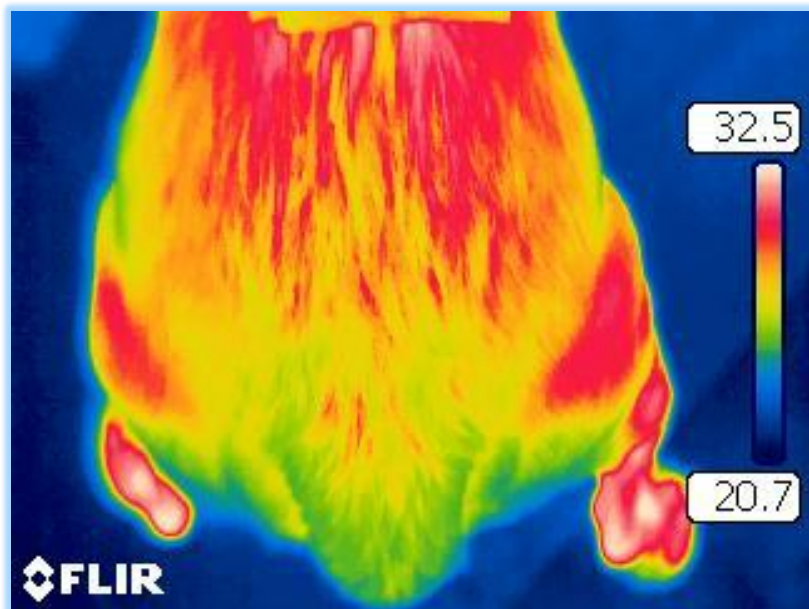




HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

Lämpökameran ja ontumatutkimuksen vertailu koiran lonkan alueen kiputilojen diagnosoimisessa

Eläinlääketieteen lisensiaatintutkielma



ELK Maija Savolainen

Helsingin yliopisto

Eläinlääketieteellinen tiedekunta

Helsinki 2014

Tiedekunta - Fakultet - Faculty Eläinlääketieteellinen tiedekunta		Osasto - Avdelning – Department Kliinisen hevos- ja pieneläinlääketieteen osasto	
Tekijä - Författare - Author Maija Johanna Savolainen			
Työn nimi - Arbetets titel - Title Lämpökameran ja ontumatutkimuksen vertailu koiran lonkan alueen kiputilojen arvioimisessa			
Oppiaine - Läroämne - Subject Eläinlääketiede			
Työn laji - Arbetets art - Level	Aika - Datum - Month and year	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages	
Lisensiaatintutkielma	22.04.2014	59	
Tiivistelmä - Referat – Abstract			
<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla lämpökameran ja visuaalisen ontumatutkimuksen tuomaa tietoa koiran lonkan alueen kiputilojen diagnosoimisessa. Tutkimuksessa selvitettiin, voidaanko lämpökameratutkimuksen avulla vahvistaa visuaalisen liikkeiden arvioimisen perusteella tehtyjä havaintoja koiran liikkumisesta ja liikkumisen mahdollisesta vaikeudesta, ja voidaanko tätä tietoa soveltaa käytännön työssä.</p> <p>Tutkimukseen osallistui 49 koiraa, joiden lonkkanivelet oli arvosteltu virallisesti Suomen Kennelliitossa. Tutkimukseen otettiin mukaan sekä normaalilonkkaisia että lonkkanivelen kehityshäiriötä sairastavia koiria. Koiran lonkkien välisen lämpötilaerotuksen määrittämiseen käytettiin lämpökameralla otettuja kuvia, joissa näkyi koiran takaselän ja lonkan alue suoraan ylhäältäpäin kuvattuna.</p> <p>Lämpökamerakuvantamisen jälkeen koirille tehtiin visuaalinen ontumatutkimus, jossa niiden liikkumista arvioitiin tarkkailemalla ravilla liikkuvaa koiraa edestä ja takaa sekä ympyrällä molempiin suuntiin. Lisäksi arvioitiin koiran maahan meno, makuulta nousu, ja matalan hypyn suorittaminen. Liikkeet arvosteltiin viisiportaisen asteikon perusteella visuaalisesti havaitun liikkumisvaikeuden vakavuusasteen mukaan. Erityistä huomiota kiinnitettiin koiran takaraajojen mahdolliseen ontumaan. Lisäksi koiran liikkuminen arvioitiin yleisellä tasolla.</p> <p>Tilastollista analyysia varten määritettiin koirien lonkan alueen lämpötilaerotuksen keskiarvot. Koirat jaettiin tilastollista analyysia varten kolmeen eri ryhmään sen mukaan, havaittiinko niillä ontumatutkimuksessa joko toisen tai molempien takaraajojen ontuma, vai olivatko ne kliinisesti ontumattomia. Tämän lisäksi koirat jaettiin viiteen eri ryhmään niiden liikkumisen yleisarvion perusteella. Aineiston käsittelyssä verrattiin lonkkanivelten välisen lämpötilaerotuksen ja ontumisen, liikkumisen yleisarvion ja ontumisen, sekä lonkkanivelten lämpötilaerotuksen ja liikkumisen yleisarvion välistä yhteyttä.</p> <p>Koiran lonkkanivelten alueen välisen lämpötilaerotuksen ja ontumisen välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää yhteyttä. Suurimmat lämpötilaerotukset havaittiin ryhmässä, jossa koirat ontuivat vain toista takajalkaansa. Toispuolinen takajalkojen ontuma aiheuttaa yleensä painonjakautumisen epätasaisesti takaraajojen välillä, joten tutkimustulos oli odotettavissa. Pienimmät lämpötilaerotukset puolestaan havaittiin ryhmässä, jossa koirat ontuivat molempia takajalkojaan. Liikkumisen yleisarvio ja lonkkanivelten alueen välinen lämpötilaerotus eivät korreloineet keskenään. Liikkumisen yleisarvio ja ontuminen puolestaan korreloivat merkitsevästi keskenään, joka on odotettavissa ollut tulos.</p> <p>Tutkimustuloksia saattoi vääristää se, että tutkimukseen osallistuneiden koirien turkin laatu vaihteli suuresti. Paksu, tiivis tai pitkä karva eristää lämpökameralla havaittavan lämpösäteilyn määrää tehokkaasti, jolloin lonkan alueen todellisia lämpötiloja ei voida luotettavasti mitata lämpökameran avulla. Tutkimustulokset eivät vahvistaneet hypoteesia, että kliinisesti havaittava takaraajojen ontuma aiheuttaisi lämpökameran avulla havaittavia systemaattisia lämpötilaeroja lonkan alueelle. Lämpökameraa ei voida ilman lisätutkimuksia hyödyntää koiran lonkan alueen kiputilojen diagnosoimisessa tai vahvistaa sen avulla kliinisessä ontumatutkimuksessa havaittuja ontumia.</p>			
Avainsanat - Nyckelord - Keywords lämpökamerakuvantaminen, lonkkanivelen kehityshäiriö, nivelrikko, ontumatutkimus			
Säilytyspaikka - Förvaringställe - Where deposited Eläinlääke- ja elintarviketieteiden (EE) -talon Oppimiskeskus			
Työn johtaja (tiedekunnan professori tai dosentti) ja ohjaaja(t) - Instruktor och ledare - Director and Supervisor(s) Marja Raekallio ja Mari Vainionpää			

Sisällysluettelo:

1 JOHDANTO.....	1
2 KIRJALLISUUSKATSAUS.....	3
2.1 Yleisimpiä lonkan alueen kiputiloja koirilla.....	3
2.1.1. Nivelrikko.....	3
2.1.2. Lonkkanivelen kehityshäiriö.....	5
2.1.3. Lihas- ja jänneauriot.....	9
2.2 Nykyiset diagnosointimenetelmät.....	11
2.2.1 Kliininen palpaatiotutkimus.....	12
2.2.3 Radiologinen kuvantaminen.....	14
2.2.3.1 Kuvaustekniikat.....	15
2.2.4 Kliininen ontumatutkimus.....	18
2.2.5 Kinemaattinen liikeanalyysi.....	21
2.2.6 Voimalevytutkimus.....	23
2.3 Lämpökamerakuvantaminen.....	25
2.3.1 Kameran toimintaperiaate.....	25
2.3.2 Lämpökamerakuvaus lääketieteessä.....	26
2.3.3 Lämpökameran käyttö eläintutkimuksissa.....	27
2.3.4 Lämpökameran käyttö eläinlääketieteessä.....	30
2.3.5 Käyttöön liittyvät periaatteet.....	32
2.3.6 Kuvauksessa huomioitavia tekijöitä.....	33
2.3.7 Kliiniset sovellukset eläinlääketieteessä.....	34
2.3.8 Yhteys muihin kuvantamistekniikkoihin.....	37
3 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	38
3.1 Eläimet.....	38
3.2 Lämpökamera.....	38

3.3 Tutkimuksen suorittaminen.....	40
3.4 Lämpökamerakuvien käsittely.....	40
3.5 Liikkeiden arvioiminen.....	41
3.6 Tilastolliset menetelmät.....	41
4 TULOKSET.....	42
5 POHDINTA.....	45
6 KIITOKSET.....	49
7 LÄHDELUETTELO.....	50

JOHDANTO

Lonkkanivelen kehityshäiriö ja siitä johtuva nivelrikko on yksi yleisimmistä koirien ortopedisistä sairauksista, jotka johtavat usein krooniseen kipuun ja lonkkien toiminnalliseen vaikeuteen (katsauksessa Remedios & Fries 1995, Black ym. 2002). Myös lihas- ja jänneauriot aiheuttavat koiran lonkan alueen kiputiloja (Vaughan 1979, Steiss 2002, Nielsen & Pluhar 2005). Lonkan alueen kiputilat voivat aiheuttaa liikkumisen vaikeutumista, joka kliinisesti havaitaan takajalkojen ontumana.

Lonkkanivelen kehityshäiriö todetaan tyypillisesti röntgenkuvauksen avulla. Röntgenkuvauksella voidaan myös havaita nivelrikon aiheuttamia muutoksia nivelissä. Lonkkanivelen kuvaustekniikoita on erilaisia. Yleisimmin käytetään perinteistä ekstensiomenetelmää, jossa koira asetetaan selälleen takaraajat taaksepäin suoraan ojennettuna (katsauksessa Fries & Remedios 1995). Lonkkanivelet voidaan arvostella ja lausua virallisesti niiden rakenteen ja niissä mahdollisesti havaittavien radiologisten muutosten perusteella Suomen kennelliitossa (Suomen Kennelliitto 2008 ja 2013a).

Koiran lonkan alueen kiputilojen ja niistä johtuvien liikkumisvaikeuksien diagnosoiminen on perinteisesti tapahtunut visuaalisen, kliinisen ontumatutkimuksen perusteella, jossa koiraa tarkkaillaan eri suunnista sen liikkuessa tasaisella nopeudella symmetristä askellajia kuten käyntiä tai ravia (Leach ym. 1977). Liikkumista voidaan tutkia myös kinemaattisen liikeanalyysin sekä voimalevytutkimuksen avulla, mutta näihin tarvittavaa erikoisvälineistöä ei ole yleisesti saatavilla käytännön praktiikassa (katsauksessa Gillette & Angle 2008, Voss ym. 2009). Kinemaattisen liikeanalyysin avulla saatu tieto tarjoaa informaatiota lihaksiston ja luuston tilasta sekä ontumisen asteesta, ja sen avulla saadaan tietoa jokaisen nivelen toiminnasta erikseen (Bockstahler ym. 2007, katsauksessa Gillette & Angle 2008). Voimalevytutkimuksissa eläimen liikkumista ja ontumista voidaan arvioida objektiivisesti kineettisten järjestelmien kuten voimalevyjen tai -mattojen avulla. Voimalevytutkimuksen avulla saadaan tietoa yksittäiseen raajaan kohdistuvan kuormituksen määrästä (katsauksessa Gillette & Angle 2008).

Koiran lonkan alueen kiputiloja voidaan havaita myös palpaatiotutkimuksen avulla. Esimerkiksi lonkkanivelen kehityshäiriö voi ilmetä lonkkaniveltä käsin tunnusteltaessa lonkkanivelen löysyytenä ja kipureaktiona lonkkaniveltä ojennettaessa (katsauksessa Fries & Remedios 1995) ja lonkkanivelen kehityshäiriöstä johtuva nivelrikko kipureaktiona tai rahinana niveltä manipuloitaessa tai nivelen turvotuksena (Edge-Hughes 2007). Lihaskivertä johtuvat lihaskireydet voidaan havaita yleensä käsin tunnustelemalla ja joskus saadaan esille kipureaktio erityisesti vaurioitunutta lihasta venytettäessä. Lihaskivertä voidaan myös tutkia esimerkiksi ultraäänien tai magneettikuvauksen avulla (Steiss 2002, Nielsen & Pluhar 2005).

Lämpökamerakuvantaminen on turvallinen ja ei-invasiivinen menetelmä, jonka avulla voidaan tutkia elimistön fysiologisia ja patologisia toimintoja. Muutokset elimistön verenkierrossa voidaan havaita lämpökameran avulla ihon pintalämpötilan muutoksina (Turner 2001). Lämpökamerakuvantamisen lääketieteelliset sovellukset ovat viime vuosina olleet kasvavan mielenkiinnon kohteena lämpökameratekniikan ja kuvankäsittelyohjelmistojen kehittymisen johdosta (Jones 1998, Head & Elliot 2002). Lämpökamerakuvantamista on sovellettu lääketieteessä sekä ihmisillä että eläimillä. Sitä käytetään erityisesti apuna sairauksien diagnostiikassa, hoitovasteen seurannassa sekä normaaliin fysiologisten toimintojen tutkimisessa (Jones 1998).

Ihmisillä lämpökamerakuvausta on hyödynnetty esimerkiksi kasvainsairauksien diagnostiikassa (NG & Kee 2008), nivelrikkomuutosten tutkimisessa (Varju ym. 2002), keuhkosairauksien luokittelussa (Ni ym. 2013), palovammojen asteen ja laajuuden (Hardwicke ym. 2013) sekä neurologisen kivun arvioimisessa (Park ym. 2012), silmänpainetaudin diagnostiikassa (Galassi ym. 2007) ja urheilulääketieteen osa-alueella (Jiang ym. 2005).

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, voidaanko lämpökamerakuvantamisen avulla saada tietoa koiran lonkan alueen kiputiloista ja voidaanko tätä tietoa verrata ontumatutkimuksen perusteella tehtyihin havaintoihin koiran liikkumisesta. Lämpökamerakuvantamista on käytetty ontumatutkimuksen apuvälineenä vauriokohdan paikallistamisessa hevosilla, ja lämpökamerakuvauksen avulla voidaan vahvistaa kliinisessä tutkimuksessa esille tullutta tietoa eläimen kunnosta (Turner 2001). Oletuksena oli että koirilla, joilla havaitaan ontumatutkimuksen perusteella takaraajojen ontuma, lämpöjakauma takaraajoissa on normaalista poikkeava. Tutkimus rajattiin koiran lonkan alueen kiputiloista johtuvaan liikkumisen vaikeuteen, ja lämpökamerakuvauksessa keskityttiin tutkimaan koirien lonkkien

alueen lämpötiloja. Tutkimus tehtiin osana suurempaa tutkimusta, jossa verrattiin kolmen erottelukyvyltään erilaisen lämpökameran ja eri kuvaajien välistä toistettavuutta ja luotettavuutta (Vainionpää ym. 2012a).

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

2.1 Koiran lonkan alueen yleisimmät kiputilat

2.1.1 Nivelrikko

Nivelrikko on rappeumasairaus, jossa nivelrusto vaurioituu vähitellen (Mortellaro 2003, katsauksessa Clements ym. 2006). Nivelrikkomuutokset ulottuvat nivelruston lisäksi myös rustonalaiseen luuhun ja nivelkalvoihin (Mortellaro 2003). Koirien nivelrikko on hitaasti etenevä, rappeuttava sairaus, joka johtaa lopulta nivelen toimintahäiriöön ja nivelkipuun, joka ilmenee kliinisesti useimmiten liikkumisen vaikeutumisenä (Mortellaro 2003, katsauksessa Clements ym. 2006, Aragon ym. 2007). Koirilla lonkkanivelten nivelrikko kehittyy yleensä sekundaarisena lonkkanivelen kehityshäiriön seurauksena (Clements ym. 2006), kun taas ihmisillä lonkkanivelen nivelrikko esiintyy tyypillisesti primaarina sairautena (Goldring 2000).

Nivelrikko on yleisimpiä syitä koiran krooniseen kipuun (Black ym. 2002, Moore ym. 2002). Arviolta yli 20 %:lla koirista on yli vuoden iässä jonkin asteisia nivelrikkomuutoksia (Aragon ym. 2007). Nivelrikon aiheuttamat ongelmat olivat yleisimmät työkoirien poistosyyt Yhdysvaltojen armeijan työkoirilla tehdyssä tutkimuksessa ja lonkkanivelen kehityshäiriön aiheuttama nivelrikko oli yleisin syy palvelukseen koulutettujen työkoirien poistamiseen palveluksesta (Moore ym. 2002).

Nivelrikon kehittymisen taustalla on usean eri tekijän yhteisvaikutus. Näitä ovat geneettinen taipumus, paikallinen tulehdusreaktio, niveleen vaikuttavat mekaaniset voimat ja solujen biokemiallisten prosessit (Goldring 2000). Nivelrikkomuutosten kehittymisen taustalla on

useita eri geenejä, jotka ilmentävät nivelruston soluväliainetta hajottavia entsyymejä, solujen välisestä viestinnästä vastaavia hormoneja ja kasvutekijöitä (Goldring & Goldring 2003, katsauksessa Clements ym. 2006.). Eri koirarotujen väliset geneettiset erot vaikuttavat todennäköisesti nivelrikon kehittymisen todennäköisyyteen ja ilmenemisen vakavuusasteeseen (katsauksessa Clements ym. 2006).

Nivelrusto koostuu lasirustosta, josta puuttuvat sekä hermot että verisuonet. Rustokudosta muodostavat rustosolut ovat nivelruston ainoita soluja. Rustosolut ylläpitävät nivelruston soluväliaineen homeostaasia eli sisäistä tasapainoa erittämällä soluväliaineeseen sekä sen rakenteellisia osia kuten kollageenia että soluväliainetta hajottavia tekijöitä (Mortellaro 2003). Suurin osa nivelruston soluväliaineesta koostuu kollageeniproteiineista. Nivelrikon varhaisessa vaiheessa muiden soluväliaineen proteiinien kuin kollageenin määrä kasvaa samalla kun nivelnesteiden määrä lisääntyy (katsauksessa Clements ym. 2006). Nivelrikon aiheuttaman tulehdusreaktion johdosta hajottavien tekijöiden toiminta kiihtyy, jolloin nivelrustoon kehittyy eteneviä rappeumamuutoksia (Mortellaro 2003).

Nivelrikko aiheuttaa ensimmäisenä muutoksia nivelrustoon. Nivelruston pinta muuttuu karkeaksi, lohkeilevaksi ja hauraaksi. Ajan kuluessa nivelrusto ohenee, muuttuu pehmeämmäksi ja väriltään kellertäväksi (Mortellaro 2003). Lopulta muutokset kattavat koko nivelpinnan ja rappeutuneiden nivelien reunoille alkaa muodostumaan uudisluita eli luupiikkejä rustonalaisen luun tiheyden kasvaessa (Mortellaro 2003, katsauksessa Clements ym. 2006). Luupiikeistä voi irrota irtokappaleita nivelrakkoon, jossa ne aiheuttavat tulehdusreaktiota. Rustonalaiseen kovettuneeseen luuhun syntyy helposti myös pieniä hiusmurtumia ja onteloita (Mortellaro 2003). Koirien nivelrikolle tyypillistä on myös nivelkalvojen tulehdus, joka johtuu sekä niveleen kohdistuvista mekaanisista muutoksista että niveltä ärsyttävistä tekijöistä kuten luupiikeistä irronneista irtoluukappaleista nivelraossa ja tulehduksen välittäjäaineista, joita nivelkalvon ja nivelruston solut erittävät (Vaughan-Scott & Taylor 1997, Mortellaro 2003, Goldring & Goldring 2004, katsauksessa Clements ym. 2006.). Nivelkalvon tulehdus aiheuttaa nivelkalvon paksuuntumista, verenkierron muutoksia ja tulehduksen välittäjäaineiden kertymistä niveleen (Mortellaro 2003).

Nivelen kuormitus on tärkeää terveen nivelruston ylläpidon kannalta, mutta nivelen kasvanut kuormitus esimerkiksi ylipainon johdosta tai muutokset niveleen kohdistuvien voimien suunnassa voivat kuitenkin olla haitallisia nivelen hyvinvoinnille. Nivelrikolla ja ylipainolla on havaittu yhteys sekä ihmisillä että koirilla (katsauksessa Marshall ym. 2009).

Ylipaino itsessään voi altistaa nivelrikkomuutoksille niveleen kohdistuvan kasvaneen kuormituksen takia, mutta ylipainon ja nivelrikkomuutosten välillä on todennäköisesti myös aineenvaihdunnallinen yhteys mekaanisen rasituksen lisäksi. Ylipainoisilla ihmisillä on havaittu alttius painoa kannattelemattomien nivelten kuten sorminivelten nivelrikolle (Dahaghin ym. 2007). Koiran laihduttaminen parantaa yleensä lonkkanivelen nivelrikkomuutoksista kärsivien koirien takaraajojen toimintaa (katsauksessa Marshall ym. 2009).

2.1.2 Lonkkanivelen kehityshäiriö

Lonkkanivelen kehityshäiriö on yleinen kehityksellinen ongelma, jonka vaikutus koirapopulaatiossa on merkittävä (katsauksessa Fries & Remedios 1995). Se on yksi yleisimmistä koirien ortopedisistä sairauksista ja johtaa usein krooniseen kipuun sekä lonkkien toiminnalliseen vaikeuteen (katsauksessa Remedios & Fries 1995). Lonkkanivelen kehityshäiriötä tavataan useimmilla roduilla, mutta se on yleisin nopeasti kasvavilla suurten rotujen edustajilla (van Hagen ym. 2005). Lonkkanivelen kehityshäiriö on yhtä yleinen urosten ja narttujen keskuudessa (katsauksessa Fries & Remedios 1995). Sairauden esiintymistiheys vaihtelee roduittain ollen joillakin roduilla jopa 74 % (katsauksessa Kapatkin ym. 2002). Bulldoggeilla lonkkanivelen kehityshäiriön esiintymisfrekvenssi on 70,5 % ja bernhardinkoiralla 48,2 %. Venäjänvinttikoirilla esiintymisfrekvenssi taas on vain 1,9 % (katsauksessa Fries & Remedios 1995). Vaikka lonkkanivelen kehityshäiriö on yleinen sairaus, se ei aina aiheuta kliinisiä oireita etenkin jos lonkkanivelen muutokset ovat lieviä (katsauksessa Kapatkin ym. 2002).

Lonkkanivelen kehityshäiriö on monimutkainen kehityksellinen tila, joka johtaa epänormaalien lonkkanivelen muodostumiseen. Tila ei ole synnynnäinen, sillä pennuilla joilla on geneettinen alttius lonkkanivelen kehityshäiriölle, on syntyessään normaalit lonkat. (katsauksessa Fries & Remedios 1995) Ominaista koirien lonkkanivelen kehityshäiriölle on nivelkapselin löysyyden aiheuttama lonkkanivelen subluksaatio eli osittainen sijoiltaan meno (katsauksessa Fries & Remedios 1995, Smith ym. 2001, katsauksessa Kapatkin ym. 2002, katsauksessa Clements ym. 2006). Lonkkanivelen osittaisessa sijoiltaanmenossa reisiluun pää siirtyy pois lonkkamaljasta sen yläreunan ulkopuolelle (Farese ym. 1998). Lonkkien löysyyden aiheuttama subluksaatio on luokiteltu kahteen eri tyyppiin. Passiivinen subluksaatio havaitaan joko radiologisesti tai käsin tunnustelemalla koiralta, jonka lihakset

ovat rentoina. Toiminnallinen subluksaatio on lonkkanivelen kehityshäiriölle patognominen eli luonteenomainen oire. Toiminnallinen subluksaatio ilmenee silloin, kun raajalle varataan painoa. Toiminnallisen subluksaation mittaamiseksi ei ole tällä hetkellä olemassa luotettavaa menetelmää (katsauksessa Kapatkin ym. 2002). Aiempien tutkimusten perusteella (Smith ym. 2001, katsauksessa Kapatkin ym. 2002) passiivinen lonkkanivelen löysyys on ensisijainen riskitekijä nivelrikon kehittymiselle. Toiminnallisen subluksaation osuutta nivelrikon kehittymiselle ei ole tutkittu luotettavasti, mutta sillä oletetaan olevan suuri merkitys asiassa (Smith ym. 2001). Passiivinen lonkkanivelen subluksaatio muuttuu todennäköisesti toiminnalliseksi silloin, kun raajalle varataan painoa. Nivelrustoon kohdistuva rasitus aiheuttaa tällöin rustovaurioita ja pieniä murtumia, jotka johtavat tulehduksen välittäjäaineiden vapautumiseen ja nivelrikon kehittymiseen (katsauksessa Kapatkin ym. 2002).

Sairastuneilla yksilöillä lonkkaniveleen kehittyi noin neljän viikon ikäisenä lievä ödemaattinen nivelkalvon tulehdus, joka aiheuttaa reisiluun pään nivelsiteen arpeutumisen. Nämä muutokset johtavat 12 viikon ikään mennessä nivelkalvon ja -ruston rakenteen muutoksiin sekä nesteen kertymiseen niveleen. Nivelen turvotus ja nivelkapselin lisääntyvä venytys lisäävät nivelen löysyyttä ja altistavat lonkkanivelen subluksaatiolle silloin, kun jalalle varataan painoa. Subluksaation takia paino jakautuu niveleen epätasaisesti. Tämän seurauksena luutumisen hidastuu kohdissa, joille varataan vähemmän painoa, ja nopeutuu kohdissa, joille painoa varataan enemmän (katsauksessa Fries & Remedios 1995). Epänormaali painon jakautuminen lonkkanivelessä on suuri riskitekijä nivelrikon kehittymiselle (katsauksessa Remedios & Fries 1995).

Lonkkanivelen kehityshäiriö on perinnöllinen sairaus (katsauksessa Fries & Remedios 1005), jonka taustalla on useiden satojen geenien yhteisvaikutus (katsauksessa Fries & Remedios 1995, katsauksessa Kapatkin ym. 2002, van Hagen ym. 2005). Sairastuneen yksilön taudinkuvan vakavuus riippuu viallisten geenien kokonaismäärästä (katsauksessa Fries & Remedios 1995). Useat erilaiset ympäristötekijät voivat vaikuttaa geenien ilmentymiseen ja määrittellä sairauden etenemisnopeuden ja vakavuusasteen, mutta ympäristötekijät yksin eivät riitä aiheuttamaan lonkkanivelen kehityshäiriötä (katsauksessa Fries & Remedios 1995, katsauksessa Kapatkin ym. 2002).

Nivelrikon esiintyvyys kasvaa iän myötä (katsauksessa Kapatkin ym. 2002, van Hagen ym. 2005). Van Hagen ym. (2004) selvittivät tutkimuksessaan lonkkanivelen kehityshäiriöstä johtuvan takajalkojen ontuman esiintymistiheyttä, riskitekijöitä ja perinnöllisyyttä

boksereilla. Yli viisivuotiailla koirilla oli 1,8 kertaa suurempi riski oireilevan lonkkanivelen kehityshäiriön ilmenemiselle kuin nuoremmilla koirilla. Iän vaikutus lonkkanivelen kehityshäiriön ja nivelrikon esiintymistodennäköisyyden kasvuun on kuvattu myös muilla roduilla. Smith ym. (2001) havaitsivat tutkimuksessaan nivelrikon esiintymistodennäköisyyden kasvavan huomattavasti iän myötä saksanpaimenkoirilla, rottweilereilla, kultaisilla noutajilla sekä labradorinnoutajilla. Esimerkiksi 4-11 kuukauden ikäisillä rottweilereilla, joiden lonkkien distraktiaindeksi (DI) oli 0,8, nivelrikon esiintymistodennäköisyys oli alle 10 %. 12-23 kuukauden ikäisillä rottweilereilla, joiden lonkkien distraktiaindeksi oli sama, nivelrikon todennäköisyys oli suunnilleen 30 %. Yli 24 kuukauden ikäisillä rottweilereilla nivelrikon todennäköisyys oli jo noin 58 %. Distraktiaindeksi on lonkkien passiivisen löysyyden mitta, jota voidaan käyttää apuna lonkkaniveliin kehittyvien nivelrikkomuutosten riskin arvioimisessa. Distraktiaindeksin määrittämistä varten mitataan reisiluun pään suhteellinen siirtymä pois lonkkamaljasta röntgenkuvien perusteella (Smith ym. 1993). Kastroiduilla ja steriloiduilla boksereilla oli toisen tutkimuksen mukaan 1,5 kertaa suurempi riski sairastua lonkkanivelen kehityshäiriöön kuin leikkaamattomilla koirilla (van Hagen ym. 2005). Kasvanut riski voi liittyä ruumiinpainon lisääntymiseen, sillä kastroidi ja sterilointi johtavat usein painon nousuun kuuden kuukauden sisällä leikkauksesta (Maarschalkeweerd ym. 1997). Impellizeri ym. (2000) havaitsivat tutkimuksessaan, että ylipainoisten koirien painonpudotus yksinään riitti joissakin tapauksissa vähentämään merkittävästi lonkkanivelen kehityshäiriöstä johtuvaa takajalkojen ontumaa. Korkea syntymäpaino, nopea kasvu ja suuri aikuiskoko kasvattavat lonkkanivelen kehityshäiriön riskiä. Suuri pentuekoko vähensi lonkkanivelen kehityshäiriön esiintymistodennäköisyyttä johtuen mahdollisesti alhaisemmista syntymäpainoista (van Hagen ym. 2005). Ruokavaliolla on vaikutus nivelrikon kehittymiselle. Genotyypiltään sellaisilla koirilla, joilla oli riski sairastua lonkkanivelen kehityshäiriöön, oli vielä yli kahdeksan vuoden iässä normaalit lonkkanivelten ilmiäiset, kun niitä oli ruokittu rajoittavalla ruokavaliolla (katsauksessa Kapatkin ym. 2002). Kealy ym. (2000) havaitsivat tutkimuksessaan, että koirilla, jotka saivat kasvukautenaan 25 % vähemmän ruokaa kuin kontrollikoirat, nivelrikon esiintyvyys ja vakavuusaste oli vähäisempää kahdeksan vuoden iässä.

Koska lonkkanivelen kehityshäiriö on perinnöllinen sairaus, sen esiintymistiheyteen on pyritty vaikuttamaan jalostusvalinnoilla. Nykysuositusten mukaan jalostukseen tulisi käyttää vain tervelonkkaisia koiria, joiden vanhemmilla ja isovanhemmilla on terveet lonkat (katsauksessa Fries & Remedios 1995). Fluckiger ym. (1997) tutkivat lonkkanivelten

löysyyden vakavuusasteen ja nivelrikon välistä yhteyttä sekä rotukohtaisia ominaispiirteitä ohjaamaan jalostusvalintoja. Tutkimustulosten perusteella jalostukseen tulisi käyttää vain koiria, joilla on terveet lonkat ja distraktioindeksi korkeintaan 0,35. Tämä olisi rajannut 51 % tutkituista koirista jalostuksen ulkopuolelle. Käytännössä tämän kaltainen jalostus kaventaa geneettistä monimuotoisuutta liikaa, eikä siksi monissa tapauksissa ole järkevää. Jalostusohjelmista huolimatta lonkkanivelen kehityshäiriöllä on edelleen suuri taloudellinen ja emotionaalinen merkitys koirien kasvattajille ja omistajille (katsauksessa Fries & Remedios 1995), sillä jalostusohjelmien vaikutus lonkkanivelen kehityshäiriön kontrolloimisessa on ollut vähäistä. OFA:n (Orthopedic Foundation of Animals) ylläpitämän tilaston mukaan lonkkanivelen kehityshäiriö ei ole merkittävästi vähentynyt viimeisen 20 vuoden aikana. Ainoa tulosten perusteella merkittävä parannus oli erinomaisen lonkkatuloksen saaneiden koirien määrän prosentuaalinen kasvu 7,8 %:sta 10,6 %:in (katsauksessa Kapatkin ym. 2002). Suomessa tehdyn tutkimuksen mukaan lonkkanivelen kehityshäiriön esiintyvyyttä saksanpaimenkoirilla ei ole merkittävästi pystytty vähentämään vuosina 1985- 1997, kun jalostusvalinnat lonkkien osalta ovat perustuneet lonkkien subjektiiviseen arviointiin (Leppänen ym. 2000).

Lonkkanivelen löysyyden oletetaan olevan ainakin osin perinnöllistä. Lonkkanivelen löysyyden ja lonkkanivelen kehityshäiriön yhteyttä tutkittaessa on havaittu, että pennuilla, joiden vanhemmilla oli terverakenteiset lonkat, distraktioindeksit olivat merkitsevästi alhaisemmat kuin pennuilla, joiden vanhemmilla oli lonkkanivelen kehityshäiriö (katsauksessa Fries & Remedios 1995). Roduilla, joilla tiedetään esiintyvän vähän lonkkien kehityshäiriötä, distraktioindeksin keskiarvo on yleensä alle 0,3 ja lonkkia voidaan pitää tiivisrakenteisina. Riski nivelrikkomuutosten kehittymiselle tällaisissa lonkissa on pieni. Roduilla, joilla lonkkanivelen kehityshäiriötä taas esiintyy kohtalaisen paljon, on keskimäärin selkeästi suuremmat distraktioindeksin arvot ja nivelrikkomuutosten kehittyminen lonkkaniveliin on todennäköisempää (katsauksessa Kapatkin ym. 2002). Suuri distraktioindeksin arvo kasvattaa riskiä lonkkanivelen kehityshäiriölle, mutta lonkkanivelen löysyys yksittäin ei välttämättä aiheuta sairauden kehittymistä (katsauksessa Fries & Remedios 1995, katsauksessa Kapatkin ym. 2002). Todennäköisyys nivelrikkomuutosten kehittymiselle vaikuttaa myös olevan ainakin osin rotusidonnaista, sillä erään tutkimuksen mukaan saksanpaimenkoirilla oli suurempi riski lonkkanivelen nivelrikkomuutosten kehittymiselle kuin kultaisilla noutajilla, rottweilereilla tai labradorinnoutajilla, vaikka tutkimuksessa mitatut distraktioindeksien arvot olivat keskimäärin näillä roduilla samaa tasoa (Smith ym. 2001).

Lonkkanivelten arvostelussa yleisesti käytetty luokitusjärjestelmä, jossa lonkkanivelet arvostellaan subjektiivisesti 12 tai 24 kuukauden iässä rakenteen perusteella joko normaaleiksi tai epänormaaleiksi, ei ole riittävän luotettava menetelmä määrittelemään jalostukseen käytettäviä yksilöitä (katsauksessa Kapatkin ym. 2002).

Lonkkakuvia arvostelevien asiantuntijoiden keskuudessa esiintyy usein tulkinnallisia eroja, jonka takia sairauden yleisyyden arviointi vaihtelee. Kun arvostelutarkkuutta ja yhdenmukaisuutta lonkkakuvien arvostelussa eri asiantuntijoiden välillä on tutkittu, on havaittu, että kuvien arvostelussa ja lonkkanivelten luokittelussa esiintyy runsaasti hajontaa eri arvostelijoiden välillä. Eräässä tutkimuksessa virallisten lonkka-arvostelujen ja mitattujen distraktioindeksien keskinäinen vertailu osoitti, että suurella osalla koirista, joiden lonkat oli arvosteltu erinomaisiksi tai hyviksi, distraktioindeksi oli yli 0,3. Tämän perusteella voidaan olettaa, että koiria joilla on riski sairastua lonkkanivelen kehityshäiriöstä johtuvaan nivelrikkoon, saatetaan käyttää jalostukseen niiden saaman hyvän lonkka-arvostelun perusteella. Rottweilereillä ja kultaisilla noutajilla lonkkanivelen kehityshäiriön esiintyvyys oli erään tutkimuksen mukaan kaksin- tai kolminkertainen verrattuna OFA:n ylläpitämään lonkkarekisteriin, joten lonkkanivelen kehityshäiriön rotukohtaista esiintyvyyttä on vaikea arvioida totuudenmukaisesti (katsauksessa Kapatkin ym. 2002).

Sairauden esiintymistiheyden ja vakavuusasteen kontrolloimista vaikeuttaa myös se, että lonkkanivelen kehityshäiriön ja siihen liittyvän nivelrikon kliiniset oireet alkavat usein vasta parhaiden lisääntymisvuosien jälkeen (Smith ym. 2001), jolloin useita koiria on jo ehditty käyttää jalostukseen.

2.1.3 Lihas- ja jännevauriot

Pehmytkudosvauriot ovat tyypillisiä koirien ortopedisiä ongelmia. Lihakset ovat alttiita haavoille ja ruhjeille, revähdyksille, repeämille, lihasjännitteille, lihaskouristuksille, rasitusvammoille ja lihasten kutistumille. Tyypillisimmät jänteisiin liittyvät vauriot ovat revähdyksiä ja repeämiä (Vaughan 1979, Nielsen & Pluhar 2005).

Ihmisillä lihasvauriot ilmenevät yleensä lihasten arkuutena, lihasten kireytenä ja kipuna. Koska lihasten rakenne on samankaltainen eri nisäkäslajeilla, voidaan olettaa, että koirat kokevat lihasvauriot samankaltaisina. Erityisesti rankassa fyysisessä käytössä olevat käyttökoirat ovat alttiita erilaisille lihaksistoon liittyville ongelmille (Steiss 2002).

Lihasvauriot voivat johtua esimerkiksi riittämättömästä lämmittelystä ennen liikuntasuoritusta, äkillisestä ja voimakkaasta lihaksen koukistamisesta tai ojentamisesta, voimankäytön epätasapainosta tai liian rankasta harjoittelusta (Steiss 2002, Nielsen & Pluhar 2005).

Lihasvaurioille alttiimpia lihaksia ovat lihakset, jotka ulottuvat useamman kuin yhden nivelen yli. Tyypillisimmin lihaskudokset kohdistuvat lihasten kiinnityskohtiin, joissa on lihaskudoksen lisäksi jänteinen osa, mutta vauriot voivat kohdistua myös keskelle lihasta (Nielsen & Pluhar 2005).

Lihasten voimakkaat kouristustilat eli lihaspasmit ja lihasjännitteet ovat yleisiä pieneläinten akuutteja lihaskudoksia, joita on kuitenkin tutkittu melko vähän. Lihaskalvon kipu on tyypillinen kroonisiin lihaskudoksiin liitetty ongelma, joka liittyy usein lihasten triggerpisteisiin. Triggerpisteet ovat pieniä, kireitä ja yliherkkiä alueita lihaksissa. Niihin liittyy lisääntynyt tuntoherkkyys ja säteilevä kipu etenkin jännittyneitä lihasta palpoitaessa (katsauksessa Borg-Stein & Simons 2002).

Lihaskudokset voivat olla syynä takajalkojen ontumaan etenkin silloin, kun ontumalle ei löydetä kliinisissä ja ortopedisissä tutkimuksissa muuta selittävää syytä. Lonkan lähentäjälihasten lihasjännitteet voivat aiheuttaa samankaltaisia kliinisiä oireita kuin lonkkanivelen kehityshäiriö ja siihen liittyvä nivelrikko. Nielsen ja Pluhar (2005) havaitsivat tutkiessaan takaraajojen lihasten rasitusvammoja koirilla, että 36 %:lla tutkituista koirista ei ollut mainittavaa ortopedistä sairautta lukuun ottamatta lieviä lonkkanivelen nivelrikkomuutoksia, mutta akuutit lihasjännitteet liittyivät kuitenkin suurimmalla osalla tutkituista koirista johonkin ortopediseen ongelmaan. Esimerkiksi lonkkanivelen kehityshäiriöön liittyy usein alueen lihaksiston kireyttä ja takaraajojen lihasten surkastumista (Edge-Hughes 2007).

Lihasten kutistumat aiheuttavat lihasten lyhentymistä, joiden taustalla on tyypillisesti lihassolujen kollageenisäikeiden uudelleenjärjestäytyminen. Lihaskutistumat voivat ilmetä akuutisti, mutta tyypillisemmin ne syntyvät pidemmän ajan kuluessa. Niiden taustalla voi olla jokin krooninen lihassairaus tai ne voivat olla myös joillakin roduilla synnynnäisiä. Kutistumat ovat etenkin akuutisti ilmetessään palautuvia muutoksia, mutta jos lihaskudos arpeutuu, lihasten palautuminen normaaliksi on epätodennäköisempää. Akuutisti ilmetessään lihaskutistumat liitetään äkilliseen ja dynaamiseen liikuntasuoritukseen, jolloin niiden taustalla on lihasten ja jänteiden äkillinen ja voimakas venytystila. Takaraajassa lihaskutistumaa esiintyy tyypillisesti sekä reiden sisäpinnalla olevassa hoikkalihaksessa

(Musculus gracilis) että nelipäisessä reisilihaksessa (Musculus quadriceps femoris). Hoikkalihaksen kutistuman taustalla on yleensä usein toistuva lihaksen rasiustila aktiivisen liikkumisen johdosta. Kilpailevilla englanninvinttikoirilla esiintyy myös hoikkalihaksen repeämää, joka liittyy yksittäiseen rajuun liikuntasuoritukseen, ja aiheuttaa vakavaa lihassyiden vauriota ja kudoksen verenvuotoa reiden sisäpinnalla (Vaughan 1979).

2.2 NYKYISET DIAGNOSOINTIMENETELMÄT

Lonkkanivelen kehityshäiriön ja siitä johtuvan nivelrikon diagnosoiminen perustuu useimmiten eläimen esitietoihin, kliinisiin oireisiin, palpaatiotutkimukseen sekä radiologiseen tutkimukseen (katsauksessa Kapatkin ym. 2002, Edge-Hughes 2007). Eniten käytetyt menetelmät lonkkanivelen kehityshäiriön diagnosoimisessa ovat palpaatiotutkimus ja radiologinen kuvantaminen (katsauksessa Fries & Remedios 1995). Lonkkanivelen kehityshäiriöön liittyvät kliiniset oireet ovat vaihtelevia ja epäspesifisiä, joten pelkän kliinisen kuvan perusteella ei voida diagnosoida lonkkanivelen kehityshäiriötä. Jotkut oireista ovat sekundaarisia ja liittyvät lonkkanivelen kehityshäiriön aiheuttamiin nivelrikkomuutoksiin (katsauksessa Kapatkin ym. 2002). Osa koirista voi olla kliiniseltä kavalta normaaleja, kun taas osalla koirista havaitaan usein liikunnan yhteydessä paheneva ontuma. Kliinisen tutkimuksen perusteella voidaan saada esille kipureaktio erityisesti lonkkaniveltä ojennettaessa, loitonnettaessa ja sisäänpäin kierretäessä. Yleisiä löydöksiä ovat myös lantion lihaksiston surkastuminen, muutokset takajalkojen liikeradoissa ja lonkkanivelen osittainen sijoiltaanmeno (katsauksessa Fries & Remedios 1995).

Lonkkanivelen mahdollisen löysyyden paljastavia palpaatiomenetelmiä ei voida pitää yksittäin käytettynä riittävän luotettavana lonkkanivelen kehityshäiriön toteamisessa. Pelkän palpaation avulla ei voida sanoa mitään varmaa lonkkanivelen kehityshäiriön ennusteesta. Uusien diagnostisten menetelmien kuten tietokonetomografian, ultraäänitutkimuksen, magneettikuvauksen, voimalevytutkimuksen, kinematiikan ja molekyyliteknologian hyödyntämäistä lonkkanivelen kehityshäiriön diagnostiikassa tutkitaan, mutta tällä hetkellä radiologinen kuvantaminen on yleisesti käytetyin ja tehokkain menetelmä lonkkanivelen kehityshäiriön diagnostiikassa (katsauksessa Kapatkin ym. 2002).

Nivelrikko ilmenee kipureaktiona niveltä manipuloitaessa, rahinana nivelpintoja liikuteltaessa, nivelen alueen turvotuksena ja jäykkyytenä etenkin levon jälkeen liikkeelle lähdettäessä, rasituksen sietokyvyn alenemisena ja haluttomuutena liikkua. Voimakkaat nivelrikkomuutokset voidaan havaita röntgenologisesti, mutta lievissä tai kohtalaisissa nivelrikkotapauksissa merkittäviä muutoksia ei välttämättä havaita röntgenkuvissa. Kipureaktion suuruus ja röntgenologisesti havaittavat muutokset eivät aina korreloi keskenään. Lonkkanivelen vähentynyt liikerata niveltä taivuteltaessa voi olla merkinä varhaisista nivelrikkomuutoksista (Edge-Hughes 2007).

Lihaskaurioiden diagnostiikka on joskus haastavaa, koska koirat eivät aina osoita kipua lihasten palpaatiossa ja lihaskauriot eivät näy röntgenkuvissa. Lihaskaurioita voidaan kliinisen tutkimuksen lisäksi diagnosoida lämpökamerakuvauksen, ultraäänien ja magneettikuvauksen avulla (Steiss 2002, Nielsen & Pluhar 2005). Koirien lihaskaurioiden diagnosoimisessa oleellista ovat riittävät esitiedot, koiran liikkumisen arvioiminen, lihaskryhmien huolellinen palpaatio ja venytys sekä muiden mahdollisten aiheuttajien poissulkeminen. Kipureaktio lihasta venytettäessä voi liittyä lihaskaurioon (Nielsen & Pluhar 2005). Röntgenologisesti hoikkalihaksen (*Musculus gracilis*) kutistumasta kärsivillä koirilla havaitaan usein lievä tai kohtalainen lonkkanivelen kehityshäiriö ja joskus muutoksia selkärangassa etenkin rinta- ja lannerangan alueella. Takajalan lähentymisaste on yleensä vähentynyt. Nelipäisen reisilihaksen (*Musculus quadriceps femoris*) kutistuma havaitaan usein kliinisesti normaalia voimakkaammin koukistuneena kinnernivelenä, josta johtuen takajalkojen liike on laahaavaa. Nelipäisen reisilihaksen kutistumaan liittyy yleensä myös muiden reisilihasten surkastumaa. Röntgenologisesti havaitaan yleensä polvilumpion normaalia korkeampi sijainti nivelraon yläpuolella (Vaughan 1979).

2.2.1 Kliininen palpaatiotutkimus

Erityisesti keskikokoisilla ja suurilla koirilla lonkkanivelen kehityshäiriö ja siihen liittyvä nivelrikko ovat yleisiä löydöksiä lonkkanivelen palpaatiossa. Joskus oireiden taustalla voi olla myös trauma. Lonkkanivelen rakenteiden tunnustelu on vaikeaa tai mahdotonta, koska lonkkanivel sijaitsee syvällä lantiolihasten alla (Malikides ym. 2007). Lonkkanivelen kehityshäiriön diagnosoiminen palpaation avulla perustuu lonkkanivelen löysyyteen, joka voidaan todeta Ortolanin oireen perusteella. Ortolanin oire tutkitaan selälleen asetetulta koiralta. Oikeaan asentoon asetetun koiran polvilumpion yläpuolelta otetaan ote reisiluusta

reisiluun ollessa kohtisuoraan lantion pitkittäistä akselia kohti, ja painetaan tasaisesti alaspäin kohti lonkkamaljaa. Jos nivel on löysä, reisiluun pää siirtyy pois lonkkamaljasta. Kun reisiluita loitonnetaan ulospäin painamalla niitä samalla edelleen alaspäin kohti lonkkamaljaa, subluksoitunut reisiluun pää palaa normaaliasentoon lonkkamaljaan. Tämä voidaan havaita joko kuuluvana tai sormin tunnusteltavana napsahduksena. Positiivinen Ortolanin oire voi liittyä lonkkanivelen kehityshäiriöön (katsauksessa Fries & Remedios 1995), mutta Ortolanin oireen puuttuminen ei kuitenkaan poissulje lonkkanivelen kehityshäiriön mahdollisuutta. Vääriä negatiivisia tuloksia voidaan saada aikaan esimerkiksi vääränlaisella suoritustekniikalla, suurten rotujen koirilla tai lonkkamaljan yläreunan nivelrikkomuutosten takia (katsauksessa Kapatkin ym. 2002). Puerto ym. (1999) havaitsivat Ortolanin oireen perusteella määritellyn lonkkanivelen löysyyden ja röntgenkuvasta lasketun lonkkanivelen löysyydestä kertovan distraktioindeksin korreloivan vain kohtalaisesti keskenään. Positiivinen Ortolanin oire oli 33 %:lla koirista, joiden lonkat oli arvoiteltu hyväksi.

Bardenin testi on Ortolanin oireen ohella toinen tapa arvioida lonkkanivelen löysyyttä käsin tunnustelemalla. Bardenin testi tehdään kyljellään makaavalle koiralle, jonka reisiluusta otetaan ote polvilumpion yläpuolelta asettamalla peukalo reisiluun ulkopuolelle ja muut sormet reisiluun sisäpuolelle. Reisiluuta työnnetään tasaisella voimalla ylöspäin kohti lonkkamaljaa siirtäen sitä samalla eteenpäin vaakatasossa. Toisen käden sormilla painetaan samalla reisiluun ison sarvennoisen (Trochanter major) kohdalta reisiluun päätä alaspäin. Mikäli lonkkanivel on löysä, reisiluun pää ponnahtaa pois lonkkamaljasta. Positiivinen tulos viittaa selkeästi lonkkanivelen liialliseen löysyyteen, mutta negatiivisella tuloksella ei kuitenkaan ole suurta kliinistä merkitystä (katsauksessa Fries & Remedios 1995).

Ortolanin ja Bardenin menetelmät eivät osoittautuneet tilastollisesti merkitseviksi lonkkaniveliin kehittyvän nivelrikon arvioimisessa, kun tutkimukset suoritettiin koiranpennuille. Ainoastaan Bardenin menetelmä oli tilastollisesti merkitsevä, kun tutkimus suoritettiin reilun seitsemän viikon ikäisille pennuille. Tutkimustulos on kuitenkin kyseenalainen, sillä se oli merkitsevä ainoastaan yhdessä kolmesta tutkimuspopulaatiosta (Adams ym. 2000).

2.2.2 Radiologinen kuvantaminen

Schnelle kuvasi ensimmäisen kerran lonkkanivelen kehityshäiriölle tyypilliset radiologiset muutokset jo vuonna 1937, ja kehitti ensimmäisen lonkkanivelten arvosteluasteikon muutamaa vuosikymmentä myöhemmin. Yhdenmukaiset diagnostiset arvostelukriteerit lonkkanivelen kehityshäiriön röntgenologiselle todentamiselle määritettiin 1960-luvulla. Tällöin määritetyt diagnostiset kriteerit ovat nykyään maailmanlaajuisesti käytössä lonkkanivelen kehityshäiriön virallisessa diagnostiikassa. Lonkkanivelen rakenteeseen perustuva arvosteluasteikko ja kuvattujen koirien ikä kuitenkin vaihtelevat maakohtaisesti (katsauksessa Kapatkin ym. 2002). Lonkkanivelten virallisessa arvostelussa on Suomessa käytössä Federation Cynologique Internationalen (FCI) viisiportainen luokitusjärjestelmä (Taulukko 1.), jonka perusteella koirien lonkkanivelet arvostellaan ekstensiokuvasta vähintään 12 kuukautta täyttäneiltä koirilta (Leppänen & Saloniemi 1999, Suomen Kennelliitto 2013b).

Osa koiraroduista kuuluu Suomessa perinnöllisten vikojen ja sairauksien vastustamisohjelmaan eli PEVISAan, joka sisältää pentujen rekisteröintiin liittyviä ehtoja mm. rodulle tehtävistä virallisista terveystutkimuksista (Suomen Kennelliitto 2008 ja 2013b). Virallinen lonkkakuvaus on tavanomainen PEVISA-ohjelman mukainen pakollinen terveystutkimus. Viralliset lonkkakuvaukset kuuluvat monen PEVISA-ohjelmaan kuuluvan rodun jalostuksen tavoiteohjelmaan ja lonkkien virallinen kuvaus vaaditaan jalostukseen käytetyiltä yksilöiltä usealla eri rodulla. Lonkkakuvaushetkellä koiran tulee useimmilla roduilla olla täyttänyt vähintään 12 kuukautta, mutta joillakin roduilla ikäraja voidaan rotujärjestyksen pyynnöstä nostaa 18 tai 24 kuukauteen. Monella rodulla jalostukseen käytetyiltä yksilöiltä vaaditaan PEVISA-ohjelmassa määritelty raja-arvo lonkka-arvostelulle (Suomen Kennelliitto 2008).

Suomessa vuosina 2004 - 2014 syntyneistä saksanpaimenkoirista 45 %:n lonkat on tutkittu virallisesti Suomen kennelliitossa. Näistä A-lonkkaisia on 35, B-lonkkaisia 29, C-lonkkaisia 23, D-lonkkaisia 11 ja E-lonkkaisia kaksi prosenttia. Samalla ajanjaksolla syntyneistä englanninbulldoggeista on tutkittu vain 3 %. Yleisin arvosana arvostelluille englanninbulldoggien lonkille oli E, joita tutkituista koirista oli 44 %:lla. D-lonkkaisia oli 38, C-lonkkaisia 17, B-lonkkaisia nolla ja A-lonkkaisia yksi prosentti (Suomen Kennelliitto 2014). Venäjänvinttikoiralla, jolla tyypillisesti esiintyy vain vähän lonkkanivelen kehityshäiriötä (katsauksessa Fries & Remedios 1995), A- lonkat oli 68 %:lla ja B-lonkat 26

%:lla. C- tai E- lonkkia ei esiintynyt tutkittuina vuosina 2004 - 2014 ollenkaan, ja D- lonkat oli viidellä prosentilla tutkituista yksilöistä (Suomen Kennelliitto 2014).

Lonkkanivelen subluksaatio aiheuttaa nivelkapseliin painonkannon aikana jännitettä, jonka seurauksena nivelkapseli vaurioituu ja paksuuntuu ajan kuluessa. Tämän seurauksena nivelkapselin reunoilla tapahtuu uudisluun muodostusta eli osteofyytoosia (Powers ym. 2004). Ensimmäinen paikka, johon uudisluuta muodostuu, sijaitsee reisiluun pään takaukoreunalla. Tätä röntgenkuvissa näkyvää röntgentiheää muutosta kutsutaan termillä kaudolateraalin kurvilineaarinen osteofyytti eli CCO (katsauksessa Kapatkin ym. 2002, Powers ym. 2004). Muutosta kutsutaan myös nimellä Morganin linja (katsauksessa Kapatkin ym. 2002). Morganin linja on joidenkin radiologioiden mielestä lonkkaniveleihin kehittyvän nivelrikon ensimmäinen röntgenkuvista havaittava muutos. Morganin linja havaitaan röntgenkuvissa kaarevana röntgentiheänä linjana, jonka paksuus ja pituus vaihtelevat (Powers ym. 2004). Powers ym. (2004) tutkivat Morganin linjan merkitystä lonkkanivelen kehityshäiriöön liittyvän nivelrikon varhaisessa diagnostiikassa labradorinnoutajilla. Röntgenkuvissa havaitun Morganin linjan ja myöhemmin kehittyvän nivelrikon välillä havaittiin yhteys. Koirilla, joiden kuvissa nähtiin varhaisessa vaiheessa Morganin linja, oli 3,7 kertaa suurempi riski kehittää myöhemmin nivelrikkomuutoksia.

2.2.3.1 Kuvaustekniikat

Lonkkanivelten ekstensiokuvauksessa koira asetetaan selälleen takaraajat ojennettuina taaksepäin toisiinsa ja selkärankaan nähden rinnakkain. Polvia painetaan alas ja kierretään samalla sisäänpäin niin, että lantio pysyy suorassa. Normaalisti rakentuneessa lonkassa reisiluun pään keskikohta sijaitsee lonkkamaljan etureunan sisäpuolella niin, että vähintään 50 % reisiluun päästä jää lonkkamaljan yläreunan alle. Kehityshäiriöisessä lonkkanivelessä reisiluun pää mukaillee huonosti lonkkamaljan pintaa, nivelrako on normaalia suurempi, kuvassa havaitaan reisiluun pään siirtyminen pois paikoiltaan tai reisiluun pään ja lonkkamaljan alueella nähdään rakenteellisia poikkeavuuksia tai luupiikkejä (katsauksessa Fries & Remedios 1995).

Nordbergin kulma eli NA on mitta, jota käytetään kuvailemaan reisiluun pään siirtymää pois lonkkamaljasta. Normaalina pidettävää lonkkamaljan syvyyttä varten lonkkamaljan etureunan tulee sijaita vähintään 15° ulospäin kohtisuoraan reisiluun päiden keskikohdista

vedettyyn linjaan nähden (Culp ym. 2006). Nordbergin kulma kuvaa reisiluun päiden peittoaluetta lonkkamaljaan nähden, ja sitä käytetään kuvailemaan lonkkanivelten löysyyttä (katsauksessa Kapatkin ym. 2002). Arvioitaessa lonkkien rakennetta ekstensiokuvasta Nordbergin kulman avulla, 105° peittokulmaa pidetään yleisesti raja-arvona normaalisti rakentuneille lonkille. Nordbergin kulman ollessa alle 105° lonkkanivelen rakenne on todennäköisesti epänormaali. Nordbergin kulman raja-arvo 105° on kuitenkin joidenkin tutkimusten mukaan epäluotettava mittari kehityshäiriöisten lonkkanivelten diagnostiikassa (Tomlinson & Johnson 2000, Culp ym. 2006).

Taulukko 1: FCI:n arvosteluasteikko ja lonkkanivelten kuvaus (Suomen Kennelliitto 2013)

Luokitus	Kuvaus
A ei muutoksia	Reisiluun pää ja lonkkamaljakko ovat yhdenmukaiset. Lonkkamaljan etureuna erottuu terävänä ja on lievästi pyöristynyt. Nivelrako on tiivis ja tasainen. Nordbergin kulma vetoasennossa on noin 105°.
B lähes normaali/rajatapaus	Reisiluun pää ja lonkkamaljakko ovat hieman epäyhdenmukaiset, Nordbergin kulma vetoasennossa on lähellä 105°, tai reisiluun pään keskikohta on lonkkamaljakon yläreunaan nähden sen sisäpuolella.
C lievä	Reisiluun pää ja lonkkamalja eivät ole yhdenmukaiset, Nordbergin kulma on noin 100° ja/tai lonkkamaljakon etureuna on lievästi mataloitunut. Epätasaisuutta tai lieviä nivelrikkomuutoksia havaitaan lonkkamaljan reunoissa, reisiluun päässä tai kaulassa.
D kohtalainen/keskivaikea	Reisiluun päässä ja lonkkamaljakossa on selvää epätasaisuutta ja kuvissa voidaan havaita reisiluun pään subluksaatio. Nordbergin kulma on suurempi kuin 90°. Lonkkamaljakon etureuna on tasaantunut ja/tai havaitaan nivelrikon merkkejä
D vaikea	Selvästi kehityshäiriöinen lonkkanivel, jossa havaitaan luksaatio tai selvä subluksaatio. Nordbergin kulma on alle 90°, selvä lonkkamaljakon etureunan tasaantuminen, reisiluun pään muuttunut rakenne tai muut nivelrikkomuutokset

Lonkkanivelen kehityshäiriön diagnosoiminen ekstensiokuvasta subjektiivisesti arvioimalla perustuu joko radiologisesti havaittavaan lonkkanivelen löysyyteen tai kuvissa näkyviin nivelrikkomuutoksiin tai näihin molempiin. Koska nivelrikkomuutokset voivat olla hyvin lieviä ja sen takia hankalasti havaittavissa, ja koska muutokset eivät välttämättä näy vielä viralliseen lonkkakuvausikään mennessä, on lonkkanivelen kehityshäiriön diagnosoiminen perinteisen ekstensiokuvauksen ja subjektiivisen lonkkien arvioinnin perusteella epävarmaa (katsauksessa Kapatkin ym. 2002). Perinteinen lonkkien ekstensiokuvaus voi aiheuttaa virheellisiä diagnooseja, sillä kuvausasennosta johtuen nivelkapseli, nivelsiteet ja alueen lihaksisto kiristyvät, jolloin lonkkien asento ja rakenne kuvantarkastelussa eivät välttämättä vastaa todellisuutta (katsauksessa Fries & Remedios 1995, katsauksessa Kapatkin ym. 2002). Väärät negatiiviset diagnoosit selittävät osittain, miksi lonkkanivelen kehityshäiriön esiintyvyyden lasku jalostusohjelmista huolimatta on hidasta (Kapatkin ym. 2004).

Useiden tutkimusten perusteella tieteellisesti luotettavin ja kliinisesti käyttökelpoisin menetelmä lonkkanivelen kehityshäiriön diagnosoimisessa on distraktiokuvaus (katsauksessa Kapatkin ym. 2002). Distraktiokuvauksen hyödyntäminen lonkkanivelen kehityshäiriön diagnosoimisessa perustuu siihen oletukseen, että lonkkanivelen löysyys on kehityshäiriön varhaisin oire (katsauksessa Fries & Remedios 1995). Distraktiokuvauksessa koirasta otetaan kaksi röntgenkuvaa, joista molemmissa koira asetetaan selälleen lonkat taaksepäin ojennettuna. Kompressiokuvassa reisiluun päät painetaan mahdollisimman syväälle lonkkamaljoihin, ja distraktiokuvassa takajalkoja loitonnetaan sivuille päin niin, että reisiluun pää irtoaa lonkkamaljasta. Näiden kuvien perusteella mitataan lonkkanivelen löysyyden aste, joka ilmoitetaan suhdelukuna lonkkanivelen kokoon verrattuna. Tätä suhdetta kutsutaan termillä distraktiaindeksi (katsauksessa Fries & Remedios 1995): Distraktiaindeksi vaihtelee välillä 0- 1, jossa arvo 0 kuvaa nivelpintojen täydellistä yhdenmukaisuutta ja arvo 1 kuvaa reisiluun pään täydellistä luksaatiota (katsauksessa Kapatkin ym. 2002). Distraktiaindeksiä käyttämällä lonkkanivelen kehityshäiriö voidaan mahdollisesti havaita varhaisemmassa vaiheessa kuin mitä perinteisen ekstensiokuvauksen avulla (katsauksessa Fries & Remedios 1995). Distraktiokuvien perusteella mitattuna lonkkanivelen löysyysaste on keskimäärin jopa 2,5- 11 kertaa suurempi kuin perinteisestä ekstensiokuvasta mitattuna (katsauksessa Kapatkin ym. 2002).

Adams ym. (2000) vertailivat tutkimuksessaan useita menetelmiä, joilla lonkkanivelen löysyys pystyttiin havaitsemaan ja havaitun löysyyden yhteydestä vuoden iässä havaittaviin nivelrikkomuutoksiin. Luotettavin menetelmä, jolla nivelrikon kehittymistä pystyttiin ennustamaan, oli PennHip-kuvaus (Adams ym. 2000). PennHip kuvantamismenetelmässä

koiran lonkan aluetta tutkitaan ottamalla koirasta kolme kuvaa: perinteinen ekstensiokuva, jossa lonkat on ojennettu taaksepäin, kompressiokuva, jossa reisiluun päät painetaan syvälle lonkkamaljaan, sekä distraktiokuva, jossa reisiluun päät loitonnetaan sivullepäin niin, että ne irtoavat lonkkamaljasta. Ekstensiokuvasta voidaan arvioida subjektiivisesti nivelrikkomuutoksia. Tämä arvio yhdistetään kompressio- ja distraktiokuvien perusteella laskettuun distraktiointeksiin. Näiden tietojen avulla määritetään rotukohtaiset arvot kuvailemaan lonkanivelen löysyyden ja nivelrikkomuutosten keskinäistä suhdetta. PennHip tutkimuksessa määritetään distraktiointeksi kummallekin lonkanivelelle erikseen, mahdollisten nivelrikkomuutosten aste sekä yksilön lonkkien löysyyden aste suhteessa rodun yleiseen tasoon (katsauksessa Kapatkin ym. 2002).

2.2.3 Kliininen ontumatutkimus

Eläimen liikkumisen ja yleisen olemuksen huolellinen tarkastelu on ainoa keino ymmärtää eläimen normaaleja liikeratoja ja havaita mahdolliset ontumat. Normaaleja liikeratoja ja niiden poikkeamia huomioimalla on mahdollista paikallistaa ontuman aiheuttaman vaurion sijainti ja helpottaa näin diagnosointia (Leach ym. 1977). Ortopedisesti normaalien askellajien ominaispiirteiden määrittely on oleellista ennen kuin ontumia voidaan merkityksellisesti arvioida (Colborne ym. 2009). Ortopedisesti normaalin liikeradan tunnusmerkkinä on pitkään pidetty liikkeen symmetrisyyttä eli tasasuhtaisuutta, ja se toimii perustana nelijalkaisten liikkeiden kliinisessä arvioinnissa. Nelijalkaisten liikkeet ovat joko symmetrisiä tai epäsymmetrisiä. Ravi on symmetrinen askellaji, jossa ristikkäiset jalat liikkuvat yhtäaikaan. Koska koiran eri puolet toimivat toistensa peilikuvina, on mahdollista laskea liikkeelle symmetrisyyskertoimet, joita käytetään arvioimaan eläimen eri puolien samankaltaisuutta sen liikkeissä. Määrittelemällä symmetrisyyskertoimet voidaan ontumia arvioida riippumatta siitä, minkä rotuisilla koirilla tutkimustulokset on kerätty, sillä symmetrisyyskertoimien määrittäminen perustuu oikean ja vasemman puolen keskinäiseen vertailuun (Fanchon & Grandjean 2007). Symmetrisyyskertoimien määrittämistä varten tarvitaan tiedot koiran raajojen tuottamista suurimmasta ja pienimmästä pystysuoran voiman arvoista, jonka jälkeen symmetrisyyskerroin voidaan määrittää matemaattisen laskukaavan avulla (Voss ym. 2009). Symmetriatutkimuksissa on havaittu kuormituksen olevan vähäisempää vahingoittuneella raajalla ja kasvavan viereisellä raajalla (Fanchon & Grandjean 2007). Kaksi- ja nelijalkaisilla esiintyy myös jonkinasteista luonnollista

epäsymmetriaa niiden liikkeissä. Normaalisti ravaavien koirien raajojen symmetriaa tutkittaessa on havaittu takajalkojen välillä puolieroja sekä askelvoimissa että nivelten momenteissa (Fanchon & Grandjean 2007, Colborne ym. 2009,). Oikea takajalka vaikuttaa valtaosalla koirista olevan vahvempi takaraaja. Tämä luonnollinen epäsymmetria tulisi ottaa huomioon arvioitaessa syitä eri sairaustilojen kuten ristisideongelmien taustalla (Colborne ym. 2009).

Koirien liikkeiden arvioiminen visuaalisesti on ollut kliinisessä käytössä jo vuosien ajan (katsauksessa Gillette & Angle 2008). Ontumatutkimusten tuloksissa esiintyy yleensä erimielisyyksiä klinikoiden välillä erityisesti silloin, kun ontumisen aste on lievä (Colborne ym. 2009), sillä kyky hahmottaa liikkumisen yksityiskohtia liikesarjan aikana on vaativaa jopa liikkumisen erityisasiantuntijoille (katsauksessa Gillette & Angle 2008). Liikkeiden visuaalinen arvioiminen on aina subjektiivista (Voss ym. 2009) ja ontumien kliininen arviointi perustuu usein subjektiivisiin arviointiasteikkoihin (Lopez ym. 2006). NRS eli numeerinen arviointiasteikko on yksinkertainen, kuvailuun perustuva ontuma-asteikko, jossa on tyypillisesti neljä tai viisi kohtaa. Asteikko kuvaa kasvavassa järjestyksessä ontuman astetta, ja jokaiseen asteikon kohtaan sisältyy arvio mahdollisista kivun merkeistä ja ontuman asteesta. Arvioijat valitsevat ontumalle sen ontuma-asteikon arvon, johon he mieltävät koiran sen liikkumisen perusteella kuuluvan. VAS eli visuaalisanaloginen arviointiasteikko on jatkuva asteikko, jossa ontumasta saatua tietoa voidaan käsitellä useiden eri muuttujien avulla. Visuaalisanaloginen arviointiasteikko on tilastollisesti herkempi arviointiasteikko kuin numeerinen (Quinn ym. 2007). Koska liikkeiden arvostelijoiden välillä esiintyy näkemyseroja, ei ontumien määrittäminen visuaalisesti ole kovin luotettava menetelmä (Ishihara ym. 2005). Voss ym. (2007) tutkivat liikkeiden visuaalisen arvioimisen yhdenmukaisuutta. Kolme tarkkailijaa luokitteli yksimielisesti ainoastaan yhden koiran 41:stä samaan luokkaan sen ontumisen perusteella (Voss ym. 2007). Tietokoneteknologian kehittyminen viimeisen 20 vuoden aikana on lisännyt mahdollisuutta määrittellä liikkeiden ominaispiirteitä kvantitatiivisesti tietokoneavusteisten ohjelmien avulla. Nämä ohjelmat yhdistävät kolmiulotteisen liikeanalyysin, liikevoima-analyysin ja lihassähkökäyrän tuomat tiedot käsiteltäviksi samaan aikaan. Askelanalyysien kehittyminen on luonut uusia tarkastelukeinoja, joiden avulla klinikot ja tutkijat voivat tarkasti ja tehokkaasti tutkia koirien askelsarjoja (katsauksessa Gillette & Angle 2008).

Kliinisessä ontumatutkimuksessa havainnoidaan raajojen, rungon ja pään liikkeitä (Colborne ym. 2009). Normaaliin liikeratojen ja ontumien tunnistamiseksi koira tulee tarkastella sivulta, edestä ja takaa. Havainnoimalla liikkumisen yleisvaikutelmaa saadaan

tietoa liikkeen mahdollisesta epätasaisuudesta. Normaalien liikesarjojen ominaispiirteissä tulee huomioida vaihtelut koiran koon, rodun, iän ja mahdollisesti sukupuolen välillä (Leach ym. 1977). Bertram ym. (2000) tutkivat rotujen välisten rakenne-erojen vaikutusta liikkeiden kinematiikkaan vertaamalla labradorinnoutajien ja englanninvinttikoirien liikkumista ravissa. Englanninvinttikoirat käyttivät pidempiä askeleita harvemmin kuin labradorinnoutajat kulkiessaan samaa absoluuttista nopeutta. Kun tulokset suhteutettiin koiran kokoon, suurin osa mitattujen muuttujien eroista näiden kahden rodun välillä saatiin poistettua. Näennäiset eroavuudet näiden kahden rodun erilaisissa raviliikkeissä johtuvat pääasiassa kokoerosta, ja ne ravaavat dynaamisesti katsottuna samalla tavalla (Bertram ym. 2000).

Ontuminen voi ilmetä usealla eri tavalla. Raajan suorituskyvyn alentuessa sille ei voida varata normaalisti painoa, jolloin painoa siirrytään kannatteleman enemmän terveillä raajoilla. Painopisteen siirtyminen kipeästä jalasta pois päin kohti terveitä raajoja aiheuttaa eläimen liikkeessä suuremman heilahtelun tasapainopisteen ympärillä kuin normaalitilanteessa. Tämä epätasapainosta johtuva suurempi heilahtelu tasapainopisteen ympärillä ilmenee liikeratojen epäpuhtauksina ja ontumisena (Leach ym. 1977). Lonkkanivelen kehityshäiriön ja siitä johtuvan nivelrikon kliinisiin oireisiin kuuluvat haluttomuus liikkua, jäykkyys etenkin ylös noustessa ja liikkeelle lähettäessä, jänismäinen hypähtely takajaloilla, ahdas seisoma-asento, epävaka käynti ja jalkojen laahaaminen, liikeratojen passiivinen vaihtelu ja ontuminen. Ontumisen aste voi vaihdella lievästä vakavaan, mutta on myös mahdollista ettei lonkkanivelen kehityshäiriötä sairastava koira onnu (Poy ym. 2000).

Leach ym. (1977) tarkkailivat alustavassa ontumatutkimuksessaan koirien liikkeitä käynnissä ja ravissa kiinnittäen huomiota erityisesti liikkumisen yleisvaikutelmaan, pään ja hännän asentoon ja liikkeisiin, selän asentoon, symmetriaan etu- ja takaraajojen liikeratojen välillä sekä etu- ja takaruumiin alaspäin painumiseen. Liike aloitetaan laskemalla eturuumista alaspäin samalla, kun takaraajat tuottavat liikkeeseen tarvittavan työntövoiman. Takaraajat asetetaan normaalisti eturaajoja mediaalisemmin, jotta saadaan aikaiseksi riittävä työntövoima. Eturuumiin nostaminen takaisin ylöspäin palauttaa kehon kaltevan linjan suoraviivaiseksi. Nelijalkaiset säilyttävät eteenpäin vievän liikeradan pääasiassa taka- ja osin etujalkojen työntövoiman avulla. Pään liikkuminen liikkeen tahdissa voi liittyä eturaajan ontumaan. Pää nousee ylöspäin kipeän eturaajan osuessa maahan ja painuu alaspäin terveen raajan tukiessa liikettä. Eturaajojen liike voi olla epätasaista myös johtuen niiden sopeutumisesta takajaloista johtuvaan ontumaan ja päinvastoin. Koiran liikkeessä

takaraajojen ontuma voi ilmetä eturaajojen yliojentamisena ja etuosan alas vajoamisena, sekä pään kannattelemisena normaalia matalammalla. Jotkut koirat voivat nostaa häntäänsä ylöspäin kipeän raajan osuessa maahan. Takaraajojaan ontuvat koirat pitävät joskus selkää kaarella, sillä se siirtää painopistettä eteenpäin pois kipeiltä takaraajoilta. Tutkimuksessa (Leach ym. 1977) havaittiin lonkkanivelestä johtuvan ontuman aiheuttavan selkeän epätasaisuuden takajalkojen toimintaan. Lonkkanivelen kehityshäiriötä sairastavan koiran molempien takajalkojen askel oli lyhyt ja hallitsematon ja painopiste oli siirtynyt eteenpäin vähentäen takaraajojen osuutta painonkannattelussa. Painopisteen siirtyminen eteenpäin näkyi eturuumiin liikeradoissa etujalkojen yliojentamisena ja eturuumiin alas painumisena. Koira kannatteli päätään matalammalla kuin normaaliasennossa (Leach ym. 1977).

2.2.4 Kinemaattinen liikeanalyysi

Kinematikka eli liikeoppi kuvailee tutkittavien kohteiden liikettä. Kinemaattinen analyysi määrittelee anatomisten pisteiden kuten nivelien asentoja, nopeuksia, kiihtyvyyksiä ja kulmia. Kinemaattista liikeanalyysia käytetään kuvailemaan liikkumisen kineettisiä muuttujia. Kinemaattisen analyysin avulla saatu tieto tarjoaa informaatiota lihaksiston ja luuston tilasta ja ontumisen asteesta. Sen avulla voidaan myös arvioida kirurgista ja lääkinnällistä hoitovastetta (katsauksessa Gillette & Angle 2008). Kinemaattinen analyysi tarjoaa tietoa jokaisen nivelen toiminnasta erikseen (Bockstahler ym. 2007).

Kinemaattista liikeanalyysia varten anatomiset pisteet kuten nivelten keskustat merkitään tutkittavaan eläimeen tarkoitukseen soveltuvilla markkereilla. Tavanomainen kineettinen analysointijärjestelmä tunnistaa liikkeestä markkerien avulla eri ulottuvuustasoja muodostaen näistä x, y, ja z arvot kuvaamaan kohteen kolmiulotteista asentoa. Näiden asentoa kuvaavien arvojen perusteella tietokoneohjelma laskee liikkeen suoraviivaisen nopeuden ja kiihtyvyyden sekä kulmakiihtyvyyden ja -nopeuden. Eri koirarotujen rakenteellisten ominaispiirteiden laaja vaihtelu, askelten symmetria ja ihon liikkuminen liikkeen tahdissa voivat aiheuttaa virheellisiä tuloksia kinemaattiseen analyysiin (Bockstahler ym. 2007). Käyttämällä tietynlaisia tutkimusmenetelmiä virhetulkintojen määrää voidaan vähentää tai poistaa kokonaan. Sekä koirajoukon että saman yksilön eri puolien välisen vertailukelpoisen kvantitatiivisen analyysin saavuttamiseksi koirien on liikuttava tasaisella nopeudella symmetristä askellajia kuten ravia (katsauksessa Gillette & Angle 2008). Kinemaattisen liikeanalyysin avulla voidaan tarkastella sekä kliinisen että

piilevän lonkkanivelen kehityshäiriön aiheuttamia biomekaanisia muutoksia nivelten toiminnassa (Bockstahler ym. 2007).

Poy ym. (2000) tutkivat uusia kineettisiä muuttujia kuvailemaan eroja kliinisesti normaalien ja lonkkanivelen kehityshäiriötä sairastavien koirien liikkumisen välillä. Tutkimuksen tarkoituksena oli määrittellä uusien liikkumista arvioivien muuttujien avulla, onko liikkeiden visuaalisen tarkkailun tulosta mahdollista vahvistaa kinemaattisen liikeanalyysin avulla. Takaraajojen loitontamis- ja lähentämisasteikon vaihtelualue oli huomattavasti laajempi lonkkanivelen kehityshäiriötä sairastavilla kuin terveillä koirilla. Lonkkanivelen kehityshäiriöstä kärsivät koirat pitävät reisiluunsa lähempänä keskilinjaa kuin kliinisesti normaalit koirat. Takajalkojen asennonmuutokset voivat mahdollisesti vähentää niveliin kohdistuvaa liiallista rasitusta ja koiran tuntemaa kipua. Terveet koirat nostivat takajalkojaan hieman korkeammalle kuin lonkkanivelen kehityshäiriötä sairastavat koirat, mutta ero ryhmien välillä ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Kinner- ja polvinivelten liikkeet vaikuttavat todennäköisesti kompensoivasti takajalan asentoon (Poy ym. 2000).

Lonkkanivelen kehityshäiriötä sairastavan nivelkipuisen koiran kliinisessä ontumatutkimuksessa niveljäykkyys on yleinen subjektiivinen löydös. Niveljäykkyys havaitaan liikkeitä tarkasteltaessa normaalia hitaampana ja epätasaisempana liikkumisena. Poy ym. (2000) havaitsivat lonkkanivelen kehityshäiriötä sairastavien koirien nivelien kulmakiikhtyvyyksissä ja -nopeuksissa muutoksia verrattuna kliinisesti terveisiin koiriin. Kulmakiikhtyvyyden muutokset voivat liittyä kliinisessä tarkastelussa usein visuaalisesti havaittavaan niveljäykkyyteen. Lonkkanivelen kehityshäiriötä sairastavat koirat tukivat takajalkojaan maahan vähemmän aikaa liikesarjan aikana kuin tervelonkkaiset koirat (Poy ym. 2000), kuten havaittiin myös toisessa tutkimuksessa (Evans ym. 2005). Nämä kompensatoriset muutokset liikeradoissa voivat mahdollisesti johtua lonkkanivelen kehityshäiriön ja siitä seuranneen nivelrikon aiheuttamista muutoksista nivelissä ja liikkumiseen liittyvästä kivuliaisuudesta (Poy ym. 2000). Myös lievät, kliinisesti oireettomat lonkkanivelen kehityshäiriöt voivat muuttaa nivelten kinematiikkaa. Ontumattomuus tai nivelkivun puuttuminen ei siis poissulje lonkkanivelen kehityshäiriön aiheuttamien kinemaattisten muutosten mahdollisuutta takajalan nivelissä (Bockstahler ym. 2007).

2.2.5 Voimalevytutkimus

Kineettinen voima-analyysi määrittelee biologiseen systeemiin vaikuttavia ulkoisia ja sisäisiä voimia (katsauksessa Gillette & Angle 2008). Voimalevyanalyysia on käytetty objektiivisena menetelmänä arvioimaan hevosten, koirien ja muiden eläinlajien ontumista (Evans ym. 2005). Voimalevyanalyysi on huomattavasti herkempi menetelmä ontumien tunnistamisessa kuin liikkeiden arvioiminen visuaalisesti (Evans ym. 2005, Voss ym. 2009). Voimalevyanalyysiä voidaan käyttää kivun ja ontuman aiheuttaman sairauden arvioimisessa ja parantumisen seurannassa (Lopez ym. 2006).

Koirien liikkeiden arvioimiseksi voima-analyysissä käytetään voimaa kuvaavina muuttujina mm. pysty- ja vaakasuorassa tasossa vaikuttavan voiman suurinta arvoa, pystysuoria voimaimpulseja, kudosten välistä jännitettä, kuormituksen määrää ja painon jakautumista eri jalkojen välillä (katsauksessa Gillette & Angle 2008). Voimalevytutkimuksessa yleisimmin mitatut muuttujat ovat pystysuora reaktivoima ja voiman impulssi (Quinn ym. 2007). Voimien mittaamisessa käytetään useimmiten maasidonnaisia kineettisiä järjestelmiä kuten voimalevyjä tai -mattoja. Niiden avulla voidaan mitata pystysuora reaktivoima, joka syntyy kehon painosta jalkojen osuessa maahan tukivaiheen aikana (katsauksessa Gillette & Angle 2008). Pystysuoran reaktivoiman suurin arvo kertoo suurimman mahdollisen voiman määrän, minkä raaja pystyy kannattelemaan (Fanchon & Grandjean 2007). Pystysuora reaktivoima on usean tutkimuksen mukaan luotettava kineettinen muuttuja ontumien arvioimisessa (Evans ym. 2005, Ishihara ym. 2005, Fanchon & Grandjean 2007, Quinn ym. 2007, Voss ym. 2009). Voimalevyanalyysi on arvokas menetelmä, jolla saadaan tietoa yksittäiseen raajaan kohdistuvan kuormituksen määrästä. Sitä käytetään kasvavissa määrin arvioimaan ortopedisten potilaiden leikkaus- ja lääkehoitojen avulla saavutettuja hoitovasteita (Voss ym. 2009). Quinn ym. (2007) totesivat tutkimuksessaan, ettei subjektiivinen ontumien arviointi korvaa voimalevytutkimusta. Subjektiivinen ontumien arviointi on kuitenkin klinikkaolosuhteissa yleensä helpompi toteuttaa kuin voimalevytutkimus, koska liikeanalyysiin tarvittavaa tekniikkaa ei kuitenkaan ole yleisesti saatavilla pieneläinpraktiikassa (katsauksessa Gillette & Angle 2008).

Liikkeen nopeus vaikuttaa merkittävästi reaktivoiman suuruuteen. Ravi tuottaa huomattavasti suuremman reaktivoiman kuin käynti. Koska ravi ja käynti ovat molemmat symmetrisiä liikkeitä, niitä molempia voidaan käyttää reaktivoimien arviointiin. Useat tekijät vaikuttavat voimalevyanalyysin perusteella mitattuihin reaktivoimiin. Näitä tekijöitä

ovat mm. ruumiinpaino, koiran rakenne, kiihtyvyys ja hidastuvuus sekä koiran käyttäytyminen tutkimusympäristössä (Voss ym. 2009).

Voss ym. (2007) pyrkivät tutkimuksessaan erottamaan lievät takaraajojen ontumat käyttämällä voimalevyyn perustuvaa liikeanalyysia koirien liikkussa käyntiä tai ravia. Reaktiivoimien avulla koirille laskettiin symmetrisyyskertoimet, joiden perusteella 15 koira 41:stä ei ontunut niiden liikkussa kävelynopeudella, mutta koirien liikkussa ravinopeudella ontumattomaksi luokiteltujen koirien määrä putosi neljään. Lieväasteisissa ontumissa kävelynopeudella saavutettu pystysuora reaktiivoima on siis vähemmän herkkä ilmaisemaan ontumia kuin ravinopeudella saavutettu. Kyky erottaa voimalevyanalyysin avulla ontuvat koirat terveistä kasvaa ontuman vakavuusasteen kasvaessa. Symmetrisyyskerroimen käyttäminen pelkkien yksittäisten reaktiivoimien sijaan poistaa tuloksista koirien välisen vaihtelun aiheuttamat virheelliset tulokset, sillä symmetrisyyskerroin on suhteutettu jokaiseen koiraan yksilönä. Reaktiivoimaan perustuva liikkeen analysointi antaa tietoa ainoastaan raajoihin kohdistuvasta kuormituksesta, ei itse liikkeestä. Visuaalinen liikkeen tarkastelu tuo tietoa sekä raajojen että koko kehon liikkeestä. Visuaalisen tarkkailun perusteella ontuvaksi luokiteltu koira saattaa kyetä tuottamaan normaalin reaktiivoiman etenkin liikkua hitaammalla nopeudella, jolloin sitä ei voida luokitella ontuvaksi voimalevytutkimuksen perusteella (Voss ym. 2007).

Ishihara ym. (2005) tutkivat reaktiivoimien avulla määritettyjen ja visuaalisesti arvioitujen ontumien välistä yhteyttä hevosilla. Jotkut liikettä kuvaavat muuttajat olivat yhteydessä visuaalisesti suoritettuun subjektiiviseen ontumien luokitteluun. Liikkeen määrittäminen normaaliksi visuaalisesti tarkkailemalla oli luotettavaa tarkkailemalla eläimen liikkumista määrättyllä matkalla alle viidellä toistolla. Tätä voidaan soveltaa ontumisen poissulkemiseksi yleispraktiikassa. Lievienkin ontumien havaitseminen oli tutkimuksen mukaan luotettavaa alle viidellä toistolla, jos subjektiiviseen kliiniseen tarkasteluun yhdistettiin pystysuorien reaktiivoimien määrittäminen.

2.3 LÄMPÖKAMERAKUVANTAMINEN

2.3.1 Kameran toimintaperiaate

Lämpökamerakuvaus on ei-invasiivinen ja säteilemätön kuvantamismenetelmä, jossa mitataan kohteen pinnasta lähtevän lämpösäteilyn määrää (Turner 1998 ja 2001, katsauksessa Eddy ym. 2001, Loughin & Marino 2007, Denoble ym. 2010 katsauksessa Cilulko ym. 2013.) Kaikki kohteet, joiden lämpötila on absoluuttisen nolapisteen yläpuolella, emittoivat eli säteilevät niille ominaista infrapunasäteilyä, joka syntyy niiden sisäisten molekyylien liikehdinnän aiheuttamista sähkövarausten muutoksista. Nämä sähkövarausten muutokset purkautuvat sähkömagneettisena säteilyä (Kastberger & Stachl 2003, Stewart ym. 2005), joka voidaan havaita lämpökameratekniikan avulla (katsauksessa Eddy ym. 2001, Kastberger & Stachl 2003). Lämpökameroissa käytetty tekniikka muuttaa mitatun lämpöenergian elektronisiksi impulsseiksi, joka ilmoitetaan digitaalisesti lämpöjakaumakarttana (Denoble ym. 2010).

Lämpökameroissa käytetään nykyään pääasiassa kahta erilaista kontaktivapaata teknologiaa: jäähdytettyä ja jäähdyttämätöntä. Jäähdytetyssä eli termofiilisessä tekniikassa lämpötilaa mitataan lämpösäteilyn havaitsevalla ilmaisimella (Turner 2001, Kastberger & Stachl 2003). Ilmaisimien koostuu yleensä lämpöherkästä bariumstrontiumtitanaatista, jonka lämpötilaa kuvattavan kohteen emittoima lämpösäteily muuttaa. Bariumstrontiumtitanaattia käyttävien ilmaisimien herkkyys lämpötilaerojen havaitsemiselle on 0,1 C° (Jones 1998). Lämpötilamuutos muutetaan ilmaisimeen yhteydessä olevan katodisädeputken avulla sähköiseksi signaaliksi, jonka perusteella kohteesta muodostetaan ensin mustavalkoinen kuva (katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001). Kohteesta mitatun lämpösäteilyn voimakkuus on verrannollinen muodostuneen kuvan väriasteikkoon. Mustavalkoinen kuva muutetaan värilliseksi lämpökamerakuvaksi mikrosiruteknologiaa käyttämällä (Turner 2001). Muodostuneessa lämpökamerakuvassa pinnan eri lämpötilat havaitaan eri väreissä. Lämpimimmät alueet näkyvät kuvissa yleensä punaisena tai valkoisena ja kylmemmät alueet sinisenä tai mustana valitusta väriasteikosta riippuen (katsauksessa Eddy ym. 2001). Ilmaisimen lämpenemisen takia kameraa täytyy viilentää kuvauksen aikana. Jäähdytettyä

tekniikkaa käyttävän kameran monimutkainen teknologia tekee järjestelmästä helpommin särkyvän kuin jäähdyttämätöntä tekniikkaa käyttävän (Turner 2001).

Jäähdyttämättömässä tekniikassa käytetään polttotasoriviä, jossa sarja ilmaisimia kohdentaa ja mittaa lämpösäteilyn määrää. Jäähdyttämätön tekniikka on siirrettävyytensä ja kestävyytensä takia usein käytännöllisempi vaihtoehto etenkin eläinlääketieteellisiin käyttötarkoituksiin. Jäähdyttävää tekniikkaa käyttävät kamerat tosin ovat herkempiä havaitsemaan lämpötilaeroja, mutta lääketieteellisessä käyttötarkoituksessa 0,3 C° lämpötilaerojen havaitseminen on kuitenkin usein riittävää tutkimuksen kannalta (Turner 2001).

2.3.2 Lämpökamerakuvaus lääketieteessä

Lämpökamerakuvantamistekniikka kehitettiin 1940-luvulla (Ring 2006), ja sitä on sovellettu humaanilääketieteessä 1960-luvulta lähtien (Jones 1998). Viimeisen vuosikymmenen aikana lämpökameratekniikan ja kuvankäsittelyohjelmistojen kehittyminen on mahdollistanut lämpökamerakuvantamisen soveltamisen paremmin lääketieteen alueella (Jones 1998, Head & Elliot 2002). Lämpökamerakuvantamista voidaan käyttää lääketieteessä apuna sairauksien diagnostiikassa, hoitovasteen seurannassa sekä normaalien fysiologisten toimintojen tutkimisessa (Jones 1998). Sen avulla on tutkittu mm. rintasyöpää (NG & Kee 2008) ja nivelreumaa (Varju ym. 2004) sekä käytetty apuna keuhkosairauksien tyypin luokittelussa (Ni ym. 2013) ja palovammojen arvioinnissa (Hardwicke ym. 2013). Lämpökamerakuvantamista on alustavasti tutkittu myös silmänpainetaudin diagnostiikassa (Galassi ym. 2007) sekä herpesvirusinfektioon liittyvän neurologisen kivun kehittymisen seurannassa (Park ym. 2012). Lämpökamerakuvantamista voidaan hyödyntää myös urheilulääketieteen osa-alueella (Jiang ym. 2005). Lämpökamerakuvantamisen lääketieteellisiä sovelluksia tulevaisuudessa tulevat todennäköisesti olemaan esimerkiksi sydän- ja verisuonikirurgian yhteydessä tapahtuva verenkierron tarkkailu, syvällä kudoksessa olevien veritulppien paikallistaminen ja syövän hoidossa käytettävien verisuonten muodostumista vähentävien lääkeaineiden tehon tutkiminen (Head & Elliot 2002).

Lämpökamerakuvantamisen peruseriaatteena on, että ihon pintalämpötila riippuu paikallisesta kudoksen verenkierrosta ja aineenvaihdunnan tasosta (Jones 1998, Turner

2001.). Ihon pintalämpötila voi olla jopa 5 °C viileämpi kuin ruumiinlämpö, koska lämpöä poistuu elimistöstä ihon kautta ympäristöön. Laskimot ovat yleensä lämpimämpiä kuin valtimot, sillä valtimot virtaavat pois aineenvaihdunnallisesti aktiivisten kudosten alueelta. Vaurioituneen tai tulehtuneen kudoksen alueella verenkierto on yleensä lisääntynyt aineenvaihdunnallisesti aktiivisten aineiden suuremman määrän takia, jonka takia ihon pintalämpötila on korkeampi esimerkiksi paikallisen tulehduksen yhteydessä (Turner 2001).

Lämpökamerakuvantamista käytetään ihon pinnan lämpötilaerojen tutkimiseen, jolloin sen avulla voidaan havaita elimistön fysiologisten prosessien aiheuttamia verenkierron muutoksia (Jones 1998, Turner 2001, Infernuso ym. 2010, katsauksessa Cilulko 2013). Alueilla, joilla lämpötila on normaalia korkeampi, verenkierto on kasvanut esimerkiksi tulehduksen, kasvainsairauden tai muun kudonvaurion takia. Normaalia kylmemmät ihoalueet liittyvät vähentyneeseen verenvirtaukseen esimerkiksi hermostovaurion, verenkiertohäiriön tai arpikudosmuodostuksen takia (Jones 1998, katsauksessa Eddy ym. 2001, Kastberger & Stachl 2003, Nakayama ym. 2005). Steiss ym. (1999) tutkivat lämpökameran avulla koiran häntälihasten kipusyndroomaa eli vesihäntää. Tutkimuksen perusteella ristiselän ja hännän alue oli 2-3 °C kylmempi kuin kontrollikoirilla osoittaen vähentyntä verenkiertoa alueelle (Steiss ym. 1999). Tulehdus voi joskus voimakkaan turvotuksen takia myös vähentää paikallisesti verenkiertoa jolloin ihon pintalämpötila voi olla normaalia viileämpi (Turner 2001).

2.3.3 Lämpökameran käyttö eläintutkimuksissa

Lämpökamerakuvantamista sovelletaan lääketieteen lisäksi eläintieteellisissä, ekologisissa ja eläinten käyttäytymistutkimuksissa (Kastberger & Stachl 2003, katsauksessa Cilulko ym. 2013). Lämpökamerakuvantamista on tutkittu hevosilla (Turner 1998 ja 2001, van Hoogmoed ym. 2000, katsauksessa Eddy ym. 2001, Embaby ym. 2002, van Hoogmoed & Snyder 2002, Holmes ym. 2003, Tunley & Henson 2004, Simon ym. 2006), villeillä nisäkkäillä (Nakayama ym. 2005, Stewart ym. 2005, Vianna & Carrive 2005, McCafferty 2007, Tattershall & Cadena 2010, katsauksessa Cilulko ym. 2013), nautakarjalla (Schaefer ym. 2007, Stewart ym. 2007, Halachmi ym. 2013), koirilla (Steiss 1999, Um ym. 2005, Loughin & Marino 2007, Sargent 2008, Infernuso ym. 2010, Vainionpää ym. 2012a, 2012b ja 2012c) ja kissoilla (Vainionpää ym. 2012d). Lämpökamerakuvantamisen selkeä etu eläimiä kuvattaessa on se, että kuvaus voidaan suorittaa eläintä häiritsemättä tai siihen

koskematta (McCafferty 2007, Tattershall & Cadena 2010). Kun lämpökamerakuvaus suoritetaan etäältä, kuvattavaa eläintä ei tarvitse eristää tai rauhoittaa, mikä vähentää merkittävästi eläimen kokemaa stressitasoa. Tästä syystä lämpökamera on hyvä apuväline karjan, villieläinten ja tarhattujen eläinten tutkimisessa (katsauksessa Cilulko ym. 2013).

Käytetystä tekniikasta riippuen kuvaus voidaan suorittaa joko alle metrin etäisyydeltä tai jopa yli kilometrin päästä (McCafferty 2007). Lähietäisyydeltä mitattu kehon lämpötila antaa kuitenkin luotettavamman tuloksen kuin kaukaa mitattu (katsauksessa Cilulko ym. 2013), koska kuvausetäisyyden kasvaessa kuvanlaatuun vaikuttavat tekijät kuten sääolosuhteet voivat muuttaa tuloksia. Lämpökameratutkimuksen mahdollisuuksia rajoittavia tekijöitä ovat esimerkiksi sääolosuhteet kuten auringonvalo, sademäärä, ilmakosteus ja ilmanvirtaukset, sillä ne voivat vaikuttaa mitattuihin arvoihin (katsauksessa Cilulko ym. 2013). Viimeaikaisen teknologiakehityksen myötä lämpökamerat ovat nykyään pienempiä ja helppokäyttöisempiä, jonka takia niiden käyttö kenttäolosuhteissa on nykyään helpompaa. Myös ohjelmistot ovat nykyään helppokäyttöisempiä ja halvempia ja kameroiden luotettavuus on parantunut (Jones 1998, Turner 2001, Kastberger & Stachl 2003, McCafferty 2007).

Lämpökamerakuvantamisen avulla on tutkittu tasalämpöisten eläinten ääreisverenkiertoa, lämmönsäätelykykyä, aineenvaihdunnan ja lämmöntuotannon yhteyttä sekä hengitysteiden kautta haihtuvan lämmön osuutta keskushermoston ylikuumentumisen estämiseksi (Tattershall & Cadena 2010). Lämpökamerakuvantamista on hyödynnetty erityisesti eläinten lämmönsäätelyn tutkimisessa (McCafferty 2007, katsauksessa Cilulko ym. 2013). Tutkimusten perusteella valtaosa lämmönhukasta tapahtuu nisäkkäillä pään kautta (McCafferty 2007, Tattershall & Cadena 2010). Ihon pintalämpötilan ja ihonalaiskudoksen verenkierron sekä ruskean rasvakudoksen välillä on havaittu selvä yhteys. Turkilla ja höyhenpeitteellä on suuri merkitys lämpöhukan vähentämisessä ihon kautta. Turkittomilla eläimillä kuten hylkeillä eristävän kerroksen muodostaa runsas ihonalainen rasvakudos (Tattershall & Cadena 2010). Lämpöhukan määrä vaihtelee eläimen koon, ruumiinrakenteen, rodun ja turkin laadun välillä. Esimerkiksi kylmäveriset hevoset sekä ponit haihduttavat vähemmän lämpöä kylmissä sääolosuhteissa verrattuna lämminverisiin ja kevytrakenteisiin hevosiin (Autio ym. 2006). Vainionpää ym. (2012) tutkivat ratajuoksukilpailuun osallistuneiden englanninvinttikoirien pintalämpötiloja kilpailusuorituksen jälkeen. Teoreettisesti lämpökameran avulla havaittu pinnallisen lämpötilan nousu voisi johtaa elimistön liialliseen kuumentumiseen, joten voidaan olettaa,

että koirien lämmönsäätelyjärjestelmän jäädytysmekanismit ovat riittäviä estämään hypertermiaa, sillä koirilla ei havaittu kilpailun jälkeen hypertermian kliinisiä oireita.

Ihon pintalämpötilan on havaittu muuttuvan myös emotionaalisissa tilanteissa stressireaktion seurauksena kuten eläimen tuntiessa pelkoa (Nakayama ym. 2005, Vianna & Carrive 2005, Stewart ym. 2005 ja 2007, McCafferty 2007, Schaefer ym. 2007, katsauksessa Cilulko 2013). Lämpökameran avulla voidaan havaita stressireaktion aiheuttamia muutoksia eläimen lämmönhukassa muuttuneen ääreisverenkierron seurauksena. Stressin yhteydessä verenkiertoon vapautuva kortisoli lisää lämmöntuotantoa ja ihon kautta tapahtuvaa lämpöhukkaa (Stewart ym. 2005). Esimerkiksi vasikoiden kokema stressi altistaa eläimet herkemmin hengitystie- ja suolistotulehduksille, joilla on vaikutusta eläinten kasvuun ja sitä kautta osuutta taloudellisiin tappioihin. Lämpökameratekniikkaa käyttämällä sairastapaukset voidaan mahdollisesti havaita jo ennen oireiden puhkeamista, sillä tutkimusten perusteella vasikoiden silmien alueen lämpötila kasvaa selkeästi ennen sairauden oireiden kehittymistä (Stewart ym. 2005). Stewart ym. (2007) eivät kuitenkaan havainneet tutkimuksessaan selkeää yhteyttä silmien alueen lämpötilan kasvun ja stressireaktion aiheuttaman veren kortisolipitoisuuden nousun välillä lypsykarjalla. Kun opittua pelkoreaktiota tutkittiin rotilla, havaittiin että pelkoreaktio on yhteydessä merkittävään elimistön ääreisosien kuten korvien ja tassujen viilentymiseen samalla kun lämpötila nousee muissa osissa ruumista (Vianna & Carrive 2005). Toisen tutkimuksen mukaan (Nakayama ym. 2005) apinoiden nenän alueen lämpötila laski stressireaktion seurauksena eläinten altistuessa niiden epämiellyttävinä pitämille asioille.

Villieläinpopulaatioiden tutkimisessa lämpökamerakuvausta on hyödynnetty mm. eläinten laskennassa (McCafferty 2007, katsauksessa Cilulko ym. 2013) sekä tautidiagnostiikan apuvälineenä esimerkiksi suu- ja sorkkataudin tutkimisessa muulipeuroilla (Dunbar ym. 2009) ja raivotaudin diagnosoimisessa pesukarhuilla (Dunbar & MacCarthy 2006). Lisäksi lämpökamerakuvantamista on käytetty lisääntymistieteen apuvälineenä kiimakierron ja tiineyksien tutkimisessa villieläimillä (Durrant ym. 2006, katsauksessa Cilulko ym. 2013). Lämpökamerakuvantamisen avulla on voitu myös määrittää esimerkiksi harmaavalaiden vaellusreitit ja uintinopeuksia (katsauksessa Cilulko ym. 2013).

Tuotantoeläinpuolella lämpökamerakuvantamista on sovellettu nauta- ja siipikarjalla, sioilla ja pienmärehitijöillä tehtyihin tutkimuksiin. Tietynlaisin edellytyksin lämpökamerakuvantaminen tarjoaa hyvän apuvälineen tuotantoeläinten sairauksien ennaltaehkäisyssä, havaitsemisessa ja diagnostiikassa (Knizkova ym. 2007). Naudoilla

lämpökamerakuvantamista on hyödynnetty mm. polttomerkin aiheuttaman kudostuhoon arvioimisessa, septisen nivel tulehduksen diagnostiikassa, kiimantarkkailun apuvälineenä ja sorkkien hyvinvoinnin tarkkailussa (Stewart ym. 2005, Knizkova ym. 2007, McCafferty 2007, Schäfer ym. 2007). Lämpökameraa on hyödynnetty myös sarviamputaation ja kuljetusten aiheuttamien emotionaalisten vaikutusten arvioimisessa (McCafferty 2007) sekä tutkittu alustavasti lypsävien nautojen kuntoluokituksen apuvälineenä (Halachmi ym. 2013).

2.3.4 Lämpökameran käyttö eläinlääketieteessä

Eläinlääketieteellisessä käyttötarkoituksessa lämpökamerakuvantamista on hyödynnetty erityisesti hevospraktiikassa (Harper 2000, katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001). Sitä sovellettiin ensimmäisen kerran hevosilla vuonna 1965 (Delahanti & Georgi 1965). Lämpökamerakuvaus on osoittautunut hyödylliseksi työvälineeksi hevospraktiikassa etenkin pehmytkudosvaurioiden ja - sairauksien diagnostiikassa (katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001).

Lämpökameratutkimus soveltuu kliinisessä käytössä erityisesti ontumatutkimuksen apuvälineeksi (Turner 1998 ja 2001, katsauksessa Eddy ym. 2001,). Yhdistettynä kliiniseen yleistutkimukseen se soveltuu erinomaisesti ontumisen arvioimiseen ainakin hevosilla. Lämpökamerakuvausta käytettiin apuvälineenä ontumien diagnosoimisessa hevosilla tehdyssä tutkimuksessa (Turner 1998). Lämpökamerakuvausta hyödynnettiin erityisesti selkään ja takaraajoihin liittyvien ontumien tutkimisessa sekä arvioitaessa hevosen suorituskyvyn muutoksia. Suorituskykyyn ja hevosen työskentelyhaluun mahdollisesti vaikuttavat piilevät tulehdukset tai kipukohtat voitiin paikallistaa helpommin lämpökameran avulla. Lämpökameran avulla saatiin hyödyllistä lisätietoa ontumien arviointiin liittyen 86 %:ssa tapauksista (Turner 1998).

Ontumien diagnosoiminen hevosilla lämpökameraa apuna käyttäen on mahdollista, mutta tarkka tutkimuskäytäntö on toistaiseksi puutteellinen. Virheellisiä tulkintoja mahdollisesti aiheuttavien tekijöiden määrittäminen ja ymmärtäminen on tärkeää lämpökamerakuvantamiseen perustuvan diagnostiikan kannalta. Virheellisiä tulkintoja voivat aiheuttaa esimerkiksi paikallisesti käytetyt hermopuudutukset. Holmes ym. (2003) eivät kuitenkaan havainneet tutkimuksessaan merkittäviä lämpötilamuutoksia, kun hevosten eturaajoissa käytettiin hermopuudutuksia.

Lämpökamerakuvantaminen soveltuu jännevaurioiden, luuston ja lihaksiston, nivelten sekä neurologisten vammojen arvioimiseen (Harper 2000, katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001). Lämpökamerakuvantamista on alustavasti tutkittu myös paikallisesti käytettävien puudutusaineiden ja kipulääkkeiden dopingtestauksessa hevosilla (van Hoogmoed ym. 2000 ja 2002).

Lämpökamerakuvantamisen huomattavin diagnostinen etu on vauriokohdan tarkka paikallistaminen (Harper 2000, katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001). Vahingoittuneen tai tulehtuneen kudoksen lämpötila muuttuu verenkierron muutoksen seurauksena. Muuttunut lämpötila havaitaan lämpökameran avulla epänormaalina lämpöjakaumana, jolloin vaurion anatominen sijainti on helpompi paikallistaa (Turner 2001, Tunley & Henson 2004, McCafferty 2007, katsauksessa Cilulko 2013). Tämän jälkeen lämpökameran avulla havaittua epäilyttävää aluetta voidaan tutkia tarkemmin muilla kuvantamismenetelmillä. Näin tutkimiseen käytettyä aikaa ja kustannuksia voidaan mahdollisesti pienentää (Harper 2000). Anatomisesti samankaltaisten alueiden välillä yhden asteen lämpötilaero on kliinisesti merkittävää, ja viittaa yleensä paikalliseen tulehdukseen tai vaurioon (katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001).

Diagnostiikan lisäksi lämpökamerakuvantamista voidaan käyttää apuna sairauksien ennaltaehkäisyssä (Harper 2000, katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001, katsauksessa Cilulko ym. 2013). Lämpötilamuutokset voidaan usein havaita jopa kaksi viikkoa ennen kliinisten oireiden tai radiologisesti havaittavien muutosten kehittymistä (Harper 2000, katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001). Lämpökameratutkimuksen avulla myös hoitovasteen seuranta on helpompaa (Harper 2000, katsauksessa Eddy ym. 2001). Lämpökameraa voidaan käyttää myös kliinisen tutkimuksen apuna, sillä lämpökamera on kymmenen kertaa ihmiskättä herkempi havaitsemaan ihon pinnan lämpötilaeroja (Turner 2001).

Vainionpää ym. (2012b) tutkivat kilpailevien englanninvinttikoirien raajojen pintalämpötiloja lämpökameran avulla. Tutkimuksessa oletettiin, että lämpökameran avulla havaittava epäsymmetria eri raajojen pintalämpötiloissa voi liittyä juoksemisen aiheuttamaan jalkojen epätasaiseen rasitukseen tai vaurioon. Tutkimuksessa verrattiin myös oikean ja vasemman jalan lämpökamerakuvia ennen ja jälkeen ratajuoksukilpailun. Oikean ja vasemman takajalan välinen pintalämpötilaerotus vaihteli välillä 0,0 - 4,0 °C. Huolimatta näinkin suuresta lämpötilaerotuksesta eri yksilön jalkojen välillä yhdelläkään tutkituista koirista ei havaittu kliinisiä merkkejä mahdollisesta jalkojen vauriosta. Suuret

lämpötilaerotukset ilman merkkejä vauriosta voivat johtua koiran eri puolien lihasten epätasaisesta käytöstä juoksun aikana. Kilpailun jälkeen pinnalliset lämpötilat olivat merkittävästi korkeampia etenkin osassa takajalkojen lihaksia kuin ennen kilpailua (Vainionpää ym. 2012b).

Muutokset ihon pintalämpötilassa voivat liittyä useiden eri sairauksien lisäksi myös kipuun (Head & Elliot 2002, Jiang ym. 2005). Vainionpää ym. (2012d) vertasivat lämpökamerakuvauksen avulla saatua tietoa kissan kokemista mahdollisesti kivuliaista prosesseista kliinisen palpaatiotutkimuksen ja omistajille suunnatun kipukyselylomakkeen tuomaan tietoon. Tutkimuksen perusteella omistajat eivät havainneet yhtä usein kissan mahdollisia kiputiloja kuin mitä palpaatiotutkimuksen tai lämpökameratutkimuksen perusteella voitiin olettaa. Palpaatiotutkimus yhdistettynä lämpökamerakuvaukseen voi olla hyvä apuväline erottamaan kivuliaat kissat terveistä. Lämpökameratutkimuksen avulla voidaan myös havaita eroja eläimen painonkannattelussa, jonka perusteella voidaan päätellä eläimen mahdollista kivuliaisuutta sen varatessa painoa jollekin raajalle (Vainionpää ym. 2012d).

Lämpökameran avulla on tutkittu myös rauhoituksen vaikutusta koirien ääreisosien lämmönhukkaan. Rauhoituksessa käytettyjen erilaisten lääkeaineiden käytöllä sekä rauhoitteiden annostelutavalla havaittiin olevan vaikutusta lämmönhukan määrään ja nopeuteen, jolla ääreisosien lämpötila laskee (Vainionpää ym. 2012c).

2.3.5 Käyttöön liittyvät periaatteet

Lämpökamerakuvantamisen perustana on tutkittavan eläimen kehon pinnan lämpöjakauma, johon vaikuttaa suhteellinen verenvirtaus alueella. Lihaksikkaiden ruumiinosien kohdalla ihon pintalämpötila on yleensä suurempi kuin esimerkiksi raajoissa, joissa lämpimimmät kohdat ovat suurimpien verisuonten kohdilla (Turner 2001).

Loughin & Marino (2007) tutkivat koirien pintalämpötilan normaalijakaumaa kymmenellä eri labradorinnoutajalla. Lämpöjakaumat olivat samankaltaiset, ja raajoissa oli havaittavissa erilliset verisuoniin liittyvät lämpimämmät alueet. Oikea ja vasen puoli olivat lämpöjakaumaltaan tutkimuksen perusteella symmetriset. Tämän perusteella voidaan olettaa, että tutkittaessa esimerkiksi vain yhtä raajaa käsittäviä muutoksia, vastakkaista raajaa voidaan käyttää lämpökameratutkimuksessa vertailukohteena. Tutkimuksessa

tutkittiin myös karvan ajelun vaikutuksia lämpökameran avulla havaittavaan lämpöjakaumaan. Erityisesti takaraajojen kohdalla lämpöjakaumakuviot olivat samankaltaiset sekä ajelemattomassa että ajellussa ihossa. Ajellun ihon keskilämpötila oli korkeampi, mutta lämpöjakaumakuviot olivat kuitenkin samankaltaiset sekä ajelemattomassa että ajellussa ihossa (Loughin & Marino 2007) Samaan tulokseen päätyivät Infernuso ym. (2010) tukiessaan polven alueen lämpökamerakuvantamista koirilla.

Hevosilla on tehty useita tutkimuksia, joissa on selvitetty niiden kehon normaalia lämpöjakaumaa, ja hahmoteltu sopivia tutkimusprotokollia lämpökameran hyödyntämiseksi kliinisessä työssä (katsauksessa Eddy ym. 2001, McCafferty 2007). Hevosten normaaleissa lämpökuvioissa selän, rinnan ja vatsan alueen keskilinjat ovat yleensä lämpimämpiä alueita, ja jänteiden kohdat ovat viileämpiä. Hevosyksilön lämpöjakauman havaittiin pysyvän rintakehän ja pakaroiden alueella viikon mittaisen tutkimusjakson aikana samankaltaisena tunnista ja päivästä toiseen, joten voidaan olettaa että yksilön lämpötilajakauman tutkiminen lämpökameran avulla on toistettavissa olevaa (Tunley & Henson 2004).

2.3.6 Kuvauksessa huomioitavia tekijöitä

Iholle pitää määrittää emissiivisyyskerroin pintalämpötilan tarkan mittaamisen onnistumiseksi (McCafferty 2007). Emissiivisyydellä tarkoitetaan kohteen kykyä absorboida eli imeä ja emittoida eli säteillä lämpösäteilyä (katsauksessa Eddy ym. 2001). Emissiivisyys on kappaleen lähettämän säteilyn määrä verrattuna mustan kappaleen säteilyyn. Musta kappale on sellainen oletettu kohde, joka ainoastaan emittoi säteilyä. Elävät luonnon organismit puolestaan myös heijastavat jonkin verran säteilyä emittoimisen lisäksi. Nisäkkäiden ihon emissiivisyys on lähellä mustan kappaleen emissiivisyyttä, joka on 1,0 (Kasberger & Stachl 2003). Paljaan ihmisen ihon emissiivisyys on 0,98, ja kuivan turkin emissiivisyys vaihtelee nisäkkäiden keskuudessa välillä 0,98 - 1,0 (McCafferty 2007).

Kameroissa on yleensä sisäänrakennettuna suodattimet, jotka korjaavat ympäristön ilmakehän kuten hiilidioksidin ja kosteuden aiheuttamia mittausvirheitä (Kasberger & Stachl 2003). Kuvaustilanteessa ympäristön vaikutus muodostuviin lämpökamerakuviin tulee huomioida. Sääolosuhteet kuten auringonvalo tai voimakkaat ilmavirtaukset voivat aiheuttaa kuvausvirheitä (van Hoogmoed ym. 2000 ja 2002, Stewart ym. 2005.). Kuvaus tulisi tehdä vedottomassa ja lämpötilaltaan normaaliin huoneenlämpöön verrattavissa olevassa tilassa

tasaisessa valossa niin, että kuvattava eläin saa sopeutua kuvausympäristön lämpötilaan mielellään 10 - 20 minuutin ajan (katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001). Tunley & Henson (2004) havaitsivat tutkimuksessaan, että hevosen pintalämpötila mukautuu ympäristön lämpötilaan 39 - 60 minuutin kuluessa niiden saapumisesta uuteen ympäristöön. Karvaisemmat hevoset vaativat pidemmän mukautumisajan kuin lyhytkarvaiset tai ajellut hevoset. Mukautumisaika ei kuitenkaan välttämättä ole oleellinen lämpökameratutkimuksen luotettavuuden kannalta, sillä valtaosa tutkittujen hevosten ihon pinnan lämpöjakaumasta ei muuttunut merkittävästi tunnin sisällä uuteen ympäristöön saapumisesta (Tunley & Henson 2004).

Eläimen karvan tulee olla kuvausta varten puhdas ja kuiva (van Hoogmoed ym. 2000 ja 2002, katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001, Stewart ym. 2005), eikä eläintä saa harjata pariin tuntiin ennen kuvausta (katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001): Fysioterapiaa, akupunktiota, liikuntaa ja eläimen rauhoittamista pitää välttää ennen tutkimusta, sillä ne muuttavat eläimen pintaverenkiertoa (van Hoogmoed ym. 2000 ja 2002 katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001). Hevosilla tehdyn tutkimuksen mukaan lämpökameran avulla havaitut liikuntasuorituksen nostamat ihon pintalämpötilaerot palautuivat normaaleiksi, kun liikuntasuorituksesta oli kulunut aikaa 45 minuuttia (Simon ym. 2006).

Mahdolliset ihovauriot ja injektiokohdat tulee kartoittaa ennen tutkimusta (katsauksessa Eddy ym. 2001), sillä esimerkiksi arpikudos havaitaan kuvissa yleensä kylmänä pisteenä (Jones 1998, Turner 2001). Kuvaus tulisi suorittaa samalle alueelle vähintään kahdesta eri suunnasta 90° kulmista, jotta voidaan määrittää, ovatko kuvissa mahdollisesti havaitut muutokset todellisia. Jalat tulisi kuvata aina neljästä eri suunnasta (Turner 2001).

2.3.7 Kliiniset sovellukset eläinlääketieteessä

Hevosilla lämpökamerakuvausta on hyödynnetty useiden eri kavion ja jalan alueen ongelmien kuten kaviokuumeen, paiseiden tai muiden tulehduksellisten prosessien arvioimisessa (katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001). Lämpökameratutkimuksen avulla ei voida tehdä tarkkaa diagnoosia, mutta sen avulla saadaan hyödyllistä lisätietoa ongelmakohdan paikallistamisessa, tulehdusprosessin arvioimisessa, hoitovaihtoehdon valitsemisessa sekä hoitovasteen seurannassa (Turner 2001). Useat tulehdusprosessit kuten

kaviopaiseet tai kaviokuume voidaan havaita lämpökameran avulla jo siinä vaiheessa, kun kliinisesti tai radiologisesti ei havaita selkeitä muutoksia (katsauksessa Eddy ym.2001).

Jänneauriot havaitaan lämpökamerakuvissa normaalia lämpimämpänä alueena. Hevosilla jänneaurioita on havaittu lämpökameran avulla varhaisessa vaiheessa jopa kaksi viikkoa ennen kliinisten oireiden kuten turvotuksen ja kivun kehittymistä (Turner 1998 ja 2001, katsauksessa Eddy ym. 2001). Jänneaurioiden parannuttua ihon pinalämpötila voi jänteen arpikudostuodostuksen takia olla normaalia viileämpi (Turner 2001). Tutkittaessa lämpökameran avulla jänneaurioiden aiheuttamia lieviä, liikunnan yhteydessä pahentuvia ontumia hevosilla, havaittiin selkeä puoliero lämpökuvissa oireilevan jalan ja vastakkaisen terveen jalan välillä (Embaby & Shamaa 2002).

Nivelmuutokset havaitaan lämpökamerakuvissa parhaiten yläsuunnasta kuvattuna. Terve nivel on yleensä viileämpi verrattuna ympäröiviin kudoksiin, mutta tulehtuneen nivelen kohdalla havaitaan lämpökuvissa ovaalinmallinen kuumempi kohtanivelen keskikohdassa (katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001). Hevosilla vuohisnivelen alueen tulehdustila tosin ilmenee normaalia kylmempänä pyöreänä kohtana, jonka ympäriltä ihon pinalämpötila on kasvanut (katsauksessa Eddy ym. 2001). Hevosilla raajan alaosien nivelissä kuten kavio- tai vuohisnivelissä tulehduskohta ilmenee normaalia kylmempänä pyöreänä kohtana, jossa keskusta on viileämpi ja reunat kuumemmat (katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001).

Ihon pinalämpötila ja nivelvaurion laajuus eivät korreloi keskenään. Tutkittaessa sormien nivelrikkoa ihmisillä havaittiin, että nivelten lämpötila ja radiologisesti havaittu nivelrikkomuutosten vakavuusaste korreloivat käänteisesti keskenään (Varju ym. 2004). Nivelrikkomuutosten vakavuusasteen kasvaessa lämpökameran avulla havaittu ihon pinalämpötila väheni merkittävästi. Lievissä nivelrikkotapauksissa pinalämpötila puolestaan kasvoi, mikä viittaa siihen että varhaisessa vaiheessa nivelrikko ilmenee tulehdusreaktiona. Kroonisessa nivelrikkotapauksessa nivelen lämpötila voi siis olla normaalia viileämpi (Varju ym. 2004). Lämpökamerakuvissa havaittuun nivelen lämpötilaan vaikuttaa ongelman keston lisäksi nivelkalvoihin ja nivelrustoon sekä rustonalaiseen luuhun kohdistuvien vaurioiden laajuus (Turner 2001). Krooninen tai vähäoireinen niveltulehdus ei siis välttämättä näy lämpökamerakuvissa, sillä ihon pinnasta heijastuva lämpötila ei nouse merkittävästi tässä yhteydessä (katsauksessa Eddy ym. 2001).

Myös polvilumpion alueen ihon pinalämpötilan ja röntgenologisesti havaittavien polvinivelen nivelrikkomuutosten välillä on havaittu yhteys (Denoble ym. 2010). Infernuso

ym. (2010) käyttivät lämpökamerakuvausta koiran polven ristosidevammojen tutkimisessa. Lämpökamerakuvaus osoittautui toimivaksi menetelmäksi erottaa vaurioituneet ja terveet polvinivelet toisistaan, kun polvet kuvattiin suoraan edestäpäin (Infernuso ym. 2010).

Luustomuutosten arvioimiseen lämpökamerakuvaus soveltuu huonosti, sillä pehmytkudokset erottavat valtaosan kehon luista ihon pinnasta. Kohdissa, joissa luiden päällä on vain vähän pehmytkudosta kuten esimerkiksi hevosilla puikkoluiden alueella, luuston arvioiminen lämpökamerakuvauksen avulla on kuitenkin mahdollista (katsauksessa Eddy ym.2001, Turner 2001).

Yksittäisten lihasvaurioiden havaitseminen voi olla vaikeaa, mutta lämpökameran avulla vaurioitunut lihas- tai lihasryhmä on helpompi paikallistaa (Turner 2001). Lämpökamerakuvantamisen avulla pystytään havaitsemaan esimerkiksi koirien lihasvaurioita, sillä ne aiheuttavat muutoksia ääreisverenkierrassa (Steiss 2002). Lihastulehdukset näkyvät lämpökamerakuvissa yleistyneenä kuumana alueena tulehtuneiden lihasten alueella (katsauksessa Eddy ym. 2001). Jos alueen verenkierto on heikentynyt turvotuksen takia, ihon lämpötila voi vaurioituneen lihaksen kohdalla olla myös normaalia viileämpi. Lihasten surkastuminen voidaan havaita lämpökameran avulla jo kauan ennen kuin se havaitaan kliinisesti. Lihaksiston arvioimista varten tulee aina kuvata tutkittavan eläimen molemmat puolet, jotta kuvia voidaan verrata keskenään ja käyttää apuna diagnostiikassa (Turner 2001).

Neurologiset sairaudet voidaan havaita lämpökamerakuvissa normaalia kylmempinä kohtina, sillä ihon lämpötila vastaa muutoksiin autonomisen hermoston toiminnassa (katsauksessa Eddy ym. 2001). Lämpökamerakuvantamista voidaan käyttää diagnostiikan apuvälineenä myös selkärankaan liittyvissä ongelmissa kuten luksaatioiden ja subluksaatioiden paikallistamisessa. Selkärankaa tutkittaessa kuvat otetaan ylhäältä päin. Vauriot nähdään lämpötilamuutoksina yleensä keskilinjassa (Turner 2001). Lämpökamerakuvausta on tutkittu mäyräkoirien välilevytyriä diagnosoimisessa (Sargent 2008). Vaikka lämpökamerakuvissa havaittiin merkittäviä lämpötilan alenemisiä kliinisesti sairailta koirilla, lämpökamerakuvaus ei osoittautunut hyödylliseksi välilevytyriä diagnosoimisessa ja ennusteen arvioimisessa klinikkaolosuhteissa, sillä havaitut lämpötilamuutokset eivät korreloineet potilaan neurologisen statuksen kanssa. Kliininen yleistutkimus ja neurologinen tutkimus osoittautuivat hyödyllisemmiksi välilevytyriä aiheuttaman vaurion paikallistamisessa sekä ennusteen arvioimisessa kuin lämpökameratutkimus (Sargent 2008).

2.3.8 Yhteys muihin kuvantamistekniikkoihin:

Lämpökamerakuvantamisen avulla voidaan paikallistaa muuttuneita kudosalueita ja saada tietoa kudosten fysiologisesta toiminnasta, mutta sen avulla ei voida tehdä tarkkaa diagnostiikkaa tai saada selville sairauden alkuperää. Lämpökamerakuvantamisesta saadaan suurin hyöty, kun se yhdistetään muihin kuvantamistekniikkoihin kuten ultraäänitutkimukseen, radiologiaan, tietokonetomografiaan tai magneettikuvaukseen (Harper 2000, katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001, Infernuso ym. 2010) Mikään kuvantamismenetelmistä ei kuitenkaan korvaa kliinisen tutkimuksen tärkeyttä, mutta kuvantamismenetelmien avulla voidaan vahvistaa kliinisessä tutkimuksessa esiin tullutta tietoa eläimen kunnosta (Turner 2001).

Lämpökamerakuvaus ja gammakuvaus ovat molemmat fysiologisia kuvantamismenetelmiä, jotka tarjoavat tietoa kudoksen elinvoimaisuudesta ja vaurion sijainnista. Kummankaan kuvantamistekniikan avulla ei kuitenkaan saada tietoa vaurion alkuperästä. Röntgenkuvauksen avulla voidaan arvioida anatomisten rakenteiden kuten luuston muutoksia. Kroonisten luostomuutosten yhteydessä voi joskus olla hankala arvioida onko kyseinen muutos ontumisen taustalla. Lämpökamerakuvaus yhdistettynä röntgenkuvaukseen tällaisessa tapauksessa tarjoaa tietoa siitä, liittyykö röntgenologisesti havaittavaan muutokseen tulehdusreaktiota.

Gammakuvausta käytetään vaikeasti havaittavien luustovaurioiden tutkimiseen. Kun lämpökamerakuvaus yhdistetään gammakuvaukseen, saadaan luostomuutosten lisäksi tietoa niitä ympäröivien pehmytkudosten muutoksista (Turner 2001).

Lämpökamerakuvaus ja ultraäänitutkimus täydentävät tutkimusten avulla saatua tietoa kudosten tilasta. Muuttunut kohta voidaan paikallistaa lämpökamerakuvauksen avulla, jonka jälkeen muutoksen kokoa ja muotoa voidaan arvioida ultraäänitutkimuksen perusteella (Turner 1998 ja 2001). Tutkittaessa ultraäänellä normaalia kuumempaa kohtaa hevosen polven alueella, kohdassa havaittiin lihassolujen vauriota sekä verenvuotoa (Turner 1998).

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 Eläimet

Tutkimukseen osallistui yhteensä 49 yksityisten henkilöiden omistamaa koira. Koirat hankittiin julkisen ilmoituksen avulla lähinnä koiraharrastajien keskustelufoorumien kautta. Tutkimuspopulaatio koostui 26:n eri koirarodun edustajista. Mukaan otettiin koiria, joiden lonkat oli arvosteltu virallisesti ja lausuttu Suomen Kennelliitossa. Tutkimukseen hyväksyttiin mukaan sekä normaalilonkkaisia että lonkkanivelen kehityshäiriötä sairastavia koiria. Lonkkien arvosanat vaihtelivat välillä A-E. Osalla koirista oli omistajien mukaan takajalkoihin kohdistuvaa liikkumishaluttomuutta ja osa koirista oli kliinisesti terveitä. Koirien ikä vaihteli yhdestä kymmeneen vuoteen. Koirista 21 oli uroksia, joista viisi oli kastroitu, ja 25 narttuja, joista kolme oli steriloitu. Koirien turkinlaaduissa ja – pituuksissa oli runsaasti vaihtelua, samoin kuin koirien säkäkorkeudessa ja ruumiinrakenteessa. Koirien elopainot vaihtelivat 9–91 kg:n välillä. (Taulukko 2.)

3.2 Lämpökamera

Tutkimuksessa käytettiin lämpökameraa, jonka resoluutio eli erottelukyky oli 320 x 240 pikseliä ja herkkyys lämpötilaeron havaitsemiselle 0,05 °C (T425, FLIR Systems, Inc.).

Taulukko 2. Tutkimukseen osallistuneiden koirien lukumäärät ja ikä (minimi- maksimi) roduittain

Rotu	Koirien lukumäärä	koirien ikä vuosina (minimi- maksimi)
akita	2	3 - 5
amerikancockerspanieli	3	2 - 5
australiankelpie	1	6
australianpaimenkoira	1	1
bordercollie	8	1 - 10
borderterrieri	1	8
kaukaasianpaimenkoira	1	6
keskiaasianpaimenkoira	1	6
dobermanni	2	4 - 7
dogo argnetino	2	8 - 9
suomenlapinkoira	2	1 - 6
saksanpaimenkoira	8	1 - 8
suursnautseri	1	3
kultainennoutaja	1	1
howavart	1	8
labradorinnoutaja	3	5 - 10
lagotto romagnolo	1	3
lancashiren karjakoira	1	5
monirotuinen	1	5
novascotiannoutaja	1	9
vanhaenglannin lammaskoira	1	2
pitkäkarvainen collie	2	3 - 4
samojedinkoira	1	2
lyhytkarvainen collie	1	6
staffordshiren bullterrieri	1	1
welshin springerspanieli	1	7
yhteensä	49	3,7 (keskiarvo)

3.3 Tutkimuksen suorittaminen

Tutkimus tehtiin Helsingin Yliopiston Eläinlääketieteellisen tiedekunnan pieneläinsairaalan tiloissa alkaen joulukuussa 2010 päättyen helmikuussa 2011. Kuvaukset suoritettiin seitsemänä eri päivänä. Ennen varsinaisen tutkimuksen aloittamista tehtiin lyhyt pilottitutkimus, jonka perusteella varsinainen tutkimusprotokolla suunniteltiin. Tutkimuksessa käytettyjen koirien omistajilta pyydettiin kirjallinen suostumus tutkimukseen osallistumisesta. Tutkimukselle saatiin lupa Helsingin Yliopiston eettiseltä toimikunnalta.

Ennen liikkeiden visuaalista arvioimista koirille suoritettiin lämpökamerakuvaus. Koirien annettiin sopeutua eläinsairaalan lämpötilaan noin puolen tunnin ajan ennen tutkimuksen aloittamista. Koirien takaosaan vältettiin koskemasta ennen tutkimusta ja pyrittiin välttämään niiden makaamista tai istumista epätasaisessa asennossa. Kuvausta varten koirat asetettiin seisomaan mahdollisimman symmetriseen asentoon. Omistaja piteli kuvauksen ajan koira kiinni koiran etuosasta. Tarvittaessa koira kannateltiin kevyesti mahan alta, mutta takaselän tai takajalojen alueelle ei koskettu. Koiran keskiselän kohtaan ihoon asennettiin koiran ihon pintalämpötilaa mittaava lämpömittari, joka kiinnitettiin paikoilleen teipillä. Koiran ihon ja huoneen lämpötila kirjattiin ylös jokaisella kuvauskerralla. Jokaisen koiran lonkan alue kuvattiin kolmesta eri suunnasta 60 cm:n etäisyydeltä. Kameroiden fokus tarkennettiin ennen jokaista kuvausta kuvausetäisyydelle sopivaksi. Koirat kuvattiin suoraan ylhäältäpäin viimeisen lannenikaman kohdalta ensimmäiseen häntänikamaan asti kahden eri kuvaajan toimesta. Kuvaajat olivat saaneet koulutuksen kameroiden käyttöön ennen tutkimuksen aloittamista. Koirien tuli pysyä liikkumatta kuvauksen ajan.

Lämpökamerakuvausten jälkeen koirille tehtiin visuaalista liikkeiden arviointia varten ontumatutkimus, jossa niiden suorittamat liikkeet tallennettiin videokameralla (Canon Legria FS306) myöhempää tarkastelua varten. Koiran suorittamiin liikesarjoihin kuului ravaaminen suoralla matkalla sekä ympyrällä molempiin suuntiin. Lisäksi koirat suorittivat matalan hypyn, maahan menon ja maasta nousun.

3.4 Lämpökamerakuvien käsittely

Lämpökamerakuvat analysoitiin käyttämällä apuna FLIR QuickReport 2.1 tarjoamaa ilmaista kuvankäsittelyohjelmaa. Kuvien arvostelijat saivat koulutuksen

kuvankäsittelyohjelman käytöstä ennen kuvien analysoimista. Kuvien katselua ja analysointia varten kuvien väriasteikoksi valittiin sateenkaariväriasteikko. Sekä kameran asetuksissa että kuvankäsittelyssä emissiiivisyyskertoimeksi valittiin mustan kappaleen emissiiivisyys eli 1. Lonkkanivelten alueen lämpötilat määritettiin lämpökamerakuvista arvioimalla kuvista, missä kohtaa lonkkanivel sijaitsee, ja laskemalla tämän jälkeen kuvankäsittelyohjelman avulla valitun kohdan keskilämpötila. Kolme arvostelijaa arvioi itsenäisesti lonkkanivelten lämpötilat kummastakin yhdestä koirasta otetusta kuvasta.

3.5 Liikkeiden arvioiminen

Koirien liikkeet arvioitiin tutkimuksen päätteeksi kuvatusta videomateriaalista. Liikkeiden visuaalisesta arvioinnista täytettiin kirjallinen lomake, johon merkittiin esiintyykö koiralla takajalkojen ontumaa. Kaikki koiran suorittamat liikesarjat arvosteltiin erikseen viisiportaisen asteikon mukaan. Lisäksi koiran liikkumista arvioitiin yleisellä tasolla käyttämällä viisiportaista asteikkoa (ei liikuntavaikeuksia – paljon liikuntavaikeuksia). Tarvittaessa lomakkeeseen kirjattiin sanallisia huomioita koiran liikkumisesta. Liikkeiden visuaalisen arvioinnin suoritti kaksi erillistä arviointiryhmää. Tulosten tilastolliseen käsittelyyn valittiin sen arviointiryhmän tulokset, johon kuului eläinfysioterapeutin koulutuksen saanut eläinten liikkumista tarkkailemaan tottunut ulkopuolinen henkilö. Liikkeiden arvioimista vaikeutti joissakin tapauksissa koiran huono hallittavuus, tutkimusympäristön lattiatason liukkaus, huono ohjaaminen, koiran haluttomuus suorittaa liikkeitä tai tilan loppuminen etenkin koiran koon ollessa suuri. Erityistä huomiota kiinnitettiin siihen, esiintyykö koiralla joko molempien tai vain toisen takajalan ontumaa sen suorittaessa liikesarjoja.

3.6 Tilastolliset menetelmät

Jokaisen koiran oikean ja vasemman lonkkanivelen välinen lämpötilaerotuksen keskiarvo määritettiin käyttämällä lämpötilan itseisarvoja. Koirat jaettiin tilastollista analyysia varten kolmeen ryhmään sen mukaan, havaittiinko niillä ontumatutkimuksen perusteella joko toisen tai molempien takajalkojen ontuma tai olivatko ne kliinisesti ontumattomia. Tämän lisäksi koirat jaettiin viiteen eri ryhmään niiden liikkumisen yleisarvion perusteella.

Tilastollinen analyysi tehtiin käyttämällä SPSS ohjelmistopalvelua (IBM SPSS Statistics 21 Data Editor). Lämpötilaerotusten keskiarvojen jakauma testattiin käyttämällä Shapiro-Wilk-testiä, joka soveltuu pienelle tutkimusaineistolle. Koska lämpötilaerotuksen keskiarvot eivät noudattaneet normaalijakaumaa, aineisto analysoitiin ei-parametrisilla testeillä.

Lämpötilojen erotuksen itseisarvon ja liikkumisen yleisarvion välistä yhteyttä testattiin Spearmanin Rho-testillä. Lämpötilojen erotuksen itseisarvon eroa ontuvilla ja ontumattomilla koirilla testattiin Kruskal-Wallis-testillä.

4 TULOKSET

Koko tutkimuspopulaatiossa lonkkien välisen lämpötilaerotuksen itseisarvon keskiarvo oli 0,34 °C, 95 % luottamusväli 0,27 – 0,41 °C ja keskihajonta 0,24 °C.

Koiran eri lonkkanivelten välisen lämpötilaerotuksen ja ontumisen välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota. Yleisarvio liikkumisesta erosi merkitsevästi ontuvien ja ontumattomien koirien välillä. Lonkkanivelten välinen lämpötilaerotus ja liikkumisen yleisarvio eivät korreloineet keskenään (Spearmanin $Rho = -0,09$, $p = 0,54$)

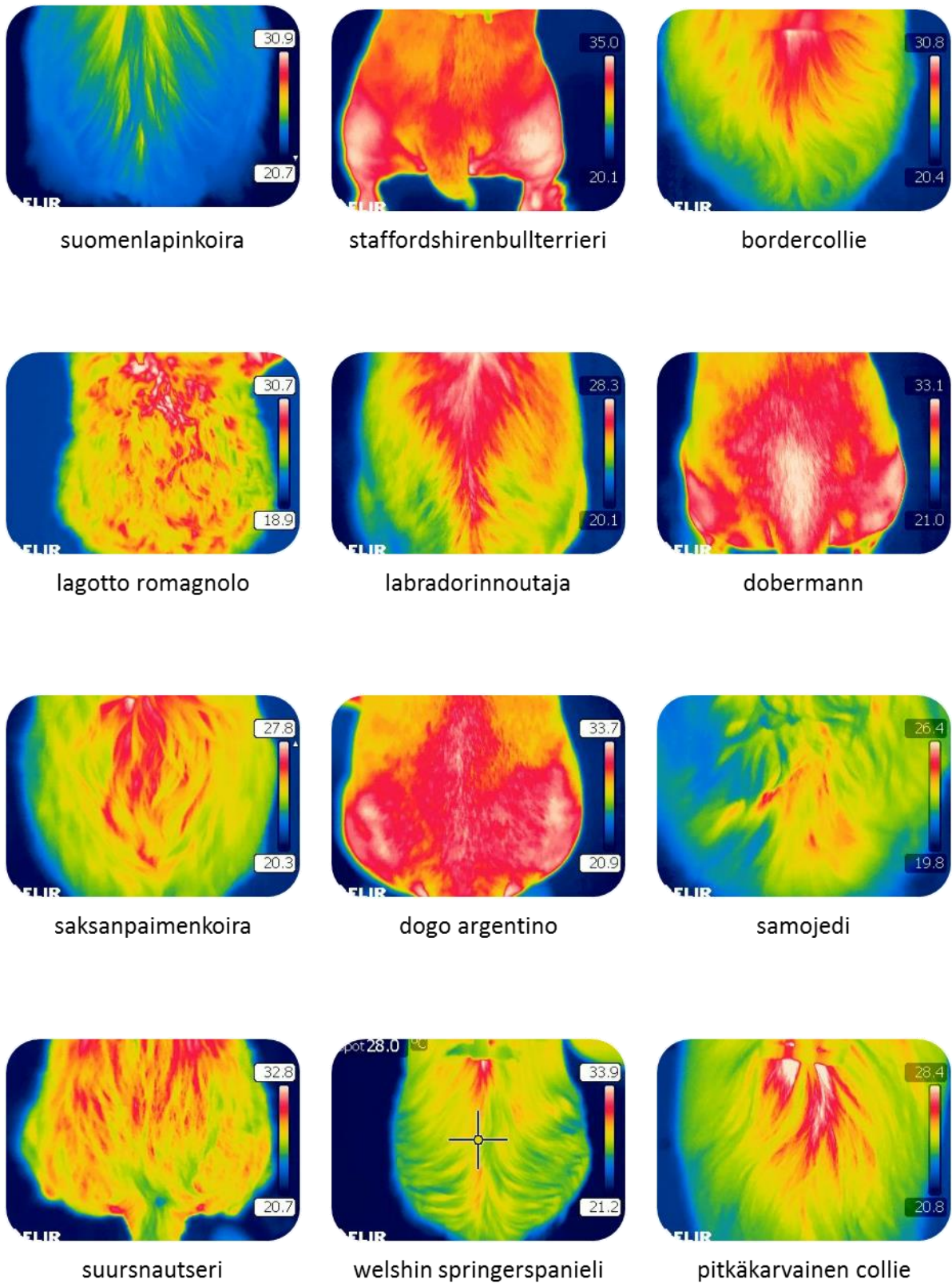
Suurin osa tutkituista koirista ei ontunut kumpaakaan takajalkaansa. Vain toisen takaraajan ontuma oli yleisempi kuin molempien takaraajojen. Lonkkien välisen lämpötilaerotuksen itseisarvot ontumattomilla sekä yhtä ja molempia takajalkojaan ontuvilla koirilla on esitetty taulukossa 3.

Koiran liikkumisen perusteella tehdyn yleisarvion perusteella 33 koiralla ei havaittu liikuntavaikeuksia. Koirista kahdeksalla havaittiin lieviä epäpuhtauksia liikkumisessa ja ne luokiteltiin ryhmään 2. Kohtalaisia liikuntavaikeuksia havaittiin kolmella ja selkeitä liikuntavaikeuksia neljällä koiralla. Koirista yksi luokiteltiin ryhmään 5 eli sillä havaittiin paljon liikuntavaikeuksia.

Turkin laatu vaikutti huomattavasti syntyneisiin lämpökamerakuviin ja kuvista mitattuihin lämpötila-arvoihin. Pitkä, paksu ja tiivis turkki vähensi lämpökameralla havaitun lämpösäteilyn määrää huomattavasti. Lyhytkarvaisilla roduilla ihon pinnasta lähtevän lämpösäteilyn määrä oli selkeästi suurempi (Kuva 1.).

Taulukko 3. Lonkkien välisen lämpötilaerotuksen itseisarvot ontumattomilla (0), yhtä takajalkaa ontuvilla (1) ja molempia takajalkoja ontuvilla (2) koirilla.

Ontuminen	koirien lukumäärä (N)	Minimi	Mediaani	Maksimi	Keskiarvo
0	33	0,04 °C	0,29 °C	0,92 °C	0,34 °C
1	12	0,02 °C	0,30 °C	1,02 °C	0,39 °C
2	4	0,17 °C	0,27 °C	0,37 °C	0,34 °C
kaikki	49	0,02 °C	0,27 °C	1,02 °C	0,34 °C



Kuva 1. Turkin laadun vaikutus muodostuviin lämpökamerakuviin. Kuvasarjassa on esitettyä 12 eri rotuista koira.

5 POHDINTA

Tutkimustulosten perusteella koirien lonkkien välisen lämpötilaerotuksen ja ontumisen välillä ei ollut yhteyttä. Koska koiran paino jakaantuu kaikille neljälle eri raajalle (Fanchon & Grandjean 2007), tutkimustulos voidaan selittää koiran fysiologisilla piirteillä. Yksipuolinen lonkkanivelen kehityshäiriö ja siitä johtuva nivelrikko vaikuttaa sekä molempien taka- että eturaajojen pystysuoriin reaktiovoimiin (Katic ym. 2009). Neliraajaiset siis kompensoivat yhden raajan aiheuttamia liikkumisen muutoksia muilla raajoilla, joten tuloksemme ei ollut yllättävä.

Suurimmalla osalla koirista ei esiintynyt takaraajojen ontumaa ja liikkumisen yleisarvion perusteella valtaosalla koirista ei ollut liikuntavaikeuksia. Ryhmässä, jossa koirat ontuivat vain toista takajalkaansa, havaittiin suurimmat yksittäiset lämpötilaerotukset eri lonkkanivelten välillä. Ryhmän suurin lämpötilaerotus eri lonkkanivelten välillä oli 1,02 °C. Anatomisesti samankaltaisten alueiden välillä yli yhden asteen lämpötilaero on kliinisesti merkittävää, ja voi viitata paikalliseen tulehdukseen tai vaurioon (katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001). Ihmisillä tehtyjen tutkimusten mukaan terveillä yksilöillä esiintyy eri jalkojen välillä keskimäärin 0,4 °C ± 0,3 °C ero niiden pinnallisessa lämpötilassa. Näitä suurempia eroja voidaan ihmisillä pitää epänormaaleina (Vardasca ym. 2012). Ratajuoksussa kilpailevien englanninvinttikoirien takaraajoissa on kuitenkin havaittu jopa 4,0 °C lämpötilaero ilman, että koiralla havaittiin kliinisiä merkkejä takaraajoihin kohdistuvasta vauriosta (Vainionpää ym. 2012b).

Nivelrikkomuutokset eivät aina ihmisillä muuta nivelen lämpötilaa (Varju ym. 2004), joten on mahdollista, ettei lonkkanivelen nivelrikosta johtunutta takajalan ontumaa voitu vahvistaa lämpökameratutkimuksen avulla.

Vain toisen takaraajan ontuma aiheuttaa painon jakautumisen eri takajalkojen välille epätasaisesti. Symmetriatutkimuksissa on havaittu kuormituksen olevan vähäisempää vahingoittuneella raajalla ja kasvavan viereisellä raajalla (Fanchon & Grandjean 2007). Lisäksi koirilla on havaittu jonkin asteista luonnollista epäsymmetriaa voiman käytössä eri takajalkojen välillä. Oikea takajalka vaikuttaa olevan valtaosalla eläimistä vahvempi takaraaja (Colborne ym. 2009). Tutkimukssamme ei huomioitu erikseen, oliko lämpötilaeroissa eroa oikean ja vasemman takajalan välillä, eli oliko esimerkiksi oikean lonkkanivelen alue systemaattisesti lämpimämpi kuin vasemman. Kissoilla tehdyn tutkimuksen perusteella lämpökameran avulla on mahdollista havaita eroja eläimen

painonkannattelussa (Vainionpää ym. 2012d). On siis mahdollista, että eri lonkkanivelten välillä havaitut lämpötilaerot johtuivat painonkannattelun epätasapainosta johtuen joko luonnollisesta epäsymmetriasta tai painon siirtämisestä pois toiselta jalalta esimerkiksi kipureaktion johdosta.

Koirista neljä ontui molempia takaraajoja. Lämpötilaerotukset tässä ryhmässä olivat kaikista pienimmät. Liikkumisvaikeuden johtuessa molemmista raajoista, on ymmärrettävää, ettei lonkkanivelten lämpötilaeroissa havaittu merkittäviä eroja.

Liikkumisen yleisarvion ja ontumisen välillä oli yhteys. Kliinisesti havaittava ontuma aiheuttaa epänormaaleja liikeratoja, jotka voidaan havaita koiran yleistä liikkumista arvioimalla (Leach ym. 1977, Colborne ym. 2009), joten tulos oli odotettavissa.

Tutkimukseen osallistui useita erirotuisia koiria, joiden turkkien pituuksissa ja laadussa oli runsaasti vaihtelua. Turkin laatu ja pituus vaikuttavat syntyviin lämpökamerakuviin, koska turkki toimii eristävänä kerroksena, joka vähentää lämpökameralla havaitun emittoitun lämpösäteilyn määrää (Autio ym. 2006, McCafferty 2007, Tattersall & Cadena 2010). Tämä voi vaikeuttaa sen alueen tutkimista, josta ollaan kiinnostuneita. Lämpökamerakuvauksen avulla saatuun tietoon tutkitun alueen lämpötilasta vaikuttaa erityisesti turkin pituus ja paksuus. Varsinkin pitkä ja paksu turkki vaikuttaa lämpökameran avulla saatuun tietoon tutkittavan alueen lämpötiloista sitä vähentävästi (McCafferty 2007). Myös kihara tai laineikas karva voi aiheuttaa kuviin lämpötilavaihtelua, joka vaikeuttaa etenkin pienen alueen lämpötilojen tutkimista (Vainionpää ym. 2012a). Tutkimukseen osallistuneiden koirien karvoja ei ajeltu. Lämpöjakaumakuvioiden on havaittu olevan koirilla samankaltaiset sekä ajellussa että ajelemattomassa ihossa (Loughin & Marino 2007, Infernuso ym. 2010). Osa tutkimukseen osallistuneista koirista kuului kuitenkin ns. arktisiin rotuihin, joiden turkinlaatu on luonnostaan kehittynyt toimimaan tehokkaana lämpöhukkaa eristävänä kerroksena. Voidaan olettaa, että ainakin näiden koirien kohdalla lämpökameralla havaitun lämpösäteilyn määrä on ollut melko vähäistä, ja turkin ajelu olisi helpottanut kiinnostuksen kohteena olleen lonkan alueen lämpötilojen tutkimista. Lonkkien lämpötilat määritettiin arvioimalla kuvista silmämääräisesti se kohta, missä lonkkanivel todennäköisesti sijaitsee. Jos kiinnostuksen kohteena ollut anatominen alue olisi merkitty ennen kuvausta, lämpötilan määrittäminen oikeasta kohdasta olisi ollut helpompaa ja luotettavampaa, mutta kuvattavan alueen manipuloiminen olisi toisaalta vaikuttanut lämpökameralla mitattuihin arvoihin niitä vääristävästi (Vainionpää ym. 2012a). Lonkkien alueen lämpötila mitattiin kuvista koiran anatomiseen rakenteeseen perustuvan tiedon avulla.

Tutkimukseen osallistuneita koiria ei saanut harjata ennen kuvausta, ja tutkittavan eläimen piti olla puhdas ja kuiva. Kuvattavan eläimen tulisi antaa sopeutua ympäristön lämpötilaan 10 - 20 minuutin ajan (katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001). Liikuntasuoritus lisää lämpökameralla mitattuja arvoja (van Hoogmoed 2000 ja 2002, katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001). Tutkimukseen osallistuneiden koirien annettiin sopeutua tutkimusympäristön lämpötilaan puolen tunnin ajan, jonka aikana liikkumista vältettiin ja pyrittiin siihen, että koira oleskelisi symmetrisessä asennossa. Epäsymmetrisessä asennossa olemisen olisi voinut muuttaa verenkiertoa ja aiheuttaa tulkintavirheitä lämpökamerakuviin. Hevosilla tehdyn tutkimuksen perusteella sopeutumisaika ympäristön lämpötilaan ei kuitenkaan ole välttämätön (Tunley & Henson 2004). Koska hevonen on isompi eläin, jolla on huomattavasti enemmän lihassmassaa ja pinta-alaa, tulos ei välttämättä ole suoraan sovellettavissa koiraan, jolla on vähemmän lihassmassaa ja tästä johtuen ihon pinnan lämpösäteilyn määrä on pienempi (Vainionpää ym. 2012a). Ennen tutkimusta koirien lähiaikoina mahdollisesti saamat injektiot ja arpikudokset määritettiin, sillä nämä voidaan havaita lämpökamerakuvissa usein kylminä pisteinä (Jones 1998, Turner 2001). Kuvaustilanteessa ympäristön lämpötila pyrittiin pitämään vakiona ja sen tasaisena pysymistä mitattiin jokaisella kuvauskerralla.

Tutkimuksessa koiran iholle valittiin emissiivisyyskertoimeksi mustan kappaleen emissiivisyyskerroin eli 1. Koirien turkin peittämälle iholle ei ole määritetty emissiivisyyskerroimia. Nisäkkäiden ihon emissiivisyys on lähellä mustan kappaleen emissiivisyyttä (Kasberger & Stachl 2003). Ihmisen ihon emissiivisyys on 0,98 ja kuivan turkin emissiivisyys vaihtelee välillä 0,98 - 1,0 (McCafferty 2007). Koska tutkimukseen osallistuneiden koirien turkin pituudet ja laadut vaihtelivat runsaasti keskenään, päädyttiin käyttämään emissiivisyyskerrointa 1. Tällöin lämpökamerakuvia voitiin käsitellä keskenään vertailukelpoisesti (Vainionpää ym. 2012a).

Kliiniseen ontumatutkimukseen ja sen luotettavuuteen vaikutti useampi tekijä. Tila, jossa ontumatutkimus suoritettiin, oli rajallinen, ja etenkin suurilla koirilla liikkumista oli välillä vaikea arvioida luotettavasti. Etenkin koiran liikkumista ympyrällä sekä myötä - että vastapäivään oli haastava arvioida liian pienen tutkimustilan vuoksi, koska koira ei pystynyt liikkumaan ympyrällä luonnollisesti. Ontumatutkimuksen arvosteluun vaikutti joissakin tapauksissa myös koiran huono hallittavuus tai koiran huono ohjaus, jolloin liikkeitä oli vaikea arvioida luotettavasti. Osa koirista oli haluttomia suorittamaan kaikkia ontumatutkimukseen kuuluvia liikesarjoja ja kaikki koirat eivät suorittaneet jokaista liikettä. Haluttomuus liikkeiden suorittamiseen saattoi johtua joko liikkumisen aiheuttamasta

kivuliaisuudesta tai haluttomuudesta tehdä pyydettyjä asioita. Myös liukas lattiapinta vaikeutti ontumatutkimuksen suorittamista, koska liikkeistä oli välillä vaikea arvioida, johtuiko liikkumisen mahdollinen epäpuhtaus koiran liukastelusta vai todellisesta liikkumisvaikeudesta. Ontumatutkimus tulisi aina suorittaa koiralle tasaisella alustalla, joka ei ole liukas. Liikkeet tulisi mieluiten arvioida sekä ravissa että käynnissä, ja liikkeet tulisi voida arvostella koiran edestä, takaa ja sivulta. Esimerkiksi askelten pituutta ei voida arvostella kuin sivulta katsottuna (Malikides ym. 2007), joka tutkimusympäristössä ei ollut mahdollista.

Ontumien arvostelu visuaalisesti on aina subjektiivista, ja kyky hahmottaa liikkumisen yksityiskohtia yksittäisen liikesarjan aikana on haastavaa jopa liikkumisen erityisasiantuntijoille (katsauksessa Gillette & Angle 2008, Voss ym. 2009). Ontumien määrittäminen pelkästään visuaalisesti ei ole kovin luotettava menetelmä (Ishihara ym. 2005). Tästä johtuen tutkimustulosten tulkinnessa saattaa olla virheitä. Liikkeitä videolta arvostelleiden kahden eri arvosteluryhmän välillä esiintyi hajontaa liikkeiden arvioinnissa. Ontumatutkimusten tuloksissa on havaittu esiintyvän erimielisyyksiä etenkin silloin, kun ontumisen aste on lievä (Colborne ym. 2009).

Tuloksiin saattoi vaikuttaa se, että tutkimuksessa kiinnitettiin huomiota ainoastaan koiran takaraajoista johtuvaan ontumaan. Osa ontumattomaksi luokitelluista koirista ontui takaraajojen sijasta etujalkaansa, mitä ei huomioitu tutkimustuloksissa, koska tutkimuksessa keskityttiin vain lonkan alueen kiputiloista johtuvaan ontumaan. Takaraajoista johtuva ontuma voi kuitenkin vaikuttaa eturaajojen liikeratoihin ja päinvastoin. Takaraajojen ontuma voi ilmetä eturaajojen yliojentamisena, etuosan vajoamisena alaspäin ja pään kannatteluna normaalia matalammassa asennossa (Leach ym. 1977). On siis mahdollista, että takaraajoista johtuva kiputila on näkynyt eturaajojen ontumana, ja jäänyt huomioimatta tutkimuksessa. Tuloksiin vaikutti todennäköisesti myös se, että osalla koirista takaraajojen ontuma saattoi johtua muusta kuin lonkan alueen kiputilasta kuten polvi- tai kinnernivelestä tai takaselän ongelmista. Tällöin lonkan alueen lämpötiloissa ei välttämättä näy merkittäviä lämpötilamuutoksia. Ontuman mahdollista aiheuttajaa ei erikseen paikallistettu esimerkiksi kliinisen palpaatiotutkimuksen avulla, jolla todellinen kipukohta olisi voitu paikallistaa.

Lämpökameratutkimuksen perusteella suurin diagnostinen hyöty on hevostutkimusten mukaan ongelmakohdan tarkka paikallistaminen (Harper 2000, katsauksessa Eddy ym. 2001, Turner 2001). Koiralla mahdolliset ongelmakohdat on niiden pienemmän koon ja vähäisemmän lihassmassan takia käytännössä helpompi paikallistaa palpaatiotutkimuksella

kuin hevosilla, joten lämpökameratutkimuksella ei välttämättä saavuteta samaa diagnostista hyötyä ongelmakohdan paikallistamisessa verrattuna hevosiin. Toisaalta etenkin lihasperäinen kipu voi olla koirilla joskus vaikea diagnosoida pelkän palpaatiotutkimuksen avulla (Steiss 2002, Nielsen & Pluhar 2005), jolloin lämpökamera voi tuoda tarvittavaa diagnostista apua. Hevosilla lämpökameratutkimuksella on todennäköisesti yleisesti ottaen niiden lyhyen karvan takia enemmän diagnostista arvoa kuin koirilla, joiden turkkien laadut vaihtelevat vaikeuttaen tutkimusta kuten edellä on mainittu.

Mikään kuvantamismenetelmistä ei korvaa kliinisen tutkimuksen tärkeyttä. Lämpökameratutkimuksen avulla voidaan vahvistaa kliinisessä yleistutkimuksessa esille tullutta tietoa (Turner 2001). Hyvä kliininen tutkimus ja ontumatutkimus ovat tärkeitä koiran liikkumisvaikeuksien diagnosoimisessa. Pelkän lämpökamerakuvantamisen avulla koiran lonkan alueesta johtuvien kiputilojen aiheuttamien takaraajojen ontumien diagnosoiminen ei ole luotettavaa ilman hyvää kliinistä tutkimusta. Lämpökameran käyttökelpoisuutta koiran lonkan alueen kiputilojen diagnosoimisessa tulee tutkia lisää ennen kuin sitä voidaan soveltaa käytännön työssä.

6 KIITOKSET

Haluan kiittää työn ohjaajaa Mari Vainionpäättä ja työn johtajaa Marja Raekalliota mahdollisuudesta osallistua tutkimukseen ja avusta kirjoitusprosessissa. Kiitokset myös tutkimuksessa mukana olleille henkilöille, joista erityisesti tahdon kiittää Hannele Hännistä, Noora Alhopuroa ja Elina Tuhkalaista. Lisäksi haluan kiittää Heli Hyytiäistä avusta videomateriaalin käsittelyssä.

7 LÄHDELUETTELO

Adams WM, Dueland RT, Daniels R, Fialkowski JP, Nordheim EV. Comparison of two palpation, four radiographic and three ultrasound methods for early detection of mild to moderate canine hip dysplasia. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2000; 41: 484-490.

Aragon CL, Hofmeister EH, Budsberg SC. Systematic review of clinical trials of treatments for osteoarthritis in dogs. *Journal of American Veterinary Medical Association*. 2007; 230: 514-521.

Autio E, Airaksinen S, Heiskanen M-L. Measuring the Heat Loss in Horses in Different Seasons by Infrared Thermography. *Journal of Applied Animal Welfare Science*. 2006; 9: 211-221.

Bertram JEA, Lee DV, Case HN, Todhunter RJ. Comparison of the trotting gaits of Labrador Retrievers and Greyhounds. *American Journal of Veterinary Research*. 2000; 61: 832-838.

Black LL, Gaynor J, Gahring D, Adams C, Aron D, Harman S, Gingerich DA, Harman R. Effect of Adipose-Derived Mesenchymal Stem and Regenerative Cells on Lameness in Dogs with Chronic Osteoarthritis of the Coxofemoral Joints: A Randomized, Double-Blinded, Multicenter, Controlled Trial. *Veterinary Therapeutics*. 2002; 8: 272-284.

Bockstahler BA, Henninger W, Muller M, Mayrhofer E, Peham C, Podbregar I. Influence of borderline hip dysplasia on joint kinematics of clinically sound Belgian Shepherd dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 2007; 68: 271-276.

Borg-Stein J, Simons DG. Myofascial Pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2002; 83: 40-47.

Cilulko J, Janiszewski P, Bogdaszewski M, Szczygielska E. Infrared thermal imaging in studies of wild animals. *European Journal of Wildlife Research*. 2013; 59: 17-23.

Clements D, Carter S, Innes J, Ollier W. Genetic basis of secondary osteoarthritis in dogs with joint dysplasia. *American Journal of Veterinary Research*. 2006; 67: 909-918.

Colborne CR, Good L, Cozens LE, Kirk LS. Symmetry of hind limb mechanics in orthopedically normal trotting Labrador Retrievers. *American Journal of Veterinary Research*. 2009; 72: 336-344.

Culp WTN, Kapatkin AS, Gregor TP, Powers MY, McKelvie PJ, Smith GK. Evaluation of the Nordberg Angle Threshold: A Comparison of Nordberg Angle and Distraction Index as Measures of Coxofemoral Degenerative Joint Disease Susceptibility in Seven Breeds of Dogs. *Veterinary Surgery*. 2006; 35: 453-459.

Dahaghin S, Bierma-Zeinstra SMA, Koes BW, Hazes JMW, Pols HAP. Do metabolic factors add to the effect of overweight on hand osteoarthritis? The Rotterdam study. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2007; 66: 916-920.

Delahanti DD, Georgi JR. Thermography in equine medicine. *Journal of American Veterinary Medical Association*. 1965; 147: 235-238.

Denoble AE, Hall N, Pieper CF, Kraus VB. Patellar skin surface temperature by thermography reflects knee osteoarthritis severity. *Clinical Medicine Insights: Arthritis and Musculoskeletal Disorders*. 2010; 3: 69-75.

Dunbar MR, MacCarthy KA. Use of infrared thermography to detect signs of rabies infection in raccoons (*Procyon lotor*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 2006; 37: 518-523.

Dunbar MR, Johnson SR, Ryan JC, McCollum M. Use of infrared thermography to detect thermographic changes in mule deer (*Odocoileus hemionus*) experimentally infected with foot-and-mouth-disease. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 2009; 40: 296-301.

Durrant BS, Ravida N, Spady T, Cheng A. New technologies for the study of carnivore reproduction. *Theriogenology*. 2006; 66: 1729-1736.

Eddy AL, Van Hoogmoed LM, Snyder JR. The Role of Thermography in the Management of Equine Lameness. *The Veterinary Journal*. 2001; 162: 172-181.

Edge-Hughes L. Hip and Sacroiliac Disease: Selected Disorders and Their Management with Physical Therapy. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*. 2007; 22: 183-194.

Embaby S, Shamaa AA, Gohar HM. Clinical Assessment of Thermography as a Diagnostic and Prognostic Tool in Horse Practice. *Proceedings of Inflammation, Orlando, USA, 2002*: 30-36.

Evans R, Horstman C, Conzemius M. Accuracy and Optimization of Force Platform Gait Analysis in Labradors with Cranial Cruciate Disease Evaluated at a Walking Gait. *Veterinary Surgery*. 2005; 34: 445-449.

Fanchon L, Grandjean D. Accuracy of asymmetry indices of ground reaction forces for diagnosis of hind limb lameness in dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 2007; 68: 1089-1094.

Farese JP, Todhunter RJ, Lust G, Williams AJ, Dykes NL. Dorsolateral Subluxation of Hip Joints in Dogs Measured in a Weight-Bearing Position With Radiography and Computed Tomography. *Veterinary Surgery*. 1998; 27: 393-405.

F.L.I.R. ohjelmistopalvelu Inc. 1999-2012. FLIR Quick-Report Software. (Haettu 18.4.2012) <http://www.flir.com/cs/emea/en/view/?id=42406>.

Fluckiger MA, Friedrich GA, Binder H. Correlation Between Hip Joint Laxity and Subsequent Coxarthrosis in Dogs. *Journal of American Veterinary Medical Association*. 1998; 45: 199-207.

Fries CL, Remedios AM. The pathogenesis and diagnosis of canine hip dysplasia: A review. *The Canadian Veterinary Journal*. 1995; 36: 494-502.

Galassi F, Giambene B, Corvi A, Falaschi G. Evaluation of ocular surface temperature and retrobulbar haemodynamics by infrared thermography and colour Doppler imaging in patients with glaucoma. *British Journal of Ophthalmology*. 2007; 91: 878-881.

Gillette RL, Angle TC. Recent developments in canine locomotor analysis: A review. *The Veterinary Journal*. 2008; 178: 165-176.

Goldring MB. The role of the chondrocytes in osteoarthritis. *Arthritis & Rheumatism*. 2000; 43: 1916-1926.

Goldring SR, Goldring MB. The Role of Cytokines in Cartilage Matrix Degeneration in Osteoarthritis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2004; 427S: 27-36.

Halachmi I, Klopčič M, Roberts DJ, Bewlwy JM. Automatic assessment of dairy cattle body condition score using thermal imaging. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2013; 99: 35-40.

Hardwicke J, Thomson R, Bamford A, Moiemmen N. A pilot evaluation study of high resolution digital thermal imaging in the assessment of burn depth. *Burns*. 2013; 39: 76-81.

Harper DL. The Value of Infrared Thermography in the Diagnosis and Prognosis of Injuries in Animals. *Proceedings of Inframation 2000, Orlando, USA, 2000*: 115 – 122.

Head JF, Elliot RL. Infrared Imaging: Making Process in Fulfilling Its Medical Promise. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine. 2002; 21: 80-85.

Holmes LC, Gaughan EM, Gorondy DA, Hogge S, Spire MF. The effect of perineural anesthesia on infrared thermographic images of the forelimb digits of normal horses. The Canadian Veterinary Journal. 2003; 44: 392-396.

Impellizeri JA, Tetrick MA, Muir P. Effect of weight reduction on clinical signs of lameness in dogs with hip osteoarthritis. Journal of American Veterinary Medical Association. 2000; 216: 1089-1091.

Infernuso T, Loughin CA, Marino DJ, Umbaugh SE, Solt PS. Thermal imaging of normal and cranial cruciate ligament- deficient stifles in dogs. Veterinary Surgery. 2010; 39: 410-417.

Ishihara A, Bertone AL, Rajala-Schultz PJ. Association between subjective lameness grade and kinetic gait parameters in horses with experimentally induced forelimb lameness. American Journal of Veterinary Research. 2005; 66: 1805-1815.

Jiang LJ, Ng EYK, Yeo ACB, Wu S, Pan F, Yau WY, Chen JH, Yang Y. A perspective on medical infrared imaging. Journal of Medical Engineering and Technology. 2005; 29: 257-266.

Jones BF. A Reappraisal of the Use of Infrared Thermal Image Analysis in Medicine. Transactions on Medical Imaging. 1998; 17: 1019-1027.

Kapatkin AS, Fordyce HH, Mayhew PD, Smith GK. Canine Hip Dysplasia: The Disease and Its Diagnosis. VetLearn.com 2002; 24: 526-538.

Kapatkin AS, Gregor TP, Hearon K, Richardson RW, McKelvie PJ, Fordyce HH, Smith GK. Comparison of two radiographic techniques for evaluation of hip joint laxity in 10 breeds of dogs. Journal of American Veterinary Medical Association. 2004; 224: 542-546.

Kastberger G, Stachl R. Infrared Imaging Technology and Biological Applications. Behaviour Research Methods, Instruments and Computers. 2003; 35: 429-439.

Katic N, Bockstahler BA, Mueller M, Peham C. Fourier Analysis of Vertical Ground Reaction Forces in Dogs With Unilateral Hind Limb Lameness Caused by Degenerative Disease Of The Hip Joint and in Dogs Without Lameness. American Journal of Veterinary Research. 2009; 70: 118-126.

Kealy RD, Lawler DF, Ballam JM, Lust G. Evaluation of the effect of limited food consumption on radiographic evidence of osteoarthritis in dogs. *Journal of American Veterinary Medical Association*. 2000; 217: 1678-1680.

Knizkova I, Kunc P, Gurdil GAK, Pinar Y, Selvi KC. Applications of thermography in animal production. *Journal of the Faculty of Agriculture*. 2007; 22: 329-336.

Leach D, Sumner-Smith G, Dagg AI. Diagnosis of lameness in dogs: preliminary study. *The Canadian Veterinary Journal*. 1977; 18: 58-63.

Leppänen M, Mäki K, Juga J, Saloniemi H. Factors affecting hip dysplasia in German shepherd dogs in Finland: efficacy of the current improvement programme. *Journal of Small Animal Practice*. 2000; 41: 19-23.

Leppänen M, Saloniemi H. Controlling canine hip dysplasia in Finland. *Preventive Veterinary Medicine*. 1999; 42: 121-131.

Lopez ML, Quinn MM, Markel MD. Evaluation of gait kinetics in puppies with coxofemoral joint laxity. *American Journal of Veterinary Research*. 2006; 67: 236-241.

Loughin CA, Marino DJ. Evaluation of thermographic imaging of the limbs of healthy dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 2007; 68: 1064-1609.

Maarschalkeweerd RJ, Endenburg N, Kirpensteijn J, Knol BW. Influence of orchietomy on canine behavior. *Veterinary Record*. 1997; 140: 617-619.

Malikides N, McGowan T, Pead M. Equine and Canine Lameness. Teoksessa McGowan CM, Goff L, Stubbs N (toim.) *Animal Physiotherapy: Assessment, Treatment and Rehabilitation of Animals*. 1. p. Blackwell Publishing, Oxford UK. 2007: 91-100.

Marshall WG, Bockstahler BA, Hulse DA, Carmichael S. A review of osteoarthritis and obesity: current understanding of the relationship and benefit of obesity treatment and prevention in the dog. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2009; 5: 339-345.

McCafferty DJ. The Value of infrared thermography for research on mammals: previous applications and future directions. *Mammal Review*. 2007; 37: 207-223.

Moore GE, Burkman KD, Carter MN, Peterson MR. Causes of death or reasons of euthanasia in military working dogs: 927 cases (1993-1996). *Journal of American Veterinary Medical Association*. 2002; 219: 209-214.

- Mortellaro C. Pathophysiology of osteoarthritis. *Veterinary Research Communications*. 2003; 27: 75-78.
- Nakayama K, Goto S, Kuraoka K, Nakamura K. Decrease in nasal temperature of rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) in negative emotional state. *Physiology and Behavior*. 2005; 84: 783-790.
- NG EYK, Kee EC. Advanced integrated technique in breast cancer thermography. *Journal of Medical Engineering & Technology*. 2008; 32: 103-114.
- Ni J-x, Gao S-h, Li Y-h, Ma S-l, Tian T, Mo F-f, Wang L-q, Zhu W-z. Clinical Trial on the Characteristics of Zheng classification of Pulmonary Diseases Based on Infrared Thermal Imaging Technology. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2013; artikkeli ID 218909: 1-6.
- Nielsen C, Pluhar GE. Diagnosis and Treatment of Hind Limb Muscle Strain Injuries in 22 dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2005; 18: 247-253.
- Park J, Jang WS, Park KY, Li K, Seo SJ, Hong CK, Lee JB. Thermography as a predictor of postherpetic neuralgia in acute herpes zoster patients: a preliminary study. *Skin Research and Technology*. 2012; 18: 88-93.
- Powers MY, Biery DN, Lawler DF, Evans RH, Schofer FS, Mayhew P, Gregor TP, Kealy RD, Smith GK. Use of caudolateral curvilinear osteophyte as an early marker for future development of osteoarthritis associated with hip dysplasia in dogs. *Journal of American Veterinary Medical Association*. 2004; 225: 233-237.
- Poy NSJ, DeCamp CH, Bennett RL, Hauptman JG. Additional kinematic variables to describe differences in the trot between clinically normal dogs and dogs with hip dysplasia. *American Journal of Veterinary Research*. 2000; 61: 974-978.
- Puerto DA, Smith GK, Gregor TP, LaFond E, Conzemius MG, Cabell LW, McKelvie PJ. Relationships between results of the Ortolani method of hip joint palpation and distraction index, Norberg angle, and hip score in dogs. *Journal of American Veterinary Medical Association*. 1999; 214: 497-501.
- Quinn MM, Keuler NS, Lu Y, Faria MLE, Muir P, Markel MD. Evaluation of agreement Between Numerical Rating Scales, Visual Analogue Scales, and Force Plate Gait Analysis in Dogs. *Veterinary Surgery*. 2007; 36: 360-367.

- Remedios AM, Fries CL. Treatment of canine hip dysplasia: A review. *The Canadian Veterinary Journal*. 1995; 36: 503-509.
- Ring EFJ. The historical development of thermometry and thermal imaging in medicine. *Journal of Medical Engineering & Technology*. 2006; 30: 192-198.
- Sargent GR. The Use of Thermography in Clinical Thoracolumbar Disease in Dachshunds. Master of Science. Kansas State University, Department of Clinical Sciences, College of Veterinary Medicine. 2008.
<http://krex.kstate.edu/dspace/bitstream/handle/2097/1059/GeraldSargent2008.pdf?sequence=1>, haettu 12.10.2013.
- Schaefer AL, Cook NJ, Church JS, Basarab J, Perry B, Miller C, Tong AKW. The use of thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. *Research in Veterinary Science*. 2007; 83: 376-384.
- Simon EL, Gaughan EM, Epp T, Spire M. Influence of exercise on thermographically determined surface temperatures of thoracic and pelvic limbs in horses. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2006; 229: 1940-1944.
- Smith GK, Gregor TP, Rhodes WH, Biery DN. Coxofemoral joint laxity from distraction radiography and its contemporaneous and prospective correlation with laxity, subjective score, and evidence of degenerative joint disease from conventional hip-extended radiography in dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 1993; 54: 1021-1042.
- Smith GK, Mayhew PD, Kapatkin AS, McKelvie PJ, Shofer FS, Gregor TP. Evaluation of risk factors for degenerative joint disease associated with hip dysplasia in German Shepherd Dogs, Golden Retrievers, Labrador Retrievers, and Rottweilers. *Journal of American Veterinary Medical Association*. 2001; 219: 1719-1724.
- Steiss J, Braund K, Wright J, Lenz S, Hudson J, Brawner W, Hathcock J, Purohit R, Bell L, Horne R. Coccygeal Muscle Injury in English Pointers (Limber Tail). *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 1999; 13: 540-548.
- Steiss JE. Muscle Disorders and Rehabilitation in Canine Athletes. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2002; 32: 267-285.
- Stewart M, Webster JR, Schaefer AL, Cook NJ, Scott SL. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Animal Welfare*. 2005; 14: 319-325.

Stewart M, Webster JR, Verkerk GA, Schaefer AL, Colyn JJ, Stafford KJ. Non-invasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography. *Physiology & Behaviour*. 2007; 92: 520-525.

Suomen Kennelliitto (2008). Perinnöllisten vikojen ja sairauksien vastustamisohjelman ohje (PEVISA-ohje). <http://www.kennelliitto.fi/kasvatus-ja-terveys/koiran-rekisterointi/pevisa-ja-muut-rekisterointiin-vaikuttavat-ehdot>, haettu 3.1.2014, päivitetty 1.1.2009.

Suomen Kennelliitto (2013a). Ohje lonkkanivelen röntgenkuvauksista ja luokituksesta (Lonkkanivelen kasvuhäiriöohje). http://www.kennelliitto.fi/sites/default/files/media/lonkkaohje_2014_0.pdf, haettu 1.4.2014, päivitetty 1.1.2014.

Suomen Kennelliitto (2013b). Suomen kennelliiton ohje: Rotukohtaiset erityisehdot 2013. http://www.kennelliitto.fi/sites/default/files/media/pevisa_ja_rotukohtaiset_erityisehdot_2013.pdf, haettu 3.1.2014.

Suomen Kennelliitto (2014). Koiranet-jalostustietopalvelu. <http://jalostus.kennelliitto.fi/frmTerveystilastot.aspx?R=166&Lang=fi>, haettu 25.2.2014.

Tattersall GJ, Cadena V. Insights into animal temperature adaptations revealed through thermal imaging. *The Imaging Science Journal*. 2010; 58: 261- 268.

Tomlinson JL, Johnson JC. Quantification of measurement of femoral head coverage and Nordberg angle within and among four breed of dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 2000; 61: 1492-1500.

Tunley BV, Henson FMD. Reliability and repeatability of thermographic examination and the normal thermographic image of the thoracolumbar region in the horse. *Equine Veterinary Journal*. 2004; 36: 306-312.

Turner, TA. Use of thermography in lameness evaluation. *Proceedings of the Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners*. 1998; 44: 224-226

Turner, TA. Diagnostic Thermography. *Veterinary Clinics of North America: Equine practice*. 2001; 17: 95-113.

Vainionpää M, Raekallio M, Tuhkalainen E, Hänninen H, Alhopuro N, Savolainen M, Junnila J, Hjelm-Björkman A, Snellman M, Vainio O (2012a) Comparison of Three Thermal

Cameras with Canine Hip Area Thermographic Images. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2012; 74: 1539-1544.

Vainionpää M, Tienhaara E-P, Raekallio M, Junnila J, Snellman M, Vainio O (2012b) Thermographic imaging of the superficial temperature in Racing Greyhounds before and after the race. *The Scientific World Journal*. 2012; artikkeli ID 182749: 1-6.

Vainionpää M, Salla K, Restitutti F, Raekallio M, Junnila J, Snellman M, Vainio O (2012c). Thermographic imaging of superficial temperature in dogs sedated with medetomidine and butorphanol with and without MK-467 (L-659'066). *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 2012; 1-7.

Vainionpää MH, Raekallio MR, Junnila JT, Björkman AK, Snellman M, Vainio OM (2012d). A comparison of thermographic imaging, physical examination and modified questionnaire as an instrument to assess painful conditions in cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2012; 15: 124-131.

van Hagen MAE, Ducro BJ, van den Broek J. Incidence, risk factors, and heritability estimates of hind limb lameness caused by hip dysplasia in a birth cohort of Boxers. *American Journal of Veterinary Research*. 2005; 66: 307-312.

van Hoogmoed LM, Snyder JR, Allen AK, Waldsmith JD. Use of Infrared Thermography to Detect Performance-Enhancing Techniques in Horses. *Equine Veterinary Education*. 2000; 12: 102-107.

van Hoogmoed LM, Snyder JR. Use of Infrared Thermography to Detect Injections and Palmar Digital Neurectomy in Horses. *The Veterinary Journal*. 2002; 164: 129-141.

Vardasca R, Ring F, Plassmann P, Jones C. Termal symmetry of the upper and lower extremities in healthy subjects. *Thermology International*. 2012; 22: 53-60.

Varju G, Pieper CF, Renner JB, Kraus VB. Assessment of hand osteoarthritis: correlation between thermographic and radiographic methods. *Rheumatology*. 2004; 43: 915-919.

Vaughan LC. Muscle and Tendon injuries in dogs. *Journal of Small Animal Practice*. 1979; 20: 711-736.

Vaughan-Scott T, Taylor JH. The Pathophysiology and Medical Management of Canine Osteoarthritis. *Journal of the South African Veterinary Association*. 1997; 68: 21-25.

Vianna DM, Carrive P. Changes in cutaneous and body temperature during and after conditioned fear to context in the rat. *European Journal of Neuroscience*. 2005; 21: 2505-2512.

Voss K, Imhof J, Kaestner S, Montavon PM. Force plate analysis at the walk and trot in dogs with low-grade hindlimb lameness. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2009; 20: 299-304.

Um S-W, Kim M-S, Lim J-H, Kim S-Y, Seo K-M, Nam T-C. Thermographic Evaluation for the Efficacy of Acupuncture on Induced Chronic Arthritis in the Dog. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2005; 67: 1283-1284.