

HAMPAAN SIIRRON PERIAATTEET KALVO-OIKOMISESSA

Latvala, Minna
Syventävien opintojen tutkielma
Hammaslääketieteen tutkinto-ohjelma
Lääketieteellinen tiedekunta
Oulun yliopisto
5/2021
Ohjaaja dosentti Tuomo Heikkinen

OULUN YLIOPISTO
Lääketieteellinen tiedekunta
Hammaslääketieteen tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Latvala, Minna: Hampaan siirron periaatteet kalvo-oikomisessa
Syventävien opintojen tutkielma: 28 sivua

Kalvo-oikomisen läpimurto tehtiin 1998 Align Technologyn tuodessa markkinoille termoplastiset Invisalign-oikomiskalvot. Kalvo-oikominen on ollut kuitenkin osa ortodontiaa jo vuodesta 1945 lähtien.

Oikomiskalvot siirtävät hampaita erilaisella mekanismilla kuin kiinteät kojeet. Oikomiskalvot muodostavat hampaisiin työntävän voiman, jonka suuruus ja suunta ovat riippuvaisia oikomiskalvon materiaalista, paksuudesta, hampaan morfologiasta sekä käytettävistä apuvälineistä. Apuvälineitä ovat esimerkiksi hampaiden pinnoille suunnitellut kiinnikkeet, oikomiskalvoihin rakennetut lisät sekä kumivedot.

Tässä kirjallisuuskatsauksessa käydään läpi hampaan siirron periaatteita kalvo-oikomishoidossa, ja esitellään hampaiden siirtomekanismit kalvo-oikomishoidon keinoin. Kalvo-oikomishoito on jatkuvasti kehittyvä ala, ja uudet innovaatiot mahdollistavat oikomiskalvojen käytön yhä vaikeampien purentavirheiden hoidossa. Viimeisessä osiossa kirjallisuuskatsauksessa kootaan yhteen purentavirheet, joiden hoito oikomiskalvoilla on indikoitua. Purentavirheiden hoidon taustalla ovat tämänhetkisen tutkimustiedon perusteella ennustettavat hampaansiirtomekanismit. Oikomiskalvoilla on hoidettu onnistuneesti myös vaikeampia purentavirheitä, mutta niiden ennustettavuudesta ei ole vielä riittävästi tutkimustuloksia, ja hoito vaatii kliinikolta laaja-alaista osaamista ja kokemusta kalvo-oikomisen parista.

Avainsanat: Clear Aligner, Invisalign, Biomechanics, Tooth movement

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO.....	4
2. HAMPAAAN SIIRRON MEKAANISET PERIAATTEET	6
2.1 Voima ja momentti	6
2.2 Hampaan siirto	7
2.3 Ankkurointi.....	8
3. HAMPAIDEN SIIRTOMEKANISMIT OIKOMISKALVOILLA	9
3.1 Oikomiskalvojen ja kiinteiden kojeiden vertailu.....	9
3.2 Siirtomekanismien ennustettavuus	10
3.3 Ekstruusio/Intruusio.....	11
3.4 Torque eli juuren asemointi linguaali-/bukkaalisuunnassa.....	11
3.5 Mesiodistaalinen kallistaminen/kokonaissiirto.....	12
3.6 Takahampaiden bukkolinguaalinen kallistus/laajennus.....	13
4. KALVO-OIKOMINEN PARENTAVIRHEIDEN HOIDOSSA	14
4.1 Ahtaus	15
4.1.1 Potilastapaus.....	16
4.2 Syväparenta	17
4.2.1 Potilastapaus 1	18
4.2.2 Potilastapaus 2.....	19
4.3 Anteriorinen avoparenta	19
4.3.1 Potilastapaus.....	20
4.4 Distaaliparenta	21
4.4.1 Potilastapaus.....	22
4.5 Mesiaaliparenta eli progenia.....	23
4.6 Hampaiden poistot	24
5. POHDINTA.....	25
6. LÄHDELUETTELO	26

1. JOHDANTO

Kalvo-oikomisen varsinainen läpimurto tehtiin vuonna 1998 Align Technologyn tuodessa markkinoille Invisalign-oikomisjärjestelmän. Kalvo-oikominen on kuitenkin ollut osa ortodontiaa jo vuodesta 1945, jolloin H. D. Kesling kehitti hampaita siirtävät positionerit. (Weir 2017)

Keslingin kehittämät positionerit olivat kumin kaltaista jäykähköä materiaalia, ja tarkoitettu hammasrivien viimeistelyyn sekä retentioon. Ne täyttivät hampaiden välisen tilan kiinnittäen hammaskaaret toisiinsa ja peittivät ylä- ja alahampaiden kruunut ja pienen osan gingivaa. Positionerien mahdollisuudet purentapoikkeavuuksien korjaamisessa olivat hyvin rajoittuneet, mutta Kesling näki jo tuolloin mahdollisuuden korjata vaikeampia purentapoikkeavuuksia sarjalla asteittain vaihdettavia positionereja. (Lou & Mair 2020)

Invisalignin myötä kalvo-oikomisen suosio potilaiden keskuudessa on kasvanut räjähdysmäisesti. Kalvo-oikomistekniikka perustuu 3D-digitaalimallinnukseen, jossa potilaalle valmistetaan yksilöllinen sarja läpinäkyviä termoplastisia muovisia oikomiskalvoja tietokonesuunnitteluun perustuen. Kalvoja käytetään vähintään 20 tuntia vuorokaudessa. Vaihto sarjan kalvojen välillä tapahtuu 1-2 viikon välein, ja oikomiskalvojen kokonaismäärä riippuu purentavian vaikeudesta ja lääkärin tekemästä hoitosuunnitelmasta. (Webdento 2019)

Kalvot on koettu esteettisenä ja miellyttävänä käyttää verrattaessa perinteiseen kiinteäkojehoittoon. Etuna on lisäksi muun muassa mahdollisuus siirtää hampaita segmentoidusti, hyvä kontrolli, lyhyempi hoidon kesto, pienempi juuriresorptioiden esiintyvyys sekä parempi puhdistettavuus. (Nissinen 2020)

Oikomiskalvojen voimajärjestelmä luodaan oikomiskalvojen poikkeavilla muodoilla hammaskaaren nähden. Kokonaisvoimat ovat riippuvaisia oikomiskalvon materiaalista, paksuudesta, aktivaation määrästä sekä avustavista elementeistä kuten hampaiden pinnoille tehtävistä kiinnikkeistä. (Lou & Mair 2020)

Align Technologyn tuodessa oikomiskalvonsa markkinoille hoidon tulokset olivat aluksi täysin riippuvaisia kalvomateriaalista sekä hampaiden morfologiasta, ja kalvot soveltuivat pelkästään lievien purentavirheiden hoitoon. Yritys alkoi kehittää erilaisia avustavia

elementtejä lisäämään ortodontisen hampaan siirron tehokkuutta, minkä tuloksena myöhemmin osaksi kalvo-oikomishoitoa tulivat hampaiden pinnoille lisättävät muoviset kiinnikkeet sekä kalvoihin rakennetut lisät. Nykyisin kalvovalmistajien ohjelmistoilla voidaan automaattisesti suunnitella optimoituja kiinnikkeitä hampaiden pinnoille. (Djeu ym. 2005)

Markkinoilla on tänä päivänä jo useita kymmeniä oikomiskalvoja valmistavia yrityksiä. Yritysten käyttämät kiinnikkeet ja kalvomateriaalit voivat poiketa toisistaan huomattavasti. Kliinikoiden saatavilla on usein niukasti tietoa kalvomateriaaleista ja niiden ominaisuuksista, vaikka niiden merkitys hampaan siirron kannalta on suuri. Materiaalista riippuu, millä nopeudella hampaiden siirto tapahtuu, kalvojen sopiva vaihtoväli sekä oikeanlaisten kiinnikkeiden tai niiden tarpeellisuuden määrittäminen. (Wheeler ym. 2017)

2. HAMPAAN SIIRRON MEKAANISET PERIAATTEET

2.1 Voima ja momentti

Kaikkien oikomiskojeiden toiminnan taustalla vaikuttavat samat mekaniikan periaatteet. Jotta oikomiskojeen toimintamekanismi voidaan ymmärtää ja potilaan hoito suunnitella ja toteuttaa toivottuun lopputulokseen, on tärkeää ymmärtää hampaan siirron mekaniikkaa.

Hampaan ortodontinen siirtäminen perustuu siihen kohdistettaviin voimiin, jotka siirtävät hammasta haluttuun suuntaan. Voimalla ovat ominaisuudet suuruus sekä suunta. Voiman yksikkö on Newton (N), mutta ortodontiset voimat merkitään useimmiten grammoina (g). Hampaan liikkumiseksi ennustetulla tavalla tulee siihen kohdistaa voima tietystä kohtaa tietyn suuruisena ja suuntaisena. Hampaisiin kohdistuu useimmiten useampi kuin yksi voima. Jos voimat vaikuttavat samaan pisteeseen, kokonaisvoima eli resultantti saadaan laskettua käsittelemällä voimia vektoreina ja laskemalla vektorivoimat yhteen. (Upadhyay & Nanda 2015)

Kappaleen massakeskipisteeksi kutsutaan pistettä, johon kappaleen massan voidaan ajatella keskittyneen. Kun massakeskipisteen kautta kohdistetaan voima, saadaan kappale liikkumaan kallistumatta. Koska hampaat ovat juuristansa sidoksissa kiinnityskudoksiin massakeskipisteen sääntö ei päde siihen. Resistenssikeskipiste sijaitsee useimmiten hampaan massakeskipisteeseen nähden apikaalisesti, ja kohdistettaessa voima kulkemaan tämän pisteen kautta saadaan hammas liikkumaan kallistumatta. (Upadhyay & Nanda 2015)

Kun resistenssipisteen ulkopuolelle kohdistetaan voima, hampaaseen syntyy vääntövaikutus, joka pyrkii kiertämään tai kallistamaan hammasta. Tätä vääntövaikutusta kutsutaan voiman momentiksi (Nm). Momentin suuruuteen vaikuttavat voiman etäisyys resistenssipisteestä sekä voiman suuruus. (Upadhyay & Nanda 2015)

Yhdensuuntaisen liikkeen aikaansaamiseksi systeemiin lisätään kallistavaa liikettä vastustava voimapari. Tällöin päinvastaiseen suuntaan vaikuttava momentti kumoaa siirtävän voiman momentin. (El-Bialy 2016)

Newtonin III lain eli voiman ja vastavoiman lain mukaan kappale vaikuttaa aina saman suuruisella mutta vastakkaisuuntaisella voimalla siihen vaikuttavaan voiman lähteeseen. Esimerkiksi kaarilangan kohdistuessa voiman brakettiin vaikuttaa braketista kaarilankaan

samansuuruinen, mutta vastakkaissuuntainen voima. Systeemin ollessa tasapainossa siihen vaikuttavat voimat kumoavat toistensa vaikutuksen ja kokonaisvoima on nolla. Ortodontiassa pyritään siirtämään jotain hammasta tiettyyn suuntaan, mutta liike käsittää myös ankkurihampaiden liikkeen sen perusteella paljonko juurten pinta-ala vastustaa hampaiden liikettä. Ortodontisista voimista puhuttaessa voidaan käyttää käsitettä kvasistaattinen prosessi, jonka mukaan prosessi tapahtuu niin hitaasti, että systeemin tila on jokaisella hetkellä mielivaltaisen lähellä tasapainoa. (Upadhyay & Nanda 2015)

2.2 Hampaan siirto

Hampaan erilaisista siirtymistavoista puhuttaessa rotaatiokeskipiste on keskeinen käsite. Sillä tarkoitetaan pistettä, joka pysyy kierto liikkeessä paikallaan eli toisin sanoen liike tapahtuu sen ympäri. (El-Bialy 2016)

Kun hampaaseen lisätään yksittäinen voima, riippuen voiman sijainnista resistenssikeskipisteeseen nähden siihen vaikuttaa tietty momentti. Voiman ja momentin yhdistelmä aiheuttaa hampaalle kiertymisen sen liikkumisen suunnassa, jolloin rotaatiokeskipiste on sijoittunut aavistuksen resistenssikeskipisteestä apikaalisesti. Tätä liikettä kutsutaan yksinkertaisesti kallistukseksi tai kontrolloimattomaksi kallistukseksi. Hampaan kruunu ja juuri liikkuvat tällöin toisiinsa nähden vastakkaisiin suuntiin. (Nanda & Tosun 2010)

Jos systeemiin lisätään kevyt vastapäivään vaikuttava momentti yksittäisen voiman vaikuttaessa edelleen, rotaatiokeskipiste siirtyy apikaalisesti lähelle juuren kärkeä ja hampaan kallistuminen tapahtuu suuremmalla ympyrän säteellä. Tällöin on kyseessä kontrolloitu kallistus, joka on oikomishoidon kannalta tavoiteltu tila. (Nanda & Tosun 2010)

Kun vastapäivään vaikuttavaa momenttia suurennetaan pisteeseen, jossa se on yhtä suuri yksittäisen voiman aiheuttavan momentin kanssa, juuri ja kruunu liikkuvat samaan suuntaan. Rotaatiokeskipiste ei ole tällöin määritettävissä koska hammas liikkuu olemattomalla rotaatiolla. Hampaan siirtäminen ilman kallistusta on hyvin vaikea saavuttaa. (Nanda & Tosun 2010)

Torquessa hampaan juuri kallistuu kruunun pysyessä lähes paikallaan. Rotaatiokeskipiste on tällöin kruunun kärjessä. Tällöin vastapäivään vaikuttava momentti on suurempi kuin yksittäisen voiman momentti. (Nanda & Tosun 2010)

2.3 Ankkurointi

Tyypillisin kiinteäkojehoidossa käytetty ankkurisysteemi perustuu voimaan ja vastavoimaan. Ankkureina toimivat hammasegmentit siirtyvät toisiaan kohden riippuen segmenttien juurten yhteenlasketusta pinta-alasta. (Tai 2018)

Kalvo-oikomishoidossa ankkurisegmentit voidaan määrittää etukäteen ja muuttaa hoidon eri vaiheissa. Valitut ankkurihampaat voidaan pitää kokonaan paikallaan. Tämä mahdollistaa tarkasti kontrolloidun ankkurointisysteemin. Esimerkiksi ylähammaskaarelle voidaan tehdä tilaa ankkuroimalla ylähampaista kaikki muut paitsi toiset molaarit, joita valittu ankkurisegmentti työntää distaalisesti. (Tai 2018)

3. HAMPAIDEN SIIRTOMEKANISMIT OIKOMISKALVOILLA

3.1 Oikomiskalvojen ja kiinteiden kojeiden vertailu

Oikomiskalvot siirtävät hampaita erilaisella mekanismilla kuin kiinteät kojeet. Kiinteissä kojeissa voiman siirto tapahtuu kaarilangan välityksellä braketista hampaaseen. Oikomiskalvot peittävät koko hampaan ja oikomiskalvon poikkeava muoto hammaskaaren muotoon nähden saa aikaan oikomiskalvoon hammasta siirtävät voimat. Hampaan morfologia vaikuttaa oleellisesti kalvon tarttumiseen hampaan pintaan ja siten hammasta siirtävien voimien muodostumiseen ja voimakkuuteen. Tämä aiheuttaa kalvo-oikomiseen rajoituksia. (Tai 2018) Esimerkiksi suurten anteroposterioristen parentasuhteiden ja okklusaalisten kontaktien korjaamisen on todettu olevan oikomiskalvoilla haastavaa. (Djeu ym. 2005) Eräs merkittävä etu puolestaan on, että toisin kuin kiinteäkojehoidossa, ankkurisegmentit voidaan määrittellä kolmiulotteisesti. Tämä lisää hampaan siirron hallittavuutta ja vertikaalista kontrollia. (Tai 2018)

Hampaan intruusio on oikomiskalvoilla ennustettavaa. Yksittäisen hampaan ekstruusio on hankala toteuttaa, mutta useamman hampaan etualueen ekstruusio on kalvo-oikomisella paremmin saavutettavissa. Kiinteillä kojeilla yksittäisten hampaiden ekstruusio on ennustettavaa ja hampaiden vertikaalinen liike tapahtuu parentatason ja vastapurijan määrittämällä alueilla. (Tai 2018)

Djeu ym. (2005) osoittivat etuhampaiden bukkolinguaalisen kallistuksen/juuren torquen oleva kiinteillä kojeilla oikomiskalvoja ennustettavampaa. Kravitz ym. 2009 tulosten perusteella linguaalinen juuren kallistus (53%) oli ennustettavampaa kuin labiaalinen kruunun kallistus (38%). Kiinteillä kojeilla käyttämällä kulmakaaria sekä labiaalinen että linguaalinen torque voidaan toteuttaa ennustettavasti. (Djeu ym. 2005)

Oikomiskalvojen eräs merkittävä etu on hyvä inkisiivien kallistuksen hallinta ja vertikaalinen kontrolli oikomishoidon aikana. Kaikissa hammaskaarten laajennusmenetelmissä inkisiivit ovat taipuvaisia kallistumaan eteenpäin, ja inkisiivien eteenpäin kallistuminen aiheuttaa horisontaalisen ja vertikaalisen parentasuhteen pienenemistä, mikä voi olla epätoivottavaa. (El-Bialy 2016) Keskiviivapoikkeamien korjaaminen on oikomiskalvoilla ennustettavaa. Hampaan kiertämisen ennustettavuus on hampaan morfologiasta riippuvaista. (Tai 2018)

3.2 Siirtomekanismien ennustettavuus

Tutkimuksia eri hampaiden siirtomekanismien ennustettavuudesta oikomiskalvoilla on vielä toistaiseksi niukasti tarjolla, ja lisää tutkimuksia tarvitaan. Tämänhetkisten tutkimusten määrä, laatu sekä heterogeenisuus tekevät tuloksista lisäksi vaikeita tulkita. Alla olevassa taulukossa on esitelty hampaan siirron ennustettavuutta. Taulukon data on kerätty kahden suurimman kalvo-oikomisyrityksen Align Technologyn sekä Clear Correctin raportoimista tuloksista. (Weir 2017)

Hampaan siirto	Ennustettava	Kohtalainen	Vaikea
Ahtaus tai aukkoisuus per hammaskaari	< 6mm	6-8 mm	>8mm
Poikkeavuus keskilinjasta	< 2mm	2-3 mm	>3mm
Ensimmäisen inkisiivin rotaatio	< 40°	40°-50°	>50°
Toisen inkisiivin rotaatio	< 30°	30°-40°	>40°
Kulmahampaan tai premolaarin rotaatio	< 45°	45°-55°	>55°
Molaarin rotaatio	≤ 20°	20°-30°	>30°
Anteriorinen ekstruusio per hammaskaari	≤ 2,5 mm	2,5-3mm	>3mm
Anteriorinen intruusio per hammaskaari	≤ 0,5 mm	0,5-1mm	>1mm
Posteriorinen intruusio per hammaskaari	≤ 0,5 mm	0,5-1mm	>1mm
Posteriorinen ekstruusio per hammaskaari	0 mm	≤0,5mm	>0,5mm
Laajennus per neljänneskaari	≤ 2mm	2-3mm	>3mm
Anteroposteriorisen suhteen korjaus	≤ 2mm	2-4mm	>4mm
Inkisiivin linguaalinen juuren torque	≤10°	10°-15°	>15°
Posteriorisen hampaan linguaalinen juuren torque	≤ 5°	5°-10°	>10°
Posteriorisen hampaan distaalinen siirto (maxilla)	≤ 2 mm	2-4mm	>4mm
Posteriorisen hampaan mesiaalinen siirto	≤ 1 mm	1-2mm	>2mm

Taulukko 1. Eri hampaiden siirtomekanismien ennustettavuus, kun hoidossa käytetään pelkästään oikomiskalvoja. (Weir 2017)

Align Technology on kehittänyt hampaiden pinnoille asennettavia kiinnikkeitä/otepintoja sekä lisäosia oikomiskalvoihin hampaan siirron ennustettavuuden parantamiseksi. Seuraavassa esitellään hampaiden eri siirtomekanismien toteuttaminen oikomiskalvoilla yhdessä kiinnikkeiden ja oikomiskalvoihin lisättyjen osien kanssa.

3.3 Ekstruusio ja intruusio

Vertikaalisen hampaan siirron toteuttaminen kalvo-oikomisella on vaikeampaa kuin transversaalisen tai sagittaalisen siirron. (El-Bialy 2016) Kravitz ym. (2009) esittivät ekstruusion olevan vaikeimmin saavutettavissa oleva hampaan siirtomenetelmä oikomiskalvoilla. Jotta toivottu lopputulos voidaan saavuttaa, tulisi hampaan inkliinaation olla ensin korjattu. Juuren kallistuksen hallinta on tärkeää, sillä jos juuri alkaa kallistumaan kohti labiaalista tai kortikaalista luuta, voi se aiheuttaa kortikaalisen luun tai hampaan juuren resorptiota. Lisäksi takaisin palauttaminen on aikaa vievää. (Turatti 2006)

Ekstruusio on haastavaa toteuttaa oikomiskalvoilla retention puutteesta johtuen. Kun hampaita työnnetään labiaalipinnalta, voi se aiheuttaa juuren kallistumisen labiaalisesti. Myös pienten hampaiden, kuten lateraalisten yläinkisiivien ja alainkisiivien tarttuminen kalvoihin on huono. Käyttämällä hoidon tukena kiinnikkeitä, lisätään otepintaa ja näin voidaan ekstruusion ennustettavuutta parantaa. (El-Bialy 2016)

Intruusio ei useinkaan vaadi kiinnikkeitä intrusoitaviin hampaisiin. Ankkurihampaisiin, esimerkiksi alempiin premolaareihin, kun tavoitteena on alainkisiivien intruusio, sen sijaan tarvitaan kiinnikkeet. (El-Bialy 2016)

3.4 Torque eli juuren asemointi linguaali-/bukkaalisuunnassa

Etualueen bukkolinguaalisen kallistuksen kontrollin on todettu olevan tehottomampaa kuin mesiodistaalisen. (Rossini ym. 2017) Simon ym. (2014) tutkimus on ainut, jossa hampaan siirtomekanismia kuvataan juuren torquea bukkolinguaalisen kallistuksen sijasta, ja kyseisessä tutkimuksessa siirto kuvataan itsenäisesti toteutettuna ilman kiinnikkeitä ja lisäyksiä oikomiskalvoihin. Tehokkuus jää tässä tutkimuksessa heikommaksi verrattuna apuvälineet huomioiviin tutkimuksiin. Oikomiskalvoihin rakennetut lisät vaikuttavat tehokkailta lievissä ja kohtalaisissa torqueissa. Laajemmissa siirroissa hampaiden pinnalle asetettavat kiinnikkeet vaikuttaisivat olevan paras ratkaisu. Laadukkaampia klinisiä tutkimuksia, jotka keskittyvät juuren torqueen, tarvitaan. (Rossini ym. 2017)

Kiinteäkojehoidossa torque saavutetaan kaarilangan muodon, taivutusten ja braketteihin rakennettujen kallistusten avulla. (Tai 2018) Oikomiskalvoilla hallittu etuhampaiden juurten torque pieniä muutoksia tavoiteltaessa saadaan aikaan oikomiskalvoihin rakennettujen

voimaharjanteiden avulla. Voimaharjanne käsittää yhden ienrajan lähelle asetetun harjanteen ja vastakkaiselle puolelle lähelle hampaan kärkeä asetetun harjanteen, joiden muodostaman voimaparin avulla hampaiden kallistusta eteen tai taakse voidaan tehostaa. Voimaharjanteiden on todettu parantavan inkisiivien aksiaalista inkliinaatiota yläinkisiivien juurten kallistuksessa. (El-Bialy 2016)

Toinen mahdollinen tapa on aiheuttaa hampaan kruunuun voima, jonka avulla juuri saadaan liikkumaan haluttuun suuntaan, joka on kruunun suunnalle vastakkainen. Sen jälkeen siirretään koko hammasta yhdensuuntaissiirtymällä. Esimerkiksi, jos yläinkisiivin juurta halutaan kallistaa palatinaalisesti, siirretään kruunua ensin labiaalisesti, ja sitten siirretään koko hammasta palatinaalisesti. (El-Bialy 2016)

3.5 Mesiodistaalinen kallistaminen/kokonaissiirto

Yleisesti on ajateltu, että oikomiskalvoilla voidaan kallistaa kruunuja, mutta juuria ei johtuen kontrollin puutteesta hammasta siirrettäessä. Tutkimuksissa mesiodistaalisessa hampaiden siirron tehokkuudessa on kuitenkin todettu merkittävää kehitystä viimeisten vuosien aikana. (Rossini ym. 2017)

Drake ym. 2012 esittivät mesiodistaalisen siirron ennustettavuuden olevan aikaisemmin asetetun 0,25 mm:n sijasta 0,5 mm. Simon ym. esittivät vuonna 2014, että ylämolaarien distaalinen siirto on yksi ennustetuimmista hampaan siirroista oikomiskalvoilla. Ravera ym. 2016 vahvistivat Simon ym. 2014 esittämän väittämän mesiodistaalisen siirron ennustettavuudesta ja esittivät 2,5 mm:n mesiodistaalisen siirron olevan saavutettavissa ylämolaareissa, kun takahampailla on optimaalinen vertikaalinen kontrolli ja etuhampaiden ankkurointia ei menetä. Tulokset saatiin aikaan yhdistämällä vertikaaliset kulmakiinnikkeet kumivetojen kanssa ankkuroinnin vahvistamiseksi. (Rossini ym. 2017)

Taka- ja välihampaiden anteroposteriorinen siirtäminen voidaan toteuttaa oikomiskalvoilla yhdessä optimoitujen juuren kallistusta kontrolloivien kiinnikkeiden kanssa. Myös pitkittäissuuntaisilla vertikaalisilla kulmakiinnikkeillä voidaan hallita juuren kallistusta. Inkisiivien juurten siirto on haastavampaa. (El-Bialy, 2016)

3.6 Takahampaiden bukkolinguaalinen kallistus/laajennus

Hammaskaarten laajentaminen on ennustettavaa hampaiden siirtoa oikomiskalvoilla, mutta laajentamisen ylittäessä 2 mm molaarialueella ennustettavuus laskee merkittävästi. Bukkolinguaalisessa siirrossa yhdistyy kevyt kokonaissiirto hyvin kontrolloidun kallistuksen kanssa. (Rossini ym. 2017)

Solano-Mendoza ym. (2016) esittivät molaarialueella 2 mm:n laajennusten olevan ennustettavia. Grunheid ym. (2016) osoittivat puolestaan 0,7 mm:n laajennusten olevan kulmahammasalueella ennustettavia. Tavoitellessa suurempaa laajennusta oikomiskalvojen käyttöön voidaan yhdistää esimerkiksi kumivedot paremman ennustettavuuden aikaansaamiseksi ja myöhemmän korjaamisen tarpeen välttämiseksi. (Rossini ym. 2017)

Takahampaiden siirto bukkaalisesti tai linguaalisesti ei ole hankalaa kalvoilla, jos hampaalla on tilaa siirtyä vertikaalisesti vastakkaiseen hampaaseen nähden. Esimerkiksi tapauksissa, joissa potilaalla on bukkaalinen sivualueen ristipurenta, hammas on usein ylipuhjennut okklusaalisesti tasosta, jolloin hampaan siirto linguaalisesti tai bukkaalisesti on hankalaa. Yksi vaihtoehto tällöin on intrusoida ensin ylipuhjennut hammas, sitten siirtää se bukkaalisesti/linguaalisesti. Tämä on kuitenkin aikaa vievä prosessi. (El-Bialy 2016)

4. KALVO-OIKOMINEN PARENTAVIRHEIDEN HOIDOSSA

Taulukossa 2 on esitetty parentavirheet, joiden hoitoa tähänastisten tutkimustulosten valossa voidaan pitää ennustettavana. Hoidon vaativuus lisääntyy parentavirheen vaikeuden mukaan, kuten kaikilla muillakin oikomismenetelmillä. Kokeneet ortodontit ovat käyttäneet oikomiskalvoja myös vaikeampien parentavirheiden hoidossa onnistunein tuloksin. Biomekaniikan ymmärtäminen oikomiskalvotekniikan taustalla yhdessä digitaalisen hoitosuunnittelun osaamisen ja hoitoprotokollan hallinnan kanssa ovat avainasemassa onnistuneiden kalvo-oikomishoitotulosten saavuttamiseksi. (Tai 2018)

Kalvo-oikomishoidon indikaatiot
AI-parentasuhteen lievä tai kohtalainen ahtaus, jossa bukkaalinen okklusio hyvä
Lievä luokan II (½ kuspia) parenta korkeintaan lievällä ahtaudella
Luokan III parenta minimaalisilla yliparentasuhteilla tapauksissa, joissa ei vaadita poistoja
Syväparenta
Etualueen avoparenta

Taulukko 2. Kalvo-oikomishoidon indikaatiot (Tai 2018)

Kun ymmärtää kiinteiden kojeiden ja oikomiskalvojen vahvuudet ja heikkoudet, osaa valita parentavirheen korjaamiseen parhaiten soveltuvan oikomiskojeen. Koska hampaan siirron mekanismi on erilainen kiinteillä kojeilla ja oikomiskalvoilla, myös tietyt parentavirheet suosivat tiettyä hoitomuotoa. (Tai 2018)

Tässä kappaleessa syvennytään parentavirheiden hoitoon oikomiskalvoilla yhdessä Align Technologyn kehittämien siirtomekanismikohtaisten kiinnikkeiden ja kalvoihin suunniteltujen lisien käytön kanssa. Keskiössä ovat taulukossa esitellyt parentavirheet, joiden hoidon Tai (2018) on esittänyt olevan indikoitua nykyisten innovaatioiden johdosta. Kappaleiden lopussa on potilastapauksia parentavirheiden hoidosta, ja päähuomio on hoidonsuunnittelussa, joka on tehty Align Technologyn ClinCheck-ohjelmistolla. Kaikki potilastapaukset ovat Clear Aligner Technique (Tai 2018) -teoksesta.

4.1 Ahtaus

Kun hampaiden yhteenlaskettu leveys ylittää hammaskaaren pituuden on kyseessä ahtaus. AI-luokan ahtaus on yleisin purentavirhe, ja ahtaus yhdistyy usein muihin virhepurentoihin erillisenä piirteenä. Vaihduktavaiheen hampaistoon liittyy normaalina ilmiönä tilapäinen ahtaus, joka johtuu maitomolaarien viemästä tilasta, ja tämä korjaantuu usein itsestään hampaiden vaihduttua. (Graber ym. 2011)

Lievässä ahtaudessa ahtauden määrä hammaskaarta kohden on alle 4 mm. Kohtalaisesta ahtaudesta puhuttaessa ahtaus kaarella on 4-8 mm. Ahtauden ollessa yli 8 millimetriä on kyseessä vaikea ahtaus. (Virolainen 2019) Hammaskaarten ahtautta hoidetaan laajentamalla hammaskaaria, interdentaalivälien hionnoilla, inkisiivejä kallistamalla sekä poistamalla hampaita. (Mitchell 2013) Hoitoratkaisuun vaikuttavia tekijöitä ovat ahtauden määrä, hampaiden kallistuneisuus, huulten jännittyneisyys, potilaan profiili ja leukojen kasvumalli. Vaikeat ahtaudet ovat vaativaa ortodontiaa, ja vaativat useissa tapauksissa hampaan poistoa. Ensimmäiset premolaarit ovat tyypillisimmät poistettavat hampaat. Kohtalaisessa ahtaudessa saatetaan poistaa joku alainkisiiveistä tilan tekemiseksi. (Virolainen 2019)

Ahtauksien hoito lievistä kohtalaisein on oikomiskalvoilla indikoitua, mutta ahtauden vaikeuden kasvaessa hoito muuttuu haastavaksi. Ahtaudet, joiden hoitoon kuuluvat premolaaripoistot, ovat vaativia hoitaa oikomiskalvoilla. (Tai 2018)

Monissa purentavirheissä yhdistyy useampi purentavirhetyyppi. Potilaalla, jolla on ahtautta hammaskaarilla, voi lisäksi olla esimerkiksi AIII-purenta sekä etualueen avopurenta. Tässä kappaleessa keskitytään AI- tai lievän AII-purentaan ahtauden hoidon periaatteisiin, kun hampaiden poistot eivät tule kyseeseen. (Herzog 2017)

Hammaskaarten laajentaminen oikomiskalvoilla tapahtuu lievän kokonaissiirtymän ja kontrolloidun kallistuksen kautta. (Rossini ym. 2017) Linguaalisesti kallistuneet molaarit saadaan juuren torquella ja hammaskaaren levityksellä basiksen keskelle. Oikomiskalvoilla ei pystytä laajentamaan hammaskaaria skeletaalisesti. Kalvo-oikomishoito voidaan kuitenkin yhdistää esimerkiksi RME:llä ensin toteutettuun maxillan laajennukseen. (Tai 2018)

Inkisiivien eteenpäin kallistaminen on indikoitua esimerkiksi, jos potilaalla on syväpurenta ja ylä- ja/tai alaleuan inkisiivit ovat pystyt tai taaksepäin kallistuneet. Selvä kontraindikaatio eteenpäin kallistamiselle on avopurenta, jossa protrusio ja proklinaatio jo ilmenevät, sekä

niukka parodontaalinen tuki erityisesti alaleuassa anteriorisesti. Oikomiskalvojen eräs merkittävä etu on hyvin hallittu yläinkisiivien torque sekä alainkisiivien asennon säilyttäminen. (Tai 2018)

Hampaiden interdentaalivälien hionnat ovat olleet osa ahtauksien hoitoa oikomishoidoissa jo yli 70 vuotta. Hiontoja hyödyntämällä hampaita ei tarvitse kallistaa kohtuuttomasti niiden siirtämiseksi, ja anterioristen hampaiden labiolinguaaliset siirrot ovat vaivattomammin saavutettavissa. Hammasvälihionnoissa on noudatettava suurta varovaisuutta, jotta kiillettä ei menetetä liikaa, ienpapillan tila säilyy ja hampaiden välien puhdistettavuus ei vaikeudu. (Lapenaite 2014)

4.1.1 Potilastapaus

45-vuotiaalla miehellä oli lievä luokan II purentasuhde, jossa kulmahammasuhde oli luokan I/kuspittainen. Vertikaalinen ylipurenta oli minimaalinen. Molemmilla kaarilla oli ahtaus kohtalaisesta vaikeaan. D. 26 puuttui. Yläinkisiivien inkisaalikärjet olivat kuluneet. Toiset premolaarit olivat puhjenneet linguaalisesti.

Hoidon tavoitteena oli korjata ahtaus ylä- ja alahammaskaaren laajentamisella yhdistettynä interproksimaaliseen hiontaan. Puuttuva d. 26 korvattiin implantilla ortodontisen hoidon jälkeen.

Tietokonemallinteisessä hoidonsuunnittelussa ylähammaskaarella oikean neljänneksen interdentaalihionnoilla luotiin tilaa bukkaalisesti puhjenneelle kulmahampaalle, ja vasemmassa neljänneksessä premolaareita siirrettiin distaalisesti tilan tekemiseksi vasemmalle kulmahampaalle ja luokan I purentasuhteen aikaansaamiseksi. Yläinkisiiveihin asetettiin optimoidut ekstrusiiviset kiinnikkeet vertikaalisen ylipurennan suurentamiseksi. Puuttuva hammas korvattiin väliaikaisesti hampaiden siirtymisen ja juurten kallistusten kontrolloimiseksi. Alahammaskaarella ahtaus korjattiin kaaren laajennuksen ja anterioristen hampaiden välipintojen hionnan yhdistelmällä. Kaarelle tavoiteltiin ensimmäisten inkisiivien lähtötilanteen labiolinguaalista sijaintia. Linguaalisesti sijaitsevien toisten premolaarien siirto suunniteltiin vaiheittain toteutettavaksi. Ensin luotiin tila viereisten hampaiden siirrolla, sitten suoritettiin premolaarien suoristus ja oikominen riviin.

Hoidon kesto oli 18 kuukautta. Lopputuloksena oli luokan I purenta, vertikaalinen ylipurenta oli suurempi, ja ylä- ja alahammaskaaret olivat tasaiset. Huolellinen ylä- ja alainkisiivien

inklinaation hallinta sekä vaiheittainen linguaalisesti puhjenneiden premolaarien suoristus olivat onnistuneen hoidon kannalta kriittisiä seikkoja.

4.2 Syväpurenta

Kliinisesti syväpurennalla tarkoitetaan etuhampaiden normaalia suurempaa peittoisuutta. Vertikaalisen purennan ollessa yli 2-3 mm tai 1/3-1/2 alaeuhampaiden korkeudesta, luokitellaan se syväpurennaksi. Traumaattisissa syväpurennoissa ylä- tai alaeuhampaat purevat ikenelle. Tällainen purenta näkyy aikuisiässä usein kuluneina yläinkisiivien takapintoina tai alainkisiivien etupintoina. Vaikka syväpurenta voi olla myös pelkästään dentoalveolaarista, tavallisesti se on skeletaalista ja liittyy leukojen sulkeutuvaan kasvumalliin. Syväpurenta on usein yhdistynyt AII-purentasuhteeseen. (Kleemola-Kujala 2019)

Oikean hoitomenetelmän valitsemisen kannalta on tärkeää ymmärtää syväpurennan aiheuttaja. Syynä syväpurennan kehittymiselle voivat olla pystyt tai retrokliiniset kallistuneet ylä- ja/tai alainkisiivit, ylipuhjenneet yläinkisiivit, jyrkkä Speen kurva tai skeletaaliset poikkeavuudet. Syväpurentaa voidaan hoitaa kallistamalla eteenpäin pystyjä tai retrokliinisiä ylä- ja/tai alainkisiivejä, tasoittamalla mandibulaarista Speen kurvaa, ylä- ja/tai alainkisiivien intruusiolla sekä premolaarien ekstruusiolla. (Reistenhofer ym. 2018)

Krieger ym. (2011) esittivät syväpurennan hoidon ennustettavuuden olevan huono. Hoidon tehottomuus liittyi erityisesti oikomiskalvojen ekstruusiivisen voiman tuottamisen haastavuuteen. Align Technologyn julkaisi 2014 syvän purennan hoitoon tarkoitetun protokollan, joka sisälsi uusia innovaatioita, kuten optimoidut syväpurentakiinnikkeet, puruvallit sekä painealueet vertikaaliseen hampaan siirron tehokkuuden parantamiseksi. (Khosravi ym. 2017) Roozbeh ym. (2017) linjasivat vaikeiden syväpurentojen olevan oikomiskalvoilla ennustettavaa. Tämä johtui hampaan vertikaalisen hampaan siirron paremmasta hallittavuudesta uusien innovaatioiden vuoksi. (Khosravi ym. 2017)

Painealueiden avulla oikomiskalvon hampaaseen kohdistama kokonaisvoima saadaan ohjattua hampaan pitkittäisakselin suuntaiseksi intruusiassa. Optimoidut syväpurentakiinnikkeet kiinnitetään tyypillisesti premolaareihin, ja ne ovat joko passiivisia tai aktiivisia. Passiivisten kiinnikkeiden avulla luodaan ankkurijärjestelmä anterioristen

hampaiden intruusiota varten. Aktiiviset kiinnikkeet synnyttävät premolaareihin lisäksi ekstrusiivisia voimia tarvittaessa. Puruvallit yläetuhampaiden palatinaalipinnalla luovat poikkeavan etualueen okklusion. Puruvalleja ja painealueita ei voida asettaa samanaikaisesti hampaaseen. (Reistenhofer ym. 2018)

Luustollisesti sulkeutuvassa alaleuan kasvumallissa premolaarien ekstrusiolla saadaan avattua purentaa. Alaleuan kasvumallin ollessa avautuva takahampaiden ekstruusio ei ole toivottava. Oikomiskalvoilla hoidetuissa avautuvan kasvumallin syväpurennoissa hyvä vertikaalinen kontrolli on merkittävä etu. (Tai 2018)

4.2.1 Potilastapaus 1

15-vuotiaalla pojalla oli syväpurenta ja lievä ahtaus AI-purentasuhteella. Alahammaskaaren Speen kurva oli jyrkkä. Sekä ylä- että ala inkisiivit olivat kallistuneet palatinaalisesti/linguaalisesti.

Hoidon tavoite oli ylä- ja alainkisiivien intruusio ja eteenpäin kallistus syväpurennan korjaamiseksi, ahtauden korjaaminen sekä Speen kurvan tasoittaminen.

Clincheck-hoitosuunnittelussa yläinkisiivien palatinaalipinnoille tehtiin puruvallit. Alainkisiiveihin asetettiin voimaharjanteet inkisiivien eteenpäin kallistamista varten. Mandibulan ensimmäisiin premolaareihin asennettiin kiinnikkeet, joilla tavoiteltiin noin 1 mm:n ekstruusiota Speen kurvan tasoittamiseksi.

Oikomishoito toteutettiin 16 oikomiskalvolla yläkaarella ja 18 alakaarella, joiden vaihto tapahtui 2 viikon välein. Hoidon kesto oli 10 kuukautta, ja ylimääräisiä kalvoja ei tarvittu. Hoitotuloksena syväpurenta ja inkisiivien inkliinaatio saatiin korjattua.

4.2.2 Potilastapaus 2

21-vuotiaalla naisella oli luokan II luustollinen syväpurenta, purentasuhteet molaareissa olivat AI, ja kulmahampaista kuspittaiset. Inkisiivien inkliinaatiot olivat normaalit. Alainkisiivien peittoisuus oli 90%, ja molemmilla kaarilla oli ahtaus kohtalaisesta vaikeaan. Yläkeskiviiva sijaitsi vasemmalla.

Hoidon tavoitteena oli luokan II virhepurennan korjaaminen siirtämällä posteriorisia hampaita distaalisesti vaiheittain. Syväpurenta korjattiin ylä- ja alainkisiivien intruusiolla. Hammaskaaret tasoiteltiin laajentamalla ja interproksimaalista hiontaa alahammaskaarella apuna käyttäen.

ClinCheck-suunnitteluohjelmistolla yläkulmahampaisiin sijoitettiin puruvallit, ja sekä ylä- että alainkisiiveihin painealueet intruusiota varten. Alaleuassa molempiin inkisiiveihin sekä yläleuassa ensimmäisiin inkisiiveihin asennettiin voimaharjanteet. Maxillan toisiin premolaareihin sekä mandibulan ensimmäisiin premolaareihin asennettiin optimoidut syväpurentakiinnikkeet. Alahammaskaarelle tehtiin 1,2 mm:n interproksimaaliset hionnat.

Hoito sisälsi 41 kappaletta oikomiskalvoja. Hoitotuloksena oli luokan I purenta, jossa syväpurenta ja yläkeskiviivan poikkeava sijainti oli korjattu ja molemmat hammaskaaret suoritettu.

4.3 Anteriorinen avopurenta

Avopurennassa vastakkaisten kaarten väliin jää vertikaalisesti aukko, eikä hampaat kohtaa toisiaan yhteen purressa. Avopurentaa esiintyy hampaistossa etu- tai/sivualueella, ja se voi johtua sekä dentoalveolaarisista että luustollisista syistä. Luustolliselle avopurennalle tyypillisiä piirteitä ovat suuri alakasvokorkeus, huono huulisulku ja suuhengitys. (Kleemola-Kujala 2019) Tässä kappaleessa käsitellään vain anteriorisen avopurennan hoitoa, koska se on oikomiskalvoilla indikoitua.

Harris ym. (2020) julkaiseman retrospektiivisen tutkimuksen mukaan anteriorisen avopurennan hoitoa oikomiskalvoilla voidaan pitää tehokkaana. Biomekaanisesti purennan korjaaminen tapahtuu etualueen ekstruusion sekä taka-alueen intruusion yhdistelmällä. Oikomiskalvon okklusaalipinnan materiaali estää molaarialueen ekstruusion etualueetta suljettaessa. Lisäksi kalvot mahdollistavat samanaikaisen mandibulan autorotaation ja sen

johdosta etukasvokorkeuden pienemisen. Kalvo-oikomisella toteutetussa avopurennan hoidossa vertikaaliset mittasuhteet ovat hyvin hallittavissa. (Harris ym. 2020)

Anteriorisen ekstruusion aikaansaamiseksi inkisiiveihin tarvitaan optimoidut ekstruusiokiinnikkeet. Jos avopurenta suljetaan eteenpäin kallistuneita inkisiivejä taaksepäin kallistamalla, kiinnikkeitä ei tarvita. Posterioristen hampaiden intruusio ei vaadi erillisiä kiinnikkeitä, mutta takahammasalueelle saatetaan asettaa kiinnikkeet ankkurointia varten. Vaikeissa syväpurennoissa paremman ennustettavuuden aikaansaamiseksi molaareiden intruusio toteutetaan segmentti kerrallaan. (Tai 2018) Mandibulaan voidaan lisäksi asentaa miniruuvit paremman taka-alueen okklusaalisen hallinnan sekä tehokkaamman intruusion aikaansaamiseksi vaikeammassa avopurentatapauksissa. (Pinho & Santos 2021)

4.3.1 Potilastapaus

14-vuotiaalla pojalla oli anteriorinen avopurenta luokan I parentasuhteella (VYP -3 mm, HYP 4 mm). Yläkeskiviiva oli hiukan vasemmalla. Skeletaalisesti alaleuan kasvumalli oli avautuva ja inkisiivit olivat protrusiossa.

Hoitosuunnitelmana oli anteriorisen avopurennan korjaus ylä- ja alainkisiivejä taaksepäin kallistamalla ja ekstrusoimalla sekä posteriorisia hampaita intrusoimalla. Inkisiiveihin tehtiin interproksimaaliset hionnat inkisiivien protrusion sekä horisontaalisen ylipurennan korjaamiseksi ja hammaskaaret tasoiteltiin.

Yläinkisiiveihin ja toisiin alainkisiiveihin tuli ekstruusiokiinnikkeet. Ensimmäisiä alainkisiivejä kallistettiin taaksepäin, jolloin niiden kohdalla tavoiteltiin relatiivista ekstruusiota, eikä kiinnikkeitä tarvittu.

Hoito kesti 11 kuukautta eikä ylimääräisiä oikomiskalvoja tarvittu. Oikomiskalvojen käytön lopetusvaiheessa premolaari- ja molaarialueella oli lievä avopurenta. Potilas käytti tämän jälkeen Vivera-retentiokalvoja öisin. 14 kuukauden kuluttua hoidosta posteriorinen avopurenta oli korjaantunut.

4.4 Distaalipurenta

AII-purennassa eli distaalipurennassa alaleuan hampaisto on distaalisesti suhteessa yläleuan hampaistoon. Purentavirheen syyt voivat olla joko dentoalveolaarisia tai skeletaalisia. AIII-luokan purennassa yläetuhampaat työntyvät voimakkaasti ulospäin, ja tästä aiheutuu suuri horisontaalinen ylipurenta. AII2-luokan purennassa yläykköset ovat pystyt tai kallistuneet palatinaalisesti. Ylipuhjenneet ylä- tai alaetuhampaat aiheuttavat monesti syvän purennan ja pehmytkudostraumoja. (Virolainen 2019)

Distaalipurennan hoidossa purentavirheen anteroposteriorinen vaikeusaste, leukojen kasvumalli sekä vertikaaliset suhteet tulee huomioida tarkasti oikeanlaisen hoidon suunnittelemiseksi. Maxilla voi olla proгнаattinen, mandibula retroгнаattinen tai kyseessä voi olla yhdistelmä molempia. Skeletaalisissa luokan II purennoissa yläinkisiivit ovat tyypillisesti pystyt tai taaksepäin kallistuneet ja alainkisiivit eteenpäin kallistuneet. (Virolainen 2019)

Kasvavan lapsen tai nuoren skeletaalisen distaalipurennan korjaamiseen käytetään leukojen kasvua ohjaavia irtokojeita, kuten ekstraoraalivetoja, funktionaalisia kojeita sekä purennan ohjaimia. (Virolainen 2019) Oikomiskalvoja voidaan käyttää tämän jälkeen dentaalisten purentasuhteiden viimeistelyyn ja hammaskaarten tasoittamiseen. (Tai 2018) Vaikeissa skeletaalisissa distaalipurennoissa sekä kasvun päätyttyä kyseeseen tulee usein ylänelosten ekstraktiot yhdistettynä etu- ja välihampaiden distaaliseen siirtoon tai ortognaattiseen kirurgiaan. (Virolainen 2019) Kasvun päätyttyä dentoalveolaarinen AII-purenta, jossa anteroposteriorinen poikkeama on alle 4 mm, sekä hyvin lievät skeletaaliset distaalipurennat voidaan korjata oikomiskalvoilla, joiden käyttöön yhdistetään kumivedot, hampaiden interproksimaaliset hionnat sekä tarvittaessa vaiheittainen eli hammas kerrallaan siirtäminen distaalisesti. (Tai 2018)

Yksi viimeisimmistä Align Technologyn innovaatioista on skeletaalisen distaalipurennan, jossa alaleuka on retroгнаattinen, hoitoon kehitetyt alaleukaa eteenpäin työntävät siivekkeet. Hoitolla voidaan korvata kasvavien leukojen ohjaamiseen käytetyt irtokojeet, ja leukojen välisen skeletaalisen suhteen korjaututtua oikomiskalvot ilman siivekkeitä viimeistelevät hoidon. (Tai 2018)

Kumivedot soveltuvat pääasiassa dentoalveolaarisen luokan II parentasuhteen korjaamiseen, ja niiden käyttö aloitetaan tyypillisesti oikomiskalvojen käytön kanssa samanaikaisesti ja käyttö jatkuu koko hoidon. Siirtämällä molaareja distaalisesti hammas kerrallaan vaiheittainen ylämolaarien siirto on ennustettavampaa luokan II kuspittaisten parentavirheiden korjaamisessa. Optimoidut juurikontrollikiinnikkeet mahdollistavat hampaan kokonaissiirron premolaarien ja kulmahampaiden distaalisessa siirrossa. (Tai 2018)

Kalvo-oikomishoidon ennuste luokan II purennoissa, joissa alaleuan kasvumalli on avautuva, on huono. Tämä johtuu alaleuan taipumuksesta kasvaa alas- ja taaksepäin. Sulkeutuvan kasvumallin purentoihin puolestaan kalvo-oikominen soveltuu alaleuan kasvutaipumuksen vuoksi. Tarkan diagnoosin määrittäminen on oleellista oikeanlaisen hoidon suunnittelemiseksi. (Tai 2018)

4.4.1 Potilastapaus

28-vuotiaalla miehellä oli dentoalveolaarinen luokan II parenta, jossa molaarien ja kulmahampaiden välinen parentasuhde oli kuspittainen. Horisontaalinen ylipurenta oli suurentunut ja ylä- ja alahammaskaarella oli lievä ahtaus. Yläkulmahammas oikealla puolella sijaitsi rivistä bukkaalisesti ja yläkaaren keskiviiva oli 3 mm oikealla.

Hoidon tavoitteena oli anteroposteriorisen parentasuhteen korjaaminen luokan II kumivedoilla ja yläkaaren interproksimaalisilla hionnoilla, yläkeskiviivan deviaation korjaaminen sekä kaartien tasoittaminen ja yläkulmahampaan tuominen riviin tilaa tekemällä.

Yläetualueelle tehtiin interproksimaaliset hionnat, ja bukkaalisesti puhjenneseen kulmahampaseen asetettiin optimoitu rotaatiokiinnike. Yleensä kumivedon kiinnityskoukku on oikomiskalvoissa kulmahampaan kohdalla, mutta koska se ei voi olla optimoidun rotaatiokiinnikkeen kanssa samassa hampaassa, se sijoitettiin poikkeuksellisesti ensimmäiseen premolaariin. Vasemmalla puolella se sijoitettiin kulmahampaan kohdalle. Myös alakulmahampaisiin ja -premolareihin asennettiin rotaatiokiinnikkeet ja kumivedon vastintappi kiinnitettiin ensimmäisiin alamolareihin.

Hoito kesti 14 kuukautta, ja tarvittiin yhdet lisäkalvot. Luokan II kumivedot olivat käytössä koko hoidon ajan. Kulmahampaiden kuspittainen suhde korjaantui luokan I purentasuhteeksi, keskiviiva saatiin kohdalleen ja ylä- ja alahammaskaaret tasoittuivat.

4.5 Mesiaalipurenta eli progenia

Progeniassa alaleuka sijaitsee yläleukaan nähden liian edessä. Tämä voi johtua pienestä yläleuasta tai sen retrognaattisesta sijainnista, suuresta alaleuasta tai sen prognaattisesta sijainnista. Vika voi olla myös samanaikaisesti molemmissa leuoissa. Progeniassa kasvojen profiili on tyypillisesti kovera. Hampaistollisesti todetaan usein sekä etu- että sivualueen ristipurenta. Tyypillistä on myös, että yläinkisiivien kallistuskulma on normaali tai hiukan eteenpäin ja alainkisiivien taaksepäin. (Virolainen 2019)

Pelkkien hampaistosuhteiden perusteella voi olla hankala sanoa, onko kyseessä dentoalveolaarinen etualueen ristipurenta vai skeletaalinen progenia. Dentoalveolaarisessa purentavirheessä ylähampaat ovat tyypillisesti sisäänpäin kallistuneet tai pystyt ja ohjaavat alaleukaa eteenpäin ristipurentasuhteeseen. Todellisen progenian diagnoosi varmistuu usein vasta kasvupyrähdysten aikana, sillä pienten lasten yläleuka on alaleukaa kookkaampi. (Virolainen 2019)

Progenian hoito tulisi aloittaa mahdollisimman varhain purentavirheen tyypistä riippuen esimerkiksi kasvomaskilla, QH:lla, RME-kojeella, leukakapalla tai funktionaalisilla kojeilla. Pysyvän hampaiston progeniaa on vaikea hoitaa. Vaikeat AIII-purennat hoidetaan kasvun päätyttyä kirurgisesti. (Virolainen 2019) Kasvun päätyttyä lievien virheiden hoidossa voidaan käyttää kumivetoja, jotka muuttavat hammaskaarten välistä suhdetta hammasta kallistamalla, sekä interproksimaalisia hiontoja ja alamolaarien distaalista siirtoa. (Tai 2018)

Kuten distaalipurennassa, kumivedot soveltuvat pääasiassa dentoalveolaarisen progenian korjaamiseen, ja niiden käyttö aloitetaan oikomiskalvojen käytön kanssa samanaikaisesti, ja ne voivat olla hoidossa mukana sekä osa- että kokoaikaisesti. Vaiheittainen alamolaarien distaalinen siirto on ennustettavampi tapa korjata puolen kuspין luokan III purentavirheitä. Optimoidut juurikiinnikkeet mahdollistavat hampaan kokonaissiirron premolaarien ja kulmahampaiden distaalisisäsiirrossa. (Tai 2018)

Kalvo-oikomishoidon ennuste progenioissa, joissa alaleuan kasvumalli on avautuva, on huono. Tämä johtuu alaleuan taipumuksesta kasvaa alas- ja taaksepäin. Sulkeutuvan

kasvumallin purentoihin puolestaan kalvo-oikominen soveltuu alaleuan kasvutaipumuksen vuoksi. Tarkan diagnoosin määrittäminen on oleellista oikeanlaisen hoidon suunnittelemiseksi. (Tai 2018)

4.6 Hampaiden poistot

Viime vuosien kalvo-oikomistekniikan kehittyminen on mahdollistanut yhä haastavampien purentavirheiden hoidon. Esimerkiksi hampaiden poistoja vaativat hoidot ovat olleet oikomiskalvoilla pitkään huonoennusteisia. Tekniikan kehittymisen vuoksi hampaiden poistoja sisältävät kalvo-oikomishoidot ovat nykyisin mahdollisia ja tulokset ennustettuja oikein toteutettuna. Ne ovat kuitenkin riittämättömän tutkimustiedon vuoksi edelleen haastavaa oikomishoitoa, ja vaativat tekijältä laaja-alaista kokemusta kalvo-oikomishoidon parista. (Tai 2018)

5. POHDINTA

Kalvo-oikominen on ala, joka kehittyä tällä hetkellä hyvin nopeasti. Kalvo-oikomisen noussut suosio ja sen käytössä ilmenneet rajoitukset ovat herättäneet laaja-alaisesti kiinnostusta tuotekehittäjien keskuudessa ja johtavat kaiken aikaa yhä innovatiivisempiin kalvo-oikomisteknisiin ratkaisuihin.

Align Technology on johtava yritys oikomiskalvomarkkinoilla ja ollut viime vuodet uusien innovaatioiden edelläkävijä. Valtaosa tutkimustiedosta liittyy Invisalign-tuotemerkin oikomiskalvoihin. Kalvo-oikomisesta on tehty monia systemaattisia katsauksia, ja useat tutkimukset vertailevat kiinteäkoje- ja oikomiskalvohoitoa toisiinsa. Lisää kontrolloituja klinisiä tutkimuksia hoidon vaikuttavuudesta kuitenkin tarvitaan. (Nissinen 2020)

Tämänhetkisten tutkimusten perusteella voidaan sanoa kalvo-oikomisen olevan hyvä hoitomenetelmä pääasiassa lievien tai kohtalaisten purentavirheiden hoitoon potilaille, joilla on pysyvä hampaisto ja hampaita ei tarvitse poistaa. Viimeisen 20 vuoden aikana tuotekehittely on kuitenkin mahdollistanut oikomiskalvojen käytön yhä vaikeampien purentavirheiden hoidossa onnistunein tuloksin. Tämä vaatii kuitenkin kliinikolta laajaa tietämystä ja kokemusta oikomiskalvojen parista. Biomekaniikan ymmärtäminen oikomiskalvotekniikan taustalla yhdessä digitaalisen hoitosuunnitteluosaamisen ja hoitoprotokollan hallinnan kanssa ovat avainasemassa onnistuneiden kalvo-oikomishoitotulosten saavuttamiseksi. Yksilöllinen diagnoosi ja mahdollinen skeletaalinen komponentti tulee aina olla tarkasti määriteltynä ennen hoidon aloitusta.

Kalvo-oikomistekniikan kehitys on mahdollistanut sen lisääntyneen käytön lasten oikomishoidossa. Tutkimusnäyttöä ei kuitenkaan ole vielä riittävästi ja lisää laadukkaita tutkimuksia tarvitaan ennen kuin kalvo-oikominen voitaisiin ottaa yleiseen käyttöön lasten oikomishoidossa. Tällä hetkellä oikomiskalvojen käyttö osana lasten oikomishoitoa perustuu pitkälti hammaslääkärin omaan arvioon niiden soveltuvuudesta.

6. LÄHDELUETTELO

Castroflorio T, Garino F, Lazzaro A, Debernardi C (2013). Upper-Incisor Root Control with Invisalign Appliances *JCO XLVII*. p. 346– 351

Cisneros G, Huang A & Huang D (2019). Situational extraction therapy with clear aligner therapy in complex malocclusions. *Orthodontic practice: US*.

Daher S. (2011) Techniques for Class II Correction with Invisalign and Elastics. *Clinical tips & techniques by Align technology*.

Djeu G, Shelton C, Maganzini A (2005). Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 128(3):292-8; discussion 98.

Drake CT, McGorray SP, Dolce C, Nair M, Wheeler TT (2012). Orthodontic Toot Movement with Clear Aligners. *International Scholarly Research Network – ISRN Dentistry Volume*. Article ID 657973

El-Bialy, T. (2016). *Orthodontic Biomechanics : Treatment of Complex Cases Using Clear Aligner*. Bentham Science Publishers Ltd.

Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KWL. *Orthodontics: Current Principles and Techniques*, 5th edition, Elsevier, 2011, s. 208, 283

Grunheid T, Gaalaas S, Hamdan H, Larson BE (2016). Effect of clear aligner therapy on the buccolingual inclination of mandibular canines and the intercanine distance. *Angle Orthod*. 87:10-6

Harris K, Ojima K, Chisato Dan, Upadhyay M, Alshehri A, Kuo, CL, Mu J, Uribe F, Nanda R. (2020) Evaluation of open bite closure using clear aligners: a retrospective study. *Progress in Orthodontics*. 21(1):23

Herzog C, Konstantonis D, Konstantoni N, Eliades T (2017). Arch-width changes in extraction vs nonextraction treatments in matched Class I borderline malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 151:735–743.

Khosravi R, Cohanim B, Hujoel P ym. (2017). Management of overbite with Invisalign® appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 151:691-699.

Kleemola-Kujala E (2019) *Therapia Odontologica. Avopurenta. Academica-Kustannus Oy.* tod17016(017.016)

Kleemola-Kujala E (2019) *Therapia Odontologica. Syvä purenta. Academica-Kustannus Oy.* tod17015(017.015)

Krieger E, Seiferth J, Saric I, Jung BA, Wehrbein H. Accuracy of Invisalign® treatments in the anterior tooth region. First results. *J Orofac Orthop.* 2011 Mar;72(2):141-9. doi: 10.1007/s00056-011-0017-4.

Lapenaite E, Lopatiene K (2014). Interproximal enamel reduction as a part of orthodontic treatment. *Stomatologija.* 16:19–24

Lou T, Mair A (2020). An historical overview of clear aligner therapy the evolution of clear aligners. <https://www.oralhealthgroup.com/features/an-historical-overview-of-clear-aligner-therapy-the-evolution-of-clear-aligners/>

Mitchell L. *Introduction to Orthodontics* 4th edition. Oxford university press 2013, s.91- 95,102

Nissinen A (2020). Kalvo-oikominen sopii joihinkin tilanteisiin. *Suomen Hammaslääkärilehti verkkojulkaisu.*<https://www.hammaslaakarilehti.fi/fi/uutinen/kalvo-oikominen-sopii-joihinkin-tilanteisiin>

Phan X, Ling PH(2007, April). Clinical limitations of Invisalign. *JCDA.* vol 73 no. 3

Pinho T, Santos M. (2021) Skeletal open bite treated with clear aligners and miniscrews. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.*159(2):224-233

Ravera S, Castroflorio T, Garino F, Daher S, Cugliari G, Deregibus A (2016). Maxillary molar distalization with aligners in adult patients: a multicenter retrospective study. *Prog Orthod.* 17:12

Reistenhofer B, Triessnig F, Besser K (2018). Correcting severe deep bite with the Invisalign appliance. *Journal of Aligner Orthodontics.* 2(2):109-123

Rossini G, Parrini S, Deregibus A, Castroflorio. (2017) Controlling orthodontic tooth movement with clear aligners – An updated systematic review regarding efficacy and efficiency. *Journal of Aligner Orthodontics*.1(1):7-20

Simon M, Keiling L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C (2014). Treatment outcome and efficacy of a aligner technique – regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC Oral Health*. 14:68

Solano-Mendoza B, Sonnemberg B, Solano-Reina E, Inglesias-Linares A (2016). How effective is the @Invisalign system in expansion movement with Ex30' aligners. 21:1475-1484

Tai, S. (2018). *Clear aligner technique*. Hanover Park, IL: International Quintessence Publishing Group.

Turatti G, Womack R, Bracco P (2006). Incisor intrusion with Invisalign treatment of an adult periodontal patient. *J Clin Orthod*. 40(3): 171-4

Upadhyay, M., & Nanda, R. (2015). Chapter 4 - biomechanics in orthodontics. In R. Nanda (Ed.), *Esthetics and biomechanics in orthodontics (second edition)* (s. 74-89)

Virolainen K (2019). *Therapia Odontologica. Distaalipurenta*. Academica-Kustannus Oy. tod17011 (017.011)

Webdento (2019): *Invisalign-oikomishoito: hinta ja kokemuksia hoidosta*.
<https://fi.webdento.com/oikomishoito-hammasraudat/>. (Luettu 6.5.2019)

Weir T (2017). Clear aligners in orthodontic treatment. *Australian Dental Journal* 62(S1):58-62

WMDS, Inc. (2018, July). What is tooth decay? Retrieved July 10, 2018, from https://www.animated-teeth.com/tooth_decay/t1_tooth_decay_cavities.htm

Virolainen K (2019) *Therapia Odontologica. Hammaskaarten ahtaus*. Academica-Kustannus Oy. tod17010(017.010)

Virolainen K (2019). *Therapia Odontologica. Mesiaalipurenta*. Academica-Kustannus Oy. tod17012 (017.012)