

**VERTAILEVA TUTKIMUS PEHMYT- JA KOVAKUDOSKEFALOMETRIAN  
KÄYTÖSTÄ SAGITTAALISTEN KASVOJEN SUHTEIDEN ARVIOINNISSA**

Herttua, Eveliina  
Syventävien opintojen tutkielma  
Hammaslääketieteen tutkinto-ohjelma  
Lääketieteellinen tiedekunta  
Oulun yliopisto  
10/2021  
Lähdesmäki Raija, EHL, HLT, dosentti

## TIIVISTELMÄ

Herttua, Eveliina: Vertaileva tutkimus pehmyt- ja kovakudoskefalometrian käytöstä sagittaalisten kasvojen suhteiden arvioinnissa  
Syventävien opintojen tutkielma: 30 sivua, 0 liitettä

---

Tutkimuksen tarkoitus oli verrata profiilivalokuvasta saatavaa tietoa perinteisestä lateraalikallokuvasta saatavaan tietoon hoitosuunnitelman teon ja hoitovaikutusten tarkastelun näkökulmasta käyttämällä soveltaen Kosken kaarianalyysiä. Kuvista saatavan tiedon vastatessa toisiaan voitaisiin vähentää lateraalikallokuvien käyttöä ja näin potilaiden ja henkilökunnan saamaa säteilyannosta. Aineistona käytettiin Oulun kaupungin Opetushammashoitolassa oikomishoidossa olleiden lasten profiilivalokuvia ja lateraalikallokuvia. Kuvat kerättiin potilastietojärjestelmä Efficasta vuosilta 2013–2018 käyttämällä hakuehtona oikak-koodia. Lopullinen tutkimusjoukko koostui 88 lapsen kuvista, joista yhdeksällä oli saatavilla kuvat sekä alku- että lopputilanteesta. Profiilivalokuvat ja lateraalikallokuvat ladattiin Viewbox Software -ohjelmistoon, ja kuviin merkittiin mittauspisteet kaarianalyysiä varten. Lateraalikallokuvista määritettiin säteet viiden kasvojen etuosan pisteen ja kallonpohjan aukon taaimmisen pisteen (O) välille. Vastaavat säteet määritettiin valokuvista käyttämällä ulkoisen korvan etuosan pistettä (Tr) säteiden lähtöpisteinä. Kosken kaarimenetelmän mukaan O-SNA-etäisyys oli perusmitta, jolle annettiin suhdeluku 100 %. Valokuvissa käytettiin perusmittana Tragus-Subnasale-etäisyyttä. Tämän suhdeluvun mukaan laskettiin muiden säteiden prosentuaaliset suhdeluvut. Menetelmän toistettavuus oli erinomainen. Paras korrelaatio kuvien välillä oli suhdeluvuilla Pog-O/SNA-O (0,585) ja B-O/SNA-O (0,499). Tämä näkyi sekä koko otoksen yksittäisissä kuvapareissa että tarkasteltaessa hoitomuutosta yhdeksän lapsen kohdalla. Tutkimusjoukkomme lapsilla oli distaalipurenta, jota hoidettiin alaleuan kasvua aktivoivalla yksilöllisellä aktivaattorilla. Hoidon suunnittelun ja hoitovaikutusten tarkastelun kannalta tulokset olivat hyvät, sillä juuri alaleuan pisteet korreloivat parhaiten valokuvan ja lateraalikallokuvan välillä. Vaikka kuvien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero luustomuutosten ollessa pehmytkudosmuutoksia suurempia, suhdelukujen arvot kasvoivat molemmissa kuvissa. Valokuva voisikin olla riittävä kuvausmenetelmä erityisesti hoitomuutosten arviointiin. Hoidonsuunnittelussa lateraalikallokuvalla on kuitenkin tärkeä merkitys määrittäessä muun muassa leukojen suhdetta kallonpohjaan ja toisiinsa sekä inkisiivien asemaa leukaluuhun nähden.

Avainsanat: distaalipurenta, hoitomuutos, kefalometria, pehmytkudosanalyysi, säteilyaltistus, yksilöllinen aktivaattori

## SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO.....	4
2. TUTKIMUKSEN TEOREETTINEN TAUSTA .....	5
2.1  Kovakudoskefalometria .....	5
2.1.1  Kosken kaarimenetelmä ja kulma-analyysi.....	6
2.1.2  Radiologinen kuvantaminen ja säteilyaltistus .....	8
2.2  Pehmytkudoskefalometria.....	9
2.2.1  3D-valokuva ja lateraalikalokuva.....	10
2.2.2  2D-valokuva ja lateraalikalokuva.....	12
2.2.3  Purenta ja pehmyskudosanalyysi.....	12
2.2.4  Kulmiin perustuva pehmytkudosanalyysi .....	13
2.2.5  Pehmytkudosprofiiliin vaikuttavat tekijät .....	13
2.3  AII-luokan purentavirheet.....	14
2.4  Aktivaattorihoito .....	15
3. TUTKIMUKSEN TARKOITUS .....	17
4. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT .....	17
4.1  Aineisto .....	17
4.2  Menetelmät .....	18
4.3  Tilastolliset menetelmät.....	20
5. TULOKSET .....	20
6. POHDINTA .....	25
6.1  Koko otoksen tulokset .....	25
6.2  A-pisteeseen liittyvä vaihtelu.....	26
6.3  Hoitomuutos.....	27
LÄHDELUETTELO .....	29

## 1. JOHDANTO

Hammasröntgenkuvat muodostavat kolmanneksen kaikista radiologisista tutkimuksista Euroopassa. Vaikka yhden lateraalikallokuvan ottaminen vastaakin vain yhden päivän aikana saatavaa taustasäteilyannosta, tulisi terveydenhuollon ammattilaisten rajata röntgenkuvien otto minimiin säteilyn kumulatiivisuuden vuoksi. On myös tärkeää muistaa säteilysuojelun yleiset periaatteet. Esimerkiksi optimointiperiaatteen mukaan säteilyn käytöstä aiheutuva haitta on pidettävä niin pienenä kuin se kohtuudella on mahdollista. Hammaslääkärin tulee myös pohtia oikeutusta, onko röntgenkuvan otosta saatava hyöty suurempi kuin siitä aiheutuva haitta. Tutkijat ovat herättäneet keskustelua kefalometristen röntgenkuvien välttämättömyydestä oikomishoidon suunnittelun näkökulmasta.

Valokuvat ja kipsimallit kuuluvat oikomishoidon dokumentointiin, joten on hyvä pohtia, mitä tietoa näistä on mahdollista saada oikomishoidon suunnittelua ja hoitovaikutusten tarkastelua varten. Mielenkiinnon kohteeksi on noussut professori Kosken (Helsingin yliopisto) lateraalikallokuvasta tehtävää analyysiä varten kehittämä kaarianalyysi ja sen sovellettavuus profiilivalokuvan analysointiin.

Pehmytkudoksissa tapahtuvat muutokset eivät kuitenkaan aina heijasta suoraan alapuolella olevan luustorakenteen muutoksia. Pehmytkudoksen paksuuden vaihteluihin vaikuttaa luisten rakenteiden lisäksi sukupuoleen ja ikään liittyvä yksilöllinen pehmytkudoksen paksuus eri kohdissa kasvoja sekä lihasten toiminta.

Tultaessa 2000-luvulle keskustelua on käyty röntgenkuvien aiheuttamasta säderasituksesta vaikkakin kuvantamisesta saatu säderasitus on teknisen kehityksen myötä huomattavasti pienentynyt ja yhden kuvan säderasitus vastaa suuruusluokaltaan yhden päivän taustasäteilyannosta. Asian tekee merkittäväksi säteilyn kumulatiivisuus ja se, että oikomishoitoa tehdään kasvuiässä, kun keho on suuremman säteilyherkkyyden alainen ja elinajanodote vielä suuri.

## 2. TUTKIMUKSEN TEOREETTINEN TAUSTA

Purennan hoidon tarve arvioidaan hampaiston ja suun tarkastuksissa tai erillisissä seulontatarkastuksissa. Purennan hoidon tarkempi suunnittelu sisältää laaja-alaisia tutkimuksia ja aineiston yhteenvetoa. Diagnoosin asettaminen ja hoitosuunnitelman teko edellyttävät huolellista anamneesia, oikomishoitopotilaan kliinistä tutkimusta, hampaiston kipsimalleja, röntgenkuvia sekä valokuvausta (Nyström & Virolainen 2019). Kipsimallit ovat välttämättömät, jotta saadaan tarkempi käsitys hammaskaarten välisestä suhteesta, hammaskaarten symmetriasta, hampaiden asennoista, kiertymistä ja ennen kaikkea, jotta tilan määrä hammaskaarilla on mahdollista arvioida. Röntgenkuvista oikomishoitoon kuuluvat oleellisesti panoraamakuva, josta voidaan tarkastella koko hampaistoa sekä ylä- ja alaleuan luisia rakenteita. Lateraalikallokuvan avulla muodostetaan käsitys sagittaalinäkymässä potilaan leukojen luisista rakenteista suhteessa kallonpohjaan ja toisiinsa nähden sekä hampaiden asemasta suhteessa leukoihin käyttämällä erilaisia kefalometrisiä määrittäviä. Tässä tutkielmassa tarkastelemme lateraalikallokuvan ja profiilivallokuvan antaman tiedon yhtenevyyttä sagittaalisissa kasvojen suhteissa.

### 2.1 Kovakudoskefalometria

Sen jälkeen, kun Broadbent otti kefalometrisen röntgenkuvan käyttöön purennan hoidon suunnittelua varten vuonna 1926, siitä on tullut vakiotyökalu oikomishoidon suunnittelussa (Devereux ym. 2011). Kvantitatiiviset arvioinnit sekä pehmyt- että kovakudoksista on tavallisesti tehty käyttämällä lateraalikallokuvia (Dimaggio ym. 2007). Lateraalikallokuvasta arvioidaan oikomishoidon yhteydessä kasvojen luinen profiili, ylä- ja alaleuan sagittaaliset ja vertikaaliset suhteet sekä dentoalveolaaristen rakenteiden osalta vähintään ylä- ja alainkisiivien kallistuskulmat (Perkiömäki 2019). Lateraalikallokuvien analysointia varten on olemassa useita yleisessä käytössä olevia kefalometrisiä pisteitä sekä mittaus- ja analyysimenetelmiä. Ajatuksena on, että kasvojen rakenteille on olemassa tietyillä mittauksilla ilmaistavat ”normaaliarvot” ja purentavirheet tai poikkeava kasvu määritetään poikkeamana normaaliarvoista.

Yläleuan sijainnista kallonpohjaan nähden kertoo SNA-kulma ja vastaavasti alaleuan sijainnista kallonpohjaan kertoo SNB-kulma (Nyström & Virolainen 2019). Kulman ollessa lähellä normaaliarvoa, leuka sijaitsee ortognaattisesti kallonpohjaan nähden, kun taas suuret

arvot viittaavat prognaattiseen ja pienet arvot retrognaattiseen leuan sijaintiin (Hämäläinen 2009). Lisäksi poikkeama voi kertoa ylä- ja/tai alaleuan pieni- tai suurikokoisuudesta. Poikkeamalöydöksiä kuvataan tautiluokitus ICD10 -koodistolla osana hoidon suunnittelua.

Piirtämällä suorat pisteiden A-N-B kautta ja mittaamalla muodostuneen kulman suuruus saadaan selville ylä- ja alaleuan sijoittuminen toisiinsa nähden (Hämäläinen 2009). Kyseinen tieto kasvojen kovakudosprofiilista auttaa myös purennan ja tässä leukojen luustollisen suhteen määrittämisessä. Luustollisessa I luokassa (ortognaattinen) yläleuka sijaitsee hiukan alaleukaa edempänä ja A-N-B kulma saa positiivisen normaaliarvon. Luustollisessa II luokassa (retrognaattinen) profiili on kupera, kun alaleuka on tavallista taaempaan suhteessa yläleukaan. Tämä voi johtua prognaattisesta yläleuasta, retrognaattisesta alaleuasta tai näiden yhdistelmästä. Luustollisessa III luokassa (prognaattinen) profiili on suora tai kovera, kun alaleuka on tavallista edempänä suhteessa yläleukaan. Tämä puolestaan voi johtua retrognaattisesta yläleuasta tai prognaattisesta alaleuasta tai näiden yhdistelmästä.

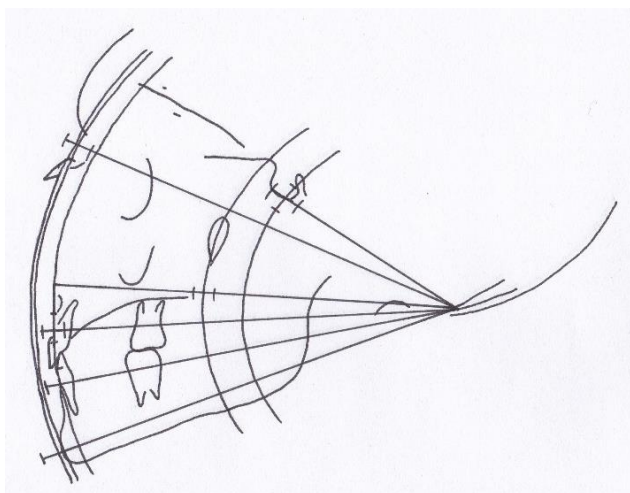
Purennan hoidon suunnitelmaa varten on myös oleellista selvittää leukojen kasvurotaatio, jossa käytetään usein taka- ja etukasvokorkeuden suhdetta (Nyström & Virolainen 2019). Myös esimerkiksi ylä- ja alakasvokorkeuden välinen suhde sekä leukojen välinen kulma auttavat kasvurotaation määrittämisessä (Hämäläinen 2009, Nyström & Virolainen 2019). Lopullinen arvio saadaankin vertailemalla eri mittauksien tuloksia keskenään (Hämäläinen 2009). Lisäksi inkisiiviestä selvitetään tavallisesti yläinkisiivien kallistuskulma palatinaalitasoon ja kallonpohjaan nähden, alainkisiivien kallistuskulma mandibulaaritasoon nähden sekä inkisiivien välinen kulma (Perkiömäki 2019).

### ***2.1.1 Kosken kaarimenetelmä ja kulma-analyysi***

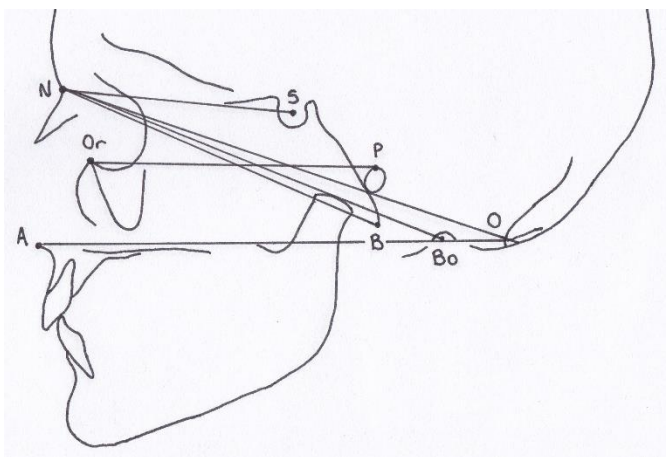
Helsingin yliopiston oikomishoidon professori Kalevi Koski (1921–1963) oli kiinnostunut kaarimenetelmän käytöstä lateraalikallokuvan analysoimisessa ja lanseerasi käyttöön uuden kaarimenetelmän (Koski 1953, Koskinen & Koski 1965). Menetelmä perustuu ajatukseen, että kasvojen profiilin voidaan katsoa kuvaavan ympyrän kaarta. Kosken kaarimenetelmällä voidaan arvioida kallon etuosan, leukojen ja hampaiston sagittaalisia suhteita. Menetelmään soveltuvalle keskipisteelle oli useampia vaatimuksia, jotka Opisthion täytti. Se on muun muassa yhtä helppo määrittää kuin tavallisemmin käytetty Basion-piste, eikä sen eteen kuvaudu muiden rakenteiden varjoja. Tämän lisäksi määritettiin seitsemän muuta pistettä.

Opisthion (O) toimii siis keskipisteenä, ja siitä piirretään kolme kaarta. Esimerkiksi yksi kaari piirretään kulkemaan yläleuan uloimman pisteen (spina nasalis anterior, SNA) kautta ja ajatellussa ideaalitulanteessa se kulkee samalla myös prosthionin ja infradentalen kautta. Kasvojen rakenteiden keskinäisiä suhteita sagittaalisuunnassa arvioidaan määrittämällä O-SNA-säteen etäisyys perusmitaksi, jonka suhdeluku on 100 %. Muiden säteiden prosentuaaliset suhdeluvut lasketaan tämän suhdeluvun mukaan. Koski määrittä myös normaaliarvot alle 14-vuotiaille ja sitä vanhemmille. (Kuva 1)

Kaarianalyysiä tarkentaakseen Koski (1956) tutki myös kulma-analyysiä aineistonaan 100 nuoren aikuisen lateraalikallokuvat. Kulma-analyysillä saadaan tietoa purentaelimen luuston rakenteesta. Sen hyvä puoli on, etteivät tulokset suuremmin vaihtelee eri ikäryhmissä. Kulmamittaukset eivät kuitenkaan yksinään anna tietoa oikomishoidossa tärkeistä sagittaalisista suhteista. Tutkimuksessaan Koski käytti seuraavia vertailujanoja (kuva 2): opisthion-acanthion (His' line), nasion-opisthion, nasion-boltonin piste (Boltonin suora), nasion-basion, nasion-sella turcica ja porion-orbitale (Frankfurtin suora). Boltonin ja Frankfurtin suoriin liittyi kuitenkin systemaattinen mittausvirhe, minkä vuoksi kyseisten suorien käyttö tieteellisessä tutkimuksessa ei ole suositeltavaa. Tutkimuksissa, joissa käytetään kasvoalueen vertailusuoraa, suositellaan suoran opisthion-acanthion (O-A) käyttämistä.



Kuva 1. Kosken kaarimenetelmä (Mukaillen kuva 1, Koski 1953).



Kuva 2. Kosken kulma-analyysi (Mukaiillen kuva 1, Koski 1956).

### 2.1.2 Radiologinen kuvantaminen ja säteilyaltistus

Kefalometriset röntgenkuvat ovat vakiotyökaluja oikomishoidon suunnittelussa huolimatta tiedosta, että ionisoiva säteily aiheuttaa terveysriskiä erityisesti kasvattamalla potilaan syöpäriskiä stokastisten somaattisten solujen mutaatioiden vuoksi (Devereux ym. 2011, Väisänen & Skog 2017). Näiden stokastisten eli satunnaisten vaikutusten lisäksi on deterministisiä eli suoria vaikutuksia, jotka aiheutuvat suurista säteilyannoksista ja niiden aiheuttamista solukuolemista (Väisänen & Skog 2017).

Oikomishoitoa tehdään eniten lapsille, ja juuri he ovat herkimpiä ionisoivan säteilyn vaikutuksille (Hedesiü ym. 2018). Tämä johtuu siitä, että heidän elimistössään on runsaasti jakautuvaa solukkoa, joka on erityisen herkkää säteilyn haitoille (Väisänen & Skog 2017). Lapsilla voikin olla suurempi riski säteilyn aiheuttamalle syöväälle johtuen paitsi suuremmasta säteilyherkkydestä myös pidemmästä elinkaaresta (Hedesiü ym. 2018).

Säteilyannos kuvaa säteilyn aiheuttamaa terveydellistä haittaa. Hammaskuvauksissa säteilyannokset ovat pieniä; panoraamakuvauksessa 0,02mSv ja lateraalikallokuvauksessa alle 0,01 mSv (Väisänen & Skog 2017). Yhden päivän aikana ympäristöstä tulevan taustäsäteilyannoksen suuruus on 0,01mSv. Suurin osa ihmisten säteilyaltistuksesta tulee taustäsäteilystä, mutta koska säteily on kumulatiivista, terveydenhuollon ammattilaisten tulisi rajata diagnostinen säteilyaltistus absoluuttiseen minimiin (Devereux ym. 2011). Vaikka hammasröntgentutkimuksen tuottama säteilyannos on pieni, ne muodostavat kolmanneksen kaikista radiologisista tutkimuksista Euroopassa (Hedesiü ym. 2018).



Kaikkien säteilyaltistusten tulisi olla myös perusteltuja potilaan hoidon kannalta (Devereux ym. 2011). Säteilyn terveyshaittoja voidaan minimoida noudattamalla säteilysuojelun yleisiä periaatteita, jotka on säädetty Säteilylaissa (1991/592) (Väisänen & Skog 2017). Niiden mukaan säteilyn käytöstä saatavan hyödyn on oltava suurempi kuin siitä aiheutuvan haitan. Tätä kutsutaan oikeutusperiaatteeksi. Optimointiperiaatteen täyttääkseen säteilyn käytöstä aiheutuva haitta on pidettävä niin pienenä kuin se kohtuudella on mahdollista. Yksilönsuojaperiaatteen mukaan työntekijän ja väestön säteilyaltistus ei saa ylittää säädettyjä enimmäisarvoja.

Kefalometrisen röntgenkuvan vaikutusta oikomishoidon suunnitteluun ovat tutkineet ja kyseenalaistaneet useat tutkijat. Devereux ym. (2011) tutkimuksessa selvisi, että useimmissa potilaan hoidon suunnittelua koskevissa päätöksissä lateraalikallokuvan saatavuus ja käyttö eivät vaikuttaneet merkittävästi hoitopäätöksiin. Durao ym. (2014) tutkimuksessa suurin osa portugalilaisista oikomishoitoon erikoistuneista hammaslääkäreistä arvioi kefalometrisen kuvan olevan tärkeä hoitosuunnitelmaa laatiessa, mutta myöskään tässä tutkimuksessa röntgenkuvalla ei näyttänyt olevan vaikutusta oikomishoidon hoitosuunnitelmaan. Helal ym. (2019) havaitsivat, että 93,6 % hoitopäätöksistä ja 70 % poistopäätöksistä olivat yhdenmukaisia ennen lateraalikallokuvaa ja sen käyttöönoton jälkeen. Tutkimusten tulokset korostavat epävarmuutta liittyen kefalometristen röntgenkuvien välttämättömyyteen hoidon suunnittelussa (Devereux ym. 2011). Kefalometristen röntgenkuvien ottamiseen tulisikin kehittää näyttöön perustuvat valintaperusteet, jotta voitaisiin vähentää väestön säteilyaltistusta (Helal ym. 2011).

## **2.2 Pehmytkudoskefalometria**

Pehmytkudosanalyysi on ollut pään lateraalikallokuvan täydentävänä diagnostisena apuvälineenä luuston analysoinnissa vuodesta 1955 (Wasserstein ym. 2015). Röntgenkuvien ja kefalometristen analyysien käyttöönotto jättivät valokuville kuitenkin passiivisen roolin usean vuoden ajaksi (Dimaggio 2007). Koska pääpaino oli kefalometristen kuvien objektiivisessä arvioinnissa, profiilivalokuville jäi vain subjektiivinen rooli. Valokuvia ja pehmytkudosanalyysiä on käytetty lähinnä kasvojen estetiikan määrittämiseen. Pehmytkudosanalyysi on tärkeä työkalu klinikolle, sillä potilaalle kasvojen estetiikka on usein suurin motivaatio käydä oikomishoidossa, ja siten se on tärkeä huomioida hoitosuunnitelmaa laatiessa (Dimaggio ym. 2007, Kanavakis ym. 2019). Potilaan pehmytkudosprofiilin arviointi

onkin yksi tärkeimmistä asioista oikomishoidon diagnoosin ja hoidon suunnittelun kannalta (Malkoc ym. 2009).

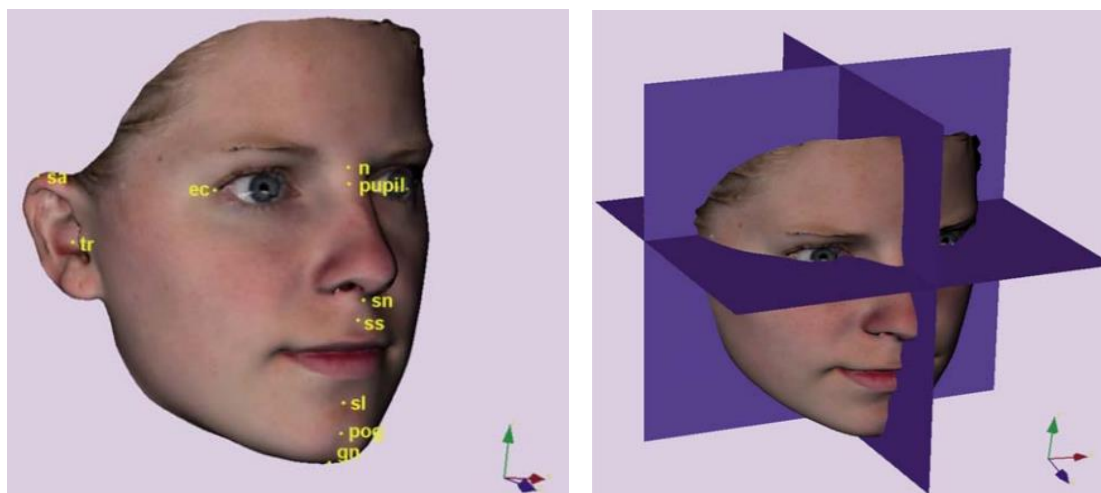
Kasvojen pehmytkudosten etu- ja profiilikuvia on myös ehdotettu vaihtoehtoiseksi menetelmäksi kefalometristen kuvien luontaisten rajoitusten voittamiseksi (Kanavakis ym. 2019). Viime aikoina etenkin huolet säteilysuojasta ovat saaneet tutkijat löytämään valokuvat uudelleen (Dimaggio ym. 2007). Huolimatta valokuvien haasteista liittyen potilaan asennon ja kuvien standardisointiin, valokuvat ovat non-invasiivinen työväline, josta voi olla hyötyä kliinisessä työssä diagnoosin teossa ja hoidon suunnittelussa (Kanavakis ym. 2019). Valokuvat saattavat olla parempi vaihtoehto erityisesti laajamittaisissa epidemiologisissa tutkimuksissa, kun tarvitaan halpaa, non-invasiivista menetelmää, joka voidaan toteuttaa erilaisissa kliinisissä tilanteissa ja kenttäolosuhteissa (Zhang ym. 2007).

### **2.2.1 3D-valokuva ja lateraalikalokuva**

Kolmiulotteisen valokuvauksen yleistyttyä on tullut tarve määrittellä pisteitä ja tasoja analyysjä varten. Radiologiassa perinteinen lateraalikalokuva on kuitenkin säilyttänyt roolinsa 3D-menetelmistä aiheutuvan suuremman säteilyrasituksen vuoksi. Kochel ym. (2010) löysivät tilastollisesti merkitsevän korrelaation heidän ehdottamien sagittaalisten 3D-valokuvien pehmytkudosparametrien ja kefalometrian luustoparametrien välillä. 3D-arvo S1 kuvaa yläleuan pehmytkudoksia kolmiulotteisesti perustuen mediaanitasoon. Mediaanitaso projisoituu kulmaan pisteiden tragus, nasion ja subspinale välillä ja korreloi SNA-kulman kanssa, joka luonnehtii yläleuan suhdetta kallonpohjaan. S1 ja SNA välillä oli merkittävä korrelaatio, joka osoittautui olevan naisilla korkeampi.

Kolmiulotteisen valokuvauksen pehmytkudosarvot S2-, S3- ja S4 korreloivat kovakudosarvojen SNB ja SNPog kanssa. S2 kuvaa mediaanitasoa, joka projisoituu kulmaan pisteiden tragus, nasion ja sublabiale välillä, ja jota käytetään alaleuan arviointiin. S2-arvon korrelaatio SNB-kulman kanssa oli tilastollisesti erittäin merkitsevä. Mitä korkeampi S2-arvo oli, sitä prognaattisempi alaleuka oli kyseessä. Vaikka naisilla havaittiin tilastollisesti erittäin merkitsevät korrelaatiot SNB-arvojen ja S2- ja S3-arvojen välillä sekä alaleuan suhteellista korkeutta kuvaavan SNPog-arvon ja S4-arvon välillä, miesten välillä kyseiset korrelaatiot olivat pieniä.

Ylä- ja alaleuan välistä suhdetta arvioidaan pehmytkudosmittauksilla S5, S6 ja S7. Pehmytkudosarvot S5 ja S6 korreloivat paremmin naisten kefalometristen ANB- ja ANB–AN-sidonnaisten arvojen kanssa kuin miesten. Kuitenkin korrelaatio arvojen S7 ja ANB välillä ja ANB–AN-sidonnaisten arvojen välillä oli melkein sukupuolesta riippumaton ja tilastollisesti erittäin merkitsevä. Mitä suuremmat S5-, S6- ja S7-arvot olivat, sitä suuremmalla todennäköisyydellä pehmytkudoksen alapuolella oli luustollinen II-luokka.



Kuva 3.a) 3D-pehmytkudosanalyysin pisteet. b) 3D-vertailutasot.

Permission to re-publish in eBook: Copyright Clearance Center: Springer Nature, Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie. 3D Soft Tissue Analysis – Part 1: Sagittal Parameters, Dr. Janka Kochel et al, copyright February 5, 2010.

### **2.2.2 2D-valokuva ja lateraalikalokuva**

3D-valokuvaustekniikat eivät kuitenkaan ole vielä rutiinia ja 2D-kuvien käyttö jatkuu oikomishoidossa. Zhang ym. (2007) tutkivat korrelaatiota kefalometrian ja kasvojen valokuvan mittojen välillä kraniofakiaalisissa rakenteissa. Korrelaatio kefalometrian ja valokuvan välillä oli vain kohtalainen, mutta myös tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita löytyi. Suurimmat korrelaatiot olivat alakasvokorkeudessa ja alaleuan pituudessa korrelaatiokertoimien ollessa 0,643 ja 0,562. Molemmat korrelaatiot olivat korkeampia tummaihoisten joukossa valkoihoisiin verrattuna.

### **2.2.3 Purenta ja pehmytkudosanalyysi**

Wasserstein ym. (2015) vertasivat profiilivalokuvan ja lateraalikalokuvan antamien analyysitietojen suhdetta Angle-luokitteluun. Pehmytkudos-analyysissä AIII-luokalla oli selvimmän erottuvat piirteet, mutta AI- ja AII-purennat esiintyivät usein samanlaisissa pehmytkudosprofiileissa, jolloin valokuvan perusteella ei pystynyt varmuudella tietämään, onko kyseessä AI- vai AII-purenta. Kovakudosanalyysissä tulokset olivat vastaavat, mutta kaikki kolme purentaluokkaa erosivat toisistaan merkittävästi kahdessa mitassa, Pog-N-kohtisuorassa ja ANB-kulmassa, mikä viittaa luustoanalyysin olevan pehmytkudosanalyysiä tarkempi. Maetvorakul & Vitepron (2016) tutkivat tekijöitä, jotka vaikuttavat pehmytkudosprofiilin muutoksiin oikomishoidon aikana potilaille, joilla on Angle II tyyppi-1 purenta. Tutkimus osoitti ylähuulen muutosten näkyvän vaakasuunnassa vain huulten raon kohdalla (stomion superius) ja olevan vaikeampiennusteisia alahuulen muutoksiin verrattuna. Ylähuulen vetäytymistäipumukseen kyseisessä pisteessä vaikutti lähinnä hoidot, joissa ylipurentaa korjattiin dentaalisesti poistamalla ylähammaskaareilta hampaita. Pehmytkudosprofiilin assosiaatiota horisontaalisen ja vertikaalisen ylipurennan kanssa on myös tutkittu (Kanavakis ym. 2019). Tutkimuksessa assosiaatiot olivat regressiomallin mukaan tilastollisesti merkitseviä, mutta joillakin ylipurentojen vaikutus pehmytkudosprofiiliin oli voimakkaampi kuin toisilla. Assosiaatiot olivat voimakkaampia miehillä ja etenkin negatiivisen horisontaalisen ylipurennan assosiaatio pehmytkudosprofiiliin oli merkittävä. Tutkimusten perusteella voi siis sanoa, että AIII-luokan purennan ja negatiivisen horisontaalisen ylipurennan tunnistaa varmimmin pehmytkudosanalyysillä (Wasserstein ym. 2015, Kanavakis ym. 2019).

#### **2.2.4 *Kulmiin perustuva pehmytkudosanalyysi***

Malkoc ym. (2009) kehittivät kulmiin perustuvan analyysin turkkilaisten aikuisten kasvojen pehmytkudosprofiileista. Kaikilla tutkittavilla oli AI-luokan purenta. Otoksesta saatuja keskiarvoja voi käyttää vertailuun potilailla, joilla on samat ominaispiirteet ja on noudatettu samaa kuvaustekniikkaa. Kulmiin perustuva profiilianalyysi voi tarjota hampaiston oikomishoitoa tekeväälle hammaslääkärille keinon määrittää poikkeamia kasvojen eri pehmytkudossegmentteihin liittyen. Menetelmävirhe oli kuitenkin korkea ja tuloksia on arvioitava varoen.

#### **2.2.5 *Pehmytkudosprofiiliin vaikuttavat tekijät***

Vaikka harmoninen pehmytkudosprofiili on tärkeä tavoite oikomishoidossa, se on joskus vaikea saavuttaa osittain siksi, että hampaiden ja luiden päällä olevan pehmytkudoksen paksuus vaihtelee (Kasai 1998). Pehmytkudosprofiili ei kaikissa suhteissa heijasta suoraan alapuolella olevan kovakudoksen muutoksia oikomishoidon aikana. Joillakin pehmytkudosprofiilin osilla on vahva yhteys alapuolella olevan luustorakenteen muutoksiin, mutta suurimmassa osassa kasvoja muutokset ovat luustorakenteista riippumattomia. Pehmytkudoksen paksuuden vaihtelu johtuu siis hampaiden ja luisten rakenteiden epätasapainon lisäksi myös yksilöllisestä pehmytkudosten paksuuden ja jännittyneisyyden vaihtelusta. Myös lihasten toimintahäiriöillä ja suun ympäristön lihastoiminnalla on suuri vaikutus kasvoprofiiliin. Kovakudosten vaihtelun osuutta pehmytkudosprofiiliin ei kuitenkaan ole täysin ymmärretty.

Kasai (1998) tutkimuksen tulokset osoittavat vahvan, mutta monimuotoisen suhteen kovakudos- ja pehmytkudosprofiilien muutosten välillä. Tulokset viittaavat siihen, että lineaarisia yhdistelmiä valituista kovakudosmuuttujista voidaan käyttää ennustamaan pehmytkudosten muutokset kohtuullisella tarkkuudella. Dimaggio ym. (2007) analysoivat valokuvista kuusivuotiaiden italialaisten lasten pehmytkudosprofiileja. He totesivat sukupuolella olevan vaikutusta kasvojen profiiliin. Poikien kasvojen kuperuus oli merkittävästi suurempi kuin tyttöillä, ja myös huulten protruusio oli pojilla suurempaa. Sukupuolen lisäksi purentasuhteella oli vaikutusta pehmytkudoserakenteisiin. Luokan II purennassa alae tukasvokorkeus oli merkittävästi suurempi, kun taas kasvojen kuperuus oli heillä pienempi. Tutkimuksessa kehitetty protokolla osoitti, että yksinkertainen ja edullinen non-invasiivinen menetelmä voi antaa määrällistä ja laadullista tietoa käytettäväksi diagnoosivälineenä kasvojen

pehmytkudosten arvioinnissa ennen oikomishoidon aloitusta. Menettely voidaan myös toistaa kustannustehokkaasti ja yksinkertaisesti, jolloin saadaan hyödyllistä tietoa hoidon vaikutuksesta pehmytkudosten ulkonäköön.

### 2.3 AII-luokan purentavirheet

Sagittaalisiin suhteisiin liittyvistä purentavirheistä tavallisin on distaalipurenta eli Angle II -luokan purenta (Proffit ym. 2012). Sen esiintyvyys suomalaisessa väestössä on 23 prosenttia ja se on Suomessa yleisin purenta poikkeama. Distaalipurennassa alaleuan hampaisto sijaitsee normaalia taaempaan ylähampaisiin nähden johtuen ylä- tai alaleuan kokoepäsuhdasta ja vaihtoehtoisesti yläleuan proгнаattisesta tai alaleuan retroгнаattisesta asemasta kallonpohjaan nähden. Tavallisesti distaalipurennassa on mukana useampia näistä leukojen koko- ja sijaintipoikkeavuuksista.

Distaalipurenta voidaan jakaa edelleen tyypeihin 1 ja 2 yläinkisiivien kallistuneisuuden mukaan (Littlewood & Mitchell 2019). Angle II tyyppi-1:ssä yläinkisiivit ovat labiaalisesti kallistuneet ja horisontaalinen ylipurenta on suuri. Tavallisesti AII,1 aiheutuu luustollisista suhteista, joista seuraa toiminnallisia ongelmia pehmytkudoksiin. Tyypillistä on huulten sulun vaikeus johtuen lyhyestä ylähuulesta sekä yläinkisiivien taakse rullautuvasta alahuulesta (Virolainen 2019). Toisaalta esimerkiksi puutteellinen huulisulku tai kielen poikkeava toiminta voivat myös ylläpitää patologista tilaa (Littlewood & Mitchell 2019). Lisäksi hampaiston ahtauden ja lapsen pitkään jatkuneiden imemistapojen on todettu lisäävän AII,1 riskiä.

Angle II tyyppi-2 purennassa yläinkisiivit ovat puolestaan pystyt tai jopa sisäänpäin kallistuneet (Virolainen 2019). Purentakontaktit inkisiivien välillä eivät ole stabiilit, mistä seuraa inkisiivien ylipuhkeamista ja suuri vertikaalinen ylipurenta; horisontaalinen ylipurenta voi olla joko suurentunut tai normaali (Littlewood & Mitchell 2019). AII,2-purennat ovat useimmiten useiden luustollisten, hampaistollisten ja pehmytkudosten piirteiden yhdistelmiä. Alahuuli on usein melko pitkä ja ulottuu huulisulussa korkealle yläinkisiivien labiaalipinnalla, mikä aiheuttaa inkisiivien taaksepäin kallistumista.

Tavallisesti alainkisiivien kärjet purevat molemmissa AII-tyypeissä yläinkisiivien cingulumin takaosaan (Littlewood & Mitchell 2019). Pahimmillaan purenta voi kuitenkin olla etualueella limakalvokantoinen, jolloin alainkisiivit purevat yläinkisiivien taakse aiheuttaen

parentatraumaa suulaen pehmytkudokseen. Molemmissa AII-parentavirheissä on tavallisesti mukana hampaiston ahtautta ja syväparentaa, mutta AII,2:ssa näitä tavataan AII,1:stä useammin (Virolainen 2019).

Syväparentaa esiintyy noin joka viidennellä eli 20 %:lla lapsista (Proffit ym. 2012). Syväparentalla tarkoitetaan kliinisesti havaittavaa inkisiivien normaalia suurempaa peittoisuutta (Kleemola-Kujala 2019). Parenta luokitellaan syväksi, jos vertikaalinen ylipurenta on suurempi kuin 3 mm tai yläinkisiivit peittävät 33–50 % alainkisiivien korkeudesta. Erittäin syvissä purennoissa alainkisiivit voivat purra yläinkisiivien takana suulaen pehmytkudoksiin ja yläinkisiivit saattavat purra alainkisiiven edessä ienkudoksiin, jolloin puhutaan traumaattisesta purennasta. Syväparenta liittyy tavallisesti kasvojen sulkeutuvaan kasvumalliin, ja on siten usein luustollinen. Se voi kuitenkin olla myös pelkästään dentoalveolaarista.

## 2.4 Aktivaattorihoito

Andersenin aktivaattori on yksi tavallisimmista distaali- ja syväparentan hoitomenetelmistä. Se on keittoakryylistä valmistettu passiivinen irrotettava funktionaalinen koje, joka tukeutuu ylä- ja alahampaisiin, alveolivalleihin ja suulakeen (Virolainen & Kleemola-Kujala 2019). Kojeen paikallaan pysyvyyttä lisäävät metallinen kaari, joka kulkee labiaalisesti ylähampaiden edessä, sekä kojeessa usein käytettävät ylämolaareihin kiinnittyvät Adams-pinteet (Taipale 2015). Aktivaattorin tarkoituksena on lisätä alaleuan kasvupotentiaalia säätelemällä lihasten ja pehmytkudosten vaikutusta kehittyvään parentaan (Virolainen & Kleemola-Kujala 2019). Tarkoituksena on, että potilaan purressa hampaansa yhteen kojeen kanssa, hän joutuu tuomaan alaleuan eteenpäin normaalisuhteeseen yläleukaan nähden. Tällöin alaleukaa taaksepäin vetävät lihakset joutuvat venytystilaan ja lihasten voima kohdistaa kojeen välityksellä paineen, jonka suunta on ylähampaissa taaksepäin ja alahampaissa eteenpäin. Näin tapahtuu dentoalveolaarista muutosta, jossa yläinkisiivit kallistuvat palatinaalisesti ja alainkisiivit labiaalisesti. Lisäksi Andersenin aktivaattori estää inkisiivien puhkeamista sallien samalla alatakahampaiden puhkeamisen, jolloin vertikaalinen ylipurenta pienenee ja syväparenta normalisoituu (Taipale 2015). Hampaiden puhkeaminen hoidon aikana sallitaan hiomalla akryyliä poski- ja välihampaiden alueelta. Hoidon onnistumisen edellytys on kuitenkin neutraali tai sulkeutuva kasvumalli. Avautuvassa kasvumallissa puolestaan estetään takahampaiden puhkeaminen, etteivät ne elongoituessaan avaisi parentaa (Virolainen &

Kleemola-Kujala 2019).

Andersenin aktivaattorista on kehitelty useita muunnelmia. Van Beekin aktivaattori on yksi niistä. Se on ekstraoraaliveto-aktivaattoriyhdistelmä, jonka aktivaattoriosaan kiinnitettyihin ulkokaariin on yhdistetty päälaenveto (Virolainen&Kleemola-Kujala 2019). Tämän päätarkoitus on hillitä yläleuan horisontaalista ja vertikaalista kasvua. Van Beekin aktivaattori eroaa Andersenin aktivaattorista paitsi ulkokaarilla, siinä on myös inkisiivien yli kulkeva akryylikappi labiaalikaaren sijaan, eikä myöskään ylämolaarien pinteitä tarvita. Sitä käytetään samoin perustein kuin Andersenin aktivaattoria erityisesti, koska päälaenvedon ansiosta laite pysyy hyvin paikoillaan (RL huomio). Van Beekin aktivaattori soveltuu myös avautuvien distaalipurentojen hoitoon, kun alaleuan eteenpäin suuntautuvan kasvun ennuste on huono. Silloin sivualueella käytetään liimattavaa korotusmattoa estämään hampaiden puhkeamista sallien etuhampaiden puhkeamisen.

Fränkelin koje eroaa rakenteeltaan aiemmin esitellyistä aktivaattoreista, mutta sen käyttöalue on sama (Virolainen & Kleemola-Kujala 2019). Fränkelin kojeessa on huuli-poskipoimuun asettuvat akryylikilvet, jotka kiinnittyvät toisiinsa teräslangoin. Koje on hyvin vähän kosketuksessa hampaisiin, ja se vaikuttaakin puretaan hammaskaarten ulkopuolelta dentoalveolaarisella alueella. Tämä onkin yksi keskeinen ero aiempiin hammaskantoihin aktivaattoreihin verrattuna. Fränkelin koje soveltuu erityisesti kehittyvän purentavirheen hoitoon silloin, kun poikkeava lihastoiminta aiheuttaa epänormaaleja pehmytkudospaineita hampaita ja alveolilisäkkeitä vasten.



### **3. TUTKIMUKSEN TARKOITUS**

Tutkimuksen lähtökohtana oli tutkia mahdollisuutta vähentää lateraalikallokuvien ottamista lapsilla ja nuorilla, jos profiilivalokuvasta saatava tieto osoittautuu riittäväksi. Tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida kuinka hyvin profiilivalokuva antaa luotettavaa tietoa sagittaalisista kasvojen ja leukojen suhteista hoitosuunnitelmaa varten sekä hoitovaikutusta tarkasteltaessa verrattuna perinteiseen lateraalikallokuvasta tehtyyn analyysiin. Tutkimuksen nollahypoteesi oli, että Kosken kaarianalyysiä mukaillen lateraalikallokuvan ja profiilivalokuvan säteiden suhdelukujen välillä ei ole eroja. Toisena hypoteesina oli, että kefalometrisen analyysin mukainen hoitovaikutus on havaittavissa myös profiilivalokuvista.

### **4. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT**

#### **4.1 Aineisto**

Aineistona käytettiin Oulun kaupungin opetushammashoitolasta saatavia lasten oikomishoitoa varten otettuja profiilivalokuvia sekä lateraalikallokuvia. Lupa potilastietojen tarkasteluun saatiin Oulun kaupungin terveysjohtajalta 27.5.2019. Aineisto kerättiin potilastietojärjestelmä Efficasta käyttämällä hakuehtona oikak-koodia, joka on hallinnollinen aktivaattorihoidon käynneillä merkittävä koodi.

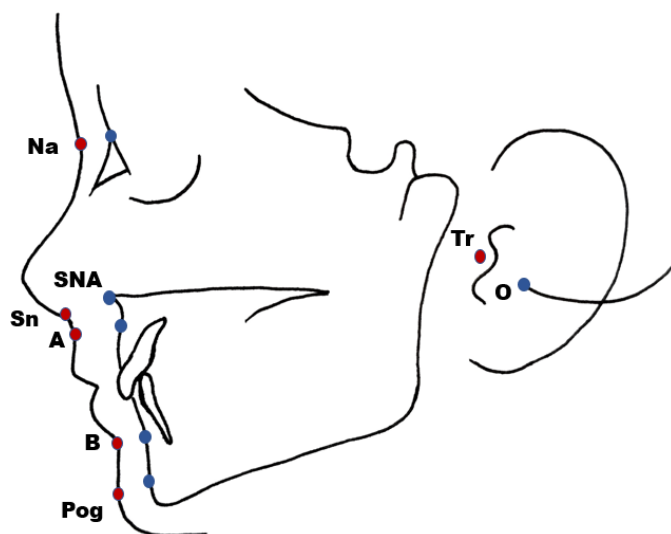
Vuosilta 2013–2018 löytyi 96 lasta (52 poikaa ja 44 tyttöä), joiden oikomishoito oli toteutettu yksilöllisellä aktivaattorilla ja heiltä löytyi ajallisesti lähekkäin otetut profiilivalokuva ja lateraalikalokuva. Jotta tuli valituksi lopulliseen tutkimusjoukkoon, vertailtavien kuvien oton välillä sai olla enintään puoli vuotta eroa. Lisäksi poissulkukriteereitä olivat pään asentovirhe, epätavallinen huulisulku, hiukset Traguksen edessä profiilivalokuvassa, nenä ei kuvautunut lateraalikallokuvassa, Opisthionin kuvautumatta jääminen sekä jos lapsella oli vielä maitohampaisto. Näiden kriteerien jälkeen lopullinen tutkimusjoukko koostui 88 lapsen kuvista (48 poikaa, 40 tyttöä), joista yhdeksällä oli saatavilla molemmat kuvat sekä alku- että lopputilanteesta. Vertailtavia kuvapareja oli siis yhteensä 97. Lapsen ikä oli kuvanottohetkellä 74 kuvassa alle 14 vuotta ja 23 kuvassa yli 14 vuotta.

## 4.2 Menetelmät

Kyseessä on sekä poikittainen että pitkittäinen retrospektiivinen rekisteritutkimus, jossa vertaillaan profiilivalokuvasta saatavaa tietoa kasvojen ja leukojen sagittaalisista suhteista lateraalikallokuvasta saatavaan tietoon.

Profiilivalokuvat ja lateraalikallokuvat ladattiin Viewbox Software -ohjelmaan, ja profiilikuviin merkattiin pisteet Tragus (Tr), Nasion (Na), Subnasale (Sn), A-piste (A), B-piste (B) sekä Pogonion (Pog). Vastaavasti lateraalikallokuviin merkittiin pisteet Opisthion (O), Nasion (Na), Anterior nasal spine (SNA), A-piste (A), B-piste (B) ja Pogonion (Pog) (Kuva 1).

Lateraalikallokuvaa kaarianalyysia varten määritettävät säteet olivat O-Na, O-SNA, O-A, O-B ja O-Pog. Kosken kaarianalyysin mukaan O-SNA-etäisyys oli perusmitta, jolle annettiin suhdeluku 100 %. Tämän suhdeluvun mukaan laskettiin muiden säteiden prosentuaaliset suhdeluvut. Vastaavat säteet ja säteiden suhdeluvut määritettiin myös valokuvista.



Kuva 4. Käytetyt pehmyt- ja kovakudospisteet.

Taulukko 1. Pehmyt- ja kovakudospisteiden kuvaukset.

<b>Pehmytkudospisteet</b>	
Tragus - Tr	Korvalehden etuosan korvarustossa olevan ”nipukan” keskikohta
Nasion - Na	Kaaren syvin piste glabellan ja nenän sillan välillä
Subnasale - Sn	Kaaren syvin piste yhdistäen nenän ylähuuleen
A-piste - A	Kaaren syvin piste subnasalen ja ylähuulen anteriorisimman osan välillä
B-piste - B	Kaaren syvin piste pogonionin ja alahuulen anteriorisimman osan välillä
Pogonion - Pog	Alaleuan kärjen anteriorisin piste
<b>Kovakudospisteet</b>	
Opishion - O	Kallonpohjan aukon taaimmaisoin piste
Nasion - Na	Frontonasaalisen suturan piste luun ulkoreunalla
Anterior nasal spine - SNA	Nenäaukon pohjan etummaisoin piste. Yläleuan anteriorinen projektio yläleuan luiden keskisaumassa
A-piste - A	Maksillan etureunan syvin (posteriorisin) piste dentoalveoraalialueella
B-piste - B	Alaleuan etureunan syvin (posteriorisin) piste dentoalveolaarialueella
Pogonion - Pog	Alaleuan kärjen anteriorisin piste

### 4.3 Tilastolliset menetelmät

Mittaustulokset taulukoitiin Microsoft Excel -ohjelmaa käyttäen. Tulosten tilastolliset analyysit tehtiin IBM SPSS Statistics Version 26 -tietokoneohjelmalla. Toistettujen mittausten yhtenevyyttä arvioitiin käyttämällä Intraclass Correlation Coefficient -menetelmää (ICC). Kuvien välillä oleva korrelaatio saatiin selville valitsemalla tilastolliseksi testiksi toistettujen mittausten t-testi. Tulokset laskettiin koko otokselle, alle 14-vuotiaille sekä 14-vuotiaille ja sitä vanhemmille. Lisäksi tutkittiin sukupuolen vaikutusta tuloksiin sekä hoitomuutosta. Arvoja pidettiin tilastollisesti merkitsevinä, jos p-arvo oli 0,05 tai pienempi.

## 5. TULOKSET

Mittausten luotettavuuden ja menetelmän toistettavuuden arvioimiseksi 20 lateraalikallokuvaa ja profiilivalokuvaa analysoitiin kahdesti. Alkuperäisten ja uusittujen mittausten perusteella laskettiin Intraclass Correlation Coefficient (ICC). Menetelmä todettiin toistettavuudeltaan erinomaiseksi (Taulukko 2). Sekä lateraalikallokuvassa että valokuvassa eniten vaihtelua havaittiin suhdeluvuissa, joissa oli mukana A-piste. 95 % luottamusvälissä suhdeluvun A-Tr/Sn-Tr alarajassa havaittiin suuri vaihtelu erityisesti valokuvassa.

Taulukko 2. Menetelmän toistettavuus

Muuttuja, lateraalikalokuva	ICC	95 % luottamusväli	
		Alaraja	Yläraja
Na-O/SNA-O	0,955	0,883	0,983
A-O/SNA-O	0,865	0,651	0,948
B-O/SNA-O	0,983	0,955	0,993
Pog-O/SNA-O	0,978	0,943	0,991
Muuttuja, valokuva			
Na-Tr/Sn-Tr	0,996	0,990	0,999
A-Tr/Sn- Tr	0,759	0,375	0,907
B-Tr/Sn- Tr	0,993	0,982	0,997
Pog-Tr/Sn- Tr	0,990	0,973	0,996

Koko otoksen tuloksia tarkasteltaessa (taulukko 3) havaitaan kaikkien säteiden suhdeluvuissa lateraalikallokuvan ja valokuvan välillä olevan tilastollisesti merkitsevä ero (P-arvo<0,001). Suhdeluvun Na-O/SNA-O lateraalikallokuvan antamat arvot ovat suuremmat kuin vastaavat arvot valokuvassa, kun taas muiden säteiden suhdeluvuissa valokuvan antamat arvot ovat suurempia. Keskihajonta on valokuvissa suurempaa lukuun ottamatta suhdelukua A-O/SNA-O, jossa hajonta on hieman suurempaa lateraalikallokuvissa. T-testin mukaan kaikkein paras korrelaatio kuvien välillä on suhdeluvulla Pog-O/SNA-O, seuraavaksi parhaiten korreloi B-O/SNA-O, lähes yhtä hyvin Na-O/SNA-O ja huonoin korrelaatio havaittiin suhdeluvulla A-O/SNA-O.

Taulukko 3. Lateraalikallokuvista ja profiilivalokuvista saatavien suhdelukujen vertailu.

	Lateraalikallokuva		Valokuva		P-arvo	Korrelaatio
	KA	KH	KA	KH		
Na-O/SNA-O	1,0472	0,02414	0,9699	0,04004	<0,001	0,472
A-O/SNA-O	0,9777	0,01168	1,0040	0,00825	<0,001	0,096
B-O/SNA-O	0,9749	0,02496	1,0253	0,04026	<0,001	0,499
Pog-O/SNA-O	1,0074	0,03492	1,0892	0,05352	<0,001	0,585

KA=keskiarvo, KH=keskihajonta

Taulukossa 4 on verrattu alle 14-vuotiaiden kefalometrisiä mittauksia väestöstä keskimäärin saatuihin alle 14-vuotiaiden vertailuarvoihin. Verrattaessa heidän lateraalikallokuvista tehtyjä mittauksia väestön keskimääräisiin samanikäisten vertailuarvoihin havaittiin, että muiden säteiden suhdeluvut eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi, mutta suhdeluvussa B-O/SNA-O oli tilastollisesti merkitsevä ero (P=0,006). Alle 14-vuotiaiden lateraalikallokuvan antamaa tietoa verrattiin myös valokuvasta saatuun tietoon. Tulokset olivat samansuuntaiset kuin koko otoksessa.

Taulukko 4. Alle 14-vuotiaiden lateraalikallokuvien suhdelukujen vertailu Koskisen ja Kosken (1965) ikävakiointuihin normaaliarvoihin ja valokuvien suhdelukuihin.

< 14 v N=74	Koski CPH		CPH		P-arvo	Valokuva		P-arvo
	KA	KH	KA	KH		KA	KH	
Na-O/SNA-O Na-Tr/Sn-Tr	1,05	0,02	1,05	0,02	0,891	0,98	0,03	<0,001
A-O/ SNA-O A-Tr/Sn- Tr	0,98	0,01	0,98	0,01	0,507	1,00	0,01	<0,001
B-O/ SNA-O B-Tr/Sn- Tr	0,96	0,02	0,97	0,02	0,006	1,02	0,04	<0,001
Pog-O/ SNA-O Pog-Tr/Sn- Tr	1,00	0,03	1,00	0,03	0,621	1,08	0,05	<0,001

CPH=lateraalikalokuva, KA=keskiarvo, KH=keskihajonta

Taulukossa 5 on verrattu 14-vuotiaiden ja sitä vanhempien kefalometrisiä mittauksia väestöstä keskimäärin saatuihin 14-vuotiaiden ja sitä vanhempien vertailuarvoihin (Koskinen & Koski 1965). Verrattaessa lateraalikallokuvien antamia arvoja havaittiin, että muiden säteiden suhdeluvut eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi, mutta suhdeluvussa A-O/SNA-O oli tilastollisesti merkitsevä ero ( $P<0,001$ ). Myös 14-vuotiaiden ja sitä vanhempien tulokset olivat samansuuntaiset kuin koko otoksessa.

Taulukko 5. 14-vuotiaiden ja sitä vanhempien lateraalikallokuvien suhdelukujen vertailu Koskisen ja Kosken (1965) ikävakiointuihin normaaliarvoihin ja valokuvien suhdelukuihin.

≥ 14 v N=23	Koski CPH		CPH		P-arvo	Valokuva		P-arvo
	KA	KH	KA	KH		KA	KH	
Na-O/SNA-O Na-Tr/Sn-Tr	1,04	0,02	1,04	0,02	>0,999	0,94	0,03	<0,001
A-O/ SNA-O A-Tr/Sn- Tr	1,00	0,02	0,97	0,01	<0,001	1,00	0,01	<0,001
B-O/ SNA-O B-Tr/Sn- Tr	0,99	0,02	0,99	0,03	0,806	1,04	0,03	<0,001
Pog-O/ SNA-O Pog-Tr/Sn- Tr	1,05	0,03	1,04	0,03	0,258	1,12	0,04	<0,001

CPH=lateraalikalokuva, KA=keskiarvo, KH=keskihajonta

Myös sukupuolen vaikutusta mittauksiin tutkittiin. Tyttöjen ja poikien lateraalikallokuvien tai profiilivalokuvien antamat arvot eivät poikenneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi yhtä poikkeusta lukuun ottamatta. Valokuvissa suhdeluvussa A-Tr/Sn-Tr ( $P=0,027$ ) havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero tyttöjen ja poikien välillä. Pojilla kyseinen suhdeluku oli suurempi, mikä kertoo, että pojilla etäisyys pisteiden A-Tr välillä suhteessa janaan Sn-Tr oli suurempi.

Yhdeksästä lapsesta oli saatavilla molemmat kuvat sekä alku- että lopputilanteesta (taulukko 6). Sekä alku- että lopputilanteessa kuvien antamisessa suhdeluvuissa oli tilastollisesti merkitsevä ero. Parhaiten kuvat vastasivat toisiaan suhdeluvussa A-O/SNA-O (alussa  $P=0,025$ , lopussa  $P=0,004$ ). Kyseisessä suhdeluvussa keskihajonta oli myös pienempää valokuvassa, kun se muissa arvoissa oli pienempää lateraalikallokuvassa. Alkutilanteessa otettujen kuvien antama tieto vastasi toisiaan hieman paremmin kuin lopputilanteessa otettujen.

Taulukko 6. Lateraalikallokuvan ja valokuvan antaman tiedon yhteneväisyys alku- ja lopputilanteessa.

	Lateraalikalokuva		Valokuva		P-arvo
	KA	KH	KA	KH	
Alku, n=9					
Na-O/SNA-O	1,0522	0,03346	0,9744	0,04126	0,001
A-O/SNA-O	0,9856	0,01509	1,0000	0,00866	0,025
B-O/SNA-O	0,9756	0,01878	1,0178	0,03032	0,003
Pog-O/SNA-O	1,0089	0,02472	1,0833	0,05385	0,002
Loppu, n=9	Lateraalikalokuva		Valokuva		P-arvo
	KA	KH	KA	KH	
Na-O/SNA-O	1,0433	0,03279	0,9478	0,03383	<0,001
A-O/SNA-O	0,9822	0,01563	1,0011	0,00601	0,004
B-O/SNA-O	0,9956	0,02186	1,0400	0,02236	0,001
Pog-O/SNA-O	1,0444	0,02297	1,1189	0,03822	<0,001

KA=keskiarvo, KH=keskihajonta

Suhdeluvun Na-O/SNA-O arvot pienenevät sekä lateraalikallokuvassa että valokuvassa verrattaessa alku- ja lopputilanteita (taulukko 7). Lateraalikallokuvissa alku- ja lopputilanteen arvot eivät poikenneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Valokuvissa puolestaan alku- ja lopputilanteiden välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero ( $P=0,004$ ). Kuitenkin korrelaatio alku- ja lopputilanteen välillä molemmissa kuvissa oli erittäin hyvä.

Suhdeluvun A-O/SNA-O arvot pienenevät lateraalikallokuvassa, mutta kasvoivat valokuvassa. Kummissakaan kuvissa alku- ja lopputilanteen arvot eivät poikenneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Erityisesti valokuvassa alku- ja lopputilanne vastasivat hyvin toisiaan ( $P=0,760$ ).

Suhdeluvussa B-O/SNA-O lateraalikalokuva ja valokuva antoivat samansuuntaiset tulokset. Molemmissa kuvissa suhdeluvun arvot kasvoivat verrattaessa alku- ja lopputilannetta. Molempien kuvien antamissa arvoissa oli tilastollisesti merkitsevä ero eli alku- ja lopputilanteen arvot poikkesivat toisistaan. Tulokset olivat vastaavat tarkasteltaessa suhdelukua Pog-O/SNA-O. Myös tämän suhdeluvun arvot kasvoivat molemmissa kuvissa verrattaessa alku- ja lopputilannetta. Lisäksi alku- ja lopputilanteen arvot poikkesivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi.

Taulukko 7. Hoitomuutos lateraalikallokuvissa ja valokuvissa.

Lateraalikalokuva	KA (alku)	KA (loppu)	Erotus	P- arvo	Korrelaatio - reliabiliteetti
Na-O/SNA-O	1,0522	1,0433	-0,0089	0,137	0,937
A-O/SNA-O	0,9856	0,9822	-0,0034	0,347	0,882
B-O/SNA-O	0,9756	0,9956	0,0200	0,007	0,802
Pog-O/SNA-O	1,0089	1,0444	0,0355	0,006	0,456
Valokuva	KA (alku)	KA (loppu)	Erotus	P- arvo	Korrelaatio - reliabiliteetti
Na-O/SNA-O	0,9744	0,9478	-0,0266	0,004	0,924
A-O/SNA-O	1,0000	1,0011	0,0011	0,760	0,000
B-O/SNA-O	1,0178	1,0400	0,0222	0,059	0,521
Pog-O/SNA-O	1,0833	1,1189	0,0356	0,027	0,783

KA=keskiarvo



## 6. POHDINTA

### 6.1 Koko otoksen tulokset

Menetelmän toistettavuutta ja luotettavuutta arvioitaessa sekä lateraalikallokuvassa että valokuvassa havaittiin eniten vaihtelua suhdeluvuissa, joissa oli mukana A-piste. Tarkasteltaessa 95 % luottamusväliä suhdeluvun A-Tr/Sn-Tr alarajassa havaittiin suuri vaihtelu erityisesti valokuvissa. A-pisteen sijainnin suuren vaihtelun vuoksi A-piste sijaitsee usein myös keskimääräistä lähempänä Tragusta valokuvassa, minkä vuoksi suhdeluvun A-Tr/Sn-Tr alaraja saa myös pienempiä arvoja muiden suhdelukujen alarajaan verrattuna. A-pisteen sijaintiin liittyvä suurempi yksilöllinen vaihtelu selittää myös suhdeluvun A-O/SNA-O heikointa korrelaatiota lateraalikallokuvan ja valokuvan välillä.

Tutkimuksen nollahypoteesi oli, että lateraalikallokuvan ja profiilivalokuvan säteiden suhdeluvuissa ei ole eroja. Koko otoksen tuloksia tarkasteltaessa havaittiin kaikkien säteiden suhdeluvuissa lateraalikallokuvan ja valokuvan välillä olevan tilastollisesti merkitsevä ero. Tämä siis tukee vastahypoteesiä eli kuvien säteiden suhdeluvut poikkesivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi.

Suhdeluvun Na-O/SNA-O lateraalikallokuvan antamat arvot olivat suuremmat kuin valokuvan vastaavat arvot Na-Tr/Sn-Tr, kun taas muiden säteiden suhdeluvuissa valokuvan antamat arvot olivat suurempia. Tämä kertoo pisteen Nasion olevan keskimäärin kauempana Opisthionista lateraalikallokuvassa verrattuna muihin käyttämiimme kovakudospisteisiin. Toisaalta myös pisteiden Na-Tr välinen etäisyys voi olla keskimääräistä pienempi valokuvassa. Tällä suhdeluvulla ei kuitenkaan ole merkitystä näissä tapauksissa diagnoosin tai hoidon suunnittelun kannalta.

Keskihajonta oli valokuvissa suurempaa lukuun ottamatta suhdelukua A-Tr/Sn-Tr. Valokuvien suurempi keskihajonta johtuu todennäköisesti pehmytkudosten paksuuden suuremmasta vaihtelusta yksilöiden välillä kovakudoksiin verrattuna. Pehmytkudosten paksuuden vaihteluun vaikuttaa paitsi alapuolella olevat hampaat ja luiset rakenteet myös yksilöllinen pehmytkudosten paksuuden ja jännityksen vaihtelu (Kasai 1998). Myös lihasten toimintahäiriöillä ja suun ympäristön lihastoiminnalla on suuri vaikutus kasvojen profiiliin.

T-testin mukaan kaikkein paras korrelaatio kuvien välillä oli suhdeluvulla Pog-O/SNA-O, seuraavaksi parhaiten korreloi B-O/SNA-O, lähes yhtä hyvin Na-O/SNA-O ja huonoin korrelaatio havaittiin suhdeluvulla A-O/SNA-O. Tutkimusjoukkomme koostui lapsista, joilla oli distaalipurenta, ja alaleuan kasvua pyrittiin lisäämään aktivaattorihoidolla. Käyttämistämme pisteistä juuri alaleuan pisteisiin Pogonioniin ja B-pisteeseen liittyvät suhdeluvut korreloivat parhaiten lateraalikallokuvan ja valokuvan välillä kuvaten distaalipurennan hoidossa saavutettua hoitotulosta.

Vaikka tyttöjen ja poikien lateraalikallokuvan tai profiilivalokuvan antamat arvot eivät poikenneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi, niin valokuvan suhdeluvussa A-Tr/Sn-Tr ( $P=0,027$ ) havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero. Pojilla kyseinen suhdeluku oli suurempi, mikä kertoo etäisyyden pisteiden A-Tr välillä olevan pojilla tyttöjen vastaavia etäisyyksiä suurempi. Kyse voi olla myös tyttöjen varhaisemmasta puberteettikasvusta liittyen nenän alueen kasvumuutoksiin.

## **6.2 A-pisteeseen liittyvä vaihtelu**

Verrattaessa 14-vuotiaiden ja sitä vanhempien kefalometristen mittausten arvoja väestön keskimääräisiin samanikäisten vertailuarvoihin havaittiin, että muiden säteiden suhdeluvut eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi, mutta suhdeluvussa A-O/SNA-O oli tilastollisesti merkitsevä ero ( $P<0,001$ ). Tarkasteltaessa samaa suhdelukua A-O/SNA-O alle 14-vuotiaiden keskuudessa, lateraalikallokuvien arvot vastasivat huomattavasti paremmin toisiaan ( $P=0,507$ ). A-pisteessä esiintyvä vaihtelu korostuu siis etenkin 14-vuotiaiden ja sitä vanhempien keskuudessa. Kyseisten suhdelukujen arvot olivat tutkimuksessamme pienempiä kuin väestössä keskimäärin. Meidän tutkimuksessamme vanhimmat lapset olivat 17-vuotiaita, jolloin heidän kasvunsa kyseisellä alueella voi olla vielä kesken. Vertailuarvoissa oli mukana mahdollisesti myös aikuisten arvoja, mikä selittäisi suuremmat suhdelukujen arvot meidän tutkimuksemme arvoihin verrattuna. Tässä tutkimuksessa kolme neljäsosaa lapsista oli alle 14-vuotiaita, ja heidän suhdeluvuissaan ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa tutkimuksemme ja väestön keskimääräisten vertailuarvojen välillä.

### 6.3 Hoitomuutos

Toisena hypoteesina oli, että kefalometrisen analyysin mukainen hoitovaikutus on havaittavissa myös profiilivalokuvista. Tarkasteltaessa kuvien antaman tiedon yhteneväisyyttä alku- ja lopputilanteessa parhaiten kuvat vastasivat toisiaan suhdeluvussa A-O/SNA-O (alussa  $P=0,025$ , lopussa  $P=0,004$ ). Tämä oli yllättävin tulos, sillä koko otoksen tuloksia tarkasteltaessa suhdeluvun A-O/SNA-O korrelaatio kuvien välillä oli heikoin. Tulokset vahvistavat käsitystä, että 14-vuotiaiden ja sitä vanhempien keskuudessa A-pisteessä on suurempaa vaihtelua, minkä takia myös kuvien antama tieto eroaa enemmän toisistaan lopputilanteessa verrattuna alkutilanteeseen, jossa lapset olivat nuorempia. Kuten koko otoksessa, myös tässä suhdeluvun A-O/SNA-O keskihajonta oli suurempaa lateraalikallokuvassa, kun se muissa arvoissa oli suurempaa valokuvassa.

Hoitomuutosta tarkasteltaessa suhdeluvun Na-O/SNA-O arvot pienenevät sekä lateraalikallokuvassa että valokuvassa. Lateraalikallokuvissa alku- ja lopputilanteen arvot eivät poikenneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Valokuvissa puolestaan alku- ja lopputilanteiden välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero. Suhdeluku Na-Tr/Sn-Tr pienenee siis enemmän valokuvassa kuin Na-O/SNA-O lateraalikallokuvassa iän karttuessa. Lateraalikallokuvassa suhdeluvun muutos on pienempi kasvumuutoksen kohdentuessa vain luiseen rakenteeseen, jolloin arvot vastaavat toisiaan paremmin verrattaessa alku- ja lopputilannetta. Yksi mahdollinen syy suurempaan muutokseen pehmytkudoksissa on nenän kasvun vaikutus ja Sn-Tr välin suureneminen kovakudoksia enemmän, jolloin suhdeluku pienenee. Korrelaatio oli kuitenkin erittäin hyvä molemmissa kuvissa verratessa alku- ja lopputilanteita. Tämä kertoo, ettei suhdeluvussa Na-O/SNA-O tapahtunut merkittävää muutosta iän karttuessa.

Suhdeluvun A-O/SNA-O arvot pienenevät lateraalikallokuvassa, mutta kasvoivat valokuvassa. Kummissakaan kuvissa alku- ja lopputilanteen arvot eivät poikenneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Erityisesti valokuvassa alku- ja lopputilanne vastasivat hyvin toisiaan ( $P=0,760$ ). Tämä voi kertoa siitä, että lateraalikallokuvassa on tarkempi tunnistamaan muutokset suhdeluvussa A-O/SNA-O. Pehmytkudoksissa voi olla tällä alueella suurempaa vaihtelua, minkä vuoksi suhdeluvun arvo pehmytkudoksissa kasvaa huolimatta kovakudosarvon pienemisestä. Tämä selittäisi valokuvan suurempaa yhtenevyyttä alku- ja lopputilanteen välillä.

Suhdeluvuissa B-O/SNA-O ja B-Tr/Sn-Tr lateraalikalokuva ja valokuva antoivat samansuuntaiset tulokset. Molemmissa kuvissa suhdeluvun arvot kasvoivat lähes saman verran verrattaessa alku- ja lopputilannetta. Alku- ja lopputilanteen arvot poikkesivat enemmän toisistaan lateraalikalokuvassa ( $P=0,007$ ) kuin valokuvassa ( $P=0,059$ ). Tämä kertoo, että luustomuutokset olivat suurempia kuin pehmytkudosmuutokset, mutta hoitovaikutus näkyi kuitenkin molemmissa.

Tulokset olivat samansuuntaiset tarkasteltaessa suhdelukua Pog-O/SNA-O. Suhdelukujen arvot kasvoivat yhtä paljon molemmissa kuvissa verrattaessa alku- ja lopputilannetta. Myös tässä luustomuutokset olivat hieman pehmytkudosmuutoksia suurempia, mutta myös valokuvista pystyi näkemään hoitovaikutuksen. Alku- ja lopputilanteen arvot poikkesivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi, mikä kertoo tavoitellusta hoitovaikutuksesta.

Menetelmän toistettavuus oli erinomainen. Kaikkein paras korrelaatio kuvien välillä oli suhdeluvuilla Pog-O/SNA-O (0,585) ja B-O/SNA-O (0,499). Juuri näiden janojen pisteet sijoittuvat alaleukaan, johon tutkimusjoukkomme hoitovaikutus pyrittiin aktivaattorilla kohdistamaan. Vaikka luustomuutokset olivat hieman pehmytkudosmuutoksia suurempia, alaleuan suhdelukujen Pog-O/SNA-O ja B-O/SNA-O arvot kasvoivat myös valokuvissa. Tavoiteltu kefalometrisen analyysin mukainen hoitovaikutus oli siis nähtävissä myös valokuvista, mikä tukee hypoteesiamme.

Profiilivalokuvan etuna on säteilyhygienia. Valokuva voisikin riittää hoitomuutoksen arviointiin. Kosken kaarimenetelmä sovellettuna pehmytkudospisteisiin profiilivalokuvassa riittänee hoitovaikutuksen todentamiseen. Hoidonsuunnittelussa lateraalikalokuvalla on kuitenkin tärkeä merkitys. Siitä voidaan katsoa muun muassa inkisiivien kallistuskulma, yläleuan suhde kallonpohjaan ja leukojen suhde toisiinsa sekä mahdollisten poistojen tarve.

## LÄHDELUETTELO

- Bergman RT (1999). Cephalometric soft tissue facial analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 116(4):373-389.
- Devereux L, Moles D, Cunningham SJ & McKnight M (2011). How important are lateral cephalometric radiographs in orthodontic treatment planning? *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 139(2):175-181.
- Dimaggio FR, Ciusa V, Sforza C & Ferrario VF (2007). Photographic soft-tissue profile analysis in children at 6 years of age. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 132(4):475-480.
- Durao AR, Alqerban A, Ferreira AP & Jacobs R (2014). Influence of lateral cephalometric radiography in orthodontic diagnosis and treatment planning. *The Angle Orthodontist* 85(2):206-210.
- Hedesiu M, Marcu M, Salmon B, Pauwels R, Oenning AC, Almasan O ym. (2018). Irritation provided by dental radiological procedures in a pediatric population. *European Journal of Radiology* 103:112-117.
- Helal NM, Basri OA & Baeshen HA (2019). Significance of cephalometric radiograph in orthodontic treatment plan decision. *The Journal of Contemporary Dental Practice* 20(7):789-793.
- Hämäläinen J (2009). Purenan kehitys ja oikomishoito lapsilla. Syventävien opintojen tutkielma. Helsingin yliopisto, lääketieteellinen tiedekunta.
- Kaarela Terhi (2008). Kasvavan lapsen käypä kefalometrinen analyysimallitus. Hammaslääketieteen lisensiaattikoulutus, syventävä tutkielma, Lääketieteen kirjasto, Oulun yliopisto.
- Kanavakis G, Krooks L, Lähdesmäki R & Pirttiniemi P (2019). Influence of overjet and overbite on soft tissue profile in mature adults: A cross-sectional population study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 155(1):57-63.e3.
- Kasai K (1998). Soft tissue adaptability to hard tissues in facial profiles. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 113:674-84.
- Kleemola-Kujala E (2019). Syvä purenta (K07.23). *Therapia Odontologica Hammaslääketieteen käsikirja*. Helsinki: Academica-Kustannus Oy, 2021. <https://www-terveysportti-fi.pc124152.oulu.fi:9443/dtk/tod/koti>. Luettu 5.4.2021.
- Kochel J, Meyer-Marcotty P, Strnad F, Kochel M & Stellzig-Eisenhauer A (2010). 3D Soft tissue analysis. Part 1: Sagittal parameters. *Journal of Orthopedics* 71:40-52.
- Koski K (1953). Analysis of profile roentgenograms by means of a new "circle" method. Hammaslääketieteen laitos, Helsingin yliopisto.
- Koski K & Virolainen K (1956). On the relationships between roentgenologic cephalometric lines of reference. Hammaslääketieteen laitos, Helsingin yliopisto.
- Koskinen L & Koski K (1965). Ortodontiassa käytettäväksi soveltuva diagnostinen röntgenkefalometrinen analyysimenetelmä. *Suomen Hammaslääkäriseuran toimituksia* 61:409-416.
- Littlewood SJ & Mitchell L (2019). *An introduction to orthodontics*. Oxford University Press, New York.

- Maetevorakul S & Vitepron S (2016). Factors influencing soft tissue profile changes following orthodontic treatment in patients with Class II Division 1 malocclusion. *Progress in Orthodontics* 17(13).
- Malkoc S, Demir A, Uysal T & Canbuldu N (2009). Angular photogrammetric analysis of the soft tissue profile of Turkish adults. *European Journal of Orthodontics* 31(2):174-179.
- Nyström M & Virolainen K (2019). Ortodonttisen potilaan tutkiminen. *Therapia Odontologica Hammaslääketieteen käsikirja*. Helsinki: Academica-Kustannus Oy, 2021. <https://www-terveysportti-fi.pc124152.oulu.fi:9443/dtk/tod/koti>. Luettu 29.3.2021.
- Perkiömäki MR (2019). Kefalometrinen analyysi Osa I. Oulun yliopisto, lääketieteellinen tiedekunta. Kevätlukukausi 2019.
- Proffit WR, Fields HW & Sarver DM (2012). *Contemporary orthodontics*. Elsevier, St. Louis, Mo.
- Taipale A-M (2015). Aktivaattori distaali- ja syväpurennan hoidossa. Syventävien opintojen tutkielma. Oulun yliopisto, lääketieteellinen tiedekunta. <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201505081499.pdf>.
- Virolainen K (2019). Distaalipurenta (K07.20) (II luokan purenta). *Therapia Odontologica Hammaslääketieteen käsikirja*. Helsinki: Academica-Kustannus Oy, 2020. <https://www-terveysportti-fi.pc124152.oulu.fi:9443/dtk/tod/koti>. Luettu 5.4.2021.
- Virolainen K & Kleemola-Kujala E (2019). Funktionaaliset kojeet. *Therapia Odontologica Hammaslääketieteen käsikirja*. Helsinki: Academica-Kustannus Oy, 2021. <https://www-terveysportti-fi.pc124152.oulu.fi:9443/dtk/tod/koti>. Luettu 5.4.2021.
- Väisänen H & Skog M (2017). Panoraama- ja lateraalikalotutkimus – Ohjausvideo 6–12-vuotiaalle lapsipotilaalle. Opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu, Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala.
- Wasserstein A, Shpack N, Yoseph Y.P, Geron S, Davidovitch M ja Vardimon A (2015). Comparison of lateral photographic and radiographic sagittal analysis in relation to Angle's classification. *Journal of Orthopedics* 76:294-304.
- Zhang X, HSNA MG, Graham G, Kirchner HL & Redline S (2007). Correlations between cephalometric and facial photographic measurements of craniofacial form. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 131(1):67-71.