

KASVOJEN 3D-KUVANTAMINEN ORTOGNAATTISILLA POTILAILLA

Johansson, Linda
Syventävien opintojen tutkielma
Hammaslääketieteen tutkinto-ohjelma
Lääketieteellinen tiedekunta
Oulun yliopisto
2/2020
Ohjaaja: professori Pertti Pirttiniemi

TIIVISTELMÄ

Johansson, Linda: Kasvojen 3D-kuvantaminen ortognaattisilla potilailla

Syventävien opintojen tutkielma: 24 sivua

Tutkimuksen aiheena on tutkia ortognaattisten potilaiden pehmytkudosmuutoksia kovakudoksiin kohdistuvan leikkauksen jälkeen. Ortognaattiset potilaat ovat potilaita, joilla siirretään kirurgisesti joko ylä- tai alaleukaa tai molempia leukoja eteen- tai taaksepäin. Tutkimus on retrospektiivinen. Leikkauksen jälkeisiä muutoksia verrattiin leikkausta ennen vallinneeseen tilanteeseen kasvoprofilikuvien ja värikarttojen avulla.

Tutkimukseen käytettiin potilasdokumenttia, joka oli saatavilla Oulun yliopistollisesta sairaalasta. Potilaita tutkimuksessa oli 13. Potilaat kuvattiin kolmiulotteiseksi kuvaksi ennen ja jälkeen kirurgiaa. Leikkauksen jälkeen potilaat saatettiin kuvata useitakin kertoja leikkaustuloksen seuraamiseksi. Leikkausta ennen ja leikkauksen jälkeen otetut kuvat laitettiin tietokoneella päällekkäin ja saatiin värikartta, joka havainnollistaa muutosten suuruuden värien avulla. Punainen tarkoittaa alueen tulevan eteenpäin ja sininen alueen siirtymistä taaksepäin. Vihreä merkitsee alueen pysymistä paikoillaan.

Tutkimuksessa tutkittiin värikarttamenetelmällä kolmiulotteisesti siirtyvätkö pehmytkudokset kirurgian jälkeen kovakudosten mukana ja jos hypoteesin mukaisesti siirtyvät, onko muutos pehmytkudoksissa samaa luokkaa kuin kovakudoksissa.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että kovakudoksia siirrettäessä pehmytkudos tavallisesti seuraa kovakudoksia sagittaalisessa ramusosteotomiassa, mutta Le Fort I osteotomiassa muutos ei ole näin yksioikoinen. Le Fort I osteotomiassa pehmytkudos saattaa siirtyä myös taaksepäin kovakudoksia eteenpäin siirrettäessä.

Kun tiedetään pehmytkudoksen siirtymisen suunta ja suuruus kovakudoksia siirrettäessä, voidaan leikkaustulosta arvioida etukäteen. Tämä on tärkeää leikkauksen lopputulosta arvioitaessa. Visuaalisesta mallintamisesta on apua leikkaavalle kirurgille leikkausta suunniteltaessa sekä myös potilaille, jotka harkitsevat leikkaukseen osallistumista.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. TUTKIMUKSEN TEOREETTINEN TAUSTA	4
2.1 Kasvojen rakenne ja kasvu	4
2.2 Ortognaattinen kirurgia	5
2.3 Hoitomenetelmät	6
2.3.1 Sagitaalinen ramusosteotomia	6
2.3.2 Le Fort I osteotomia	6
2.3.3 Herbstin koje	7
2.3.4 SARPE (Surgically assisted rapid palatal expansion)	7
2.3.5 Hyrax	8
2.4 3D-kuvausmenetelmien mahdollisuudet	8
2.5 Yleisimmät 3D-tekniikat kasvojen kuvantamiseen	9
2.5.1 Stereofotogrammetria	10
2.5.2 Laser	10
2.5.3 Kartiokeilatietokonetomografia	11
2.5.4 Kuvafuusio	12
2.6 Kuvantamiseen vaikuttavia seikkoja	13
2.6.1 Kuvausympäristö ja artefaktat	14
2.6.2 Erilaisten potilaiden kuvantaminen	14
2.7 Värikartta (eng. color map)	15
3. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT	16
4. TUTKIMUSAINESTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT	16
4.1 Käytetyt hoitomenetelmät	17
5. TULOKSET	18
6. POHDINTA	22
7. LÄHTEET	23

1. JOHDANTO

Tässä tutkielmassa tutkittiin potilaita, joille on tehty ortognaattista kirurgiaa Oulun yliopistollisessa sairaalassa. Tutkimuksessa oli mukana 13 potilasta, seitsemän naista ja kuusi miestä. Iältään potilaat olivat 25-62-vuotiaita. Potilailla on siirretty eteenpäin joko ylä- tai alaleukaa tai molempia leukoja.

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää pehmyt- ja kovakudosten muutoksia suhteessa toisiinsa. Siirtyvätkö pehmytkudokset kovakudosten siirron jälkeen samaan suuntaan ja ovatko muutokset sellaisia kuin on suunniteltu. Hypoteesina on, että pehmytkudos seuraa kovakudosta leikkauksen jälkeen. Leikkauksen lopputuloksen kannalta on tärkeää tietää miten pehmytkudokset reagoivat kovakudosten siirtoon. Visuaalinen mallintaminen auttaa leikkaavaa kirurgia suunnittelemaan leikkausta ja antaa potilaalle tukea päätöksen tekemiseen leikkaukseen osallistumisesta.

2. TUTKIMUKSEN TEOREETTINEN TAUSTA

2.1 Kasvojen rakenne ja kasvu

Kasvot ovat kompleksinen ja dynaaminen rakenne, johon vaikuttavat suuresti kovakudos ja sen päällä olevan pehmytkudoksen anatomian välinen suhde. Kasvojen asymmetria kasvattaa tavallisesti kasvojen alaosaa. Leuka (chin ja jaw) on kasvojen asymmetrisin osa, johtuen mandibulan luontaisesta asymmetriasta. Mandibulan sopivalla asennolla ja muodolla on huomattavaa vaikutusta, ei ainoastaan alakasvojen ääriivoihin, vaan myös koko kasvojen ulkonäköön. (Kim & Shin 2018) Tavanomainen kefalometria on ollut arvioimisen ja ortodonttisen diagnoosin standardi 1930-luvulta lähtien. Kefalometrisessä diagnostiikassa perustavaa laatuaan oleva ongelma on, ettei kolmiulotteisia rakenteita voida täydellisesti kuvantaa kaksiulotteisesti. Kefalometrialla on myös vaikea heijastaa

eroavaisuuksia oikean ja vasemman puolen välillä sekä pehmytkudosten analyysin rajoittuneisuus, koska kefalometria keskittyy analysoimaan kovakudoksia. Tämän vuoksi tarvitaan 3D menetelmä pehmytkudosten analysoimiseksi. (Kim & Shin 2018)

Kasvojen kehittymiseen vaikuttavat geenien lisäksi myös epigeneettiset ja ympäristölliset tekijät. Kaikilla ihmisillä geneettisten ja ympäristöllisten tekijöiden suhteellinen osuus eri kasvojen kolmanneksissa vaihtelee yläkasvojen, keskikasvojen ja alakasvojen kolmanneksissa sekä eri ikä- ja sukupuoliryhmissä. (Vuollo ym. 2015) Monotsygoottisilla ja ditsygoottisilla kaksosilla kaikkein eniten variaatiota on alimmassa kasvokolmanneksessa. Monotsygoottisilla kaksosilla kasvojen muoto on analyysien mukaan yhdenmukaisempaa. (Vuollo ym. 2015) Kasvojen pyöreys nuorilla kaksoslapsilla aiheuttaa sen, että kasvoissa on vähemmän eroavaisuuksia. Tämän takia heillä on hyvin samankaltaiset kasvot. (Vuollo ym. 2015)

Mekanismi, joka kontrolloi kasvojen kasvua on edelleen huonosti tunnettu. Vuorovaikutusta esiintyy kaikessa kasvussa ja kehityksessä geneettisten ja ympäristötekijöiden välillä. Mikäli ympäristötekijät vaikuttavat paljon kasvojen kehitykseen, kliinikon on mahdollista muokata kasvua erilaisten laitteiden avulla. Kasvojen kasvuun vaikuttavia ympäristötekijöitä ovat muun muassa suuhengitys, pehmytkudosten venytys ja puremalihasten rakenne/funktio. Genetiikalla on suuri merkitys kasvojen kasvuun, kuten voidaan todeta sukulaisten kasvojen samankaltaisuudesta. Kaksostutkimuksissa on todettu, että genotyypillä on enemmän vaikutusta kasvojen anteroposterioriseen kasvuun kuin vertikaaliseen kasvuun. Tästä hyvänä esimerkkinä on luokan III virhepurenta. (Mitchel 2007, sivu 40)

2.2 Ortognaattinen kirurgia

Ortognaattinen kirurgia tarkoittaa korjaavaa leukakirurgiaa, jota käytetään useisiin kasvojen ja leukojen epämuodostumiin, joissa ylä- ja alaleuka eivät ole hyväksyttävissä suhteissa toisiinsa nähden. (Popat ym. 2012) Tarkoitus on korjata kraniofakiaalisia poikkeamia sekä hampaiden purentaa potilaan kasvojen esteettisen ulkonäön parantamiseksi (Marchetti ym. 2011). Kyseinen kirurgia on hyvin dokumentoitu kliininen toimenpide potilaille, jotka kärsivät dentofasiaalisesta epätasapainosta aiheutuvista toiminnallisista ja esteettisistä ongelmista. (Popat ym. 2012) Ortognaattisen kirurgian

onnistuminen riippuu kirurgisesta tekniikasta ja kirurgisen suunnitelman tarkkuudesta (Stokbro ym. 2014). Ortognaattiskirurgiseen toimenpiteeseen saapuvien potilaiden tavallisimpia ongelmia ovat kasvojen ulkonäkö, huono ruoanhienontamiskyky ja puheongelmat. Hoidon tarkoituksena on luoda kasvojen harmonia, normalisoida toiminta ja maksimoida hoitotuloksen pysyvyys. Hoito on yhdistelmä ortodontiaa ja kirurgiaa. Ortodontiassa hampaat asetetaan oikeille paikoilleen ja tämän jälkeen leuat sijoitetaan kirurgisesti uudelleen. Näin saavutetaan sekä toiminnallisesti että esteettisesti hyväksyttävä lopputulos. (Popat ym. 2012)

Ortognaattisen kirurgian jälkeen voi esiintyä kipua, hikoilua ja tilapäisiä leukalukkoja. Nämä postoperatiiviset oireet voivat esiintyä hyvin aikaisessa vaiheessa ja ne voivat aiheuttaa funktionaalisia toimintahäiriöitä. Pitkittynyt kasvojen turpoaminen voi aiheuttaa potilaalle myös psykologisia oireita. Molempien leukojen siirtäminen kirurgisesti aiheuttaa usein vähemmän turvotusta verrattuna tilanteeseen, jossa siirretään vain toista leukaa. Tämä viittaa siihen, ettei maksillan siirtäminen aiheuta mandibulan alueen turvotusta. Mandibulan alueella turvotus on suurinta leikkauksen jälkeen. (Yamamoto ym. 2016) Ortognaattisen kirurgian jälkeen kasvojen liikkeet vähitellen lisääntyvät suun ympärillä. (Popat ym. 2012)

2.3 Hoitomenetelmät

2.3.1 Sagitaalinen ramusosteotomia

Sagitaalinen ramusosteotomia (eng. sagittal split osteotomy) on toimenpide, jolla alaleukaa viedään luokan II virhepurennan korjaamiseksi taaksepäin. Toimenpide voidaan tehdä myös korjaamaan lievää asymmetriaa. Luu leikataan vinosti lingulan yläpuolelta, retromolaarialueen halki ja vertikaalisesti alas bukkaaliseen levyyn (buccal plate). (Mitchel ym. 2007)

2.3.2 Le Fort I osteotomia

Le Fort I osteotomia on yksi yleisimmistä menetelmistä korjaamaan keskikasvojen deformiteetteja. Menetelmä sallii korjauksen kolmiulotteisesti sisältäen eteen- ja taaksepäin siirtämisen, elongaation ja taaksepäin siirtämisen. Le Fort I on indikoitu usein yhdessä mandibulan kirurgian kanssa luokan II ja III virhepurennoissa, kasvojen asymmetriassa, obstruktiivisessa uniapneassa sekä maksillan atrofiassa. Menetelmää käytetään yleisesti myös keskikasvojen hypoplasiaassa ja maksillan vertikaalisessa liikakasvussa. Tavallisin syy suorittaa Le Fort I osteotomia on luokan III virhepurenta eli progenia. Luokan III purentaan liittyy maksillan hypoplasiaa ja kyseistä purentaa esiintyy yleisesti potilailla, joilla on huuli-suulakihalkio, obstruktiivinen uniapnea ja maksillan atrofia. (Buchanan & Hyman 2013)

Ennen kirurgiaa tulee tehdä kunnollinen ortodonttinen ja kirurginen suunnitelma, jotta varmistutaan adekvaatista lopputuloksesta. Kirurgia on kuitenkin laajasti käytetty johtuen matalasta komplikaatoriskistä ja luotettavasta pitkäaikaistuloksesta. Le Fort I osteotomiaa käytetään usein yhdessä bilateraalisen sagittaalisen split ramusosteotomian (BSRO) kanssa. (Buchanan & Hyman 2013)

2.3.3 Herbstin koje

Herbstin koje on ortodonttinen koje, jota käytetään luokan II virhepurentojen hoitoon yhdessä luustollisten epäsuhtien kanssa. Mahdollinen haitta Herbstin kojeesta on liiallinen alaeuhampaiden protrusio. Tämä liittyy ikenen rekessioon, hampaan tuen katoamiseen ja juuriresorptioon. (Batista ym. 2017) Herbstin kojeella voidaan parantaa myös kasvojen kuperuutta. Kojе muokkaa kondyylin ja ramuksen kasvua. (Souki ym. 2017)

2.3.4 SARPE (Surgically assisted rapid palatal expansion)

SARPE eli englanniksi surgically assisted rapid palatal expansion tai surgically assisted rapid maxillary expansion on kirurginen tekniikka, joka on kehitetty korjaamaan transversaaliset epäsuhdat aikuisilla potilailla eli potilailla, joilla luustollinen kasvu on päättynyt. (Hamedi-Sangsari ym. 2017) SARPE:a käytetään, kun maksillaarisen hammaskaaren epäsuhta on huomattava. (Lee & Perrino 2017) SARPE- hoito tapahtuu

yleensä aikaisessa hoidon vaiheessa sen jälkeen, kun ortodonttinen kahden hammaskaaren dekompensointi on tehty. SARPE-kojeita on kahdenlaisia, ”bone-borne” kojeita, joilla tulos saadaan luustoon vaikuttamalla ja ”tooth-borne”, joilla vaikutus saadaan hampaistoon vaikuttamalla. (Hamedi-Sangsari ym. 2017) Useat kudokset, kuten iho, lihakset, jänteet, verisuonisto ja ien reagoivat hyperplasiaa lisäämällä ja vähitellen sopeutuvat luuston muutoksiin. SARPE voi muuttaa muutoksia pehmytkudoksissa, kuten alar base leveyden kasvamista. (Lee & Perrino 2017)

2.3.5 Hyrax

Hyrax-kojeella saadaan aikaan transversaalista maksillan kasvua, joka on suurinta premolaarien alueella. Tyttöillä transversaalinen midpalatinaalinen kasvu tapahtuu 16-vuotiaaksi asti ja pojilla 18-vuotiaaksi asti. Kun luutumisen on edennyt loppuun, transversaalista levitystä ei voi tehdä ilman kirurgiaa. Midpalatinaalisen suturan luutumisella on suuria yksilöllisiä eroja. Hyrax-kojeen etuja ovat helppo käsiteltävyys, ei ärsytä palatinaalista mukoosaa ja suuhygieniä mahdollistuu hyvin. Haittoja ovat tahaton ankkurihampaiden liikkuminen, joka voi johtaa hampaiden selvään kippaukseen, parodontaalikudosten rasittuminen, ikenen/hampaan trauma sekä korkea relapsiriski. Kasvavasti käytetty menetelmä on ankkuroida koje skeletaalisesti palatinaalikaareen. Tämän menetelmän etuja ovat voiman välittyminen kiertoruuvista suoraan luurakenteisiin eikä se hyödynnä hammasankkurointia. On esitetty, että relapsiriski pienenee, kun voima välitetään suoraan luurakenteisiin. (Kunz ym. 2016)

Hyrax-kojeen tavallisin ei-haluttu lopputulos on asymmetrinen laajeneminen. Tätä voi seurata hampaan tummuminen ja paikallinen infektio. Mitä laajempi levitys Hyraxilla tehdään sitä enemmän asymmetristä laajenemista tapahtuu. (Pereira ym. 2018)

2.4 3D-kuvausmenetelmien mahdollisuudet

Menetelmät, jotka tarjoavat kasvojen muodon objektiivisen arvioinnin, ovat yhä tärkeämmässä roolissa muun muassa ortodontiassa, epämuodostumien tutkimisessa, genetiikassa ja kirurgiassa (Heike ym. 2010). Kolmiulotteinen visuaalinen suunnittelu

tarjoaa uusia mahdollisuuksia visualisoida hammaskaarten ja ympäröivien kudosten suhteita virtuaalisella mallilla. Kolmiulotteisella suunnittelulla on useita etuja tavanomaiseen suunnitteluun verrattuna. Diagnoosia voidaan arvioida, kun hampaiden kallistuminen, leukojen epämuodostumat ja kasvojen asymmetriat havaitaan paremmin kuin mitä ne havaittaisiin kefalometrisestä lateraalikallokuvasta ja kipsimalleilta. (Stokbro ym. 2014) Pehmeäkudoksen viskoelastisten ominaisuuksien kuvaaminen on avainasemassa tarkan kirurgisen lopputuloksen arvioimisessa (Marchetti ym. 2011). 3D-virtuaalisuunnittelu tarjoaa lisäksi kirurgille vapauden simuloida erilaisia kirurgisia toimenpiteitä, jotta lopputulos olisi potilaan kannalta paras. (Stokbro ym. 2014)

3D-virtuaalisuunnittelu helpottaa myös leukanivelten sentrisen suhteen arviointia ja korjaamista ennen leikkausta. Sentrisen suhteen korjaaminen helpottaa kirurgisen suunnitelman toteutusta ja vähentää leukanivelten jännitystä ortognaattisen kirurgian jälkeen. Tämä on tärkeää, koska leikkauksen jälkeen sekä kondyylin siirtymistä ja resorpoitumista on raportoitu. (Stokbro ym. 2014) Kirurgiassa tarkkuus paranee ja komplikaatiot vähenevät virtuaalitekniikoiden myötä (Schendel & Lane 2009). Ortognaattisen kirurgian tarkka hoidon suunnittelu on välttämätöntä, jotta saavutetaan optimaalinen estetiikka sekä okklusaalinen tulos (Stokbro ym. 2014).

2.5 Yleisimmät 3D-tekniikat kasvojen kuvantamiseen

Kasvojen 3D-kuvantaminen on yleistymässä nopeasti kraniofakiaalisilla klinikoilla ja tutkimuskeskuksissa. Teknologia tarjoaa erinomaisen työkalun kraniofakiaalisen morfologian määrittämiseen. 3D-kuvantaminen on nopeaa ja helppoa, mikä on nopeasti johtanut sen yleistymiseen ensisijaisena kasvojen kuvantamismenetelmänä. (Heike ym. 2010) Viimeaikainen 3D-kuvantamisen kehittyminen on tarjonnut maksillofakiaaliselle kirurgialle tehokkaan työkalun nopealle, noninvasiiviselle ja tarkalle pehmeäkudoksen pinnan rakenteen ja tekstuurin kuvaamiselle. (Yamamoto ym. 2016) Kuvia voidaan noninvasiivisuuden ansiosta ottaa niin usein, kun tarvitaan ja 3D-menetelmä sopiikin esimerkiksi pehmeäkudoksen turvotuksen seurantaan. (Yamamoto ym. 2016)

Monimutkaisen kirurgian ja ortodonttisten menetelmien onnistuminen riippuu suuresti huolellisesta ja tarkasta suunnittelusta, jossa käytetään hyväksi 3D-diagnostista informaatiota maksillafakiaalisesta luustosta ja pehmytkudoksista. (Terajima ym. 2008) Erityisesti kraniofasiaalisessa kirurgiassa tietokoneavusteisella lääketieteellisellä

kuvantamisella on suuri potentiaali auttaa hoidon ja kirurgian suunnittelussa ja se auttaa arvioimaan objektiivisesti hoidon lopputulosta. (Da Silveira ym. 2003) Kunnollisella visuaalisella mallilla kasvojen muutoksesta ortognaattisen kirurgian jälkeen on hyötyä klinikolle hoidon suunnittelussa ja myös potilaalle päätöksenteon tueksi. (Popat ym. 2012) 83% potilaista kokee saavansa tukea päätökseen mennä ortognaattiskirurgiseen leikkaukseen, kun ensin on tehty ennusteita ja analyysejä pehmytkudosvasteesta luiden siirtämiselle. (Olate ym. 2017) 3D-informaatiota pidetäänkin tärkeänä diagnoosin teossa ja hoidon vaikutuksen arvioimisessa. (Terajima ym. 2008)

2.5.1 Stereofotogrammetria

Kasvojen kliiniseen 3D-kuvantamiseen yleisin tekniikka on stereofotogrammetria (Heike ym. 2010, Schendel & Lane 2009). Kasvoihin stereofotogrammetriaa on sovellettu ensimmäisen kerran vuonna 1967 (Schendel & Lane 2009). Menetelmällä pystytään tarkasti mallintamaan kasvojen pintageometriaa ja kartoittamaan realistinen väri- ja tekstuuri-data geometriseen muotoon, joka johtaa aidon tuntuiseen luonnokseen (Heike ym. 2010). Stereofotogrammetria on siis pinnan kuvantamista kolmiulotteisesti digitaalisessa muodossa. Stereofotogrammetrialla on mahdollisuus parantaa kliinistä hoitoa esimerkiksi helpottamalla kirurgista suunnittelua, parantamalla lopputuloksen arviointia ja avustamalla syndroomien kuvausta. Stereofotogrammetria tarjoaa kvantitatiivisesti parantunutta informaatiota kasvojen pehmeäkudoksista. (Heike ym. 2010)

Menetelmällä on lukuisia etuja. Stereofotogrammetrian invasiivisuus on pieni, menetelmän kuvanottoaika on nopea (usein alle 1 sekunti), kuvia voidaan arkistoida myöhempää tarvetta varten, menetelmällä on korkea tarkkuus ja virheettömyys. (Heike ym. 2010)

Stereofotogrammetria perustuu yhdellä tai useammalla stereoparilla yhtäaikaaisesti otettaviin kuviin. Kuvia otetaan samasta kohteesta kaksi kuvaa eri etäisyyksiltä, jolloin kuvaan saadaan ulottuvuus. Pinnan informaatio muutetaan sarjaksi koordinaatteja, jotka on määritelty xyz-koordinaatistossa. (Schendel & Lane 2009)

2.5.2 Laser

Laserkuvantaminen on yksi suosituimmista kolmiulotteisen kuvantamisen tavoista. (Da Silveira ym. 2003) 3D-laser skannaus on noninvasiivinen kuvantamismenetelmä, jolla voidaan mitata pinnan muutoksia esimerkiksi ajan suhteen. (Yamamoto ym. 2016) Laserilla voidaan kuvata ainoastaan näkyviä pintoja. Laserskanneri asetetaan metrin päähän kuvattavasta kohteesta ja eri kulmista suoritetaan viisi eri skannausta. Skannaukset viidestä eri suunnasta ovat oleellisen tärkeitä 360 asteen yhdistelmäkuva luomiseksi. (Da Silveira ym. 2003) Tyypillinen kasvojen kuvantaminen sisältää noin 80 000 pistettä, jotka muodostavat suunnilleen 160 000 kolmiota. Kraniofasilaalinen muoto luonnostellaan ensin asettamalla manuaalisesti 30 pistettä, 10 keskilinjaan ja 10 sekä oikealle että vasemmalle. Näitä pisteitä täydennetään käyrillä olevilla lisäpisteillä (semi-landmarks) ja pinnoilla parantamaan sellaisten kasvojen alueiden kuvantumista, joissa ei ole anatomisia maamerkkejä. (Prasad ym. 2015)

Laserilla on noninvasiivisuuden lisäksi monia muitakin etuja. Se on menetelmänä helppokäyttöinen, nopea, laite on itsekalibroituva, kuvien vääristymät korjataan itsestään ja se sallii pehmytkudosten piirteiden analysoimisen täydessä 3D-spektrissä, kun kasvojen pintaa skannataan. Skannaus kestää yhden sekunnin. Laseria voidaan käyttää muun muassa analysoimaan kasvojen morfologiaa kirurgian jälkeen. Vaikka laserilla on monia etuja, sillä on myös puutteita erityisesti lapsia kuvatessa. Vauvat eivät pysy tarpeeksi pitkään paikoillaan ja kasvon ilmeiden muutokset (mm. itku) voivat vaikuttaa kasvojen morfologian rekisteröintiin. (Da Silveira ym. 2003)

2.5.3 Kartiokeilatietokonetomografia

Kartiokeilatatomografia (KKTT) eli englanniksi Cone beam computed tomography (CBCT) on radiografiseen säteilyyn perustuva kolmiulotteinen kuvantamismenetelmä. Alhaisimman mahdollisen säteilyaltistuksen -säännön tulee ohjata klinikkoja heidän tehdessään päätöksiä säteilyn käytöstä ja säteilyn tarpeesta, jotta diagnoosi saadaan oikeaksi ja hoidon suunnittelu sekä hoidon lopputuloksen arviointi voidaan tehdä tarpeeksi luotettavasti. Erityisesti tämä koskee lapsia. Yksi menetelmän eduista kaksiulotteiseen kuvantamiseen verrattuna on sen kyky tarjota kolmiulotteista tilavuus-, pinta- ja poikkileikkaustietoa kraniofasiaalisesta rakenteesta. (Kapila & Nervina 2015)

Kartiokeilatomografiaa tulee käyttää siten, että kuvausalue on mahdollisimman pieni. Kartiokeilatomografiaa hyödynnetään ortodontiassa diagnostiikassa, hoidon suunnittelussa ja tutkimuksessa. Hoidon suunnittelun indikaatioita ovat impaktoituneet hampaat, huuli- ja suukihalkion ja luuston poikkeavuudet, jotka vaativat kirurgista hoitoa, hammasjuuren resorpoituminen, ylilukuiset hampaat, leukanivelen patologia, asymmetriat, alveoliluun reunan tilan selvittäminen. KKTT:a käytetään myös muun muassa hengitysteiden morfologian selvittämiseen, obstruktiivisen uniapnean selvittämiseen, leukanivelen morfologian ja parentavirheisiin liittyvän patologian selvitykseen sekä ortognaattisen ja kraniofasiaalisen kirurgian selvittämiseen. Ortodontiassa impaktoituneet kulmahampaat ovat luultavasti yleisin indikaatio KKTT-kuvantamiselle. Impaktoituneiden hampaiden tapauksessa diagnoosi paranee ja hoidon suunnittelu tarkentuu huomattavasti KKTT-kuvantamisen avulla. Impaktoituneen hampaan juuren resoptiosta saadaan tietoa, joka voi olla kriittistä hoitosuunnitelman tekemisen suhteen. KKTT-kuvantaminen parantaa diagnostiikkaa esimerkiksi siten, että nähdään, poistetaanko vahingossa terve vai juuresta resorpoitunut hammas. Mahdolliset parentavirheiden syyt voidaan myös tunnistaa; tästä esimerkkinä esimerkiksi leukanivelen aiheuttama avopurenta tai asymmetria. (Kapila & Nervina 2015)

Kartiokeilatietokonetomografian huonoja puolia ovat potilaan säteilyaltistus ja kuvauksen hinta. KKTT:lla on kuitenkin monia etuja. Diagnostiikka parantuu esimerkiksi impaktoituneiden ja ylilukuisten hampaiden kohdalla. Vamman tai epämuodostuman suuruus voidaan määrittää esimerkiksi potilailla, joilla on kraniofasiaalinen epämuodostuma. Kartiokeilatietokonetomografia parantaa myös erotusdiagnostiikkaa skeletaalisen ja dentaalisen parentavirheen tai näiden yhdistelmien välillä. Kartiokeilatietokonetomografiaa suositellaan tilanteissa, joissa kliinistä tutkimusta täydentävillä tavanomaisilla radiografisilla kuvantamismenetelmillä ei saavuteta hyväksyttävää lopputulosta. Näihin kuuluvat impaktoituneet hampaat, huuli- ja suulakihalkio potilaat sekä ortognaattisen ja kraniofasiaalisen kirurgian potilaat. Muita mahdollisia käyttökohteita ovat ne, joissa hyöty-riski suhteen katsotaan olevan positiivinen. Näihin kuuluvat ylilukuiset hampaat, puhkeamattoman hampaan aiheuttamat juuren resorptiot, alveoliluun reunan arvioiminen, leukanivelen degeneraatio ja etenevät purenna muutokset. (Kapila & Nervina 2015)

2.5.4 Kuvafuusio

Kuvafuusio sisältää eri kuvausmodaliteettien tuottamia kuvia, jotka yhdistetään potilas-spesifiseksi anatomiseksi rekonstruktioksi (PSAR). Kuvafuusiosta yhdistetään tietoa, joka saadaan tietokonetomografialla (CT), kartiokeilatietokonetomografialla (CBCT), magneettikuvauksella (MRI) ja pinnan kuvan skannauksella. PSAR:a voidaan käyttää virtuaalisen kirurgian suorittamiseen sekä tarkan ja objektiivisen hoitosuunnitelman tekemiseen kasvojen epämuodostumien korjaamiseksi. Potilas-spesifinen anatominen rekonstruktio kasvattaa potilaskeskeisen hoidon potentiaalia, toimii opiskelun tukena ja hoitosuunnitelmien kehittämisessä sekä parantaa kirurgian lopputuloksia parantamalla tarkkuutta ja alentamalla komplikaatioriskejä. Kuvafuusio on erityisen hyvä, kun epämuodostumat ovat kompleksisia sisältäen funktionaalisen ja esteettisen osan. Tällaisia tilanteita tulee vastaan esimerkiksi ortognaattisessa kirurgiassa. (Schendel & Lane 2009)

Epämuodostumien vaikeuden kasvaessa tarvittavan kirurgisen 3D rekonstruktion suunnittelun merkitys kasvaa. Kuvafuusion yksi merkittävistä eduista on, että lukuisia hoitosuunnitelmia voidaan arvioida ilman riskiä tai lisäkustannuksia. Lopulta paras hoitosuunnitelma voidaan valita. Tietokonekuvauksen edistysaskeleet ovat mullistaneet dentofasiaalisen eli hampaita ja kasvoja koskevien epämuodostumien ja ortognaattisen kirurgian hoidon. Potilas-spesifisen anatomisen rekonstruktion luominen rutiinisti kuvafuusiotekniikalla on mahdollista. Tämä mahdollistaa kattavamman diagnostiikan ja hoidon suunnittelun sekä virtuaalisen ortodontisen ja kirurgisen hoidon. Näin hoitojen lopputulokset paranevat. (Schendel & Lane 2009)

2.6 Kuvantamiseen vaikuttavia seikkoja

Kuvantamisessa tulee ottaa huomioon kuvausympäristö, kuvauslaadun maksimoiminen ja erilaiset kuvattavat potilaat (Heike ym. 2010).

Suurin rajoittava tekijä kolmiulotteiselle virtuaaliselle suunnittelulle on säteilyaltistuksen kasvaminen. KKTT-kuvia otetaan leikkausta ennen ja sen jälkeen. Säteilyaltistuksen takia tulee aina yksilöllisesti tarkastella sitä, saavutetaanko suurempi hyöty käyttämällä 3D virtuaalista kirurgista suunnitelmaa verrattuna kasvaneeseen säteilyaltistukseen. Etujen ja haittojen arvioinnin tulee siis olla osa hoitosuunnitelman valintaa. (Stokbro ym. 2014)

2.6.1 Kuvausympäristö ja artefaktat

Kuvauslaitteen tilan tulee olla sopiva. Ympäristön valo vaikuttaa kuvien laatuun. Tilan tulee olla myös turvallinen. Kuvan laatua maksimoidaan useilla tekijöillä. Artefaktat ovat kuvaan syntyneitä virheitä. Hiukset ja muu karvoitus, kuten parta aiheuttavat kuvausartefaktoja, koska useimmat stereofotogrammetrialaitteet eivät pysty kuvaamaan niitä. Tällöin voi aiheutua merkittävää pään ja kasvojen alueen informaation katoamista. Erityisesti korvat ja otsa sijaitsevat alueilla, joilla on yleensä karvoitusta ja voivat siksi kuvautua heikosti. Apuna voidaan käyttää pinnejä ja päänmyötäistä lakkia (wig cap). Myös silmälasit ja muut heijastavat esineet voivat aiheuttaa artefaktoja ja siksi kuvantaminen tehdäänkin ylimääräiset esineet pois riisuen. Kiiltävä öljyinen iho ja meikki saattavat aiheuttaa myös kuvausvirheitä. Jotkin vaatteet, kuten kaulahuivi, voivat vaikuttaa kaulan, alaleuan ja korvien kuvaamiseen. Kuvantamisessa ideaalia on, että potilaalla on mahdollisimman neutraali ilme. Usein kasvojen rentouttaminen riittää. Tällöin kasvojen mittasuhteet säilyvät ja varmistetaan optimaalinen näkyvyys. Erityisen alttiita artefaktoille ja informaation katoamiselle ovat nenäalainen ja leuanalainen alue. Kuvauksen mahdollisimman hyvään onnistumiseen voidaan edellä mainittujen tekijöiden lisäksi vaikuttaa esimerkiksi kuvattavan oikealla pään asennolla, jonka tulisi olla muutaman asteen taaksepäin sekä kuvattavan potilaan vertikaalisella liikuttelulla. (Heike ym. 2010)

2.6.2 Erilaisten potilaiden kuvantaminen

Kuvattavana on monenlaisia potilaita, joista tietyt ryhmät tarvitsevat erityistä huomiota kuvantamistilanteen suhteen. Tällaisia potilasryhmiä ovat esimerkiksi lapset ja kehityshäiriöistä kärsivät.

Ensinnäkin lapselle ja tämän vanhemmalle, joka usein on kuvaustilanteessa läsnä, tulee taata turvallinen reitti huoneen läpi kuvaustuolille. Pienet lapset saattavat olla ennalta arvaamattomia, joten vanhempien olisi hyvä pitää heistä kiinni, kunnes lapsi on saatu kuvaustuoliin. (Heike ym. 2010) Laserilla imeväisikäisiä kuvatessa lapsi istuu vanhemman sylissä ja heidän välissään on litteä tausta, jolloin vanhempi ei häiritse lapsen kuvautumista. (Da Silveira ym. 2003) Lapset saattavat myös ahdistua aikuisia enemmän kuvaustilanteesta, jolloin vanhemman on hyvä jäädä lapsen viereen. Tämä lisää myös kuvaustilanteen turvallisuutta. Pienet lapset ovat usein aikuisia ilmeikkäämpiä, mikä ei ole

kuvantamisen laadun takaamiseksi optimaalista. Tällöin voidaan tarvita muun muassa erilaisia harhautuskeinoja lapsen huomion viemiseksi. Vanhemmat lapset osaavat usein noudattaa ohjeita ja rentouttaa kasvojaan pyydettyä. (Heike ym. 2010)

Henkilöt, joilla on erityistarpeita voivat olla tarkkaamattomia, olla ihmeissään kuvauslaitteista, haluttomia pukemaan pään myötäistä hattua tai voivat olla kykenemättömiä ylläpitämään pyydettyä ilmettä. Samat piirteet koskevat jossain määrin myös henkilöitä, jotka kärsivät psyykkisistä sairauksista. Kuvanottajan tulee näissä tilanteissa ottaa tavallista enemmän kuvia, jotta varmistetaan tarvittavan informaation saaminen. Myös lisäaika on tarpeen. (Heike ym. 2010)

2.7 Värikartta (eng. color map)

Kolmiulotteista värikarttaa käytetään analysoimaan kasvojen pinnan muutoksia x-, y- ja z-koordinaatistossa. Menetelmällä voidaan mitata luuston kirurgista liikkumista ja sillä voidaan myös esittää pehmeäkudoksen muutokset kolmiulotteisesti ennen ja jälkeen leikkauksen. (Almukhtar ym. 2018) Värikartalla esitetään graafisesti kolmiulotteisesti kahden kuvan välinen etäisyys referenssipisteeseen nähden. (Jayaratne ym. 2010) Värit positiivisessa päässä kuvailevat alueita, jotka ovat referenssipisteestä ulospäin tai turvonneet. Sen sijaan värit, jotka ovat väriskaalan negatiivisessa päässä, esittävät alueita, jotka ovat referenssipisteen takana demostroiden fysikaalisten mittausten reduktiota, taaksepäin liikkumista tai kudosten littenemistä. (Jayaratne ym. 2010) Ennen ja jälkeen kirurgiaa tapahtuvasta analysoinnissa käytetään pehmeäkudosmuutoksia kuvattavaa rekisteröintiä maksillaa ja mandibulaa eteenpäin tuovassa kirurgiassa. (Almukhtar ym. 2018)

Menetelmä perustuu kolmiulotteiseen morfologian tallentamiseen käyttäen noninvasiivista 3D-kuvaustekniikkaa. Noninvasiivisuus tekee menetelmästä potentiaalisen menetelmän rutiininomaiseen kliiniseen arviointiin. Menetelmän puutteena on, etteivät kolmiulotteisten kuvien väliset lyhimät etäisyydet välttämättä esitä vastaavia todellisia etäisyyksiä anatomisten piirteiden välillä. (Almukhtar ym. 2018)

Pehmyt- ja kovakudosten välisiin arvoihin vaikuttavat potilaan asento preoperatiivisesti verrattuna postoperatiiviseen asentoon, painon putoaminen tai lisääntyminen, postoperatiivinen turvotus, postoperatiiviset ortodonttiset muutokset, ortodonttististen

kojeiden poistaminen sekä kojeiden vaikutus huulen asentoon. (Olate ym. 2017) Värikartalla voidaan objektiivisesti arvioida kraniofakiaalisia rakenteita, parannetaan visuaalista ymmärrystä ja kommunikaatiota potilaiden välillä. (Jayaratne ym. 2010)

3. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Tutkimusaineistona on 13 erikoissairaanhoidon potilasta, jotka on hoidettu Oulun yliopistollisessa sairaalassa. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, onko potilaiden pehmyt- ja kovakudosten siirtyminen samaa luokkaa maksillofasiaalisen kirurgian jälkeen ja onko muutos tapahtunut siellä missä sen haluttiin olevan. Tutkimuksen tarkoitus toimii samalla tutkimusongelmana.

4. TUTKIMUSAINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimusaineistona on Oulun yliopistollisessa sairaalassa hoidetut 13 potilasta. Aineisto oli kerätty aikavälillä 2010-2013 ja koottu yhtenäiseksi tiedostoksi analysointia varten. Potilaista seitsemän oli naisia ja kuusi miehiä. Potilaiden iän mediaani oli 37 vuotta. Potilaista nuorin oli 25-vuotias ja vanhin 62-vuotias. Potilaita hoidettiin ortodontian, kirurgian ja mahdollisesti protetiikan avulla.

Potilailla esiintyviä purentavirheitä olivat Angle II purenta eli retroгнаattinen alaleuka, Angle III purenta eli progenia, suuri horisontaalinen ja vertikaalinen ylipurenta, etualueen avopurenta, ristipurenta sekä leukojen välinen sagittaalinen epäsuhta.

Lisäksi potilailla esiintyviä piirteitä olivat rullautuva mentolabiaaliuurre, rullautuva alahuuli, suora profiili, syventynyt mentolabiaaliuurre, prominoiva leuan kärki, pieni alakasvokorkeus, molempien leukojen retrognatia, kapea maksilla, puutteellinen huulisulku, avautuva luustomalli, sulkeutuva luustomalli, lievä laterogantia, alahuulen

asento ylähuulta edempänä, puutteellinen huulisulku, korostunut leuankärjen pehmytkudostyynty, maksillan prognaattisuus, ortognaattinen mandibula, kondyylien tasoittuminen, arka puremalihaksisto, kipu leukanivelissä suun liikkeiden aikana, leukanivelten rahina, suurentunut alakasvokorkeus, vasemmalla sijaitseva leuan kärki, huulet raollaan levossa, suora labionasaalikulma, leukojen ortognaattisuus, sagittaalinen epäsuhta leukojen välillä sekä alaleuan kärki oikealla.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin värikarttamenetelmää. Potilaat kuvattiin kolmiulotteisesti stereofotogrammetrialla ennen ja jälkeen hoidon. Potilaiden kasvojen pehmytkudosten muutoksista on muodostettu värikartta (color map), joka esittää visuaalisesti potilaan pehmytkudosten tilanteen ennen leikkausta verrattuna leikkauksen jälkeiseen tilanteeseen. Punainen väri tarkoittaa, että alue on tullut referenssipisteeseen nähden eteenpäin ja sininen alueen siirtymistä taaksepäin.

4.1 Käytetyt hoitomenetelmät

Suurelle osalle potilaista tehtiin oikomishoitoa yhdessä ortognaattisen kirurgian kanssa. Osalle potilaista tehtiin pelkästään kirurgista hoitoa ja yhdelle potilaista tehtiin ainoastaan oikomishoitoa Herbstin kojeen avulla.

Kuudelle potilaalle tehtiin sagittaalisella ramusosteotomialla alaleuan pidennys (Taulukko 1.) ja kolmelle potilaalle sagittaalinen ramusosteotomia yhdessä Le Fort I-osteotomian kanssa. Yhdelle potilaista tehtiin genioplastia eli leuan kärjen muotoilu. Kahdelle potilaalle käytettiin SARPE-kojetta yhdessä Hyrax-kojeen kanssa ja yhdelle potilaista käytettiin Herbstin kojetta pitämään distaalista alaleukaa eteentyönnettynä suun toimintojen aikana. Osalle potilaista tehtiin proteettista hoitoa ja yhdelle potilaista tehtiin parodontologista hoitoa.

Potilaille tehtävä oikomishoito oli ylähammaskaaren levitystä ja pyöristystä, juurten torkkausta, kiinteät oikomiskojeet esimerkiksi inkisiivien kallistuskulman parantamiseen, alaeuhampaiden intrudoimista ja hammaskaaren tasoittelua ja muotoilua.

5. TULOKSET

Potilaille tehdyn kovakudossiirron määrä määrittää pehmytkudosmuutoksen suuruuden suurimmassa osassa potilastapauksia. Potilaalle 1 tehty kovakudossiirto eteenpäin oikealla on 8mm ja vasemmalla myöskin 8mm ja tulos pehmytkudoksissa on pehmytkudosten eteenpäin siirtyminen 8,3mm. Potilaalla 2 kovakudoksia siirrettiin oikealla 6mm eteenpäin ja vasemmalla 8mm. Pehmytkudokset siirtyivät hänellä eteenpäin 7,5mm. Kaikilla potilailla pehmytkudosten siirtyminen ei ole näin tarkkaan kovakudosten siirron keskiarvo. Esimerkiksi potilaalla 3 kovakudoksia siirrettiin eteenpäin oikealla 4 mm ja vasemmalla 6mm ja lopputulema pehmytkudosten siirtymisestä oli 3mm eteenpäin.

Potilaalle 7 tehtiin Ortodonttis-kirurginen hoito, jossa operatiivisena osana Le Fort I osteotomia ja maksillan eteenpäin siirto. Lopuksi potilaalle tehtiin vielä protetiikkaa. Le Fort I ostetomiolla maksillaa tuotiin eteenpäin oikealla 4mm ja vasemmalla 3mm. Eniten muutoksia tapahtui alaleuan asemassa. Alaleuka kiertyi alas ja taakse. Myös alakasvokorkeus on suurentunut jonkin verran ja ylähuuli siirtynyt eteenpäin. Paranasaaliset regiit ovat tulleet täyteläisemmiksi ja posket kaventuneet. Kasvoanalyysiin saattaa vaikuttaa se, että potilas on pudottanut painoa paljon.

Taulukko 1. Toimenpiteet potilaittain, kovakudossiirron määrä ja pehmytkudosten siirtyminen. +-merkillä merkitty pehmytkudossiirtymä eteenpäin ja - -merkillä merkitty pehmytkudosten siirtyminen taaksepäin. x= keskiarvo

potilas	tehty hoito	siirron määrä oikea/vasen	(mm)	pehmytkudosmuutos (mm)
#1	SRO	8/ 8		+ 8,3
#2	SRO	6/ 8		+ 7,5
#3	SRO	4/ 6		+ 3
#4	SRO	6/ 6		+ 4
#5	SRO	4/ 5		+ 5
#6	SRO	5/ 3 ; alakeskiviivaa vasemmalle	kiertäen 1,5mm	+ 6
x		5,5/ 6		+5,6

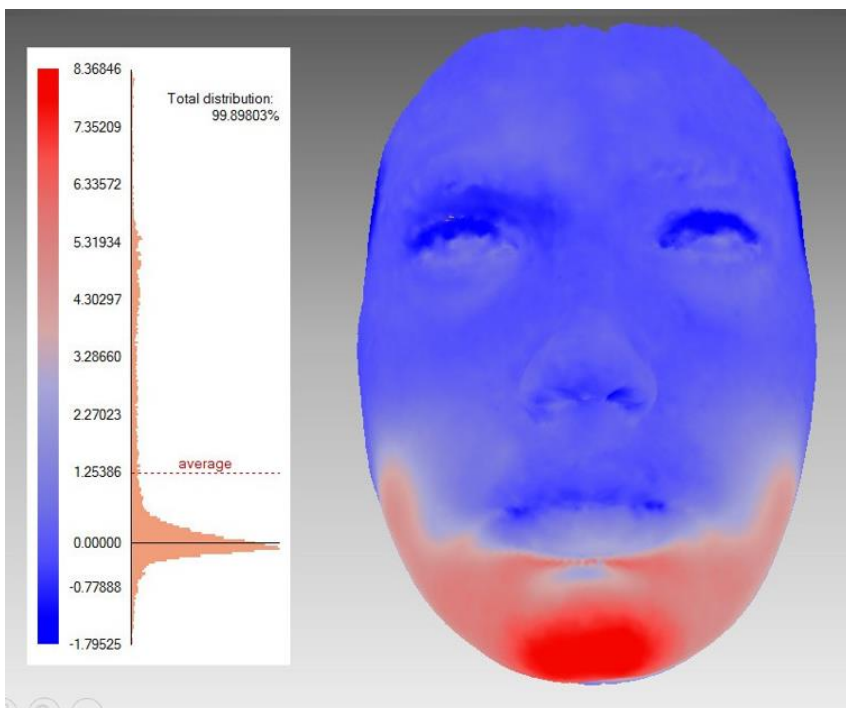
#7	Le Fort I	4/ 3	+ 5
#8	Le Fort I	nosto takaa 2, edestä 1	- 0,8
#9	Le Fort I	4/ 7	-6 (mandibula)
x		4/ 5	-0,6
#10	SRO + LE Fort I	SRO: 10, 10; Le Fort I: eteen 4, nosto koko matkan oik 2 ja vas. 3	+ 5
x		10/10	5
#11	Sarpe+ Hyrax+ Le Fort I	3/ 4	- 1,5
x		3/4	-1,5
#12	Sarpe + Hyrax		
x			
#13	Herbs		+ 0,5
x			+0,5

Potilaalla 1 alaleukaan tehtiin sagittaaliosteotomia symmetrisellä 8 mm siirrolla ja pehmytkudosmuutoksen alaleuan alueella Pogonion-pisteestä mitattuna oli 8,3 mm (Kuva 1.). Värikartasta (Kuva 1.), jossa verrataan ennen leikkausta vallinnutta tilannetta 2 kuukautta leikkauksen jälkeiseen tilanteeseen, havaitaan suurin pehmytkudosmuutos tapahtuneen leuan kärjen alueella. Suurin muutos eteenpäin näkyy värikartassa tummanpunaisena. Muutosta on tapahtunut myös laajemmalla leuassa, joka havaitaan värikartasta vaaleamman punaisena.

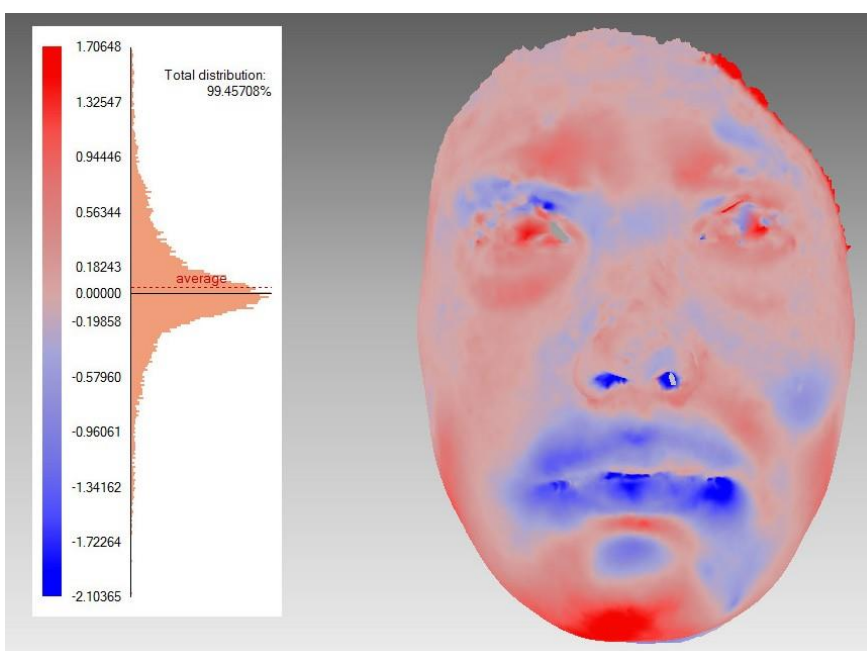
Värikartasta, joka kuvaa tilannetta 6 kuukautta leikkauksen jälkeen verrattuna 14 kuukautta leikkauksen jälkeen vallinneeseen tilanteeseen (Kuva 2.) osoittaa, että pientä pehmytkudosmuutosta tapahtuu edelleen yli vuosi leikkauksen jälkeen. Leuan kärki on tullut eteenpäin samalla kun huulet, varsinkin alahuuli on liikkunut taaksepäin (sininen väri).

14 kuukautta hoitojen jälkeen otettu värikartta verrattuna simulaatio värikarttaan (Kuva 3.) näyttää simulaation liioittelevan huulten asemaa. Simulaatiossa oltiin oletettu huulten

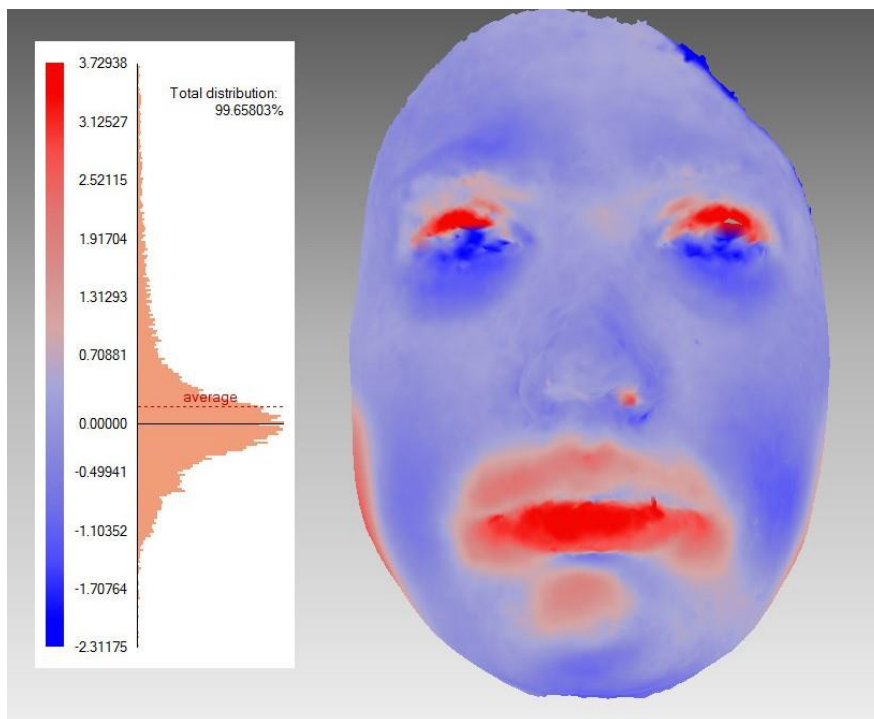
siirtyvän enemmän eteenpäin kuin ne todellisuudessa siirtyvät. Pientä liioittelua on myös leuan alueella, mutta keskimäärin leukojen alueella simulaatio ja 14 kuukautta leikkauksen jälkeen otettu värikartta vastaavat hyvin toisiaan.



Kuva 1. Potilaan pehmytkudosmuutokset ennen leikkausta verrattuna 2 kuukautta hoidon jälkeen. Leuan kärki siirtynyt 8,3 mm eteenpäin alaleuan sagittaalisen ramusosteotomia jälkeen.

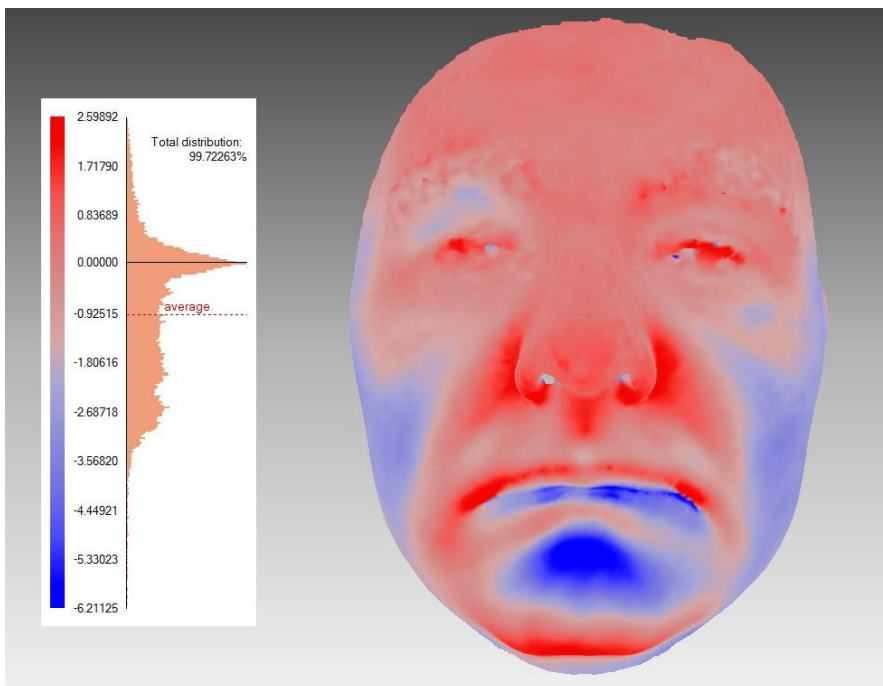


Kuva 2. Saman potilaan värikartta 6 kuukautta hoidon jälkeiseen tilanteeseen verrattuna 14 kuukautta hoidon jälkeiseen tilanteeseen.



Kuva 3. 14 kuukautta hoitojen jälkeen otettu värikartta ja simulaatio värikartta kuva päällekkäin. Värikartasta havaitaan simulaatiokuvan huulten asemaa liioitteleva sijainti.

Potilaalle 7 tehtiin Ortodonttis-kirurginen hoito, jossa operatiivisena osana Le Fort I osteotomia ja maksillan eteen siirto. Lopuksi potilaalle tehtiin vielä protetiikkaa. Le Fort I ostetomiolla maksillaa tuotiin eteenpäin oikealla 4mm ja vasemmalla 3mm. Eniten muutoksia tapahtui alaleuan semassa. (Kuva 4.) Alaleuka kiertyi alas ja taakse. Myös alakasvokorkeus on suurentunut jonkin verran ja ylähuuli siirtynyt eteenpäin. Paranasaaliset regiit ovat tulleet täyteläisemmiksi ja posket kaventuneet. Kasvoanalusiin saattaa vaikuttaa se, että potilas on pudottanut painoa paljon.



Kuva 4. Le Fort I osteotomian ja maksillan eteen siirto leikkauksen 12 kuukautta jälkeenpäin otettu värikartta verrattuna ennen leikkausta otettuun värikarttaan.

6. POHDINTA

Vaihtelevan asteista kasvojen asymmetriaa esiintyy kaikilla yksilöillä. Kova- ja pehmytkudosten kefalometrista analyysiä käytetään analysoimaan potilaita, joilla on kasvojen deformeetti aiheutuneena ortognaattisesta kirurgiasta tai jostakin muusta kraniofasiaalisesta kirurgiasta, joka voi vaikuttaa kasvojen ääri viivoihin.

Tulokset ovat aineiston pienestä määrästä johtuen suuntaa antavia. Hypoteesina oli, että pehmytkudos seuraa kovakudosta leikkauksen myötä. Saadut tulokset tukevat hypoteesia. Tulosten mukaan potilaiden pehmytkudos siirtyy kovakudossiirron mukana. Osalla potilaista kudosten siirto korreloi hyvin, mutta osalla potilaista pehmytkudoksen siirtyminen on vähäisempää kuin kovakudoksen siirtyminen. Tulokset osoittivat, että sagittaalisen ramusosteotomian yhteydessä pehmytkudos seuraa kovakudosta parhaiten. Le fort I osteotomiassa potilaan kovakudoksia tuotaessa eteenpäin pehmytkudos sen sijaan siirtyy tutkimillamme potilailla taakse päin.

7. LÄHTEET

- Almukhtar A, Khambay B, Ju X & Ayoub A (2018) Comprehensive analysis of soft tissue changes in response to orthognathic surgery: mandibular versus bimaxillary advancement. *Int J Oral Maxillofac Surg* 47(6): 732-737.
- Batista KBDSL, Lima T, Palomares N, Carvalho FA, Quintao C, Miguel JAM, Lin YL, Su TL & O'Brien K (2017) Herbst appliance with skeletal anchorage versus dental anchorage in adolescents with Class II malocclusion: study protocol for a randomised controlled trial. *Trials* 18(1): 564-017-2297-5.
- Buchanan E & Hyman C (2013) LeFort I Osteotomy. *Semin Plast Surg* 27(3): 149-154.
- Da Silveira AC, Daw JL, Jr, Kusnoto B, Evans C & Cohen M (2003) Craniofacial applications of three-dimensional laser surface scanning. *J Craniofac Surg* 14(4): 449-456.
- Hamedi-Sangsari A, Chinipardaz Z & Carrasco L (2017) Following Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion, Do Tooth-Borne or Bone-Borne Appliances Provide More Skeletal Expansion and Dental Expansion? *J Oral Maxillofac Surg* 75(10): 2211-2222.
- Heike CL, Upson K, Stuhaug E & Weinberg SM (2010) 3D digital stereophotogrammetry: a practical guide to facial image acquisition. *Head Face Med* 6: 18.
- Jayarathne YS, Zwahlen RA, Lo J & Cheung LK (2010) Three-dimensional color maps: a novel tool for assessing craniofacial changes. *Surg Innov* 17(3): 198-205.
- Kapila SD & Nervina JM (2015) CBCT in orthodontics: assessment of treatment outcomes and indications for its use. *Dentomaxillofac Radiol* 44(1): 20140282.
- Kim SH & Shin HS (2018) Three-Dimensional Analysis of the Correlation Between Soft Tissue and Bone of the Lower Face Using Three-Dimensional Facial Laser Scan. *J Craniofac Surg* 29(8): 2048-2054.
- Kunz F, Linz C, Baunach G, Bohm H & Meyer-Marcotty P (2016) Expansion patterns in surgically assisted rapid maxillary expansion : Transpalatal distractor versus hyrax appliance. *J Orofac Orthop* 77(5): 357-365.
- Lee KC & Perrino M (2017) Alar width changes due to surgically-assisted rapid palatal expansion: A meta-analysis. *J Orthod Sci* 6(4): 115-122.
- Marchetti C, Bianchi A, Muyltermans L, Di Martino M, Lancellotti L & Sarti A (2011) Validation of new soft tissue software in orthognathic surgery planning. *Int J Oral Maxillofac Surg* 40(1): 26-32.
- Mitchell Laura, Littlewood Simon J., Doubleday Bridget & Nelson-Moon Zararna L (2007). *An introduction to orthodontics*, Oxford University Press 2007, New York.

- Olate S, Zaror C & Mommaerts MY (2017) A systematic review of soft-to-hard tissue ratios in orthognathic surgery. Part IV: 3D analysis - Is there evidence? *J Craniomaxillofac Surg* 45(8): 1278-1286.
- Pereira MD, Koga AF, Prado GPR & Ferreira LM (2018) Complications From Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion With HAAS and HYRAX Expanders. *J Craniofac Surg* 29(2): 275-278.
- Popat H, Richmond S, Marshall D & Rosin PL (2012) Three-dimensional assessment of functional change following Class 3 orthognathic correction--a preliminary report. *J Craniomaxillofac Surg* 40(1): 36-42.
- Prasad S, Katina S, Hennessy RJ, Murphy KC, Bowman AW & Waddington JL (2015) Craniofacial dysmorphology in 22q11.2 deletion syndrome by 3D laser surface imaging and geometric morphometrics: illuminating the developmental relationship to risk for psychosis. *Am J Med Genet A* 167A(3): 529-536.
- Schendel SA & Lane C (2009) 3D Orthognathic Surgery Simulation Using Image Fusion. *Seminars in Orthodontics* 15(1): 48-56.
- Souki BQ, Vilefort PLC, Oliveira DD, Andrade I,Jr, Ruellas AC, Yatabe MS, Nguyen T, Franchi L, McNamara JA,Jr & Cevidanis LHS (2017) Three-dimensional skeletal mandibular changes associated with Herbst appliance treatment. *Orthod Craniofac Res* 20(2): 111-118.
- Stokbro K, Aagaard E, Torkov P, Bell RB & Thygesen T (2014) Virtual planning in orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 43(8): 957-965.
- Terajima M, Yanagita N, Ozeki K, Hoshino Y, Mori N, Goto TK, Tokumori K, Aoki Y & Nakasima A (2008) Three-dimensional analysis system for orthognathic surgery patients with jaw deformities. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 134(1): 100-111.
- Vuollo V, Sidlauskas M, Sidlauskas A, Harila V, Salomskiene L, Zhurov A, Holmstrom L, Pirttiniemi P & Heikkinen T (2015) Comparing Facial 3D Analysis With DNA Testing to Determine Zygosity of Twins. *Twin Res Hum Genet* 18(3): 306-313.
- Yamamoto S, Miyachi H, Fujii H, Ochiai S, Watanabe S & Shimo zato K (2016) Intuitive Facial Imaging Method for Evaluation of Postoperative Swelling: A Combination of 3-Dimensional Computed Tomography and Laser Surface Scanning in Orthognathic Surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 74(12): 2506.e1-2506.e10.