

**Kondrodystrofisten koirarotujen
kyynärvarren ja -nivelen kasvuhäiriö
– kirjallisuuskatsaus**

Katri Ollila



Eläinlääketieteen lisensiaatin tutkielma
2015
Helsingin yliopisto
Eläinlääketieteellinen tiedekunta
Kliinisen hevos- ja pieneläinlääketieteen osasto
Kirurgian oppiaine



Tiedekunta - Fakultet – Faculty		Osasto - Avdelning – Department	
Eläinlääketieteellinen tiedekunta		Kliinisen hevos- ja pieneläinlääketieteen osasto	
Tekijä - Författare - Author			
Katri Ollila			
Työn nimi - Arbetets titel - Title			
Kondrodystrofisten koirarotujen kyynärvarren ja -nivelen kasvuhäiriö – kirjallisuuskatsaus			
Oppiaine - Läroämne - Subject			
Kirurgian oppiaine			
Työn laji - Arbetets art - Level	Aika - Datum - Month and year	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages	
Lisensiaatin tutkielma	Toukokuu 2015	46	
Tiivistelmä - Referat – Abstract			
Kondrodystrofisilla koirilla on lyhyet ja raskaat raajat. Eturaajat tyypillisesti taipuvat, kaareutuvat tai raajan alaosat kääntyvät ulospäin. Kondrodystrofisia rotuja ovat muun muassa mäyräkoira ja basset hound. Kondrodystrofisilla koiraroduilla on tavattu kyynärluun distaalisen kasvulevyn ennen aikaista sulkeutumista (PCDUP). Tästä ajankohtaisesta aiheesta oleva materiaali on hajanaista. Näin ollen oli tarpeen perehtyä ongelmakokonaisuuteen, jossa selvitetään PCDUP:in etiologia, patogeneesi, diagnoosi, hoito ja ennuste kondrodystrofisilla roduilla. Raajojen pitkät luut kehittyvät rustonsisäisen luutumisen kautta. Kondrodystrofisilla roduilla rustonmuodostumisen määrä rustonsisäisessä luutumisessa on vähäisempi. Kondrodystrofisilla roduilla on ylimääräinen kopio, niin sanottu retrogeeni, FGF4-proteiinia koodaavasta geenistä, jonka arvellaan vaikuttavan pitkien luiden kasvuun. Värttinä- ja kyynärluu muodostavat kyynärvarren. Värttinäluussa on distaalinen ja proksimaalinen kasvulevy, jotka yhdessä saavat aikaan värttinäluun pituuskasvun. Myös kyynärluussa on distaalinen ja proksimaalinen kasvulevy. Kyynärluu kasvaa kyynärnivelen distaalipuolelta ainoastaan distaalisesta kasvulevystä. Sekä värttinä- että kyynärluun kasvunopeuksien tulee pysyä toisiinsa nähden tasapainossa, jotta niiden yhdessä muodostama kyynärnivelen nivelpinta pysyisi tasaisena. PCDUP:issa kyynärluun distaalinen kasvulevy sulkeutuu ennenaikaisesti ja kyynärluun kasvu tyrehtyy värttinäluun jatkaessa kasvamista. Ilmiötä on raportoitu muun muassa basset houndeilla, welsh corgeilla ja skyenterriereillä. PCDUP:in on osoitettu assosioituvan kondrodystrofiaan. Skyenterriereillä sen arvellaan olevan resessiivisesti periytyvä, mutta vaihtelevasti ilmenenyt piirre. PCDUP:illa on vaikutuksia kyynärpään ja -varteen. Kyynärluuhun nähden liian pitkä värttinäluu kaareutuu kraniaali- ja mediaalisuuntaan, jolloin raajan asento muuttuu valgus-asennoksi. Liian pitkä värttinäluu myös kiertyy lyhyen kyynärluun ympärille aiheuttaen raajan kiertymisen ulospäin. Lisäksi olka-kyynärnivelen nivelrako laajenee, jolloin seurauksena on kyynärnivelen inkongruenssi eli osien keskinäinen yhteensopimattomuus. Inkongruenssi aiheuttaa nivelrikkoa. Kliinisiä oireita ovat puolestaan kipu, ontuminen, valgus-asento, kyynärvarren kaareutuminen mediaali- ja kraniaalisuuntaan, kyynärvarren kiertyminen ulospäin sekä etujalkojen liike, jossa kyynärpää pysyy suorana ja raajan koukistus ja ojennus tuotetaan pelkästään olkapäästä. Inkongruenssi voidaan havaita joko röntgen-, tietoteknometografia- tai magneettikuvista. PCDUP ja siitä johtuva inkongruenssi hoidetaan kirurgisesti ja leikkaus tulisi tehdä mahdollisimman aikaisin, jotta vakavalta nivelrikolta voitaisiin välttää. Inkongruenssin hoidossa tällä hetkellä vallitseva käytäntö on kyynärluun kaksoisvino osteotomia, jossa kyynärluun proksimaaliosaan tehdään vino sahauslinja kaudoproksimaalisesta kraniodistaalisesti ja proksimolateraalista distomediaalisesti. Osteotomian jälkeen kyynärluun annetaan vapaasti hakea uusi paikkansa. Valitettavasti tekniikan pitkäaikaisista hyödyistä ja ennusteeseen vaikuttavista tekijöistä ei ole toistaiseksi julkaisuja. Värttinäluun asentoa voidaan korjata värttinäluun osteotomialla. Kirjallisuudessa on kuvattu lukuisia eri osteotomia- ja kiinnitystekniikoita. Lähes kaikista näistä tekniikoista on raportoitu kohtalaisia tai hyviä hoitotuloksia myös kondrodystrofisilla koirilla. Näissä tekniikoissa nivelrikon kehitymis- ja etenemisennusteeseen vaikuttaa ennen leikkausta kliinisesti havaittavista asioista pääasiassa inkongruenssi ja valgus-asennon voimakkuus.			
Avainsanat - Nyckelord - Keywords			
Koira, kondrodystrofia, kyynärluu, osteotomia			
Säilytyspaikka - Förvaringställe - Where deposited			
Eläinlääke- ja elintarviketieteiden talon (EE-talo) oppimiskeskus			
Työn johtaja (tiedekunnan professori tai dosentti) ja ohjaaja(t) - Instruktör och ledare - Director and Supervisor(s)			
Outi Vapaavuori, Mikael Morelius, Anu Lappalainen			

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	KYYNÄRVARREN JA -NIVELEN ANATOMIA JA KEHITYS	2
2.1	Värttinäluun, kyynärluun ja kyynärnivelen anatomia	2
2.2	Rustonsisäinen luutuminen.....	4
2.3	Värttinä- ja kyynärluiden kasvulevyt	7
3	KONDRODYSTROFISET KOIRARODUT	8
3.1	Feno- ja genotyyppi	9
3.2	Kasvulevyjen histologiset muutokset kondrodystrofisilla roduilla	10
3.3	Kyynärvarren röntgenmuutokset kondrodystrofisilla roduilla	11
4	KYYNÄRLUUN DISTAALISEN KASVULEVYN ENNENAIKAINEN SULKEUTUMINEN JA KYYNÄRNIVELEN INKONGRUENSSI.....	12
4.1	Patogeneesi	12
4.2	Etiologia.....	15
4.3	Inkongruenssin seurauksia.....	16
5	KYYNÄRLUUN DISTAALISEN KASVULEVYN ENNENAIKAISEN SULKEUTUMISEN JA INKONGRUENSSIN DIAGNOOSI	17
5.1	Kliiniset oireet	17
5.2	Kyynärluun distaalisen kasvulevyn ennenaikaisen sulkeutumisen ja inkongruenssin kuvantaminen	19
6	KYYNÄRLUUN DISTAALISEN KASVULEVYN ENNENAIKAISEN SULKEUTUMISEN JA INKONGRUENSSIN HOITO JA ENNUSTE	22
6.1	Kyynärluun osteektomia.....	23
6.2	Kyynärvarren osteotomia	25
6.2.1	Kyynärluun pidentäminen proksimaalisella kaksoisvinolla osteotomialla ja kyynärluun proksimaalinen osteotomia yhdistettynä ydinnaulaukseen.....	26
6.2.2	Avoin kiilamainen osteotomia yhdistettynä lineaariseen tyypin II ulkoiseen kiinnitykseen.....	28
6.2.3	Sulkeva kiilamainen osteotomia yhdistettynä t-levykiinnitykseen	31
6.2.4	Kaareva osteotomia	32
6.2.5	Venytyслуudutus ja rengasmaiset kiinnitykset	33
7	POHDINTA	38
	LÄHDELUETTELO	42

1 JOHDANTO

Kondrodystrofiset koirat ovat ilmiänsuhtaan lyhytraajaisia – niiden säkäkorkeus on rungon pituuteen nähden matala. Kondrodystrofisten koirien eturaajat tyypillisesti taipuvat, kaareutuvat tai raajan alaosat kääntyvät ulospäin. (Parker ym. 2009, Kennelliitto 2014) Kondrodystrofisia rotuja ovat muun muassa mäyräköira, basset hound ja skyenterrieri (Parker ym. 2009).

Kondrodystrofisilla roduilla on tavattu kyynärluun distaalisen kasvulevyn ennenaiikaista sulkeutumista (Lau 1977, Rasmussen & Reimann 1977, katsauksessa Carrig 1983, katsauksessa Weigel 1987, Kapatkin ym. 2003). Kyynärluun distaalisen kasvulevyn ennenaikainen sulkeutuminen vaikuttaa väärtinluuhun, kyynärniveleen ja ranteeseen (katsauksessa Fox 1984).

Tämän liseniaatintyön tavoitteena on selvittää kyynärluun distaalisen kasvulevyn ennenaikaisen sulkeutumisen etiologia, patogeneesi, diagnoosi, hoito ja ennuste kondrodystrofisilla roduilla. Aiheesta oleva materiaali on hajanaista. Useimmissa aiheeseen liittyvissä julkaisuissa on materiaalina sekä kondrodystrofisia että ei-kondrodystrofisia koiria. Lisäksi aihe on ajankohtainen. Esimerkiksi vastikään hyväksytyssä skyenterriereiden jalostuksen tavoiteohjelmassa vuosille 2014–2018 todetaan kyynärluun distaalisen kasvulevyn ennenaikaisen sulkeutumisen olevan rodulla todettu merkittävä sairaus, johon tulisi kiinnittää huomiota jalostusvalintoja tehdessä (Skyenterrierikerho ry 2014). Näistä syistä tämänkaltainen kirjallisuuskatsaus on tarpeellinen.

Tämä liseniaatintyö on rajattu käsittelemään kyynärvartta ja -niveltä, joten työssä ei käsitellä kyynärluun distaalisen kasvulevyn ennenaikaisen sulkeutumisen vaikutuksia ranteeseen tai muualle raajaan.

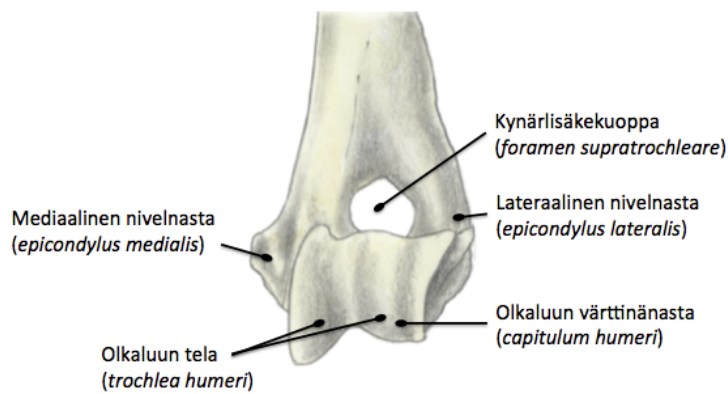
2 KYYNÄRVARREN JA -NIVELEN ANATOMIA JA KEHITYS

2.1 Värttinäluun, kyynärluun ja kyynärnivelen anatomia

Värttinäluu (*radius*) ja kyynärluu (*ulna*) muodostavat kyynärvarren. Ne risteävät niin, että kyynärluun proksimaaliosa on värttinäluun kaudomediaali- ja distaaliosa sen lateraalipuolella. Värttinäluu on kyynärluuta lyhyempi, sauvamainen luu. Kyynärluu on muodoltaan epäsäännöllinen ja kapenee distaalipäästään. (kirjassa Evans & DeLahunta 2009)

Värttinäluun proksimaalipäässä on soikea värttinäluun pään nivelkuoppa (*fovea capitis radii*), joka niveltyy olkaluun värttinänastan (*capitulum humeri*) (kuva 1) kanssa muodostaen olka-värttinäluunivelen (*articulatio humeroradialis*). Kyynärluun proksimaalipään (kuva 2) kraniaalipinnalla on sileä, pystysuora, puolikuun muotoinen telalovi (*incisura trochlearis*), joka niveltyy olkaluun telan (*trochlea humeri*) mediaaliosan kanssa muodostaen olka-kyynärluunivelen (*articulatio humeroulnaris*). Telaloven distaaliosassa on kaksi uloketta: mediaalinen ja lateraalinen varislisäke (*processus coronoideus medialis et lateralis*). Myös nämä ulokkeet kuuluvat olka-kyynärluunivelen nivelpintaan. Värttinäluun proksimaalipään kaudaalipinnan sileä reuna, värttinäluun nivelrengas (*circumferentia articularis*), niveltyy kyynärluun kraniaalipinnan värttinäloven (*incisura radialis*) kanssa, muodostaen ylemmän värttinä-kyynärluunivelen (*articulatio radioulnaris*). Edellä mainitut kolme niveltä muodostavat yhdessä kyynärnivelen. (kirjoissa Schaller 2007, Evans & DeLahunta 2009, König & Liebich 2009)

Aivan kyynärluun proksimaalipäässä on kyynärlisäke (*olecranon*), jossa on kaksi nystyrää – proksimaalinen kyynärlisäkkeen kyhmy (*tuber olecrani*) ja kraniaalinen kyynärpään uloke (*processus anconeus*). Kyynärpään uloke sijoittuu distaalisen olkaluun (*humerus*) kaudaalipinnan kyynärlisäkekuoppaan (*fossa olecrani*) kyynärnivelen ojentuessa. (kirjoissa Schaller 2007, Evans & DeLahunta 2009, König & Liebich 2009)



Kuva 1. Vasemman olkaluun distaaliosa kraniaalisuunnasta kuvattuna. Muokattu: (katsauksessa Constantinescu & Constantinescu 2009)



Kuva 2. Vasemman kyynärluun proksimaaliosa kraniaalisuunnasta kuvattuna. Muokattu: (katsauksessa Constantinescu & Constantinescu 2009).

Kyynärluun distaalipäässä on kynän muotoinen puikkolisäke (*processus styloideus*), joka niveltyy distaaliosastaan proksimaalisen ranneluurivin (*ossa carpi proximalis*) kanssa. Kyynärluun distaalipään mediaalipinnalla on nivelrengas (*circumferentia articularis*), joka niveltyy väärttinäluun distaalipään lateraalipinnalla olevan koveran kyynärluuloven (*incisura ulnaris*) kanssa. (kirjoissa Schaller 2007, Evans & DeLahunta 2009, König & Liebich 2009)

Värttinä- ja kyynärluiden diafyysien väliin jää interosseaalinen eli luidenvälinen tila, jonka täyttää nelikulmainen sisäänkiertäjälihas (*m. pronator quadratus*) (kirjassa Evans & DeLahunta 2009).

2.2 Rustonsisäinen luutuminen

Luuta muodostuu kahdella eri tavalla (kirjassa Sjaastad ym. 2010). Litteät luut, kuten kallon luut, kehittyvät suoraan sikiökautisesta sidekudoksesta (katsauksessa Franz-Odenaal 2011). Kuitenkin suurin osa luista, esimerkiksi raajojen ja selkärangan luut, kehittyvät rustonsisäisen luutumisen avulla (kirjassa Sjaastad ym. 2010).

Rustonsisäisessä luutumisessa luusta kehittyy sikiöaikana rustoinen malli, joka vähitellen muuttuu luukudokseksi eli luutuu (katsauksessa Mackie ym. 2008). Katsauksessaan Kronenberg (2003) kirjoitti, että rustoisen mallin kehitys alkaa, kun mesenkymaaliset solut tiivistyvät yhteen ja erikoistuvat rustosoluiksi. Malli kasvaa, kun nämä rustosolut jakautuvat nopeasti ja tuottavat lisää ruston soluväliainetta (katsauksessa Kronenberg 2003).

Rustoisen mallin luutuminen alkaa, kun sen keskelle kehittyy primaarinen luutumiskeskus. Se muodostuu esimerkiksi koiran varttinäluussa tiineyden neljännellä viikolla (kirjassa König & Liebich 2009). Katsauksessaan Kronenberg (2003) totesi, että primaarinen luutumiskeskus syntyy, kun rustoisen mallin keskustassa olevat rustosolut lopettavat jakautumisen ja kasvavat hypertrofisiksi eli liikakasvuiksi. Nämä hypertrofiset rustosolut houkuttelevat paikalle verisuonia sekä luunemosoluja (*osteoblasteja*) ja luunsyöjäsoluja (*osteoklasteja*) muodostamaan luukudosta. Lisäksi ne ohjaavat viereisiä rustokalvon soluja muuttumaan luunemosoluiksi. Nämä luunemosolut muodostavat luun kauluksen. Kauluksen muodostumisen jälkeen hypertrofiset rustosolut käyvät läpi apoptoosin eli ohjelmoidun solukuoleman. Näin rustoisen mallin keskelle on syntynyt kauluksen ympäröimä, verisuonitettu alue, jota luunemosolut muuttavat luukudokseksi yhdessä luunsyöjäsolujen kanssa (katsauksessa Kronenberg 2003).

Samaan aikaan, kun primaarinen luutumiskeskus syntyy, jatkavat rustoisen mallin päissä olevat rustosolut jakautumistaan ja näin kasvattavat rustoisen mallin kokoa,

etenkin pituussuunnassa (katsauksessa Kronenberg 2003). Rustoisen mallin luutuminen jatkuu primaarisesta luutumiskeskuksesta kohti sen päitä. Rustonsisäisen luutumisen seuraava vaihe, eli sekundaaristen luutumiskeskusten muodostuminen, tapahtuu eläimen syntymän aikoihin (kirjassa Sjaastad ym. 2010).

Sekundaariset luutumiskeskukset muodostuvat, kun rustosolut lopettavat nopean jakautumisensa tietyissä paikoissa, jotka usein sijaitsevat luiden epifyyseissä (katsauksessa Kronenberg 2003). Pitkien luiden proksimaaliset sekundaariset luutumiskeskukset syntyvät usein ennen distaalisia sekundaarisia luutumiskeskuksia (kirjassa Ross & Pawlina 2006). Sekundaariset luutumiskeskukset syntyvät samalla tavalla kuin primaariset (katsauksessa Kronenberg 2003).

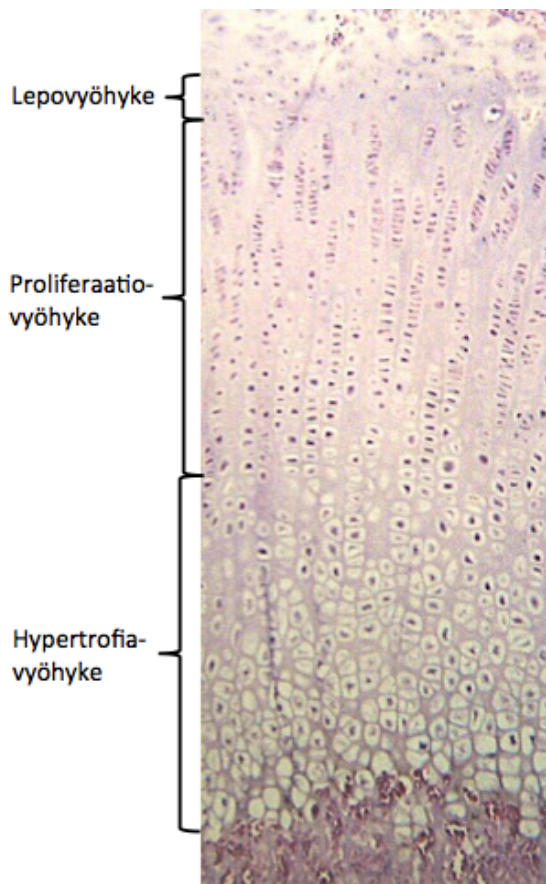
Värttinäluun sekundaariset luutumiskeskukset näkyvät röntgenkuvissa 12–14 vuorokauden ikäisillä pennuilla ja molemmat epifyysit ovat kokonaan nähtävissä ensimmäisen elinkuukauden lopussa (kirjoissa Newton & Nunamaker 1985, König & Liebich 2009).

Raajojen pitkissä luissa rustosolut jakautuvat edelleen primaaristen ja sekundaaristen luutumiskeskusten väleissä (katsauksessa Kronenberg 2003). Nämä rustosolut muodostavat siis epifyysin ja metafyysin väliin rustoalueen. Tätä rustoaluetta kutsutaan kasvulevyksi ja se on vastuussa luiden pituuskasvusta (Martinez ym. 2007).

Kasvulevyissä voidaan havaita histologisesti eri vyöhykkeitä (kuva 3). Nämä vyöhykkeet ovat diafyysiin nähden distaalisimmasta vyöhykkeestä alkaen ja jatkuen kohti diafyysiä; lepo-, proliferaatio- eli nopean jakautumisen vyöhyke, hypertrofia-, kalkkeutumis- ja resorptiovyöhyke. Lepovyöhykkeessä on nimensä mukaisesti lepäviä rustosoluja, jotka eivät jakaudu eivätkä tuota soluväliainetta. Proliferaatiovyöhykkeessä solut jakautuvat ja järjestäytyvät luun pituussuunnan mukaisiksi pylväiksi. Proliferaatiovyöhykkeen solut tuottavat soluväliainetta, lähinnä tyypin II ja XI kollageenia, ja ovat isompia kuin lepovyöhykkeen solut. (kirjassa Ross & Pawlina 2006)

Hypertrofiavyöhykkeessä solut ovat pulleita, tuottavat tyypin X kollageenia ja houkuttelevat paikalle verisuonia. Kalkkeutumisvyöhykkeessä hypertrofiset rustosolut

käynnistävät apoptoosin ja soluväliaine kalkkeutuu. Resorptiovyöhykkeessä kalkkeutuneeseen soluväliaineeseen muodostuu lisää verisuonia. Näiden mukana resorptiovyöhykkeeseen tulee luunemo- ja luunsyöjäsoluja, jotka yhdessä muodostavat luukudosta. (kirjassa Ross & Pawlina 2006)



Kuva 3. Histologinen kuva dobermannin kasvulevyn eri vyöhykkeistä. 60x suurennos, hematoksyliini-eosiinivärväys, kuvan korkeus 150 µm. Muokattu: (Martinez ym. 2007)

Luiden pituuskasvu jatkuu niin kauan, kun kasvulevyjen solut jatkavat toimintaansa ja siis tuottavat lisää rustoa, joka muutetaan luukudokseksi. Kasvulevyt sulkeutuvat, kun niihin muodostuu lisää verisuonia ja paikalle saapuvat luunemo- ja luunsyöjäsolut muuttavat kasvulevyn luukudokseksi. Tämä tapahtuu myöhäisessä puberteetissa. (katsauksessa Mackie ym. 2008)

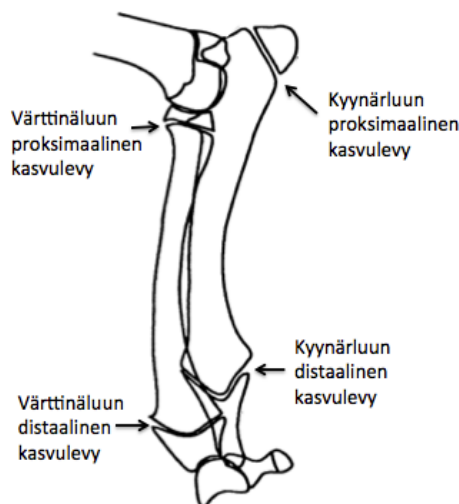
Rustonsisäinen luutuminen on siis monimutkainen prosessi. Sitä säätelevät hyvin monet tekijät, joiden kaikkien täytyy toimia oikein, jotta luusto voisi kehittyä normaalisti. Esimerkiksi sidekudosemosolujen kasvutekijät, eli FGF-proteiinit (fibroblast growth factor), säätelevät kasvulevyjen rustosolujen jakautumista ja kasvua hypertrofiseksi. Ihmisillä mutaatiot FGF3-reseptorissa aiheuttavat akondroplasian, yleisimmän

lyhytkasvuisuuden muodon, jossa tyypillisesti raajat ovat lyhyet, pää suhteellisen suuri ja keskiosa kasvoista suhteellisen pieni. (katsauksessa Provot & Schipani 2005)

2.3 Värttinä- ja kyynärluiden kasvulevyt

Värttinäluussa on kaksi kasvulevyä, distaalinen ja proksimaalinen (kuva 4), jotka yhdessä saavat aikaan värttinäluun pituuskasvun (katsauksessa Carrig 1983). Proksimaalisen kasvulevyn osuutta värttinäluun pituuskasvuun on kirjallisuudessa tutkittu useilla eri menetelmillä ja koiraroduilla. Saadut tulokset vaihtelevat. Gonzemius ym. (1994) arvioivat, että beagleillä osuus on noin 36%, siinä missä Riserin & Shirerin (1965) mukaan isoilla roduilla vastaava luku olisi 30%.

Kyynärluussa on kaksi kasvulevyä (kuva 4). Proksimaalinen kyynärluun kasvulevy on vastuussa kyynärlisäkkeen kasvusta, ja sen osuus koko kyynärluun pituuskasvuun on noin 15%. Kyynärluu kasvaa kyynärnivelen distaalipuolelta ainoastaan distaalisesta kasvulevystä, ja sen osuus koko kyynärluun pituuskasvuun on 85%. (katsauksessa Carrig 1983)



Kuva 4. Värttinä- ja kyynärluiden kasvulevyt. Muokattu: (Schoenmakers ym. 2000)

Kyynärluun distaalinen kasvulevy poikkeaa muodoltaan muista kyynärvarren kasvulevyistä. Se on kartionmallinen, kun muut levyt ovat tasaisempia. Tämä kartionmuoto lisää kasvulevyn pinta-alan puolitoistakertaiseksi verrattuna siihen, että se olisi tasainen. (kirjassa Newton & Nunamaker 1985)

Kullakin kyynärvarren kasvulevyllä on siis oma kasvunopeutensa. Kyynärvarren luuston normaali kehitys riippuu siitä miten hyvin nämä kasvunopeudet ovat tasapainossa toisiinsa nähden. Kyynärluun distaaliosan tulee kasvaa ainakin 15% nopeammin kuin varttinäluun vastaavan, jotta nämä luut pysyisivät saman pituisina. (kirjassa Newton & Nunamaker 1985)

Lisäksi joillakin yksilöillä on kyynärluussa kolmas sekundaarinen luutumiskeskus kyynärpään ulokkeessa. Tätä esiintyy etenkin saksanpaimenkoirilla ja greyhoundeilla. (katsauksessa Carrig 1983, Breit ym. 2004)

Chapmanin (1965) mukaan kyynärluun distaalinen sekä molemmat varttinäluun kasvulevyt sulkeutuvat beagleillä 222-250 vuorokauden iässä. Kyynärluun proksimaalinen kasvulevy sulkeutuu aikaisemmin, jo 187-222 vuorokauden ikäisillä beagleillä (Chapman 1965).

3 KONDRODYSTROFISET KOIRARODUT

Jokaisella kansainvälisen koirajalostusliiton (FCI:n) hyväksymällä rodulla on oma rotumääritelmänsä, joka määrittelee rodun ihanneyksilön (Kennelliitto 2014). Rotuja, joilla on muihin mittasuhteisiinsa nähden lyhyet jalat, on nimetty kirjallisuudessa monilla eri termeillä (Lappalainen 2013). Esimerkiksi Hansen (1952) käytti termiä kondrodystrofinen rotu, kun puolestaan Parker ym. (2009) puhuivat kondrodysplastisesta rodusta. Beachley & Graham (1973) esittivät, että historiallisista syistä rotuja tulisi kutsua akondroplastisiksi kääpiöiksi, vaikka spesifisemmin rodut ovat hypokondroplastisia. Tässä lissensiaatintyössä lyhytraajaisista roduista käytetään selvyiden vuoksi jatkossa termiä kondrodystrofinen rotu. Tämä termi viittaa ruston kehityksen estymiseen (kirjassa Nienstedt & Alho 2007) .

3.1 Feno- ja genotyyppi

Parker ym. (2009) määrittivät tutkimuksessaan koirarodun fenotyypiltään, eli ilmiänsuhtaan, kondrodystrofiseksi mikäli rotumääritelmä täytti seuraavat kolme kriteeriä:

1. Säkäkorkeuden ja pituuden suhde on alle yksi, ja säkäkorkeus on alle 15 tuumaa (38,1 cm).
2. Raajojen rakennetta kuvattiin raskaaksi, suureksi tai hyväluiseksi (*well-boned*) etenkin suhteessa koiran kokoon.
3. Eturaajat taipuivat, kaareutuivat tai raajan alaosat kääntyivät ulospäin.

Kriteerit täyttävät muun muassa mäyräkoira, welsh corgi cardigan, kiinanpalatsikoira ja basset hound (Parker ym. 2009).

Kondrodystrofiset rodut siis muistuttavat raajojen fenotyypiltään akondroplastisia ihmisiä. Edellä mainittujen kriteerien lisäksi joillakin roduilla esiintyy myös muita ihmisten akondroplasiassa havaittavia muutoksia, kuten kasvojen keskiosan pienuutta ja voimakasta alapurentaa (Martinez ym. 2007). Kuitenkin Martinez ym. (2000) osoittivat, että kondrodystrofisilla roduilla ei ole samaa mutaatiota FGF3-reseptorin geenissä kuin akondroplastisilla ihmisillä.

Myöhemmin Parker ym. (2009) osoittivat, että kondrodystrofisilla roduilla on ylimääräinen kopio, niin sanottu retrogeeni, FGF4-proteiinia koodavasta geenistä (taulukko 1). Kondrodysplastiset rodut ilmentävät tätä retrogeeniä sikiöaikana ja vastasyntyneinä. Tämä tarkoittaa, että tuolloin kondrodysplastiset rodut tuottavat FGF4-proteiinia kahdella eri geenillä. Arvellaan, että tämä epätyypillinen FGF4-proteiinin ilmentäminen johtaisi muutoksiin FGF-proteiinien reseptoreissa, ja sitä kautta retrogeeni vaikuttaisi pitkien luiden kasvuun (Parker ym. 2009).

Taulukko 1. FGF4-retrogeenin esiintyvyys eri koiraroduilla. Genotyypit on selvitetty yhteensä 174:ltä koiralta. Muokattu: (Parker ym. 2009)

Rotu	FGF4-retrogeenin esiintyvyys
Basset hound	100%
Cairnterrieri	100%
Welsh corgi cardigan	100%
Mäyräkoira	100%
Dandiedinmontinterrieri	100%
Glen of imaalinterrieri	92%
Welsh corgi pembroke	100%
Petit basset griffon vendéen	100%
Länsigöötanmaanpystykorva	100%
Valkoinen länsiylämaanterrieri	100%
Gran basset griffon vendéen	63%
Havannankoira	93%
Lancashirenkarjakoira	100%
Norwichinterrieri	100%
Kiinanpalatsikoira	100%
Skotlanninterrieri	96%
Shih tzu	100%
Skyenterrieri	100%
Tiibetinspanieli	100%

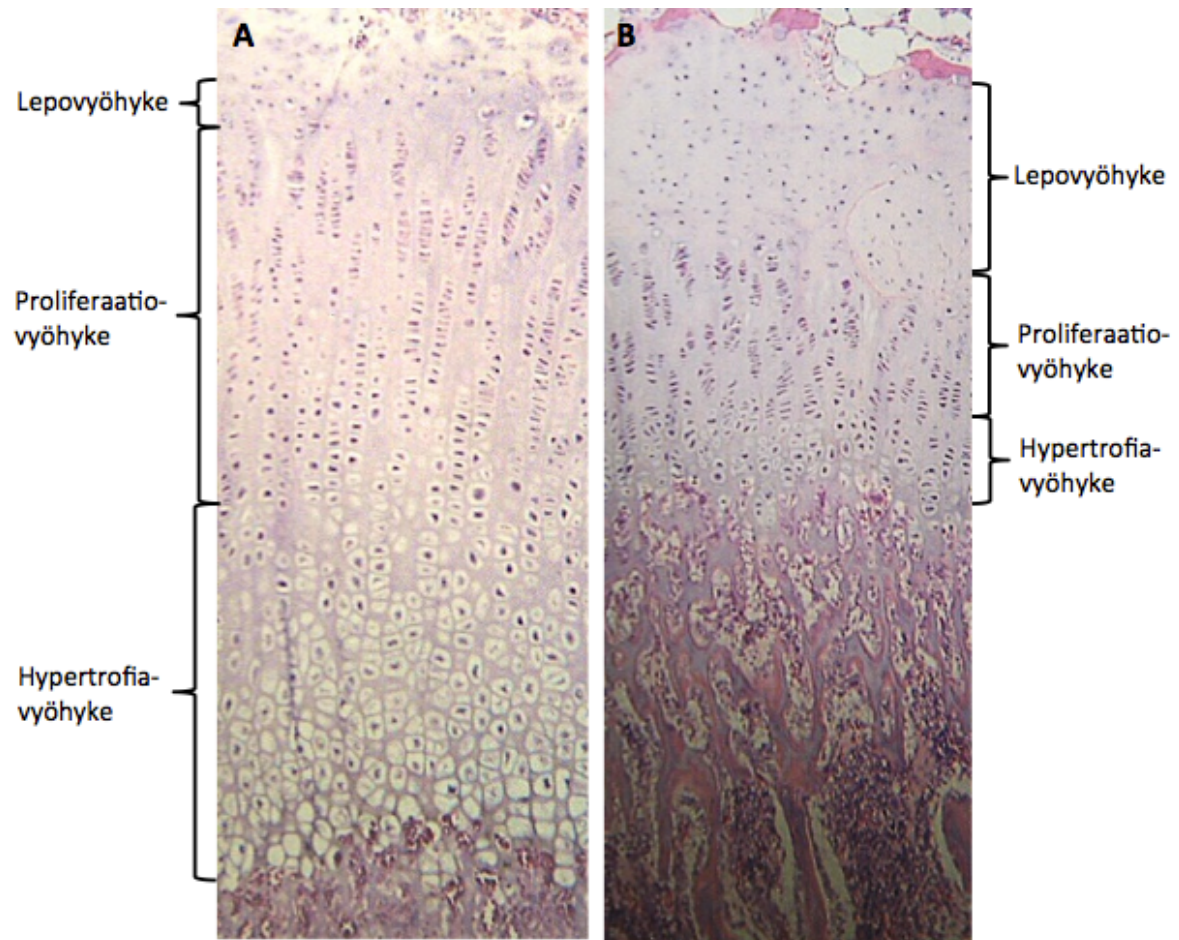
Fenotyyptään vastaavanlaisia ruston kehityshäiriöitä havaitaan sporadisesti myös muilla koiraroduilla. Niitä on raportoitu muun muassa cockerspanielilla (Beachley & Graham 1973), harmaalla norjanhirvikoiralla (Bingel & Sande 1982), karjalankarhukoiralla (Kyöstilä ym. 2013) ja skotlanninhirvikoiralla (Breur ym. 1989). Harmaalla norjanhirvikoiralla ja karjalankarhukoiralla on paikallistettu kondrodystrofiaan liittyvä pistemutaatio, jonka vaikutuksesta rustosolujen ja soluväliaineen vuorovaikutukseen osallistuvaa α 10-proteiinia ei esiinny kondrodystrofisten yksilöiden rustossa (Kyöstilä ym. 2013).

3.2 Kasvulevyjen histologiset muutokset kondrodystrofisilla roduilla

Kaikilla koirilla rustonsisäinen luutuminen tapahtuu periaatteessa samalla tavalla. Kondrodystrofisilla roduilla rustonmuodostumisen määrä rustonsisäisessä luutumisessa on vähäisempi (Rimoin 1970).

Histologisesti kondrodystrofisten koirien kasvulevyt ovat poikkeavat (kuva 5). Koko kasvulevy on kapea. Lepovyöhyke on leveä ja siinä on runsaasti soluväliainetta. Proliferaatiovyöhyke on kapea, eivätkä sen solut muodosta säännöllisiä pylväitä. Hypertrofiavyöhyke on myös huomattavan kapea ja sen solujen koko vaihtelee. Lisäksi resorptiovyöhykkeessä on paljon verisuonia ja luunemosoluja. Nämä muutokset

viittaavat siihen, että rustosolujen toiminnassa on häiriötä ja luutuminen tapahtuu ennenaikaisesti. (Martinez ym. 2007)



Kuva 5. Histologinen kuva dobermannin (A) ja basset houndin (B) kasvulevystä. 60x suurennos, hematoksyliini-eosiinivärijäys, kuvan korkeus 150 µm. Muokattu: (Martinez ym. 2007)

3.3 Kyynärvarren röntgenmuutokset kondrodystrofisilla roduilla

Röntgenkuvissa voidaan havaita merkittäviä muutoksia pitkissä luissa sekä kondrodystrofisilla pennuilla että aikuisilla (kuva 6). Esimerkiksi basset houndin kyynärvarren röntgenmuutoksia kuvataan seuraavasti: Värttinä- ja kyynärluut ovat lyhyitä ja leveitä. Luidenvälinen tila on leventynyt, johtuen värttinäluun keskimmäisen kolmanneksen voimakkaasta kaareutumisesta. Värttinäluun distaalinen metafyysi on leveä ja röntgentiivis. Kyynärluun diafyysin distaalisin kolmannes sekä kyynärlisäkkeen ja kyynärpään ulokkeen välinen tila ovat jossain määrin leveitä. Lisäksi kasvulevyt ovat lyhyitä. (Martinez ym. 2007)



Kuva 6. Röntgenkuva skyenterrierin kyynärvarresta. (Yliopistollisen eläinsairaalan röntgenkuva-arkisto)

4 KYYNÄRLUUN DISTAALISEN KASVULEVYN ENNENAIKAINEN SULKEUTUMINEN JA KYYNÄRNIVELEN INKONGRUENSSI

Värttinäluun ja kyynärluun pitää kasvaa synkronoidusti, jotta niiden yhdessä muodostama kyynärnivelen nivelpinta pysyisi tasaisena. Jommankumman luun kasvun merkittävä hidastuminen vaikuttaa rinnakkaiseen luuhun, kyynärnivelen ja ranteeseen (katsauksessa Fox 1984). Tässä luvussa käsitellään kyynärluun kasvun hidastumista ja sen vaikutuksia kyynärvarteen ja -nivelen.

4.1 Patogeneesi

Värttinä- ja kyynärluiden kasvunopeuksien tulee pysyä toisiinsa nähden tasapainossa koko eläimen kasvun ajan. Kuten aikaisemmin mainittiin, kyynärloo kasvaa kyynärnivelen distaalipuolelta vain yhdestä kasvulevystä ja värttinäluu kahdesta. Kyynärluun kasvun hidastuminen suhteessa värttinäluun kasvuun syntyy kyynärluun

distaalisessa kasvulevyssä tapahtuvasta kasvun hidastumisesta. (kirjassa Newton & Nunamaker 1985)

Värttinäluu pystyy luontaisesti jonkin verran kompensoimaan kyynärluun kasvun hidastumista. Kun kyynärluun kasvu hidastuu lievästi, värttinäluu pystyy hidastamaan kasvuaan ja mukautumaan kyynärluun kasvuvauhtiin. Tällöin kyynärvarresta kehittyy normaalia lyhyempi, mutta muuta selkeästi havaittavaa muutosta ei ole. Kyynärvarren kasvuhäiriö syntyy, kun kyynärluun kasvu hidastuu yli värttinäluun luontaisen kompensatiokyvyn. (katsauksessa Fox 1984)

Kun kyynärluun kasvun hidastuminen ylittää värttinäluun kompensatiokyvyn, liian lyhyt kyynärluu toimii ikään kuin jousen jänteenä. Tällöin kyynärluuhun nähden liian pitkä värttinäluu kaareutuu kraniaalisuuntaan värttinäluun kasvun jatkuessa. Tämä kaareutuminen vaikuttaa ranteeseen, ja proksimaalinen ranneluurivi siirtyy värttinäluun distaalipäästä kaudaalisesti. Lisäksi värttinäluun kaareutuminen voi aiheuttaa ranteen yliojentumista. (katsauksessa Fox 1984)

Värttinäluun kasvaessa ja kyynärluun kasvun hidastumisen jatkuessa edelleen liian lyhyt kyynärluu rajoittaa värttinäluun pituuskasvua, jolloin värttinäluu kaareutuu mediaalisuuntaan (katsauksessa Fox 1984). Tämä värttinäluun mediaalinen kaareutuminen pakottaa raajan kääntymään lateraalisesti, jolloin sen asento muuttuu ranteesta valgus-asennoksi, eli raajan distaaliosa kääntyy ulospäin keskiakselista (katsauksessa Fox 1984, kirjassa Nienstedt & Alho 2007).

Lisäksi kyynärluuhun nähden liian pitkäksi kasvava värttinäluu kiertyy lyhyen kyynärluun ympärille kraniolateraalisesti aiheuttaen raajan kiertymisen ulospäin (kirjassa Newton & Nunamaker 1985). On huomionarvoista, että ranteen valgus-asento ja raajan kiertyminen ulospäin ovat kondrodystrofisille roduille tyypillisiä piirteitä (katsauksessa Weigel 1987).

Värttinäluuhun nähden liian lyhyt kyynärluu aiheuttaa muutoksia myös kyynärniveleen. Kyynärluun telalovi sekä mediaalinen ja lateraalinen varislisäke sijoittuvat liian distaalisesti aiheuttaen olka-kyynärluunivelen nivelraon laajentumisen. Lisäksi

värttinäluun nivelrengas siirtyy kraniolateraalisuuntaan kyynärluun värttinälovesta. (katsauksessa Fox 1984)

Näitä kyynärnivelen muutoksia kutsutaan kyynärluun hidastuneesta kasvusta johtuvaksi kyynärnivelen inkongruenssiksi, eli kyynärnivelten osien keskinäiseksi yhteensopimattomuudeksi. Kyynärnivelen inkongruenssi on yksi kyynärnivelen kasvuhäiriön muoto. (katsauksessa Demko & McLaughlin 2005)

Liian lyhyt kyynärloo voi siis vakavimmissa tapauksissa mennä ventraalisesti osittain tai kokonaan sijoiltaan (kirjoissa Newton & Nunamaker 1985, Nienstedt & Alho 2007). Voimakkaita kyynärpään sijoiltaanmenoja tai luutumaton kyynärpään uloketta ei kuitenkaan tavallisesti havaita tapauksissa, joissa ongelmana on ainoastaan kyynärluun distaalisen kasvulevyn ennenaikainen sulkeutuminen. (katsauksessa Carrig 1983)

Kyynärvarren ja -nivelen kasvuhäiriön vakavuus riippuu siitä missä kehityksen vaiheessa ja kuinka paljon kyynärluun kasvu hidastuu (katsauksessa Fox 1984). Muutokset ovat suhteessa voimakkaampia, jos kyynärluun distaalinen kasvulevy sulkeutuu kehityksen aikaisessa vaiheessa (katsauksessa Weigel 1987).

Noser ym. (1977) hidastivat kyynärluun kasvua kiinnittämällä värttinäluun kyynärluuhun Kirschnerin langalla 90, 111, 142 ja 168 vuorokauden ikäisillä pennuilla. He raportoivat, että kyynärnivelen muutokset olivat voimakkaimmat niillä koirilla, joilla kiinnittäminen oli tehty varhain, 90 ja 111 vuorokauden iässä. Myös raajan kiertyminen ulospäin oli voimakkainta, jopa 90°, koirilla, joiden kyynärluun distaalinen kasvulevy on sulkeutunut varhain, 60-90 vuorokauden iässä (Newton 1974).

Toisessa kokeellisessa tutkimuksessa (Carrig ym. 1978) koiranpentujen kyynärluun kasvua hidastettiin altistamalla kyynärluun distaalinen kasvulevy voimakkaalle röntgensäteilylle. Pennut altistettiin säteilylle 70 vuorokauden iässä, ja pennut jaettiin kolmeen eri ryhmään saadun säteilyannoksen mukaan. Tutkimuksessa pienimmän annoksen saaneiden pentujen kyynärluun kasvu hidastui 10%. Tällä ryhmällä ei havaittu merkittävää kasvuhäiriötä eikä ontumista. Keskikokoisen annoksen saaneiden pentujen kyynärluun kasvu hidastui 39%. Tämän ryhmän koirat eivät ontuneet, mutta niillä havaittiin ranteen valgus-asento ja värttinäluun kaareutuminen. Suurimman annoksen

saaneiden pentujen kyynärluun kasvu hidastui 53%. Tällä ryhmällä havaittiin distaalisen varttinäluun voimakas kaareutuminen, ranteen valgus-asento ja kyynärpään varus. Koirat ontuivat voimakkaasti – ne olivat haluttomia varaamaan painoa voimakkaalle röntgensäteilylle altistetulle raajalle (Carrig ym. 1978).

Jatkossa tässä liseniaatintyössä käytetään lyhennettä PCDUP (*premature closure of the distal ulnar physis*) viittaamaan kyynärluun distaalisen kasvulevyn ennenaikaiseen sulkeutumiseen.

4.2 Etiologia

PCDUP:ille ja kyynärluun liian hitaalle kasvulle on kirjallisuudessa löydetty monta etiologiaa. Kyynärvarteen kohdistuvan trauman arvellaan olevan yleisin syy, ja sen seurauksena kasvulevy luutuu ja kyynärluun kasvu tyrehtyy (Johnson 1981). Kasvulevy on kartionmuodostaan johtuen altis traumalle, ja vaurioituu riippumatta vamman tyypistä (katsauksessa Carrig 1983).

Muut etiologiat kuin trauma aiheuttavat usein bilateraalisen kehityshäiriön (katsauksessa Weigel 1987). Tällaisia ovat esimerkiksi hypertrofinen osteodystrofia (kirjassa Newton & Nunamaker 1985), kasvulevyn verenkierron häiriöt, sairaudesta johtuvat metabolian häiriöt, puutteet eläimen ravitsemuksessa ja geneettiset syyt (katsauksessa Fox 1984).

Geneettinen tausta PCDUP:ille on havaittu myös kondrodystrofisilla roduilla, kuten basset houndeilla (Kapatkin ym. 2003). Rasmunssen & Reimann (1977) tarkastelivat ravitsemuksen ja perintötekijöiden vaikutusta PCDUP:iin basset houndeilla. He päätyivät siihen, että PCDUP assosioituu kondrodystrofiaan, ja että joillakin yksilöillä on siihen perinnöllinen alttius.

Lau (1977) selvitti tutkimuksessaan PCDUP:in periytyvyyttä skyenterriereillä. Hänen mukaansa vaikuttaa siltä, että PCDUP on resessiivisesti periytyvä, mutta vaihtelevasti ilmenetty piirre skyenterriereillä.

Basset houndin ja skyenterrierin lisäksi kyynärluun hidastunutta kasvua sekä siitä aiheutuvaa kyynärnivelen inkongruenssia ja kipua on havaittu myös welsh corgeilla, lhasa apsoilla sekä kiinanpalatsikoirilla (katsauksessa Weigel 1987).

4.3 Inkongruenssin seurauksia

PCDUP:in seurauksena voi siis olla kyynärnivelen inkongruenssi eli kyynärnivelen osien keskeinen yhteensopimattomuus. Inkongruenssi on yksi kyynärnivelen kasvuhäiriön muodoista. Kyynärnivelen kasvuhäiriöllä tarkoitetaan kaikkia kehityksellisiä häiriöitä, jotka johtavat kyynärnivelen nivelrikkoon eli nivelruston, nivelkapselin ja luun degeneratiivisiin muutoksiin (katsauksessa Demko & McLaughlin 2005, Saarelma 2012). Näin ollen siis myös inkongruenssin seurauksena on nivelrikko. Inkongruenssin lisäksi kyynärnivelen kasvuhäiriössä on seuraavat kolme muotoa:

1. Sisemmän varislisäkkeen sairaus (medial coronoid disease, MCD), johon kuuluu useita sisempään varislisäkkeeseen kohdistuvia tiloja, muun muassa murtunut varislisäke (fragmented medial coronoid process, FCP) (Eljack & Böttcher 2015)
2. Luutumaton kyynärpään uloke (united anconeal process, UAP)
3. Irtopalan sisältävä osteokondroosi (osteochondrosis dissecans, OCD) (katsauksessa Demko & McLaughlin 2005).

Nivelruston ravitseminen riippuu siihen kohdistuvan vuorottelevan rasituksen ja levon aikaansaamasta pumppaustoiminnasta. Puutteellinen ravitseminen johtaa nivelruston rappeutumiseen. Inkongruenssista johtuen olka-kyynärluunivelen nivelpintoihin ei kohdistu tarpeeksi rasitusta ja venytystä koiran liikkuesssa, eikä nivelrusto täten saa tarvitsemaansa ravitsemusta. Eniten inkongruenssi vaikuttaa telaloven distaalisimman puolikkaan nivelpintaan ja etenkin sen lateraalireunaan. (katsauksessa Fox 1984)

Nivelruston degeneratiiviset muutokset syntyvät, kun koiran elimistö alkaa korjata nivelruston puutteellista ravitsemusta. Nivelrustoon syntyy verisuonitus ja sen nivelen puoleinen osa muuttuu vähäsoluiseksi, säikeiseksi rakenteeksi. Tämän seurauksena nivelrusto voi irrota ja ruston alla oleva luukudosjuoste murtua. (katsauksessa Fox 1984)

5 KYYNÄRLUUN DISTAALISEN KASVULEVYN ENNENAIKAISEN SULKEUTUMISEN JA INKONGRUENSSIN DIAGNOOSI

5.1 Kliiniset oireet

Kirjassaan Newton & Nunamaker (1985) totesivat, että PCDUP:iin liittyy kipua ja ontumista, jotka johtuvat pääosin kolmesta eri syystä:

1. Ranteen ligamenttivauriosta tai nivelrikosta
2. Kyynärnivelen inkongruenssista ja siihen liittyvästä nivelrikosta
3. Tassun dorsaali- ja mediaalipinnalla olevista haavaumista, jotka johtuvat siitä että raaja on kiertynyt voimakkaasti ulospäin eikä koira astu enää anturan päälle.

PCDUP:iä sairastavat koirat yleensä kuitenkin varaavat painoa sairaalle jalalle (kirjassa Newton & Nunamaker 1985).

Esimerkiksi Lau (1977) raportoi 23 PCDUP-tapausta skyenterriereillä. Kaikki PCDUP:iä sairastavat skyenterrierit ontuivat 3–5 kuukauden iässä ajanjakson, jonka pituus vaihteli muutamasta päivästä kuukausiin. Lisäksi sairailta koirilta ei pystytty ojentamaan kyynärpäitä ääriasentoon, ja osalle koirista kyynärpään ojennus tuotti kipua.

PCDUP voi vaikuttaa myös koirien liikkeisiin. PCDUP:iä sairastavien skyenterriereiden eturaajoissa havaittiin melova liike, jossa koira heilauttaa eturaajat ulkokautta eteen. Tässä liikkumistavassa kyynärpää pysyi suorana, ja raajan koukistus ja ojennus tuotettiin pelkästään olkapäästä, jolloin siis kyynärniveltä ei normaalista askeltavasta poiketen taivuteta juuri lainkaan ja liike jää matalaksi. (Lau 1977)

On huomionarvoista, että taulukossa 1 esitetyistä kondrodystrofisista roduista welsh corgi cardiganin, welsh corgi pembroken, mäyräkoiran, glen of imaalinterrierin ja skyenterrierin rotumääritelmän mukaan eturaajojen liikkeiden tulisi olla ”matalia” tai ”ei liioitellun korkeita”. Lisäksi kiinanpalatsikoiran rotumääritelmän mukaan eturaajojen liike tulisi olla ”tyypillisen hidas ja arvokkaan keinuva”. Kiinanpalatsikoiran rotumääritelmässä tosin mainitaan, että tätä rodunomaista liikettä ei tulisi sekoittaa mihinkään epäterveeseen piirteeseen. (Kennelliitto 2014)

Ramadan & Vaughan (1978) raportoivat PCDUP:in kliinisiä oireita 58:lla PCDUP:iä sairastavalla koiralla. Jokaisella tutkimuksen sairaalla koiralla oli ranteen valgus-asento. Näillä koirilla valguksen vakavuus vaihteli 5–35 asteen välillä. Tutkimuksessa havaittiin, että terveillä welsh corgeilla ja mäyräkoirilla valgus-asento oli 3–28 astetta, kun taas terveillä isorotuisilla koirilla se oli 0–6 astetta. Skyenterrieritutkimuksessa ranteen valgus-asento oli yleinen PCDUP:iä sairastavilla koirilla, mutta sitä ei esiintynyt kaikilla sairailta yksilöillä (Lau 1977).

Lisäksi Ramadanin & Vaughanin (1978) tutkimuksessa todettiin, että lähes kaikkien PCDUP:iä sairastavien koirien kyynärvarret kaareutuivat mediaalisuuntaan, ja puolella tutkimuksen sairaista koirista kyynärvarsi kaareutui myös kraniaalisuuntaan. Syenterrieritutkimuksessa varttinäluun proksimaalipää oli palpoitavissa lateraalipuolelta niillä koirilla, joilla oli keskiasteinen tai vaikea inkongruenssi (Lau 1977).

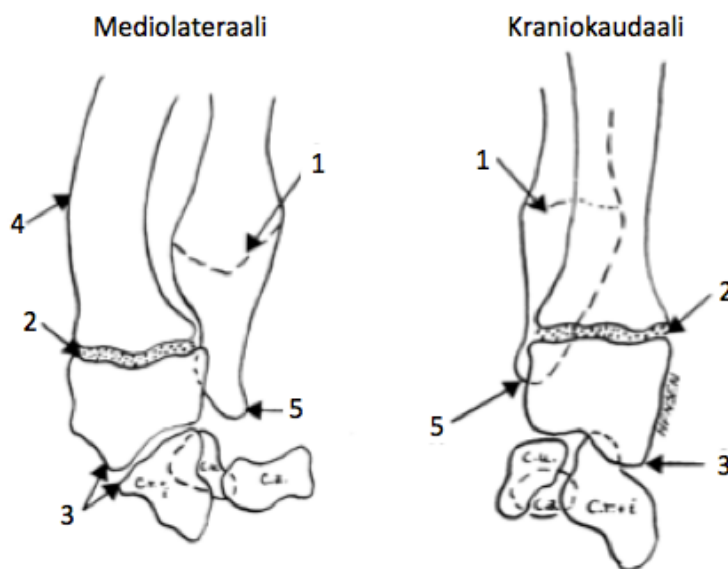
Myös tässä on merkillepantavaa se, että taulukossa 1 esitetyistä roduista basset houndin, welsh corgi cardiganin, glen of imaalinterrierin ja lacanshirenkarjakoiran rotumääritelmien mukaan koirien etutassut voivat olla ”hieman ulospäin kääntyneet”. Glen of imaalinterrierin rotumääritelmässä rodun ihanneyksilöllä tulisi olla ”käyrät” eturaajat, länsigöötanmaanpystykorvan kyynärvarsien tulisi olla ”edestä katsottuna yläosastaan hieman kaarevat” ja tiibetinspanielin eturaajojen ”hieman kaarevat”. Kiinanpalatsikoiralla kyynärvarret voivat rotumääritelmän mukaan olla ”hieman kaareutuneet ja etukäpälät hieman ulkokierteiset”. Kuitenkin kiinanpalatsikoiran rotumääritelmässä mainitaan, että eturaajojen tulee olla ”ehdottoman terverakenteiset” ja että ”voimakkaasti ulkokierteiset etukäpälät ovat vakava virhe”. Toisaalta mäyräkoiran, welsh corgi pembroken, valkoisen länsiylämaanterrierin, gran basset grifoon vendéen, havannankoiran, norwichinterrierin, skotlanninterrierin ja shih tzun rotumääritelmissä todetaan, että rodun ihanneyksilöllä tulisi olla ”suorat” tai ”mahdollisimman suorat” eturaajat. (Kennelliitto 2014)

Ontuminen on yleensä PCDUP:in ensimmäinen kliininen oire. Ontumisesta 1–2 kuukauden päästä seuraa kyynärvarren kaareutuminen ja kiertyminen ulospäin, ranteen valgus-asento, kyynärpään inkongruenssi ja lopulta nivelrikko. (katsauksessa Fox 1984)

5.2 Kyynärluun distaalisen kasvulevyn ennenaikaisen sulkeutumisen ja inkongruenssin kuvantaminen

Röntgenkuvat ovat oleellinen osa PCDUP:in diagnostiikkaa. Röntgenkuvat tulisi ottaa molempien eturaajojen kasvulevyistä. Lisäksi tulisi määrittää varttinä- ja kyynärluiden pituudet, nivelrakojen leveydet kyynärpäässä ja ranteessa, kyynärvarren kaareutumisen suunta, ranteen valgus-asennon kulma sekä selvittää kyynärnivelen ja ranteen nivelrikkomuutokset. (katsauksessa Fox 1984)

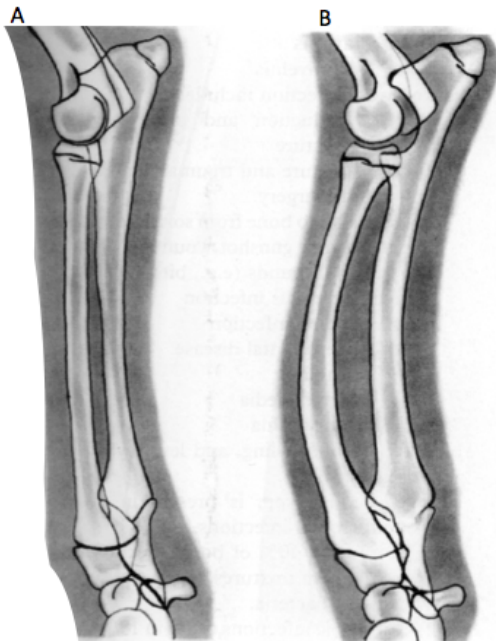
Röntgenmuutokset riippuvat PCDUP:in vakavuudesta ja kestosta (Singh & Gopinathan 2013). Ramadan & Vaughan (1978) raportoivat, että PCDUP:in ensimmäiset merkit näkyvät kyynärluun distaalisessa kasvulevyssä, kun sen kärki kapenee. Useimmissa tapauksissa tämä muutos viittaa siihen, että kyynärluun distaalinen kasvulevy sulkeutuu joitakin viikkoja aikaisemmin kuin kyynärvarren muut kasvulevyt. Luonnollisestikin tätä kasvulevyn kärjen kaventumista ei havaita, mikäli koira on jo niin vanha, että kaikki kasvulevyt ovat sulkeutuneet (Ramadan & Vaughan 1978). Muita PCDUP:ille tyypillisiä kyynärvarren distaaliosan röntgenmuutoksia on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. PCDUP:ille tyypillisiä kyynärvarren distaaliosan röntgenmuutoksia nuorella koiralla: 1. Kyynärluun distaalinen kasvulevy on sulkeutunut. 2. Varttinäluun distaalinen kasvulevy ei ole vielä sulkeutunut. 3. Varttinäluun distaalipää on mennyt osittain sijoiltaan kranio-mediaalisesti, proksimaalisen ranneniveleen on tullut kulmamuodostuma ja sekundaarisia nivelruston muutoksia. 4. Varttinäluu taipuu kraniaalisuuntaan ja luiden välinen tila kasvaa. 5. Kyynärluun puikkolisäke on siirtynyt proksimaalisuuntaan. Muokattu: (katsauksessa Fox 1984)

Murphy ym. (1998) tutkivat kyynärpään nivelrakojen ja kongruenssin, eli kyynärpään osien keskinäisen yhteensopivuuden, röntgenkuvantamista terveillä koirilla. He päätyivät siihen, että kongruenssi sekä mahdollinen inkongruenssi ovat parhaiten arvioitavissa kyynärpään mediolateraalikuvasta, joissa kyynärpää on taivutettu 90° kulmaan ja säteilykeila on keskitetty niveleen.

PCDUP:istä johtuvan kyynärnivelen inkongruenssissa (kuva 8) havaitaan seuraavia muutoksia röntgenkuvissa: Värttinäluun pään nivelkuoppa siirtyy kraniolateraalisuuntaan olkaluun värttinänastasta. Kyynärluun varislisäke siirtyy pois paikaltaan distaalisuuntaan. Tästä johtuen myös telalovi madaltuu ja kyynärpään uloke painaa olkaluun kyynärlisäkekuopan distaalipintaa. Lisäksi kyynärnivelessä voidaan mahdollisesti havaita inkongruenssista johtuvia nivelrikkomuutoksia. (katsauksessa Fox 1984)



Kuva 8. Normaali nuoren koiran kyynärvarsi ja kyynärpää (A), ja kyynärvarsi ja kyynärpää, jossa PCDUP sekä siitä johtuva inkongruenssi (B). (kirjassa Owens & Biery 1998)

PCDUP:istä ja inkongruenssista johtuvia röntgenmuutoksia on raportoitu myös kondrodystrofisilla roduilla. Rasmussenin & Reimannin (1977) tutkimuksessa PCDUP:iä sairastavilla basset houndeilla värttinäluu taipui ja sen pää oli osittain sijoiltaan lateraalisuuntaan. Laun (1977) tutkimuksessa PCDUP:iä sairastavilla

skyenterriereillä mediolateraalikuvissa olka-värttinäluunivelen nivelrako oli kaventunut ja kyynärluun telalovi oli siirtynyt distaalisuuntaan. Näiden muutosten seurauksena värttinäluun ja kyynärluun nivelpinnat eivät olleet enää samassa linjassa, vaan niiden väliin muodostui kynnys. Lisäksi samassa tutkimuksessa havaittiin mediolateraalikuvissa leventynyt luidenvälinen tila, ja kraniokaudaalikuvissa värttinäluun pään osittainen sijoiltaanmeno lateraalisuuntaan sekä joissain tapauksissa nivelruston muutoksia telaloven mediaaliosassa.

Inkongruenssin todentamiseen ja eri yksilöiden välisen vertailun helpottamiseksi on myös kehitetty inkongruenssia mittaavia indeksejä. Gilson ym. (1989) määrittivät inkongruenssi-indeksin (kuva 9), jotta eri kokoisten koirien kyynärpäiden inkongruenssit olisivat keskenään vertailukelpoisia.

Lappalainen ym. (lähetetty) kehittivät käsikirjoituksessaan skyenterriereiden röntgenkuvien avulla inkongruenssiasteikon, jossa kyynärnivel arvioidaan asteikolla INC0 (normaali) – INC3 (vakava inkongruenssi). Asteikko perustuu olka-kyynärluunivelen nivelraon leveimmän kohdan mittaamiseen ja luupiikkien esiintymiseen. Inkongruenssi on vakava (INC3), jos olka-kyynärluunivelen nivelrako on yli 3 mm, ja kohtalainen (INC2), jos nivelrako on 2–3 mm tai alle 2 mm ja kyynärnivelessä esiintyy luupiikkejä. Kyynärnivelen inkongruenssi arvioidaan lieväksi (INC1), jos nivelrako on 1–2 mm eikä nivelessä ole nivelrikon merkkejä, ja normaaliksi (INC0), jos siinä on kokonaisuudessaan tasainen ja kapea nivelrako ja olka-kyynärluunivelen nivelraon leveys on alle 1 mm. (Lappalainen ym. lähetetty)



Kuva 9. Olka-kyynärluunivelen inkongruenssi-indeksi mitataan lateraalisista röntgenkuvista. Indeksiksi lasketaan jakamalla jana a (etäisyys värttinäluun päästä kyynärluun varisliäkkeeseen) janalla b (etäisyys kyynärluun varisliäkkeestä kyynärliäkkeen proksimaalipäähän). (Gilson ym. 1989)

Toisaalta Michelsen (2013) esitti katsauksessaan, että olka-värttinäluunivelen ja olka-kyynärluunivelen nivelrakojen ero toisiinsa nähden tulisi olla vähintään 2 mm jotta röntgenkuvilla päästäisiin 90% tarkkuuteen ja 100% herkkyyteen inkongruenssin arvioimisessa.

Röntgenkuvauksen lisäksi kyynärnivelen kongruenssia voidaan arvioida muillakin menetelmillä. Rekonstruktoiduista tietokonetomografiakuvista pystytään arviomaan nivelrakojen muotoa ja mittaamaan tarkasti nivelrakojen leveyksiä (Gemmell ym. 2006). Tietokonetomografiakuvilla päästään 90% herkkyyteen silloin, kun olka-värttinäluunivelen ja olka-kyynärluunivelen nivelrakojen ero toisiinsa nähden on vähintään 1 mm (katsauksessa Michelsen 2013). Janach ym. (2006) käyttivät magneettikuvia kliinisesti normaalien kyynärnivelten inkongruenssin arvioimiseen suurilla, pienillä ja kondrodystrofisilla roduilla. Lisäksi nivelen tähytys on osoitettu herkäksi ja toistettavaksi menetelmäksi tilanteessa, jossa inkongruenssi johtuu liian lyhyestä värttinäluusta (Wagner ym. 2007).

6 KYYNÄRLUUN DISTAALISEN KASVULEVYN ENNENAIKAISEN SULKEUTUMISEN JA INKONGRUENSSIN HOITO JA ENNUSTE

PCDUP:in hoidon tavoitteena on estää nivelrikon synty ehkäisemällä inkongruenssin syntyminen tai korjaamalla jo muodostunut inkongruenssi (Lau 1977). Kliinisiä vaikutuksia kyynärpäähän ja ranteeseen aiheuttava värttinäluun kaareutuminen ja kiertyminen tulisi hoitaa mahdollisimman aikaisin, jotta vakavalta nivelrikolta voitaisiin välttyä (katsauksessa Trostel ym. 2003).

PCDUP ja siitä johtuva inkongruenssi hoidetaan kirurgisesti (katsauksessa Trostel ym. 2003). Käytetty tekniikka riippuu PCDUP:in ja inkongruenssin vakavuudesta sekä eläimen iästä (Lau 1977). Tehtävä toimenpide voi olla joko kyynärluun osteoektomia, eli luunpoistoleikkaus, tai kyynärvarren osteotomia, eli luun katkaisu sen asennon muuttamiseksi (katsauksessa Trostel ym. 2003, kirjassa Nienstedt & Alho 2007). Osteoektomia käsitellään yksityiskohtaisemmin seuraavassa luvussa ja eri osteotomiatekniikoita esitetään luvussa 6.2.

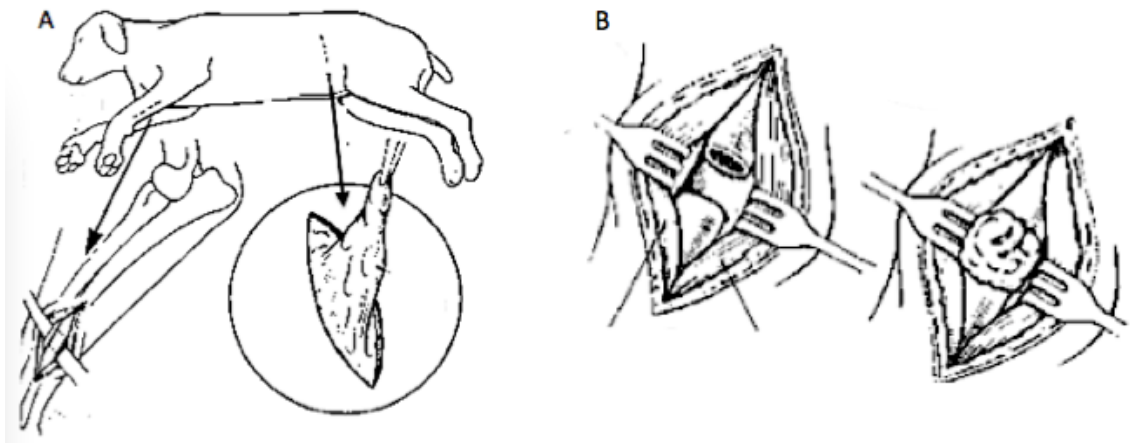
Esitettävien tekniikoiden lisäksi kirjallisuudesta löytyy mainintoja myös muista leikkausvaihtoehdoista. Esimerkiksi kirjassaan Newton & Nunamaker (1985) suosittelivat, että varttinäluun pään tai kyynärpään lisäkkeen poistoa ei tehtäisi. Varttinäluun pään poistossa menetettäisiin ainut verrattain normaali tukea antava rakenne kyynärpästä. Kyynärpään lisäkkeen poisto taas voisi tehdä kyynärpästä liian epävakaan (kirjassa Newton & Nunamaker 1985). Toisaalta Coggeshallin ym. (2014) tutkimuksessa erittäin vakavan inkongruenssin hoitotulokset olivat hyviä, kun koirille tehtiin luvussa 6.2.4 esitettävä kyynärluun pidennys proksimaalisella osteotomialla ja sen lisäksi kyynärpään lisäke poistettiin koirilta, joilla se painoi olkaluun telaa. On huomioitava, että näillä koirilla oli ennen leikkausta selvä toimintahäiriö, jossa ontumaste oli keskimäärin 2,5/5 (Coggeshall ym. 2014).

6.1 Kyynärluun osteoektomia

Osteoektomian avulla voidaan vaikuttaa kyynär- ja varttinäluiden kasvuun siten, että niiden kasvunopeuksien epätasapainoa ja siitä johtuvaa inkongruenssia voidaan korjata (katsauksessa Demko & McLaughlin 2005).

Kyynärluun osteoektomia (kuva 10) voidaan tehdä koirille, joilla vain kyynärluun distaalinen kasvulevy on sulkeutunut ja muut kyynärvarren kasvulevyt ovat vielä auki. Chapmanin (1965) mukaan varttinäluun kasvulevyt sulkeutuvat 7–8 kuukauden iässä, joten kyynärluun osteoektomia tehdään kovin nuorille koirille.

Osteoektomia perustuu siihen, että sen avulla PCDUP:in asettama kasvurajoitus poistetaan, jolloin kyynärvarren kasvu auki olevista kasvulevyistä voi tapahtua normaalisti. Osteoektomiassa kyynärluu katkaistaan, siitä poistetaan 1–2 cm:n pala. Kasvavilla koirilla on paksu luukalvo (*periosteum*), joka tulee tunnistaa ja poistaa osteoektomiakohdasta. Kyynärluusta ja luukalvosta poistetaan pala, jotta osteoektomia ei luutuisi liian aikaisin. Poistettavaan kohtaan laitetaan koiran omaa rasvakudosta. (kirjassa Johnson 2013a) Leikkaus voidaan tehdä myös siten, että poistettavaan kohtaan ei laiteta koiran omaa rasvakudosta (Morelius, henkilökohtainen tiedonanto).



Kuva 10. Potilaaseen tehdään kaksi viiltoa. Ensimmäinen viilto tehdään lateraalisesti kyynärluun keskeltä sen distaalipäähän. Ihonalaiskudos viilletään auki, ja ulompi varpaan ojentajalihas erotetaan ranteen kyynärluun puoleisesta ojentajalihaksesta, jolloin kyynärluu paljastuu. Toinen viilto tehdään samanpuoleiseen kupeeseen, ja siitä leikataan 2 cm x 3 cm kokoinen pala rasvakudosta. (A) Kyynärluusta poistetaan 1–2 cm pitkä pala luukalvoineen aivan kasvulevyn proksimaalipuolelta. Leikattu rasvakudospala asetetaan kohtaan, johon osteoektomia on tehty. (B) Haavat suljetaan. Muokattu: (kirjassa Johnson 2013a)

Osteoektomia tehdään luidenvälisen ligamentin distaalipuolelle, jotta kyynärnivele säilyisi mahdollisimman vakaana. Lisäksi on tärkeää, että myös luukalvo poistetaan. Jos luukalvoa jää poistettavaan kohtaan, osteoektomia luutuu liian aikaisin. Jos näin kuitenkin käy, voidaan joutua tekemään toinen leikkaus. (kirjassa Johnson 2013a)

Osteoektomia voidaan tehdä myös kondrodystrofisille roduille. Kondrodystrofisilla koirilla osteoektomia voidaan tehdä kyynärluun distaalisen kasvulevyn kohdalle, jos tämä kasvulevy sulkeutunut ja varttinäluun kasvulevyt ovat vielä auki. Tämä voi helpottaa kliinisiä oireita ja ehkäistä inkongruenssin etenemistä, mikäli toimenpide tehdään tarpeeksi ajoissa eikä inkongruenssi ole kovin vakava. (katsauksessa Weigel 1987)

Osteoektomian komplikaatiota ovat liian aikainen tai myöhäinen luutuminen, osteomyeliitti eli luuydintulehdus ja osteoektomiakohdan luutumattomuus. Ennuste nuorilla eläimillä riippuu siitä miten hyvin osteoektomian luutuminen, varttinäluun kasvu ja kasvulevyjen luutuminen ovat keskenään tasapainossa. Ennuste on hyvä kyynärvarren pituuskasvun ja valgus-asennon korjaantumisille, jos kyynär- ja varttinäluiden kasvunopeudet pystytään osteoektomialla tasapainottamaan. Kyynärvarren kiertymiseen ei osteoektomialla kuitenkaan pystytä vaikuttamaan. (kirjassa Johnson 2013a)

6.2 Kyynärvarren osteotomia

Kirjassaan Johnson (2013a) totesi, että kyynärvarren osteotomia voidaan tehdä PCDUP:iä sairastaville koirille, joilla kyynärvarren kaikki kasvulevyt ovat jo sulkeutuneet, mikä Chapmanin (1965) mukaan tapahtuu 7–8 kuukauden iässä. Kuitenkin kirjallisuudesta löytyy raportteja, joissa kyynärvarren osteotomia on tehty jo 4-6 kuukauden ikäisille koirille (Gilson ym. 1989, MacDonald & Matthiesen 1991, Fox ym. 1995, Marcellin-Little ym. 1998)

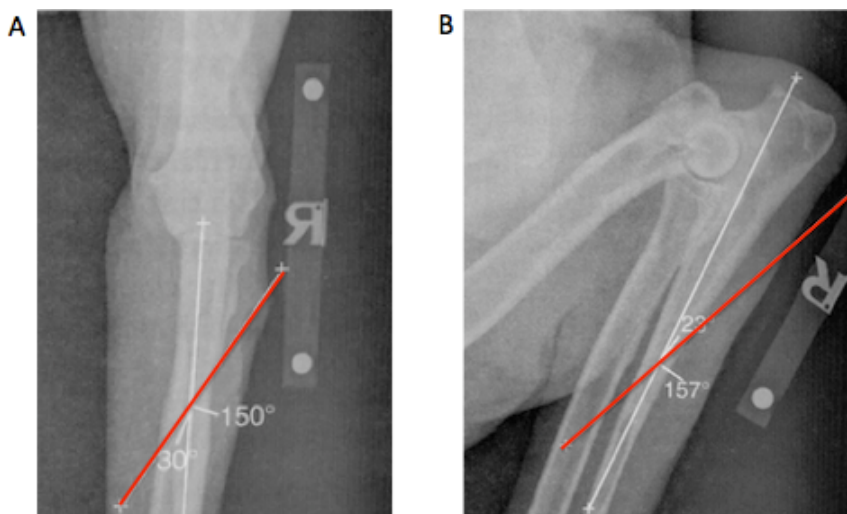
Nuorilla koirilla leikkauksen tavoitteena on ehkäistä kasvun aiheuttamaa lisääntyvää virheasentoa. Lisäksi nuorilla ja täysikasvuissa koirilla tavoitteena on ehkäistä tai hidastaa kyynärpään ja ranteen nivelrikkomuutoksien synty tai eteneminen (Sereda ym. 2009). Kyynärvarren osteotomiassa joko kyynärluu, varttinäluu tai sekä kyynär- että varttinäluu katkaistaan, kyynärvarsi palautetaan normaaliin asentoon ja siihen asennetaan sisäinen tai ulkoinen kiinnitys (kirjassa Johnson 2013a).

Kirjallisuudessa on kuvattu lukuisia osteotomia- ja kiinnitystekniikoita (Sereda ym. 2009). Tässä lisensiaatintyössä esitetään seuraavissa luvuissa kyynärluun pidennys proksimaalisella kaksoisvinolla osteotomialla (*double oblique osteotomy*) ja kyynärluun proksimaalinen osteotomia yhdistettynä ydinnaulaukseen. Mikäli koiralla on vakava raajan asennon muutos, voidaan varttinäluu oikaista osteotomialla. Näistä tekniikoista tässä lisensiaatintyössä esitetään avoin kiilamainen osteotomia (*open wedge osteotomy*) yhdistettynä lineaariseen tyypin II ulkoiseen kiinnitykseen, sulkeva kiilamainen osteotomia (*closing wedge osteotomy*) yhdistettynä t-levykiinnitykseen, kaareva osteotomia (*dome osteotomy*), venytysluudutus (*distraktio-osteogeneesi*) ja erilaisia rengasmaisia kiinnityksiä. Lisäksi tässä työssä esitetään muutamia edellä mainittujen yhdistelmiä. Näiden esitettävien lisäksi eri osteotomiatekniikoita voi yhdistää eri kiinnitystekniikoihin, esimerkiksi avoin tai sulkeva kiilamainen osteotomia voidaan vakauttaa joko levyillä tai ulkoisilla kiinnityksillä (kirjassa Johnson 2013b).

6.2.1 Kyynärluun pidentäminen proksimaalisella kaksoisvinolla osteotomialla ja kyynärluun proksimaalinen osteotomia yhdistettynä ydinnaulaukseen

Proksimaalisen kyynärluun osteotomia voidaan tehdä tapauksissa, joissa halutaan korjata liian lyhyestä kyynärluusta johtuva kyynärnivelen inkongruenssi (kirjassa Schulz 2013). Tässä voidaan käyttää kahta tekniikkaa – joko tehdään kaksoisvino osteotomia (katsauksessa House 2013) tai vaihtoehtoisesti osteotomia vakautetaan ydinnaulalla (kirjassa Schulz 2013).

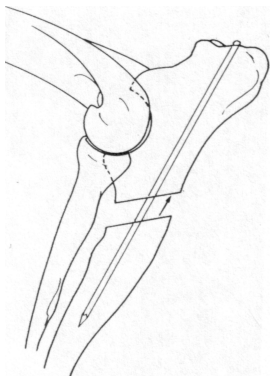
Kaksoisvinossa osteotomiassa osteotomialinja tehdään kuvan 11 mukaisesti siten, että linja on vino kaudoproksimaalisesta kraniodistaalisesti ja proksimolateraalista distomedialaisesti. Kyynärluun proksimaalista osaa ei vakauteta millään kiinnityksellä, vaan sen annetaan vapaasti hakea uusi paikkansa, jolloin kongruenssi palautuu. Osteotomialinja tehdään kaksoisvinoksi ettei kyynärluun proksimaalinen osa kallistu liikaa tai käänny varus-asentoon. (katsauksessa Michelsen 2013)



Kuva 11. Kaksoisvinon osteotomian linja (punaiset viivat). A. Proksimolateraalista distomedialaisesti B. Kaudoproksimaalisesta kraniodistaalisesti. Muokattu: (kirjassa Schulz 2013).

Katsauksessaan Michelsen (2013) kirjoitti, että kaksoisvino osteotomia on osoittautunut tehokkaaksi inkongruenssin hoidossa, mutta sen pitkäaikaisista hyödyistä ei ole vielä julkaisuja. Lisäksi katsauksessaan House (2013) totesi, että tekniikkaa käytetään paljon PCDUP:in hoidossa, ja että mikäli päädytään proksimaalisen kyynärluun osteotomiaan, tulisi käytettäväksi tekniikaksi valita juuri kaksoisvino osteotomia, eli seuraavaksi esitettävä ydinnaulauksen käyttö ei ole rutiinisti suositeltava tekniikka.

Proksimaalinen osteotomia yhdistettynä ydinnaulaukseen on esitetty yksityiskohtaisemmin kuvassa 12. Tätä tekniikkaa käytettäessä raportoituja komplikaatioita ovat muun muassa kyynärluun halkeamat ja ydinnaulan väärästä asennosta johtuva kipu. Tämän tekniikan, kuten myös kaksoisvinon osteotomian (katsauksessa Michelsen 2013, katsauksessa House 2013), hyvinä puolina pidetään muun muassa tekniikan yksinkertaisuutta ja sitä, että sen oletetaan korjaavan inkongruenssia paremmin kuin niiden tekniikoiden, joissa osteomia tehdään kyynärluun distaalisiosiin. Tämän arvioidaan johtuvan siitä, että luidenvälinen ligamentti estää inkongruenssin korjaantumista distaalisissa osteotomioissa. (Gilson ym. 1989)



Kuva 12. Ihoviito tehdään kyynärluun kaudaalireunalle kyynärlisäkkeen puolivälistä diafyysin puoleen väliin. Ihonalainkudos ja peitinkalvo viilletään samalta matkalta. Flexor carpi radialiksen ja ulnaris radialis -lihasten kiinnityskohdat irroitetaan kyynärluusta, ja nivelkapseli paljastetaan ja viilletään auki. Trochlear notchin distaallipuolelle tehdään vino osteotomia, jolloin lihakset ja ligamentit asettavat olka-kyynärluunivelen uuteen asentoon. Pieni ydinnaula tai Kirschnerin lanka asetetaan kyynärlisäkkeen proksimaalipäästä osteotomian distaalipuolen luuytimeen. (Gilson ym. 1989, kirjassa Schulz 2013)

Gilson ym. (1989) tutkivat inkongruenssin korjaamista proksimaalisella kyynärluun osteotomialla yhdistettynä ydinnaulaukseen. Heidän tutkimuksessaan oli yhteensä 18 kyynärniveltä, joista 11:ssä oli inkongruenssi johtuen PCDUP:istä. Tutkimuksen koirista 54 prosenttia oli kondrodystrofisia ja tutkijoiden mukaan basset houndit olivat yliedustettuja. Osalle koirista tehtiin samalla myös jokin muu ortopedinen toimenpide, esimerkiksi väärtinäluun asentoa korjaava osteotomia.

Tässä tutkimuksessa yleisin ontuma-aste ennen leikkausta oli kolme, eli koirilla oli kohtalainen ontuma, mutta ne silti varasivat painoa jalalle. Seurannassa, joka tehtiin keskimäärin 22 kuukautta leikkauksen jälkeen, yleisin ontuma-aste oli nolla, eli koirat olivat kliinisesti normaaleja. Inkongruenssi-indeksi mitattiin tutkimuksessa luvussa 5.2 esitetyllä tavalla. Ennen leikkausta se vaihteli 0,048:n ja 0,154:n välillä ja seurannassa 0:n ja 0,110:n välillä. Tutkijat havaitsivat, että ennusteeseen vaikutti tilastollisesti

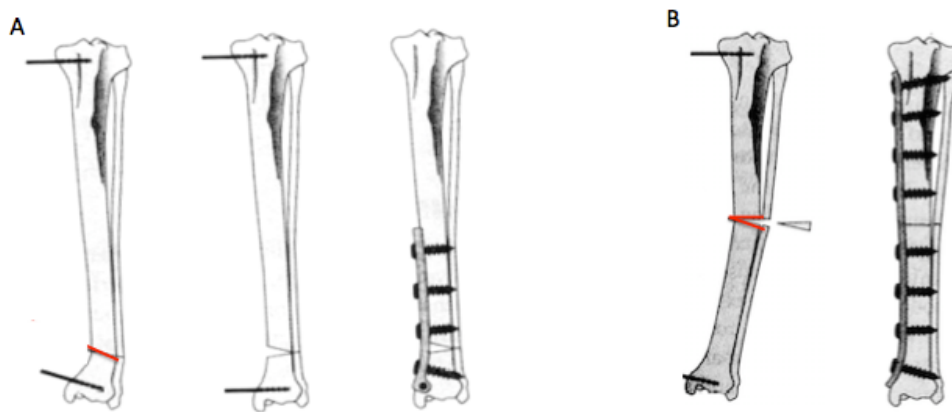
merkittävästi ontuma-aste ennen leikkausta sekä ennen leikkausta ja leikkauksen jälkeen mitattu inkongruenssi-indeksi. (Gilson ym. 1989)

Lisäksi Coggeshall ym. (2014) kuvasivat uudenlaisen tekniikan, jossa proksimaalisen kyynärluun osteotomiassa käytetään apuna kyynärnivelen tähystystä. Tässä tekniikassa kyynärnível tähystetään ennen osteotomiaa, ja mahdollinen murtunut varisliäke hoidetaan tähystyksessä. Tämän jälkeen tähystin poistetaan nivelestä ja kyynärluuhun tehdään poikittainen osteotomia oskilloivalla sahalla noin 30 mm kyynärnivelestä distaalisesti. Tähystin laitetaan takaisin niveleen, ja kyynärluun proksimaalipää asetetaan uudelle paikalleen siten, että niveltähystyskuvan avulla kyynärnivelestä saadaan mahdollisimman kongruentti. Osteotomia vakautetaan kaudomediaalisesti levyn avulla ja kyynärnivelen kongruenssi varmistetaan niveltähystyskuvan avulla taivuttamalla ja ojentamalla raajaa.

Samassa artikkelissa Coggeshall ym. (2014) raportoivat edellä kuvatun tekniikan soveltuvuutta inkongruenssin hoitoon. Osalle koirista hoidettiin myös murtunut varisliäke ja osalta koirista poistettiin myös olkaluun telaa painava kyynärpään uloke. Tutkimuksessa oli mukana myös yksi kääpiömäyräkoira. Kaikki koirat ontuivat vähemmän leikkauksen jälkeen, ja leikkauksen jälkeen otetuissa tietokonetomografiakuvissa inkongruenssia oli huomattavasti vähemmän. Heidän mukaansa tekniikka voisi soveltua erittäin vakavan inkongruenssin korjaamiseen. Tässä artikkelissa ei otettu kantaa leikattujen koirien pitkäaikaiseen ennusteeseen.

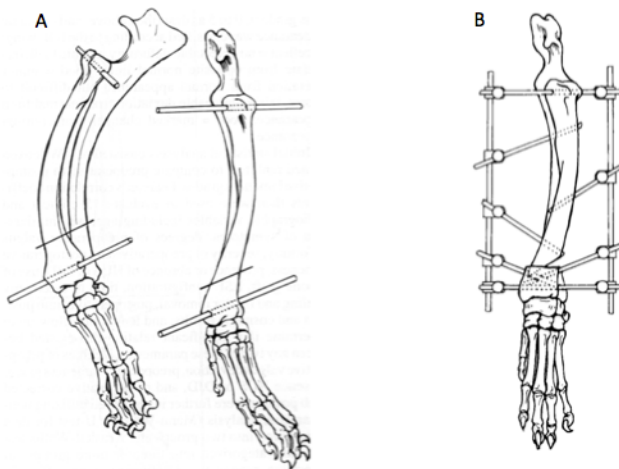
6.2.2 Avoin kiilamainen osteotomia yhdistettynä lineaariseen tyypin II ulkoiseen kiinnitykseen

Kyynärvarren avoimessa kiilamaisessa osteotomiassa väärtinäluu sahataan poikki siten, että sahauslinja on yhdensuuntainen distaalisen nivelpinnan kanssa ja lisäksi kyynärluu katkaistaan (kirjassa Johnson 2013a). Avoin kiilamainen osteotomia säilyttää luun pituuden, kun taas seuraavassa luvussa esitettävä sulkeva kiilamainen osteotomia lyhentää luuta, mutta sen avulla luutumiskohta on vakaampi kuin avoimessa kiilamaisessa osteotomiassa (kirjassa Johnson 2013b). Avoimen ja sulkevan kiilamaisen osteotomian periaatteet on havainnoitu kuvassa 13.



Kuva 13. Avoimen (A) ja sulkevan (B) kiilamaisen osteotomian periaatteet havainnoituna sääriluuhun (*tibia*). Osteotomialinjat on korostettu kuviin punaisella. Muokattu (kirjassa Johnson 2013b)

Linearisessa ulkoisessa kiinnityksessä luuhun kiinnitetään vähintään kaksi piikkiä (*pin*), jotka yhdistetään toisiinsa raajan ulkopuolella pidikkeiden (*clamp*) ja tukitankojen (*external connector*) avulla. Lineaarisia ulkoisia kiinnityksiä on monta eri tyyppiä. Tyypin II kiinnityksessä tukitangot ovat yhdessä tasossa molemmin puolin raajaa. (kirjassa Johnson 2013b). Avoin kiilamainen osteotomia yhdistettynä lineaariseen ulkoiseen kiinnitykseen on kuvattu yksityiskohtaisemmin kuvassa 14.



Kuva 14. Värttinäluun päihin asetetaan nivelpintojen kanssa yhdensuuntaiset piikit. Kyynärluun distaaliosa paljastetaan viiltämällä pieni ihoviilto lateraalisesti, ja siirtämällä syrjään kaudolateraalisuuntaan ranteen kyynärluunpuoleisen ojentajan jänne ja kraniaalisuuntaan varpaiden pitkä ojentajalihas, peukalon pitkä ojentajalihas sekä peukalon pitkä loitontajalihas. Kyynärluu katkaistaan poikittain distaaliosastaan. Värttinäluun distaaliosa paljastetaan viiltämällä pitkittäissuuntainen pieni ihoviilto mediaalisesti, ja siirtämällä syrjään kraniaalisuuntaan ranteen värttinäluunpuoleisen ojentajan jänne sekä kaudaalisuuntaan ranteen värttinäluunpuoleisen koukistajan jänne. Värttinäluu katkaistaan (kuvassa yhteinen viiva) suurimman kaareutumisen kohdalta yhdensuuntaisesti distaaliseen epifyysiin asetetun piikin kanssa. (A) Raajan asento korjataan siten, että proksimaalisin ja distaalisin piikki asetetaan yhdensuuntaisesti sekä kiertosuunnassa samaan tasoon. Värttinäluun proksimaalinen katkaisukohta ohjataan distaalisen osan luuydinkanavaan katkaisukohdan vakauttamiseksi. Tukitangot, pidikkeet ja lisäpiikit asetetaan. (B) Muokattu: (Forell & Schwarz 1993)

Tyypin II ulkoinen kiinnitys soveltuu hyvin kyynärvarren osteotomian vakauttamiseen. Tällä kiinnityksellä osteotomia saadaan tukevaksi ja koira voi kantaa leikatulla jalalla painoa nopeasti leikkauksen jälkeen. Ulkoisia tukitankoja voidaan säätää myös leikkauksen jälkeen, mikäli luun tai nivelten asento on edelleen virheellinen. Ulkoinen kiinnitys voidaan poistaa helposti sen jälkeen kun osteotomia on parantunut. Huonoina puolina ovat muun muassa mahdolliset haittavaikutukset viereisiin pehmytkudoksiin. (Johnson 1992)

Quinn ym. (2000) tutkivat avoimen kiilamaisen osteotomian ja tyypin II ulkoisen kiinnityksen hoitotuloksia kyynärvarren epämuodostumisen hoidossa 28 koiralla. Tutkimuksessa oli mukana 20 PCDUP:iä sairastavaa koiraa ja 8 koiraa, joilla oli vääntäluun distaalisen kasvulevyn ennenaikainen sulkeutuminen. He päätyivät siihen, että tekniikka soveltuu erittäin hyvin tapauksiin, joissa raajassa on valgus- tai varus-asento. Heidän mukaansa dynaamisempi tekniikka, esimerkiksi luvussa 6.2.4 esitetty venytysluudutus ja saranoitu rengasmaisen kiinnitys, sopisi paremmin tapauksiin, joissa halutaan lisää pituutta raajalle, tai tapauksiin, joissa on voimakas epämuodostuma kranio-kaudaalisuunnassa. Tässä tutkimuksessa koirien rotuja ei raportoitu.

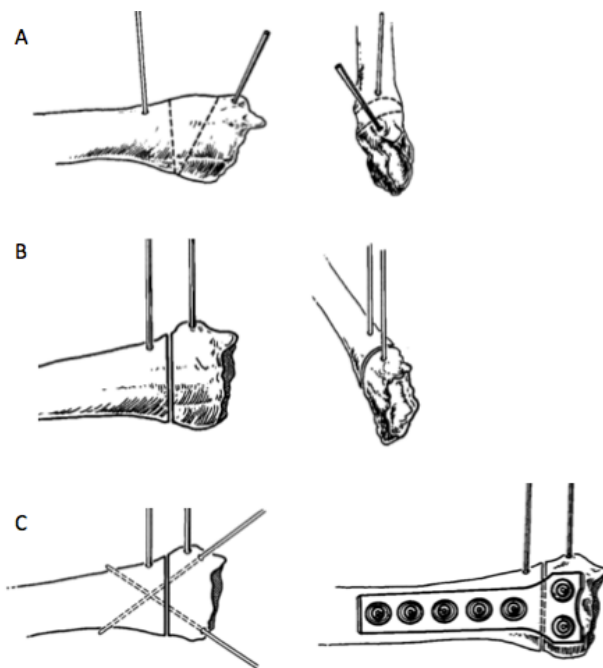
Forell & Schwartz (1993) raportoivat 18:n PCDUP:iä sairastaneen, avoimella kiilamaisella osteotomialla ja ulkoisella kiinnityksellä hoidetun koiran hoitotuloksia. Mukana oli myös kondrodystrofia koiria. Tutkimuksessa todettiin, että leikkauksen jälkeen koirien yleisin ontuma-aste oli 1 asteikolla 0–5, kun se ennen leikkausta oli 4. Tämä raajan toiminnan parantuminen oli myös tilastollisesti merkittävää. Tutkimuksen 12 koiralla ei ollut ennen leikkausta kyynärvarressa tai ranteessa nivelrikkomuutoksia. Näistä 12 koirasta kolmelle kehittyi nivelrikko kyynärpäähän ja neljälle ranteeseen pitkän aikavälin leikkauksen jälkeisessä seurannassa. Nivelrikon kehittyminen riippui tilastollisesti merkittävästi leikkausta edeltävästä valgus-asennon vakavuusasteesta.

Forellin & Swartzin (1993) tutkimuksessa inkongruenssi oli myös voimakkaasti yhteydessä kyynärnivelen nivelrikon kehittymiseen. Yhdellekään tutkimuksen kymmenestä koirasta, joilla ei ollut inkongruenssia ennen leikkausta ei kehittynyt nivelrikkoa. Sen sijaan tutkimuksen kahdeksalla koiralla, joilla oli ennen leikkausta PCDUP:istä johtuva inkongruenssi, kolmelle oli kehittynyt nivelrikko ennen leikkausta ja kolmelle leikkauksen jälkeen. Sillä, kuinka pian leikkauksen jälkeen ontuma-astetta

tai nivelrikkomuutoksia tutkittiin, ei ollut tutkimuksessa selvää korrelaatiota saatuihin tuloksiin. Seuranta-aika vaihteli kolmesta kuukaudesta 91 kuukauteen.

6.2.3 Sulkeva kiilamainen osteotomia yhdistettynä t-levykiinnitykseen

Värttinäluun distaalipäähän voidaan tehdä sulkeva kiilamainen osteotomia ja vakauttaa se luuhun asetettavalla t-levyllä (kuva 15). Tässäkin tekniikassa osteotomia tehdään värttinäluussa kohtaan, jossa se kaareutuu eniten. Tämä kaareutumiskeskus voidaan määrittää esimerkiksi CORA-menetelmällä, jonka käyttöä koirilla Fox ym. (2006) kuvailivat. Usein tämä kohta on hyvin lähellä värttinäluun distaalipäätä, ja tämän vuoksi t-levykiinnitys soveltuu tähän hyvin. Sulkevan kiilamaisen osteotomian arvellaan olevan avointa kiilamaista osteotomiaa vakaampi, jolloin siihen ei muodostu runsasta kallusta eikä liiallista luukalvoa, joiden vuoksi osteotomian paraneminen ei olisi optimaalista. Raportoituja komplikaatioita ovat muun muassa ranteen liikelaajuuden väheneminen ja värttinäluun luukato. (Balfour ym. 2000)

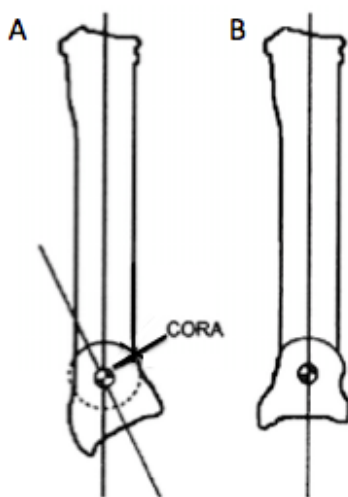


Kuva 15. Proksimaalinen pinna asetetaan yhdensuuntaisesti kyynärnivelen ja distaalinen pinni yhdensuuntaisesti rannenivelen kanssa siihen kohtaan, jossa värttinäluu kaareutuu eniten (A). Värttinäluusta poistetaan kiilamainen pala siten, että pinnit asettuvat yhdensuuntaisiksi ja että raajan valgus-aseto, kraniaalinen kaareutuminen ja kiertyminen korjaantuu. (B) Värttinäluuhun asetetaan väliaikaiset ristipiikit ja raajan asento tarkistetaan. Lopuksi värttinäluun kraniaalipinnalle asetetaan t-levykiinnitys. (Balfour ym. 2000)

Balfour ym. (2000) kuvasivat tämän tekniikan klinisiä tuloksia kyynärvarren epämuodostumien hoidossa. Tutkimuksessa oli 18 koiraa ja joukossa oli myös kondrodystrofisia koiria. Tutkimuksessa epämuodostuma johtui pääasiassa PCDUP:istä, ja osalla koirista esiintyi myös liian lyhyestä kyynärluusta johtuvaa inkongruenssia. Yhdelle koiralle tehtiin lisäksi inkongruenssin korjaamiseksi seuraavassa luvussa esitettävä kyynärluun pidennys proksimaalisella osteotomialla. Leikkauksen jälkeen koirien ontuma-aste parani suurimmalla osalla vähintään yhdellä, ja kaikissa tapauksissa inkongruenssi saatiin korjattua. Leikkausta edeltävä inkongruenssi tai havaittu nivelrikko ei vaikuttanut lopputulokseen.

6.2.4 Kaareva osteotomia

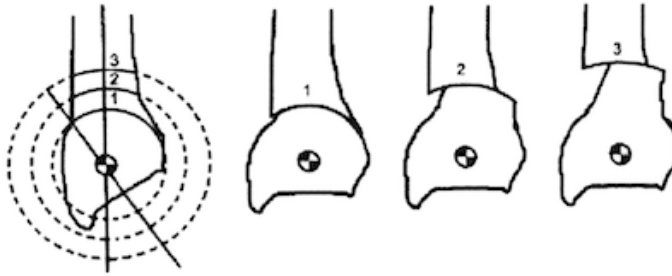
Värttinäluun asentoa voidaan korjata myös kaarevalla osteotomialla (kuva 16). Tässäkin tekniikassa määritetään ensin kaareutumisen keskipiste CORA-menetelmällä. Tämän jälkeen tehdään osteotomia kaarevaa sahauslinjaa pitkin siten, että sahauslinjan keskipiste asetetaan kaareutumisen keskipisteeseen. Raajan asentoa voidaan tämän jälkeen korjata kääntämällä sahattuja luusegmenttejä kaarevaa sahauslinjaa pitkin. (Fox ym. 2006)



Kuva 16. Kaareva osteotomia. Sahauslinjan keskipiste asetetaan kaareutumisen keskipisteeseen (A) ja raajan asento korjataan kääntämällä luusegmenttejä kaarevaa sahauslinjaa pitkin (B). Muokattu (Fox ym. 2006)

Kaareva osteotomia voidaan vakauttaa esimerkiksi sisäisellä kiinnityksellä (Fox ym. 2006) tai alumiinilla vahvistetulla lastalla (MacDonald & Matthiesen 1991). Yhtenä

kaarevan osteomian suurimmista eduista pidetään sitä, että tämän avulla sahauslinja saadaan siirrettyä pois kaareutumisen keskipisteestä, joka on usein lähellä niveltä, ja näin ollen saadaan lisää tilaa kiinnitykselle (kuva 17). Lisäksi sen avulla saadaan hyvä kontakti sahattujen luusegmenttien välille. Tämä edesauttaa osteotomian vakautta. Kaarevalla osteotomialla ei myöskään vaikuteta luun pituuteen. (Fox ym. 2006)



Kuva 17. Kun kaarevan osteotomian sädettä kasvatetaan, saadaan lisää tilaa kiinnitystä varten, mutta samalla menetetään luiden välistä kontaktia ja osteotomian vakautta.

Kaarevan osteotomian tuloksista PCDUP:in hoidossa on verrattain vähän julkaisuja. MacDonald & Matthiesen (1991) raportoivat 11 nuoren koiran hoitotuloksista. Kahdeksan koiraa ei ontunut lainkaan seurannassa, joka tehtiin neljä viikkoa leikkauksen jälkeen. Myöhemmin, 4–72 kuukautta leikkauksen jälkeen, tehdyissä omistajien haastatteluissa kaikki tavoitetut omistajat olivat tyytyväisiä leikkaustuloksiin. Valitettavasti joukossa ei ollut yhtään kondrodystrofista koiraa ja menetelmänä käytettiin nykyään jo vähemmän käytössä olevaa (Fox ym. 2006) menetelmää, jossa sahan sijaan kaareva linja tehdään poraamalla pieniä reikiä (MacDonald & Matthiesen 1991).

6.2.5 Venytysluudutus ja rengasmaiset kiinnitykset

Rengasmaisia kiinnityksiä käytetään raajojen kaareutuvien epämuodostumien, kuten esimerkiksi PCDUP:in, sekä raajan pituuden dynaamisiin korjauksiin. Niiden avulla voidaan halutessa toteuttaa venytysluudutus eli distraktio-osteogeneesi, jossa luiden katkaisun jälkeen ne vedetään kiinnityslaitteen avulla asteittain oikeaan asentoon ja pituuteen. Rengasmaisia kiinnityksiä on olemassa montaa eri tyyppiä. (kirjassa Johnson 2013b)

Katsauksessaan Marcellin-Little (1999) totesi, että rengasmaisia kiinnityksiä voidaan käyttää esimerkiksi silloin, kun raajan pituudesta puuttuu 20% tai enemmän, tai kun nivelessä on inkongruenssi, joka ylittää 3 mm ja nivelessä ei ole nivelrikkoa. Kirjassaan Johnson (2013b) totesi indikaatioksi pituusvajeen ja merkittävän kraniokaudaalisen epämuodostuman. Saman kirjoittajan mukaan myös raajaa, jossa ongelmana on ainoastaan valgus-asento, voitaisiin korjata perustyyppin rengasmaisella kiinnityksellä samalla tapaa kuin lineaarisilla ulkoisella kiinnityksellä (kirjassa Johnson 2013b).

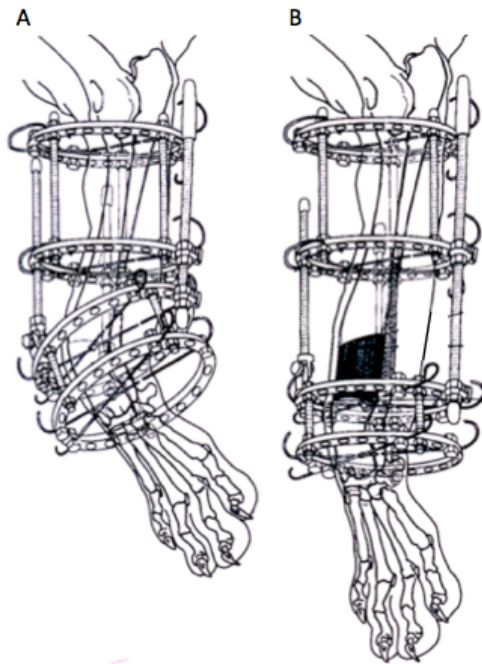
Perustyyppin rengasmainen kiinnitys koostuu luun läpi menevistä pinneistä (*wire*), jotka kiristetään ja kiinnitetään pulttien (*bolt*) avulla ympyrän tai osittaisen ympyrän muotoisiin kehyksiin ja kehykset yhdistetään toisiinsa kierteellisillä tai teleskooppimaisilla tukitangoilla (kirjassa Johnson 2013b). Pinnit ovat läpimitaltaan ohuita, joten ne soveltuvat hyvin vakauttamaan lyhyitä, niveliä lähellä olevia luunpalasia (Sereda ym. 2009).

On tärkeää kiristää pinnit oikeaan kireyteen, koska niiden kireys vaikuttaa siihen kuinka tukeva kiinnitys on. Mitä kireämmälle pinnit kiristetään sitä jäykempi kiinnitys on siihen kohdistuvalle taivuttavalle (*bending*) ja aksiaaliselle kuormitukselle, mutta heikompi vääntävälle (*torsional*) kuormitukselle. Niinpä se kuinka kireälle pinnit kiristetään riippuu muun muassa eläimen painosta ja siitä mihin kiinnitystä käytetään. (kirjassa Johnson 2013b)

Katsauksessaan Marcellin-Little (1999) esitti, että osteotomia tehdään samaan tyyliin kuin edellä esitetty avoin kiilamainen osteotomia, jos käytössä on perustyyppin rengasmainen kiinnitys ilman saranaita. Lisäksi raajan pituutta voidaan kasvattaa tarvittavaan mittaan 1–2 mm päivässä aloittaen 2–3 päivää leikkauksen jälkeen pidentämällä renkaita yhdistäviä tukitankoja (katsauksessa Marcellin-Little 1999).

Saranoiduissa rengasmaisissa kiinnityksissä on perustyyppin lisäksi ainakin yksi strategisesti sijoitettu saranakohta, joka yhdistää kaksi tukitankoa. Sarana sijoitetaan kaareutumisen kärkikohtaan kuperalle puolelle, eli esimerkiksi valgus-asennossa raajan mediaalipuolelle. Kaareutumisen koveralle puolelle sijoitetaan tukitanko, jota kutsutaan suoristinmoottoriksi (*angular motor*). Raajan kaareutuminen ja pituusvaje korjataan,

kun sarana suoristetaan pikku hiljaa suoristinmoottoria pidentämällä (kuva 18). (Marcellin-Little ym. 1998)

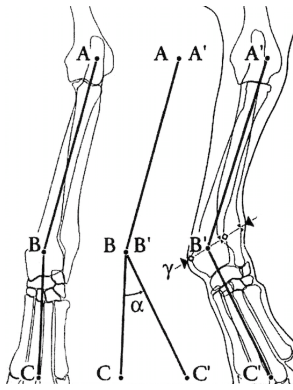


Kuva 18. Saranoitu rengasmainen kiinnitys välittömästi leikkauksen jälkeen (A) ja kun raajan kaareutuva epämuodostuma ja raajan pituus on korjattu (B). Muokattu: (Marcellin-Little ym. 1998)

Ennen leikkausta arvioidaan kuinka paljon raaja on kiertynyt ulospäin (kuva 19), määritetään valgus-asennon voimakkuus (kuva 20), kaareutuminen kranio-kaudaalisuunnissa, kaareutumisen kärkikohta (kuva 20) ja raajassa mahdollisesti oleva pituusvaje. Lisäksi arvioidaan missä tasossa kaareutuminen esiintyy (Marcellin-Little ym. 1998). Näiden arviointien avulla kootaan kyseiselle potilaalle sopiva saranoitu rengasmainen kiinnitys. (kirjassa Johnson 2013b).



Kuva 19. Raajan kiertymisen ulospäin voidaan arvioida esimerkiksi vertaamalla proksimaalisen nivelen koukistus-ojennustasoa (taso A) distaalisen nivelen koukistus-ojennustasoon (taso B). Esimerkiksi tällä bostoninterrierillä oikea eturaaja on kiertynyt ulospäin 65°. (katsauksessa Marcellin-Little 1999)



Kuva 20. Valgus-asennon voimakkuus määritetään kraniokaudaalikuvista. Määrittystä varten otetaan röntgenkuvat sekä terveestä että sairaasta raajasta, mikäli kyseessä on yhden raajan kasvuhäiriö. Tässä esimerkissä oikean raajan valgus-asennon voimakkuus on määritetty bokserin raajoista piirtämällä viivat AB ja A'B' yhdensuuntaisesti radiusen proksimaalipään kanssa. Viivat BC ja B'C' piirretään yhdensuuntaisesti kolmannen ja neljännen kämmenluiden välisen tilan kanssa. Viivat AB ja A'B' asetetaan päällekkäin, jolloin sairaan raajan valgus-asento on viivojen BC ja B'C' välinen kulma α . Kaareutumisen kärkikohta on pisteessä B. (Marcellin-Little ym. 1998)

Varsinainen leikkaus aloitetaan asettamalla proksimaaliset ja distaaliset pinnit varttinäluuhun yhdensuuntaisesti niitä lähinnä olevien nivelpintojen kanssa. Tämän jälkeen myös muut pinnit asetetaan paikoilleen ja luuhun tehdään rannenivelen kanssa yhdensuuntainen osteotomia kaareutumisen kärkikohtaan. Raajan kiertyminen ulospäin korjataan leikkauksen aikana. Valgus-asento ja kraniaalisuuntainen kaareutuminen korjataan leikkauksen jälkeen vähitellen saranoita suoristamalla. (kirjassa Johnson 2013b)

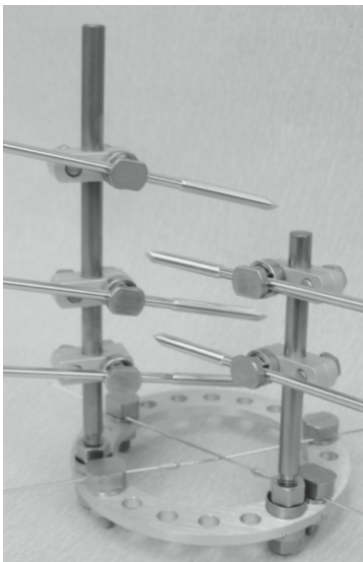
Marcellin-Little ym. (1998) arvioivat saranoidun rengasmaisen kiinnityksen käyttöä kyynärvarren epämuodostumien korjaamiseen. Heidän tutkimuksessaan oli mukana myös yksi kondrodystrofinen koira, basset hound, jolla oli PCDUP:istä johtuen toisessa raajassa 25° valgus-asento ja kynärvarsi kaareutui 20° kraniaalisuuntaan. Tämän koiran osalta raajan ulkonäkö ja toiminta arvioitiin viisi kuukautta leikkauksen jälkeen hyväksi.

Theyse ym. (2005) selvittivät mitkä tekijät vaikuttavat rengasmaisilla kiinnityksillä ja luvussa 6.2.4 esitettävällä kyynärluun pidennyksellä hoidettujen koirien ennustukseen. Tutkimuksessa oli mukana myös kaksi basset houndia. Heidän mukaansa ennuste on huonompi, jos koiralla on jo ennen leikkausta kyynärnivelen nivelrikko, tai jos raajan toiminta on huono ennen leikkausta. Ennen leikkausta havaitun inkongruenssin suuruus ei vaikuttanut raajan toimintaan leikkauksen jälkeen. Kuitenkin sillä oli vaikutusta kyynärpään nivelrikon etenemiseen, mikä voi pitkällä tähtäimellä vaikuttaa myös raajan

toimintaan. Kirjoittajat esittävät, että inkongruenssi tulisi korjata mahdollisimman nuorella iällä, mielellään jo ennen kuin kaikki kasvulevyt ovat sulkeutuneet, ja että ennuste on paras koirilla, joille ei vielä ole kehittynyt nivelrikkoa.

Saranoidun rengasmaisen kiinnityksen ja venytysluidutuksen haittapuoliksi on arvioitu tekniikan kirurginen vaativuus, laajamittaiset ennen leikkausta tapahtuvat suunnittelut sekä tekniikkaan liittyvä tiivis leikkauksenjälkeinen valvonta (kirjassa Johnson 2013b) . Tätä tekniikkaa ei suositella käytettäväksi, jos kyynärpäässä tai ranteessa on vakava nivelrikko (Marcellin-Little ym. 1998). Myös komplikaatioita esiintyy huomattavasti, Marcellin-Little ym. (1998) raportoivat komplikaatioita viidellä koiralla seitsemästä. Heidän tutkimuksessaan yleisin komplikaatio oli pinnien rikkoutuminen. Muita tutkimuksessa mainittuja komplikaatioita olivat paikallinen luuydintulehdus, varttinäluun murtuma, liian aikainen luutuminen ja kiinnityksen aiheuttama ihoärsytys.

Lineaarisia ja rengasmaisia kiinnityksiä voidaan käyttää myös yhdessä (kuva 21). Tällaisen hybridikiinnityksen tarkoituksena on ottaa käyttöön lineaarisen ja rengasmaisen kiinnityksien hyvät puolet, ja samalla vähentää saranoitujen rengasmaisten kiinnitysten vaatimaa työlästä etukäteissuunnittelua. (Sereda ym. 2009)



Kuva 21. Tyypin IB hybridikiinnitys. Ennen leikkausta määritetään kaareutumisen keskipiste esimerkiksi CORA-menetelmällä, jonka Fox ym. (2006) kuvailivat. Tämän jälkeen pinnit asetetaan distaaliseen varttinäluuhun yhdensuuntaisesti proksimaalisen ranneluurivin kanssa. Kaareutumisen keskipisteeseen tehdään kiilamainen osteotomia ja kyynärvarsi asetetaan oikeaan asentoon. Varttinäluun diafyysiin asennetaan piikit, jotka yhdistetään renkaaseen tukitankojen avulla. (Sereda ym. 2009)

Sereda ym. (2009) tutkivat hybridikiinnityksen käyttöä kyynärvarren kasvuhäiriöiden korjaamisessa. Tutkimuksessa oli mukana myös PCDUP:iä sairastavia kondrodystrofisia koiria. Osalle koirista tehtiin samanaikaisesti myös luvussa 6.2.4 esitettävä kyynärluun pidennys. Heidän mukaan hybridikiinnitys soveltuu hyvin korjaamaan sellaisia kyynärvarren kaareutuvia epämuodostumia, joissa raajan pituutta ei tarvitse lisätä ja joissa kyynärvarren asennon korjaus tehdään leikkauksen aikana. Tutkimuksessa kävi ilmi, että tekniikka soveltuu erityisen hyvin pienille kondrodystrofisille koirille, koska sen avulla voidaan riittävästi vakauttaa lähellä niveliä olevia luunpalasia.

7 POHDINTA

PCDUP:iä on raportoitu kondrodystrofisilla koiraroduilla (Lau 1977, Rasmussen & Reimann 1977, katsauksessa Weigel 1987, Kapatkin ym. 2003). Myös hyvin monessa kyynärvarren kaareutuvien kasvuhäiriöiden tai inkongruenssin hoitoa käsittelevässä artikkelissa on potilaina ollut kondrodystrofisia koiria (Gilson ym. 1989, Forell & Schwarz 1993, Marcellin-Little ym. 1998, Balfour ym. 2000, Theyse ym. 2005, Coggeshall ym. 2014). Kuitenkaan PCDUP:in tarkkaa prevalenssia näillä roduilla ei ole tutkittu – tiedetään, että sitä esiintyy, mutta ei tiedetä kuinka paljon.

Kaksiluinen kyynärvarsi on altis epämuodostumille kyynär- tai värttinäluun kasvun pysähtyessä ennen aikaisesti (Singh & Gopinathan 2013). Kyynärluun distaalinen kasvulevy on kartionmallinen (kirjassa Newton & Nunamaker 1985), ja siten vaurioituu herkästi (katsauksessa Carrig 1983). Kasvulevyn sulkeutuminen voi johtua myös muun muassa hypertrofisesta osteodystrofiasta (kirjassa Newton & Nunamaker 1985) tai geneettisistä syistä (katsauksessa Fox 1984).

On tärkeää tunnistaa onko PCDUP:in etiologiana trauma vai perinnölliset tekijät, jotta jalostukseen liittyviä asianmukaisia suosituksia voitaisiin antaa (katsauksessa Weigel 1987). On arveltu, että PCDUP olisi skyenterriereillä resessiivisesti periytyvä, mutta vaihtelevasti ilmennetty piirre (Lau 1977). On myös viitteitä siitä, että PCDUP assosioituu kondrodystrofiaan, ja että joillakin yksilöillä on siihen perinnöllinen alttius (Rasmussen & Reimann 1977). Kuitenkaan ei tiedetä johtuuko perinnöllinen alttius

Parkerin ym. (2009) osoittamasta kondrodystrofiaa aiheuttavasta retrogeenistä, vai onko taustalla jokin muu geneettinen tekijä.

Kirjallisuudessa on siis viitteitä PCDUP:in periytyvyydestä kondrodystrofisilla koirilla jo 1970-luvulta. Kuitenkaan edelleenkaan prevalenssia eri roduilla tai tarkkaa periytymismallia ei tiedetä, eikä PCDUP:in vastustamista juurikaan tehdä. Joidenkin kondrodystrofisten rotujen rotumääritelmässä luonnehditaan eturaajojen liikkeitä ”mataliksi” tai ”ei liioitellun korkeiksi” (Kennelliitto 2014). Lau (1977) kuvaili PCDUP:iä sairastavien skyenterriereiden eturaajojen liikkeitä mataliksi, kun raajan koukistus ja ojennus tuotettiin pelkästään olkapäästä.

Lisäksi osalla kondrodystrofisista roduista rotumääritelmien mukaan ihanneyksilöllä eturaajojen ”käyrät” tai ”hieman kaarevat”, kyynärvarsien ”edestä katsottuna yläosastaan hieman kaarevat” tai ”hieman kaareutuneet” tai etutassujen tulisi olla ”hieman ulospäin kääntyneet” tai ”hieman ulkokierteiset” (Kennelliitto 2014). Kuitenkin PCDUP:iin liittyy kyynärvarren kaareutuminen mediaalisuuntaan, ranteen valgus ja raajan kiertyminen ulospäin (Ramadan & Vaughan 1978, katsauksessa Fox 1984, kirjassa Newton & Nunamaker 1985). Rotumääritelmiä tulisi mielestäni tarkastella erittäin kriittisesti, jotta rodun ihanneyksilössä tai jalostuksen tavoitteena ei olisi sairaalloisia piirteitä.

Mediolateraaliröntgenkuvat, joissa kyynärpää on taivutettu 90° kulmaan ja säteilykeila keskitetty niveleen on osoitettu käyväksi menetelmäksi inkongruenssin arvioimiseen (Murphy ym. 1998). Olka-värttinäluunivelen ja olka-kyynärluunivelen nivelrakojen ero toisiinsa nähden tulisi olla vähintään 2 mm jotta röntgenkuvilla päästäisiin 90% tarkkuuteen ja 100% herkkyyteen inkongruenssin arvioimisessa (katsauksessa Michelsen 2013).

Gilson ym. (1989) määrittelivät tutkimuksessaan röntgenkuviin perustuvan inkongruenssi-indeksin, jonka avulla eri kokoisten koirien kyynärpäiden inkongruenssit olisivat keskenään vertailukelpoisia. Kuitenkin sekä Murpyn (1998) että Gilsonin ym. (1989) tutkimusten materiaali on pääasiassa ei-kondrodystrofisia koiria, ja menetelmien soveltuvuus kondrodystrofisille koirille pitäisi tutkia. Sen sijaan Lappalaisen ym. (lähetetty) käsikirjoituksessa kehitetty inkongruenssiasteikko on tehty nimenomaan

kondrodystrofisilla koirilla. Lisäksi tietokonetomografia (Gemmil ym. 2006), magneettikuvaus (Janach ym. 2006) ja niveltähystys (Wagner ym. 2007) on osoitettu menetelmiksi, joiden avulla kyynärvarren nivelrakoja voi tutkia. Tietokonetomografiakuvilla päästään 90% herkkyyteen silloin, kun olka-värttinäluunivelen ja olka-kyynärluunivelen nivelrakojen ero toisiinsa nähden on vähintään 1 mm (katsauksessa Michelsen 2013).

PCDUP, jolla on klinisiä vaikutuksia kyynärpäähän, tulisi hoitaa mahdollisimman aikaisin, jotta vakavalta nivelrikolta voitaisiin välttyä (katsauksessa Trostel ym. 2003, Theyse ym. 2005). Kirjallisuudessa on kuvattu useita eri leikkausvaihtoehtoja tuloksineen. Pääosin tutkimuksissa on mukana kaikkia koirarotuja ja useissa vain yksi tai muutama kondrodystrofinen koira tutkimusten muutenkin vähäisissä potilasmäärissä. Poikkeuksena mainittakoon Gilsonin ym. (1989) tutkimus, jossa 54% koirista oli kondrodystrofia. Lisäksi todettakoon, että yhdessäkään tutkimuksessa ei ollut kontrolliryhmiä ja hyvin monella tutkimusten koirista oli voimakkaat PCDUP:istä johtuvat muutokset kyynärvarressa ja -päässä.

Kirjallisuuden mukaan kondrodystrofisille koirille valittavaksi leikkaustekniikaksi voisi sopia kyynärluun osteoektomia distaalisen kasvulevyn kohdalle, mikäli tämä kasvulevy on sulkeutunut ja värttinäluun kasvulevyt ovat vielä auki (katsauksessa Weigel 1987). Ennuste valgus-asennon korjaantumiselle on hyvä, jos kyynär- ja värttinäluun kasvunopeudet saadaan osteoektomialla tasapainotettua. Kyynärvarren kiertymiseen tällä tekniikalla ei kuitenkaan pystytä vaikuttamaan. Toiminnallinen ennuste riippuu siitä miten hyvin kasvunopeudet saadaan tasapainotettua ja syntyykö raajaan nivelrikkoa. (Johnson 2013a) Mielestäni on kuitenkin syytä huomioida, että kirjallisuudessa ei ole Weigelin katsauksen (1987) jälkeen raportoitu tekniikan käytön tuloksista PCDUP:in hoidossa kondrodystrofisten koirien hoidossa.

Kyynärluun proksimaalinen kaksoisvino osteotomia on osoittautunut käytännössä tehokkaaksi tekniikaksi inkongruenssin hoidossa (katsauksessa Michelsen 2013). Se on tänä päivänä vallitseva käytäntö PCDUP:istä johtuvan inkongruenssin hoidossa (House 2013, Morelius, henkilökohtainen tiedonanto). Valitettavasti kaksoisvinon osteotomian pitkäaikaisista hyödyistä ja tekijöistä, jotka vaikuttavat ennusteeseen ei ole vielä julkaisuja (katsauksessa Michelsen 2013). Olisi erittäin mielenkiintoista verrata

esimerkiksi nivelrikon kehittymistä niillä koirilla, joilla on hoidettu PCDUP:istä johtuva inkongruenssi kaksoisvinolla osteotomialla niihin koiriin, joilla on todettu PCDUP:istä johtuva inkongruenssi, mutta jotka eivät ole saaneet leikkaushoitoa.

On kuitenkin hyvä huomioda, että kyynärluun proksimaalinen osteotomia yhdistettynä ydinnaulaukseen on jokseenkin samankaltainen tekniikka kuin kaksoisvino osteotomia ja tästä tekniikasta löytyy raportoituja hoitotuloksia kirjallisuudessa (Gilson ym. 1989). Gilson ym. (1989) havaitsivat, että raajan toiminnan ennusteeseen vaikutti tilastollisesti merkittävästi ennen leikkausta havaittu ontuma-aste ja inkongruenssin suuruus. Tässä Gilsonin ym. (1989) tutkimuksessa kondrodystrofisia koiria oli yli puolet hoidetuista koirista.

Jos pelkkä inkongruenssin korjaus ei riitä, vaan myös varttinäluun asentoa täytyy korjata, päädytään varttinäluun osteotomiaan. Kaikista tässä liseniaatintyössä esitellyistä tekniikoista, paitsi kaarevasta osteotomiasta, on raportoitu kohtalaisia tai hyviä tuloksia myös kondrodystrofisilla koirilla (Forell & Schwartz 1993, Marcellin-Little ym. 1998, Balfour ym. 2000, Theyse ym. 2005, Sereda ym. 2009, Coggeshall ym. 2014). Kuitenkin kondrodystrofisten koirien osuus näissä tutkimuksissa oli usein hyvin vähäinen. Mikäli varttinäluun asentoa korjataan, ennusteeseen lähinnä nivelrikon kehittymisen ja etenemisen suhteen näyttäisi vaikuttavan kliinisesti ennen leikkausta havaittavista asioista pääasiassa inkongruenssi (Forell & Schwartz 1993, Theyse ym. 2005) ja valgus-asennon vakavuus (Forell & Schwartz 1993).

LÄHDELUETTELO

- Balfour RJ, Boudrieau RJ, Gores BR. T - Plate Fixation of Distal Radial Closing Wedge Osteotomies for Treatment of Angular Limb Deformities in 18 Dogs. *Vet Surg* 2000, 29: 207-217.
- Beachley MC, Graham FH. Hypochondroplastic dwarfism (enchondral chondrodystrophy) in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1973, 163: 283-284.
- Bingel SA, Sande RD. Chondrodysplasia in the Norwegian Elkhound. *Am J Pathol* 1982, 107: 219-229.
- Breit S, Künzel W, Seiler S. Variation in the ossification process of the anconeal and medial coronoid processes of the canine ulna. *Res Vet Sci* 2004, 77: 9-16.
- Breur GJ, Zerbe CA, Slocombe RF, Padgett GA, Braden TD. Clinical, radiographic, pathologic, and genetic features of osteochondrodysplasia in Scottish deerhounds. *J Am Vet Med Assoc* 1989, 195: 606-612.
- Carrig C, Merkley D, Mostosky U. Asynchronous Growth of the Canine Radius and Ulna: Effects of Different Amounts of Ulnar Growth Retardation1. *Vet Radiology* 1978, 19: 16-22.
- Carrig CB. Growth abnormalities of the canine radius and ulna. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1983, 13: 91-115.
- Chapman WL. Appearance of ossification centers and epiphyseal closures as determined by radiographic techniques. *J Am Vet Med Assoc* 1965, 147: 138-141.
- Coggeshall J, Reese D, Kim S, Pozzi A. Arthroscopic - guided ulnar distraction for the correction of elbow incongruity in four dogs. *J Small Anim Pract* 2014, 55: 46-51.
- Constantinescu GM, Constantinescu IA. A clinically oriented comprehensive pictorial review of canine elbow anatomy. *Vet Surg* 2009, 38: 135-143.
- Conzemius MG, Smith GK, Brighton CT, Marion MJ, Gregor TP. Analysis of physal growth in dogs, using biplanar radiography. *Am J Vet Res* 1994, 55: 22-27.
- Demko J, McLaughlin R. Developmental orthopedic disease. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2005, 35: 1111-1135.
- Eljack H, Böttcher P. Relationship between axial radioulnar incongruence with cartilage damage in dogs with medial coronoid disease. *Vet Surg* 2015, 44: 174-179.
- Evans HE, DeLahunta A. Guide to the dissection of the dog. 7. p. Saunders, London 2009.
- Forell E, Schwarz P. Use of external skeletal fixation for treatment of angular deformity secondary to premature distal ulnar physal closure. *J Am Anim Hosp Assoc* 1993, 29: 460-476.
- Fox DB, Tomlinson JL, Cook JL, Breshears LM. Principles of uniapical and biapical radial deformity correction using dome osteotomies and the center of rotation of angulation methodology in dogs. *Vet Surg* 2006, 35: 67-77.

- Fox S. Premature closure of distal radial and ulnar physes in the dog. I. Pathogenesis and diagnosis. *Comp Cont Educ Pract* 1984, 6: 128-138.
- Franz-Odendaal TA. Induction and patterning of intramembranous bone. *Front Biosci* 2011, 16: 2734-2746.
- Gemmill T, Hammond G, Mellor D, Sullivan M, Bennett D, Carmichael S. Use of reconstructed computed tomography for the assessment of joint spaces in the canine elbow. *J Small Anim Pract* 2006, 47: 66-74.
- Gilson S, Piermattei D, Schwarz P. Treatment of Humero-ulnar Subluxation with a Dynamic Proximal Ulnar Osteotomy A Review of 13 Cases. *Vet Surg* 1989, 18: 114-122.
- Hansen HJ. A pathologic-anatomical study on disc degeneration in dog, with special reference to the so-called enchondrosis intervertebralis. *Acta Orthop Scand* 1952, 11: 1-117.
- House A. Elbow dysplasia: Options for Treatment. <http://webinars.veteducation.com.au/wp-content/images/Conference-2013-Elbow-dysplasia-notes.pdf>, haettu 12.4.2015, päivitetty 2013.
- Janach KJ, Breit SM, Künzel WW. Assessment of the geometry of the cubital (elbow) joint of dogs by use of magnetic resonance imaging. *Am J Vet Res* 2006, 67: 211-217.
- Johnson A. Management of Specific Fractures. Teoksessa: Fossum T, Duprey L, Huff T (toim.) *Small Animal Surgery*. 4. p. Mosby Elsevier, St. Louis 2013a: 1106-1619.
- Johnson K. Retardation of endochondral ossification at the distal ulnar growth plate in dogs. *Aust Vet J* 1981, 57: 474-478.
- Johnson A. Fundamentals of Orthopedic Surgery and Fracture Management. Teoksessa: Fossum T, Duprey L, Huff T (toim.) *Small Animal Surgery*. 4. p. Mosby Elsevier, St. Louis 2013b: 1033-1105.
- Johnson AL. Treatment of growth deformities with external skeletal fixation. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1992, 22: 209-223.
- Kapatkin A, Volk S, Keith D, McLearn R, Smith G. Elbow dysplasia in a Basset Hound-A case report following serial radiographic, computed tomographic and arthroscopic findings. *Vet Comp Orthopaed* 2003, 16: 11-15.
- Kennelliitto 2014. Koirarodut ja rotumääritelmät. <http://www.kennelliitto.fi/koirat/koirarodut-ja-rotumaaritelmat>, haettu 8.6.2014.
- König HE, Liebich H. Veterinary anatomy of domestic mammals: textbook and colour atlas. 4. p. Schattauer, Stuttgart 2009.
- Kronenberg HM. Developmental regulation of the growth plate. *Nature* 2003, 423: 332-336.
- Kyöstilä K, Lappalainen AK, Lohi H. Canine Chondrodysplasia Caused by a Truncating Mutation in Collagen-Binding Integrin Alpha Subunit 10. *Plos One* 2013, 8: 1-13.
- Lappalainen A. Radiographic Screening for Hereditary Skeletal Disorders in Dogs [väitöskirja]. Helsinki: Helsingin yliopisto 2013.

- Lappalainen AK, Hyvärinen T, Junnila J, Laitinen-Vapaavuori O. Radiographic evaluation of elbow incongruity in skye terriers. *J Small Anim Pract*. Lähetetty.
- Lau R. Inherited premature closure of distal ulnar physis. *J Am Anim Hosp Assoc* 1977, 13: 609-612.
- MacDonald J, Matthiesen D. Treatment of forelimb growth plate deformity in 11 dogs by radial dome osteotomy and external coaptation. *Vet Surg* 1991, 20: 402-408.
- Mackie E, Ahmed Y, Tatarczuch L, Chen K, Mirams M. Endochondral ossification: how cartilage is converted into bone in the developing skeleton. *Int J Biochem Cell Biol* 2008, 40: 46-62.
- Marcellin-Little D. Treating bone deformities with circular external skeletal fixation. *Comp Cont Educ Pract* 1999, 21: 481-491.
- Marcellin-Little D, Ferretti A, Roe S, DeYoung D. Hinged Ilizarov external fixation for correction of antebrachial deformities. *Vet Surg* 1998, 27: 231-245.
- Martinez S, Fajardo R, Valdes J, Ulloa-Arvizu R, Alonso R. Histopathologic study of long-bone growth plates confirms the basset hound as an osteochondrodysplastic breed. *Can J Vet Res* 2007, 71: 66-69.
- Martínez S, Valdés J, Alonso RA. Achondroplastic dog breeds have no mutations in the transmembrane domain of the FGFR-3 gene. *Can J Vet Res* 2000, 64: 243-245.
- Michelsen J. Canine elbow dysplasia: Aetiopathogenesis and current treatment recommendations. *Vet J* 2013, 196: 12-19.
- Murphy ST, Lewis DD, Shiroma JT, Neuwirth LA, Parker RB, Kubilis PS. Effect of radiographic positioning on interpretation of cubital joint congruity in dogs. *Am J Vet Res* 1998, 59: 1351-1357.
- Newton CD. Surgical management of distal ulnar physeal growth disturbances in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 1974, 164: 479-486.
- Newton CD, Nunamaker DM. Textbook of small animal orthopaedics. 1. p. Lippincott, Philadelphia 1985.
- Nienstedt W, Alho A. Lääketieteen termit : Duodecimin selittävä suursanakirja. 5. p. Duodecim, Helsinki 2007.
- Noser GA, Carrig CB, Merkley DF, Brinker WO. Asynchronous growth of the canine radius and ulna: effects of cross pinning the radius to the ulna. *Am J Vet Res* 1977, 38: 601-610.
- Owens JM, Biery DN. Radiographic interpretation for the small animal clinician. 2. p. Williams & Wilkins, Baltimore 1998.
- Parker HG, VonHoldt BM, Quignon P, Margulies EH, Shao S, Mosher DS, Spady TC, Elkhouloun A, Cargill M, Jones PG, Maslen CL, Acland GM, Sutter NB, Kuroki K, Bustamante CD, Wayne RK, Ostrander EA. An expressed fgf4 retrogene is associated with breed-defining chondrodysplasia in domestic dogs. *Science* 2009, 325: 995-998.

- Provot S, Schipani E. Molecular mechanisms of endochondral bone development. *Biochem Biophys Res Commun* 2005, 328: 658-665.
- Quinn MK, Ehrhart N, Johnson AL, Schaeffer DJ. Realignment of the radius in canine antebrachial growth deformities treated with corrective osteotomy and bilateral (type II) external fixation. *Vet Surg* 2000, 29: 558-563.
- Ramadan R, Vaughan L. Premature closure of the distal ulnar growth plate in dogs—a review of 58 cases. *J Small Anim Pract* 1978, 19: 647-667.
- Rasmussen PG, Reimann I. Dysostosis enchondralis of the ulnar bone in the basset hound. *Acta Vet Scand* 1977, 18: 31-39.
- Rimoin DL. Endochondral ossification in achondroplastic dwarfism. *New Eng J Med* 1970, 283: 728-735.
- Riser W, Shirer J. Normal and abnormal growth of the distal foreleg in large and giant dogs. *Vet Radiol* 1965, 6: 50-64.
- Ross MH, Pawlina W. *Histology : a text and atlas with correlated cell and molecular biology*. 5. p. Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore 2006.
- Saarelma O 2012. Nivelrikko (artroosi).
http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00673, haettu 19.10.2014.
- Schaller O. *Illustrated veterinary anatomical nomenclature*. 2. p. Enke, Stuttgart 2007.
- Schoenmakers I, Hazewinkel HA, Voorhout G, Carlson CS, Richardson D. Effects of diets with different calcium and phosphorus contents on the skeletal development and blood chemistry of growing great danes. *Vet Rec* 2000, 147: 652-660.
- Schulz K. *Diseases of the Joints*. Teoksessa: Fossum T, Duprey L, Huff T (toim.) *Small Animal Surgery*. 4. p. Mosby Elsevier, St. Louis 2013: 1215-1374.
- Sereda CW, Lewis DD, Radasch RM, Bruce CW, Kirkby KA. Descriptive report of antebrachial growth deformity correction in 17 dogs from 1999 to 2007, using hybrid linear-circular external fixator constructs. *Can Vet J* 2009, 50: 723-732.
- Singh K, Gopinathan A. A Review on Etiopathogenesis and Medicinal Management of Ante Brachial Deformities in Growing Dogs. *Int J Mol Vet Res* 2013, 3: 13-22.
- Sjaastad OV, Hove K, Sand O. *Physiology of domestic animals*. 2 p. Scandinavian Veterinary Press, Oslo 2010.
- Skyenterrierikerho ry. Jalostuksen tavoiteohjelma 2014-2018 skyenterrieri.
<http://www.kolumbus.fi/skye/jto.pdf>, haettu 12.4.2015, päivitetty 14.10.2014.
- Theyse LF, Voorhout G, Hazewinkel HA. Prognostic factors in treating antebrachial growth deformities with a lengthening procedure using a circular external skeletal fixation system in dogs. *Vet Surg* 2005, 34: 424-435.
- Trostel, McLaughlin, Pool. Canine Elbow Dysplasia: Incidence, Diagnosis, Treatment, and Prognosis. *Compend Cont Educ Pract Vet* 2003, 25: 763-772.

Wagner K, Griffon DJ, Thomas MW, Schaeffer DJ, Schulz K, Samii VF, Necas A.
Radiographic, computed tomographic, and arthroscopic evaluation of experimental radio - ulnar
incongruence in the dog. Vet Surg 2007, 36: 691-698.

Weigel JP. Growth deformities. Vet Clin North Am Small Anim Pract 1987, 17: 905-922.