

Karoliina Niemelä, Tiia Vuorinen

# YLÄLEUAN JA YLÄHAMMASKAAREN LEVITYS MINIRUUVIKIINNITTEISILLÄ OIKOSMISKOJEILLA LAPSILLA JA NUORILLA



Syventävien opintojen kirjallinen työ  
Kevätlukukausi 2021

Karoliina Niemelä, Tiia Vuorinen

YLÄLEUAN JA YLÄHAMMASKAAREN LEVITYS MINIRUUVIKIINNITTEISILLÄ  
OIKOMISKOJEILLA LAPSILLA JA NUORILLA

Hammaslääketieteen laitos

Kevätlukukausi 2021

Ohjaajat: Kari Rantavuori, Susanna Kanerva

TURUN YLIOPISTO

Lääketieteellinen tiedekunta

NIEMELÄ KAROLIINA, VUORINEN TIIA: Yläleuan ja ylähammaskaaren levitys miniruuviinnitteisillä oikomiskojeilla lapsilla ja nuorilla

Syventävien opintojen kirjallinen työ, 31 s., 8 liites.

Hampaiston kehitys- ja oikomisoppi

Kevätlukukausi 2021

---

Tämä kirjallisuuskatsaus käsittelee miniruuviinnitteisten oikomiskojeiden käyttöä yläleuan ja ylähammaskaaren levittämisessä lapsilla ja nuorilla. Käsittelemme miniruuviinnitteisten käytön indikaatioita, asentamista ja haittavaikutuksia. Tarkastelemme kojeiden käyttöä eri ikäisillä potilailla; kasvuikäisillä sekä kasvuiän päättymisen jälkeen. Lisäksi vertailemme miniruuviinnitteisiä kojeita perinteisiin hampaistokiinnitteisiin kojeisiin.

Kapeaan ylähammaskaareen liittyy usein sivualueen ristipurentaa tai ahtautta, jota pyritään oikomishoidolla korjaamaan. Yläleuan levityksessä käytetään useimmiten hampaistokiinnitteisiä kojeita, mutta myös miniruuviinnitteiset kojeet tuottavat hyviä hoitotuloksia. Yläleuka on kaksiosainen luu, joita yhdistää keskisauma. Keskisauma alkaa hiljalleen luutua teini-ikäisillä, jonka jälkeen yläleuan levittämiseksi tarvitaan enemmän voimaa. Kun oikomiskoje ankkuroidaan miniruuveilla suoraan suulakeen, pystytään yläleukaa levittämään vielä luutumisen jälkeenkin. Miniruuviinnitteisillä kojeilla pystytään maksimoimaan levityksen aikaansaamat luustovaikutukset.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella miniruuviinnitteisten kojeiden todettiin olevan varteenotettava oikomismenetelmä hampaistokiinnitteisten kojeiden rinnalla. Niiden todettiin vähentävän epätoivottuja sivuvaikutuksia, kuten hampaiden epätoivottua kallistumista.

Tässä kirjallisuuskatsauksessa käytetty lähdemateriaali on etsitty PubMed -tietokannasta. Lisäksi käytimme lähteenä oikomishoidon oppikirjoja.

Asiasanat: oikomishoito, miniruuvi, yläleuan levitys, RME

## SISÄLLYS

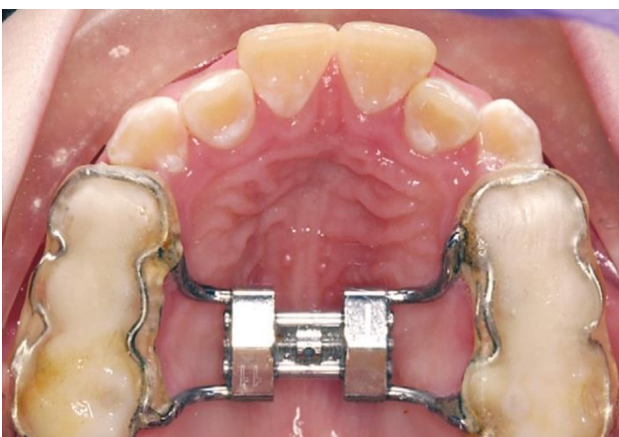
1. JOHDANTO
  2. YLÄLEUAN JA YLÄHAMMASKAAREN KASVU JA KEHITYS
    - 2.1 Yläleuan keskisauma luutuminen
  3. KAPEAN YLÄKAAREN LEVITYS PERINTEISESSÄ OIKOMISHOIDOSSA
    - 3.1 Yläleuan levitys hampaistoankkuroiduilla kojeilla
      - 3.1.1 ALT-Ramec
  4. LUUSTOLLISET ANKKURIT
    - 4.1 Osseointegraatio
    - 4.2 Palatinaali-implantit
    - 4.3 Minilevyt
    - 4.4 Miniruuvikiinnitteiset kojeet
    - 4.5 Miniruuvien asettaminen
  5. YLÄLEUAN LEVITYS MINIRUUVIKIINNITTEISILLÄ KOJEILLA
    - 5.1 Miniruuvikiinnitteisten kojeiden käyttö kasvuikäisillä
    - 5.2 Miniruuvikiinnitteisten kojeiden käyttö kasvuiän jälkeen
  6. MINIRUUVIKIINNITTEISTEN KOJEIDEN ONGELMIA
    - 6.1 Kipu
    - 6.2 Miniruuvien irtoaminen
    - 6.3 Muut ongelmat
  7. LUUSTOANKKUROITUJEN JA HAMPAISTOANKKUROITUJEN KOJEIDEN VERTAILUA
    - 7.1 Luustollinen levitys
    - 7.2 Juuriresorptio
    - 7.3 Epämukavuus
  8. POHDINTA
- VIITTEET

## 1. JOHDANTO

Oikomishoito on pitkäaikainen prosessi, jolla hoidetaan purentavirheitä. Oikomishoitoa voidaan suorittaa sekä esteettisistä että toiminnallisista syistä. Purentavirheet voivat aiheuttaa potilaille ongelmia, joita oikomishoidolla voidaan korjata. Potilaiden kokemat ongelmat voidaan jakaa kolmeen luokkaan: (1) poikkeavaan ulkomuotoon perustuva syrjintä, (2) toiminnalliset vaikeudet kuten leukanivelkivut ja syömisvaikeudet, (3) suurempi riski traumaalle, periodontaalisairauksille ja reikiintymiselle. (Proffit ym. 2013)

Purentavirheet voidaan jakaa Angle -luokituksen mukaan kolmeen luokkaan: I, II ja III. Lisäksi purentavirheet voidaan jakaa rakenteellisiksi ja toiminnallisiksi. Purentavirhe on dentaalinen, jos virhe on hammaskaarella ja luustollinen, mikäli se johtuu ylä- ja alaleuan luustollisesta epäsuhdasta. Luustollinen epäsuhta aiheuttaa useimmiten sagittaalisen tai transversaalisen purentavirheen. (Proffit ym. 2013)

Kapeaan ylähammaskaareen liittyy usein sivualueen ristipurenta, ylähammaskaaren ahtaus sekä kapea nenäontelo. Yläleukaa ja ylähammaskaarta voidaan levittää monin eri menetelmin. *Rapid Maxillary Expansion* (RME) sekä QH eli Quad Helix ovat yleisimmin käytetyt tekniikat yläleuan ja ylähammaskaaren levityksessä. Oikomiskoje voidaan kiinnittää luuhun (bone-borne) tai hampaistoon (tooth-borne). (Lagravère 2011) Luustoankkuroituihin kojeisiin kuuluvat esimerkiksi miniruuvikiinnitteiset kojeet. Luuhun kiinnitettävät oikomiskojeet eivät ole niin laajalti käytössä kuin hampaistoon kiinnitettävät kojeet. Luustoankkuroiduilla tai luusto-hammasankkuroiduilla (nk. hybridi) kojeilla on havaittu olevan jonkin verran etuja verrattuna pelkästään hampaistoon kiinnitettäviin kojeisiin. Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa ja meta-analyysissä havaittiin, että luustoankkuroitujen kojeiden yhteydessä yläleuan keskisauma aukesi keskimääräisesti enemmän, havaittiin vähemmän hampaiden juurien epätoivottua kallistumista ja nenäontelossa kulkevan ilman resistenssi pieneni. (Krüsi ym. 2019)



Kuva 1: A: Hampaistoon kiinnitetty oikomiskoje. B: Palatinaali-implantti. (Proffit ym. 2013)



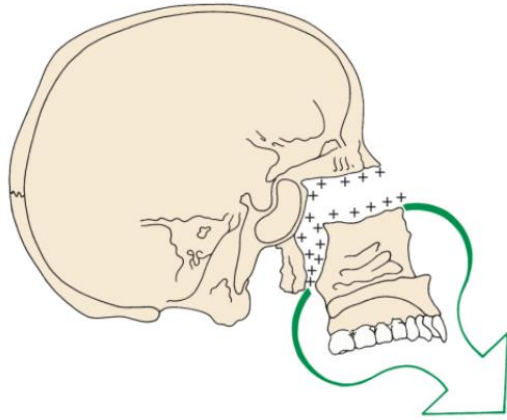
Kuva 2: Miniruuvi kiinniteinen oikomiskoje. (Nojima ym. 2018)

Tämän kirjallisuuskatsaus käsittelee miniruuvi kiinnitteisten kojeiden käyttöä yläleuan ja ylähammaskaaren levittämisessä. Tarkastelemme erityisesti miniruuvi kiinnitteisten kojeiden etuja ja haittoja eri ikäisillä. Lisäksi vertailemme niiden toimivuutta perinteisiin hampaistokiinnitteisiin kojeisiin. Käsiteltäviä artikkeleita haettiin PubMed tietokannasta hakulausekkeella: (maxilla\* OR "Maxilla" [Mesh] OR palate OR palatal OR midpalatal) AND (expansion OR expander\* OR Palatal Expansion Technique [Mesh]) AND (miniscrew\* OR bone-borne OR tooth-borne OR skeletal OR dentoalveolar OR tooth-bone-borne OR mini-implant OR microimplant). Lisäksi etsimme PubMed tietokannasta muitakin miniruuveja käsitteleviä artikkeleita. Käsitelimme vuosina 2012-2020 julkaistuja artikkeleita sekä merkittäviä aiheeseen liittyviä julkaisuja tätä ennen.

## 2. YLÄLEUAN JA YLÄHAMMASKAAREN KASVU JA KEHITYS

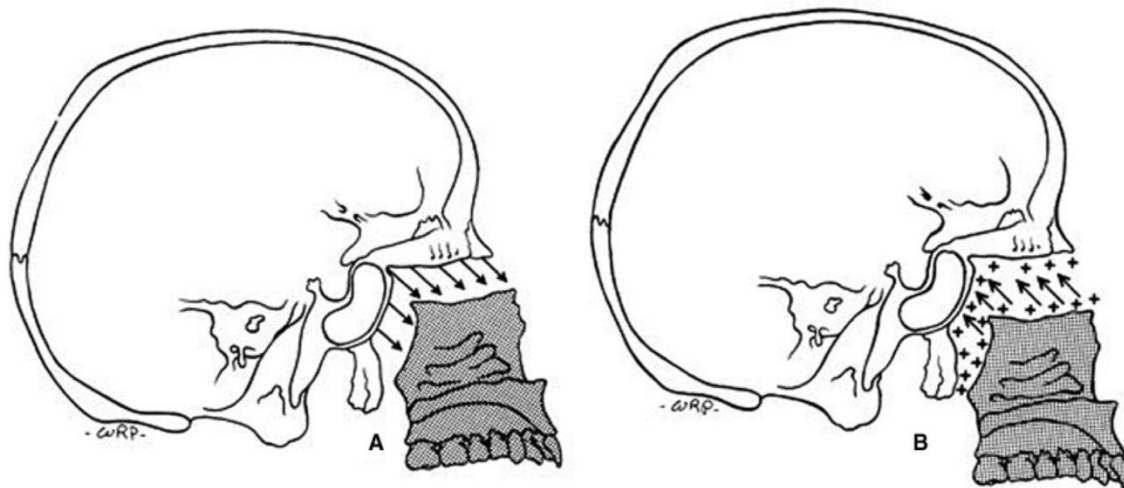
Yläleuka on kaksiosainen luu, jonka osia yhdistää keskisauma. Yläleuan osat kiinnittyvät kallonpohjaan suturoiden eli luusaumojen avulla. Yläleuassa kasvua tapahtuu välittömän luutumisen avulla. Kasvua ilmenee kahdella tavalla: apposiitiolla saumoissa, jotka yhdistävät yläleuan kallonpohjaan sekä luun pinnalla, jossa muodostuu uutta luuta. Kasvun aikana yläleuka liikkuu alas eteenpäin suhteessa kallonpohjaan. Uutta luuta muodostuu sekä kallonpohjassa, että yläleuan suturoissa. Suturoissa tapahtuva kasvu muuttaa yläleuan muotoa. Kallonpohjan luissa tapahtuva kasvu siirtää yläleukaa eteenpäin ja tämä on merkittävin tekijä yläleuan kasvussa alas ja eteenpäin. Keskimäärin seitsemään ikävuoteen mennessä kallonpohjan kasvu pysähtyy ja tämän

jälkeen yläleuan kasvu tapahtuu pelkästään yläleuan suturoissa. Suturoissa eli luusaumoissa kasvua tapahtuu sauman molemmin puolin. Kun yläleuka siirtyy kasvun aikana eteenpäin, sen etuosassa tapahtuu luun hajoamista ja näin luun muoto muuttuu. (Proffit ym. 2013)



**FIGURE 2-27** As growth of surrounding soft tissues translates the maxilla downward and forward, opening up space at its superior and posterior sutural attachments, new bone is added on both sides of the sutures. (Redrawn from Enlow DH, Hans MG. *Essentials of Facial Growth*. Philadelphia: WB Saunders; 1996.)

Kuva: Proffit ym. 2013.



**Figure 1.6** Illustrates the displacement of the nasomaxillary complex downward and forwards (A) with upward and backward (B) remodelling.

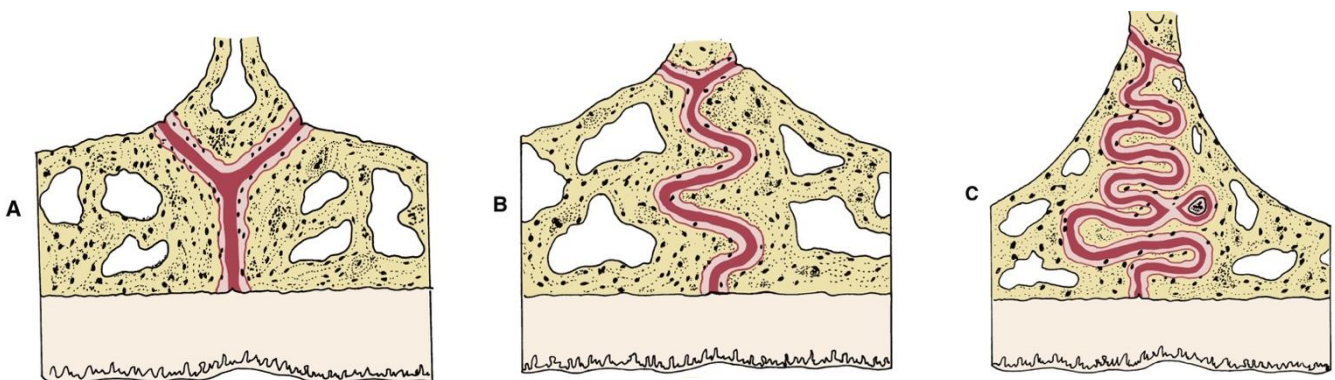
Kuva: Gill ym. 2011.

## 2.1 Yläleuan keskisauman luutuminen

Ihmisen kasvun myötä yläleuan keskisauma alkaa hiljalleen luutua, minkä jälkeen yläleuan leveyskasvua ei enää tapahdu. Mitä vanhemmaksi ihminen tulee, sitä jäykemmäksi yläleuan keskisauma muuttuu. (Proffit ym. 2013) Yläleuan keskisauman luutuminen ajoittuu teini-ikään, mutta iän ja sukupuolen välillä on havaittu vaihtelua. (Angelieri ym. 2013) Tämän yksilöllisen vaihtelun selvittäminen on olennaista, sillä se vaikuttaa oikomismenetelmän valintaan. (Proffit ym. 2013)

Yläleuan keskisauman luutuessa tähtimäisiä luusaarekkeitä alkaa muodostua ja niiden määrä kasvaa luutumisen edetessä. Luutuvat alueet muodostavat lähekkäin olevia simpukkamaisia saarekkeitä, joita yhdistää sidekudos. Luutuminen alkaa keskisauman takaosasta ulottuen myöhemmin etuosaan. (Persson ym. 1977)

Melsen (1975) tutki ruumiinavauksissa kuusikymmentä yläleuasta otettua kudospäytettä, 0-18 vuotiailta ihmisiltä. Näytteistä tutkittiin luun kasvuaktiivisuutta yläleuan keskisauman eri osissa histologisesti sekä mikroröntgenkuvista. 13-14 vuoden ikäisillä yläleuan keskisauma alkoi muuttua lyhyemmäksi sekä aaltomaiseksi ja osien välinen sidekudosalue kaventui. 15. ikävuoden jälkeen tytöillä sekä 17. ikävuoden jälkeen pojilla keskisauma koostui kapeasta sidekudosalueesta sekä inaktiivisista osteoblasteista. Tutkimuksen perusteella arvioitiin, että yläleuan transversaalinen kasvu jatkuu arviolta 16-vuotiaaksi asti tytöillä ja 18-vuotiaaksi asti pojilla. Tutkimuksen mukaan yläleuan kehitysaste jaettiin kolmeen eri vaiheeseen, alla olevien kuvien mukaan.



Kuva 2: (Proffit ym. 2013, uudelleenpiirretty Melsen 1975 artikkelista)

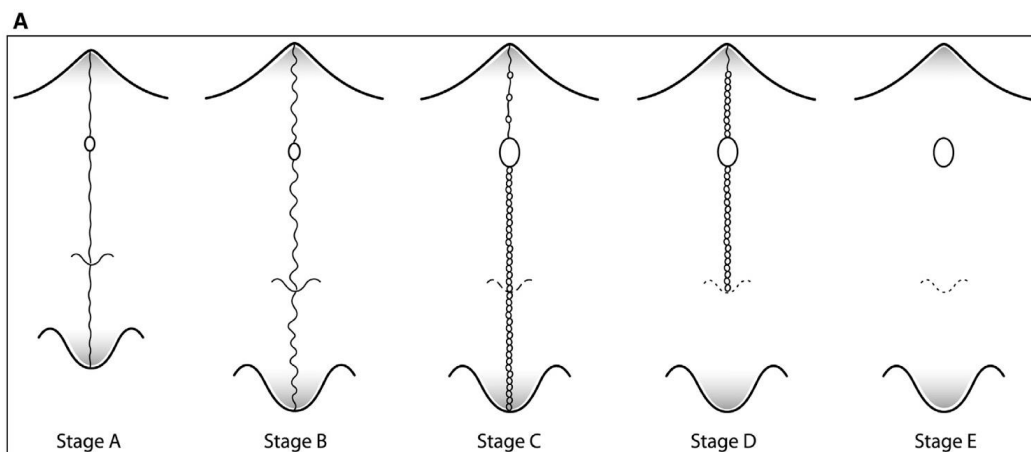


A: Varhaislapsuudessa keskisauma on lyhyt ja Y:n muotoinen.

B: Lapsuuden aikana keskisauma ei enää ole suora, vaan siihen muodostuu saarekkeita.

C: Varhaisessa teini-iässä keskisaumaan muodostuu yhä enemmän saarekkeita ja se alkaa pikkuhiljaa luutua kokonaan.

Yläleuan keskisauman luutumisen astetta on aiemmin tutkittu röntgenkuvista, mutta näitä tutkimuksia ei voida pitää luotettavina, sillä keskisauman kuvautumista hankaloittavat keskikasvojen luiset rakenteet. Angelieri ym. (2013) käyttivät tutkimuksessaan kartiokeilatietokonetomografiaa (KKTT), jolloin saadaan kolmiulotteinen kuva kasvojen rakenteista. KKTT-kuvantamisella saadaan tarkempi kuva keskisauman rakenteesta kuin natiiviröntgenkuvauksella. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää yläleuan keskisauman kehitysaste eri ikäisillä ihmisillä. Tutkimuksessa kuvattiin 140 potilasta, joiden iät vaihtelivat 5-58 vuoden välillä. Potilaista otetut KKTT -kuvat analysoitiin Invivo5 -teknologian avulla, jolla arvioitiin keskisauman luutumisen astetta radiologisten merkkien perusteella. Tulosten perusteella keskisauman kehitysaste pystyttiin jakamaan viiteen eri vaiheeseen; A-E. Vaiheessa A ei havaita juurikaan luutumista, vaiheessa B havaitaan jonkin verran simpukkamaisia saarekkeita ja vaiheessa C havaitaan osittaista luiden kiinnittymistä toisiinsa. Vaiheessa D ei ollut enää havaittavissa keskisaumaa ja luutuminen oli täydellistä palatinaaliluussa. Vaiheessa E koko yläleuka oli täysin luutunut yhteen. Yläleuan luutumisen astetta verrattiin potilaiden kronologisiin ikin ja havaittiin suurta vaihtelua keskisauman luutumisen asteessa eri ikäisillä. Lisäksi eri sukupuolien välillä havaittiin vaihtelua. 14-18 vuotiaista tytöistä 57.9% olivat vaiheessa D tai E, pojista vain 23% olivat saavuttaneet vaiheen D eikä yksikään ollut vaiheessa E.



Kuva: Yläleuan luutumisen eri vaiheet. (Angelieri ym. 2013.)

Tutkimus osoittaa sen, että pelkästään potilaan iän perusteella ei voida tehdä päätelmiä yläleuan keskisauman kehitystasosta. Tämä tieto on otettava huomioon yläleuan levitystä suunniteltaessa.

### 3 KAPEAN YLÄHAMMASKAAREN LEVITYS PERINTEISESSÄ OIKOMISHOIDOSSA

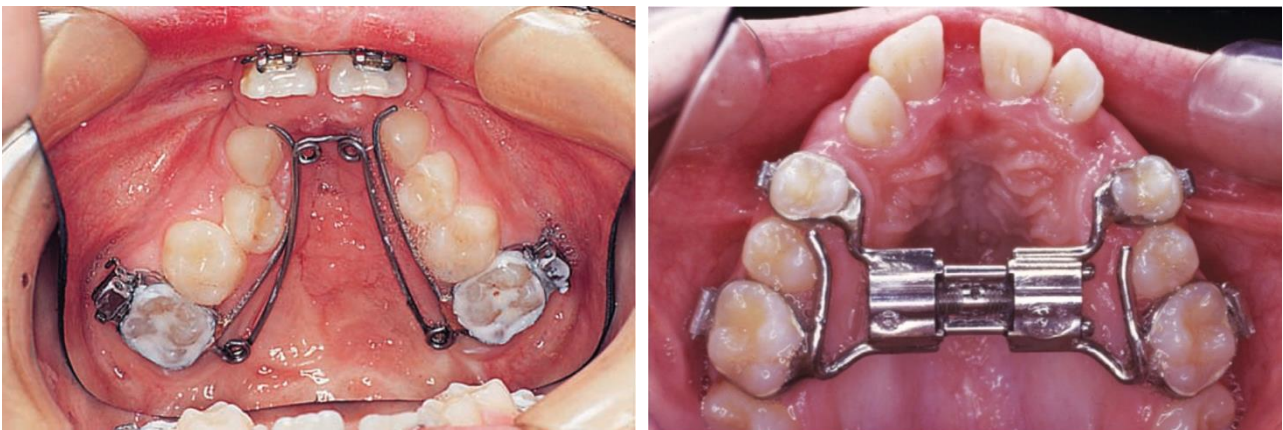
Kapea ylähammaskaari on yhdistettävissä useisiin purentavirheisiin, kuten sivualueen ristipurentaan ja ylähammaskaaren ahtauteen. (Lagravère ym. 2011) Hoitoa suunniteltaessa on tärkeää selvittää, johtuuko purentavirhe hampaistollisesta vai luustollisesta epäsuhdasta, vai näiden yhdistelmästä (Mitchell 2013). Lisäksi kipsimalleja tutkimalla voidaan arvioida ylä- ja alaleuan alveoliharjanteiden leveysuhteita.

Mikäli purentavirhe johtuu luustollisesta epäsuhdasta, tulee yläleukaa levittää luustollisesti. Tällöin tulee arvioida, onko potilaan yläleuan keskisauma luutunut vai ei. Tämä tulee ottaa huomioon, kun suunnitellaan oikomishoidossa tarvittavia voimia. Mitä interdigoituneempi yläleuan keskisauma on, sitä enemmän voimaa tarvitaan sen avaamiseksi. (Proffit 2013)

Oikomiskoje ankkuroidaan useimmiten hampaisiin. Yläleuan levityskoje voidaan kiinnittää hampaisiin esimerkiksi renkailla tai akryylisillä sidostettavilla levityskojeilla. Nämä sementoidaan hampaan pintaan kiinni väliaikaisesti. Hammasankkurointia suunnitellessa voidaan jokaiselle hampaalle arvioida sen ankkurointiarvo. Ankkurointiarvo arvioidaan hampaan juuren tai juurien pinta-alasta. Mitä suurempi arvo on, sitä vahvemman ankkurin hammas tarvitsee, että sitä voidaan liikuttaa halutulla tavalla. Hammasankkurina voi toimia yksi tai useampi hammas. (Mitchell 2013) Pohjoismaissa yläleuan levitykseen käytetään varhaisoidossa (alle 10-vuotiailla) yleisesti Quad Helix kojetta, jossa ankkureina toimivat renkaat kuutoshampailla. *Rapid Maxillary Expansion* (RME) on yleisesti käytetty oikomismuoto, jolla yläleukaa voidaan pyrkiä levittämään luustollisesti tämän jälkeenkin. Perinteisesti RME kojeessa käytetään yleisesti 4 renkaan ankkurointia. Usein luustollisten muutosten lisäksi myös hampaiston muutokset ovat väistämättömiä. Mikäli keskisauma on luutunut, voidaan aikuisilla käyttää kirurgisavusteista RME:tä. Tällöin yläleuan keskisauma avataan kirurgisesti ennen kojeen käyttöä. (Bishara ja Staley 1987, Proffit ym. 2013)

### 3.1 Yläleuan levitys hampaistoankkuroiduilla kojeilla

Ensimmäisen vaihdunnan aikana yläleuan keskisauma ei ole vielä luutunut, jolloin ei tarvita niin paljon voimaa yläleuan levittämiseksi. Lapsilla yläleukaa voidaan levittää hitaasti (1mm/vko) tai nopeasti (jopa 0.5mm/vrk). Hitaasti yläleukaa levittäviä laitteita on esimerkiksi Quad-helix. Nopeasti yläleukaa levitetään RME-kojeilla. Molemmilla tekniikoilla päästään suunnilleen samankaltaisiin tuloksiin pitkällä aikavälillä. (Proffit ym. 2013)



Kuva: QuadHelix oikomiskoje. (Mitchell 2013) Hampaistoon kiinnitetty RME-oikomiskoje. (Proffit 2013)

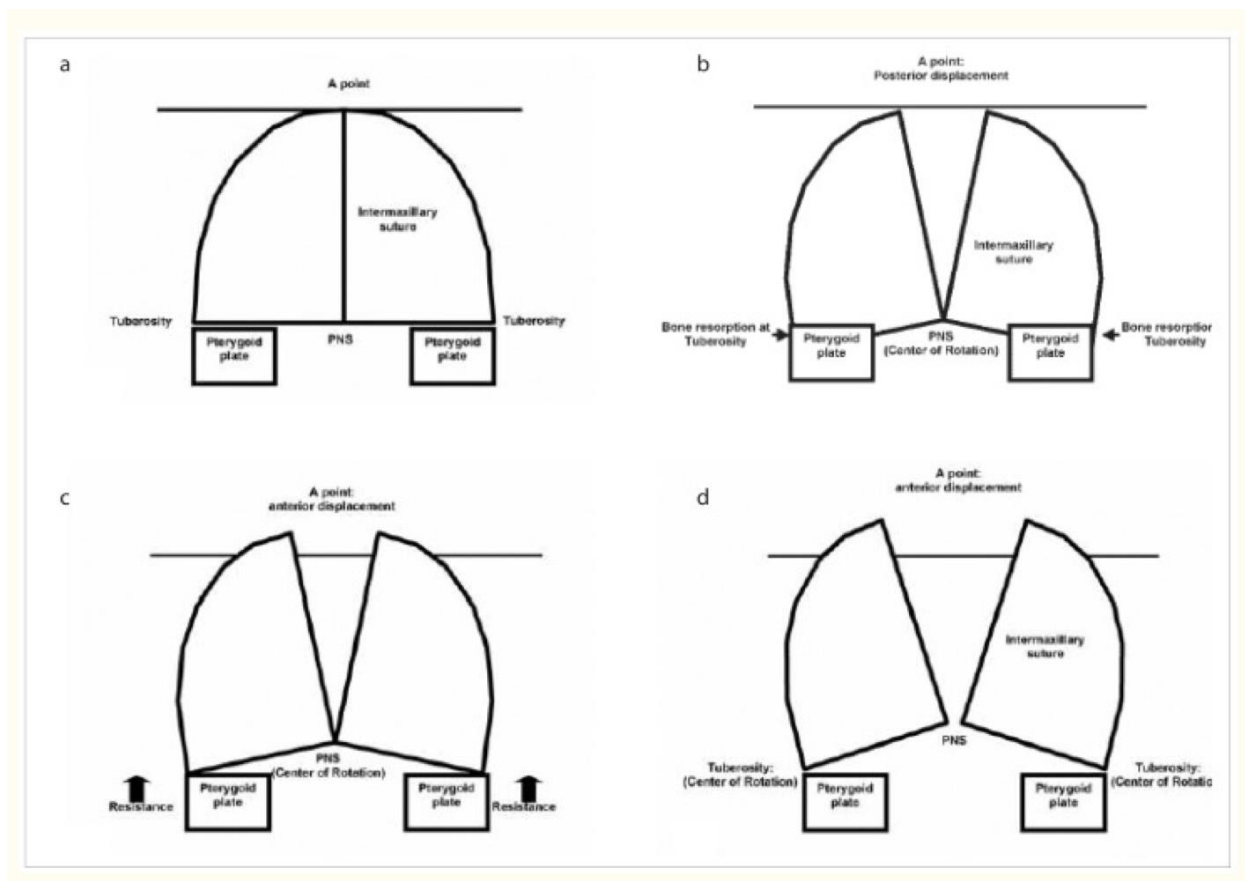
Cannavale ym. (2018) meta-analyysissä analysoitiin potilaita, joille oli tehty nopea yläleuan levitys. Potilaiden keski-ikä hoidon alkaessa oli 9.2 vuotta. Tutkimuksessa todettiin yläleuan levityksen olevan yhtä suurta suulaen taka- ja etuosassa nuorilla potilailla. Iän myötä suulaen etuosan levitys väheni jopa puoleen takaosaan verrattuna, 15 vuoden iässä. Tämä osoittaa sen, että hampaistoankkuroidut oikomiskojeet soveltuvat yläleuan levitykseen kasvuikäisillä lapsilla, mutta kasvuiän jälkeen sen luustolliset vaikutukset vähenevät.

#### 3.1.1 Alt-RAMEC

Alt-RAMEC on Eric Lioun vuonna 2005 kehittämä yläleuan levitysmenetelmä. Alt-RAMEC menetelmässä RME-kojetta avataan ja suljetaan vuoroviikoin. Tekniikan tarkoituksena on vähentää epätoivottuja dentoalveolaarisia vaikutuksia ja lisätä luustollisia vaikutuksia. (Büyükcavuş 2019)

Alt-RAMEC hoito kestää 7-9 viikkoa. Hoitajakson ensimmäisellä viikolla RME-kojetta avataan joka päivä 1mm. Toisella viikolla kojetta suljetaan 1mm päivässä ja kolmannella viikolla taas avataan. Näin jatketaan yhdeksän viikon ajan. Tekniikka mahdollistaa yläleuan keskisauman liikkuvuuden ilman liiallista levitystä. Alt-RAMEC tekniikkaa on käytetty III-luokan purentavirheiden hoidossa onnistuneesti. (Büyükcavuş 2019)

Liou ja Tsai (2005) vertailivat Alt-RAMEC ja perinteisen RME-hoidon läpikäyneitä, III-luokan purentavirhepotilaita, joilla kaikilla hoitoa jatkettiin kasvomaskin avulla. Alt-RAMEC hoidon läpikäyneillä potilailla yläleuka siirtyi enemmän eteen eikä yläleuassa havaittu resorptiota. (Liou ja Tsai 2005) Tällä tekniikalla saadaan aikaan enemmän liikkuvuutta suturoihin ja luisten rakenteiden, kuten sphenoidaaliluun, vastustus vähenee. (Büyükcavuş 2019)

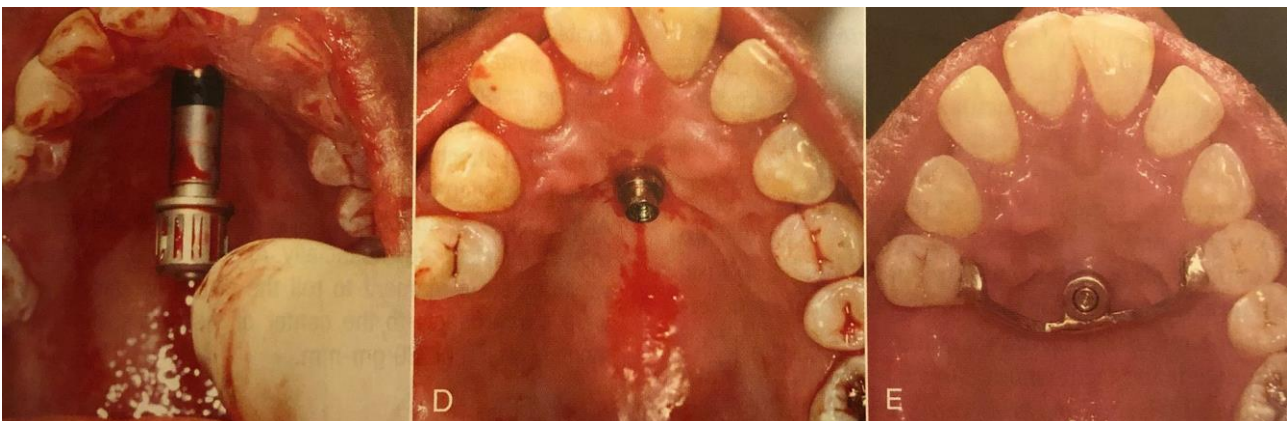


(a) Ennen RME:tä. (b) RME-hoidon jälkeen yläleuka on siirtynyt taaksepäin. (c) RME-hoidon jälkeen yläleuka siirtynyt hieman eteenpäin. (d) Alt-RAMEC hoidon jälkeen yläleuka on avautunut PNS-pisteen kohdalta ja siirtynyt eteenpäin.

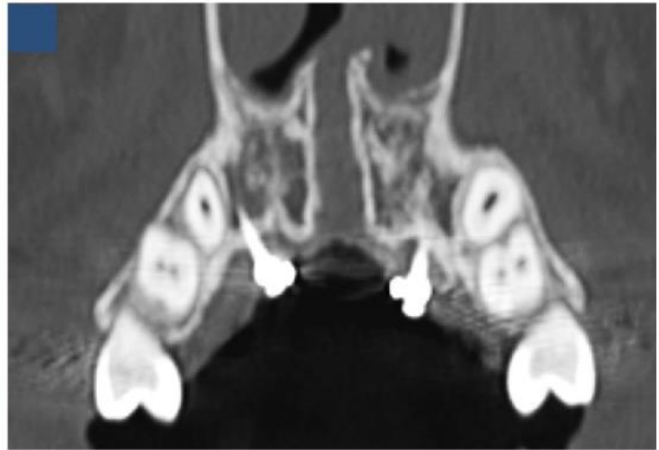
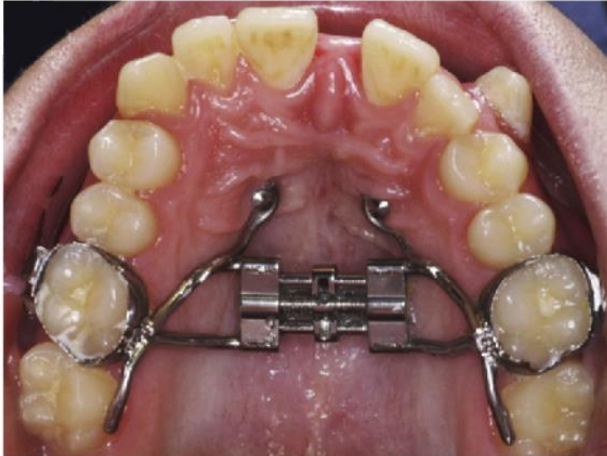
#### 4. LUUSTOLLISET ANKKURIT

Newtonin III:n lain mukaan kappaleeseen vaikuttavalla voimalla täytyy olla samanaikaisesti vastakkaissuuntainen, yhtä suuri voima. Tästä johtuen oioittaessa tapahtuu aina vastareaktioita myös muualla kuin siirrettävissä hampaissa. Ankkuroinnilla tarkoitetaan epätoivotun hampaiden liikkeen vastustamista. Kaikki hampaan siirtäminen vaatii ankkurointia. Tavoitteena on maksimoida halutut hampaiden liikkeet ja minimoida epätoivotut vaikutukset. (Proffit ym. 2000)

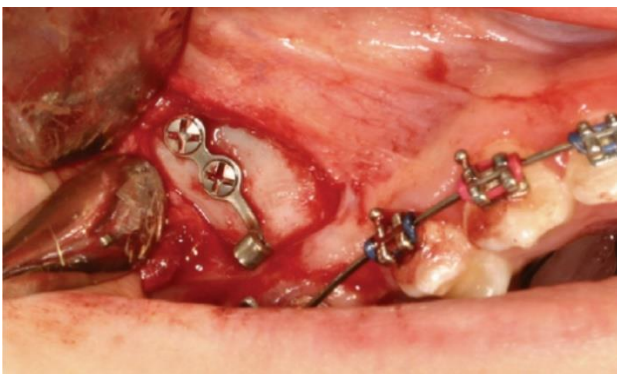
Perinteisesti ankkuroinnissa on käytetty hampaistoa tai ekstraoraalisia kojeita. 1990-luvulla tuli markkinoille ensimmäisiä ankkureina toimivia luuhun kiinnitettäviä implantteja, eli luustollisia ankkureita, joita on kehitetty vuosien mittaan entistä vähemmän invasiivisiksi. Vuosituhannen vaihteen jälkeen laaja valikoima erilaisia ortodonttisia miniruuveja on tullut markkinoille ja näitä käytetään nykyään valtaosassa ortodonttisissa luustoankkuroiduissa menetelmissä. Miniruuvit tukeutuvat ensisijaisesti mekaanisen retentioon, eikä implantin luutumiseen. Ortodonttiset implantit eivät enää ole yleisessä käytössä, ja usealla miniruuveilla kiinnitettävien minilevyjen invasiivisuus rajaa niiden käytön ortopedisiin vetoihin, kuten III-luokan purennan hoitoon. (Cousley 2013) Luuhun kiinnitettävät ankkurointilaitteet ovatkin nostaneet suosiotaan. Luustollisten ankkureiden käyttäminen ei vaadi potilaan yhteistyötä, kuten usein suun ulkoinen veto, ja niiden avulla voidaan laajentaa oikomishoidon mahdollisuuksia sekä poistaa epätoivotut ankkurihampaiden siirtymiset. (Männchen 2010, Proffit ym. 2013) Koska tukea ei oteta hampaista, voidaan luustollisia ankkureita käyttää myös potilailla, joilla on esim. hampaiden puutoksia tai impaktoituneita hampaita. (Proffit ym. 2013)



Kuvasarja: palatinaali-implantin asettaminen. (Proffit ym. 2013)



Kuvat: Miniruuvit paikoillaan. (Chane-Fane ja Darqué 2015)



Kuva: Minilevy (Proffit ym. 2013)

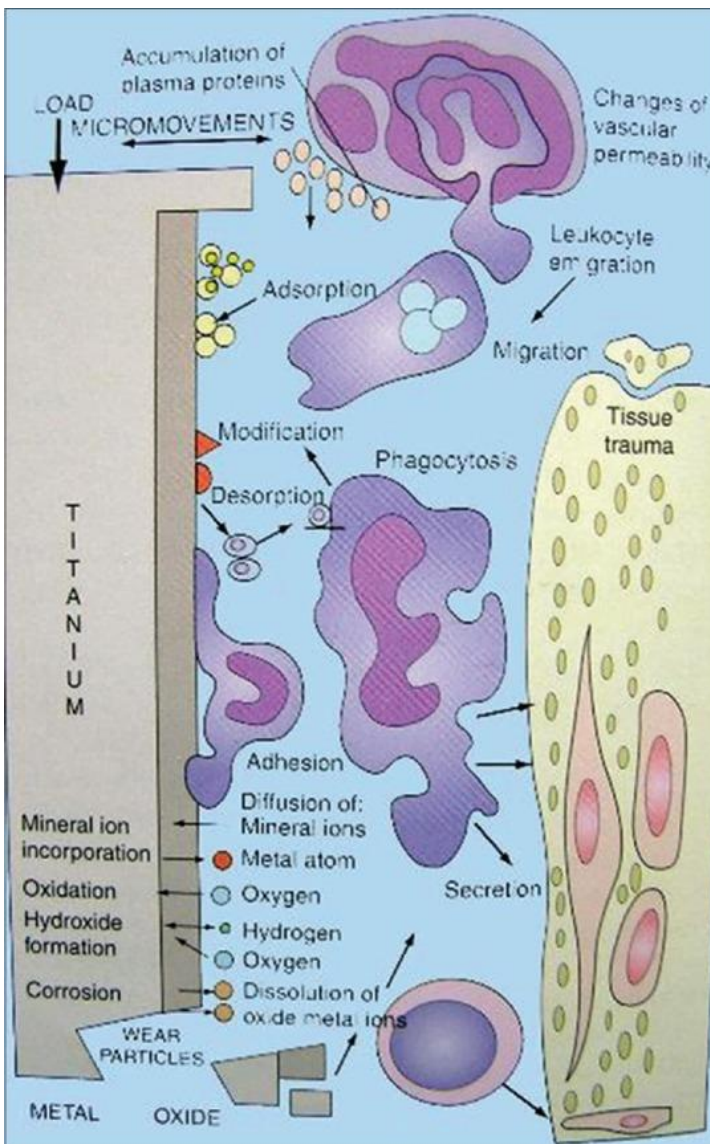
Skeletaaliset Luustolliset ankkurit voidaan jakaa kiinnittymismekanismiin mukaan osseointegroituviin ja ei-osseointegroituviin. Mikäli tarvetta implantille oikomishoidon jälkeen ei ole, on osseointegraatio lähinnä epätoivottua. Integroidun implantin poisto voi olla vaikea kirurginen toimenpide, joka on paljon hankalampaa kuin irtiruuvattavien luuruuvien poisto. Luuruuvit kestävät hyvin kuormituksen, joita hampaiden liikutukseen vaadittavat voimat aiheuttavat. (Proffit ym. 2013)

#### 4.1 Osseointegraatio

Osseointegraation esitteli käsitteenä Per-Ingvar Branemark jo vuonna 1969. Mekanismissa luu kasvaa tiiviisti kiinni implantin pintaan ja muodostaa näin suoran liitoksen luun ja implantin välille. Osseointegraation saa aikaan happi, jota muodostuu titaanista valmistetun implantin pinnalle titaanin hapettumisen seurauksena. Mekanismi on samanlainen kuin tavallisessa luun paranemisessa. (Jayesh ja Dhinakarsamy, 2015)

*A direct structural and functional connection between ordered living bone and the surface of the load – covering implant.*

Branemark 1969



Kuva: Osseointegraatio (Jayesh ja Dhinakarsamy, 2015)

Osseointegroituvia eli luutuvia ankkureita ovat hammasimplantit sekä palatinaali-implantit. Luutumisessa kestää aikansa, joten niitä on suositeltu kuormitettavan aikaisintaan 6-8 vkon kuluttua asettamisesta. (Männchen 2010) Joissain tutkimuksissa palatinaali-implantteja on kuormitettu vasta 3 kuukauden paranemisen jälkeen. (Wehrbein ym)

Ei-osseointegroituivat ankkurit, kuten mini- ja mikroruuvit sekä minilevyt, ovat valmiita kuormitukselle välittömästi asettamisesta. Ne kiinnittyvät luuhun mekaanisen retention, esimerkiksi kierteiden, avulla. Tämän ominaisuuden takia niitä on mahdollista kuormittaa välittömästi. Suurin osa miniruuveista on tehty titaanista tai titaaneoksesta, ja myös niiden on havaittu muodostavan leukaluun kanssa vaihtelevia määriä kiinnittymistä, mutta tätä ei voida kuitenkaan kutsua osseointegraatioksi. (Cousley 2013)

#### 4.2 Palatinaali-implantit

Palatinaali-implantti on osseointegroituva, väliaikainen oikomisessa käytetty ankkuri. 1990-luvulla ortodonttisia implantteja alettiin kehittää muokkaamalla hammasimplanttien muotoilua lyhyemmäksi ja leveämmäksi, kuitenkin säilyttäen ominaisuudet, joilla saatiin aikaan tärkeä osseointegraatio implantin ja luun välille. (Cousley 2013)

Suulaen implantti on osoittautunut stabiiliksi ja luotettavaksi absoluuttiseksi ankkurointilaitteeksi. Sitä voidaan suositella käytettävän oikomishoidossa, kun tarvitaan suuria hampaiden siirtoja tai koko ylähammaskaarta koskevia siirtoja. (Männchen 2010)

Palatinaali-implantti on siis vahva ankkuri, jonka avulla onnistuu II-luokan purennan hoito, ja kulmahampaiden ja inkisiivien distalisointi. (Wehrbein ym. 1996, Wehrbein ym. 1999)

Palatinaali-implantin osseointegraatiolla todettiin hyvä onnistumisprosentti (95,7 %), ja implantti näyttäisi kestävän pitkäaikaisen kuormituksen ja voimavektorien muuttumisen hoidon aikana. (Männchen, Schätzle 2008)



### 4.3 Minilevyt

Minilevyt ovat luuhun runko-osastaan usealla ruuvilla kiinnitettäviä titaanisia rakenteita, josta vain pieni varsi läpäisee limakalvon ja ulottuu suuhun. Ne kiinnitetään yleensä zygomattisen kaaren kantaosaan, mutta voidaan myös käyttää muualla. Indikaatioita on mm. koko ylä- tai alahammaskaaren distalisaatio ja sekä anterioristen että posterioristen hampaiden intruusio. Minilevyjen asettamistekniikka on haastavampaa kuin pelkkien ruuvien, koska asettaminen ja poisto vaatii flap-leikkauksen. Levyjä on erimallisia (T, Y, I, L) ja kokoisia riippuen käyttötarkoituksesta ja kiinnitykseen käytettävien ruuvien lukumäärä voi vaihdella. (Proffit ym. 2013)

Minilevyjen avulla voidaan käyttää suurempia voimia oikomishoidossa, kuin pelkillä miniruuveilla, koska levy on kiinni useammalla ruuvilla ja kiinnitetään yleensä alueelle, jossa on tiheämpää luuta. Minilevyt eivät kuitenkaan sovellu yläleuan ja ylähammaskaaren levitykseen. (Proffit ym. 2013)

### 4.4 Miniruuvikiinnitteiset kojeet

Markkinoilla on lukuisia erilaisia, eri valmistajien mini-implantteja, joten terminologia on haastavaa. Yleistermillä mini-implantti tarkoitetaan pääsääntöisesti sekä mini- että mikroruuveja. (Cousley 2013) Suomessa yleisin käytetty termi on miniruuvi. Miniruuvien tullessa markkinoille ruuvit valmistettiin teräksestä, mutta nykyään on siirrytty titaani- tai titaaniseoksista valmistettuihin ruuveihin, hyödyntääkseen titaanin paremman biokompatibiliteetin. Miniruuvit ovat palatinaali-implantteja pienempiä, pituus vaihtelee yleensä 6.0-10.0mm välillä ja halkaisija välillä 1.3-2.0mm. (Proffit ym. 2013)

Miniruuvit kiinnittyvät pääasiassa mekaanisen retention avulla (Cousley 2013). Histologiset tutkimukset ovat osoittaneet vaihtelevia tuloksia luun ja implantin välille muodostuvista liitoksista (bone-implant contact, BIC), mutta tätä on kuitenkin virheellistä kutsua osseointegraatioksi. Miniruuveja voidaan alkaa kuormittaa välittömästi asettamisen jälkeen, koska luun paranemista ja osseointegraatiota ei tarvitse odottaa. (Serra ym. 2010, Vannet ym. 2007) Tämä on merkittävä etu verrattuna palatinaali-implantteihin, eikä sillä näyttäisi olevan vaikutusta miniruuvien pysyvyyteen. (Luzi ym. 2007)

Vaikka miniruuvi on väliaikainen ankkuri, on sen yleisesti määritelty pysyvän vakaana vähintään 6 kuukautta, vaikkakin myös monet julkaisut pitävät 1 vuotta minimi kestoajana. (Cousley 2013)

Miniruuvit voidaan asettaa useimmiten pelkässä paikallispuudutuksessa. Asettaminen on helppoa, vaikka niin kuin valitettavasti kaikissa kliinisissä tekniikoissa, myös miniruuvi onnistumisprosentti paranee kliinisen kokemuksen karttuessa. Kiinnittäessä tulisi huomioida tulevan ortodonttisen hoidon luonne, sekä anatomian variaatiot tutkimalla erikseen jokaisen potilaan röntgenkuvia ja kliinistä näkymää. Näin valitaan miniruuvin ideaali kiinnityskohta ja -kulma. (Cousley 2013)

Miniruuvi on etujana atraumaattinen ja helppo asettaa sekä poistaa. Kyky kestää välitöntä kuormittamista tuo oman helpotuksensa oikomiseen. Miniruuvit ovat lisäksi melko vahvoja ja kohtuullisen hintaisia. Osseointegraation puutteesta johtuen ne eivät kuitenkaan yleensä sovi pitempiaikaiseen käyttöön, vaan on poistettava oikomishoidon päätyttyä. (Orlikova ym. 2012)

#### 4.5 Miniruuvi asettaminen

Miniruuvi asettamiselle on esitetty viisi huomioonotettavaa kohtaa:

1. Valitse optimaalinen asettamisalue.
2. Vältä suoraa kontaktia juurien ja implantin välillä.
3. Vältä sijoittamasta implanttia hampaiden suunnitellulle liikkumisreitille.
4. Käytä kaksoisimplantteja välttääksesi implanttien kallistumista ja kiertymistäipumusta.
5. Käytä implantteja, joilla on riittävä halkaisija ja pituus.

(Wilmes ym. 2016)

Kliinikon tulisi helposti pystyä tunnistamaan optimaalinen sijoitusalue yläleuassa. Arvioitavia kohtia ovat käytettävissä oleva luutilavuus, pehmytkudosten paksuus, ja eri rakenteiden, kuten verisuonten, juurten ja hermojen, sijainti. (Wilmes ym. 2016) Miniruuvi optimaalista paksuutta ja pituutta on tutkittu melko kattavasti. Ankkurin pysyvyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa kortikaalisen luun tiheys ja ruuvin asettamissyvyys (Ichinohe ym. 2018).

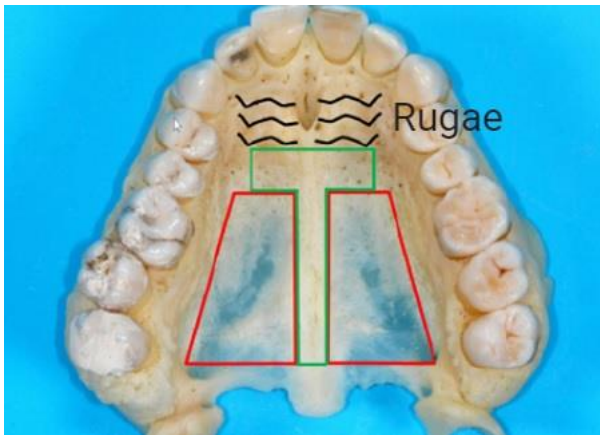
Yleisesti miniruuviin pisyvyys on todettu hyväksi (89,1 %) kolmen vuoden tarkastelujakson aikana. Vertailussa palatinaalisesti asetettujen miniruuviin pisyvyys oli lähestulkoon varma (98,4 %), kun taas bukkalisesti juurien väliin asetetuilla vain 71 %. (Hourfar ym. 2017b)

Luun paksuus kovassa suulaessa vaihtelee paljolti eri kohdissa. Hourfarin ja kumppanien tekemän tutkimuksen mukaan luun kokonaispaksuus vaihteli välillä 1.51 ja 13.86 mm, ja kortikaaliluun paksuus oli 0.33-1.65 mm. Luu oli selkeästi paksumpaa kovan suulaen anteriorisimmissa osissa, ja väheni merkittävästi posteriorisuuntaan. Analyysin mukaan paksuin kohta on kovan suulaen etuosassa, joka vastasi kolmannen eli distaalimman palatinaalisen poimun paikkaa. Nämä poimut ovat vakaa ja kliinisesti tunnistettava maamerkki miniruuviin kiinnitykselle. (Hourfar ym. 2015a) Poimun sijainti pysyy hoidon aikana muuttumattomana ja vakaana, kuten myös luun määrä tällä alueella. (Hourfar ym. 2015a) Henkilöillä, joilla on tavallista lyhyempi yläleuka, on myös muuten vähemmän luukudosta käytettävissä. Kuitenkin kolmannen suulaen poimun kohdalla luusvyvyys oli lähes sama normaaleissa ja lyhyissä yläleuoissa, ja pituudeltaan 8 mm miniruuveja voidaan ongelmitta käyttää kyseisellä alueella poikittain asetettuna. (Hourfar ym. 2017a)



Kuva: Miniruuviin asetettu kolmannen palatinaalisen poimun kohdalle. (Hourfar ym. 2015b)

Wilmes ym. (2016) taas kertovat miniruuviin optimaalista asettamissijaintia käsittelevässä katsauksessa, että paras alue olisi niin kutsuttu t-zone. Se on t-kirjaimen muotoinen alue kovassa suulaessa palatinaalisten poimujen posterioripuolella. Katsauksessa viitataan vuonna 2005 tehtyyn tutkimukseen, jonka mukaan palatinaalisten poimujen alue on vahvan pehmytkudoksen peittämä ja tämän takia yhdistettävissä implanttien keikahtamiseen ja epäonnistumiseen. (Büchter ym. 2005)



Kuva: T-zone (Wilmes ym. 2016)

Miniruuvit voidaan asettaa palatinaalisesti joko mediaanisesti tai paramediaanisesti riippuen käyttötarkoituksesta. Mediaanisesti asetettuja miniruuveja yläleuan levityksessä käytetään, mikäli yläkulmahampaat ovat palatinaalisesti sijoittuneet. Muutoin maxillaa levittäessä paramediaaninen asettaminen on suositellumpaa. (Wilmes ym. 2017)



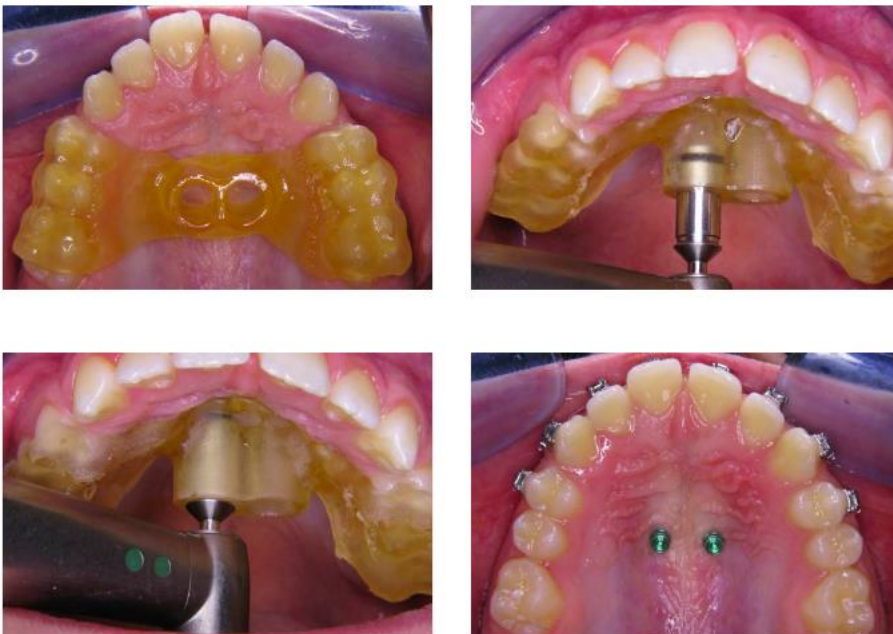
Kuva A: Paramediaanisesti asetetut miniruuvit. Kuva B: Mediaanisesti asetetut miniruuvit. (Wilmes ym. 2017)

Ruuvin vääntövoimalla on huomattu olevan yhteys miniruuvien onnistumisprosenttiin. Suositeltu kiertovoima on 5-10 N/cm. Sekä liian löysälle jätetty, että liian tiukalle kiristetty ruuvi siis lisäävät miniruuvien epäonnistumisriskiä. (Motoyoshi ym. 2006)

Viime vuosina markkinoille on tullut tietokoneohjelmalla suunniteltavia ohjaimia (guide). Ohjaimia käytettäessä miniruuvien asettamisalueen preparointi ja miniruuvien asettaminen on kontrolloidumpaa ja tarkempaa. (Cassetta ym. 2018) Ohjaimet suunnitellaan mallien sekä ktkkuvien perusteella tai pelkästään kipsimallien ja lateraalikallokuvan avulla. Ohjaimia suositellaan

käytettäväksi etenkin potilailla, joilla on riskialtis tai vaikea leuan anatomia. Miniruuviin asettaminen on täsmällisempää käytettäessä ohjaimia kuin manuaalisesti asetettaessa. Poikkeamat suunnitellun ja lopullisen miniruuviin asettamispaikan välillä ovat pienemmät ohjainta käytettäessä. (Bae ym. 2013) Ohjaimia käytettäessä oikomiskoje voidaan valmistaa samanaikaisesti ohjaimen määräämään paikkaan. Tällöin oikomiskoje voidaan asettaa suuhun samalla käynnillä ruuvien asettamisen kanssa.

Myös Suzuki EY ja Suzuki B (2008) vertailivat tutkimuksessaan miniruuviin asettamista 3D kirurgisella ohjaimella, tavanomaisella vaijeriohjaimella ja manuaalisesti ilman ohjainta. 3D-ohjaimella oli merkittävästi pienempi ero suunnitellun ja varsinaisen miniruuviin asemassa ja sijainnissa, ja näin ollen esimerkiksi juurivaurioiden riski pienenee.



Kuva: Forestadent, Accuguide: Insertion guide for orthodontic palatal miniscrews.

## 5. YLÄLEUAN LEVITYS MINIRUUVIKIINNITTEISILLÄ KOJEILLA

Miniruuviikiinnitteisiä kojeita voidaan käyttää esimerkiksi silloin, kun yläleuan keskisauma on interdigitoitunut ja tarvitaan paljon voimaa keskisauman avaamiseksi. Miniruuviikiinnitteisillä kojeilla voima pyritään kohdistamaan suoraan luuhun, jolloin pystytään maksimoimaan luustolliset vaikutukset. Tällöin hampaistokiinnitteiset kojeet eivät ole tarpeeksi vahvoja ankkureita. Nuorilla lapsilla voimaa keskisauman avaamiseksi tarvitaan vähemmän, joten silloin usein riittää

hampaistoankkuroitu koje. (Proffit ym. 2013) Miniruuvikiinnitteisiä kojeita voidaan käyttää myös tapauksissa, jolloin potilaalla ei ole riittävästi hampaita, joita käyttää ankkurina. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi hypodontia tai hampaiden riittämätön kiinnityskudos. (Cousley ym. 2013)

### 5.1 Miniruuvikiinnitteisten kojeiden käyttö kasvuikäisillä

Miniruuvikiinnitteisiä oikomiskojeilla on todettu monia etuja yläleuan levityksessä verrattuna perinteisiin hampaistokiinnitteisiin kojeisiin. Kircelli ym. (2006) käyttivät 11-vuotiaalla potilaalla minilevyjä kasvomaskin kiinnitykseen sekä palatinaaliluuhun kiinnitettäviä ruuveja yläleuan levitykseen. Potilaalla oli ennen hoidon aloitusta vaikea AIII -luokan purentasuhde, johtuen hypoplastisesta yläleuasta. Lisäksi potilas kärsi yläleuan hypodontiasta sekä mikrodontiasta, jolloin hampaistoankkuroitu oikomiskoje ei ollut vaihtoehto. Yläleukaa levitettiin keskisaumasta ja hoidon aikana saavutettiin 7 millimetrin levitys. Tällä hoitomuodolla pyrittiin maksimoimaan luustolliset vaikutukset kohdistamalla oikomisvoimat suoraan luuhun hampaiston sijaan.

Celenk-Koca ym. (2018) vertailivat tutkimuksessaan miniruuvikiinnitteisiä RME-kojeita hampaistokiinnitteisiin kojeisiin nuorilla, joiden keski-ikä oli 13.8 vuotta. 41 potilasta, joilla oli tarve yläleuan levitykselle, jaettiin kahteen ryhmään. Toisella ryhmällä yläleukaa levitettiin miniruuvikiinnitteisellä kojeella ja toisella ryhmällä Hyrax-hampaistokiinnitteisellä kojeella. Keskimääräinen kojeen aktivaatioaika oli 19.7 päivää, jota seurasi retentiovaihe. Potilaista otettiin KKTT -kuvat ennen hoitoa sekä 6 kuukautta hoidon aloituksen jälkeen. Kuvista arvioitiin yläleuan levitystä, nenäontelon leveyttä sekä premolaarien ja molaarien kallistuneisuutta.

Tutkimustulokset osoittivat, että molemmilla ryhmillä saatiin aikaan yläleuan levitystä ja useimmilla potilailla levitys oli suurempaa anteriorisesti kuin posteriorisesti. Merkittäviä eroja kuitenkin havaittiin levityksen määrässä. Miniruuvikiinnitteisellä kojeella havaittiin lähes kolme kertaa enemmän luustollista levitystä, kuin hampaistokiinnitteisellä kojeella. Molemmilla ryhmillä havaittiin bukkaalisen luun menetystä ensimmäisten premolaarien ja molaarien alueella. Luun menetys oli kuitenkin merkittävästi vähäisempää miniruuvikiinnitteisten kojeiden kanssa. Lisäksi miniruuvikiinnitteisillä kojeilla havaittiin merkittävästi vähemmän hampaiden kallistumista. Tutkimuksesta voidaan päätellä, että miniruuvikiinnitteisillä oikomiskojeilla voidaan vähentää epätoivottuja sivuvaikutuksia, kuten hampaiden kallistumista ja maksimoida luustolliset vaikutukset. (Celenk-Koca ym. 2018)

## 5.2 Miniruuviinnitteisten kojeiden käyttö kasvuiän jälkeen

Yläleuan keskisaumaa alkaa luutua teini-iässä ja mitä vanhemmaksi ihminen tulee, sitä jäykempi keskisauma on. Tällöin yläleuan levitys hampaistokiinnitteisillä kojeilla ei välttämättä tule kysymykseen, sillä niillä on huomattu olevan useita sivuvaikutuksia. Hampaistokiinnitteisillä kojeilla epätoivottuja sivuvaikutuksia ovat nuorilla ja aikuisilla hampaiden kallistuminen, juuriresorptio ja marginaalinen luukato. (Park ym. 2017)

Miniruuviinnitteisiä kojeita voidaan käyttää kasvuiän ohittaneilla nuorilla, joilla on tarve yläleuan luustolliselle levitykselle varauksella, sillä aikuispotilailla miniruuviinnitteisten käytöstä ei löytynyt laajaa tutkimustietoa. Vaihtoehtona miniruuviinnitteisille oikomiskojeille on kirurgiset operaatiot, joissa yläleuan keskisauma avataan kirurgisesti. Miniruuviinnitteisillä kojeilla voidaan mahdollisesti vähentää kirurgisten toimenpiteiden tarvetta. (Suzuki ym. 2016)

Useissa tutkimuksissa (Lin ym. 2015, Park ym. 2017) on havaittu hyviä tuloksia miniruuviinnitteisten kojeiden käytössä kasvuiän ohittaneilla potilailla. Kojeilla on saatu aikaan haluttuja luustollisia vaikutuksia sekä vähemmän dentoalveolaarisia epätoivottuja vaikutuksia kuin hampaistoon kiinnitettävillä kojeilla.

Jung Jin Park ym. (2017) tutkivat retrospektiivisessä tutkimuksessaan 19 potilasta, keski-ikä 20.4, joille oli tehty yläleuan levitys miniruuviinnitteisellä kojeella. Kojen sementointiin ensimmäisiin premolaareihin sekä molaareihin ja lisäksi kiinnitettiin neljällä miniruuviinnitteillä palatinaaliluuhun. Potilaista oli KKTT-kuvat ennen hoitoa ja toiset kuvat otettiin keskimäärin 38 päivää yläleuan levityksen jälkeen. Tutkimuksesta rajattiin pois viisi potilasta, joista kolme siitä syystä, että yläleuan levitys ei onnistunut. Yksi potilas rajattiin pois systeemisairausten vuoksi ja yksi aikaisemmin tehdyn oikomishoidon vuoksi. Jäljelle jääneistä 14:sta potilaasta, keski-ikä 20.1, arvioitiin oikomishoidon tuloksia. Keskimääräinen levitysaika potilailla oli 27 päivää ja yläleukaa levitettiin keskimäärin 6.7mm. KKTT-kuvista mitattiin yläleuan ensimmäisten premolaarien välinen etäisyys sekä ensimmäisten molaarien välinen etäisyys, bukkaalisesta/mesiobukkaalisesta kuspista mitattuna. Tutkimuksessa havaittiin dentoalveolaarisia muutoksia sekä luustollisia muutoksia. Kolmen epäonnistuneen levityksen vuoksi koko tutkimuksessa 84.2%:lla tapauksista yläleuan luustollinen levitys oli onnistunut. Tutkimuksessa havaittiin epätoivottuina sivuvaikutuksina bukkaalisen alveoliluun määrän vähenemistä sekä ensimmäisen molaarin bukkaalista kallistumista.

Tutkimuksessa todettiin, että miniruuviavulla yläleuan luustollinen levitys on mahdollista nuorilla aikuisilla, vaikka yläleuan suturat ovat jäykempiä kasvuiän jälkeen. Tutkimuksessa ei pystytty ottamaan kantaa siihen, olisiko perinteisillä hampaistokiinnitteisillä RME -kojeilla päästy samankaltaisiin tuloksiin.

Shin ym. (2019) tutkivat suulaen keskisauma levitystä ennustavia tekijöitä MARPE:n avulla nuorilla aikuisilla (keski-ikä 22,52 vuotta). Mahdollisiksi ennustaviksi tekijöiksi luokiteltiin kronologinen ikä, palatinaalinen leveys ja syvyys, keskisauman kypsymisen vaihe, keskisauman tiheys, SN-MP-kulmaa (indikoi vertikaalista luustollista mallia) ja ANB-kulmaa anteroposterioriseen luustolliseen luokitteluun. Arvot arvioitiin ktt-kuvista ja lateraali kallokuvista. Koko potilasryhmässä ilmeni keskisauman avautumisen määrä korreloi negatiivisesti ikään, suulaen pituuteen, ja keskisauman kypsymisasteeseen.

## 6. MINIRUUVIKIINNITTEISTEN KOJEIDEN ONGELMIA

Miniruuviavien kliinisessä käytössä ja eri tutkimuksissa on tullut esille jonkin verran riskejä ja sivuvaikutuksia. Suurin osa miniruuviavien käyttöön liittyvistä ongelmista on kuitenkin reversiibeilitä, eli palautuvia, ja hoidettavissa olevia. Riskit on kuitenkin otettava huomioon ja niitä vältettävä hoitoa suunniteltaessa, ruuveja kiinnittäessä ja hoidon kuluessa, jotta maksimoidaan hoidon onnistuminen. Lisäksi potilaan informointi mahdollisista ongelmista on tärkeää. (Cousley 2013)

Mahdollisia miniruuviavien asettamiseen liittyviä ongelmia ovat hampaiden juurten ja parodontaalikudosten vaurioituminen, nenä- ja poskionteloiden pohjan perforaatio sekä hermojen ja verisuonten vaurioituminen. Miniruuvi voi myös irrota, murtua tai aiheuttaa kipua. Pehmytkudokset asetetun ruuvin seudulla voivat vaurioitua, tulehtua tai miniruuvi voi aiheuttaa ikenen hyperplasiaa. Joissain tapauksissa on huomattu ruuvin vaeltamista tai liikkumista. Lisäksi yhdistettynä muihin oikomiskojeisiin, voi myös miniruuveja käytettäessä esiintyä biomekaanisia sivuvaikutuksia, kuten hampaiden epätoivottua kallistumista ja liikettä. (Cousley 2013)



## 6.1 Kipu

Miniruuveihin liittyy usein ennakko-oletuksia, että hoito tulisi olemaan kivuliasta, vaikka yleensä todellisuudessa asettamisen aikana ja jälkeen potilaat eivät tunne lähes yhtään kipua (Cousley 2013).

Useassa tutkimuksessa on tutkittu miniruuvihoitoon liittyvää kipua. Miniruuvit ovat yleisesti olleet hyvin potilaiden hyväksymiä sekä hyvin siedettyjä. Suurin osa (72,4 %) potilaista, joilla on oikomishoidossa käytetty miniruuveja, ovat olleet tyytyväisiä hoitoon. Enemmistö (62,1 %) ei myöskään tuntenut kipua ruuvien laitton yhteydessä. Postoperatiivinen kipu väheni tasaisesti ensimmäisestä päivästä seitsemänteen päivään riippumatta siitä, mitä ortodonttista tekniikkaa käytettiin. Toimenpiteen jälkeinen kipu koettiin merkittävästi pienemmäksi kuin itse oikomishoidosta johtunut kipu. (Kaaouara ym. 2018) Asettamisen jälkeistä kipua voidaan helposti hoitaa tavallisilla kipulääkkeillä, kuten parasetamoli ja ibuprofeini, ja kipu oli vertailtavissa muihin ortodonttisiin kokemuksiin, kuten separointiin ja kiinteisiin kojeisiin, vaikkakin kipu oli lyhytkestoisempaa (Kuroda ym. 2007, Cousley 2013).

Myös Baxmann ja kumppanit (2010) tutkivat miniruuviin odotuksia ja hyväksymistä. He arvioivat oikomishoitopotilaiden kokemaa kipua ja epämukavuutta vertailemalla kolmea eri toimenpidettä: miniruuvin asettamista, hampaan poistoa ja ienkudoksen poistoa. Implantin asettaminen koettiin selkeästi vähiten kipua aiheuttavaksi toimenpiteeksi. 30 % potilaista ei tuntenut ollenkaan kipua, ja toimenpide todettiin helposti vastaanotettavaksi.

Myös Lee ym. (2008) tutkivat potilaiden käsityksiä miniruuviin käytöstä ankkureina. Miniruuvin asettamista suuhun verrattiin muihin ortodonttisiin toimenpiteisiin. Poiketen muista toimenpiteistä, potilaat odottivat ruuvien asettamisen olevan merkittävästi kivuliaampaa, kuin mitä he kokivat. Postoperatiivinen kipu väheni jatkuvasti ensimmäisen päivän ja seitsemännen päivän välissä. Miniruuvin asettamisesta aiheutuva kipu oli myös kokonaisuudessaan vähäisempää, kuin hampaiden oikomisen aloitus. Suurin osa (76 %) olivat tyytyväisiä ruuvien asettamiseen liittyvään toimenpiteeseen ja 78 % suosittelisivat sitä ystävälle tai perheenjäsenelle.

Lehnenin ym. (2011) on tutkinut paikallispuudutuksen tarpeellisuutta miniruuveja poistettaessa. Miniruuveja poistettaessa 25 potilaalla puudutettiin toinen puoli leuasta ja kokemuksia verrattiin. Itse asiassa potilaat kokevat puudutusinjektion epämiellyttävämmäksi kuin itse ruuvien poiston.

Samassa tutkimuksessa todettiin käsikappaleen käytöstä johtuvan äänen lisävään potilaiden epämukavuutta miniruuvien poistossa.

## 6.2 Miniruuvien irtoaminen

Miniruuvien irtoaminen voi tapahtua kahdessa eri vaiheessa hoitoa. Primaarisen stabiliteetin pettäessä ruuvi irtoaa välittömästi sen suuhun asettamisesta. Tämä johtuu epäadekvaatista kortikaaliluun tuesta, toisin sanoen luun tiheydestä ja paksuudesta, tai ruuvien kiinnittäminen liian lähelle viereisten hampaiden juuria. Sekundäärisessä implantin irtoamisessa taas miniruuvi on ollut vakaa asettamisvaiheessa, mutta liikkuvuutta havaitaan myöhemmässä vaiheessa, yleensä 1-2 kuukauden kuluttua. Tämä sekundäärinen instabiliteetti johtuu luun nekroosista miniruuvien kierteiden ympärillä. Syitä nekroosille voivat olla lämpötilan vaihtelusta mahdollisen esiporauksen aikana, liian kovasta torkista eli vääntövoimasta ruuvia kiristäessä, liian suurista ruuviin vaikuttavista voimista, tai näiden tekijöiden yhdistelmästä. (Cousley 2013) Ruuvien asettaminen liian lähelle hampaiden juuria on todettu olevan tekijä miniruuvien irtoamiselle (Kuroda ym. 2007), ja suurempi etäisyys miniruuvien ja hampaiden juuren pinnan välillä näyttäisi lisäävän miniruuvien onnistumisprosenttia (Min ym. 2012). Juurien läheisyyden ei yksin kuitenkaan ole todettu olevan kovin suuri riski irtoamiselle (Kim ym. 2010).

Alueella, jolle miniruuvi asetetaan, on suuri vaikutus sen pysyvyyteen ja kiinnittymiseen. Suurimmat vaikuttavat tekijät ovat luun määrä ja laatu (Leo M ym. 2016). Tätä on käsitelty laajemmin kappaleessa 4.5 Miniruuvien asettaminen.

Miniruuvien välittömään kuormitukseen liittyen on ristiriitaisia tutkimuksia. Osassa todetaan, että epäonnistumisprosentti ei nouse, mikäli miniruuveja kuormitetaan heti asettamisen jälkeen. Jeongin ja työryhmän (2015) tekemässä tutkimuksessa todettiin, että välitön kuormitus voi aiheuttaa miniruuvien epäonnistumisen. Ruuvien irtoamishuippu oli tutkimuksessa 4-5 viikon kuluttua asettamisesta, ja tutkimuksen mukaan hyvä stabiliteetti saavutettiin vasta 12-16 viikkoa suuhun asettamisesta.

Ruuvien pituuden vaikutusta sen pysyvyyteen on tutkittu. Tulokset hieman vaihtelevat, mutta pääasiassa pidemmällä ruuveilla on saatu parempi pysyvyys. Ardaniin ym. tutkimuksen mukaan optimaalinen ruuvien pituus on 8 mm tai 10 mm, kun luun tiheys oli optimaalisella tasolla, mutta alhaisella tiheydellä vain 10 mm ruuvilla saavutettiin tarpeeksi hyvä ankkurin resistenssi. (Ardani

ym. 2019) Mikäli miniruuvien primaaristabiilitteetti on epävarma, on suositeltua lisätä ruuvien halkaisijaa ja pituutta (Sadr Haghighi ym. 2019).

Möhlhenrich ja työtoverit (2019) vertailivat sekä eri ruuvien pituuksia että halkaisijoita, ja saivat parhaimmat tulokset 2,3 mm paksuilla ja 11 mm pitkillä ruuveilla. Wilmes ja kumppanit (2016) puolestaan suosittelivat kirjallisuuskatsauksessaan käytettäväksi ruuveja, jotka ovat pituudeltaan 9 mm (anteriorisesti) tai 7 mm (posteriorisesti) ja halkaisijaltaan 2 mm tai 2,3 mm.

Miniruuvien eloonjäämisprosentteja (survival rate) on tutkittu melko kattavasti, ja tulokset hieman vaihtelevat välillä 89,8-100 %. Kaikkia tutkimuksia kuitenkin yhdistää se, että tulokset miniruuvien onnistumisprosentista yläleuassa sekä palatinaalisesti että bukkaalisesti ovat hyviä. (Gurdan ja Szalma 2018 89,8 %, Tsai C C ym. 2016 85,8 %, Ziebura ym. 2012 97 %, Nienkemper ym. 2012 94,7-95,3 %, Rodriguez ym. 2012 93,8%)

Gurdan ja Szalma (2018) tutkivat miniruuvien onnistumisprosentteja yläleuassa, joka oli 89,8 %, kun keskimääräinen kuormitusaika oli 8,1 kuukautta välittömällä miniruuvien kuormituksella. Tutkimuksessa testauksessa kuitenkin oli mukana myös bukkaalisesti asetettuja implantteja. Palatinaalisesti asetetuilla miniruuveilla todettiin olevan merkittävästi parempi ennuste. Näin ollen palatinaalisesti asetettujen miniruuvien eloonjäämisprosentti lienee tätäkin korkeampi.

Ziebura ym. (2012) testasivat miniruuvien pysyvyyttä palatinaalisesti. Hoitoa vaativia komplikaatioita ei esiintynyt yhdessäkään implantissa. 3 % implanteista irtosi, joista kaikki oli kuormitettu lateraalisesti suunnatulla voimalla.

Rodriguez ym. (2014) tekivät kirjallisuuskatsauksen liittyen miniruuvien onnistumistilastoihin PubMedistä löytyvästä materiaalista, yhteensä mukaan otettiin 46 artikkelia. Palatinumiin kiinnitetyissä miniruuveissa eloonjäämisprosentti oli 93,8 %, joka oli korkeampi kuin muualle alaleukaan tai yläleukaan kiinnitetyillä ruuveilla (87,8 %).

Tsai ja työtoverit (2016) myös totesivat tutkimuksessaan, että yli 30-vuotiailla potilailla miniruuvien irtoamisriski nousi 5 % jokaisen ikävuoden lisääntyessä.

### 6.3 Muut ongelmat

Miniruuvin ja hampaan läheisyydestä johtuva irreversiibeli seuraus johtaa enemmän miniruuvin liikkuvuuteen kuin hampaan vaurioon (Cousley 2013). Miniruuvi voi vaurioittaa hampaan juuria ja parodontaalikudoksia, mutta välitön miniruuvin poisto johtaa juuren sementin korjaantumiseen itsestään. Jos implantti jätetään paikoilleen, voi se johtaa myöhästyneeseen korjaantumiseen tai pysyvään vaurioon. Alle 1 mm:n etäisyys miniruuvin ja juuren pinnan välillä voi aiheuttaa juurenpinnan resorptiota. (Kim, Kim 2009).

Myös Dao ja työryhmä (2009) totesivat eläintutkimuksessaan, että titaaniruuvin läpäistessä juurisementin tai dentiinin, pulpanekroosia tai tulehdusta ei havaittu 12 viikon aikana. Sementti uusiutuu kaikilla vauriopinnoilla, mutta ankyloosia voi esiintyä juurimurtumien yhteydessä.

Nenä- ja poskionteloiden pohjan perforaatio ei ole kovinkaan ongelmallista, koska pehmytkudosta muodostuu perforoivan fikstuuran pinnalle. Tätä tulisi kuitenkin välttää potilaan epämukavuuden välttämiseksi ja luukontaktin maksimoimiseksi. Myös hermo- ja verisuonikontakti miniruuvia asettaessa on epätodennäköistä. Ainoa mahdollinen riski on nasopalatinaaliermo, jonka ulostuloaukko on kovan suulaen keskilinjassa melko anteriorisesti. Nämä komplikaatiot ovat kuitenkin helposti vältettävissä valitsemalla huolellisesti miniruuvin asettamispaikka. (Cousley 2013).

Pehmytkudostulehdusten esiintyvyys miniruuvin on välillä 6,3 ja 33,3 % (Gurdan ja Szalma 2018). Peri-implantiitti miniruuvin kaulan ympärillä on yleensä pinnallinen ja rajoittunut. Tulehdus on todennäköisempää, jos miniruuvi on asetettu liian syväälle. Tärkeässä asemassa on hyvä suuhygienia. Akuutit infektiot ovat harvinaisia ja ovat vaivatta hoidettavissa antibiooteilla tai miniruuvin poistolla. (Cousley 2013). Antibioottiprofylaksialla ei kuitenkaan ole todettu olevan vaikutusta miniruuvin stabiliteettiin, pehmytkudostulehduksiin tai toimenpiteen jälkeiseen kipuun. (Łyczek ym. 2017) Tällä hetkellä tutkimuksen kohteena on klooriheksidiinin vaikutus pehmytkudostulehdusten ilmaantumiseen miniruuveja asettaessa.

## 7. LUUSTOANKKUROIDUT VS HAMPAISTOANKKUROIDUT KOJEET

Luustoankkuroidut ja hampaistoankkuroidut kojeet soveltuvat samankaltaisten purentavirheiden hoitoon, mutta niiden välillä on kuitenkin havaittu olevan eroja. Luustollisesti ankkuroitu oikomiskoje kohdistaa voiman suoraan palatinaaliluuhun, toisin kuin hampaistoankkuroitu koje, joka kohdistaa voiman hampaisiin. Miniruuviinnitteiset kojeet suunniteltiin luustollisten vaikutusten maksimoimiseksi. (Lee ym. 2010)

### 7.1. Luustollinen levitys

Tutkimustuloksia aivan nuorimmista lapsista ei löytynyt. Nuorimmat potilaat olivat Ngan ym. (2015) tekemässä tutkimuksessa, jossa vertailtiin hampaistokiinnitteistä RME-kojetta miniruuviinnitteiseen RME kojeeseen. Tutkimuksessa oli yhteensä 40 potilasta, joilla hoidettiin luokan III -purentavirhettä ensin RME-kojeella yläleukaa levittäen ja sitten kasvomaskilla. Ryhmän A potilaille, keski-ikä 9.8 vuotta, asennettiin hampaistokiinnitteinen Hyrax RME-koje. Ryhmälle B, keski-ikä 9.6 vuotta, asennettiin hybridi-hyrax RME-koje, joka kiinnitettiin kahdella miniruuvilla palatinaaliluuhun. Molemmilla ryhmillä kojetta aktivoitiin 0.25mm kahdesti päivässä, yhden viikon ajan. Potilailla, joilla yläleuka oli hyvin kapea, aktivointia tehtiin kahden viikon ajan. Yläleuan levityksen jälkeen potilaat käyttivät kasvomaskia 12-14 tuntia päivässä, jonka tavoitteena oli tuoda yläleukaa eteenpäin. Oikomishoidon tuloksia arvioitiin kallolateraalikuvista, jotka oli otettu ennen ja jälkeen potilaiden hoidon. Molemmissa ryhmissä purentaa ylikorjattiin Angle I tai II -luokan molaarisuhteeseen saakka. Ryhmällä A todettiin merkitsevästi suurempi horisontaalinen ylipurenta hoidon päätteeksi (5.5mm) kuin ryhmällä B (2.7mm). Molemmilla ryhmillä yläleuka siirtyi eteenpäin ja alaleuka taaksepäin. Ryhmällä A kuitenkin todettiin yläinkisiivien siirtyneen enemmän eteenpäin, kuin ryhmällä B, joka selittää ryhmän A keskimääräisesti suuremman horisontaalisen ylipurentan. Ryhmällä A todettiin lisäksi molaarien siirtyneen keskimäärin enemmän eteenpäin (0.6mm), kuin ryhmällä B (0.5mm). Ryhmällä A havaittiin lisäksi tilastollisesti merkitsevästi enemmän yläleuan siirtymistä alaspäin sekä alaleuan kiertymistä alaspäin. Tutkimustuloksista voidaan päätellä, että kahden miniruuvin lisääminen RME-kojeeseen saattaa vähentää epätoivottuja sivuvaikutuksia, kuten ylämolaarien ja inkisiivien liiallista siirtymistä eteenpäin, yläleuan siirtymistä alaspäin sekä

alaleuan kiertymistä alaspäin. Tämä oikomismenetelmä voisi siis olla vaihtoehtona III-luokan purentavirhepotilaille, joilla on alaleuassa avautuva kasvusuunta.

Mosleh ym. (2015) arvioivat ja vertailivat dentoskeletaalisia muutoksia kasvavilla lapsilla 4-pisteen luustoankkuroidun kojeen ja hampaistoankkuroidun RME-kojeen välillä. Tutkimuksessa oli mukana 20 kasvavaa tyttöä (ikä 12 +/- 0,6 vuotta) posteriorisella ristipurennalla. Potilaat jaettiin kahteen ryhmään, toista ryhmää hoidettiin hampaistoankkuroidulla hyrax-kojeella ja toista ryhmää suoraan palatinaaliluuhun ankkuroidulla hyrax-kojeella. Muutoksia arvioitiin kkt-tutkimuksilla, ja kuvat otettiin ennen yläkaaren levitystä ja välittömästi levityksen jälkeen.

Tutkimuksessa molemmilla kojeilla saatiin hyviä tuloksia, ja luustolliset leveydet kulmahampaiden, ensimmäisten premolaarien ja ensimmäisten molaarien välillä kasvoivat. Luustoankkuroidulla kojeella huomattiin merkittävä kasvojen ja yläleuan laajeneminen. Molemmat kojeet saivat aikaan basaaliluun laajenemista kovan kitalaen tasolla. Hampaistoankkuroitu koje aiheutti enemmän hammaskaaren laajenemista ja bukkaalista kallistumista, sekä enemmän nenän leveyden kasvamista, kuin luustoankkuroitu koje. (Mosleh ym. 2015)

Krüsi ym. (2019) vertailivat artikkelissaan luustokiinnitteisiä oikomiskojeita hampaistokiinnitteisiin oikomiskojeisiin. Meta-analyysissä käsiteltiin 12 artikkelia kuudesta eri tutkimuksesta, joissa oli yhteensä 264 potilasta (keski-ikä 12.3 vuotta). Potilailla käytettiin joko täysin luustokiinnitteistä, osittain luustokiinnitteistä (hybridi) tai hampaistokiinnitteistä RME-kojetta. Tutkimuksissa todettiin, että täysin luustokiinnitteisillä oikomiskojeilla saavutettiin enemmän avautumista yläleuan keskisaumassa inkisaalisen foramenin, ensimmäisten premolaarien sekä ensimmäisten molaarien kohdalla, kuin hampaistokiinnitteisellä kojeella. Erot johtuvat todennäköisesti siitä, että luustokiinnitteisellä kojeella voima kohdistetaan suoraan luuhun. Hybridikojeilla havaittiin vähemmän ankkurihampaiden epätoivottua kallistumista, mutta eroja yläleuan levityksessä ei ollut verrattuna hampaistokiinnitteisiin kojeisiin.

Lagravère ja työtoverit (2011) vertailivat tekemässään tutkimuksessa transversaalisia, vertikaalisia ja anteroposteriorisia luustollisia ja hampaistollisia muutoksia nuorilla, joilla oli käytössä hammasankkuroituja ja luustoankkuroituja levittämiä. Sekä välittömiä että pitkäaikaisia tuloksia arvioitiin kartiokeilatietokonetomografia-kuvien (kkt) avulla. 62 yläleuan levitystä tarvitsevaa potilasta, keski-ikä 13.7 vuotta, jaettiin satunnaisesti kolmeen ryhmään: perinteinen hampaistokiinnitteinen hyrax-koje, luustoankkuroitu levitin ja kontrolliryhmä. Kkt-kuvia otettiin

lähtötilanteesta, välittömästi levityksen jälkeen, kojeen irrottamisen jälkeen (6 kk) ja sekä 12 kuukauden jälkeen.

Välittömästi levityksen jälkeen henkilöillä hampaistoankkuroidussa ryhmässä oli merkittävästi enemmän laajentumista kruunutasolla ensimmäisten premolaarien kohdalla. Molemmissa ryhmissä laajenemista tapahtui enemmän hammaskruunujen välillä kuin luustollisesti ja apikaalisesti. Kontrolliryhmässä oli havaittavissa hieman muutosta eli kasvua 6 kuukauden ajanjakson aikana. 12 kuukauden kohdalla millään ryhmällä ei ollut merkittävää eroa Angle-muutoksissa, viitaten symmetriseen laajenemiseen. Molemmat levittäjät osoittivat samankaltaisia tuloksia. Hampaistoankkuroidulla kojeella saatiin aikaiseksi pidempiaikaiset tulokset yläleuan premolaarikruunuissa ja juurissa, kuin luustoankkuroidulla kojeella. Molemmilla kojeilla hampaistollinen laajeneminen oli suurempaa kuin luustollinen laajeneminen. (Lagravère ym. 2011)

Toklu ym. (2015) vertailivat tutkimuksessaan hammaskiinnitteisiä oikomiskojeita hammasluustokiinnitteisiin kojeisiin. Tutkimuksessa oli 25 potilasta, joilla oli tarve yläleuan luustolliselle levitykselle. Heidät jaettiin kahteen ryhmään. Ryhmällä A (13 potilasta, keski-ikä 14.3 vuotta) käytettiin hampaistokiinnitteistä hyrax-oikomiskojetta, joka kiinnitettiin ensimmäisiin premolaareihin ja molaareihin. Ryhmällä B (12 potilasta, keski-ikä 13.8 vuotta) käytettiin hyrax -oikomiskojetta, joka kiinnitettiin ensimmäisiin molaareihin sekä kahdella miniruuvilla palatinaaliluuhun. Kojeita aktivoitiin keskimäärin 20 päivää, jota seurasi kolmen kuukauden retentiovaihe. Potilaista otettiin KKTT-kuvat ennen hoitoa sekä retentiovaiheen jälkeen. Kuvista arvioitiin yläleuan levitystä molaari ja premolaarialueella, bukkaalisen ja palatinaalisen luun paksuutta sekä hampaiden inkliinaatioita. Ryhmällä A eli hyrax-kojeen käyttäjillä havaittiin enemmän levitystä ensimmäisten premolaarien alueella. Molemmilla ryhmillä havaittiin bukkaalisen luun paksuuden vähentymistä ja palatinaaliluun paksuuntumista molaarialueella. Bukkaalisen luun paksuuden havaittiin ohentuneen premolaarialueella hampaistokiinnitteisellä kojeella ja pysyneen ennallaan hampaisto-luustokiinnitteisellä kojeella.

Tutkimuksessa molemmilla oikomiskojeilla saavutettiin lähes saman verran luustollista levitystä. Tutkimuksen perusteella molemmat oikomiskojeet soveltuvat yläleuan levitykseen. Hampaistokiinnitteisiä kojeita suositeltiin potilaille, joilla oli tarvetta erityisesti premolaarien väliselle levitykselle. Hampaisto-luustokiinnitteistä kojetta suositeltiin potilaille, joilla on riski

periodontaalikudoksen menetykselle erityisesti ensimmäisten premolaarien bukkaalipuolella. (Toklu ym. 2015)

Kavand ja työtiimi (2019) vertaili ilmäteiden tilavuuden muutoksia hampaistoankkuroiduilla ja luustoankkuroiduilla RME-kojeilla. Tutkimukseen osallistui 36 nuorta, joilla oli bilateraalinen yläleuan ristipurenta. Ensimmäisellä ryhmällä (keski-ikä 14,7 vuotta) käytettiin luustoankkuroitua yläleuan levitystä, ja toisella taas hampaistoankkuroitua (keski-ikä 14,4 vuotta). Kaksi kttt-kuvausta tehtiin potilaille, yksi ennen levitystä ja toinen kolmen kuukauden retentiojakson jälkeen. Kuvista arvioitiin kolmiulotteisesti ilmäteiden tilavuutta ja mitattiin dentoskeetaaliset muutokset. Molemmissa ryhmissä huomattiin nenäontelon ja nenänielun merkittävä tilavuuden kasvu, mutta kasvua ei havaittu suunielussa tai poskionteloissa. Myös molaareiden välinen etäisyys ja yläleuan leveys kasvoi merkittävästi molemmissa ryhmissä. Tilastollisesti merkittävää eroa ei eri kojeiden välillä ollut. Kuitenkin vain hampaistoankkuroidussa ryhmässä huomattiin merkittävää hampaiden bukkaalista kallistumista. (Kavand ym. 2019)

Lin ym. (2015) vertailivat tutkimuksessaan hampaistoankkuroituja sekä luustoankkuroituja oikomiskojeita. Tutkimuksessa 28 nuorta naista jaettiin kahteen ryhmään. Ryhmällä 1, keski-ikä 18.1 vuotta, käytettiin luustollisesti kiinnitettäviä RME-kojeita (C-expander), jotka kiinnitettiin palatinaaliluuhun neljällä miniruuvilla. Ryhmällä 2, keski-ikä 17.4 vuotta, käytettiin hampaistoon kiinnitettäviä RME-kojeita (Hyrax-koje). Potilaista otettiin KTTT-kuvat ennen hoidon aloitusta sekä kolme kuukautta kojeen aktivoinnin jälkeen. Kuvista arvioitiin yläleuan luustollisen levityksen määrää transversaalisesti kolmesta keskisauman eri tasosta. Lisäksi arvioitiin dentaalista levitystä hampaiden kruunun sekä juuren kärjen tasolta, alveolaariluun kallistumista, hampaiden akselia, vertikaalista pituutta sekä bukkaalista avautumista.

Tutkimustuloksista todettiin, että molemmilla oikomiskojeilla saavutettiin yläleuan keskisauman avautuminen. Luustoankkuroiduilla kojeilla saatiin aikaan tilastollisesti merkittävästi enemmän luustollista levitystä keskisaumaan. Hampaistollisia muutoksia todettiin molemmissa ryhmissä. Tutkimuksesta voidaan päätellä, että luustoankkuroidut kojeet ilman kirurgista avustamista soveltuvat luustollisten purentavirheiden hoitoon myöhäisessä teini-ikässä. (Lin ym. 2015)

Lin ym. (2015) tutkimuksessa hampaistoankkuroiduilla kojeilla havaittiin enemmän bukkaalista kallistumista kuin luustoankkuroiduilla kojeilla. Transversaalinen dentaalinen laajeneminen oli



samankaltaista molemmilla ryhmillä ensimmäisen premolaarin ja molaarin alueella. Hampaistokiinnitteisillä kojeilla kuitenkin ilmeni vähemmän levitystä toisen premolaarin ja molaarien alueella. Lisäksi luustoankkuriryhmässä havaittiin vähemmän alveolaariluun taipumista, hampaiden kallistumista ja alveolaariluun vähenemistä ensimmäisen premolaarin alueella. Tutkimuksesta voidaan päätellä, että luustoankkuroiduilla kojeilla saavutetaan mahdollisesti vähemmän epätoivottuja sivuvaikutuksia kuin hampaistoankkuroiduilla kojeilla. (Lin ym. 2015)

Ploder ym. (2020) vertailivat tutkimuksessaan kirurgisavusteista suulaen levitystä käyttäen hampaistoankkuroitua kojetta (29 potilasta), luustoankkuroitua kojetta (12 potilasta) sekä ortodonttisia miniruuveja (13 potilasta). Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida relapsia ja komplikaatiota, kuten hampaiden vauriot, tulehdus ja tekninen epäonnistuminen. Tutkimuksessa oli mukana yhteensä 54 potilasta. Mitat otettiin valetuilta malleilta ja radiologisesti ennen tutkimuksen alkua, välittömästi oikomisen jälkeen, ja vuoden kuluttua postoperatiivisesti. Etäisyys mitattiin kulmahampaiden, premolaarien ja molaarien kohdalta. Luustoankkuroiduilla ja miniruuvi-ankkuroiduilla kojeilla todettiin vähiten relapsia vuoden kuluttua. Komplikaatioprosentit olivat 17,2% hampaistoankkuroidulla, 66,7% luustoankkuroidulla ja 15,4% miniruuvi-ankkuroidulla.

## 7.2. Juuriresorptio

Yildirim ja Akin (2019) vertailivat tutkimuksessaan hampaisto- ja luustokiinnitteisiä oikomiskojeita. Tutkimuksessa vertailtiin 20 potilasta, joiden iät vaihtelivat 11-16 -vuoden välillä. Kaikille potilaille asennettiin oikomiskoje, jossa toinen puoli kojeesta oli kiinnitetty hampaisiin akryyllillä ja toinen puoli kiinnitettiin miniruuveilla palatinaaliluuhun. Oikomishoidon jälkeen potilailta poistettiin ensimmäiset premolaarit ja ne tutkittiin mikrotomografisesti. Hampaistokiinnitteisellä oikomiskojeella hoidetussa premolaarissa havaittiin merkittävästi enemmän kudoksen menetystä kuin luustollisesti kiinnitetyllä puolella. Kudoksen menetystä ilmeni enemmän hampaan bukkaalipuolella sekä eniten juuren keski- ja apikaalikolmanneksessa. Premolaarissa, joka oli luustollisesti kiinnitetyn oikomiskojeen puolella, ei havaittu merkitsevästi kudoksen menetystä. Tutkimuksen perusteella luustollisesti kiinnitetyt oikomiskojeet saattavat mahdollisesti vähentää juuriresorption määrää hampaistokiinnitteisiin kojeisiin verrattuna.

### 7.3 Epämukavuus

Feldmann ja Bazargani (2017) selvittivät tutkimuksessaan erilaisten RME-kojeiden aiheuttamaa kipua ja epämukavuutta. He tutkivat 54 potilasta, keski-ikä 9.8 vuotta, joilla hoidettiin ristipurentaa RME kojeilla. Potilaat jaettiin kahteen ryhmään. Ryhmälle A asennettiin perinteinen hyrax RME -koje ja ryhmälle B hybridi-hyrax RME koje, joka ankkuroitiin miniruuveilla palatinaaliluuhun. Molempia kojeita aktivoitiin 0.5mm päivässä. Potilailta tiedusteltiin kyselylomakkeiden avulla kivun intensiteetistä, epämukavuudesta, kipulääkkeiden käytöstä sekä mahdollisista leukojen toiminnan häiriöistä oikomishoidon aloituksen jälkeen. Kyselykaavakkeet täytettiin oikomiskojeen asentamisen jälkeen ensimmäisenä sekä neljäntenä päivänä. 50 potilasta täyttivät molemmat kyselylomakkeet. 22 potilasta raportoi epämukavuuden olevan suurempaa tietyllä alueella, mutta tässäkään ei ollut merkittäviä eroja ryhmien välillä. Ryhmässä A kipu ensimmäisen ja neljännen päivän aikana raportoitui melko samanlaiseksi. Ryhmällä B kipu molaareissa ja inkisiiveissä puolestaan merkitsevästi väheni neljän päivän aikana. Potilaita oli ohjeistettu käyttämään kipulääkettä tarpeen mukaan, mutta molemmissa ryhmissä kipulääkkeen käyttö oli vähäistä eikä ryhmien välillä ollut merkittävää eroa. Tutkimuksesta voidaan päätellä, että hampaistokiinnitteisellä Hyrax -kojeella ja hampaisto-miniruuviinnitteisellä hybridikojeella ei ollut tilastollisesti merkittävää eroa ensimmäisen viikon aikana koetun kivun ja epämukavuuden tunteessa.

### 8 POHDINTA

Miniruuviinnitteisten kojeiden käyttöä yläleuan ja ylähammaskaaren levityksessä on tutkittu jonkun verran. Tulevaisuudessa miniruuviinnitteiset oikomiskojeet tulevat todennäköisesti lisääntymään, jolloin tutkimustietoa on varmasti enemmän tarjolla.

Eniten tutkimuksia löytyi lapsista, joille oikomishoito tehtiin ennen kasvuiän päättymistä. Tällaisilla potilailla voimaa yläleuan levittämiseksi ei tarvita niin paljoa, jolloin hampaistokiinnitteinen koje olisi usein riittävä. Miniruuviokojen etuja olivat kuitenkin luustollisten vaikutusten maksimoiminen ja hampaiden epätoivotun kallistumisen minimoiminen. Lisäksi miniruuviinnitteisiä kojeita voidaan käyttää, mikäli potilaan hampaista ei saada tarvittavaa ankkuria. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi hypodontiasta kärsivät potilaat.

Miniruuvikiinnitteisiä kojeita on käytetty myös teini-ikäisillä ja nuorilla aikuisilla. Teini-iässä yläleuan keskisauma alkaa luutua, jonka jälkeen yläleuan levitys alkaa vaikeutua, sillä se vaatii enemmän voimaa. Koska yläleuan luutumisaikataulussa on havaittu olevan vaihtelua eri ihmisten välillä, ei voida määrittää tiettyä ikää, jonka jälkeen keskisauma on luutunut. Tämän vuoksi kasvuiän ohittaneilla tai sitä lähestyvillä tulisi pohtia oikomismenetelmää erityisen tarkkaan. Miniruuvikiinnitteisillä kojeilla on todettu olevan mahdollista levittää yläleukaa vielä kasvuiän jälkeenkin. Verrattaessa niitä hampaistokiinnitteisiin kojeisiin, miniruuvikiinnitteisillä kojeilla havaittiin vähemmän epätoivottuja sivuvaikutuksia, kuten hampaiden kallistumista ja alveolaariluun menetystä (Lin 2015). Aikuisiällä tehtyjen levitysten osalta tutkimustietoa on vielä kuitenkin vähän.

Miniruuvikiinnitteisten kojeiden käytöstä aikuispotilailla löytyi verrattain vähän tietoa. Useimmiten aikuisten oikomisessa joudutaan käyttämään kirurgiaa yläleuan keskisauman avaamiseksi. Koska nuorilla aikuisilla on onnistuttu käyttämään miniruuvikiinnitteisiä kojeita keskisauman avaamiseksi, voisi se onnistua myös myöhemmällä iällä. Tämä vähentäisi mahdollisesti kirurgian tarvetta.

Tutkimuksissa oikomishoidon seuranta-aika vaihteli muutamasta kuukaudesta yhteen vuoteen. Kirjallisuuskatsauksessa ei siis oteta kantaa siihen, miten oikomistulokset pysyvät pitkäaikaisseurannassa.

Tulevaisuudessa miniruuvikiinnitteisten kojeiden käyttö tulee todennäköisesti lisääntymään. 3D tulostamisen ja CAD-CAM teknologian avulla tehtyjä miniruuvikiinnitteisiä kojeita on kehitelty, joiden avulla kojeita voidaan valmistaa yksilöllisesti potilaan anatomia huomioiden. Tällaiset yksilölliset kojeet ovat hyödyksi esimerkiksi kapeiden ja korkeiden suulakien kohdalla, joihin tavalliset miniruuvit eivät sovi. Yksilöllisesti valmistetut oikomiskojeet siis mahdollistavat kojeiden käytön yhä useammilla potilailla. Lisäksi kojeiden on todettu istuvan ja adaptoituvan kudoksiin paremmin, joka todennäköisesti parantaisi palatinaalista laajennusta ja helpottaisi sen ennustamista. (Thakkar ym. 2020)

Miniruuvikiinnitteisten kojeiden etuina on lisäksi se, että oikomiskoje voidaan asentaa potilaan suuhun yhdellä käyntikerralla. Samalla käynnillä, kun ruuvit asennetaan, voidaan oikomiskoje jo asettaa ja aktivoida. Tämä vähentää käyntikertojen tarvetta verrattuna hampaistoon kiinnitettäviin kojeisiin, kuten QuadHelix:iin tai RME kojeisiin, joissa kojeen asentamiseen vaaditaan vähintään kaksi käyntiä.

## VIITTEET

Angelier F, Cevidanes LH, Franchi L, Gonçalves JR, Benavides E, McNamara JA Jr. Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(5):759-769.

Ardani IGAW, Indharmawan R, Hamid T. The effect of miniscrew length and bone density on anchorage resistance: An in vitro study. *Int Orthod.* 2019;17(3):446-450.

Bae MJ, Kim JY, Park JT, et al. Accuracy of miniscrew surgical guides assessed from cone-beam computed tomography and digital models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;143(6):893-901.

Baxmann M, McDonald F, Bourauel C, Jäger A. Expectations, acceptance, and preferences regarding microimplant treatment in orthodontic patients: A randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138(3):250.e1-251.

Bishara SE, Staley RN. Maxillary expansion: clinical implications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987;91(1):3-14.

Büchter A, Wiechmann D, Koerdt S, Wiesmann HP, Piffko J, Meyer U. Load-related implant reaction of mini-implants used for orthodontic anchorage. *Clin Oral Implants Res.* 2005;16(4):473-479.

Büyükçavuş MH. Alternate Rapid Maxillary Expansion and Constriction (Alt-RAMEC) protocol: A Comprehensive Literature Review. *Turk J Orthod.* 2019;32(1):47-51.

Cannavale R, Chiodini P, Perillo L, Piancino MG. Rapid palatal expansion (RPE): Meta-analysis of long-term effects. *Orthod Craniofac Res.* 2018 Nov;21(4):225-235.

Cassetta M, Altieri F, Di Giorgio R, Barbato E. Palatal orthodontic miniscrew insertion using a CAD-CAM surgical guide: description of a technique. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2018;47(9):1195-1198.

Celenk-Koca T, Erdinc AE, Hazar S, Harris L, English JD, Akyalcin S. Evaluation of miniscrew-supported rapid maxillary expansion in adolescents: A prospective randomized clinical trial. *Angle Orthod.* 2018;88(6):702-709.

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;133(1):18-24.

Cousley, Richard R. J. *The Orthodontic Mini-Implant Clinical Handbook*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2013. Print.

Dao V, Renjen R, Prasad HS, Rohrer MD, Maganzini AL, Kraut RA. Cementum, pulp, periodontal ligament, and bone response after direct injury with orthodontic anchorage screws: a histomorphologic study in an animal model. *J Oral Maxillofac Surg*. 2009;67(11):2440-2445.

Exposto CR, Oz U, Westgate PM, Huja SS. Influence of mini-screw diameter and loading conditions on static and dynamic assessments of bone-implant contact: An animal study. *Orthod Craniofac Res*. 2019;22 Suppl 1:96-100.

Feldmann I, Bazargani F. Pain and discomfort during the first week of rapid maxillary expansion (RME) using two different RME appliances: A randomized controlled trial. *Angle Orthod*. 2017;87(3):391-396.

Gill, Daljit S., and Farhad B. Naini. *Orthodontics Principles and Practice*. Hoboken: Wiley, 2011. Print.

Gunyuz Toklu M, Germec-Cakan D, Tozlu M. Periodontal, dentoalveolar, and skeletal effects of tooth-borne and tooth-bone-borne expansion appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015;148(1):97-109.

Hourfar J, Bister D, Lux CJ, Al-Tamimi B, Ludwig B. Anatomic landmarks and availability of bone for placement of orthodontic mini-implants for normal and short maxillary body lengths. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017a;151(5):878-886.

Hourfar J, Bister D, Kanavakis G, Lisson JA, Ludwig B. Influence of interradicular and palatal placement of orthodontic mini-implants on the success (survival) rate. *Head Face Med*. 2017b;13(1):14. Published 2017 Jun 14.

Hourfar J, Ludwig B, Bister D, Braun A, Kanavakis G. The most distal palatal ruga for placement of orthodontic mini-implants. *Eur J Orthod*. 2015a;37(4):373-378.

Hourfar J, Kanavakis G, Bister D, et al. Three dimensional anatomical exploration of the anterior hard palate at the level of the third ruga for the placement of mini-implants--a cone-beam CT study. *Eur J Orthod*. 2015b;37(6):589-595.

Ichinohe M, Motoyoshi M, Inaba M, et al. Risk factors for failure of orthodontic mini-screws placed in the median palate. *J Oral Sci.* 2019;61(1):13-18.

Jayesh RS, Dhinakarsamy V. Osseointegration. *J Pharm Bioallied Sci.* 2015;7(Suppl 1):S226-S229.

Jeong JW, Kim JW, Lee NK, Kim YK, Lee JH, Kim TW. Analysis of time to failure of orthodontic mini-implants after insertion or loading. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2015;41(5):240-245.

Kaaouara Y, Sara EA, Rerhrhaye W. Perception of mini-screw anchorage devices by patients. *Int Orthod.* 2018;16(4):676-683.

Kavand G, Lagravère M, Kula K, Stewart K, Ghoneima A. Retrospective CBCT analysis of airway volume changes after bone-borne vs tooth-borne rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 2019;89(4):566-574.

Kim SH, Kang SM, Choi YS, Kook YA, Chung KR, Huang JC. Cone-beam computed tomography evaluation of mini-implants after placement: Is root proximity a major risk factor for failure? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138(3):264-276.

Kim H, Kim TW. Histologic evaluation of root-surface healing after root contact or approximation during placement of mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139(6):752-760.

Kircelli BH, Pektaş ZO, Uçkan S. Orthopedic protraction with skeletal anchorage in a patient with maxillary hypoplasia and hypodontia. *Angle Orthod.* 2006;76(1):156-163.

Krüsi M, Eliades T, Papageorgiou SN. Are there benefits from using bone-borne maxillary expansion instead of tooth-borne maxillary expansion? A systematic review with meta-analysis. *Prog Orthod.* 2019;20(1):9. Published 2019 Feb 25.

Kuroda S, Sugawara Y, Deguchi T, Kyung HM, Takano-Yamamoto T. Clinical use of miniscrew implants as orthodontic anchorage: success rates and postoperative discomfort. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007a;131(1):9-15.

Kuroda S, Yamada K, Deguchi T, Hashimoto T, Kyung HM, Takano-Yamamoto T. Root proximity is a major factor for screw failure in orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007b;131(4 Suppl):S68-S73.

Lagravère MO, Carey J, Heo G, Toogood RW, Major PW. Transverse, vertical, and anteroposterior changes from bone-anchored maxillary expansion vs traditional rapid maxillary expansion: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(3):304.e1-305.

Lee TC, McGrath CP, Wong RW, Rabie AB. Patients' perceptions regarding microimplant as anchorage in orthodontics. *Angle Orthod.* 2008;78(2):228-233.

Lehnen S, McDonald F, Bourauel C, Jäger A, Baxmann M. Expectations, acceptance and preferences of patients in treatment with orthodontic mini-implants: part II: implant removal. *J Orofac Orthop.* 2011;72(3):214-222.

Leo M, Cerroni L, Pasquantonio G, Condò SG, Condò R. Temporary anchorage devices (TADs) in orthodontics: review of the factors that influence the clinical success rate of the mini-implants. *Clin Ter.* 2016;167(3):e70-e77.

Liou EJ, Tsai WC. A new protocol for maxillary protraction in cleft patients: repetitive weekly protocol of alternate rapid maxillary expansions and constrictions. *Cleft Palate Craniofac J.* 2005 Mar;42(2):121-7.

Lin L, Ahn HW, Kim SJ, Moon SC, Kim SH, Nelson G. Tooth-borne vs bone-borne rapid maxillary expanders in late adolescence. *Angle Orthod.* 2015;85(2):253-262.

Lorente C, Lorente P, Perez-Vela M, Esquinas C, Lorente T. Quad-helix compression to decompensate molar inclination prior to skeletal expansion. Quad-Helix-Kompression zur Dekompensation der Molarenneigung vor der skelettalen Expansion. *J Orofac Orthop.* 2020;81(2):142-149.

Luzi C, Verna C, Melsen B. A prospective clinical investigation of the failure rate of immediately loaded mini-implants used for orthodontic anchorage. *Prog Orthod.* 2007;8(1):192-201.

Łyczek J, Kawala B, Antoszewska-Smith J. Influence of antibiotic prophylaxis on the stability of orthodontic microimplants: A pilot randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153(5):621-631.

Melsen B. Palatal growth studied on human autopsy material. A histologic microradiographic study. *Am J Orthod.* 1975;68(1):42-54.

Min KI, Kim SC, Kang KH, et al. Root proximity and cortical bone thickness effects on the success rate of orthodontic micro-implants using cone beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2012;82(6):1014-1021.

Mitchell, Laura. *An Introduction to Orthodontics*. Fourth edition. Oxford: Oxford University Press, 2013. Print.

Mosleh MI, Kaddah MA, Abd ElSayed FA, ElSayed HS. Comparison of transverse changes during maxillary expansion with 4-point bone-borne and tooth-borne maxillary expanders. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;148(4):599-607.

Motoyoshi M, Hirabayashi M, Uemura M, Shimizu N. Recommended placement torque when tightening an orthodontic mini-implant. *Clin Oral Implants Res.* 2006;17(1):109-114.

Männchen R, Schätzle M. Success rate of palatal orthodontic implants: a prospective longitudinal study. *Clin Oral Implants Res.* 2008;19(7):665-669.

Männchen, Roland. *The Palatal Orthodontic Implant : Healing Process, Clinical Application, Biomechanics, Success, Risk Factors, Indications and Limits*. Tampere: Tampere University Press, 2010. Print.

Möhlhenrich SC, Heussen N, Winterhalder P, et al. Predicting primary stability of orthodontic mini-implants, according to position, screw-size, and bone quality, in the maxilla of aged patients: a cadaveric study. *Eur J Oral Sci.* 2019;127(5):462-471.

Ngan P, Wilmes B, Drescher D, Martin C, Weaver B, Gunel E. Comparison of two maxillary protraction protocols: tooth-borne versus bone-anchored protraction facemask treatment. *Prog Orthod.* 2015;16:26.



Nienkemper M, Wilmes B, Pauls A, Drescher D. Multipurpose use of orthodontic mini-implants to achieve different treatment goals. *J Orofac Orthop.* 2012;73(6):467-476.

Nojima LI, Nojima MDCG, Cunha ACD, Guss NO, Sant'Anna EF. Mini-implant selection protocol applied to MARPE. *Dental Press J Orthod.* 2018;23(5):93-101.

Orlikova L, Laine J, Varrela J. Skeletaallinen ankkurointi – uusia mahdollisuuksia oikomishoitoon. *Suomen Hammaslääkärilehti* 2012;6(19).

Park JJ, Park YC, Lee KJ, Cha JY, Tahk JH, Choi YJ. Skeletal and dentoalveolar changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion in young adults: A cone-beam computed tomography study. *Korean J Orthod.* 2017;47(2):77-86.

Persson M, Thilander B. Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age. *Am J Orthod.* 1977;72(1):42-52.

Ploder O, Winsauer H, Juengling K, et al. Is There a Significant Difference in Relapse and Complication Rate of Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion Using Tooth-Borne, Bone-Borne, and Orthodontic Mini-Implant-Borne Appliances? [published online ahead of print, 2020 Apr 18]. *J Oral Maxillofac Surg.* 2020;S0278-2391(20)30366-9.

Proffit, William R., Henry W. Fields, and David M. Sarver. *Contemporary Orthodontics*. 5th ed. St. Louis, Mo: Elsevier/Mosby, 2013. Print.

Poggio PM, Incorvati C, Velo S, Carano A. "Safe zones": a guide for miniscrew positioning in the maxillary and mandibular arch. *Angle Orthod.* 2006;76(2):191-197.

Rodriguez JC, Suarez F, Chan HL, Padial-Molina M, Wang HL. Implants for orthodontic anchorage: success rates and reasons of failures. *Implant Dent.* 2014;23(2):155-161.

Sadr Haghighi AH, Pouyafar V, Navid A, Eskandarinezhad M, Abdollahzadeh Baghaei T. Investigation of the optimal design of orthodontic mini-implants based on the primary stability: A finite element analysis. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2019;13(2):85-89.

Serra G, Morais LS, Elias CN, Meyers MA, Andrade L, Müller CA, Müller M. Sequential bone healing of immediately loaded mini-implants: histomorphometric and fluorescence analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010 Jan;137(1):80-90.

Suzuki EY, Suzuki B. Accuracy of miniscrew implant placement with a 3-dimensional surgical guide. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008;66(6):1245-1252.

Suzuki H, Moon W, Previdente LH, Suzuki SS, Garcez AS, Consolaro A. Miniscrew-assisted rapid palatal expander (MARPE): the quest for pure orthopedic movement. *Dental Press J Orthod.* 2016;21(4):17-23.

Thakkar, Digant & Ghosh, Abhisek & Keshwani, Tanisha. (2020). Digital Workflow for CBCT-Guided Customized Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expansion (3D Digital MARPE): A Clinical Innovation. *Journal of Indian Orthodontic Society.* 030157422092669.

Tsai CC, Chang HP, Pan CY, Chou ST, Tseng YC. A prospective study of factors associated with orthodontic mini-implant survival. *J Oral Sci.* 2016;58(4):515-521.

Vande Vannet B, Sabzevar MM, Wehrbein H, Asscherickx K. Osseointegration of miniscrews: a histomorphometric evaluation. *Eur J Orthod.* 2007 Oct;29(5):437-42.

Wehrbein H, Glatzmaier J, Mundwiler U, Diedrich P. The Orthosystem--a new implant system for orthodontic anchorage in the palate. *J Orofac Orthop.* 1996;57(3):142-153.

Wehrbein H, Feifel H, Diedrich P. Palatal implant anchorage reinforcement of posterior teeth: A prospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999 Dec;116(6):678-86.

Wilmes B, Ludwig B, Vasudavan S, Nienkemper M, Drescher D. The T-Zone: Median vs. Paramedian Insertion of Palatal Mini-Implants. *J Clin Orthod.* 2016;50(9):543-551.

Yildirim M, Akin M. Comparison of root resorption after bone-borne and tooth-borne rapid maxillary expansion evaluated with the use of microtomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2019 Feb;155(2):182-190

Ziebura T, Flieger S, Wiechmann D. Mini-implants in the palatal slope--a retrospective analysis of implant survival and tissue reaction. *Head Face Med.* 2012;8:32. Published 2012 Nov 16.