertel & Hans, 2009). Ntoloun ja työryhmän tutkimuksessa todettiin, että paras onnistumisprosentti on miniruuveilla, joiden halkaisija on 1,4–1,9 mm välillä ja pituus 5–8 mm välillä (Ntolou et al., 2018). Miniruuvin pituuden valinnassa vaikuttaa bukkolinguaalisen tai bukkopalatinaalisen alveoliluun paksuus (Baxi et al., 2023) Miniruuviin pituus vaihtelee yleensä 6–10 mm välillä ja halkaisija 1,3–2 mm välillä. (Proffit et al., 2019)

Palatinaalisia miniruuveja voidaan kaksi kappaletta vierekkäin, jolloin ne tyypillisesti kytketään toisiinsa kojeen avulla. Tämä auttaa esimerkiksi siinä, että ruuvit eivät pääse kiertymään ja tämän lisäksi niiden stabiliteetti yhdessä paranee yhteen miniruuviin verrattuna. (Proffit et al., 2019)

Palatinumin keskiosaan voidaan laittaa vaihtoehtoisesti yksi halkaisijaltaan paksumpi, mutta pituudeltaan lyhyempi, niin kutsuttu palatinaali-implantti. Palatinaali-implanttia kuormitetaan

vasta osseointegraatioajan jälkeen, toisin kuin pienempiä miniruuveja. (Wehrbein et al., 2007; Baxi et al., 2023).

Miniruuveja on muodoiltaan hyvin monenlaisia. Niissä vaihtelee pääosan muoto, kaulaosan muoto, kierteiden määrä ja etäisyys toisistaan ja ruuvien koot. Tietynlaiselle ruuville on oma ruuvari tai kulmapää, jolla se asetetaan paikalleen. Ruuvien ominaisuudet, kuten koko ja ruuvien muoto, valitaan ensisijaisesti paikan mukaan ja toissijaisesti käyttökohteen mukaan. Pääosan muoto vaikuttaa siihen, millaiseen kojeeseen ruuvi yhdistetään ja mihin tarkoitukseen sitä käytetään. (Proffit et al., 2019)



Kuva 7: Eri muotoisia miniruuveja. Kuva on kirjasta Proffit, W. R. (2019). *Contemporary orthodontics* (Sixth edition.). (Proffit et al., 2019)

3.5. Ruuvien asettaminen

Miniruuvin asettaminen tehdään paikallispuudutuksessa. Bukkaalinen interradikulaarisesti eli hampaiden juurten väliin kiinnitettävä miniruuvi asetetaan 30–45 asteen kulmassa hampaiden väliin apikaalisuuntaan tähdäten. Viistosti asettamisella saadaan aikaan parempi primaaristabiliteetti, sillä enemmän ruuvia pääsee kontaktiin kortikaaliluuhun. Lisäksi hampaiden juurten välinen etäisyys on suurempi, mitä enemmän juurenkärkiä kohti mennään, joten yläviisto asetussuunta ehkäisee miniruuvin osumista hampaiden juuriin. (Lin et al., 2024) Bukkaaliset miniruuvit ruuvataan paikoilleen tyypillisesti käsin ruuvimeisselillä tai

sopivalla kulmapäällä. Asettamisen jälkeen otetaan periapikaalikuva miniruuvin asennon tarkistamiseksi. (Baxi et al., 2023)



Kuva 8: Miniruuvin asetus bukkalisesti hampaiden juurten väliin. Kuva on kirjasta Proffit, W. R. (2019). *Contemporary orthodontics (Sixth edition.)*. (Proffit et al., 2019)

Suulakeen asetettavien palatinaalisten miniruuvin hyötyjä on se, että niillä ei ole riskiä osua hampaiden juuriin, toisin kuin juurten väliseen tilaan asetettavilla ruuveilla (Ludwig et al., 2011). Palatinaalisia miniruuveja asetetaan useimmiten kaksi kappaletta suulaen keskisauman molemmin puolin. Ne yhdistetään toisiinsa kojeen avulla. (Proffit et al., 2019)

Palatinaaliset miniruuvit asetetaan kohtisuoraan kortikaaliluuta vasten. Miniruuvit asetetaan kulmakappaleella, joka on joko manuaalinen tai moottorilla oleva. (Orlikova et al., 2012) Miniruuvin kuormitus voidaan aloittaa kojeistuksen, esimerkiksi transpalatinaalikaaren, kiinnityksellä heti asettamisen jälkeen, sillä ne eivät osseointegroidu, kuten hammasimplantit. (Baxi et al., 2023) Miniruuvit poistetaan, kun hoito päättyy tai kun kojeetta ei enää tarvita (Orlikova et al., 2012)

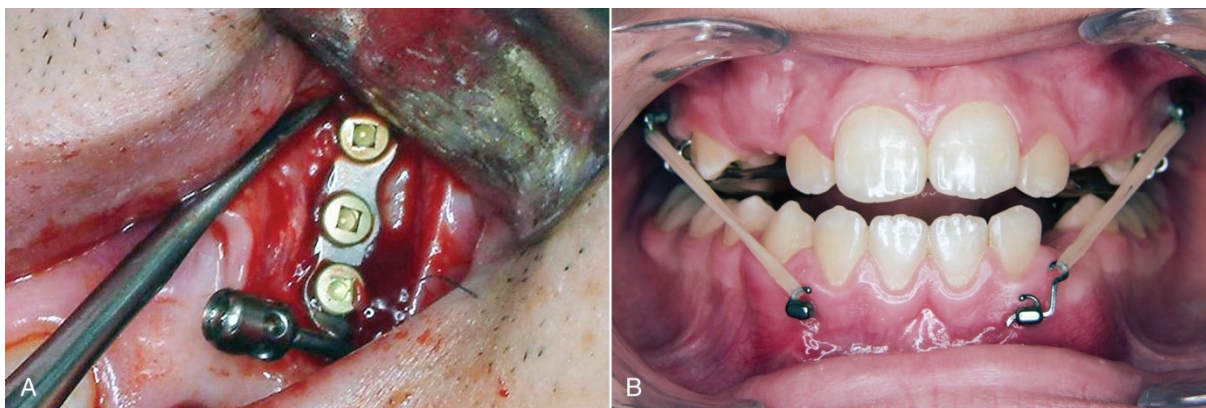
Asettamisen vääntömomentti kuvaa voiman momenttia ja määrää, joka kohdistetaan ruuviin, kun sitä kierretään luuhun. Ruuvien kiertäminen luuhun aiheuttaa luuhun rengasmaisen kompression, joka on hyödyksi primaaristabiliteetin kannalta (*Orlikova et al., 2012*). Motoyoshin ja työryhmän mukaan paras onnistuminen oli miniruuveilla, joiden kiertovoima oli 5–10 N/cm välillä. Liian pieni tai liian suuri kiertovoima asettamisen aikana lisää riskiä ruuvien irtoamiselle ennen aikaisesti tai sen katkeamiselle. (*Motoyoshi et al., 2006*) Mini-implantille sopiva kiertovoima tulisi varmistaa hyvällä kirurgisella tekniikalla (*Orlikova et al., 2012*).

On tärkeää, että potilas noudattaa hyvää suuhygieniaa miniruuvin asettamisen jälkeen ja hoidon aikana. Hyvä suuhygienia vähentää miniruuviin komplikaatioita ja peri-implanttikudosten tulehtumista. Klooriheksidiinisuuhuuhdetta voidaan käyttää kuuriluontoisesti asetuksen jälkeen peri-implanttikudosten terveyden edistämiseksi. (*Kravitz & Kusnoto, 2007*)

4. Minilevyt

Oikomishoitoon tarkoitettut minilevyt on kehitetty suu- ja leukakirurgiassa käytettävistä titaanisista osteosynteesilevyistä. (Umemori et al., 1999) Ortodonttinen minilevy koostuu kolmesta osasta: kojeistuspäästä, varresta ja rungosta. Levyt voivat olla T, Y, I tai L muotoisia ja niitä on eripituisia. (Proffit et al., 2019) Minilevyjen ominaisuudet ja vaihtelevat muodot mahdollistavat niiden käytön monenlaisissa hoidoissa. Minilevyjä voidaan oikomishoidossa hyödyntää hampaiden intruusiossa ja ekstruusiossa, ylätuhampaiden “en masse” -siirroissa, hampaiden pystyynnyttämisessä, ortopedisissä siirroissa kasvomaskin kanssa ja avopurennan korjauksessa. (Orlikova et al., 2012)

Minilevyjen asetus ja poistaminen on teknisesti hieman haastavampaa kuin bukkaalisten ja palatinaalisten miniruuvien. Minilevy asetetaan flap-leikkauksessa, jonka suorittaa tyypillisesti kirurgi. Levyn runko-osa kiinnitetään yläleuan tai alaleuan luuhun hampaiston ulkopuolelle yleisimmin kahden tai kolmen miniruuvin avulla. Levyn varsi läpäisee limakalvon ja kojeistuspää sijaitsee intraoraalisesti. Pitkän varsiosan ansiosta minilevyjen kiinnitysruuvit voidaan asettaa turvaetäisyydelle hampaiden juurista ja muista anatomisista rakenteista, joita halutaan varoa. Kojestuspäässä on koukkuja, joihin voidaan kiinnittää erilaisia vetomekanismeja, jotka yhdistetään tarpeen mukaan muihin oikomiskojeisiin. Levyn kuormitus voidaan aloittaa sen jälkeen, kun pehmytkudokset ovat parantuneet asetusleikkauksesta. Minilevyjen kiinnitysruuvit eivät osseointegroidu. (Orlikova et al., 2012)



Kuva 9: I-muotoisen minilevyn asetus flap-leikkauksella ja valmis kojeistus. Kuva on kirjasta Proffit, W. R. (2019). *Contemporary orthodontics (Sixth edition.)*. (Proffit et al., 2019)

Minilevyjen etuna miniruuveihin on, että niihin voidaan kohdistaa suurempia voimia ja voimia on mahdollista kohdistaa moninaisempiin suuntiin. (Matias et al., 2021) Monia mini-implanttien heikkouksia, kuten niiden suhteellisen korkeaa irtoamisprosenttia ja

murtumistaipumusta voidaan välttää käyttämällä niiden sijaan minilevyjä. Minilevy sijoitetaan hampaiston ulkopuolelle, eikä se siten häiritse hampaiden siirtoa. Minilevyt sietävät hyvin voimavektoreiden muutoksia ja niitä voidaan kuormittaa varsin suurilla voimilla. Haittoina minilevyillä on, että ne vaativat kaksi kirurgista toimenpidettä ja ovat kalliimpia kuin mini-implantit. (*Orlikova et al., 2012*) Varsiosa voi joillakin potilailla aiheuttaa limakalvoärsytystä (*Choi et al., 2005*). Vaikka minilevyn asetus ja poistaminen vaativat läppäleikkauksen, hoitomuoto on hyvin siedetty potilaiden keskuudessa (*Cornelis et al., 2008*)

Minilevyhoidon epäonnistumisriski vaihtelee eri lähteiden mukaan 4,7 %-11 %:n välillä. Tämä on selvästi alhaisempi kuin mini-implanttien epäonnistumisriski. Todennäköisesti näiden välinen ero on todellisuudessa tätäkin suurempi, sillä minilevyjä käytetään tyypillisesti vaativimmissa hoidoissa, kuin miniruuveja. Minilevyjen ja niiden kiinnikeruuvien irtoamisen riskitekijöitä ovat levyn varren sijoittuminen liikkuvan limakalvon alueelle ja luurakenteen hentous, erityisesti kasvuikäisillä potilailla ja hampaanpoistoalueilla. Levyjen sijoittaminen molaarialueelle, erityisesti alaleuassa, näyttää lisäävän levyn irtoamisriskiä. (*Orlikova et al., 2012*) Alaleukaan asetetuilla minilevyillä on myös huomattu esiintyvän enemmän haittoja, kuten levyn poistoon johtaneita limakalvon tulehtumista, kuin yläleukaan sijoitetuilla minilevyillä (*Choi et al., 2005*).

5. Mahdolliset komplikaatiot

5.1. Kipu ja epämukavuus

Mini-implantit asetetaan paikallispuudutuksessa, joten miniruuvien asetuksista ei useimmiten aiheudu potilaalle kipua. Sitä kuitenkin esiintyy yleensä jonkin verran asennuksen jälkeen ja potilasta on hyvä informoida tästä hoidon suunnittelun vaiheessa. Meta-analyysissä kerättiin tietoa interradikulaarisiin miniruuveihin liittyvästä kivusta. Sen mukaan potilaiden kokema kipu miniruuvien asennuksen jälkeen on korkeimmillaan ensimmäisten 12 tunnin aikana asetuksista ja jo yhden vuorokauden kuluttua koettu kipu alkaa huomattavasti vähetä. (*de Paiva et al., 2023*)

Miniruuvien aiheuttamaa kipua verrattiin myös muiden oikomishoidon toimenpiteiden aiheuttamaan kipuun. Premolaarien ekstraktioon verrattuna miniruuvien asennus oli koetulta kivultaan samankaltaista tai jopa kolme kertaa vähäisempää. (*de Paiva et al., 2023*) Potilaat kokivat miniruuvihoidon huomattavasti kivuttomammaksi, kuin kiinteäkojehoidon aiheuttaman kivun (*Sreenivasagan et al., 2021; de Paiva et al., 2023*). De Paiva ja työryhmän tutkimuksissa ei huomattu merkittävää eroa koetun kivun voimakkuudessa interradikulaaristen ja palatinaalisten miniruuvien välillä, mutta palatinaalisten miniruuvien osalta kerrottiin kivun kestävän pidempään toimenpiteen jälkeen. (*de Paiva et al., 2023*) Sreenivasagan ja työryhmä tutkivat myös kipua miniruuvihoidon yhteydessä. He totesivat, että interradikulaaristen ruuvien aiheuttama kipu oli selkeästi vähäisempää, kuin palatinaalisten miniruuvien ja poskiluun kaareen tai leuan runko-osaan asetettujen ruuvien. (*Sreenivasagan et al., 2021*)

Potilaat suhtautuvat väliaikaisiin skeletaalisiin ankkureihin usein pelokkaasti, kun heille kerrotaan hoitosuunnitelmasta. Hoidon edetessä potilaat useimmiten kuitenkin huomaavat että, toimenpiteestä aiheutunut kipu ja vaiva ei ollutkaan niin paha, kuin he olivat odottaneet. Potilaan odotukset voivat johtua siitä, että miniruuvien asennus on monille tuntematon toimenpide ja luonteeltaan invasiivisempää, kuin perinteisin keinoin toteutettu oikomishoito. (*de Paiva et al., 2023*)

Potilailla, joilla on bukkaalisesti asetettu miniruuvi, on raportoitu jonkin verran epämukavuutta nauraessa, haukotellessa ja syödessä. Palatinaalisen miniruuvien on kuitenkin huomattu vaikuttavan bukkaalisia miniruuveja enemmän päivittäisiin leukojen toimintoihin. Palatinaalisten ruuvien on raportoitu aiheuttavan puhumisen ja syömisen hankaluutta hoidon

alussa, mutta tyypillisesti potilaat tottuvat myös niihin hyvin. (Sreenivasagan et al., 2021)
Yleisestikin potilaiden tyytyväisyyden miniruuveihin on huomattu olevan hyvin korkeaa. (de Paiva et al., 2023)

5.2. Ruuvien osuminen hampaan juureen

Miniruuviin yleinen asetuspaikka on hampaiden juurten välissä eli interradikulaarisesti. Ruuvia asetettaessa on mahdollista, että ruuvi osuu hampaan juureen tai parodontaaliligamenttiin. Silloin on mahdollista, että hampaan juuri vaurioituu, hampaan vitaliteetti menetetään, hammasta ympäröivä luu sklerosoituu eli paksuntuu tai hammas ankyloituu. Nämä komplikaatiot ovat kuitenkin hyvin harvinaisia miniruuviin kanssa ja lähtökohtaisesti juureen osumisesta ei aiheudu hampaalle pysyvää vauriota. (Kravitz & Kusnoto, 2007)

On tutkittu, että vaikka miniruuvi osuisi hampaan juureen, juuri parantuu täysin 12–18 viikon seurannassa miniruuviin poistamisesta. Taka-alueella asetuspaikkaa on vaikeampi nähdä ja miniruuviin asetuksen kohdistaminen oikeaan suuntaan on haastavampaa. Tästä johtuen ruuvien hyvä asennustekniikka on vaikeampi toteuttaa taka-alueella, ja ruuvi voi herkemmin osua hampaan juureen. Jos miniruuvi alkaa ruuvausvaiheessa lähestyä parodontaaliligamenttia, potilas kokee yleensä epämukavuutta, vaikka alue olisi puudutettu. Miniruuviin osumisen hampaan juureen voi asetettaessa huomata siitä, että ruuvi pysähtyy itsestään tai vaatii suurempaa voimaa ruuvautuakseen syvemmälle. Kun epäillään näin käyneen, hammaslääkäriin tulisi kiertää ruuvia takaisinpäin ja arvioida siten ruuvien suuntaa ja asetuspaikkaa uudestaan kliinisesti tai radiologisesti ja tarvittaessa muuttaa niitä. (Kravitz & Kusnoto, 2007)

5.3. Hermovaurio

Miniruuviin tai minilevyn asettamisessa voidaan osua hermoon. Etenkin palatinaalisten, mandibulan bukkaalisten ja retromoraalialueen miniruuviin kanssa hermovaurio on todennäköinen. Pienet hermovauriot ovat tavallisia ja paranevat täysin 6 kuukauden seurannassa. Pidempikestoisia hermovaurioita tai hermojen katkeamisia voidaan joutua

hoitamaan lääkityksellä, mikroneurokirurgialla, siirteillä tai laserterapialla. (*Kravitz & Kusnoto, 2007*)

5.4. Poskionteloperforaatio

Poskionteloperforaatio on mahdollinen komplikaatio yläleuan miniruuvien asetuksessa. Poskiontelon pohja on tyypillisesti alimmillaan ensimmäisten molaarien kohdalla. Pieni alle 2 mm perforaatio poskionteloon parantuu lähes aina ilman muita komplikaatioita. Miniruuvia ei tarvitse poistaa, vaikka sen asetuksen aikana huomattaisiin ruuvin osuvan poskionteloon. Potilasta kuuluu kuitenkin informoida tilanteesta ja hänen tilaansa seurata poskiontelon tulehduksen varalta. Jos miniruuvia ollaan asettamassa korkealle yläleuan posterioriseen osaan, voidaan harkita miniruuvien kohtisuorempaa asetusta luuharjannetta vasten poskionteloperforaation välttämiseksi. (*Kravitz & Kusnoto, 2007*) Ardekian ja työryhmä ovat todenneet, että implantin perforaatio nenäonteloon tai poskionteloon ei vaikuta implantin stabiliteettiin. (*Ardekian et al., 2006*)

5.5. Miniruuvien taipuminen, murtuminen tai katkeaminen

Lisääntynyt vääntöjännitys miniruuvien asetuksen yhteydessä lisää riskiä ruuvien taipumiselle tai murtumiselle. Se voi myös aiheuttaa pieniä murtumia peri-implanttitiitoksessa, mitkä voivat vaikuttaa miniruuvien stabiliteettiin. Oikeaoppinen asetustekniikka vähentää riskiä ruuvien murtumiselle. Itseporautuvat miniruuvit tulisi asettaa luuhun hitaasti pientä voimaa käyttäen, jotta implantin ja luun kontaktista tulee tiivis ja kestävä. Kun käsivoimin miniruuvia asetetaan alueelle, jossa kortikaalinen luu on paksua, suositellaan asetuksen yhteydessä aika ajoin kääntämään ruuvia takaisin päin yhden tai kahden kierroksen verran. Tämä vähentää ruuvien asetuksesta johtuvaa vääntöjännitystä luulle. (*Kravitz & Kusnoto, 2007*)

Miniruuvia ei tulisi asettaa liian syväälle, vaan poraaminen tulisi lopettaa, kun ruuvien kaulaosa kohtaa luun. Liian syvä ruuvaus voi aiheuttaa ruuvien löystymistä ja pehmytkudoksen liikakasvua miniruuvien alueella. Ruuvia poistettaessa miniruuvi voi joskus murtua, etenkin jos käytetään hyvin kapeita ruuveja. Jos miniruuvien poistaminen ei tällöin muuten onnistu, se voidaan joutua tekemään kirurgisesti. (*Kravitz & Kusnoto, 2007*)

5.6. Limakalvon haavaumat, tulehtuminen ja ilmaemfyseema

Peri-implanttikudokset vaikuttavat miniruuvihoiton onnistumiseen. Kiinnittyneen keratinisoituneen limakalvon, alueelle asetetuilla miniruuveilla on parempi onnistumiprosentti, kuin liikkuvan limakalvon alueelle kiinnitetyillä miniruuveilla. Asetuksesta aiheutuvat pienet limakalvon haavaumat paranevat yleensä itsestään 7–10 päivän kuluessa eikä niistä jää arpia. Miniruuvin ympäröivään kudokseen voi myös kehittyä peri-implantiitti eli implanttia ympäröivän pehmytkudoksen tulehdus. Se voi ilmetä miniruuvin kipuna, verenvuotona tai märkimisenä. Pehmytkudoksen tulehtumisen on todettu olevan yhteydessä ruuvin lisääntyneeseen liikkuvuuteen. *(Kravitz & Kusnoto, 2007)*

Ilmaemfyseema tarkoittaa sitä, että ilmaa päätyy ihon tai limakalvon alle. Tämä aiheuttaa välitöntä limakalvon turvotusta ja alueelta voi kuulua rätisevää ääntä. Ilmaemfyseema voi aiheutua hammashoidon toimenpiteissä, joissa käytetään poranteriä, joista tulee ilmaa ja vettä ja jotka pyörivät korkeilla kierrosluvuilla. Ilmaemfyseemariskin takia miniruuveja asetettaessa tulee käyttää vain hitaasti pyöriviä instrumentteja. Tavallista ilma- ja vesijäähdytteistä käsikappaletta ei tulisi käyttää, muuten ilma voi päästä kudoksiin jopa kiinnittyneen limakalvon alueelta. Ilmaemfyseeman sattuessa tulisi ottaa periapikaalikuva tai panoraamatomografiakuva alueelta. Potilaalle voidaan suositella klooriheksidiini suuhuuhdetta viikon ajaksi ja jatkettua antibioottiprofylaksiaa, mikäli epäilee alueen voivan infektoitua. Potilasta pyydetään lisäksi välttämään kovaa pureskelua ja käyttämään jääpussia ensimmäisen vuorokauden aikana vähentämään turvotusta ja kipua. *(Kravitz & Kusnoto, 2007)*

5.7. Ankkurin pettäminen ja miniruuvin migraatio

Jos miniruuvi jostakin syystä löystyy, se tulee ottaa pois ja asemoida uudestaan. Mini-implanttien pysyvyyden epäonnistuminen on 11–30 % luokkaa. Tärkein tekijä miniruuvin pysyvyydelle on kortikaalisen luun paksuus. *(Kravitz & Kusnoto, 2007)* Alaleuassa miniruuvihoiton epäonnistuminen on yleisempää, kuin yläleuassa. Suzuki ja työryhmä totesivat, että mandibulassa miniruuvihoiton onnistumisprosentti on 70,3 % ja maxillassa 93,4 %. Syynä tälle on esitetty sitä, että alaleuassa etenkin takahammasalueella hampaiden juurten

väläinen tila on kapeampi ja hyviä asetuspaikkoja on vähemmän, kuin yläleuassa. Jos miniruuvi asetetaan kapeaan interradikulaariseen tilaan tai se on kontaktissa hampaan juureen, sen stabiliteetti heikkenee. (*Suzuki et al., 2013*)

Mini-implantteja pidetään kliinisesti absoluuttisina ankkureina. Niissä kuitenkin voi tapahtua pientä liikettä kuormituksen seurauksena. Miniruuvit eivät osseointegroidu luuhun, kuten hammasimplantit, vaan niiden pysyvyys perustuu mekaaniseen retentioon. Liou ja työryhmä raportoivat tutkimuksessaan, että 400 g voimalla 9 kuukauden ajan kuormitetut bukkaaliset miniruuvit ekstrudoituivat ja kallistuivat 1–1,5 mm seitsemällä 16 potilaasta. Liike on siis hyvin pientä, mutta varmuuden vuoksi suositellaan jätettävän 2 mm etäisyys ympäröiviin anatomisiin rakenteisiin ruuvien liikkumisen varalta. (*Liou et al., 2004*) Miniruuvit voivat myös osittain osseointegroitua, mikä saattaa hankaloittaa ruuvien poistoa. (*Kravitz & Kusnoto, 2007*)

6. Yhteenveto ja pohdinta

Perinteiset oikomishoidon ankkurointimenetelmät ovat edelleen suurimmassa osassa tapauksista riittäviä. Skeletaaliset ankkurit tuovat kuitenkin lisää vaihtoehtoja hoidon toteutukselle ja helpottavat haastavia oikomishoitoja. Skeletaalisten ankkurien käytöstä on tullut viimevuosina yleisempää niiden monipuolisten käyttöaiheiden ja hyvän potilasmukavuuden takia. Luustoankkurien hyötyjä ovat esimerkiksi niiden vahva ankkurointikyky ja yksinkertainen asettaminen ja kojeistus. Miniruuvien ja minilevyjen käytöstä tulee mahdollisesti yleisempää, kun niihin liittyvää tutkimustietoa tulee lisää ja informaatio niiden käytöstä lisääntyy.

Luustoankkureiden stabiliteetti riippuu asetuspaikan kortikaalisen luun paksuudesta. Bukkaalisen kortikaaliluun paksuus lisääntyy alveoliharjanteelta apikaalisuuntaan sekä hammaskaarilla edestä taaksepäin. Palatinaalisesti kortikaaliluun paksuus on vastakkainen; paksuin kortikaaliluu on palatinumin etuosassa ja pienempi distaalisuuntaan mentäessä. Hampaiden juurten väliseen tilaan miniruuvia asettaessa tulee ottaa huomioon hampaiden juurten välinen etäisyys. Palatinaalisesti miniruuvien asetuspaikaksi suositellaan erityisesti palatinumin etuosaa muissa osissa vaihtelevan luun paksuuden ja verisuonten ja hermojen takia. Miniruuveja ja minilevyjä voidaan asettaa myös esimerkiksi retromolaarialueelle, alaleuan runko-osaan ja poskiluun kaaren alaosaan.

Palatinaalisesti miniruuvien onnistumisprosentti on todettu joissakin tutkimuksissa olevan jopa 100 % hyvän kortikaalisen luun takia. Bukkaalisten miniruuvien onnistumisprosentti on myös korkea. Alaleukaan asetetuilla miniruuveilla on todettu enemmän epäonnistumista yläleukaan verrattuna.

Minilevyn asettaminen on invasiivisempi toimenpide, kuin miniruuvien ja se vaatii useamman käyntikerran. Tämän takia niiden käyttö ei ole yhtä yleistä ja niitä käytetään lähinnä haastavissa hoidoissa. Minilevyn asetus tehdään flap-leikkauksessa ja kojeistus aloitetaan vasta, kun pehmytkudokset ovat parantuneet. Minilevyn stabiliteetin on todettu olevan parempi kuin interradikulaaristen miniruuvien ja niillä on raportoitu vähemmän levyjen irtoamisia ja kiinnitysruuviin murtumisia.

Lähteet

- Adriano G Crismani I, Michael H Bertl, Ales G Celar, Hans-Peter Bantleon, Charles J Burstone. Miniscrews in orthodontic treatment: review and analysis of published clinical trials, *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010 Jan;137(1):108-13.
- Ardekian L, Oved-Peleg E, Mactei EE, Peled M. The clinical significance of sinus membrane perforation during augmentation of the maxillary sinus. *J Oral Maxillofac Surg.* 2006 Feb;64(2):277-82.
- Baumgaertel S, Hans MG. Buccal cortical bone thickness for mini-implant placement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009 Aug;136(2):230-5.
- Baxi S, Bhatia V, Tripathi A, Prasad Dubey M, Kumar P, Mapare S. Temporary Anchorage Devices. *Cureus.* 2023 Sep 1;15(9):e44514.
- Choi BH, Zhu SJ, Kim YH. A clinical evaluation of titanium miniplates as anchors for orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005 Sep;128(3):382-4.
- Cornelis MA, Scheffler NR, Nyssen-Behets C, De Clerck HJ, Tulloch JF. Patients' and orthodontists' perceptions of miniplates used for temporary skeletal anchorage: a prospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008 Jan;133(1):18-24.
- de Paiva TT, Barros DMC, Bittencourt RC, Savelli MBB, Lorenzoni DC, de Alcantara Cury-Saramago A, Mattos CT. Pain perception and expectation related to interradicular mini-implants insertion: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2023 Dec;27(12):7029-7043.
- Deglow ER, O Connor Esteban M, Zubizarreta-Macho Á, Hernández Montero S, Tzironi G, Abella Sans F, Albaladejo Martínez A. Novel digital technique to analyze the accuracy and intraoperative complications of orthodontic self-tapping and self-drilling microscrews placement techniques: An in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2022 Aug;162(2):201-207.
- Hourfar J, Kanavakis G, Goellner P, Ludwig B. Fully customized placement of orthodontic miniplates: a novel clinical technique. *Head Face Med.* 2014 May 3;10:14.
- Höök Kirsi, Mäki Taina, Suuronen Riitta, Kontio Risto, Lindqvist Christian, Leukojen alueen osteoradioneekroosi, *Suomen Hammaslääkärilehti* 2006;13(16):878-884
- Kravitz ND, Kusnoto B. Risks and complications of orthodontic miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007 Apr;131(4 Suppl):S43-51.
- Lin D, Wen S, Ye Z, Yang Y, Yuan X, Lai W, You M, Long H. Evaluation of Optimal Insertion Sites and Angles for Orthodontic Mini-Implants at the Anterior Nasal Spine

- Region Based on Cone-Beam Computed Tomography. *J Clin Med.* 2024 Feb 1;13(3):837.
- Liou EJ, Pai BC, Lin JC. Do miniscrews remain stationary under orthodontic forces? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004 Jul;126(1):42-7.
- Ludwig B, Glasl B, Bowman JS, Wilmes B, Kinzinger G, Lisson JA. Anatomical Guidelines for Miniscrew Insertion: Palatal Sites. *J Clin Orthod.*, 2011 Aug;45(8):433-41
- Matias M, Flores-Mir C, Almeida MR, Vieira BDS, Freitas KMS, Nunes DC, Ferreira MC, Ursi W. Miniscrew insertion sites of infrazygomatic crest and mandibular buccal shelf in different vertical craniofacial patterns: A cone-beam computed tomography study. *Korean J Orthod.* 2021 Nov 25;51(6):387-396.
- Miyawaki S, Koyama I, Inoue M, Mishima K, Sugahara T, Takano-Yamamoto T. Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;124:373–37
- Motoyoshi M, Hirabayashi M, Uemura M, Shimizu N. Recommended placement torque when tightening an orthodontic mini-implant. *Clin Oral Implants Res.* 2006 Feb;17(1):109-14.
- Ntolou, Panagiota; Tagkli, Aikaterini; Pepelassi, Eudoxie. Factors Related to the Clinical Application of Orthodontic Mini-Implants. *Journal of International Oral Health* 10(3):p 103-110, May–Jun 2018.
- Orlikova Larisa, Laine Juhani, Varrela Juha, Skeletaallinen ankkurointi – uusia mahdollisuuksia oikomishoitoon, *Suomen Hammaslääkärilehti* 2012;6(19)
- Pei-Chen Lu, Chau-Hsiang Wang, Huang-Chi Wang, Kun-Tsung Lee, Huey-Er Lee, Chun-Ming Chen, A study of the mechanical strength of miniscrews and miniplates for skeletal anchorage, *Journal of Dental Sciences*, Volume 6, Issue 3, 2011, Pages 165-169
- Poggio PM, Incorvati C, Velo S, Carano A. "Safe zones": a guide for miniscrew positioning in the maxillary and mandibular arch. *Angle Orthod.* 2006 Mar;76(2):191-7.
- Proffit William R, Fields Henry W, Larson Brent E, Sarver David M. 10 - Contemporary Orthodontic Appliances, Kirjassa: Proffit William R., *Contemporary Orthodontics*, Elsevier, 2019, 6s painos, ss 310-351
- Selvaraj S, Tandon A, Chandrasekaran D, Purushothaman D, Katepogu P, Mohan R, Angrish N. Anchorage and Stability of Orthodontic Mini Implants in Relation to Length and Types of Implants. *Cureus.* 2024 Nov 5;16(11):e73056.

- Sreenivasagan S, Subramanian AK, Selvaraj A, Marya A. Pain Perception Associated with Mini-Implants and Interventions for Pain Management: A Cross-Sectional Questionnaire-Based Survey. *Biomed Res Int.* 2021 Nov 29;2021:4842865.
- Suzuki M, Deguchi T, Watanabe H, Seiryu M, Iikubo M, Sasano T, Fujiyama K, Takano-Yamamoto T. Evaluation of optimal length and insertion torque for miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013 Aug;144(2):251-9.
- Umalkar SS, Jadhav VV, Paul P, Reche A. Modern Anchorage Systems in Orthodontics. *Cureus.* 2022 Nov 14;14(11):e31476.
- Umemori M, Sugawara J, Mitani H, Nagasaka H, Kawamura H. Skeletal anchorage system for open-bite correction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 115: 166–74.
- Wang Y, Shi Q, Wang F. Optimal Implantation Site of Orthodontic Micro-Screws in the Mandibular Anterior Region Based on CBCT. *Front Physiol.* 2021 May 20;12:630859.
- Wehrbein, Heiner, and Peter Göllner. "Skeletal anchorage in orthodontics—basics and clinical application." *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie* 68.6 (2007): 443-461.