

## **KALVO-OIKOMISHOIDON MAHDOLLISUUKSIA JA RAJOITTEITA**

HLK Tikkanen, Inka  
Syventävien opintojen tutkielma  
Hammaslääketieteen tutkinto-ohjelma  
Lääketieteellinen tiedekunta  
Oulun yliopisto  
5/2022  
Dosentti EHL Virpi Harila

TIIVISTELMÄ

Tikkanen, Inka: Kalvo-oikomishoidon mahdollisuuksia ja rajoitteita  
Syventävien opintojen tutkielma: 23 sivua

---

Syventävän tutkielman aiheena on kalvo-oikomishoito. Tavoitteena on selvittää, millaisia tutkimustuloksia kirjallisuudessa on erilaisista hampaiden siirroista kalvoilla. Tutkielmassa käsitellään myös kalvojen valmistusta ja biomekaniikkaa, vaikutuksia suun terveyteen, hoidon kestoa ja kustannuksia sekä hoitoa vaihduntahampaistossa. Kirjallisuuskatsauksen lähteenä on käytetty Pubmed-tietokannasta haettuja ajankohtaisia tieteellisiä artikkeleita.

Kalvo-oikomishoito on esteettisyytensä vuoksi suosittu hoitomuoto kuluttajien keskuudessa. Kalvohoidon haitalliset vaikutukset parodontiumin terveyteen lyhyellä aikavälillä ovat vähäisemmät verrattuna kiinteäkojehoitoon. Juuriresorptioiden ilmaantuvuudessa ei ole eroa eri kojeiden välillä; tärkeämpiä tekijöitä ovat hoitoon kulunut aika ja siinä käytetyt voimat. Hoidosta aiheutuva kipu on ensimmäisten päivien aikana alhaisempi kalvo-oikomispotilailla kuin kiinteäkojepotilailla.

Kalvohoidon tehokkuutta halutun lopputuloksen saavuttamisessa on tutkittu vertaamalla tuloksia kiinteäkojehoitoon. Tutkimusten mukaan kalvohoidolla ei saavuteta yhtä tarkasti haluttuja lopputuloksia kuin kiinteäkojehoidolla, jossa hoitoon kuuluu viimeistelyvaihe. Kalvohoitoon kuluva aika ilman poistoja tehtävässä hoidossa on lyhyempi verrattuna kiinteäkojehoitoon, mikä niin ikään saattaa johtua erillisen viimeistelyvaiheen puuttumisesta. Kalvohoidon materiaalikustannukset ovat huomattavasti korkeammat kuin kiinteäkojehoidossa. Toisaalta vastaanottokäyntejä kalvohoidossa on vähemmän. Kalvohoitoa vaihduntahampaistossa on tutkittu vielä melko vähän. Yläleuan levitys kalvoilla onnistuu tutkimusten mukaan vaihduntahampaistossa.

Kalvojen kyky intrusoida hampaita on verrattavissa kiinteisiin kojeisiin. Ekstrusion toteuttaminen kalvoilla on haastavaa ilman hampaan tahatonta kallistamista. Okklusaalisesti pyöreiden hampaiden rotaatio on myös kalvoilla haastavaa toteuttaa puutteellisen retention vuoksi. Kontrollioimattomat hampaan labio-linguaali- tai bukko-linguaalisuuntaiset kallistukset onnistuvat kalvoilla hyvin. Laajajuuristen hampaiden siirtäminen yhdensuuntaisina mesio-distaalisuunnassa on haastavaa. Juurten liikkeiden kontrollointi ei ole edelleenkään verrattavissa kiinteäkojehoitoon, mutta on helpottunut kalvojen kehittyessä. Yläleuan molaarien distaalinen siirto 2-3mm onnistuu kalvoilla hyvin, eikä aiheuta muutoksia kasvojen vertikaalisiin suhteisiin. Kalvohoitoa tekevän klinikon kokemus ja perehtyminen oikomishoitoon ovat tärkeitä potilasvalinnan ja hoitosuunnitelmien onnistumiseksi.

Avainsanat: kalvo-oikominen, kalvo-oikomishoito, Invisalign, Align technology

## SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	4
2. KALVOJEN VALMISTUS .....	4
2.1. CAD/CAM-tekniikka .....	5
2.2. Hoidon kulku .....	5
3. KALVOJEN TOIMINNAN BIOMEKANIikka .....	6
4. KALVOHOIDON VAIKUTUKSIA SUUN TERVEYTEEN .....	7
4.1. Parodontium.....	7
4.2. Juuriresorptiot .....	8
4.3. Hoidon aiheuttama kipu.....	8
5. KALVOHOITOJEN TEHOKKUUS JA TARKKUUS .....	9
5.1. Hoito vaihduntahampaistossa .....	11
5.2. Hoidon kesto ja kustannukset .....	12
6. ERILAISET HAMPAAAN SIIRROT .....	13
6.1. Intruusio .....	13
6.2. Ekstruusio .....	14
6.3. Rotaatio .....	14
6.4. Kallistaminen.....	15
6.5. Torkkaaminen/juuren liikkeen kontrollointi.....	15
6.6. Molaarien distalointi, translaatio, AII-hoito .....	17
7. POHDINTA.....	18
LÄHDELUETTELO .....	21

## 1. JOHDANTO

Ortodonttisten aikuispotilaiden määrän lisääntyminen on luonut tarpeen esteettisemmille ja mukavammille hoitovaihtoehdoille verrattuna perinteisiin kiinteisiin kojeisiin (Tamer ym. 2019). Idea sarjana käytettävistä irrotettavista kojeista esiteltiin jo vuonna 1945 (Duncan ym. 2016). Nykyisen 3D-mallinnusta käyttävän tekniikan toi markkinoille ensimmäisen kerran Align Technology, joka esitteli Invisalignin vuonna 1998. Siinä hampaisto skannataan ja tiedot siirretään ohjelmaan, jonka avulla hahmotellaan ideaalitalanne ja tehdään hoitosuunnitelma. Suunnitelman pohjalta tuotetaan sarja oikomiskalvoja, joista yhtä kalvoa käytetään noin 14 vuorokautta ennen seuraavaan kalvoon siirtymistä.

Vuosien kuluessa kalvo-oikomishoito on kehittynyt jatkuvasti: ensimmäisen sukupolven yksinkertaisia kalvoja on kehitetty tehokkaammiksi lisäämällä hampaisiin otepintoja, jotka mahdollistavat vaikeampia hampaiden asentojen korjauksia (Hennessy ym. 2016). Alun perin Invisalign kehitettiin korjaamaan lieviä purentavirheitä kuten lievää ahtautta ja aukkoisuutta, mutta tuotteen kehittyessä sen avulla on alettu hoitaa yhä vaativampia purentavirheitä (Simon ym. 2014). Lisäksi markkinoille on tullut kymmeniä muitakin tuotteita eri yrityksiltä liittyen kalvo-oikomishoitoon (Weir 2017). Niiden joukossa on pienempiä hampaiden korjauksia lupaavia tuotteita, suoraan potilaalle toimitettavia tuotteita sekä monimutkaisempia ja kehittyneempiä tuotteita. Tässä kirjallisuuskatsauksessa keskitytään lähinnä pitkälle kehittyneisiin kalvohoitoihin kuten Invisaligniin.

Maailmanlaajuisesti vuonna 2020 kalvoilla hoidettuja potilaita on useita miljoonia, ja jo yksistään Invisalignilla on hoidettu yli 8 miljoonaa potilasta heidän verkkosivujensa mukaan. Siitä huolimatta aiheesta on tehty suhteellisen vähän laadukkaita tutkimuksia (Grunheid ym. 2017). Näyttöä tekniikan tehokkuudesta eri purentavirheissä tarvitaan lisää, koska mitä ilmeisimmin sillä on tiettyjä rajoitteita liittyen erilaisiin hampaiden siirtoihin.

## 2. KALVOJEN VALMISTUS

Oikomishoidossa käytettävät kalvot ovat kirkkaita, lämpömuotoiltuja muovisia kalvoja, jotka peittävät joko suuren osan hampaista tai kaikki hampaat (Weir 2017).

## 2.1. CAD/CAM-tekniikka

Tietokoneavusteisen suunnittelun (CAD, computer-aided design) sekä nopean prototyypitekniikan (RP, rapid prototyping) kehittymisen ansiosta nykyaikaisissa kalvohoidoissa sekä hoidon suunnittelu että kalvojen tuottaminen toteutetaan teollisesti (Barone ym. 2017). Potilaan hampaisto skannataan optisesti joko suoraa potilaan suusta tai kipsimallilta. Asiaan erikoistuneet teknikot suunnittelevat yksittäisten hampaiden asentojen korjaukset tietokoneohjelman avulla, ja muutokset jaetaan pienempiin osiin aina alkuperäisestä asemasta lopulliseen tulokseen. RP-tekniikalla eri vaiheista tehdään prototyypimallit, joiden päälle kalvot lämpömuotoillaan.

## 2.2. Hoidon kulku

Hoitoa valmistelevien toimenpiteiden jälkeen kliinikot ovat kalvohoidossa pienemmässä roolissa verrattuna perinteiseen kiinteäkojehoittoon (Phan & Ling 2007). Hoidon valmisteluun sisältyvät alkuarvio tilanteesta, diagnoosin tekeminen, hoitosuunnitelma sekä sitä täydentävät dokumentit. Tällaisia ovat esimerkiksi röntgenkuvat, alkutilanteen purennan rekisteröinnit sekä valokuvat, ja nämä tulee lähettää tietokoneavusteista suunnittelua varten yritykselle, joka Invisalignin tapauksessa on Align Technology. Kliinikko saa virtuaalisen hoitosuunnitelman arvioitavakseen ja voi halutessaan pyytää siihen muutoksia.

Potilaan tulee käyttää kalvoa vähintään 22 tuntia vuorokaudessa (Phan & Ling 2007). Se tulisi ottaa suusta ainoastaan syömisen, kuumien ja sokerisien juomien nauttimisen ja hampaiden harjaamisen ajaksi. Yhtä kalvoa käytetään noin 14 vuorokautta ennen seuraavaan kalvoon siirtymistä (Duncan ym. 2016). Kun haluttu lopputulos on saavutettu, siirrytään retentiovaiheeseen kuten oikomishoidossa yleensäkin. Kalvohoidon retentiassa käytetään usein kirkkaita irrotettavia retentiokalvoja. (Tai 2018). Lisäksi etualueen hampaissa voidaan käyttää kiinteää retentiolankaa, joka tulee kiinnittää hampaisiin ennen retentiokalvojäljennöksen ottoa. Retentiota suunniteltaessa tulee huomioida hoitoon kulunut aika: lyhyellä aikavälillä tehty hoito lisää relapsin riskiä, jolloin retentiokojetta tulisi aluksi käyttää kokoaikaisesti ja vähentää käyttöä asteittain purennan stabiloituessa. Pidemmällä aikavälillä toteutetun hoidon tulos on yleensä stabiilimpi, jolloin retentiokojeen osa-aikainen käyttö voi olla riittävä. Retentio tulee kuitenkin suunnitella aina yksilöllisesti.

### 3. KALVOJEN TOIMINNAN BIOMEKANIikkaa

Kalvojen biomekaniikkaan vaikuttavia tekijöitä ovat materiaalin ominaisuudet, materiaalin paksuus, kalvon sopivuus hampaille sekä otepinnat (Weir 2017). Mekanismit, joilla kalvot siirtävät hampaita, voidaan jakaa kahteen eri periaatteeseen: siirtymäpainotteiseen ja voimapainotteiseen (Tamer ym. 2019). Siirtymäpainotteinen mekanismi perustuu siihen, että siirrettävät hampaat muotoillaan kalvoihin aina seuraavaan haluttuun asemaan hoitosuunnitelman mukaisesti. Kalvoa käytettäessä hampaat siirtyvät kyseiseen asemaan, minkä jälkeen voidaan ottaa käyttöön seuraava kalvo. Siirtymäpainotteinen mekanismi yksistään on useisiin hampaiden asentojen korjauksiin riittämätön, ja tällöin voidaan hyödyntää voimapainotteista mekanisme.

Voimapainotteinen mekanismi perustuu kalvoihin suunniteltuihin erilaisiin painepisteisiin ja voimaharjuihin, jotka välittävät kuhunkin hampaaseen halutun voiman ja momentin (Barone ym. 2017, Tamer ym. 2019). Hampaan ortodonttinen siirtyminen on biomekaaninen prosessi, johon vaikuttavat voiman ja momentin muodostama kuormitus sekä hampaan liikettä vastustava alveoliluun resistenssi (Barone ym. 2017). Hampaan juuren alueella on kuviteltu resistenssikeskus, jonka ympäri hammas pyrkii kiertymään, jos siihen kohdistuva voima ei kulje resistenssikeskuksen kautta (El-Bialy 2016). Voima siis aiheuttaa momentin, jonka vaikutusta voidaan vähentää luomalla sille vastamomentti. Tällä tavoin hampaan siirtymistä voidaan kontrolloida.

Tietynlaisilla voiman ja momentin yhdistelmillä hampaaseen saadaan joko kontrolloimaton kallistus, kontrolloitu kallistus, yhdensuuntaissiirtymä tai pelkkä juuren siirtyminen (Barone ym. 2017). Kalvohoidossa kojeen ja hampaan väliset kontaktipinnat ovat laajoja ja epätarkkoja verrattuna kiinteiden kojeiden kiinnikkeisiin, mikä tekee hampaiden siirtymisestä vähemmän kontrolloitua. Tarkkuutta voidaan kuitenkin jonkin verran lisätä pienentämällä kalvon ja hampaan kontaktikohtaa erilaisten painepisteiden avulla. Näin voidaan mahdollistaa vaativampia asentojen korjauksia kuten hampaiden intrusio sekä juurten liikkeiden kontrolloiminen (Tamer ym. 2019).

Kalvojen tehokkuutta lisätään nykyisin myös hampaan pintaan sidostetuilla muovisilla otepinnoilla (Weir 2017). Otepinnat parantavat kalvojen retentiota sekä mahdollisuuksia sellaisissa korjauksissa, joita on muuten kalvoilla vaikeaa toteuttaa. Tällaisia ovat muun muassa hampaiden ekstruusio, okklusaalisesti pyöreiden hampaiden rotaatio, hampaiden intruusio paremman ankkuroinnin avulla sekä juurten mesio-distaalisen kallistumisen kontrolloiminen.

## **4. KALVOHOIDON VAIKUTUKSIA SUUN TERVEYTEEN**

### **4.1. Parodontium**

Esteettisemmät vaihtoehdot oikomishoidossa ovat lisänneet aikuispotilaiden määrää (Karkhanечи ym. 2013). Lapsipotilailla kariesriskin lisääntyminen oikomishoidon myötä on yleinen huolen aihe, kun taas aikuispotilailla oikomishoidon vaikutukset parodontiumin terveyteen on erityisen tärkeää huomioida. Hampaista siirrettäessä parodontiumin tulee uusiutua tehokkaasti, ja mahdollinen tulehdustila kudoksissa voi olla haitaksi uusiutumislle ja näin huonontaa lopputulosta. Kiinteiden kojeiden on todettu lisäävän plakin kertymistä ja sen myötä ientulehdusta ja taskusyvyvyyksiä, koska kojeet luovat uusia plakkiretentioita ja vaikeuttavat omahoitoa. Karkhanечи ym. (2013) vertailivat tutkimuksessaan kalvohoidon ja kiinteiden kojeiden vaikutusta parodontiumin statukseen. Status otettiin kummankin ryhmän potilailta puhdistuksen jälkeen juuri ennen hoidon alkua ja lisäksi 6 viikkoa, 6 kuukautta ja 12 kuukautta hoidon aloittamisen jälkeen. Kalvohoitoryhmässä plakin määrä hieman laski vuoden aikana, minkä myötä myös ikenien tulehdustilaa kuvaava indeksi (gingival index), taskusyvytydet ja verenvuodon määrä laskivat. Kaiken kaikkiaan parodontologinen status oli hoidon aikana merkittävästi parempi kalvohoitopotilailla kuin kiinteäkojepotilailla. Saman suuntaisia tuloksia saivat myös (Mulla Issa, F. H. K. ym. 2020) verratessaan kalvohoidon, kiinteiden kojeiden, kiinteiden keraamisten kojeiden ja itsestään ligeerautuvien kojeiden vaikutuksia parodontologiseen statukseen. Kalvohoitopotilailla oli hoidon aikana tilastollisesti merkitsevästi paremmat parodontologiset indeksit kuin kiinteäkojepotilailla sekä keraamisia kojeita käyttäneillä potilailla. Itsestään ligeerautuviin kojeisiin ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Parodontologisesti korkean riskin potilailla kalvohoito voisi siis olla hyvä vaihtoehto, mutta hoidon valintaan vaikuttaa moni muukin

asia (Karkhanechi ym. 2013). Myöskään kiinteiden kojeiden vaikutuksista parodontiumin terveyteen pidemmällä aikavälillä ei ole tarpeeksi näyttöä.

## 4.2. Juuriresorptiot

Ortodonttisesti aiheutunut ulkoinen juuren kärjen resorptio (Orthodontically induced external apical root resorption OIEARR) on mahdollinen oikomishoidon patologinen sivuvaikutus, joka johtaa hampaan juuren rakenteen pysyvään menetykseen (Iglesias-Linares ym. 2017). Liian suuret ja tietyn tyyppiset voimat oikomishoidossa nostavat resorptioiden riskiä. Kallistettavissa hampaissa resorptioita esiintyy enemmän kuin yhden suuntaisina siirrettävissä hampaissa, ja intrusioon yhteydessä resorptioiden esiintyvyys on jopa nelinkertainen verrattuna ekstrusioon (Yi ym. 2018). Geneettisillä tekijöillä on myös vaikutusta (Iglesias-Linares ym. 2017). Kaikkein alttiimpia juuriresorptioille ovat yläleuan keski- ja lateraali-inkisiivit. Invisalignin kehityksen alkuaikoina julkaistiin tutkimus, jossa sadalla kalvohoidetulla potilaalla ei todettu ollenkaan juuriresorptioita. Tuloksen perusteella pääteltiin, että kalvohoito voisi olla kiinteitä kojeita parempi vaihtoehto potilaille, joilla on luontaisesti lyhyet hammasjuuret. Yi ym. (2018) saivat tutkimuksessaan tuloksen, joka tukee kyseistä hypoteesia. Tutkimuksessa vertailtiin juuriresorptioiden ilmaantuvuutta kalvohoitopotilailla ja kiinteäkojepotilailla, ja kalvohoitoryhmässä ilmaantuvuus oli merkitsevästi alhaisempi kuin kiinteäkojeryhmässä. Tutkimuksessa ei kuitenkaan huomioitu geneettisiä tekijöitä, jotka ovat ilmeisesti merkittävä riskitekijä. Hoidon keston ja resorptioiden ilmaantuvuuden välillä oli positiivinen korrelaatio kummassakin hoitomuodossa. Ryhmien välillä ei ollut merkitsevää eroa hoidon keston ja parentavirheiden vakavuuden suhteen ennen ja jälkeen hoidon, Iglesias-Linares ym. (2017) tutkivat samaa asiaa, mutta huomioivat tutkimuksessaan myös geneettisten tekijöiden vaikutuksen. Kun kliiniset, radiologiset ja geneettiset tekijät otettiin huomioon, ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Tutkimusryhmien potilaat olivat suhteellisen homogeeninen joukko, joten tutkimuksen pitäisi mitata hyvin nimenomaan eri kojeiden välisiä eroja. Tutkimuksen mukaan riski juuriresorptioille on samansuuruisen kalvohoidossa ja kiinteäkojehoidossa, eikä sen perusteella siis voi tehdä valintaa eri kojeiden välillä. Kojeen tyyppiä tärkeämpiä tekijöitä ovat hoidon kesto ja hoidossa käytetyt voimat.

## 4.3. Hoidon aiheuttama kipu



Kivun kokeminen oikomishoidon yhteydessä on hyvin yleistä, ja se vaikuttaa suoraa potilaan tyytyväisyyteen hoidon suhteen (Cardoso ym. 2020). Se on yksi tavallisimmista syistä hoidon lopettamiselle. Kipu on riippuvainen voiman kestosta ja suuruudesta, mutta sen kokemus on hyvin subjektiivinen ja siihen vaikuttavat muun muassa ikä, sukupuoli, tunnetila ja aiemmat kivun kokemukset (Cardoso ym. 2020, Diddige ym. 2020). Oikomishoidon aiheuttama kipu on pääosin lähtöisin parodontiumin mekaanisista vaurioista ja jatkuvasta tulehdusreaktiosta, eikä koetun kivun määrä ole yhteydessä pulpan muutoksiin (Dalili 2009). Kipu syntyy, kun paineen vaikutuksesta vapautuu neuropeptidejä, jotka lisäävät proinflammatoristen sytokiinien tuottoa (Diddige ym. 2020). Sytokiinit alentavat kipukynnystä häiritsemällä parodontaaliligamentin hermopäätteiden normaaleja mekanismeja. Diddige ym. (2020) vertailivat tutkimuksessaan koetun kivun voimakkuutta kiinteiden kojeiden, itsestään ligeerautuvien kojeiden ja kalvohoidon välillä ensimmäisen viikon aikana. Tutkimuksessa kipua mitattiin VAS-asteikolla 4 tuntia, 24 tuntia, 3 vuorokautta ja 7 vuorokautta kojeiden laiton jälkeen. Kaikissa ryhmissä kipu oli kovimmillaan 24. tunnin kohdalla ja laski kohti 7. päivää. Kiputaso oli johdonmukaisesti alhaisin kalvohoitoryhmässä ja korkein kiinteäkojeryhmässä. Kaikissa ryhmissä naiset raportoivat kovempaa kipua kuin miehet ja erot olivat tilastollisesti merkitseviä. Kiinteäkojepotilaat raportoivat kalvohoitopotilaita enemmän syömiseen liittyviä ongelmia ja käyttivät enemmän särkylääkkeitä. Puheeseen liittyvissä häiriöissä ei ollut eroa ryhmien välillä. Myös Cardoso ym. (2020) tulivat systemaattisessa katsauksessaan lopputulokseen, että kalvohoitopotilaat kokevat vähemmän kipua hoidon alkuvaiheessa verrattuna kiinteäkojepotilaisiin.

## **5. KALVOHOITOJEN TEHOKKUUS JA TARKKUUS**

Kalvohoitojen tehokkuutta ja tarkkuutta tutkittaessa vertaillaan usein kalvojen ja kiinteiden kojeiden saavuttamia tuloksia tietynlaisen purentavirheen hoidossa. Tutkimuksia tulee arvioida kriittisesti, koska suuressa osassa niistä on puutteita kontrolliryhmien, sokkouttamisen tai satunnaistamisen suhteen (Weir 2017). Tutkimusten otoskoot ovat yleisesti pieniä ja riskit puolueellisuudelle suuria. Haasteena tutkimuksissa on myös kalvohoitojen hyvin nopea kehittyminen: usein tutkimuksissa käytetty hoito on jo vanhentunut joltain osin, eikä vastaa täysin tällä hetkellä käytettäviä kehittyneimpiä versioita.

Gu ym. (2017) vertailivat kalvohoidon ja kiinteäkojehoidon saavuttamia tuloksia potilailla, joilla hoidettiin lievää tai kohtalaista purentavirhettä. Retrospektiivisessä tapaus-verrokkitutkimuksessa käytettiin peer assessment rating (PAR) indeksiä, jonka avulla arvioitiin potilaan purenta ennen hoitoa ja hoidon jälkeen. Kyseessä on kvantitatiivinen indeksi purentan määrittämiseen, ja siihen sisältyy kahdeksan komponenttia: yläleuan etualueen linjaus, alaleuan etualueen linjaus, anteroposteriorinen poikkeavuus, transversaalinen poikkeavuus, vertikaalinen poikkeavuus, horisontaalinen ylipurenta, vertikaalinen ylipurenta ja keskilinja. Määritelmänä parantumiselle pidetään vähintään 30 % laskua PAR-pisteissä, ja huomattavalle parantumiselle 22 pisteen laskua. Tutkimuksessa potilailla, joilla alkutilanteen pisteet olivat alle 22, huomattava parantuminen saavutettiin lopullisten pisteiden ollessa 0. Invisalignin ja kiinteiden kojeiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, kun vertailtiin niiden aiheuttamia muutoksia pisteityksen kahdeksassa eri komponentissa. Kummankin ryhmän kaikilla potilailla pisteet laskivat vähintään 30 % eli saavutettiin paraneminen. Invisalign-ryhmän potilaiden todennäköisyys saavuttaa huomattava parantuminen osoittautui kuitenkin vain 0,329-kertaiseksi verrattuna kiinteäkoje-ryhmän potilaisiin. Kiinteäkojehoito osoittautui myös tilastollisesti merkitsevästi tehokkaammaksi vähentämään painotettuja PAR-pisteitä verrattuna Invisalign-hoitoon.

Ke ym. (2019) vertailivat systemaattisessa katsauksessaan kalvohoidon ja kiinteäkojehoidon tehokkuutta sisältäen kaaren leveyden, purentakontaktit, hammasrivien suoruuden, derotaation ja hampaiden kallistuksen. Meta-analyysiin otettiin mukaan kaksi tutkimusta, jotka käyttivät samaa tutkimusmetodia. Tutkimuksissa kalvohoito sai huonompia pisteitä verrattuna kiinteäkojehoitoon bukkolinguaalisen kallistuksen sekä purentakontaktien korjaamisen suhteen. Hammasrivien suoruudessa, reunaharjuissa, inter-proksimaalisissa kontakteissa ja juurten suuntauksissa ei ollut eroa ryhmien välillä. Huomion arvoista kuitenkin on se, että meta-analyysissä mukana olleista tutkimuksista toinen (Li ym. 2015) on myöhemmin vedetty takaisin, joten sen tuloksiin tulee suhtautua varauksella. Toinen tutkimuksista taas on jo melko vanha (2005), eli siinä käytetty kalvohoito on myöhemmin kehittynyt.

Robertson ym. (2019) selvittivät kalvohoidon tehokkuutta ja tarkkuutta systemaattisessa katsauksessaan. Katsauksessa tutkittiin sekä kalvohoidon ennustettavuutta että hoitotuloksia

verrattuna kiinteäkojehoidon tuloksiin. Erilaisissa hampaan siirroissa ennustettavuus oli katsauksen mukaan matalasta kohtalaiseen. Paras ennustettavuus oli pienissä horisontaalisissa hampaiden siirroissa. Kiinteäkojehoitoa vastaavia tuloksia kalvoilla saatiin ylä- ja alainkisiivien bukkolinguaalisissa kallistuksissa hoidettaessa lievää tai kohtalaista parentavirhettä. Seitsemästä katsaukseen päätyneestä tutkimuksesta kuudessa oli kohtalainen virheen riski ja yhdessä korkea. Yleisimmät virheet liittyivät tutkimusjoukon valintaan ja tutkijoiden sokkouttamiseen.

Grünheid ym. (2017) tutkivat kalvohoidon tarkkuutta ja ennustettavuutta. Tutkimuksessa verrattiin virtuaalisia malleja ennustetusta lopputilanteesta ja todellisesta lopputilanteesta ja analysoitiin niiden välisiä poikkeamia. Jokaiselle hammastyypille tutkittiin saavutetun tuloksen tarkkuutta mesiaali-distaali-, bukko-linguaali- ja okklusaali-gingivaalisuunnissa sekä kallistamisen, torkkaamisen ja rotaation suhteen. Yli 0,5 mm ja 2° eroa ennusteen ja saavutetun tuloksen välillä pidettiin kliinisesti merkittävänä. Tilastollisesti merkitseviä eroja ennustetun ja saavutetun tuloksen välillä löydettiin lähes kaikista hammasryhmistä sekä ylä- että alaleuassa. Yleisesti etualueen hampaat sijaitsivat liian okklusaalisesti, pyöreissä hampaissa kuten alaleuan kulmahampaassa sekä premolaareissa ei saavutettu ennustettua rotaatiota ja takahampaissa oli poikkeamia kaikissa suunnissa. Kliinisesti merkittävä löydös oli yläleuan toisen molaarin asento: sen kruunu oli kallistunut bukkaalisemmin yli 2° verrattuna ennustettuun kallistukseen ja lisäksi se sijaitsi linguaalisemmin ja okklusaalisemmin kuin oli ennustettu. Samansuuntaisia löydöksiä liittyi yläkaaren molaareihin yleensäkin. Voi olla, että yläkaaren levitys ei täysin onnistunut ja molaarit kallistuivat fasiaalisesti sen sijaan, että olisivat siirtyneet yhdensuuntaisina. Löydöstä voi selittää muun muassa se, että kalvojen takimmaisissa osissa voi olla joustoa enemmän kuin edessä ja näin ollen tarpeeksi suuria voimia ei saada kohdistettua laajajuurisiin hampaisiin. Samanlainen haaste liittyy myös kiinteisiin kojeisiin, joiden kaarilangan jousto lisääntyy taka-alueelle mentäessä.

### **5.1. Hoito vaihdunta hampaistossa**

Kalvo-oikomista on perinteisesti käytetty aikuisten oikomishoidossa. Ongelmana vaihduntahampaistossa on muun muassa kalvojen pysyvyys, kun kliiniset kruunut ovat lyhyemmät ja osa hampaista vasta puhkeamassa. Lione ym. (2021) selvittivät prospektiivisessä tutkimuksessaan, onnistuuko yläkaaren levitys vaihduntahampaistossa,

kun käytetään uusimpia vaihduntahampaistoon suunniteltuja oikomiskalvoja. Tutkimuksessa Invisalignin oikomiskalvoilla hoidettiin 23 lasta, joilla yläkaarta levitettiin varhaisessa vaihduntahampaistossa. Hoidossa käytettiin ainoastaan kalvoja ja kiinnikkeitä. Ennen hoitoa ja hoidon jälkeen mitattiin etäisyydet hampaistosta useiden eri pisteiden välillä, ja sen avulla arvioitiin hoitotuloksia numeerisesti. Kyseisessä tutkimusjoukossa kalvohoidolla saatiin hoitotuloksia: eniten levitystä saatiin maitomolaareiden välille. Toisaalta ensimmäisten molaarien siirroissa tapahtui hieman bukkaalista kallistumista ja rotaatiota, ja vähemmän yhdensuuntaissiirtymää. Levriini ym. (2021) tutkivat niin ikään kalvohoidon tehokkuutta yläkaaren levityksessä vaihduntahampaistossa. Tutkimuksessa kalvoilla hoidettiin 20 lasta, joilla yläkaarta levitettiin vaihduntahampaistossa. Hoidon tulokset selvitettiin vertaamalla hampaiden etäisyyksiä alkutilanteen ja lopputilanteen digitaalisilla malleilla. Menetelmä vastaa edellisen tutkimuksen menetelmää, mutta mittauspisteitä tässä oli enemmän. Leviämistä tapahtui kaikissa mittauspisteissä merkittävästi, eniten toisten maitomolaarien kohdalla. Ensimmäiset molaarit kallistuivat hieman bukkaalisesti. Näiden tutkimusten mukaan kalvo-oikomishoito voi olla tehokas hoitomuoto kohtalaiseen yläkaaren levitykseen vaihduntahampaistossa. Kalvoilla molaarien yhdensuuntaissiirtäminen on haastavaa, ja levitys tapahtuu osin niitä kallistamalla.

## **5.2. Hoidon kesto ja kustannukset**

Gu ym. (2017) tutkivat Invisalign-hoidon tehokkuutta verrattuna kiinteäkojehoittoon sekä hoidon tulosten että hoitoon kuluneen ajan suhteen. Invisalign-kalvoilla hoidettujen potilaiden hoitoaika oli tilastollisesti merkitsevästi lyhyempi kuin kiinteillä kojeilla hoidetuilla potilailla, mikä vastaa myös useiden aiempien tutkimusten tuloksia liittyen lievien ja kohtalaisten parentavirheiden hoitoon ilman hampaan poistoja. Ke ym. (2019) osoittivat myös meta-analyysissään, että kalvohoito on merkittävästi nopeampi hoitomuoto tapauksissa, joissa ei tehdä hampaan poistoja. Syynä voi olla esimerkiksi se, ettei kalvohoitoon kuulu erikseen viimeistelyvaihetta toisin kuin kiinteäkojehoittoon (Gu ym. 2017). Poistotapauksissa kiinteäkojehoito on kalvohoitoa nopeampi hoitomuoto (Ke ym. 2019).

Buschang ym. (2014) vertailivat tutkimuksessaan kiinteäkojehoittoon ja kalvohoitoon kulunutta aikaa ja niiden sisältämien hammaslääkärikäyntien määrää potilailla, joilla oli ahtautta enintään 5 mm. Lisäksi tutkimuksessa vertailtiin hoitojen kustannuksia.

Kalvohoitoon kului vähemmän aikaa kuin kiinteäkojehoittoon, mikä johtui kiinteäkojehoittoon kuuluvasta viimeistelyvaiheesta. Materiaalikustannukset kalvohoidossa tulivat monta kertaa kalliimmiksi kuin kiinteäkojehoidossa, mutta hintaa kompensoi jonkin verran se, että kalvohoito vaati huomattavasti vähemmän käyntejä kuin kiinteäkojehoitto, mikä johtui sekä lyhyemmästä hoitoajasta että harvemmistä käynneistä. Hoitojen kustannustehokkuuteen vaikuttaa monet tekijät, kuten hammaslääkärin ja avustajan kokemus sekä potilaan ko-operaatio.

Hoitojen nopeutta vertailtaessa tulee huomioida relapsin riski, joka näyttäisi olevan kalvohoidossa suurempi kuin kiinteäkojehoidossa (Ke ym. 2019). Kalvohoidolla siirrettävät hampaat eivät välttämättä käy läpi tyypillisiä hampaan siirtymiseen kuuluvia vaiheita niihin kohdistuvien voimien epäsäännöllisyyden takia. Hampaan siirtymisessä alveoliluun resorptio ja parodontaalikudoksen uusiutuminen vaativat 7-14 vuorokautta aikaa, joten ortodonttista kojetta ei tulisi aktivoida useammin kuin kolmen viikon välein. Lyhyempi aktivointiväli voi lisätä riskiä hampaiden ja alveoliluun vaurioitumiselle. Voi siis olla, että kahden viikon tai joissain tapauksissa jopa yhden viikon aikaväli kalvohoidossa jää liian lyhyeksi ja johtaa suurempaan relapsiriskiin kuin kiinteäkojehoidossa, jossa aktivointiväli on huomattavasti pidempi.

## **6. ERILAISET HAMPAAN SIIRROT**

### **6.1. Intrusio**

Rossini ym. (2015) analysoivat systemaattisessa katsauksessaan yhteensä 189 hampaan kalvohoidolla toteutetun intrusio. Katsauksen mukaan parhaaseen lopputulokseen päästiin keskimmäisten inkisiivien intrusiossa sekä ylä- että alaleuassa. Keskimäärin näissä päästiin 45-47 prosenttiin tavoitteesta, kun verrattiin virtuaalisesti saavutetun tuloksen mallia ja tavoitemallia. Huonoiten tavoitteeseen päästiin yläleuan lateraali-inkisiiveissä, joissa keskimääräinen intrusio oli vain 33 % tavoitteesta. Kalvohoidon kyky intrusoida etuhampaita on verrattavissa kiinteisiin kojeisiin.

Intrusion toteuttamisessa kalvoilla avainasemassa on hyvä ankkurointi (El-Bialy 2016). Intrudoitavaan hampaaseen ei yleensä tarvita otepintoja, vaan ankkurihampaisiin tulee

ekstruusiota vastaavat otepinnat, jotka aiheuttavat samalla kyseisiin hampaisiin relatiivisen ekstruusion.

## 6.2. Ekstruusio

Ekstruusio on haastava toteuttaa kalvohoidolla (Rossini ym. 2015). Katsauksessa se oli vaikeimmin saavutettava hampaan asennon korjaus: keskimääräinen saavutettu tulos tavoitteesta oli vain 30 %. Kaikista huonoiten ekstruusio saavutettiin yläleuan inkisiiveissä (18 %) ja alaleuan inkisiiveissä (25 %). Yksittäisen hampaan ekstruusiota helpompaa on toteuttaa tietyn hammasryhmän kuten yläleuan inkisiivien yhtäaikainen ekstruusio (Tamer ym. 2019).

Haastavaa ekstruusion toteuttamisesta käytännössä tekee momentti, joka muodostuu, kun hampaaseen kohdistetaan labiaalisesti ekstrudoiva voima tietynlaisen otepinnan avulla (El-Bialy 2016). Se pyrkii kallistamaan hammasta linguaalisesti ja samaan aikaan juurta labiaalisesti eli tapahtuu kontrolloimaton kallistuminen. Tämä voi johtaa juuren työntymiseen luun labiaaliseen korteksiin.

Avopurennan hoidosta haastavaa tekee suuri relapsin riski, joka siihen liittyy (Rossini ym. 2015). Hoitoon kuuluu olennaisesti hampaiden ekstruusio, joka kalvohoidolla on vaikea toteuttaa kuten edellä kävi ilmi. Siksi kalvohoito ei ole suositeltava avopurennan hoitomuoto. Kuitenkin kokonaisten hammasryhmien kuten yläleuan inkisiivien yhtäaikainen ekstruusio on helpompi toteuttaa, mikä voisi mahdollistaa myös etualueen avopurennan hoidon (Tai 2018)

## 6.3. Rotaatio

Rotaatio, erityisesti sylinterimäisten hampaiden kohdalla, on yksi vaikeimmista korjauksista toteuttaa kalvoilla (Simon ym. 2014). Siitä tekee haastavaa muovisen kojeen retention puute, kun kyseessä on pyöreä hammas, jossa on vähän allomenoja. Rossinin ym. (2015) katsauksen mukaan rotaatio saavutetaan parhaiten inkisiiveissä: yläleuan keskimmaisissa inkisiiveissä ja alaleuan lateraali-inkisiiveissä saavutettiin keskimäärin hieman yli 50 % tavoitteesta (Rossini ym. 2015). Ratkaisevaa oli myös se, kuinka pitkälle aikavälille rotaatio jaettiin. Yli 15° rotaation suunnittelu sekä yli 1,5 asteen rotaatio yhdellä kalvolla huononsi

huomattavasti saavutettavan tuloksen ennustetta (Simon ym. 2014). Okklusaalisesti pyöreiden hampaiden kuten premolarien ja kulmahampaiden rotaatio on kaikkein hankalin toteuttaa (Rossini ym. 2015). Lisäksi puhdasta rotatoivaa voimaa on mahdoton luoda ilman hammasta kallistavaa vaikutusta, koska rotaatioon vaadittavat voimat ovat hyvin samanlaisia kuin kallistumisen aiheuttavat voimat. Otepinnat, interproksimaalisen kiilteen hiominen, ylirotatoiminen sekä hoidon jakaminen pitkälle aikavälille parantavat rotaation ennustetta.

#### **6.4. Kallistaminen**

Hampaan kallistaminen voi olla joko kontrolloimatonta tai kontrolloitua (El-Bialy 2016). Kontrolloimaton kallistaminen tarkoittaa sitä, että kun hampaan kruunuun kohdistetaan sitä kallistava voima, samalla hampaan juuri kallistuu vastakkaiseen suuntaan. Tällainen inkisiivien kallistaminen labiaali-linguaalisuunnassa on kalvoilla yksinkertaista toteuttaa. Myös takahampaiden kallistaminen bukko-linguaalisuunnassa on yksinkertaista, jos hampaalla on purennassa tarpeeksi tilaa liikkua. Usein esimerkiksi sivualueen ristipurennassa tilaa ei ole riittävästi, mikä vaikeuttaa tilannetta. Kontrolloitu kallistaminen tarkoittaa sitä, että hampaan kruunua kallistetaan haluttuun suuntaan, kun taas juuren kärki pysyy paikallaan. Tällainen liike on jo huomattavasti haastavampaa toteuttaa ja vaatii juuren liikkeen hallintaa, josta puhutaan seuraavan alaotsikon alla.

Rossini ym. (2015) selvittivät katsauksessaan muun muassa kalvojen kykyä kallistaa hampaita sekä bukko-linguaali- että mesio-distaalisuunnassa. Erityisesti inkisiiveille kruunun linguaalinen kallistaminen (53 % tarkkuus) vaikuttaisi olevan merkittävästi helpompaa kuin labiaalinen kallistaminen (38 % tarkkuus). Mesiodistaalinen kallistaminen onnistuu parhaiten lateraali-inkisiiveissä (43-49 % tarkkuus) ja huonoiten kulmahampaissa (27-35 % tarkkuus). Katsauksen mukaan kalvoilla voidaan toteuttaa sekä kontrolloimattomia että kontrolloituja kallistuksia. Laajajuuristen hampaiden mesiodistaalinen siirtäminen on hankalampaa, mikä näkyy esimerkiksi kontrolloimattomina kallistuksina poistoaukkoa suljettaessa sekä hankaluutena saavuttaa toivottu tulos kulmahampaita kallistaessa.

#### **6.5. Torkkaaminen/juuren liikkeen kontrollointi**

Torkkaaminen eli juurten kallistaminen on irrotettavilla kalvoilla lähtökohtaisesti monimutkaista (Sfondrini ym. 2018). Nykyisiin kolmannen sukupolven kalvoihin on

suunniteltu niin sanottuja voimaharjuja, jotka parantavat kalvojen mahdollisuuksia juurten torkkaamisessa. Ne ovat kalvon pintaan suunniteltuja kapeita harjuja, jotka pitävät kalvoa paikoillaan. Niiden avulla hampaaseen kohdistuvia voimia voidaan kontrolloida paremmin, mikä mahdollistaa hampaan kiertämisen kontrolloidummin.

Torkkaaminen kalvoilla voidaan tehdä eri tavoilla (El-Bialy 2016). Esimerkiksi juuren palatinaalinen torkkaaminen voidaan toteuttaa luomalla voimapari: voimaharju bukkogingivaalisesti ja painepiste linguaalisesti lähellä kruunun kärkeä saavat aikaan kiertymän, jonka akseli sijaitsee kruunun kärjessä ja ideaalisesti toimiessaan aiheuttaa ainoastaan juuren liikkeen. Toinen mahdollinen tekniikka on kallistaa ensin hampaan kruunua vastakkaiseen suuntaan, jolloin juuri kallistuu haluttuun suuntaan ja saavutetaan tavoiteltu hampaan asento. Lopuksi hammas siirretään yhdensuuntaisena kruunun alkuperäiseen asemaan, jolloin lopputuloksena on juuren kallistuminen haluttuun suuntaan.

On oletettu, että kalvohoidossa hammaskaaren etualueen ahtauden vähentäminen tapahtuu yksinomaan hampaita kallistamalla, ja että mahdollisuudet torkkaamiseen ja hampaiden yhdensuuntaiseen siirtämiseen ovat vähäiset tai jopa olemattomat (Grunheid ym. 2017, Hennessy ym. 2016). Oletuksen mukaan kalvot aiheuttaisivat enemmän inkisiivien prokлинаatiota eli kallistumista kuin torkkaamisen mahdollistava kiinteäkojehoito tapauksissa, joissa alaeualueen ahtautta hoidetaan siirtämällä inkisiivejä eteenpäin. Hennessy ym. (2016) saivat tutkimuksessaan kuitenkin tuloksia, jotka eivät puolla tätä oletusta. Tutkimuksessa vertailtiin kiinteiden kojeiden ja kalvojen aiheuttamaa inkisiivien prokлинаatiota alaeualueen ahtauden hoidossa. Vaikka suuri osa kalvohoidolla aikaansaadusta hampaiden siirtymisestä selittyikin kallistusten lisääntymisellä, ei tuloksissa ollut merkittävää eroa verrattuna kiinteäkojehoitoon. Tutkimuksen yllättäviä tuloksia saattaa selittää esimerkiksi se, että kiinteäkojehoidossa on voinut jäädä uupumaan viimeistelyvahe, jossa hampaiden kallistumista tasapainotetaan torkkaamalla. Voi myös olla, että nykyiset kolmannen sukupolven kalvohoidot mahdollistavatkin torkkaamisen aiempaa paremmin erilaisten painepisteiden ja voimaharjujen kehittymisen myötä.

Grundheid ym. (2016) vertasivat kiinteiden kojeiden ja kalvojen aiheuttamaa alakulmahampaiden bukkolinguaalista kallistumista ja niiden välisen etäisyyden muuttumista hoitojen aikana (Grünheid ym. 2016). Tutkimuksessa kalvohoito lisäsi kulmahampaiden välistä etäisyyttä, kun taas kiinteäkojehoidossa etäisyys pysyi



muuttumattomana. Tässäkin tutkimuksessa, vastoin odotuksia, kalvohoito ei aiheuttanut merkittävää kulmahampaiden kallistumista. Sfondrini ym. (2018) tutkivat kiinteiden kojeiden, itsestään kiinnittyvien kiinteiden kojeiden sekä kalvojen kykyä kontrolloida yläinkisiivien bukkolinguaalista kallistumista. Kyky kontrolloida juurten liikettä osoittautui huonommaksi sekä kalvohoidossa että itsestään ligeerautuvissa kojeissa verrattuna perinteisiin kiinteisiin kojeisiin, mutta erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä.

## **6.6. Molaarien distalointi, translaatio, AII-hoito**

Klinikolle on tärkeää tietää, missä määrin kalvoilla voidaan toteuttaa anteroposteriorisia siirtoja, koska se lisää merkittävästi mahdollisuuksia yhä vaativampien hoitojen suhteen (Simon ym. 2014). Yläleuan molaarien distalointi kuuluu AII-purentavirheen hoitoon, joten sillä on huomattavaa kliinistä merkitystä (Ravera ym. 2016). Simon ym. (2014) tutkivat kalvohoidon tehoa yläleuan molaarien distaloinnissa, yläinkisiivien torjunnassa ja premolaarin derotoinnissa. Tutkimuksessa selvitettiin myös otepintojen ja hoidon jaksottamisen (siirtymän määrä per kalvo) vaikutusta hoidon tehokkuuteen. Molaarien distalointia vaativilla potilailla siirtymän tarve tuli olla vähintään 1,5 mm, ja suunnitellut siirrot olivat keskimäärin 2,7 mm. Kyseisistä ryhmistä korkein tehokkuus saavutettiin molaarien distaloinnissa, jossa saavutettu tarkkuus oli 87 % ennustetusta tuloksesta. Otepinnot eivät aiheuttaneet tilastollisesti merkitsevää eroa eri ryhmien välillä. Tutkimuksessa tulee ottaa huomioon, että siinä maksimoitiin ankkuroinnin teho siirtämällä ainoastaan molaareja eikä saman aikaisesti siirretty etualueen hampaita lainkaan. Distaloinnin jälkeisen etuhampaiden retrusion vaikutusta ankkuroinnin menetykseen ei otettu huomioon, vaan saavutettu tarkkuus mitattiin heti distaloinnin päätyttyä.

Molaarien distaloinnissa riskinä eri kojeilla on mandibulan rotaatio taakse ja alas päin ja sen seurauksena alakasvokorkeuden lisääntyminen ja purennan avautuminen (Caruso ym. 2019). Ravera ym. (2016) selvittivät, voiko kalvohoidolla siirtää yläleuan molaareja yhdensuuntaisina distaalisesti ja mitä dentoalveolaarisia ja skeletaalisia vaikutuksia hoidolla on. Kalvohoidon apuna käytettiin otepintoja ja luokan II kumivetoja. Toisin kuin Simonin ym. tutkimuksessa, tässä toteutettiin koko hoito vaiheittain: ensin siirrettiin toiset ylämolaarit, sitten ensimmäiset ylämolaarit, premolaarit ja lopuksi kulmahampaat ja inkisiivit. Distalisaatiota tehostamaan käytettiin suorakulmaisia vertikaalisia otepintoja kulmahampaista toisiin molaareihin, sekä intermaksillaarisia kumivetoja premolaarien,

kulmahampaiden ja inkisiivien siirtämisessä. Ensin molaarit siirrettiin kalvoilla, minkä jälkeen ne toimivat ankkurina kaaren muiden hampaiden siirrossa. Lateraalikallokuvia käytettiin dentoalveolaarisia ja skeletaalisia muutoksia analysoitaessa. Toinen ylämolaari siirtyi keskimäärin 2,52 mm mesiobukkaalisesta kuspista mitattuna ja 2,12 mm kruunun keskipisteestä mitattuna ilman merkittävää kallistumista ja vertikaalista muutosta. Vastaavat luvut ensimmäiselle molaarille olivat 2,25 mm ja 2,03 mm. Keskimäinen inkisiivi liikkui taakse päin 2,23 mm ilman merkittävää kallistumista ja vertikaalista muutosta. Kefalometrisen analyysin mukaan hoito ei vaikuttanut kasvojen vertikaalisiin mittasuhteisiin. Tutkimuksen perusteella molaarien distalointi yhdensuuntaisina 2-3 mm on mahdollista toteuttaa kalvoilla, ja hoito ei aiheuta alakasvokorkeuden lisääntymistä.

Vastaavia tuloksia saivat myös Caruso ym. (2019) tutkiessaan kalvoilla toteutetun molaarien distaloinnin vaikutusta kasvojen vertikaalisiin mittasuhteisiin. Hoito toteutettiin samalla tavalla kuin Raveran ym. tutkimuksessa. Tutkimuksen potilailla ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa leuan avautumista kuvaavan kulman välillä ennen ja jälkeen hoidon ja alakasvokorkeus ei myöskään muuttunut merkitsevästi. Inkisiivien ankkurointi säilyi hoidon ajan ja niiden kallistuskulma pieneni. Kyseisten tutkimusten perusteella ylämolaarien yhdensuuntainen distalointi voidaan toteuttaa kalvoilla ilman alakasvokorkeuden lisääntymistä ja inkisiivien kallistumista. Kalvohoito voisi olla vaihtoehto myös potilaille, joilla on avautuva alaleuan kasvumalli. Tutkimusten otoskoot ovat kuitenkin pieniä, joten laajempia tutkimuksia tarvitaan yleistettävyyden parantamiseksi.

## **7. POHDINTA**

Etenkin aikuispotilaille kalvo-oikomishoito on houkutteleva vaihtoehto sen esteettisyyden ja kojeiden yksinkertaisuuden vuoksi. Kuten Buschang ym. (2014) tutkimuksessaan totesivat, kalvo-oikomishoito vaatii huomattavasti vähemmän ensiapukäyntejä verrattuna perinteiseen kalvo-oikomishoitoon. Potilaan kokema kipu oikomishoidon alussa on tutkimusten mukaan vähäisempää kalvohoidossa kuin kiinteäkojehoidossa. Nämä ovat potilaalle tietysti huomattavia etuja ja tekevät hoidon toteuttamisesta potilaalle esteettisyyden lisäksi vaivattomampaa. Toisaalta kalvohoidon huomattavasti korkeampi hinta voi olla esteenä osalle kuluttajista. Tyypillisin kalvo-oikomishoitopotilas on aikuinen

kokoaikatyötä tekevä nainen, joka on saanut tietoa kalvohoidosta mainoksista (Apuzzo ym. 2019).

Nykyisillä kolmannen polven kalvoilla erilaisten purentavirheiden hoitaminen on jo mahdollista, ja oikeilla indikaatioilla ja riittäväällä klinikon kokemuksella kalvohoito on hyvä hoitomuoto. Kalvo-oikomishoitoa kehitetään jatkuvasti, ja sen mahdollisuudet tehdä kontrolloituja hampaiden siirtoja paranevat varmasti edelleen tulevaisuudessa. Tutkimusten mukaan kalvo-oikomishoidolla saavutettavat tulokset eivät kuitenkaan edelleenkään vastaa kaikilta osin perinteisillä kiinteillä kojeilla saavutettavia tuloksia. Tietynlaiset hampaiden siirrot ovat edelleen haastavaa kalvoilla toteuttaa. Lisäksi purennan viimeistely jää kalvohoidossa pois, jolloin ideaalisten purentakontaktien saaminen kalvoilla ei ole yhtä todennäköistä kuin kiinteillä kojeilla. Ilman perusteellista asiaan perehtymistä potilaan on kuitenkin mahdotonta itse arvioida hoitomuodon sopivuutta tai sen rajoitteita ja riskejä.

Kalvo-oikomishoidon tehokkuus vaihtelee erilaisissa hampaan siirroissa. Rossinin ym. (2015) tutkimuksen mukaan kalvojen kyky intrusoida hampaita on verrattavissa kiinteisiin kojeisiin. Tärkeintä on mahdollisimman hyvä ankkurointi, joka toisaalta aiheuttaa ankkurihampaisiin relatiivisen ekstrusion. Ekstrusio on vaikeimmin toteutettava hampaan siirto kalvoilla. Se on vaikeaa toteuttaa tehokkaasti ilman hampaan kallistumista, jota ekstrusioon tarvittavat otepinnat väistämättä aiheuttavat. Yksittäistä ekstrusiota paremmin voi onnistua kokonaisen hammasryhmän ekstrusio. Toinen erityisen haastavista siirroista on rotaatio, erityisesti sylinterimäisten hampaiden kohdalla, koska kojeella on vaikea saada tarpeeksi hyvää retentiota pyöreän muodon ja vähäisten allemenojen vuoksi. Siirron jakaminen pidemmälle aikavälille parantaa todennäköisyyttä saavuttaa haluttu rotaatio. Hampaiden kallistaminen onnistuu kalvoilla suhteellisen helposti, kun puhutaan kontrolloimattomasta hampaan kallistamisesta labio-linguaali- tai bukko-linguaalisuunnassa. Laajajuuristen hampaiden siirrot mesiodistaalisuunnassa on kalvoilla haastavaa toteuttaa, koska mahdollisuudet hampaiden yhdensuuntaisissa siirroissa kalvoilla ovat rajalliset. Tämä voi näkyä esimerkiksi kontrolloimattomina kallistuksina poistoaukkoja suljettaessa, minkä takia kalvoja ei suositella hoitoihin, joihin liittyy hampaiden poistoja. Juurten liikkeen kontrollointi kalvoilla on lähtökohtaisesti haastavaa, mutta uuden sukupolven kalvoissa käytettävät voimaharjut ja painepisteet ovat lisänneet mahdollisuuksia siirtää hampaita kontrolloidummin. Edelleenkään mahdollisuudet eivät ole verrattavissa

kiinteisiin kojeisiin. Molaarien 2-3 mm distalointi osana AII-purennan hoitoa onnistuu tutkimusten mukaan hyvin, eikä hoito vaikuta kasvojen vertikaalisiin suhteisiin.

Kalvo-oikomishoito on ollut perinteisesti suosittua aikuispotilailla, ja sen toteuttamista vaihduntahampaistossa on pidetty haastavana muun muassa kalvojen puutteellisen retention vuoksi. Lionen ym. (2021) ja Levrinin ym. (2021) tutkimuksissa yläkaaren levitys vaihduntahampaistossa onnistui uusimmilla kyseiseen tarkoitukseen kehitetyillä kalvoilla. Tutkimuksissa hoitotuloksia ei tosin vertailtu perinteisempien menetelmien tuloksiin, joten on vaikeaa arvioida, onko molaarien kallistumisen ja suulaen levityksen osuudet niissä vastaavat. Tutkimuksia erilaisten purentavirheiden hoidosta vaihduntahampaistossa tarvitaan lisää.

Kalvo-oikomishoitoa tekevien klinikoiden kokemuksen määrässä on vaihtelua. Keskustelussa on välillä kysymys, tulisiko kalvohoitoa tehdä ainoastaan oikomishoidon erikoishammaslääkäreiden, vai riittääkö hoitomuotoon perehtyneen hammaslääkärin kokemus. Apuzzo ym. 2019 kartoittivat kyselytutkimuksessaan eroja kalvo-oikomishoitoa tekevien oikojien ja tavallisten hammaslääkärin välillä. Tutkimuksen mukaan oikojilla oli hoitomuodosta useamman vuoden kokemus, ja he lisäkouluttautuivat enemmän akateemisissa seminaareissa ja kongresseissa kuin tavalliset hammaslääkärit, joilla yksityiset kurssit olivat yleisimpänä kouluttautumismuotona. Kummassakin ryhmässä hoidettiin eniten luokan I aukkoisuutta ja ahtautta. Oikojilla suurin syy olla käyttämättä kalvohoitoa oli hoitomuodon rajoitteet verrattuna kiinteäkojehoittoon, kun taas tavallisilla hammaslääkäreillä syy oli kokemuksen puute.

Kalvo-oikomishoidossa klinikon kokemus ja perehtyminen oikomishoidon diagnostiikkaan ja hoitoperiaatteisiin ovat ensiarvoisen tärkeitä, jotta hoitosuunnitelmista saadaan realistisia ja välttämään komplikaatioita. Kuten Grundheid ym. (2017) muistuttavat artikkelissaan, kalvohoitoa suunnitellessa klinikon tulisi perehtyä enemmän ohjelman käyttöön ja hampaiden siirron biomekaniikkaan sen sijaan, että keskittyy ainoastaan lopputuloksen visualisointiin. Klinikon on tärkeää tietää, minkälaiset hampaiden siirrot eivät välttämättä tapahdu ennustetusti tai ovat haasteellisinta toteuttaa ja kiinnittää näihin erityistä huomiota hoidon suunnittelussa.

## LÄHDELUETTELO

- Apuzzo F, Perillo L, Carrico C, Castroflorio T, Grassia V, Lindauer S ym. (2019). Clear aligner treatment: different perspectives between orthodontists and general dentists. *Progress in Orthodontics* 20:10.
- Barone S, Paoli A, Rationale AV & Savignano R (2017). Computational design and engineering of polymeric orthodontic aligners. *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering* 33(8): e2839.
- Buschang P, Shaw S, Ross M, Crosby D & Campbell P (2014). Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces. *The Angle Orthodontist* 84(3): 391–396.
- Cardoso PC, Espinosa DG, Mecnas P, Flores-Mir C & Normando D (2020). Pain level between clear aligners and fixed appliances: a systematic review. *Progress in Orthodontics* 21(1): 3-z.
- Caruso S, Nota A, Ehsani S, Maddalone E, Ojima K & Tecco S (2019). Impact of molar teeth distalization with clear aligners on occlusal vertical dimension: a retrospective study. *BMC Oral Health* 19(1): 182-8.
- Dalili F (2009). Pain perception at different stages of orthodontic treatment. *Kuopion yliopiston julkaisuja* D 452. Väitöskirja. Kuopion yliopisto, lääketieteellinen tiedekunta.
- Diddige R, Negi G, Kiran KVS & Chitra P (2020). Comparison of pain levels in patients treated with 3 different orthodontic appliances - a randomized trial. *Medicine and Pharmacy Reports* 93(1): 81-88.
- Duncan LO, Piedade L, Lekic M, Cunha RS & Wiltshire WA (2016). Changes in mandibular incisor position and arch form resulting from Invisalign correction of the crowded dentition treated nonextraction. *The Angle Orthodontist* 86(4): 577-583.
- El-Bialy T (2016). *Orthodontic biomechanics: Treatment of complex cases using clear aligner*. Bentham Science Publishers Ltd.
- Grunheid T, Loh C & Larson BE (2017). How accurate is Invisalign in nonextraction cases? Are predicted tooth positions achieved? *The Angle Orthodontist* 87(6): 809-815.
- Grünheid T, Gaalaas S, Hamdan H & Larson BE (2016). Effect of clear aligner therapy on the buccolingual inclination of mandibular canines and the intercanine distance. *The Angle Orthodontist* 86(1): 10-16.

- Gu J, Tang JS, Skulski B, Fields HW, Jr, Beck FM, Firestone AR ym. (2017). Evaluation of Invisalign treatment effectiveness and efficiency compared with conventional fixed appliances using the Peer Assessment Rating index. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics* 151(2): 259-266.
- Hennessy J, Garvey T & Al-Awadhi EA (2016). A randomized clinical trial comparing mandibular incisor proclination produced by fixed labial appliances and clear aligners. *The Angle Orthodontist* 86(5): 706-712.
- Iglesias-Linares A, Sonnenberg B, Solano B, Yanez-Vico RM, Solano E, Lindauer SJ ym. (2017). Orthodontically induced external apical root resorption in patients treated with fixed appliances vs removable aligners. *The Angle Orthodontist* 87(1): 3-10.
- Karkhanechi M, Chow D, Sipkin J, Sherman D, Boylan RJ, Norman RG ym. (2013). Periodontal status of adult patients treated with fixed buccal appliances and removable aligners over one year of active orthodontic therapy. *The Angle Orthodontist* 83(1): 146-151.
- Ke Y, Zhu Y & Zhu M (2019). A comparison of treatment effectiveness between clear aligner and fixed appliance therapies. *BMC Oral Health* 19(1): 24-z.
- Levrini L, Carganico A & Abbate L (2021). Maxillary expansion with clear aligners in the mixed dentition: A preliminary study with Invisalign First system. *European Journal of Paediatric Dentistry* 22(2):125-128.
- Lione R, Lombardo E, Paoloni V, Meuli S, Pavoni C & Cozza P (2021). Upper arch dimensional changes with clear aligners in the early mixed dentition. *Journal of orofacial orthopedics*.
- Mulla Issa, F. H. K., Mulla Issa, Z. H. K., Rabah AF & Hu L (2020). Periodontal parameters in adult patients with clear aligners orthodontics treatment versus three other types of brackets: A cross-sectional study. *Journal of Orthodontic Science* 9: 4.
- Phan X & Ling PH (2007). Clinical limitations of Invisalign. *Journal (Canadian Dental Association)* 73(3): 263-266.
- 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. *Progress in Orthodontics* 17: 12-0. Epub 2016 Apr 18.
- Robertson L, Kaur H, Fernandes Fagundes N, Romanyk D, Major P & Mir C (2019). Effectiveness of clear aligner therapy for orthodontic treatment: A systematic review. *Orthodontics & Craniofacial Research* 23:133-142.
- Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A & Debernardi CL (2015). Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. *The Angle Orthodontist* 85(5): 881-889.

- Sfondrini MF, Gandini P, Castroflorio T, Garino F, Mergati L, D'Anca K ym. (2018). Buccolingual Inclination Control of Upper Central Incisors of Aligners: A Comparison with Conventional and Self-Ligating Brackets. *BioMed Research International* 2018: 9341821.
- Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA & Bourauel C (2014). Treatment outcome and efficacy of an aligner technique--regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC Oral Health* 14: 68-68.
- Tai S (2018). Clear aligner technique. Quintessence Publishing Co, Inc, Hanover Park, IL.
- Tamer I, Oztas E & Marsan G (2019). Orthodontic Treatment with Clear Aligners and The Scientific Reality Behind Their Marketing: A Literature Review. *Turkish Journal of Orthodontics* 32(4): 241-246.
- Weir T (2017). Clear aligners in orthodontic treatment. *Australian Dental Journal* 62 Suppl 1: 58-62.
- Yi J, Xiao J, Li Y, Li X & Zhao Z (2018). External apical root resorption in non-extraction cases after clear aligner therapy or fixed orthodontic treatment. *Journal of Dental Sciences* 13(1): 48-53.