

## **Herbstin kojeen käyttö II-luokan purentavirheen hoidossa**

Konsta Lehtonen ja Matias Suojanen  
Syventävien opintojen kirjallinen työ

Turun yliopisto

Lääketieteellinen tiedekunta

Hammaslääketieteen laitos

Oppiaine: Ortodontia

Ohjaaja: Kari Rantavuori

Syyslukukausi 2020

Laajuus: 20 op

TURUN YLIOPISTO  
Hammaslääketieteen laitos

LEHTONEN, KONSTA ja SUOJANEN, MATIAS: Kirjallisuuskatsaus: Herbstin  
kojeen käyttö II-luokan purentavirheen hoidossa

Syventävien opintojen kirjallinen työ, 32 s.  
Ortodontia  
Huhtikuu 2021

---

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Herbstin kojeella saavutettuja hoitotuloksia II-luokan purentavirheen hoidossa sekä yksinään että yhdistettynä kiinteisiin kojeisiin ja skeletaaliankkureihin. Tarkoituksena oli myös verrata hoitotuloksia muihin vastaavanlaisiin kojeisiin. Lisäksi halusimme selvittää kojeeseen liittyviä ongelmia ja komplikaatioita ja näiden yleisyyttä.

Kirjallisuuskatsaus on koostettu PubMed- tietokannasta haetuista artikkeleista aikaväliltä 2010-2020. Lisäksi tutkimukseen sisällytettiin joitain valikoituja artikkeleita, jotka on julkaistu ennen vuotta 2010. Näistä artikkeleista haettiin tuloksia liittyen tutkimuskysymyksiimme.

Kirjallisuuskatsauksessa totesimme Herbstin kojeen olevan tehokas hoitomuoto II-luokan virhepurennassa. Erityisesti kojetta käytetään yhdistettynä hampaisiin kiinnitettäviin kiinteisiin oikomiskojeisiin. Yhdistelmähoidossa hoito aloitetaan Herbstin kojeella, jolla pystytään vaikuttamaan kasvuikäisillä potilailla alaleuan kasvuun, jolloin saadaan korjattua ylä- ja alaleuan välistä suhdetta. Herbstin kojeella saavutetaan hampaistollisia vaikutuksia kaikenikäisillä potilailla. Herbstin kojeen jälkeen hoitoa jatketaan kiinteillä kojeilla, joiden tarkoituksena on stabiloida purentaa ja tasoittaa hammaskaaria.

Lähes aina hoitojakson aikana esiintyy vähintään yksi kojeeseen liittyvä komplikaatio, joka vaatii käynnin oikojahammaslääkärillä. Tyypillisimpiä komplikaatioita ovat kojeen irtoaminen tai ylä- ja alahammaskaaret yhdistävän teleskooppirakenteen rikkoutuminen.

Herbstin kojeesta saadaan paras mahdollinen hyöty kasvuikäisillä potilailla, joiden kooperaatio ei välttämättä ole riittävä funktionaalisten irtokojoiden käyttöön. Koska Herbstin koje sementoidaan kiinteästi kiinni potilaan hampaisiin, ei potilaan tarvitse itse huolehtia kojeen säännöllisestä käytöstä.

Avainsanat: Hoitosuunnitelma, Herbstin koje, 3D –suunnittelu, II-Luokan purentavirhe

# SISÄLLYS

<b>1 JOHDANTO</b>	1
<b>2 II-LUOKAN PARENTAVIRHE</b>	2
2.1 Luokittelu	2
2.2 Etiologia	3
2.3 Esiintyvyys	4
<b>3 HERBSTIN KOJE II-LUOKAN PARENTAVIRHEEN HOIDOSSA</b>	4
3.1 Hampaiden siirtämisen ja luuston kasvuun vaikuttamisen biologiset perusteet	4
3.2 Herbstin kojeen toimintaperiaate	7
3.3 Herbstin kojeen eri muodot	7
3.4 Hoidon tulokset	9
3.4.1 Herbstin koje	9
3.4.2 Herbstin koje yhdistettynä kiinteisiin kojeisiin	11
3.4.3 Herbstin koje yhdistettynä skeletaaliankkureihin	17
3.4.4 Herbstin kojehoidon vaikutus nielun ilmatilan tilavuuteen	19
<b>4 HOIDON KOMPLIKAATIOT</b>	19
<b>5 HERBSTIN KOJE VERRATTUNA MUIHIN OIKOMISKOJEISIIN</b>	21
5.1 Erilaisten Herbstin kojeiden vertailu toisiinsa	21
5.2 Herbstin koje verrattuna funktionaalisiin oikomiskojeisiin	21
5.3 Herbstin koje verrattuna Pendulumiin	24
<b>6 POHDINTA</b>	25
<b>7 LÄHTEET</b>	28

# 1 JOHDANTO

II-luokan purentavirhe on yleinen purentavirhe, jossa alaleuka on usein pienikokoinen ja retrognaattinen verrattuna yläleukaan aiheuttaen ns. distaalipurennan. Usein tähän purentavirheeseen liittyy myös syvä purenta. (Proffit ym. 2018.)

II-luokan purentavirheen hoidossa voidaan käyttää joko vain yhtä kojetta tai vaihtoehtoisesti eri kojeiden yhdistelmiä. Kojeen valintaan vaikuttaa purentavirheen vaikeusaste sekä potilaan kasvun vaihe. Usein kasvuikäisen potilaan II-luokan purentavirheen hoidossa pyritään saavuttamaan dentoalveolaarisen vaikutuksen lisäksi myös skeletaalista vaikutusta eli tarkoituksena on saada lisättyä alaleuan kasvua, jotta ylä- ja alaleuan välinen epäsuhta saataisiin tasoitettua. (Mitchell ym. 2019.)

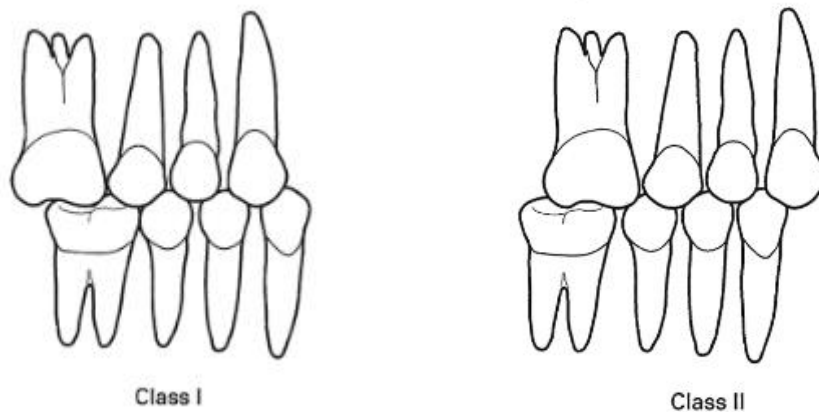
Herbstin koje on funktionaalinen oikomiskoje, jota käytetään II-luokan purentavirheen hoitoon. Funktionaalisten kojeiden tarkoituksena on stimuloida alaleuan kasvua pakottamalla potilasta tuomaan alaleukaa eteenpäin. Herbstin koje on kiinteä koje, joten sen etuina moniin muihin oikomiskojeisiin nähden on sen helppokäyttöisyys. (Manni ym. 2014, Mitchell ym. 2019) Huonona puolena kojeessa on sen alttius erilaisille komplikaatioille kuten kiinteiden rakenteiden irtoamiselle. (Phuong ym. 2019.)

Kirjallisuuskatsaus on koostettu PubMed- tietokannasta haetuista englantinkielisistä artikkeleista aikaväliltä 2010-2020. Hakusanoina käytimme ("Herbst appliance" OR "Appliance, Herbst") AND ("Class II" OR "malocclusion, angle class II"[MeSH]). Aineistosta rajattiin pois ne PubMedin hakutuloksissa olleet artikkelit, jotka eivät sisältäneet kirjallisuuskatsauksen aiheeseen liittyvää tietoa tai ne eivät täyttäneet hyvän tieteellisen julkaisutavan kriteerejä. Lisäksi tutkimukseen sisällytettiin joitakin valikoituja artikkeleita, jotka on julkaistu ennen vuotta 2010. Näistä artikkeleista haettiin tuloksia liittyen tutkimuskysymyksiimme.

## 2 II-LUOKAN PURENTAVIRHE

### 2.1 Luokittelu

Angle-luokkia käytetään ylä- ja alahammaskaarten välisen sagittaalisen suhteen arvioimiseksi. Angle II-luokan purentavirheessä yläleuan ensimmäisen molaarin mesiobukkaalinen kuspki puree distaalisesti alaleuan ensimmäisen molaarin mesiobukkaaliseen fissuuraan nähden. Koska alaleuka sijaitsee distaalisesti yläleukaan nähden, on potilaan pehmytkudosten profiili yleensä kupera. (Kohler Moresca ym. 2020, Proffit ym. 2018.)



Kuva 1. Normaalipurenta ja Angle II-luokan purentavirhe (Mitchell ym. 2019).

Purentavirhe voi olla joko skeletaalinen tai dentoalveolaarinen. Skeletaalinen II- purentavirhe voi johtua mandibulan retrognatiasta tai maxillan prognatiasta tai näiden yhdistelmästä. Dentoalveolaarisessa purentavirheessä luustosuhteet ovat normaalit, mutta hammaskaaret ovat toisiinsa nähden virheellisessä asemassa.

Angle II-purentavirhe jaetaan kahteen eri luokkaan: Angle II:1- purentavirhe tarkoittaa tilannetta, jossa yläinkisiivit ovat kallistuneet bukkaalisesti ja Angle II:2- purentavirhe tarkoittaa tilannetta, jossa molaarit ovat AII suhteessa ja keskimmäiset yläinkisiivit ovat pystyt tai palatinaalisesti kallistuneet ja lateraaliset yläinkisiivit labiaalisesti kallistuneet.



Kuva 2. Angle II:1- ja Angle II:2- purentavirheet (Mitchell ym. 2019).

Keskitymme tässä tutkimuksessa yleisesti II-luokan purentavirheeseen ja sen hoitoon Herbstin kojeella.

## 2.2 Etiologia

Potilailla, joilla on II-luokan purentavirhe, on joko yläleuan liiallista kasvua tai alaleuan liian vähäistä kasvua. Myös näiden yhdistelmä on mahdollinen. (Proffit 2019 ym.)

Skeletaalisesta II-luokan purentavirheen taustalla on leukojen kasvun aikaiset tekijät, jotka aiheuttavat joko alaleuan puutteellisen kasvun tai yläleuan liiallisen kasvun. Kasvojen pehmytkudokset voivat olla osana näitä etiologisia tekijöitä. Pehmytkudokset muodostavat funktionaalisen kokonaisuuden, jotka voiman ja vastavoiman avulla siirtävät hampaita tai pitävät niitä paikallaan. Jotta hampaaseen vaikuttava voima olisi riittävä liikuttamaan hammasta, tulee voiman vaikuttaa vähintään kuusi tuntia päivässä. (Mitchell ym. 2019, Proffit 2018 ym.)

Potilaalla, jolla on II-luokan purentavirhe, on usein hankalaa saavuttaa huulisulku. Tämän potilas voi saada aikaan viemällä alaleukaa eteen, tuomalla alahuulen yläinkisiivien taakse, viemällä kielen hampaiden väliin, lisäämällä huulten lihasaktiivisuutta tai näiden yhdistelmillä. Jos huulisulku ei saada, todennäköisesti potilas mahdollistaa huulisulun asettamalla huulen hampaiden väliin, mikä johtaa ylipurennan lisääntymiseen. Samoin käy,

jos potilas aikaansaa huulisulun tuomalla kielen eteen hampaiden väliin ja kontaktiin alahuulen kanssa. (Mitchell ym. 2019.)

Myös pitkittyneet imeskelytavat, kuten sormen tai tutin imeminen voivat johtaa yläinkisiivien kallistumiseen bukkaalisesti ja alainkisiivien kallistumiseen linguaalisesti, johtaen suurentuneeseen horisontaaliseen ylipurentaan. -Peukalon pitkäkestoinen imeminen voi johtaa myös kaventuneeseen yläleukaan, johtuen kielen matalasta lepoasennosta ja paineesta suulakeen. (Mitchell ym. 2019, Proffit ym 2018.)

### **2.3 Esiintyvyys**

Angle II:1- purentavirhe on yleisimpiä purentavirheitä, jota hoidetaan läntisellä maapallolla. Kaukaasialaisessa populaatiossa Angle II:1- purentavirheen insidenssi on noin 15-20 %. Angle II:2- purentavirheen prevalenssi kaukaasialaisessa populaatiossa on noin 10 %. (Mitchell ym. 2019.)

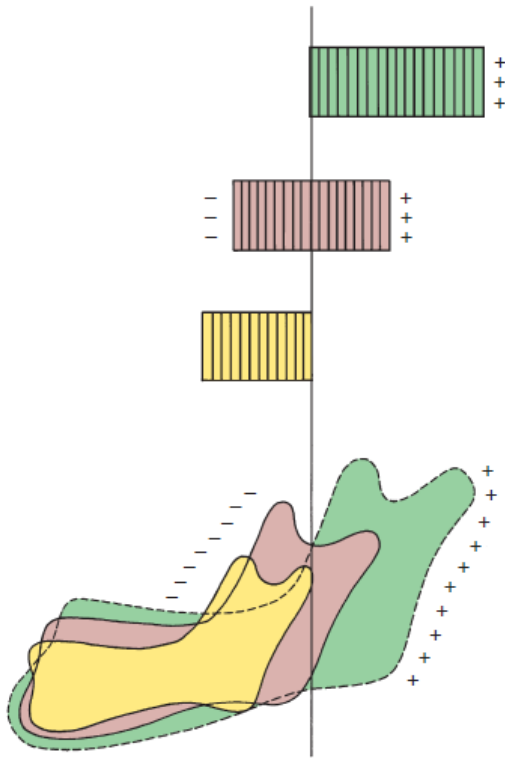
## **3 HERBSTIN KOJE II-LUOKAN PURENTAVIRHEEN HOIDOSSA**

### **3.1 Hampaiden siirtämisen ja luuston kasvuun vaikuttamisen biologiset perusteet**

Oikomishoidossa pyritään vaikuttamaan purentaan joko skeletaalisesti ohjaamalla kasvojen luustokasvua tai siirtämällä hampaita. Hampaat kiinnittyvät leukaluuhin periodontaaliligamentin välityksellä. Ligamentin yhtenä tehtävänä on purentavoimien välittäminen leukaluuhun. Kun hampaaseen kohdistetaan ulkoinen voima, hampaan toisella puolella ligamentti venyy ja toisella puolella painuu kasaan. Venytyspuolella hammasta ympäröivässä alveoliluussa tapahtuu appositiota eli luun uudismuodostusta. Paine puolella taas tapahtuu luun resorptiota. Yleinen hampaan siirtoon liittyvä komplikaatio on hampaan juuren resorptio, joka aiheutuu hampaaseen kohdistuvasta liian suuresta voimasta. Liian suuri voima johtaa painepuolella kapillaarien kasaan painumiseen, mikä johtaa alueella nekroosiin. (Mitchell ym. 2019, Proffit ym. 2018.)

Luuston kasvuun voidaan vaikuttaa appositio-resorptio-mekanismien välityksellä. Maxillassa luuston kasvu tapahtuu pääasiallisesti luiden välisissä saumoissa eli suturoissa, joten maxillan kasvuun voidaan vaikuttaa suturoita avaamalla. Mandibulan kasvuun pystytään vaikuttamaan

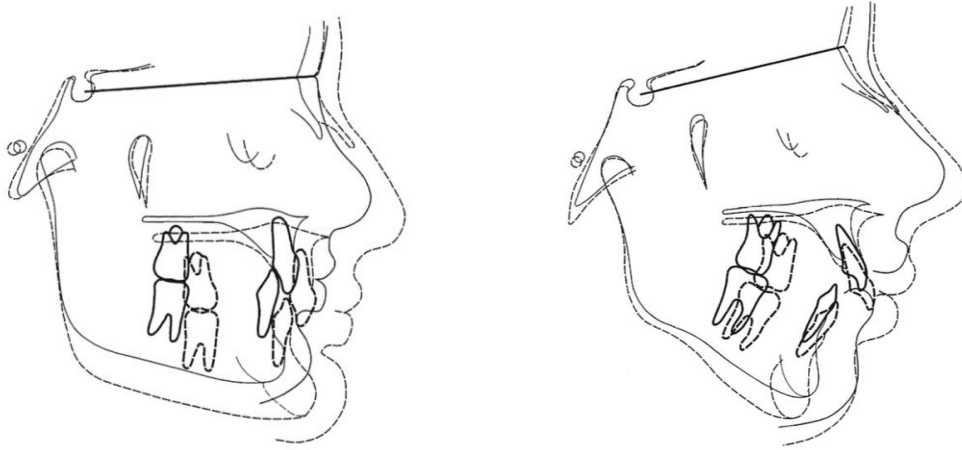
esimerkiksi lisäämällä luun kasvua kondyyleissä. Lisäksi alaleuassa kasvua tapahtuu appositio-resorptio-mekanismilla (kuva 3.). (Mitchell ym. 2019, Proffit ym. 2018.)



Kuva 3. Alaleuan kasvu appositio-resorptio-mekanismilla. (Proffit ym. 2018)

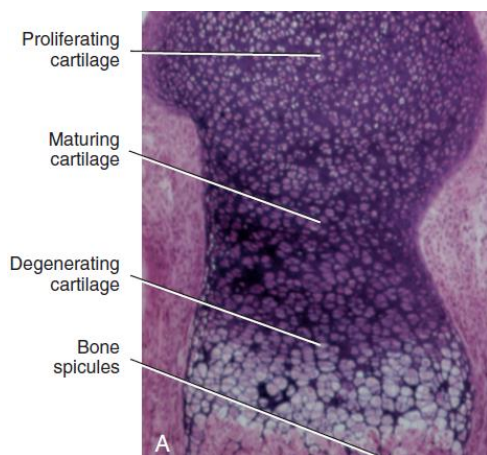
Kasvun aikana mandibulan kärki kiertyy yleensä eteen- ja alaspäin. Kasvua voidaan kuvata neutraaliksi, sulkeutuvaksi tai avautuvaksi. Sulkeutuvassa kasvussa mandibulan kärki kiertyy ylös- ja eteenpäin, kun taas avautuvassa kasvussa leuan kärki kiertyy alas- ja taaksepäin. Tavallisimmin kasvu tapahtuu eteenpäin kiertyen. Hieman avautuva kasvusuunta johtaa potilaan harmoniseen kasvojen ulkomuotoon. Voimakkaasti sulkeutuva kasvusuunta johtaa yleensä syväpuretaan ja pienentyneeseen alakasvokorkeuteen. Voimakkaasti avautuva kasvusuunta voi johtaa avopurennan kehittymiseen ja alakasvokorkeuden lisääntymiseen. (Mitchell ym. 2019.)



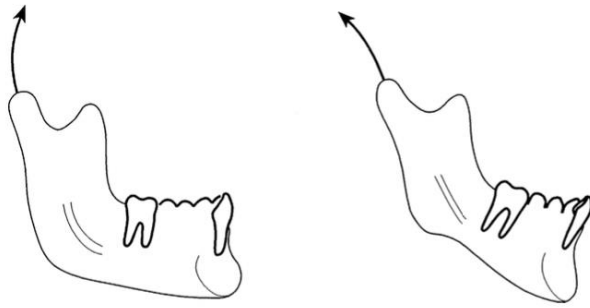


Kuva 4. Sulkeutuva ja avautuva kasvusuunta (Mitchell ym. 2019).

Mandibulan kasvua tapahtuu myös nivelpäissä eli kondyyleissä. Kondyylin kasvu poikkeaa muusta alaleuan kasvusta, sillä kondyylyssä luun muodostuminen tapahtuu endokondraalisesti eli ruston sisällä, jolloin rustokudos kypsyy luukudokseksi. Kondyylyrustoa peittää sidekuduskapseli, jonka alla on proliferaatiokerros, joka sisältää rustokudosta muodostavia kondroblasteja. Tämän alla on kypsyvän rustokudoksen kerros, jonka alla taas on degeneroituvan ruston kerros. Degeneroituvan kerroksen alla tapahtuu varsinainen endokondraalinen luunmuodostus, jossa rustokudos muuttuu luukudokseksi. Kondyylyruston kasvu on luonteeltaan adaptiivista eli se kasvaa mandibulan muiden alueiden kasvun myötä. Kondyylyrustossa tapahtuvan kasvun merkitys mandibulan kasvun kannalta on epäselvä, mutta se ei ole ensisijainen kasvukeskus. (Mitchell ym. 2019, Proffit ym. 2018.)



Kuva 5. Kondyylyssä tapahtuvan endokondraalisen luunmuodostuksen solukerrokset (Proffit ym. 2018).



Kuva 6. Kondyylin kasvusuunta voi johtaa sulkeutuneeseen tai avautuvaan kasvusuuntaan (Mitchell ym. 2019).

### **3.2 Herbstin kojeen toimintaperiaate**

Herbstin koje on kiinteä funktionaalinen koje, jota voidaan käyttää II-luokan purentavirheen hoitoon. Kojeessa on ylä- ja alahampaisiin kiinteästi kiinnitettävät osat, jotka yhdistetään teleskooppirakenteella. Kojeen tarkoituksena on tuoda alaleukaa eteenpäin aiheuttaen alahampaisiin eteenpäin tuovan voiman ja ylähampaisiin taaksepäin tuovan voiman. Lisäksi alaleuan eteen tuomisella pyritään saamaan aikaan skeletaalista vaikutusta stimuloimalla alaleuan anteriorista kasvua. Alaleuan eteentuonti saa aikaan venytystä alaleukaan kiinnittyvissä lihaksissa johtaen appositio-resorptio-mekanismiin avulla kasvuun ramuksessa ja kondyyllissä. (Koay ym. 2016). Herbstin koje aikaansaa myös hampaistollisia vaikutuksia, joista yleisimpiä ovat ensimmäisten molaarien ekstruusio. (Rogers ym. 2018.)

### **3.3 Herbstin kojeen eri muodot**

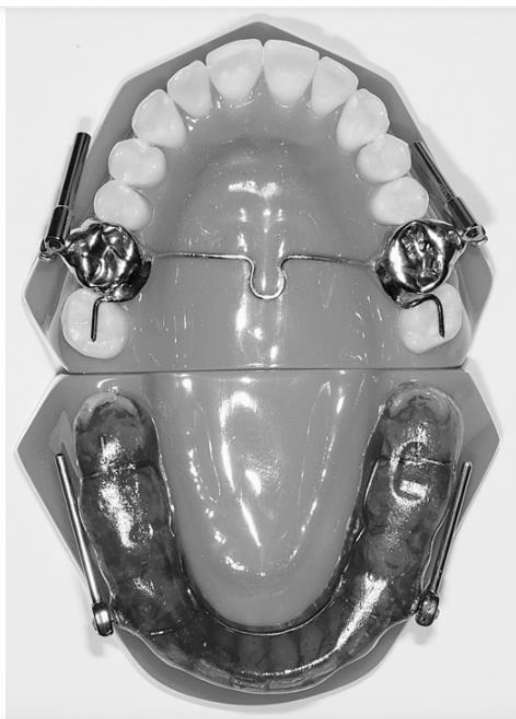
Herbstin kojeesta on olemassa erilaisia versioita, joiden hampaisiin kiinnitettävien osien rakenteet eroavat toisistaan. Hampaisiin kiinnitettävät osat voivat olla metallisia tai akryylistä valmistettuja kiskoja. Metallista valmistetut kojeet voivat olla joko valettuja rakenteita tai ensimmäisiin molaareihin kiinnitettäviä teräskruunuja. Kaikissa erilaisissa Herbst- kojeissa kuitenkin osia yhdistävä teleskooppirakenne on samankaltainen.



Kuva 7. Akryylinen Herbst- oikomiskoje (Manni ym. 2016).



Kuva 8. Metallinen valettu Herbst- oikomiskoje (Mitchell ym 2019).



Kuva 9. Yläleuassa valetut metallikruunut ja alaleuan irroitettava akryyli-splintti (Silva ym. 2015).

### **3.4 Hoidon tulokset**

#### **3.4.1 Herbstin koje**

Herbstin kojeen on havaittu olevan tehokas II-luokan purentavirheen hoidossa. Verrattuna muihin funktionaalisiin kojeisiin sen käyttö on potilaalle helppoa eikä se vaadi potilaalta suurta komplianssia, sillä koje on kiinteä eivätkä hoitoajat yleensä ole pitkiä. (Proffit ym. 2018, Manni ym. 2014, Mitchell ym. 2019.)

Meta-analyysissä arvioitiin Herbstin oikomiskojeen hoitotuloksen pysyvyyttä. Meta-analyysiin valikoitui 19 eri tutkimusta, joissa arvioitiin potilaiden ANB-kulmaa, sagittaalisia molaarisuhteita, pehmytkudosten suhteita, horisontaalista ja vertikaalista ylipurentaa. Tutkimusten potilaiden keski-ikä ennen hoitoa oli 15 vuotta. Hoidon päättymisen jälkeen vähintään vuoden retention jälkeen arvioitiin hoitotuloksen pysyvyyttä. ANB- kulmassa havaittiin 0,2 asteen kasvu, vastaten muun kirjallisuuden lukuja. Myös molaarisuhteissa havaittiin hoidon jälkeen relapsia, noin 1,2 mm verran. Pehmytkudosprofiilissa relapsia tapahtui 0,1 astetta. Tämä kuitenkin johtui todennäköisesti potilaiden vähäisestä jäljellä olevan kasvun määrästä tai suotuisista kasvumalleista. Horisontaalinen ylipurenta relapsoi keskimäärin noin 1,8 mm verran tutkimusten seurannan aikana. Vertikaalinen ylipurenta relapsoitui Angle II:1 potilailla seurannan aikana 1,4 mm ja Angle II:2 potilailla 1,0 mm. Kokonaisuudessaan tämä meta-analyysi osoittaa vähäistä relapsoitumista Herbstin kojeen hoidon jälkeen ja relapsin määrällä on vain vähäistä kliinistä merkitystä. Näin voidaan todeta, että Herbstin kojeella saavutetaan hyvä hampaistollinen ja luustollinen stabiilitetti. (Bock ym. 2016.)

Toisessa kirjallisuuskatsauksessa arvioitiin funktionaalisisista kojeista tehtyjä tutkimuksia ja niiden tuloksia. Tässä katsauksessa oli mukana yhteensä yhdeksän tutkimusta, joista kolmessa käsiteltiin Herbstin kojeita. Yhdessä tutkimuksessa oli käytetty kojetyyppiä, jossa Herbstin kojeessa ankkurina toimivat teräskruunut, toisessa valettua splintti- Herbstiä ja kolmannessa modifioitua Herbstiä. Tutkimuksessa hoidettujen potilaiden keski-ikä oli 13,5 vuotta. Kaikkien näiden tutkimusten tulokset yhdistettynä Herbstin kojeella saavutettiin 0,75

asteen pieneneminen SNA- kulmassa, 0,55 asteen kasvu SNB- kulmassa ja 1,22 asteen pieneneminen ANB- kulmassa. Kolmesta eri Herbst-versiosta parhaat tulokset saavutettiin valetulla splintti-Herbstillä (SNA -1,17 astetta, SNB +0,35 astetta, ANB -1,63 astetta). Tutkimuksessa verrattiin eri funktionaalisia kojeita ja todettiin, että Herbstin kojeella saatiin aikaan parhaat skeletaaliset vaikutukset. (Zymperdicas ym. 2016.)

Tutkimusten mukaan Herbst-hoidolla on voitu vaikuttaa potilaiden ANB-, SNA- ja SNB- kulmiin ja horisontaaliseen ylipurentaan. Vertailevassa tutkimuksessa (n=95) verrattiin Herbst kojeen ja Jasper Jumper- kojeen hoitotulosta hoitamattomiin potilaihin. Herbstin koje ja Jasper Jumper ovat toimintatavaltaan samankaltaisia kojeita ja kiinteästi suussa. Herbst-hoidolla (n=25, keski-ikä 12,77, hoitoaika 3,1 vuotta) ANB- kulma pieneni keskimäärin 1,77 astetta ja HYP pieneni 2,71 mm. Molemmat kojeet olivat tehokkaita II-luokan purentavirheen hoidossa verrattuna hoitamattomiin verrokkeihin. (Brito ym. 2019.)

Kahdeksan tutkimuksen meta-analyysissä Herbst-hoidon jälkeen ANB- kulma pieneni keskimäärin 0,96 astetta ja HYP pieneni 4,51 mm. Tutkimuksessa todettiin Herbstin kojeen olevan tehokas Angle II-luokan purentavirheen hoidossa ja että sillä on sekä luustollisia että hampaistollisia vaikutuksia. (Yang ym. 2016.)

Rogersin ym. (2018) mukaan Herbstin koje kiertää alaleukaa alas ja taakse. Vertailevassa tutkimuksessa (n=90, keski-ikä 12,6, hoitoaika 1,8 vuotta) verrattiin Herbst- kojehoidon tuloksia (n=45) hoitamattomiin verrokkeihin. Avautuvan kasvusuunnan potilailla Herbst- hoito avaa kasvusuuntaa lisää, kun taas sulkeutuvan kasvusuunnan potilailla ei kasvusuunnassa tapahdu muutoksia. (Rogers ym. 2018.)

Normaalia pidempi hoito Herbstin kojeella (1,5 vuotta) yhdistettynä kiinteäkojehoittoon, johti toivottuun hoitotulokseen tutkimuksissa noin 12- vuotiailla potilailla (n=30). Ylipurenta korjautui 7,2 mm ja skeletaaliset suhteet ylikorjattiin lähemmäs Angle I-luokkaa. Tällöin ylä- ja alaleuan molaarit ekstrudoituivat 1mm ja purenta avautui noin 5 astetta. Pidentämällä hoitoaikaa ja yhdistämällä tämä kiinteäkojehoittoon saatiin toivottu hoitotulos II-luokan purentavirheen potilaille. Myös suurentunut horisontaalinen ja vertikaalinen ylipurenta saatiin

korjattua hoidon avulla. Vaikutukset olivat kuitenkin lähinnä dentoalveolaarisia. (Tomblyn ym. 2016.)

Pitkäaikaisessa seurannassa (32 vuotta Herbst-hoidon päättymisen jälkeen) on todettu, että Herbst- hoidolla saavutettu hoitotulos pysyy yllä melko hyvin. Vuoden päästä hoidon päättymisestä keskimäärin kaikilla potilailla oli Angle I- molaarisuhde ja kulmahammassuhde oli 0,2 kuspingleveyden päässä Angle I- suhteesta. Horisontaalinen ylipurenta oli pienentynyt keskimäärin 4,2 mm. Kuuden vuoden seurannan jälkeen sagittaalinen molaarisuhde oli palautunut 0,2 kuspingleveyden verran ja sagittaalinen kulmahammassuhde 0,1 kuspingleveyden verran. 32 vuoden seurannan jälkeen sagittaalinen molaarisuhde oli pysynyt ennallaan 6 vuoden seurantaan verrattuna ja kulmahammassuhde oli palannut hoidon jälkeiseen tilanteeseen. Horisontaalinen ylipurenta oli 6 vuoden seurannan jälkeen palautunut 0,1 mm ja 32 vuoden jälkeen vielä 0,2 mm. Molaarisuhteen relapsi tapahtui 36 %:lla potilaista. Syynä tähän oli epästabili purenta, oraaliset tavat tai puutteellinen retentio. (Pancherz ym. 2014.)

### **3.4.2 Herbstin koje yhdistettynä kiinteisiin kojeisiin**

Herbstin koje yhdistettynä kiinteäkojehoittoon näyttäisi saavuttavan hyvät hoitotulokset riippumatta alkutilanteen purentavirheen vaikeusasteesta sekä luuston kypsytydestä (Bock ym. 2020). Tutkimuksessa potilaat, joiden keski-ikä oli 14,4 vuotta, jaettiin alkutilanteen Angle II- purentavirheen vaikeusasteen mukaan kolmeen ryhmään: lievä = alle 0,5 kuspingleveyttä, kohtalainen = 0,5-1 kuspingleveyttä ja vaikea = yli 1 kuspingleveyttä sekä luustollisen kypsytyden mukaan neljään ryhmään: ennen kasvupyrähdyttä, kasvupyrähdyksen aikaan, kasvupyrähdyksen jälkeen ja aikuisena. Potilaat jaettiin ryhmiin joko ranteesta otetun röntgenkuvan tai lateraalikallokuvan perusteella. Tutkimuksessa verrattiin alkutilannetta, tilannetta heti hoidon päätyttyä sekä kaksi vuotta hoidon päättymisen jälkeen. Alussa tutkimuksen otoskoko oli 526, kahden vuoden seurannan kohdalla otoskoko oli 230 potilasta. Hoidon kesto oli yhteensä keskimäärin 24,2 kuukautta ja kaikilla potilailla oli hoidon jälkeen käytössä jokin retentiokoje. Hoitotulosta ryhmien välillä arvioitiin PAR- indeksin avulla. Purentavirheen vaikeusasteen mukaan jaetuissa ryhmissä PAR laski kaikissa ryhmissä alkutilanteesta (keskiarvo 31,5-36,6). Heti hoidon päätyttyä keskiarvot olivat 7,7-9,3 ja kahden vuoden seurannan jälkeen 8,3-10,6. PAR laski hieman enemmän vaikean

alkutilanteen ryhmässä. Myös skeletaalisen kypsyuden mukaan jaetuissa ryhmissä PAR laski merkittävästi kaikissa ryhmissä alkutilanteesta (keskiarvo 31,8-35,3). Heti hoidon päätyttyä keskiarvot olivat 7,8-8,4 ja kahden vuoden seurannan jälkeen 8,1-9,5. Näiden ryhmien välillä ei havaittu merkittävää eroa PAR- arvon laskussa. Lopputuloksena päädyttiin siihen, että alkutilanteen luustollisella kypsyydellä ei ole vaikutusta lopputuloksen laatuun. Parentavirheen vaikeusasteella on pieni vaikutus, joskin niin pieni, ettei sillä käytännössä ole vaikutusta hoidon lopputuloksen laatuun. (Bock ym. 2020.)



Kuva 10. Forsus- jousi yhdistettynä kiinteisiin kojeisiin (Proffit ym. 2018).

Von Bremenin ym. (2009) tutkimuksessa vertailtiin Herbstin kojeen vaikutusta murrosiässä ja aikuisiällä olevia potilailla. Murrosiässä olevia potilaita oli tutkimuksessa 49, joiden keski-ikä oli noin 13,5 vuotta. Aikuisia potilaita oli yhteensä 28, joiden keski-ikä oli 20,7 vuotta. Molemmat hoidettiin Herbstin kojeella yhdistettynä kiinteisiin kojeisiin. Hoitoaika Herbstin kojeella ja kiinteillä kojeilla oli murrosikäisillä 21,5 kuukautta ja aikuisikäisillä potilailla 21,8 kuukautta. Hoidon jälkeen parentaa arvioitiin kipsimalleilta kahden vuoden retention jälkeen PAR- indeksin avulla. Ennen hoitoa molemmissa potilasryhmissä oli II-luokan parentavirhe, murrosikäisillä potilailla kuitenkin PAR- indeksi oli hieman pienempi 27,8, verrattuna aikuispotilaiden indeksiin 28,8. Heti hoidon päätyttyä PAR- indeksi laski murrosikäisillä potilailla 4,5:een ja aikuispotilailla 4,8:een. Molemmilla potilasryhmillä siis saavutettiin PAR- indeksin mukaan hyvä hoitotulos. On huomioitava, että murrosikäisillä potilailla

hoidon kesto Herbstin kojeella oli merkittävästi lyhyempi: 7,5 kk verrattuna aikuisten 9,0 kk. Tämä todennäköisesti johtuu leukanivelen nopeammasta adaptaatiosta kasvuikäisillä potilailla verrattuna aikuispotilaisiin. (von Bremen ym. 2009.)

Retrospektiivisessä tutkimuksessa (n=526) arvioitiin hoitotuloksen pysyvyyttä Herbstin kojeella hoidetuilla potilailla. Retention jälkeen 240:stä potilaasta 57 %:lla purenta oli merkittävästi parantunut alkutilanteeseen nähden. Vain 2-3 %:lla potilaista ei hoidolla saatu vastetta. Tutkijat totesivat Herbstin kojeen käytön yhdessä kiinteiden kojeiden kanssa olevan tehokas hoitomuoto II-luokan purentavirheen hoidossa. (Bock ym. 2017.)

Herbstin koje 1. vaihdunnan hampaistossa yhdistettynä tämän jälkeen kiinteisiin kojeisiin korjasi II-luokan purentavirheen vertailevassa tutkimuksessa (n=56, keski-ikä 8,4, hoitoaika 6,3 vuotta). Vertailuryhmänä oli hoitamattomat verrokkit. Sagittaaliset leukojen väliset suhteet paranivat 0,9 kuukautta kestäneen Herbst- hoidon jälkeen. ANB- kulma pieneni kahdella asteella ja kiinteäkojehoidon päätyttyä ANB- kulman muutos pysyi 2,1 asteessa. Hoidetussa ryhmässä horisontaalinen ylipurenta pieneni 2.8 mm ja molaarisuhde 2.2 mm hoidon päätyttyä. Hoidon skeletaalinen vaikutus mandibulassa kuitenkin palautui kiinteäkojehoidon jälkeen, joten muutokset olivat lähinnä hampaistollisia. (Wigal ym. 2011.)

Vertailevassa tutkimuksessa (n=30, hoidettujen keski-ikä 12,3, hoidon kesto Herbst 1,5 vuotta ja kiinteäkojehoito 1,8 vuotta) pidennetyllä Herbstin kojehoitolla yhdistettynä kiinteisiin kojeisiin saatiin ylipurennan korjaus ylläpidettyä. Hoidettavilla potilailla oli hoidon alussa II-luokan purentavirhe, joka hoidon jälkeen oltiin saatu korjattua joko Angle I- molaarisuhteeksi tai ylikorjattu III-luokan purentavirheeksi. Hoidon päätyttyä molaarit olivat ekstrudoituneet yläleuassa 0,3 mm ja alaleuassa 0,8 mm. Purentataso oli taas avautunut 1,2 astetta. Hoidon vaikutukset olivat lähinnä dentoalveolaarisia, mutta skeletaaliset vaikutukset saatiin ylläpidettyä hoidon ansiosta. (Tomblyn ym. 2016.)

Retrospektiivisessä tutkimuksessa (n=20, hoidettujen keski-ikä hoidon alkaessa 14,4 vuotta ja hoidon kesto 24,9 kuukautta) verrattiin kontrolliryhmää, jolla on Angle I- purenta, potilaisiin, joilla Angle II- purentavirhe hoidettiin Herbstin kojeella yhdistettynä kiinteisiin kojeisiin. Tutkimuksen tarkoituksena oli erityisesti tutkia hoidon pitkäaikaisvaikutuksia. Tutkimukseen



valittiin potilaat, joiden oikomishoito oli päättynyt vähintään 15 vuotta sitten ja heidän tämänhetkistä purentatilannettaan verrattiin tilanteeseen ennen hoidon alkua sekä hoidon päätyttyä. Osalla potilaista (n=14) oli alkutilanteessa Angle II:2- alaluokan purentavirhe, jolloin näitä potilaita hoidettiin ennen Herbst- hoidon aloitusta kiinteillä kojeilla, jotta purenta saatiin hoidettua Angle II:1- alaluokan purennaksi, jolloin Herbst-hoito voitiin aloittaa. Tämän jälkeen kaikille potilaille aloitettiin keskimäärin 7,7 kuukautta kestänyt Herbst- hoito, jota seurasi hoito ylä- ja alaleuan kiinteillä kojeilla. Hoidetuilla potilailla oli alkutilanteessa Angle II-luokan purentavirhe (keskimäärin 0,8 kuspinevyyttä verrattuna Angle I- molaarisuhteeseen). Kontrolliryhmässä (n= 31) oli potilaita, joilla oli alkutilanteessa molemminpuolinen Angle I-luokan purenta ja heitä seurattiin samaan tahtiin hoitoa saaneen ryhmän kanssa. Hoidon päättymisen jälkeen kaikilla potilailla oli retentiolanka joko pelkästään alaleuassa tai sekä ylä- että alaleuassa. 26 kuukauden seurannan jälkeen enää 16 potilaalla oli retentiokoje paikallaan ja 18 vuoden jälkeen enää 9 potilaalla oli retentiokoje paikallaan.

Hoidon päättymisen jälkeen kaikilla hoidetuilla potilailla oli Angle I-luokan purenta, joka oli pysynyt ennallaan keskimäärin 18 vuoden seurannan jälkeen ja oli lähestulkoon samanlainen kontrolliryhmään verrattuna. Alkutilanteessa molaarisuhde hoidetulla ryhmällä oli keskimäärin 0,8 kuspinevyyttä, heti hoidon päätyttyä -0,1 ja 18 vuoden seurannan jälkeen 0,0. Kontrolliryhmällä vastaavat molaarisuhteet olivat alkutilanteessa 0,0 kuspinevyyttä, keskimääräisen hoitoajan jälkeen (24,9 kuukautta) -0,1 kuspinevyyttä ja 18 vuoden seurannan jälkeen -0,1 kuspinevyyttä eli ryhmien välillä ei hoidon jälkeen ollut käytännössä mitään eroa.

Vertikaalinen ylipurenta oli alkutilanteessa Angle II- ryhmässä keskimäärin 5,3 mm ja kontrolliryhmässä 2,7 mm. Hoidon päätyttyä vastaavat ylipurennat olivat hoidetussa ryhmässä 1,2 mm ja kontrolliryhmässä 2,7mm ja 18 vuoden seurannan jälkeen hoidetussa ryhmässä 2,5 mm ja kontrolliryhmässä 2,4 mm. Horisontaalinen ylipurenta oli alkutilanteessa Angle II- ryhmässä keskimäärin 4,1 mm ja kontrolliryhmässä 3,6 mm. Hoidon päätyttyä vastaavat ylipurennat olivat hoidetussa ryhmässä 1,8 mm ja kontrolliryhmässä 3,2 mm ja 18 vuoden seurannan jälkeen 2,2 mm ja 3,2 mm. Lopputuloksena tutkimuksessa todettiin, että Herbstin kojeella toteutetulla hoidolla yhdistettynä kiinteisiin kojeisiin saavutetaan hyvät hoitotulokset ja erittäin hyvä pitkäaikainen purennallinen stabiliteetti. Pitkäaikaisessa

seurannassa todettiin hoidettujen potilaiden purennan muuttuneen pitkälti samassa tahdissa kontrolliryhmän potilaiden kanssa. (Bock ym. 2018.)

Vertailevassa tutkimuksessa (n=42) vertailtiin hoidon pysyvyyttä Herbstin kojeella hoidetuilla toispuoleisilla (n=22, keski-ikä 15, hoitoaika Herbstin kojeella 8kk ja kiinteäkojehoito 15kk) ja molemminpuoleisilla (n=22, keski-ikä 15, hoitoaika Herbstin kojeella 8kk ja kiinteäkojehoito 13 kuukautta) Angle II -parentavirheen potilailla. Molempia vertailuryhmiä hoidettiin aluksi Herbstin kojeella, jonka jälkeen aloitettiin kiinteäkojehoito. Tämän jälkeen potilaiden purenta kontrolloitiin noin 27 kuukauden (toispuoleinen parentavirhe) tai 36 kuukauden (molemminpuoleinen parentavirhe) jälkeen. Molemmissa Angle II- parentavirheen ryhmissä oli Herbstin kojeen jälkeen saatu joko korjattua tai ylikorjattua parentavirhe. Kuitenkin potilailla, joilla oli molemminpuoleinen Angle II- parentavirhe, vain 18,2%:lla oli Herbst- hoidon päätyttyä molemminpuoleinen Angle I -purenta. Potilailla, joilla oli toispuoleinen parentavirhe, oli kaikilla Herbst- hoidon jälkeen joko toisen- tai molemminpuoleinen Angle III-luokan purenta. Kiinteäkojehoidon jälkeen toispuoleisen parentavirheen potilailla noin 63,7%:lla oli molemminpuoleinen Angle I-luokan purenta. Molemminpuoleisen Angle II-luokan potilailla taas kiinteäkojehoidon jälkeen oli 72,7%:lla molemminpuoleinen Angle I-luokan purenta. Kuitenkin suurin ero ryhmien välillä oli retention jälkeen. Tällöin potilailla, joilla oli toispuoleinen Angle II -parentavirhe, oli merkittävästi enemmän Angle III-luokan parentavirhettä alkuperäisen Angle I-luokan purennan puolella. Lisäksi molemminpuoleinen Angle II -purenta relapsoitui helpommin kuin toispuoleinen. Herbstin oikomiskoje sopii myös siis toispuoleisen Angle II -parentavirheen korjaamiseen. (Bock ym. 2013.)

Ruf ym. (2006) tutkimuksessa vertailtiin Herbstin kojeen vaikutusta varhais- ja myöhäisaikuisiällä Angle II -parentavirheeseen. Hoidetulla ryhmällä (n=23, keski-ikä 21.9 vuotta, hoitoaika noin 22 kuukautta, josta 9 kk Herbstin kojeella ja 13 kk kiinteillä kojeilla) saatiin aikaan merkittävä kasvu SNB- kulmassa (n. 0,82 astetta), kun taas yläleuan sagittaalinen asema ei muuttunut. Näin myös hoidon päätyttyä ANB- kulma pieneni merkittävästi (0,7 astetta). SNB- kulma pieneni 23:lla potilaalla 70%:lla ja ANB- kulma 61%:lla. Vertikaalinen ylipurenta korjautui koko hoidon aikana eli pienentyi noin 2,48mm. Myös horisontaalinen ylipurenta pienentyi merkittävästi kokonaishoidon aikana (noin 6,75

mm). Kasvoprofiili parani merkittävästi 91%:lla hoidetuista potilaista. Suurin osa hoidon lopputuloksesta oli kuitenkin dentaalista muutosta, pienemmän osan ollessa skeletaalista muutosta. Horisontaalisen ylipurennan korjauksesta 87% oli dentaalista ja 13 % skeletaalista. Molaarisuhde muuttui merkittävästi (4 mm) hoidetulla ryhmällä. Tästä muutoksesta dentaalista oli 78% ja skeletaalista 22%. Näin Herbstin koje on yksi vaihtoehto aikuispotilaille, joilla on niukka Angle II -purentavirhe. (Ruf ym. 2006.)

Bock ym. (2010) tutkimuksessa tehtiin aikuisille II-luokan purentavirheen hoito Herbstin kojeella ja tämän jälkeen kiinteillä kojeilla, arvioitiin okklusaalista stabiliteettiä retentiovaiheen jälkeen. Tutkimukseen osallistui 26 aikuispotilasta, hoidon kesto Herbstin kojeella oli keskimäärin 8,8 kuukautta ja kiinteillä kojeilla 14,7 kuukautta. Retentiovaiheen kesto oli 32 kuukautta, jonka jälkeen verrattiin purennan senhetkistä tilannetta tilanteeseen välittömästi hoidon päätyttyä ja arvioitiin, onko purenta pysynyt stabiilina retentiovaiheessa. Retention jälkeen 77,6% molaarisuhteista ja 71,2% kulmahammassuhteista oli pysynyt stabiilina. Todellisia relapseja oli tapahtunut 8,2% molaarisuhteissa ja 1,9% kulmahammassuhteissa. Lisäksi horisontaalinen ylipurenta pysyi stabiilina 92,3% tapauksista ja vertikaalinen ylipurenta pysyi stabiilina 96,0% tapauksista. Näissä ei esiintynyt ollenkaan todellisia relapseja. Lopputuloksena voitiin todeta, että okklusaalinen stabiliteetti aikuisille tehdyssä hoidossa oli n. 2,5 vuoden retentiovaiheen jälkeen hyvä. Kaikilla potilailla oli tässä vaiheessa retentiokoje käytössä. (Bock ym. 2010.)

Bock ym. (2012) tutkimuksessa tarkasteltiin hampaistollisia ja luustollisia muutoksia Herbstin kojeella suoritettussa hoidossa aikuisilla. Tutkimukseen valikoitui 15 potilasta, joiden keski-ikä oli 25,6 vuotta. Hoidon alussa potilailla oli Angle II-luokan purentavirhe, noin 0,8 kuspina verran ja horisontaalista ylipurentaa noin 8,9 mm. Hoito Herbstin oikomiskojeella kesti 9 kuukautta, jonka jälkeinen kiinteäkojehoito kesti 13,9 kuukautta. Hoidon jälkeinen retentio kesti noin 35,5 kuukautta, joko irroitettavalla tai kiinteällä retentiokojeella. Hoidon tulosta arvioitiin ennen hoitoa, heti aktiivisen hoidon jälkeen ja retention jälkeen. Aktiivisen hoidon aikana saatiin horisontaalista ylipurentaa korjattua 6,2 mm ja molaarisuhdetta 3,5 mm. Myös kasvojen pehmytkudosten kuperuus pieneni hoidon aikana. Myös pieniä hyödyllisiä skeletaalisia muutoksia havaittiin. Retention aikana havaittiin horisontaalisen ylipurennan palautumista noin 1,0mm ja molaarisuhde palautui

0,3mm. Muutoin relapsit eivät olleet merkittäviä. Kun verrataan alkutilannetta retention jälkeiseen tilanteeseen, on horisontaalinen ylipurenta pienentynyt 5,2mm ja molaarisuhde on korjaantunut 3,2 mm. Myös skeletaalisesti on saatu myönteisiä vaikutuksia sagittaalisiin ja vertikaalisiin suhteisiin. Myös kasvojen pehmytkudosprofiili on suoristunut. Kun tarkastellaan inkisiivien asennon muutosta, ovat yläinkisiivit kallistuneet 6,5 astetta palatinaalisesti ja alainkisiivit taas 7,7 astetta labiaalisesti. Kokonaisuutena saavutettu hoitotulos koostuu kuitenkin lähinnä hampaistollisista vaikutuksista: 88 % muutoksista on hampaistollisia ja 12 % luustollisia. Saavutettu lopputulos kuitenkin yllä pysyi hyvin. (Bock ym. 2012.)

### **3.4.3 Herbstin koje yhdistettynä skeletaaliankkureihin**

Skeletaaliankkureita käyttämällä voidaan lisätä ortopedisiä vaikutuksia verrattuna tavalliseen Herbstin kojeella tehtävään hoitoon. Manni ym. (2019) seurantatuksimuksessa skeletaaliankkurit asetettiin tutkittavilla potilailla ylä- ja alaleukaan. Skeletaaliankkurit asetettiin joko premolaarien- tai premolaarien ja molaarien väliin. Alaleuan skeletaaliankkurit liggerattiin alaleuan molaareihin ja yläleuan skeletaaliankkurit taas yläleuan ensimmäisiin molaareihin. Skeletaaliankkureiden tarkoituksena on lisätä ankkurointia, vähentää inkisiivien kallistumista ja vähentää epätoivottua yläleuan molaarien distaloitumista. Verrokkiryhmä hoidettiin vain Herbstin kiinteällä oikomiskojeella. ANB- kulma pieneni skeletaaliankkureilla hoidetussa ryhmässä (n=13,3, keski-ikä 12,2 vuotta, hoitoaika 10kk) 3,3 astetta verrattuna verrokkiryhmään, jossa pienenemistä syntyi 1,3 astetta. Miniruuveilla toteutettu skeletaaliankkurointi vähensi myös alainkisiivien kallistumista. (Manni ym. 2019.)

Tutkimuksessa, jossa vertailtiin kahta samankokoista ryhmää (n=5, potilaat kasvuikäisiä), joista toisessa käytettiin pelkkää Herbstiä ja toisessa Herbstiin oli yhdistetty skeletaaliankkurit (yksi ruuvi kummallakin puolella alaleuassa). Skeletaaliankkureiden avulla pystyttiin ehkäisemään alainkisiivien proklinaatiota, joka on Herbst- hoidon tyypillinen sivuvaikutus. Kontrolliryhmällä, jolla ei ollut skeletaaliankkureita, alainkisiivien keskimääräinen lisääntynyt kallistuskulma hoidon jälkeen oli 7 astetta, kun taas skeletaaliankkureilla kallistuskulma hoidon jälkeen oli lisääntynyt keskimäärin 1 astetta. Kummassakin ryhmässä Herbst- hoidon jälkeen käytettiin kiinteitä kojeita ja kummassakin

ryhmässä saavutettiin hoidon päätteeksi Angle I- molaari- ja kulmahammassuhteet. (Luzi ym. 2013.)

Vertailevassa tutkimuksessa (n=60, keski-ikä 11,6, hoidon kesto 7,4 kk) vertailtiin kahta ryhmää: toisessa oli käytössä pelkästään akryylinen Herbstin koje ja toisessa akryylinen Herbstin koje yhdistettynä miniruuveihin alaleuassa. Kummassakin ryhmässä potilailla saavutettiin Angle I- purentasuhte, mutta skeletaaliankkureilla saavutettiin suurempi vaikutus alaleuan kasvuun. Pelkällä Herbstin kojeella hoidetussa ryhmässä dentaaliset vaikutukset olivat siis suuremmat. Lisäksi skeletaaliankkureilla pystyttiin estämään alainkisiivien proklinaatiota: testiryhmässä hoidon päätteeksi alainkisiivit olivat kallistuneet eteenpäin 0,6 astetta ja kontrolliryhmässä kallistusta oli tapahtunut 7,5 astetta. (Manni ym. 2014.)

Von Bremen ym. (2015) tutkivat Herbstin kojetta yhdistettynä kiinteisiin kojeisiin ja juurten välisiin skeletaaliruuveihin verrattiin kontrolliryhmään. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, voidaanko Herbstin kojeen yhdistämisellä skeletaaliankkureihin ennaltaehkäistä ankkuroinnin menetystä. Skeletaaliankkureilla hoidettuja potilaita oli 12 (keski-ikä 12,0 v), joiden alainkisiivien proklinaatiokulma hoidon alussa oli 98,3 astetta. Kontrolliryhmässä, jossa potilaita oli myös 12 (keski-ikä 12,9 vuotta), hoidettiin Herbstin kojeella yhdistettynä kiinteisiin kojeisiin, mutta ilman skeletaaliankkureita. Näiden potilaiden alainkisiivien proklinaatiokulma oli hoidon alussa 99,5 astetta. Kaikilla potilailla oli hoidon alussa ylipurentaa noin 7,5 mm. Skeletaaliankkureilla hoidettuja potilaita hoidettiin ensin kiintein kojein 11,6 kuukautta, jonka jälkeen 4,6 kk Herbstin kojeella. Kontrolliryhmää hoidettiin 11,2 kk kiinteillä oikomiskojeilla ja 4,7 kk Herbstin kojeella. Hoidon jälkeen kaikilla potilailla oli saavutettu Angle I-luokan purenta ja normaali ylipurenta (2,1 mm). Skeletaaliankkureilla hoidetun potilasryhmän ylipurenta oli pienentynyt 5,6 mm ja verrokkiryhmän 5,3mm. Skeletaaliankkureilla hoidetun potilasryhmän alainkisiivien kallistuskulma kasvoi noin 4,8 asteella, kun taas verrokkiryhmän noin 6,5 asteella. Alaleuan inkisiivit liikkuivat myös hieman vähemmän anteriorisesti skeltaaliankkureilla hoidetuilla potilailla, tämä ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkittävä. Myös inkisiivien intrusio oli vähäisempää skeletaaliankkureilla hoidetulla ryhmällä, myöskään tämä ero ei ollut tilastollisesti merkittävä. Vaikka tutkimuksessa käytetyt juurten väliset skeletaaliankkurit vähensivät alainkisiivien proklinaation määrää pienissä määrin, ei näillä todennäköisesti ole

kliinistä merkitystä. Tutkimuksessa myös havaittiin yksilöllisiä eroja hoitotuloksessa ja useita ankkureiden menetyksiä, josta johtuen ei juurten välisiä skeletaaliankkureita suositeltu käytettäväksi rutiinisti Herbstin kojeeseen kanssa. (von Bremen ym. 2015.)

#### **3.4.4 Herbstin kojehoidon vaikutus nielun ilmatilan tilavuuteen**

Herbstin kojehoidolla voi lisätä nielun ilmatilaa. Vertailevassa tutkimuksessa (n=39, keski-ikä 12,4 vuotta ja hoitoaika 6kk) hoidon jälkeen todettiin merkittävä kasvu nielun ilmatilassa pehmeästä suulaesta nielun takaseinämään ja kielen takaosasta nielun takaseinämään. Kapein kohta pehmeän suulaen kohdalta kasvoi 2,3 mm ja kielen tyvestä taas 3,3 mm. Samalla potilaan takakasvokorkeus kasvoi, todennäköisesti johtaen lisääntyneeseen nielun ilmatilaan. Myös kasvun päätyttyä lisääntynyt nielun ilmatila oli saatu ylläpidettyä. (Drosen ym. 2018.)

Tutkimuksessa (n=27, keski-ikä 12,8, kokonaishoitoaika 3,0 vuotta) selvitettiin kaksivaiheisen Herbst -hoidon (Herbstin koje keskimäärin 1,1 vuotta ja sen jälkeen hoito kiinteillä kojeilla keskimäärin 1,9 vuotta) vaikutusta nielun ilmatilaan. Potilaista otettiin kallonlateraalikuvat ennen hoidon aloitusta, Herbst -hoidon päätyttyä ja kiinteäkojehoidon päätyttyä, jotta hoidon eri vaiheiden vaikutusta ilmatilan muuttumiseen voitiin arvioida. Herbst -hoidon jälkeen ilmatila lisääntyi retropalatinaalisella alueella 1,1 mm, retroglossaalisella alueella 1,3 mm ja hypopharyngealisella alueella 1,6 mm. Kiinteäkojehoidon aikana ilmatila ei enää lisääntynyt, mutta hoidon ensimmäisen vaiheen aikana saavutettu ilmatilan kasvu pysyi samana. (Koay ym. 2016.)

## **4 HOIDON KOMPLIKAATIOT**

II-luokan purentavirheen korjaukseen tarkoitettuihin kiinteisiin kojeisiin liittyvien komplikaatioiden esiintyvyyteen keskittyneessä meta-analyysissä todettiin eri Herbst-muotoihin liittyvän tyypillisesti tietynlaisia komplikaatioita, joista yleisimpiä olivat kiinteän rakenteen irtoaminen tai frakturoituminen. (Phuong ym. 2019.)

Herbstin kojeen käyttöön todettiin liittyvän yhteensä kolmesta erilaista kojeeseen liittyvää komplikaatiota: transpalatinaalikaaren aiheuttama palatinaalinen painauma, teleskoopin aiheuttama leesio poskessa, ruuvin löystyminen, kruunun irtoaminen, teleskoopin vääntyminen, kruunun murtuma, linguaalikaaren aiheuttama limakalvovaurio, ruuvin

aiheuttama hankauma poskessa, teleskoopin löystyminen, alaleuan kiskon hajoaminen, kiskon liian vähäinen käyttö, saranan hajoaminen ja transpalatinaalikaaren hajoaminen. (n=159, keski-ikä 11 vuotta ja 8 kuukautta, hoitoaika 12kk). Tutkimuksessa verrattiin kahta erilaista Herbst-kojetta: irroitettava splintti (RMS) ja teräskruunu- Herbst (HC). RMS-ryhmässä oli 125 potilasta ja HC-ryhmässä 34 potilasta. Kojeeseen liittyviä komplikaatioita esiintyi vähintään kertaalleen hoidon aikana HC 85,29% ja RMS 88%. 0-1 kappaletta komplikaatioita esiintyi HC 35,29% ja RMS 32,80%, 2-3 kappaletta HC 35,29% ja RMS 41,60%, yli 3 kappaletta HC 29,41 ja RMS 25,60%. HC- Herbstillä hoidetuilla potilailla komplikaatioita esiintyi keskimäärin 2,4 ja RMS- Herbstillä 2,5 koko hoidon aikana. Lisäksi kahta eri teleskooppisysteemiä (PMA- teleskooppi ja Dentaurum- teleskooppi) verratessa PMA:n kohdalla komplikaatioita esiintyi vähintään kerran 80,33% ja Dentaurumin kohdalla 91,84%. Tutkimuksessa kuitenkin todettiin, että komplikaatioiden määrä oli riippumaton Herbstin kojeen tyypistä. Kuitenkin teleskooppityypillä havaittiin olevan vaikutusta komplikaatioiden määrään. PMA- teleskooppi on luotettavampi kuin Dentaurum riippumatta Herbstin kojeen tyypistä. Useimmilla potilailla oli maksimissaan kolme komplikaatiota hoidon aikana. (Silva ym. 2015.)

Tyypillinen Herbst-kojeen hoitoon liittyvä komplikaatio on labiaalinen ienvetäymä. Ienvetäymien yleisyyttä ja vaikeusastetta arvioitiin retrospektiivisessä kohorttitutkimuksessa, jossa käytettiin laajaa potilasaineistoa (n=240), jossa kaikilla potilailla oli alkutilanteessa Angle II:1-luokan purentavirhe ja joita hoidettiin Herbstin kojeella yhdistettynä kiinteisiin kojeisiin. Herbst-vaihe kesti keskimäärin 8,1 kuukautta ja kiinteä koje-vaihe kesti keskimäärin 16,1 kuukautta. Potilaiden keski-ikä hoidon alkaessa oli 14,4 vuotta. Tutkimuksessa verrattiin ienvetäymien määrää kipsimalleilta ennen hoidon alkua ja vähintään 24 kuukautta hoidon päättymisen jälkeen. Retentiokojeena potilailla oli joko ylä- ja/tai alaretentiolanka, irroitettava retentiokisko tai näiden yhdistelmä. Alkutilanteessa alainkisiivien ienvetäymien (vähintään 0,5mm) prevalenssi oli 1,1%. Vähintään 24 kuukautta hoidon päättymisen jälkeen ienvetäymien prevalenssi oli 5,3%. Eniten vetäymiä esiintyi keskimmaisissa ja lateraalisissa alainkisiiveissä. Koko tarkastelujaksolla (hoidon aloituksesta vähintään 24 kk hoidon päättymiseen keskimäärin 5,5 vuotta) ienvetäymien (vähintään 0,5 mm) insidenssi oli 4,0%. Yli 2 mm ienvetäymien insidenssi oli 0,7%. (Bock ym. 2019.)

Herbst-kojehoido kalliistaa alainkisiivejä labiaalisesti. Pitkäaikaisessa seuranta tutkimuksessa (n=22, keski-ikä 12,5, hoitoaika 1,5 vuotta) seurattiin Herbst-kojehoidon pitkäaikaisvaikutuksia. Tutkimuksessa todettiin alainkisiivien proklinoituneen hoidon aikana 5,2 astetta 11 potilaalla 14:sta. Kuitenkin noin 63%:lla potilaista proklinaatio oli palautunut ennalleen 32 vuoden seuranta-ajan jälkeen. (Pancherz ym. 2014.)

Yhden vuoden seuranta tutkimuksessa todettiin vuoden kestäneen Herbstin kojeella toteutetun hoidon jälkeen alainkisiivien kallistuneen merkittävästi (4,6 astetta) hoidon jälkeen. Tästä kallistumisesta suurin osa oli kuitenkin palautunut vuoden päästä (-3.2 astetta). Tästä johtuen jos potilaan alainkisiivit ovat kallistuneet labiaalisesti, on hoito Herbstin kojeella kontraindikoitu. (Jakobsone ym. 2013.)

## **5 HERBSTIN KOJE VERRATTUNA MUIHIN OIKOMISKOJEISIIN**

### **5.1 Erilaisten Herbstin kojeiden vertailu toisiinsa**

El-Fateh ym. (2011) tutkimuksessa analysoitiin sataa Herbstin kojeella hoidettua potilasta. Hoidon alkaessa potilaiden keski-ikä oli 14,5 vuotta ja keskimäärin hoito kesti 8,1 kuukautta. Osasplintillinen Herbst proklinoi alainkisiivejä merkittävästi enemmän kuin kokosplintillinen Herbst (3,6 astetta). Osasplintti lisää tilaa alahammaskaarella noin 0,4mm/puoli, mutta tämä johtuu lähinnä alaeualueen proklinaatiosta. Tästä johtuen Angle II- purentavirheen hoidossa suositetaan kokosplintillistä Herbstin kojetta. (El-Fateh ym. 2011.)

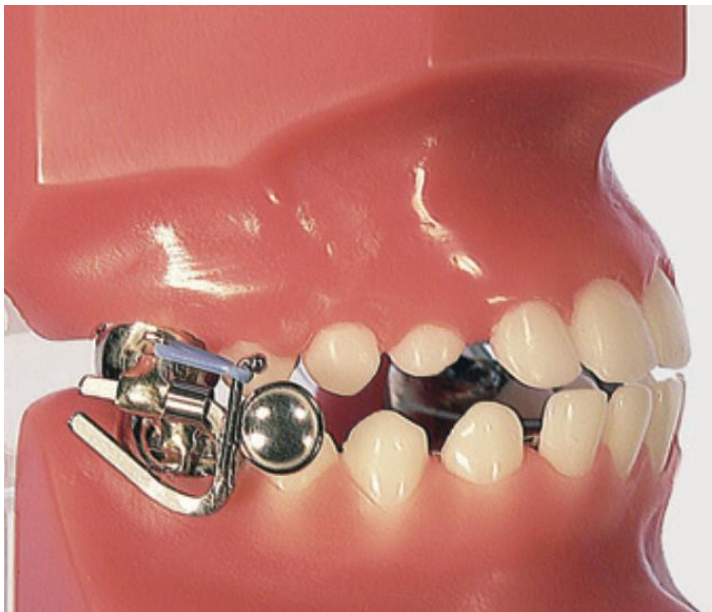
### **5.2 Herbstin koje verrattuna funktionaalisiin oikomiskojeisiin**

Funktionaaliset kojeet hyödyntävät lihasten toimintaa, hampaiden puhkeamista tai luuston kasvua purentavirheen korjauksessa. Yleisimmin toiminta perustuu alaleuan eteenpäin tuontiin, jolloin indusoidaan alaleuan kasvua. (Mitchell ym. 2019.)

Meta-analyysissä vertailtiin aikuisikäisillä potilailla alaleukaa eteenpäin tuovia oikomiskojeita. Tavoitteena oli määrittää, saavutetaanko hoidolla alaleuan luustollisia muutoksia. Tutkimuksessa vertailtiin kuutta tutkimusta liittyen Herbstin kojeeseen, kahta tutkimusta Forsus -jousista, yhtä tutkimusta MARA (mandibular anterior repositioning appliance) -oikomiskojeesta ja kahta tutkimusta MPA (mandibular protraction appliance) -oikomiskojeesta. Potilaiden ikä tutkimuksissa oli 15,5 vuodesta 33,7 vuoteen. Oikomishoidon



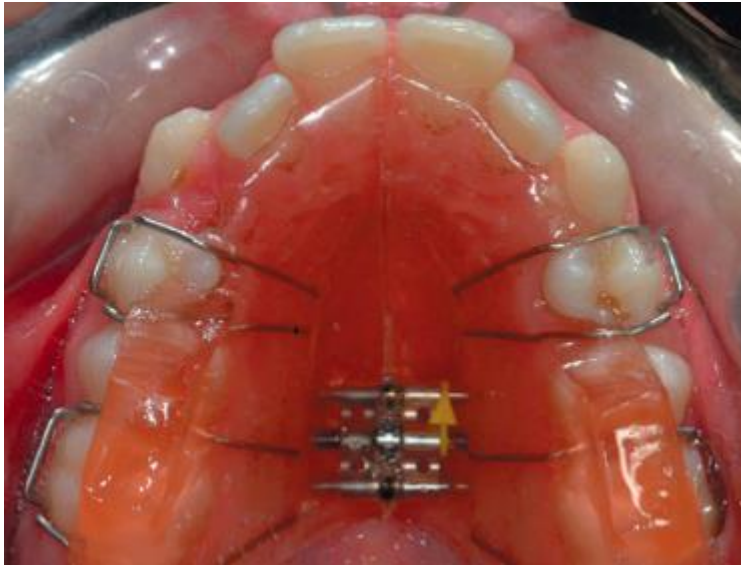
pituuksissa oli suuria eroja, Herbstin kojeella hoidon ollessa pisin (14,3 kuukautta). Vain Herbstin kojeella voitiin vaikuttaa merkittävästi SNB- kulmaan, joka kasvoi 1,36 astetta. Näin myös ANB -kulma pieneni merkittävästi Herbstin kojeella hoidetuilla potilailla -1,27 astetta. Muilla kojeilla ei havaittu merkittävää vaikutusta ANB -kulmaan. Tutkimuksessa myös todettiin, että Herbstin kojeella ja Forsus -jousilla saatiin merkittävä pienentyminen vertikaalisessa ja horisontaalisessa ylipurennassa. Kuitenkin kaikki oikomiskojeet saivat korjattua Angle II-luokan purentavirheen aikuisilla. Tämä muutos aikaansaatii kuitenkin hampaistollisilla muutoksilla. Herbstin kojeella saatiin suurimmat luustolliset muutokset, näiden kuitenkin ollessa pieniä. Tilanteissa, jossa luustollinen epäsuhta on suuri, ei funktionaalisilla kojeilla pystytä vaikuttamaan luustosuhteeseen riittävästi. Tällaisissa tilanteissa joudutaan tyypillisesti turvautumaan ortognaattiseen kirurgiaan. (Espinosa ym. 2020.)



Kuva 11. Mandibular anterior repositioning appliance (MARA) -oikomiskoje (Proffit ym. 2018).

Twin block on irroitettava funktionaalinen oikomiskoje, jossa on erilliset osat ylä- ja alaleualle. Koje tehdään siten, että se ohjaa tuomaan alaleuan eteenpäin aiheuttaen alaleuan anteriorista kasvua. Se on suosittu koje, koska se on rakenteeltaan melko yksinkertainen ja potilaat tottuvat sen käyttöön hyvin. Yläleuan kojeeseen on mahdollista lisätä levitysruuvi,

jonka ansiosta yläleukaa saadaan levitettyä samanaikaisesti alaleuan eteenpäintuonnin kanssa.  
(Mitchell ym. 2019.)



Kuvat 12 ja 13. Twin block -oikomiskoje (Mitchell ym. 2019).

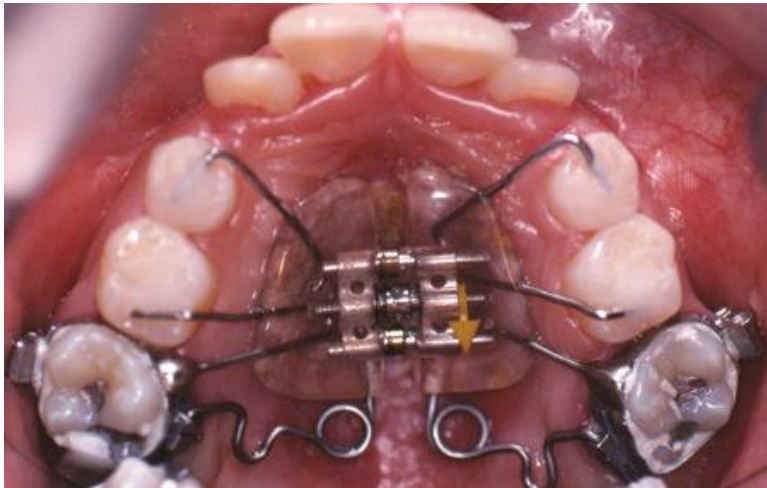
Tutkimuksessa (n=60) vertailtiin potilasryhmiä, joita oli hoidettu Herbstin kojeella (n=20, keski-ikä 12,7, hoitoaika 15,8 kuukautta) ja twin blockilla (n=20, keski-ikä 13,0, hoitoaika 16,2 kuukautta) hoitamattomaan verrokkiryhmään (n=20). Herbstin kojeella ja twin blockilla saatiin molemmilla merkittävästi vaikutettua skeletaalisiin suhteisiin ja pehmytkudosprofiiliin. Vaikutus pehmytkudosprofiiliin oli twin blockilla kuitenkin parempi, kuin Herbstin kojeella. (Baysal ym. 2013.)

Samaisesta potilasaineistosta tutkittiin myös dentoalveolaarisia vaikutuksia vertailemalla Herbstin kojetta twin blockiin. Angle II-purentavirhe ja ylipurenta korjautuivat molemmilla

oikomiskojeilla, kuitenkin twin blockilla voitiin saavuttaa sagittaalisesti parempi hoitotulos. Lisäksi Herbstin kojeella alainkisiivien proklinaatio kasvoi merkittävästi verrattuna twin blockiin. (Baysal ym. 2014.)

### 5.3 Herbstin koje verrattuna Pendulumiin

Pendulum on kiinteä oikomiskoje, jonka tarkoituksena on levittää ylähammaskaarta ja samalla distaloida ylämolaareita (Proffit ym. 2018).



Kuva 14. Pendulum oikomiskoje (Proffit ym. 2018).

(Herbst-ryhmä n=18, keski-ikä 12 vuotta, hoidon keskimääräinen pituus 2,8 vuotta. Pendulum-ryhmä n=18, keski-ikä 12,1 vuotta, hoidon keskimääräinen pituus 2,5 vuotta) Molemmilla oikomiskojeilla saatiin hoitovaste Angle II-luokan purentavirheen hoidossa. Kummassakin ryhmässä hoitoa jatkettiin kiinteillä kojeilla. Herbstin kojeella saatiin kasvatettua alaleuan pituutta keskimäärin 7,3 mm kun taas Pendulumilla 4,6 mm. Pogonion siirtyi alaspäin 2,2 mm ja eteenpäin 1,6 mm enemmän Herbstillä kuin Pendulumilla. Tämä johtuu Herbstin kojeen aikaansaamasta mandibulan eteentuonnista ja tämän indusoimasta kasvusta. Herbstin kojeella saatiin siis merkittävästi enemmän skeletaalista vaikutusta kuin Pendulumilla. Alaleuan ensimmäisten molaareiden mesiaalinen siirtymä oli Herbst-ryhmässä 1,9 mm enemmän kuin Pendulum-ryhmässä. Pendulumilla saatiin distaloitua yläleuan ensimmäisiä molaareita 0,6 mm, kun taas Herbstin kojeella ne siirtyivät 1,4mm mesiaalisesti. Herbstin kojeella hoidettujen potilaiden molaarien mesiaalinen siirtymä todennäköisesti

johtuu kiinteäkojehoidon aikana tapahtuneesta relapsista. Alainkisiivien proklinaation määrä oli molemmilla oikomiskojeilla yhtä suuri. (Taylor ym. 2019.)

## 6 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Herbstin kojeella saavutettuja hoitotuloksia II-luokan purentavirheen hoidossa sekä yksinään että yhdistettynä kiinteisiin kojeisiin ja skeletaaliankkureihin. Tarkoituksena oli myös verrata hoitotuloksia muihin vastaavanlaisiin kojeisiin. Lisäksi halusimme selvittää kojeeseen liittyviä ongelmia ja komplikaatioita ja näiden yleisyyttä.

Herbstin kojetta käytetään harvoin yksinään. Lähes aina Herbst- hoitoon yhdistetään hoito kiinteillä kojeilla. Herbstin kojeella saavutetaan kasvuikäisillä potilailla hyviä hoitotuloksia II-luokan purentavirheen hoidossa, sillä kojeella pystytään vaikuttamaan sekä skeletaaliseen että dentoalveolaariseen komponenttiin. (Bock ym. 2016.) Herbstin kojeella toteutetun hoidon jälkeen hammaskaaret tasoitetaan ja purenta viimeistellään kiinteillä kojeilla. Herbstin koje ja kiinteät oikomiskojeet kiinnitetään potilaan hampaisiin kiinteästi, joten näillä kojeilla toteutettavat hoidot eivät vaadi potilaalta juurikaan ko-operaatiota eikä potilaan tarvitse itse nähdä vaivaa hoidon toteuttamisessa, joten hoidon tulokset ovat riippumattomat potilaan ko-operaatiosta. (Manni ym. 2014, Mitchell ym. 2019.) Herbstin kojeen käyttö onkin erinomainen vaihtoehto huonon ko-operaation potilailla, jolloin hoito onnistuu hyvin ilman, että potilaan tarvitsee itse huolehtia kojeen säännöllisestä käytöstä. Lisäksi Herbstin kojeella toteutettava hoito on melko lyhykestoinen verrattuna moniin muihin oikomiskojeisiin. (Manni ym. 2014.)

Aikuispotilailla Herbstin kojeen skeletaaliset vaikutukset ovat vähäiset, sillä kojeen skeletaaliset vaikutukset perustuvat alaleuan kasvuun vaikuttamiseen. Koska aikuispotilailla alaleuan kasvu on jo päättynyt, kojeen vaikutus on lähes yksinomaan dentoalveolaarinen. Kojella kyetään kuitenkin korjaamaan II-luokan purentavirhettä myös aikuispotilailla, mutta leukojen välisiin suhteisiin kojeella ei enää voida juurikaan vaikuttaa. Hammaskaarten välisiä suhteita kuitenkin saadaan korjattua, joten Herbstin kojeen käyttö on mahdollista ja toimivaa myös aikuispotilailla. (Bock ym. 2012, Tomblyn ym. 2016.)

Skeletaaliankkureiden yhdistäminen Herbstin kojeeseen lisää saavutettuja skeletaalisia vaikutuksia ja vähentää inkisiivien epätoivottua kallistumista (Luzy ym. 2013, Manni ym. 2019). Kuitenkin myös ilman skeletaaliankkureita saavutettiin toivottu hoitotulos, vaikkakin vaikutukset ovat tällöin enemmän dentoalveolaariset (Manni ym. 2014).

Skeletaaliankkureissa havaittiin tutkimusten aikana komplikaatioita ja ankkureiden menetyksiä, mistä johtuen skeletaaliankkureita ei suositella käytettäväksi rutiinisti Herbstin kojeen kanssa. (von Bremen ym. 2015.)

Herbstin kojeen käyttöön liittyy useita erilaisia komplikaatioita. Komplikaatioita esiintyi useasti, lähes jokaisella kojeella hoidetulla potilaalla riippumatta Herbstin kojeen tyypistä. Vain teleskoopin tyyppillä oli vaikutusta komplikaatioiden määrään. (Silva ym. 2015.) Toinen komplikaatio on alainkisiivien kallistuminen Herbstin kojeella toteutetun hoidon seurauksena, johtaen mahdollisesti bukkaalisiin ienvetäymiin. Ienvetäymiä kuitenkin esiintyy harvoin. (Bock ym. 2019.) Alainkisiivien proklinaatiota esiintyy suurella osalla hoidetuista potilaista, mistä johtuen potilas, jonka alainkisiivit ovat proklinoituneet jo hoidon alussa, on kontraindikoitu oikomishoitoon Herbstin kojeen avulla. Hoidon päätyttyä kuitenkin iso osa proklinaatiosta palautuu. (Pancherz ym. 2014)

On ehdotettu, että Herbstin valetulla splintti- kojeella saavutetaan parhaat hoitotulokset verrattuna muihin Herbstin kojeen tyypeihin (El-Fateh ym. 2011). Muihin funktionaalisiin kojeisiin verrattuna Herbstin kojeella saadaan suurimmat luustolliset vaikutukset, vaikka nämä luustolliset vaikutukset ovatkin pieniä. Tämä saattaa johtua erityisesti siitä, että Herbstin kojeella saadaan aikaan muutoksia alaleuan nivelpäässä ja nivelkuopassa, jolloin nivelpäät liikkuvat eteenpäin saaden aikaan koko alaleuan liikkumisen eteenpäin. Kuitenkin myös muilla funktionaalisilla kojeilla saadaan Angle II-luokan purentavirhe korjattua. (Espinosa ym. 2020.) Kun verrataan Herbstin kojetta twin blockiin, voidaan kummankin kojeen todeta olevan tehokas II-luokan purentavirheen korjauksessa. Twin blockilla saavutettiin hieman paremmat tulokset pehmytkudosprofiilin korjautumisessa ja sagittaalisissa suhteissa. Herbstin kojeeseen liittyi komplikaationa suurempi alainkisiivien kallistuminen. Näiden erojen kliininen merkitys ei kuitenkaan ole kovin merkittävä. (Baysal ym. 2013, Baysal ym. 2014.) Pendulumilla saatiin myös korjattua Angle II-luokan

parentavirhe, mutta verrattuna Herbstin kojeeseen vaikutukset olivat luustollisesti vähäisemmät (Taylor ym. 2019).

Tutkimuskirjallisuuden perusteella voidaan todeta, että Herbstin koje on toimiva koje II-luokan parentavirheen hoidossa erityisesti yhdistettynä kiinteillä kojeilla toteutettavaan hoitoon. Hoidon aikana kuitenkin esiintyy usein kojeen rikkoutumista tai muunlaisia kojeeseen liittyviä ongelmia, jotka aiheuttavat sekä potilaalle että hoitoa toteuttavalle taholle lisävaivaa sekä myös kuormittavat terveydenhuoltoa. Kojeeseen liittyvät kliiniset komplikaatiot kuten alaetuhampaiden kallistuminen eteenpäin ovat myös melko yleisiä, vaikkakin lieviä, eikä niillä ole suurta kliinistä merkitystä. Yhtenä kojeen merkittävimpänä etuna voidaan pitää sen helppokäyttöisyyttä.

Tulevaisuudessa Herbstin kojetta voitaisiin kehittää kestävämpään hoidon aikaista räsitystä ja vähentämään kojeeseen liittyvien komplikaatioiden määrää. Yksi yleisimmistä rikkoutuvista osista kojeessa on ylä- ja alahampaat yhdistävä teleskooppirakenne, joten tämän rakenteen vahvistaminen voisi olla yksi keino vähentää kojeen rikkoutumista ja täten vähentää hoitoon liittyvien käyntien määrää.

## **7 LÄHTEET**

Baysal A, Uysal T. Soft tissue effects of Twin Block and Herbst appliances in patients with Class II division 1 mandibular retrognathia. *Eur J Orthod.* 2013;35(1):71-81.

Baysal A, Uysal T. Dentoskeletal effects of Twin Block and Herbst appliances in patients with Class II division 1 mandibular retrognathia. *Eur J Orthod.* 2014;36(2):164-172.

Bock NC, von Bremen J, Ruf S. Occlusal stability of adult Class II Division 1 treatment with the Herbst appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138(2):146-151.

Bock NC, von Bremen J, Ruf S. Stability of Class II fixed functional appliance therapy--a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2016;38(2):129-139.

Bock NC, Jost J, Ruf S. Outcome quality of Class II division 1 Herbst-multibracket appliance treatment: influence of pretreatment Class II severity and skeletal maturity. *Eur J Orthod.* 2020;24.

Bock NC, Reiser B, Ruf S. Class II subdivision treatment with the Herbst appliance. *Angle Orthod.* 2013;83(2):327-333.

Bock NC, Ruf S. Dentoskeletal changes in adult Class II division 1 Herbst treatment--how much is left after the retention period? *Eur J Orthod.* 2012;34(6):747-753.

Bock NC, Ruehl J, Ruf S. Orthodontic Class II:1 treatment--efficiency and outcome quality of Herbst-multibracket appliance therapy. *Clin Oral Investig.* 2018;22(5):2005-2011.

Bock NC, Ruehl J, Ruf S. Prevalence, magnitude, and incidence of labial gingival recession with Herbst-multibracket appliance treatment: A retrospective cohort study. *Angle Orthod.* 2019;89(4):535-543.

Bock NC, Saffar M, Hudel H, ym. Outcome quality and long-term ( $\geq 15$  years) stability after Class II:2 Herbst-multibracket appliance treatment in comparison to untreated Class I controls. *Eur J Orthod.* 2018;40(5):488-495

von Bremen J, Bock N, Ruf S. Is Herbst-multibracket appliance treatment more efficient in adolescents than in adults? *Angle Orthod.* 2009;79(1):173-177

von Bremen J, Ludwig B, Ruf S. Anchorage loss due to Herbst mechanics-preventable through miniscrews? *Eur J Orthod.* 2015;37(5):462-466.

Brito DBA, Henriques JFC, Fiedler CF, Janson G. Effects of Class II division 1 malocclusion treatment with three types of fixed functional appliances. *Dental Press J Orthod.* 2019;24(5):30-39.

Drosen C, Bock NC, von Bremen J, Pancherz H, Ruf S. Long-term effects of Class II Herbst treatment on the pharyngeal airway width. *Eur J Orthod.* 2018;40(1):82-89.

El-Fateh T, Ruf S. Herbst treatment with mandibular cast splints--revisited. *Angle Orthod.* 2011;81(5):820-827.

González Espinosa D, Santos M, Mendes SMDA, Normando D. Mandibular propulsion appliance for adults with Class II malocclusion: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2020;42(2):163-173.

Jakobsone G, Latkauskiene D, McNamara JA Jr. Mechanisms of Class II correction induced by the crown Herbst appliance as a single-phase Class II therapy: 1 year follow-up. *Prog Orthod.* 2013;14(27).

Koay WL, Yang Y, Tse CS, Gu M. Effects of Two-Phase Treatment with the Herbst and Preadjusted Edgewise Appliances on the Upper Airway Dimensions. *ScientificWorldJournal.* 2016;1-8



Luzi, C., Luzi, V. & Melsen, B. Mini-implants and the efficiency of Herbst treatment: a preliminary study. *Prog Orthod.* 2013;14(21).

Manni A, Migliorati M, Calzolari C, Silvestrini-Biavati A. Herbst appliance anchored to miniscrews in the upper and lower arches vs standard Herbst: A pilot study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2019;156(5):617-625.

Manni A, Mutinelli S, Pasini M, Mazzotta L, Cozzani M. Herbst appliance anchored to miniscrews with 2 types of ligation: Effectiveness in skeletal Class II treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;149(6):871-880.

Manni A, Pasini M, Mazzotta L, ym. Comparison between an Acrylic Splint Herbst and an Acrylic Splint Miniscrew-Herbst for Mandibular Incisors Proclination Control. *Int J Dent.* 2014;1-7

Moresca AHK, de Moraes ND, Topolski F, ym. Esthetic perception of facial profile changes in Class II patients treated with Herbst or Forsus appliances. *Angle Orthod.* 2020;90(4):571-577.

Pancherz H, Bjerklin K, Lindskog-Stokland B, Hansen K. Thirty-two-year follow-up study of Herbst therapy: a biometric dental cast analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;145(1):15-27

Pancherz H, Bjerklin K. Mandibular incisor inclination, tooth irregularity, and gingival recessions after Herbst therapy: a 32-year follow-up study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;146(3):310-318.

Phuong A, Fagundes NCF, Abtahi S, Roberts MR, Major PW, Flores-Mir C. Additional appointments and discomfort associated with compliance-free fixed Class II corrector treatment: a systematic review. *Eur J Orthod.* 2019;41(4):404-414

- Rogers K, Campbell PM, Tadlock L, Schneiderman E, Buschang PH. Treatment changes of hypo- and hyperdivergent Class II Herbst patients. *Angle Orthod.* 2018;88(1):3-9.
- Ruf S, Pancherz H. Herbst/multibracket appliance treatment of Class II division 1 malocclusions in early and late adulthood. a prospective cephalometric study of consecutively treated subjects. *Eur J Orthod.* 2006;28(4):352-360.
- Silva JF, Gerszewski C, Moresca RC, Correr GM, Flores-Mir C, Moro A. Retrospective study of clinical complications during orthodontic treatment with either a removable mandibular acrylic splint Herbst or with a cantilever Herbst. *Angle Orthod.* 2015;85(1):64-71.
- Simon J. Littlewood, Laura Mitchell. *An Introduction to Orthodontics* 2019. Oxford University Press, United Kingdom.
- Taylor KL, Evangelista K, Muniz L, ym. Three-dimensional comparison of the skeletal and dentoalveolar effects of the Herbst and Pendulum appliances followed by fixed appliances: A CBCT study. *Orthod Craniofac Res.* 2020;23(1):72-81.
- Tomblyn T, Rogers M, Andrews L 2nd, ym. Cephalometric study of Class II Division 1 patients treated with an extended-duration, reinforced, banded Herbst appliance followed by fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* (2016);150(5):818-830.
- Wigal TG, Dischinger T, Martin C, Razmus T, Gunel E, Ngan P. Stability of Class II treatment with an edgewise crowned Herbst appliance in the early mixed dentition: Skeletal and dental changes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;140(2):210-223
- William R. Proffit, Brent E. Larson, David M Sarver. *Contemporary Orthodontics* . Sixth edition. Philadelphia, IL: Elsevier, 2019. Print.
- Yang X, Zhu Y, Long H, ym. The effectiveness of the Herbst appliance for patients with Class II malocclusion: a meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2016;38(3):324-333.

Zymperdikas VF, Koretsi V, Papageorgiou SN, Papadopoulos MA. Treatment effects of fixed functional appliances in patients with Class II malocclusion: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2016;38(2):113-126.