



# UNIVERSITÀ DI PARMA

Dipartimento di Scienze Medico-Veterinarie

Corso di Laurea Magistrale a Ciclo Unico in Medicina Veterinaria

**ESAME ECOGRAFICO DELLE ANCHE NEI CUCCIOLI DI RAZZA PASTORE  
TEDESCO PER LA RICERCA DELLA DISPLASIA DELL'ANCA**

**ULTRASOUND EXAMINATION OF THE HIP JOINT IN GERMAN SHEPHERD  
PUPPIES FOR THE RESEARCH OF HIP DYSPLASIA**

Relatore:

Prof.ssa Antonella Volta

Laureanda:

Irene Forlani

Anno accademico 2021/2022

# INDICE

<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>ABSTRACT</b> .....	4
1. INTRODUZIONE .....	5
2. ARTICOLAZIONE DELL'ANCA.....	6
2.1. Anatomia.....	6
2.2. Sviluppo.....	9
2.3. Biomeccanica.....	9
3. DISPLASIA DELL'ANCA .....	13
3.1. Eziologia e Patogenesi.....	15
3.1.1. Componente genetica.....	15
3.1.2. Fattori ambientali che influiscono sulla comparsa di CHD.....	17
4. METODI DIAGNOSTICI .....	20
4.1. Classificazione FCI della displasia dell'anca.....	23
4.2. Metodi diagnostici alternativi .....	24
4.3. Ultrasonografia.....	25
5. LAVORO CLINICO .....	27
5.1. Materiale e metodi.....	27
5.2. Esame ecografico .....	27
5.2.1. Scansione Coronale .....	28
5.2.2. Scansione longitudinale .....	30
5.3. Esame radiografico.....	32
5.4. Analisi statistica.....	33
6. RISULTATI .....	35
6.1. Valutazione dati .....	35
7. DISCUSSIONE .....	53
7.1. Limiti dello studio.....	55
8. CONCLUSIONI .....	56
9. BIBLIOGRAFIA.....	57

## **ABSTRACT**

Currently, the diagnosis of hip dysplasia in dogs is obtained by radiographic examination of the hips in adults and attribution of a score according to the FCI system.

The ultrasound examination is ideal for investigating the structure of the femoral head and acetabulum in young subjects and has the potential to become an early diagnostic method for hip dysplasia.

This study focuses on the use of ultrasound in the study of the hip joint in newborns of the German Shepherd dog, according to a coronal and a longitudinal plane.

The purpose of this research is to verify the usefulness of the ultrasound examination as an early diagnosis tool for hip dysplasia and to find any measurable parameters that can be correlated with the FCI classification obtained with the radiographic examination at 12 months.

The study showed a negative correlation between the area of the neonatal femoral head and Norberg's angle at 12 months but did not identify measurable ultrasound parameters useful for diagnostic purposes in this breed.

## **ABSTRACT**

Attualmente, la diagnosi della Displasia dell'anca nel cane è ottenuta tramite l'esame radiografico delle anche nei soggetti adulti e dall'attribuzione di un punteggio in accordo al sistema FCI.

L'esame ecografico è ideale per indagare la struttura della testa del femore e dell'acetabolo nei soggetti giovani e ha le potenzialità per diventare un metodo diagnostico precoce per la Displasia dell'anca.

Questo studio è incentrato sull'utilizzo dell'ecografia nello studio dell'articolazione dell'anca nei neonati di razza Pastore Tedesco, secondo un piano coronale e un piano longitudinale.

Lo scopo di questa ricerca è verificare l'utilità dell'esame ecografico come strumento di diagnosi precoce per la displasia dell'anca e trovare eventuali parametri misurabili correlabili con la classificazione FCI ottenuta con l'esame radiografico a 12 mesi.

Lo studio ha evidenziato una correlazione negativa tra l'area della testa del femore neonatale e l'angolo di Norberg a 12 mesi, ma non ha individuato parametri misurabili ecograficamente utili ai fini diagnostici in questa razza.

## 1. INTRODUZIONE

La displasia dell'anca è ancora uno dei più comuni problemi ortopedici della razza canina. Il metodo diagnostico ufficiale per individuare i cani con displasia dell'anca è l'esame radiografico effettuato a 12 mesi, ma negli anni si è continuato a ricercare un metodo che permettesse diagnosi più precoci.

L'esame ecografico è stato spesso indagato per i suoi vantaggi in termini di sicurezza e ripetibilità anche sui cuccioli in età neonatale, con possibilità di valutare la morfologia dell'acetabolo e della testa del femore con i loro centri di ossificazione negli animali più giovani di 12 mesi.

Tuttavia, non è ancora stato trovato un parametro utile a diagnosticare precocemente la displasia dell'anca tramite esame ecografico. Visti i risultati degli studi sperimentali condotti nelle tesi "La diagnostica ecografica nello studio della displasia dell'anca del cane" (Sabrina Manfredi) ed "Esame Ecografico della testa del femore per la diagnosi precoce della displasia dell'anca nei cani di razza Labrador Retriever" (Chiara Rossignoli) dell'Università degli studi di Parma, in cui sono state trovate correlazione tra la dimensione del centro di ossificazione della testa del femore e l'incidenza della displasia dell'anca, si è voluto valutare se questo possa essere un valore predittivo anche nella razza Pastore Tedesco.

## 2. ARTICOLAZIONE DELL'ANCA

### 2.1. ANATOMIA

L'articolazione dell'anca, o articolazione coxofemorale, è una enartrosi che unisce la parte acetabolare dell'osso coxale alla testa del femore. (R., 2006)

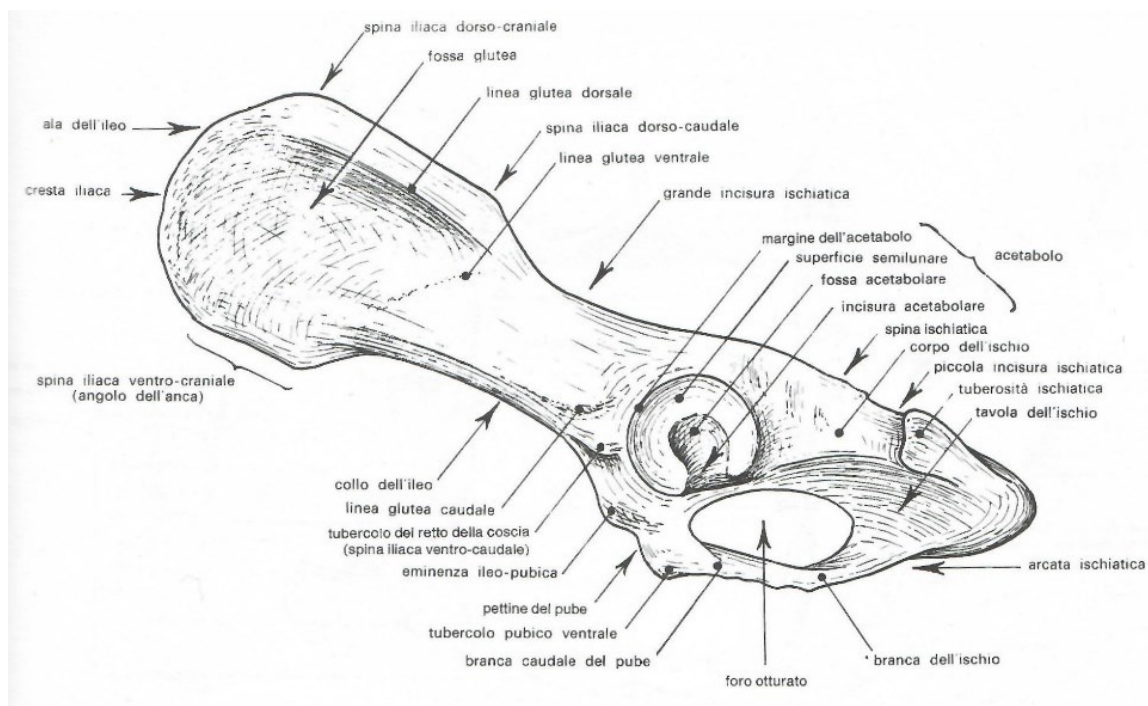
L'osso coxale è un osso pari, piatto e dalla forma irregolare, costituito da ilio, ischio, pube e osso acetabolare, che si fondono precocemente nel centro articolare; esso si unisce con una sinfisi al suo controlaterale a livello ischiopubico, formando la pelvi insieme al sacro. (Evans HE, 2012)

La parte acetabolare è situata nella parte media dell'osso coxale ed è costituita dall'ilio (cranio-laterale), dall'ischio (caudo-laterale), dal pube (mediale) e dall'osso acetabolare (centrale), che qui si uniscono intorno alla dodicesima settimana di età. (Figura 1)

L'acetabolo è una cavità profonda rivolta ventro-lateralmente, delimitata da un margine saliente, circolare e rugoso all'esterno, interrotto ventralmente dall'ampia incisura dell'acetabolo; in un cane di media taglia ha una profondità di circa 1 cm e un diametro di 2 cm.

Internamente presenta la superficie semilunare, liscia e rivestita da cartilagine articolare, incisa da un profondo ed esteso fondo cieco rugoso, detto fossa dell'acetabolo.

L'acetabolo è completato da un cerchio fibrocartilagineo detto labbro acetabolare, che forma un anello completo relativamente esile sul margine acetabolare; la sua faccia interna, liscia e bagnata di sinovia, si raccorda alla superficie semilunare dell'acetabolo, mentre la sua faccia esterna da attacco alla capsula articolare.



*Figura 1 Osso coxale sinistro di cane, veduta mediale. (R., 2006)*

Il femore è un osso lungo che costituisce lo scheletro della coscia, di cui si può riconoscere un'estremità prossimale, una parte media e una estremità distale. (Figura 2)

L'estremità prossimale è quella coinvolta nell'articolazione dell'anca e presenta a studiare lateralmente il grande trocantere, medialmente la testa del femore e il piccolo trocantere e caudalmente la fossa trocanterica.

La testa del femore si articola con l'acetabolo ed è sostenuta da un collo relativamente lungo; è regolarmente sferica e sul lato medio-ventrale è presente la fovea capitis, una fossetta rugosa poco profonda e allungata, che dà attacco al legamento della testa del femore. (F.M., 2006)

Tutte le superfici articolari sono ricoperte di cartilagine ialina, liscia e priva di vascolarizzazione, che riduce l'attrito e assorbe gli urti tra le ossa durante il movimento. La stabilità dell'articolazione viene completata dalla capsula articolare, dal legamento della testa del femore e da mezzi di rinforzo secondari.

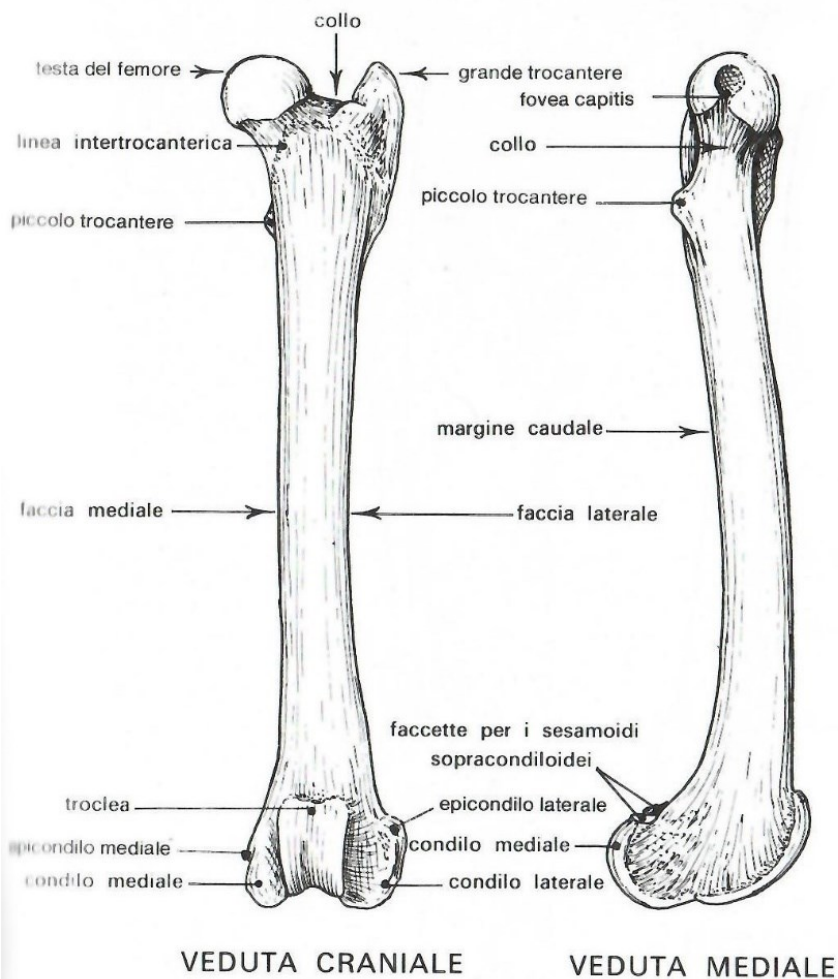


Figura 2 Femore sinistro di cane, veduta craniale e mediale. (R., 2006)

La capsula articolare è composta esternamente da un manicotto fibroso, rinforzato cranialmente da una zona orbicolare, e da una membrana sinoviale vascolarizzata interna deputata alla produzione del liquido sinoviale. Prende origine medialmente su versante esterno e base del labbro acetabolare e sul legamento trasverso dell'acetabolo; termina lateralmente alla base del collo del femore, a circa 1-2 centimetri dalla parte ricoperta di cartilagine della testa.

Il legamento della testa del femore è breve, intrarticolare ed interamente rivestito di sinoviale; prende attacco dalla fovea capitis e arriva nella fossa dell'acetabolo. Ha sezione circolare in prossimità del femore, mentre è più allungato nella fossa acetabolare. (R., 2006)



L'articolazione dell'anca viene rinforzata dalle masse muscolari periarticolari (gluteo superficiale, medio, accessorio e profondo, iliopsoas, gemelli, piriforme, muscolo articolare dell'anca, quadrato femorale, e muscoli otturatori interno ed esterno) e dalla pressione negativa dovuta alla presenza di fluido intrarticolare.

## 2.2. SVILUPPO

La cintura pelvica è completamente cartilaginea fino al quarantesimo giorno di gestazione, quando un collare di osso pericondrale si sviluppa attorno all'ilio; segue alcuni giorni dopo (quarantacinquesimo giorno) l'ossificazione dell'ischio e appena prima della nascita (tra cinquantacinquesimo e sessantesimo giorno) compare il centro pubico. (Evans HE, 2012)

Alla nascita l'articolazione dell'anca è funzionale e stabile, anche se le ossa sono ancora prevalentemente cartilaginee; le uniche parti visibili radiograficamente sono illeo ed ischio, in quanto sufficientemente mineralizzate. (F.M., 2006)

L'acetabolo non è ben visibile radiograficamente fino alle 12 settimane, quando raggiunge un buon grado di ossificazione; oltre al centro di ossificazione acetabolare, situato nel punto di incontro tra ilio, ischio, pube e osso acetabolare, ne ha uno secondario che forma una sorta di Y tra ilio, ischio e rima dorsale dell'acetabolo. (H., 1975)

Il processo di saldatura delle ossa si completa intorno ai 6 mesi di età. (R., 2006)

Il centro di ossificazione della testa del femore diventa visibile a 12 giorni di vita e si presenta come una piccola area opaca; la superficie è uniformemente rotonda fino alla sesta-settima settimana, quando compare un'incisura sulla superficie mediale dove prende attacco il legamento della testa del femore. (H., 1975)

## 2.3. BIOMECCANICA

L'articolazione dell'anca ha una conformazione che garantisce, oltre ad adduzione ed estensione, una mobilità teorica molto vasta, che viene limitata dal legamento della testa del femore, dalla capsula articolare e dai muscoli adiacenti.

In generale la resistenza o l'usura di un'articolazione dipendono dall'integrità delle superfici articolari, dalla distribuzione e dalla consistenza delle forze che vi agiscono e dalla stabilità della stessa.

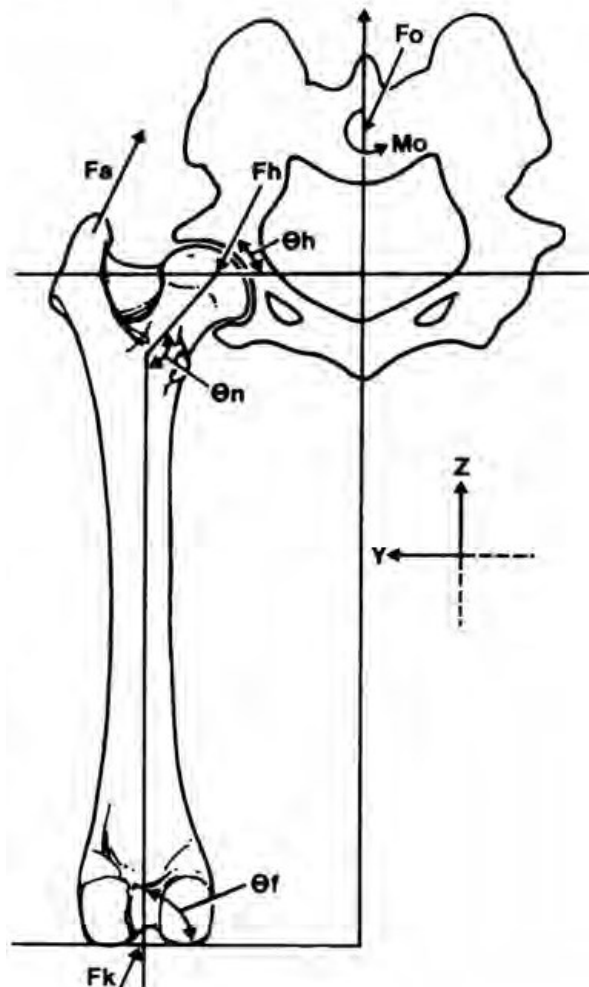


Figura 3: Forze che agiscono sull'articolazione dell'anca. (Joseph P. Weigel, 1992)

Studiando l'articolazione con l'animale in stazione, possiamo determinare le forze e i rapporti anatomici che si creano tra acetabolo e testa del femore:

- **F<sub>0</sub> Forza peso:** forza impressa dal peso dell'animale prossimalmente all'articolazione (circa 1/3 del peso dell'animale).
- **F<sub>a</sub> Forza di abduzione:** forza che impiegano i muscoli a mantenere la testa del femore nell'acetabolo.
- **F<sub>k</sub> Forza di reazione del suolo durante l'appoggio.**
- **F<sub>h</sub> Forza risultante:** somma delle altre tre forze a livello della testa del femore

- **$M_0$  Momento stabilizzante:** vettore di una forza applicata a un oggetto non allineato col suo centro geometrico, che causa quindi una rotazione ( $M_0 = \text{forza} \times \text{lunghezza del braccio}$ )
- **$\theta_n$  Angolo di inclinazione:** angolo che si forma tra l'asse centrale del collo del femore e tra il corpo del femore (normalmente tra i  $130^\circ$  e i  $145^\circ$ ).
- **$\theta_n$  Angolo risultante:** angolo che si crea tra il vettore di  $F_h$  e una linea parallela al terreno (circa  $69^\circ$ )

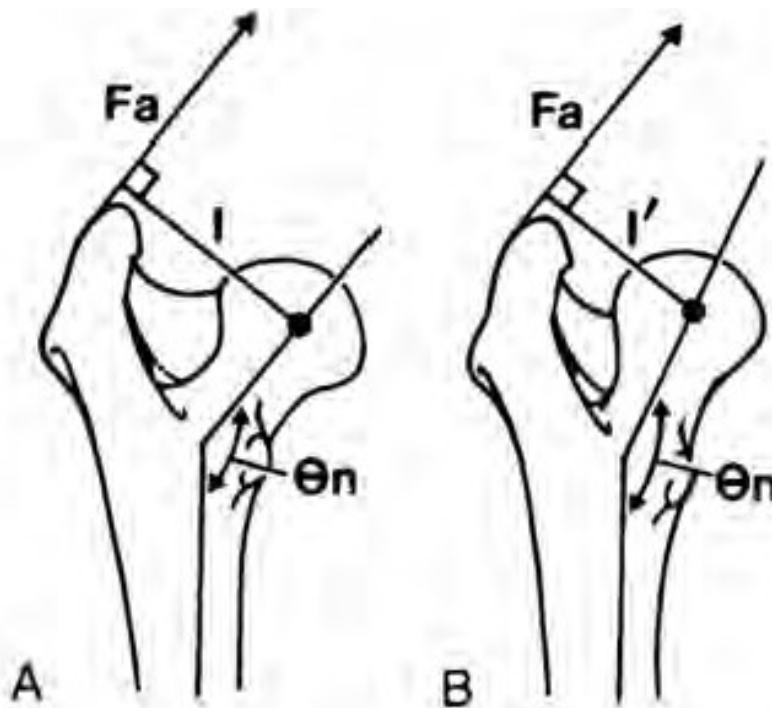


Figura 4: L'aumento dell'ampiezza dell'angolo determina una variazione del momento, a parità di direzione e intensità delle forze. (Joseph P. Weigel, 1992)

Un'articolazione dell'anca normale ha la somma delle forze che vi agiscono pari a 0.

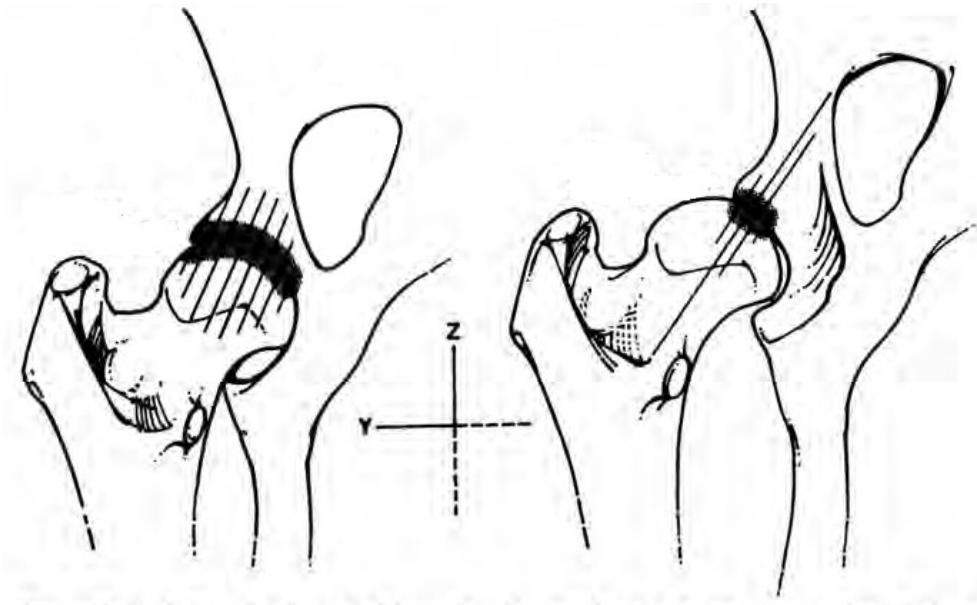
In presenza di anche displasiche, gli angoli anatomici e i rapporti tra le superfici articolari cambiano (Figura 4), per cui cambiano anche i rapporti di forza.

Se l'angolo di inclinazione  $\theta_n$  aumenta, i muscoli abduttori dovranno esercitare una forza maggiore per mantenere lo stesso momento, quindi aumenterà anche la forza risultante (più forza sul femore).

Quando si presenta la sublussazione della testa del femore i muscoli abduttori aumentano la forza per tentare di mantenere la congruenza dell'articolazione, mentre l'area su cui si distribuisce l'urto diminuisce, con conseguente aumento di

pressione e danneggiamento della cartilagine articolare e dell'osso trabecolare sottostante. (Figura 5)

Quando queste condizioni si verificano durante il periodo di crescita dell'animale, esse porteranno ad una modifica dei rapporti tra femore ed acetabolo. (Joseph P. Weigel, 1992)



*Figura 5: Distribuzione della forza sulla cartilagine articolare; una distribuzione ampia determina un minor stress sulla superficie cartilaginea, mentre una distribuzione ridotta lo aumenta. (Joseph P. Weigel, 1992)*

### 3. DISPLASIA DELL'ANCA

La displasia dell'anca (Canine Hip Dysplasia, CHD) fu descritta per la prima volta nel 1935 da Schnelle ed è considerata la più comune patologia ortopedica del cane. (MD., 2017)

È una malattia "biomeccanica", in cui l'instabilità dell'anca nel cane giovane altera la concentrazione delle forze sulla testa del femore e sull'acetabolo nella fase di sviluppo. Questo modifica la crescita ossea e il rimodellamento, risultando in una conformazione anormale dell'articolazione, con conseguenti malattie articolari degenerative secondarie. Ha una base ereditaria, complessa e poligenica, fortemente influenzata da numerosi fattori ambientali, che ne modulano la comparsa e la gravità. (Fries CL, 1995;)

L'esatta causa della CHD rimane sconosciuta, anche se l'aspetto su cui si sono concentrati molti studi è la lassità articolare; per questo motivo è considerato un parametro fondamentale su cui si basano la diagnosi precoce e le tradizionali tecniche di screening. (MD., 2017)

La frequenza della malattia è variabile nella popolazione canina, ma si può affermare che è più comune nelle razze di taglia grande e a rapido accrescimento, come Labrador Retriever, Rottweiler, San Bernardo e Mastiff. Sono predisposti alla patologia anche Bulldog, Carlini e alcune razze di Terrier. (MD., 2017)

Gli animali predisposti alla displasia nascono con anche normali, ma sviluppano presto sublussazione della testa del femore. Seguono patologie degenerative delle articolazioni.

Tabella 1: Statistiche di razza; modificato da <https://www.ofa.org/diseases/breed-statistics#detail>

<b>Razza</b>	<b>N° valutazioni</b>	<b>% displasici</b>
PUG	942	71.8
BULLDOG	1,172	70.6
DOGUE DE BORDEAUX	767	56.7
NEAPOLITAN MASTIFF	236	50.4
ST. BERNARD	2,618	49.5
BASSET HOUND	236	39.4
CANE CORSO	2,0607	38.3
FRENCH BULLDOG	2,634	31.7
BULLMASTIFF	6,819	25.8
AMERICAN PIT BULL TERRIER	1,010	23.0
LAGOTTO ROMAGNOLO	580	22.8
CARDIGAN WELSH CORGI	3,059	22.7
SHIH TZU	934	22.3
ROTTWEILER	103,520	21.2
MASTIFF	13,002	20.7
GERMAN SHEPHERD DOG	131,943	20.6
GOLDEN RETRIEVER	165,468	19.8
HYBRID	5,056	18.5
BEAGLE	1,287	18.5
GIANT SCHNAUZER	5,136	18.2
MAREMMA SHEEPDOG	159	17.0
BERNESE MOUNTAIN DOG	25,430	16.3
LABRADOR RETRIEVER	285,617	11.8
WEIMARANER	13,744	8.7
WHIPPET	213	1.9
SALUKI	289	1.7

### 3.1. EZIOLOGIA E PATOGENESI

#### 3.1.1. Componente genetica

La displasia è una malattia ereditaria poligenica. Il genotipo determina forma dell'anca, taglia, relazioni anatomiche, muscolatura e innervazione. (Fries CL, 1995;)

L' ereditabilità è il grado di espressione di una condizione in base al suo genotipo ed è quantificato da un valore stimato chiamato  $h^2$ , che indica il rapporto delle variazioni genetiche additive. Il valore di ereditabilità ( $h^2$ ) oscilla tra 1.0 (tratto totalmente dipendente dai geni, indipendentemente dai fattori ambientali) e 0.0 (tratto non legato alla genetica). L'ereditabilità di CHD è stata stimata tra lo 0.1 e lo 0.6. (MD., 2017)

L'espressione di questi geni può essere modificata da fattori ambientali, che non sono causa di displasia, ma possono determinarne la comparsa e la gravità.

Il genotipo determina anche il fenotipo di ogni razza e in particolare la sua mole e la sua struttura fisica. Si è notato che, in generale, i cani di razze più piccole o con pelle aderente, muscoli prominenti e poco grasso sottocutaneo, hanno un'incidenza minore rispetto alle razze più grandi e prive delle caratteristiche citate. (Fries CL, 1995;)

Uno dei segni più precoci che compare nella displasia dell'anca è la lassità articolare; essa precede sia il rimodellamento che le degenerazioni tipiche della malattia tanto che, mantenendo forzatamente la congruità dell'articolazione fino ai 6 mesi di età, si può evitare l'aggravarsi della patologia. (Fries CL, 1995;)

I cani predisposti alla CHD nascono con anche normali, che diventano in seguito displasiche; le strutture che stabilizzano l'articolazione coxofemorale sono il legamento della testa del femore, la capsula articolare e il labbro acetabolare dorsale.

Durante il primo mese di vita il legamento della testa del femore è il principale stabilizzatore dell'articolazione, tanto che nelle prime due settimane è talmente corto che una sublussazione forzata porterebbe alla fratturazione della fovea situata sulla testa del femore. Dopo questo primo momento il legamento inizia ad allungarsi ed è stato riportato che nei cani displasici è questo eccessivo allungamento che permette la sublussazione dell'anca nell'adulto.

Il liquido sinoviale, insieme alla capsula articolare, contribuisce alla stabilizzazione con l'effetto vuoto e con la pressione atmosferica. Viene prodotto principalmente dalla dialisi del sangue nei vasi intracapsulari, col plasma modificato dall'endotelio vascolare, dal tessuto connettivo e dai sinoviociti. Nei cani con displasia è stata riscontrata una modificazione sia delle strutture ossee-legamentose, sia della quantità di liquido sinoviale.

Uno stiramento del legamento della testa del femore e della capsula articolare è osservabile già alla seconda settimana di vita, mentre verso le 4 settimane di età si possono osservare i primi segni di displasia, con edema e fibroplasia del legamento della testa del femore. (Tobias Karen M., 2012)

Questi processi infiammatori favoriscono la dispersione di proteine nell'articolazione e diminuiscono il drenaggio, con un conseguente aumento di volume del liquido sinoviale che, esercitando una pressione maggiore sulla membrana sinoviale, fa rimpicciolire i sinoviociti e aumenta gli spazi intercellulari, con un ulteriore aumento della permeabilità. (MD., 2017)

Venuti meno i meccanismi di stabilizzazione dell'articolazione dell'anca, la testa del femore può sublussarsi. Nel modello più tradizionale si considera che la sublussazione delle anche displasiche avvenga ogni qual volta che l'articolazione sopporta il peso dell'animale, con una traslazione laterale della testa del femore. Le forze muscolari che agiscono intorno all'anca aumentano, mentre l'area di contatto tra le superfici articolari diminuisce, risultando in incongruenza e usura anomala della cartilagine articolare.

Una teoria più recente, invece, sostiene che la sublussazione potrebbe avvenire durante la fase di oscillazione del passo, invece che in quella di sostentamento del



peso. Con un livello normale di liquido sinoviale, ogni movimento di traslazione laterale della testa del femore durante questa fase risulta in un invaginamento e stiramento della capsula. I meccanoceffori capsulari vengono stimolati, reclutando i muscoli adiacenti per riportare la testa del femore al suo posto tramite contrazione. Un aumento del liquido ritarderebbe la stimolazione dei meccanoceffori della capsula, che necessiterebbero di un maggior stiramento per attivarsi, permettendo lo spostamento laterale della testa del femore. (MD., 2017)

In ogni caso la sublussazione della testa del femore causa una distribuzione anomala delle forze che si scaricano su superfici ossee e cartilaginee ancora in fase di accrescimento.

La compressione data dal peso è concentrata sulla parte mediale della testa del femore e sulla rima acetabolare dorsale; questo può sia modificare l'ossificazione fisiologica di acetabolo e testa del femore, creando incongruenze tra le superfici articolari, sia causare microfratture nell'osso subcondrale, che col processo di guarigione diventa più duro e con poca capacità di assorbire gli shock. La cartilagine tende a ritirarsi, lasciando esposto l'osso subcondrale, che diventa eburneo e sclerotico, con formazione di osteofiti.

Anche uno sviluppo anomalo primario della pelvi è stato spesso proposto come fattore predisponente per CHD e la chiusura del centro di ossificazione femorale è stata riscontrata ritardata negli animali displasici. (MD., 2017)

### 3.1.2. Fattori ambientali che influiscono sulla comparsa di CHD

- Nutrizione e crescita rapida: l'eccesso nella dieta e il conseguente aumento di peso sono fattori importanti nel possibile sviluppo di displasia. (Tobias Karen M., 2012). Due studi del 1990 su una popolazione di labrador retriever hanno mostrato che limitare l'assunzione di cibo al 75% di quello somministrato al gruppo di controllo dalle 8 settimane di età, risulta in una riduzione del 67% della prevalenza di displasia dell'anca ai 2 anni di età e riduce prevalenza e severità dell'osteoartrite ai 5 anni di età. (MD., 2017) (Kealy RD, 1997) (Kealy RD, 1992). Anche un maggiore peso alla nascita è stato valutato come fattore predisponente allo sviluppo di variazioni nell'ossificazione, riscontrando una minore copertura della testa del femore ai 4 mesi e un aumento di possibili segni

di osteoartrite agli 8 mesi. (Vanden Berg-Foels, 2006). Il rapido aumento di peso è stato individuato come fattore di rischio in alcuni studi, soprattutto se si verifica nei primi 6 mesi d'età, anche se il parere non è unanime. (Smith GK) (LOPEZ, et al., 2006).

- Calcio e vitamine: l'aggiunta di calcio e vitamina D alla dieta dei cuccioli può contribuire all'insorgenza di displasia nei soggetti predisposti, in quanto l'eccesso di questi elementi porta a una riduzione dell'attività osteoclastica e al danneggiamento dell'ossificazione. La vitamina C, indispensabile per lo sviluppo del collagene, non ha bisogno di essere somministrata ai cuccioli che sono in grado di sintetizzarla autonomamente, anzi, un eccesso può interferire col normale sviluppo di ossa e cartilagini. (MD., 2017).
- Dietary Anion Gap (DAG): il liquido sinoviale concorre a mantenere la testa del femore nell'acetabolo creando una pressione negativa, ma quando questo aumenta di volume favorisce la sublussazione e l'insorgere di displasia. Analizzando il fluido sinoviale degli animali displasici è stato notato un aumento dell'osmolarità rispetto a quella dei soggetti sani. Uno studio ha valutato l'effetto del bilanciamento degli elettroliti nella dieta di 167 cuccioli in accrescimento, trovando che mantenere valori di DAG al di sotto dei 20 meq/100g nel cibo diminuiva il numero di soggetti con sublussazione a 30 settimane di età e migliorava la valutazione delle anche a 2 anni. (Fries CL, 1995;).
- Esercizio: l'attività motoria potrebbe velocizzare la comparsa di segni di degenerazione in animali con instabilità articolare, soprattutto in cuccioli che fanno scale dalla nascita ai 3 mesi. Allo stesso tempo, però, la possibilità di fare esercizio all'aria aperta ha un effetto protettivo, sottraendo energia alla crescita e aumentando la massa muscolare pelvica. È stata trovata una correlazione tra dimensione dei muscoli pelvici e CHD, con meno massa muscolare nei cani displasici, rispetto ai non displasici. (MD., 2017)
- Influenza ormonale: sono stati indagati diversi ormoni. Gli estrogeni somministrati ai cuccioli provocano CHD, ma i livelli endogeni dell'ormone non differiscono tra soggetti affetti e soggetti sani. Similmente la relaxina, che se

somministrata provoca displasia, ha una produzione endogena ininfluenta, anche se in uno studio è stato rilevato un livello più alto in un gruppo di labrador rispetto ai beagle. La sterilizzazione precoce (prima dei 5.5 mesi) in entrambi i sessi ha mostrato di aumentare il rischio di sviluppare la patologia. (MD., 2017).

#### 4. METODI DIAGNOSTICI

I metodi diagnostici e di valutazione ufficiale della Displasia dell'Anca del cane sono basati principalmente sull'utilizzo di esami radiografici.

In Italia l'ENCI (Ente Nazionale della Cinofilia Italiana) ha adottato il protocollo per la diagnosi della displasia dell'anca nei cani di razza promosso dalla FCI (Federazione Cinologica Internazionale).

Il metodo di valutazione combina la valutazione soggettiva di una proiezione ventro-dorsale (VD) ad arti estesi (hip-extended) con la misurazione dell'angolo acetabolare secondo Norberg (NA). Può essere affiancata una radiografia in posizione VD con arti posteriori Flessi ed addotti, detta a "rana" (frog-leg), per ottimizzare la valutazione, ma non è obbligatorio. (Verhoeven G, 2012) (BERTONI G., 2005)

Il controllo ufficiale della displasia dell'anca viene eseguito su cani di 12 mesi o di 18 mesi in funzione della razza, mediante un esame radiografico in anestesia o in sedazione profonda, per ottenere un adeguato rilassamento muscolare nella proiezione radiografica richiesta.

Lo standard richiede una proiezione ventro-dorsale delle anche con arti estesi e paralleli tra di loro, paralleli al piano sagittale del cane ed il più possibile paralleli al piano del tavolo radiografico, con rotazione interna dei femori tale da posizionare le rotule all'interno dei condili femorali (Fig. 6).

Il bacino deve essere simmetrico. La densità radiografica deve essere tale da permettere la visualizzazione del bordo dorsale dell'acetabolo, utilizzando una pellicola radiografica di dimensioni sufficienti da contenere entrambe le articolazioni delle anche ed entrambe le rotule.

(<https://www.enci.it/media/2070/disciplinaredisplasia.pdf>)



*Figura 6: Posizione corretta della proiezione ventro-dorsale (modificato da Canine Hip Dysplasia Diagnostic Imaging)*

Risulteranno così visibili il collo e la testa del femore, l'acetabolo ed eventuali segni di osteoartrite.

L'angolo di Norberg viene ottenuto tracciando una linea che unisce il centro della testa del femore destro e quello sinistro e una linea che dal centro della testa del femore sia tangente al punto più laterale della rima acetabolare craniale. (Figura 7) I due angoli che si formano sono misurati singolarmente e quantificano la sublussazione del femore nella proiezione ventro-dorsale (Kapatkin, 2002).

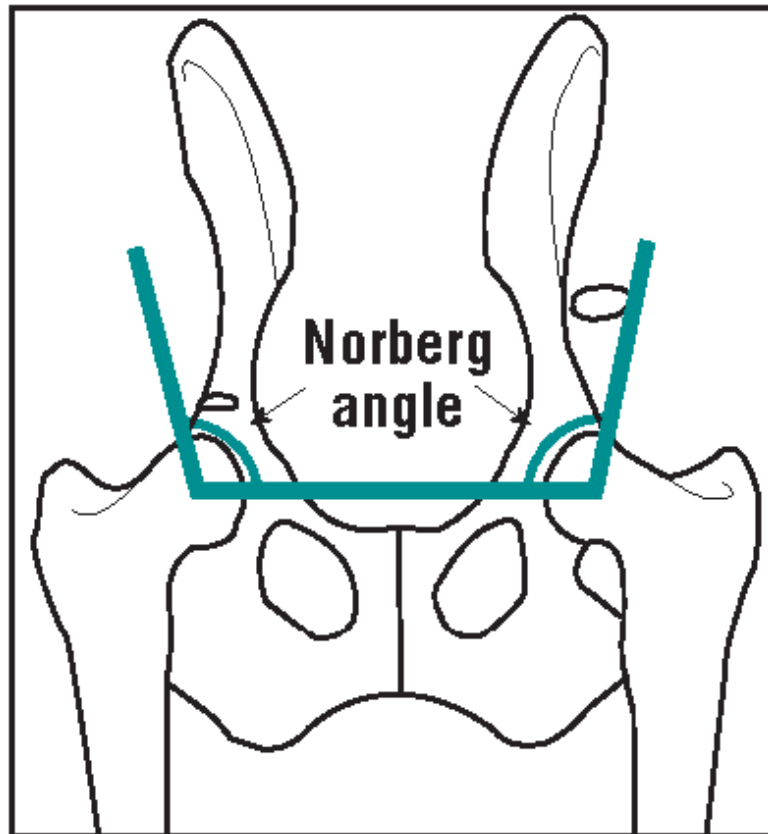


Figura 7: Norberg Angle, modificato da CHD Diagnosis, Polygenic Disease

Più il NA risulta ampio, più l'articolazione dell'anca è congruente e con acetabolo profondo. Si considera normale un animale che ottiene NA maggiore o uguale a  $105^\circ$ , mentre valori inferiori sono associati ad animali displasici. (Butler JR, 2017)  
In caso di palese displasia dell'anca riscontrata prima dell'età minima sopra indicata, il controllo ufficiale potrà essere anticipato.  
(<https://www.enci.it/media/2070/disciplinaredisplasia.pdf>)

#### 4.1. CLASSIFICAZIONE FCI DELLA DISPLASIA DELL'ANCA

- **Grado A:** nessun segno di displasia dell'anca (HD 0 / HD -). La testa del femore e l'acetabolo sono congruenti. Il bordo cranio-laterale dell'acetabolo appare netto e leggermente arrotondato. Lo spazio articolare risulta netto ed uniforme. L'angolo acetabolare secondo Norberg è di circa 105° o superiore. Quando inoltre il bordo cranio-laterale circonda leggermente la testa del femore in direzione latero-caudale, la conformazione articolare viene definita "eccellente" (A1).
- **Grado B:** articolazione dell'anca quasi normale (HD 1 / HD +/-). La testa del femore e l'acetabolo appaiono leggermente incongruenti e l'angolo acetabolare secondo Norberg è di circa 105° oppure il centro della testa del femore si trova medialmente al bordo acetabolare dorsale con congruità della testa del femore e dell'acetabolo.
- **Grado C:** leggera displasia dell'anca (HD 2 / HD +). La testa del femore e l'acetabolo appaiono incongruenti, l'angolo acetabolare secondo Norberg è di circa 100° e/o il bordo cranio-laterale risulta appiattito. Possono essere presenti irregolarità o segni minori di modificazioni osteoartrosiche a carico del margine acetabolare craniale, caudale o dorsale o della testa e del collo del femore.
- **Grado D:** media displasia dell'anca (HD 3 / HD ++). Incongruità evidente tra la testa del femore e l'acetabolo con sublussazione. L'angolo acetabolare secondo Norberg è superiore a 90°. Saranno presenti un appiattimento del bordo cranio-laterale e/o segni di osteoartrosi.
- **Grado E:** grave displasia dell'anca (HD 4 / HD +++). Sono presenti modificazioni marcate di tipo displastico delle anche, come lussazione o sublussazione distinta, un angolo acetabolare secondo Norberg inferiore a 90°, un evidente appiattimento del margine acetabolare craniale e deformazione della testa del femore (a forma di fungo o appiattita) o la presenza di altri segni di osteoartrosi.  
(<https://www.enci.it/media/2070/disciplinaredisplasia.pdf>)

#### 4.2. METODI DIAGNOSTICI ALTERNATIVI

- OFA (The Orthopedic Foundation for Animals) valuta cani di età pari o superiore ai 24 mesi tramite una radiografia in proiezione hip-extended standard con una attribuzione descrittiva in 7 punti;
- BVA/KC (The British Veterinary Association/Kennel Club) valuta cani di almeno 1 anno di età con la proiezione standard ad arti estesi, da cui vengono estrapolati i valori dei 9 parametri alla base della scala: NA, grado di sublussazione, bordo acetabolare craniale, bordo acetabolare dorsale, margine acetabolare dorsale effettivo, fossa acetabolare, spigolo acetabolare craniale, esostosi di testa e collo del femore, rimodellamento della testa del femore.
- The Pennsylvania Hip Improvement Program invece ha l'obiettivo di trovare precocemente i soggetti che presentano lassità articolare passiva per selezionare gruppi di riproduttori con anche più solide. Per fare questo l'animale viene sedato profondamente e posto in decubito dorsale per ottenere due immagini radiografiche: una con i femori mantenuti in posizione "neutrale" (estesi a 10-15° di inclinazione) e con la testa del femore spinta nell'acetabolo, con cui si ottiene l'indice di compressione(CI), che da una misura della congruenza dell'articolazione; l'altra viene effettuata con l'utilizzo di un distrattore posto tra i due femori, che permette di avere un'immagine in cui le teste dei femori vengono dislocate lateralmente. Dalle radiografie ottenute si calcola l'indice di distrazione (DI). DI va da 0 (piena congruenza) a 1 (lussazione completa). L'età indicata è 6 mesi. In aggiunta viene fatta una radiografia standard per riscontrare segni di osteoartrite.
- The Dorsolateral Subluxation Approach valuta la lassità articolare mimando una situazione di sostentamento del peso. L'animale, anestetizzato, viene posto in decubito sternale su un cuscino sagomato che permette di posizionare i femori perpendicolarmente al tavolo con le ginocchia posate sulla superficie. In questo modo vengono visualizzati gli effetti della compressione data dal peso dell'animale. Si ottiene così un'immagine radiografica da cui viene calcolato il punteggio. (Verhoeven G, 2012)



### 4.3. ULTRASONOGRAFIA

Le tecniche di diagnostica per immagini diverse dall'esame radiografico non hanno ancora assunto un ruolo di rilevanza nel riconoscimento della displasia dell'anca nei cani. Una delle più studiate, per la sua ripetibilità e sicurezza, è sicuramente l'ultrasonografia.

In medicina umana, l'utilizzo dell'esame ecografico nella ricerca di displasia dell'anca nei neonati a rischio è utilizzato dal 1980. Lo studio morfologico dell'anca in medicina pediatrica è stato codificato da Graf, che ha confermato la corrispondenza dell'immagine ecografica con la reale anatomia dell'articolazione e ha elaborato una classificazione in base alla misurazione di due angoli:

- Angolo  $\alpha$  (angolo di inclinazione acetabolare) è un indicatore del rimodellamento osseo dell'acetabolo.
- Angolo  $\beta$  (angolo di copertura cartilaginea) è un indicatore del rimodellamento della cartilagine acetabolare.

Generalmente valori bassi di angolo  $\alpha$  sono riscontrabili con un acetabolo poco profondo e valori alti nell'angolo  $\beta$  sono associati a smussatura della rima cartilaginea. (R., 1984)

Partendo dalla tecnica messa a punto da Graf, sono stati fatti studi di applicabilità alla specie canina, trovando che nei cuccioli l'anca può essere visualizzata in tutte le sue parti fino alle 8 settimane di vita. In particolare, la testa del femore, il margine acetabolare, lo spazio articolare e la capsula sono identificabili dal primo giorno fino alla dodicesima settimana di vita, mentre il centro di ossificazione della testa del femore diventa evidente a 1 settimana di vita. In seguito, la rapida ossificazione della testa del femore rende impossibile la visione dell'acetabolo. (Greshake, 1993)

Sono rilevabili anche gli stessi parametri riscontrati in medicina umana, ma queste variabili ultrasonografiche negli animali giovani non hanno correlazione con la diagnosi di displasia dell'anca negli esemplari adulti. (Fischer A, 2010) (Shipov, 2019)

In più l'utilità clinica dell'ultrasonografia è fortemente operatore-dipendente. Per queste ragioni non è utilizzata sistematicamente nella diagnosi e nello screening dei pazienti con displasia. (Butler JR, 2017)

## 5. LAVORO CLINICO

L'aspetto radiografico del centro di ossificazione della testa femorale è stato studiato e confrontata in un gruppo di cani di razza Pastore Tedesco, Labrador, Golden retriever e Greyhound. Un ritardo nell'ossificazione della testa del femore è stato osservato nei cani con displasia (Madsen JS, 1991), (Todhunter RJ, 1997)

Esistono pochi studi sulla fattibilità e valutazione ecografica delle anche neonatali nei cani ed in particolare nei Pastori Tedeschi. (Fischer A, 2010)

In questo studio, pertanto, si è valutata innanzitutto la fattibilità dell'esame ecografico delle anche neonatali nei cani di razza Pastore Tedesco.

Successivamente, gli obiettivi sono stati:

- Valutare le dimensioni ecografiche della testa del femore neonatale.
- Valutare la presenza e le dimensioni del nucleo di ossificazione della testa femorale.
- Valutare se una testa femorale e un nucleo di ossificazione di ridotte dimensioni sono un fattore predisponente alla displasia dell'anca.

### 5.1. MATERIALE E METODI

Nello studio sono stati arruolati 33 cuccioli di cane Pastore Tedesco, provenienti da 6 cucciolate diverse appartenenti allo stesso allevatore. Tutti i cuccioli sono stati alimentati con la stessa dieta e con la possibilità di svolgere una moderata attività fisica all'aperto (vita indoor-outdoor).

I cuccioli sono stati sottoposti ad esame ecografico delle anche presso l'allevamento, previo accordo con l'allevatore, al compimento del 10° giorno di vita (min 9 giorni, max 14 giorni) e ad un esame radiografico al compimento di 12 mesi di età.

### 5.2. ESAME ECOGRAFICO

Lo studio ecografico è stato effettuato con un ecografo portatile MyLab 30 Gold (Esaote, Genova, Italy) e con una sonda lineare settata a 10 MHz.

I cuccioli, senza bisogno di essere sedati, sono stati tosati in corrispondenza di entrambe le articolazioni dell'anca, tra cresta iliaca e tuberosità ischiatica, per

un'area di circa 1x3 cm, che in seguito è stata sgrassata con clorexidina e cosparsa di gel ecografico.

Per ogni anca è stata effettuata una scansione coronale e una scansione longitudinale.

#### 5.2.1. Scansione Coronale

Ottenuta ponendo la sonda tra la cresta iliaca e la tuberosità ischiatica, dorsalmente al grande trocantere, in direzione cranio-ventrale, poi ruotando di circa 20° medialmente (in senso orario per la sinistra, antiorario per la destra). (Figura 8)

Dall'immagine ottenuta (Figura 9) si devono visualizzare tre elementi:

- la rima ossea dell'acetabolo.
- estremità caudale dell'ilio nella fossa acetabolare.
- testa del femore e suo centro di ossificazione.

Le immagini sono state tutte archiviate ed esaminate in seguito da un unico operatore che con l'ausilio di un programma di elaborazione immagini (Onis 2.5 Free Version), ha ottenuto le aree in mm<sup>2</sup> della testa del femore e, se visibile, del suo centro di ossificazione. (Figura 10)

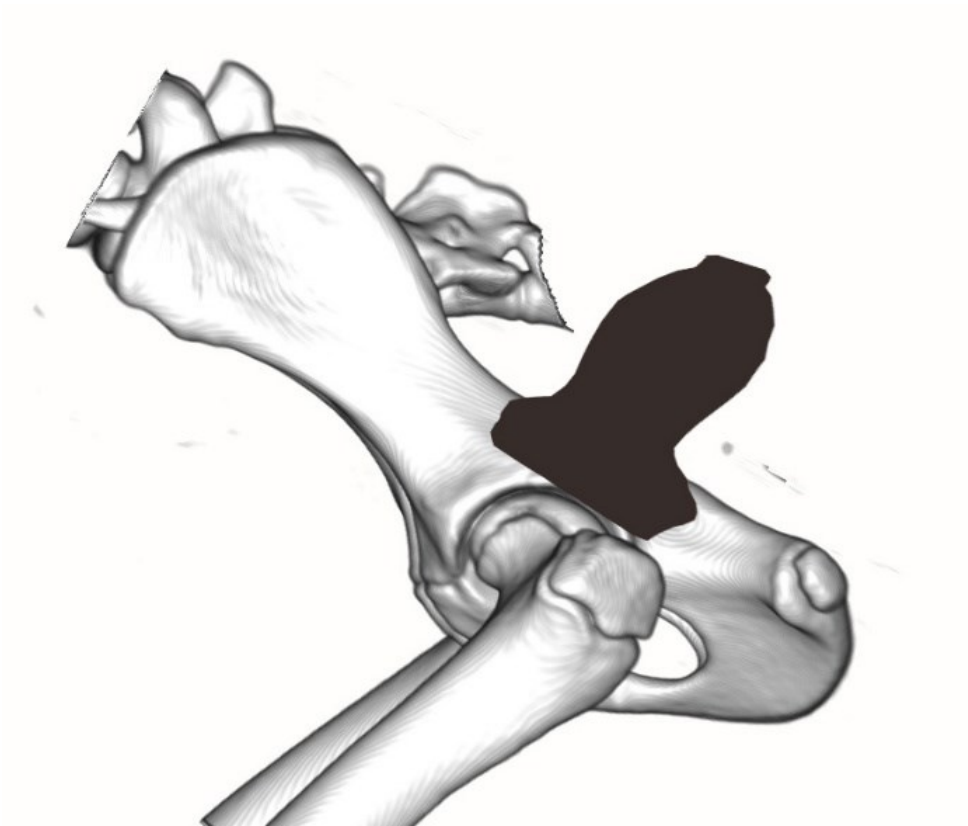


Figura 8: Immagine 3D della proiezione coronale.

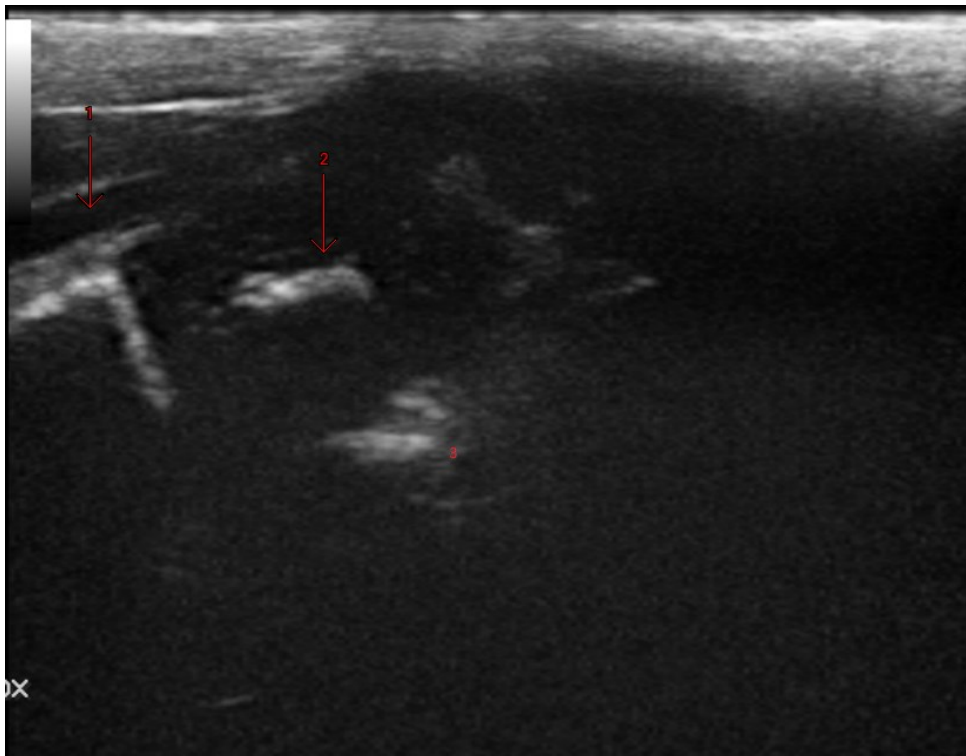


Figura 9: Ecografia in proiezione coronale di anca destra  
1-Rima ossea dell'acetabolo  
2-Centro d'ossificazione della testa del femore  
3-Estremità caudale dell'ilio nella fossa acetabolare



Figura 10: Proiezione coronale di anca destra. Area di ossificazione(M1) e area della testa del femore(M2)

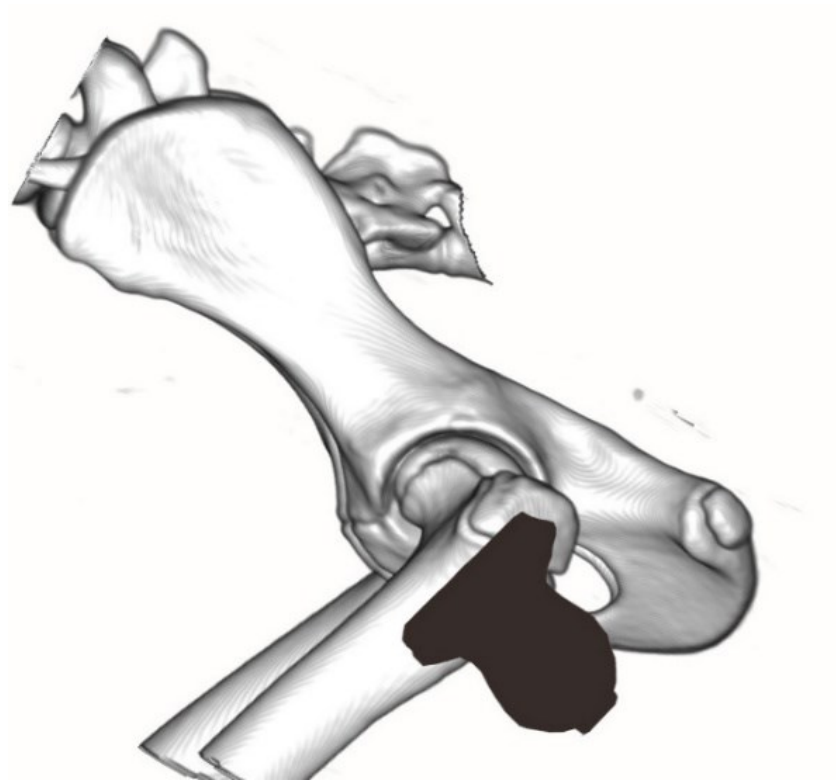
### 5.2.2. Scansione longitudinale

Dalla posizione utilizzata per la scansione coronale, la sonda è stata ruotata di 90°, in modo da essere parallela alla diafisi del femore. (Figura 11)

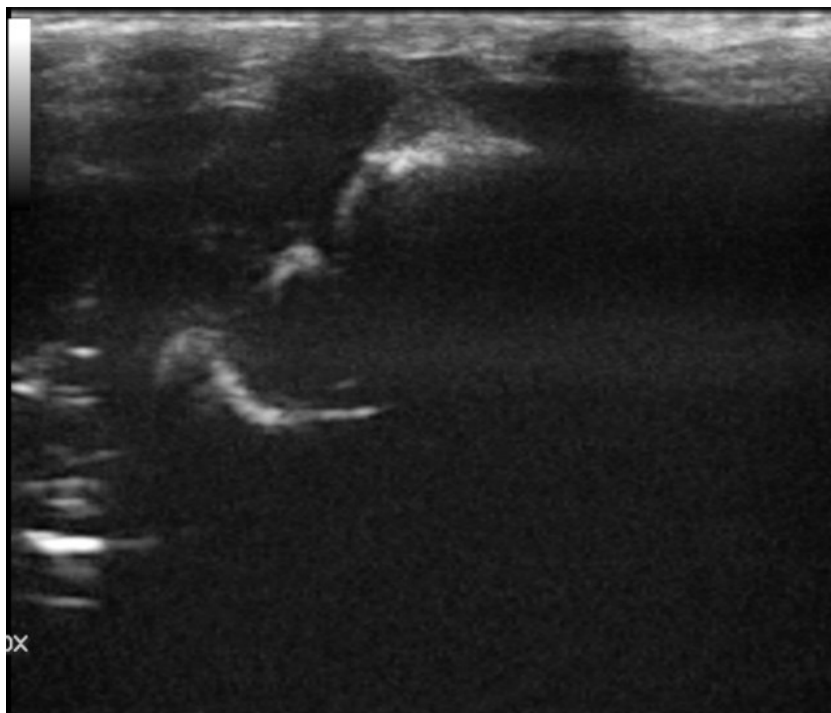
L'immagine ottenuta (Figura 12) deve comprendere:

- diafisi femore.
- centro di ossificazione del femore se presente.

Come per la scansione precedente, le immagini sono state esaminate e sono state ottenute le aree in mm<sup>2</sup> del centro di ossificazione del femore. (Figura 13)



*Figura 11: immagine 3D del posizionamento della sonda in proiezione longitudinale*



*Figura 12: immagine ecografica di articolazione dell'anca destra in proiezione longitudinale.*



Figura 13: Proiezione longitudinale di anca destra. L'area contornata di rosso è il centro di ossificazione della testa del femore.

### 5.3. ESAME RADIOGRAFICO

Lo studio radiografico è stato effettuato con l'apparecchio radiologico Siemens Mobilett Plus HP, con un'unica proiezione VD standard ai 12 mesi di età. I cani, previo consenso dei proprietari, sono stati sedati con Dexmedetomidina a 0,05 mg/kg e Butorfanolo a 0,25 µg/kg IM ed esaminati.



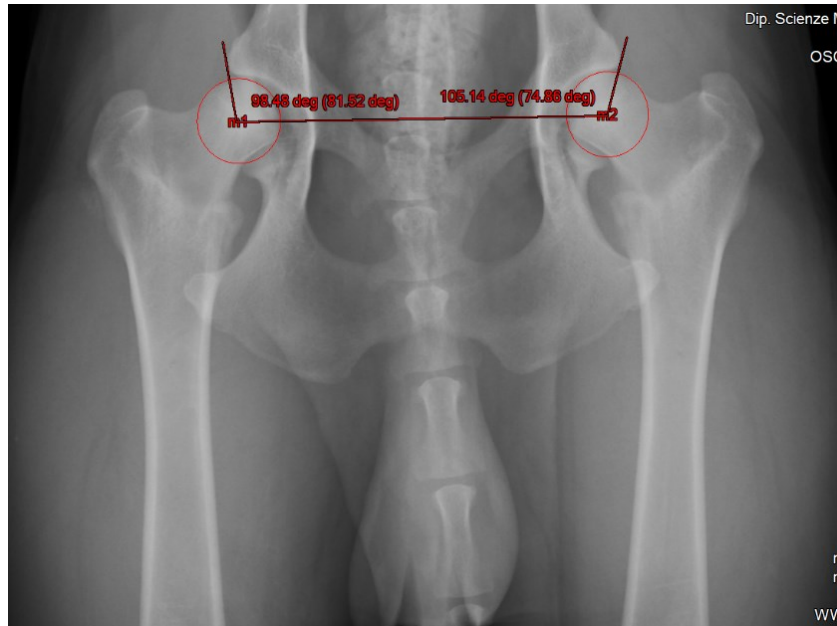


Figura 14: Radiografia in proiezione VD standard elaborata con software Onis 2.5..

Dalle immagini radiografiche sono state ottenute le aree delle teste del femore con lo stesso programma utilizzato per le ecografie (Figura 14), mentre la valutazione del grado FCI e la misurazione degli angoli di Norberg è stata effettuata da veterinari qualificati (Gnudi G., Volta A., Manfredi S.)

In seguito, con l'ausilio di un foglio di calcolo, sono stati calcolati i volumi delle teste del femore a partire dalle aree misurate nelle immagini ecografiche e radiografiche. Gli animali che ottenevano uno score di A o B sono stati considerati sani, quelli con score C, D ed E invece sono stati considerati affetti da displasia dell'anca.

#### 5.4. ANALISI STATISTICA

È stato utilizzato il software statistico SPSS (SPSS v.27 for Windows, SPSS, Inc., Chicago, IL). I dati ottenuti sono stati testati preliminarmente per verificarne o meno la distribuzione normale mediante il test di Shapiro Wilk. I dati non sono risultati distribuiti normalmente.

I dati relativi alle seguenti misure:

- Area della testa del femore delle anche neonatali nella proiezione coronale (ecografia).
- Area del nucleo di ossificazione della testa del femore nella proiezione coronale (ecografia).

- Area del nucleo di ossificazione della testa del femore nella proiezione longitudinale (ecografia).
- Angolo di Norberg a 12 mesi (radiografia).
- Punteggio della displasia dell'anca (A-D).
- Area della testa del femore a 12 mesi (radiografia).
- Peso a 10 giorni.
- Sesso.

Sono stati correlati tra loro mediante il calcolo del coefficiente di correlazione di Pearson. L'interpretazione del coefficiente di correlazione (r) è stata eseguita facendo riferimento alla tabella seguente:

<b>Size of correlation</b>	<b>Interpretation</b>
0.90-1.00 (−0.90 to −1.00)	Very high positive (negative) correlation
0.70-0.90 (−0.70 to −0.90)	High positive (negative) correlation
0.50-0.70 (−0.50 to −0.70)	Moderate positive (negative) correlation
0.30-0.50 (−0.30 to −0.50)	Low positive (negative) correlation
0.00-0.30 (0.00 to −0.30)	Negligible correlation

*Figura 15: Da Yadav: Correlation Analysis in Biological studies, Journal of the Practice of Cardiovascular Sciences, 2018, 4 (2), 116-121. (Yadav, 2018)*

Al fine di valutare una possibile influenza simultanea sull'angolo di Norberg e sull'area della testa del femore a 12 mesi delle diverse variabili misurate sia ecograficamente che radiograficamente, è stata successivamente effettuata un'analisi di regressione lineare multipla.

È stato condotto un test U di Mann-Whitney per valutare se l'area della testa del femore neonatale valutata ecograficamente e l'area del centro di ossificazione della testa del femore fossero significativamente inferiori nei cani affetti da displasia dell'anca a 12 mesi.

Un valore di  $P < 0.05$  è stato considerato significativo.

## 6. RISULTATI

Dei 33 cani presi in considerazione, solo 26 hanno completato lo studio. Sono quindi state valutate un totale di 52 articolazioni dell'anca. Tra queste 8/26 cani sono risultati displasici a 12 mesi, con una prevalenza del 30.7%.

Considerando ogni singola articolazione, 42 anche sono state valutate sane, mentre 10 sono state valutate affette da displasia (23,8%), con una distribuzione nella classificazione FCI pari a:

A: 6

B: 36

C: 9

D: 1

E: 0

### 6.1. VALUTAZIONE DATI

Tutte le articolazioni coxofemorali valutate ecograficamente a 10 giorni di età sono state considerate diagnostiche per la valutazione della testa femorale e del suo nucleo di ossificazione, quando presente. In 3 anche il nucleo di ossificazione della testa del femore non era ancora presente.

Dalla valutazione ecografica in visione coronale effettuata a 10 giorni sono stati ottenuti i seguenti dati:

Tabella 2: Misurazioni in proiezione coronale.

Nome	area testa femore (mm <sup>2</sup> )		area ossificazione (mm <sup>2</sup> )		Volume testa del femore (mm <sup>3</sup> )	
	dx	sin	dx	sin	dx	sin
1	89	87	8	7	632	611
2	84	92	5	5	579	664
3	65	81	6	4	394	549
4	92	99	9	7	664	741
5	84	93	5	5	579	675
6	115	92	10	8	928	664
7	85	88	4	1	590	621
8	90	85	5	6	642	590
9	84	82	5	4	579	559
10	145	121	6	4	1314	1002
11	103	104	4	4	787	798
12	102	94	7	8	775	686
13	99	78	0	0	741	518
14	91	119	7	9	653	977
15	117	120	7	9	952	989
16	79	95	3	4	528	697
17	75	83	0	0	489	569
18	73	80	8	0	469	538
19	112	78	3	0	892	518
20	59	88	7	8	341	621
21	89	112	4	6	632	892
22	68	81	6	7	422	549
23	73	100	3	3	469	752
24	94	93	5	5	686	675
25	129	103	8	10	1102	787
26	137	158	9	6	1207	1494

Dalla valutazione ecografica in visione longitudinale effettuata a 10 giorni sono stati ricavati i seguenti dati:

*Tabella 3: Misurazioni in proiezione longitudinale.*

<b>Nome</b>	<b>Area ossificazione destra (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Area ossificazione sinistra (mm<sup>2</sup>)</b>
1	3	2
2	6	4
3	4	4
4	3	4
5	5	5
6	6	5
7	3	0
8	3	4
9	4	2
10	4	6
11	4	3
12	5	5
13	0	0
14	5	6
15	5	7
16	4	4
17	0	0
18	0	0
19	2	0
20	4	4
21	4	3
22	4	5
23	3	4
24	3	4
25	6	5
26	6	4

Dal controllo radiografico effettuato a 1 anno di età sono stati ricavati i seguenti dati:

Tabella 4: Misurazioni su radiografie a 1 anno. \* Al punteggio FCI sono stati attribuiti dei valori numerici: A=1, B=2, C=3, D=4, E=5

Nome	Area Testa Femore		Volume Testa Femore		Angolo Norberg		Classificazione FCI*	
	dx	sin	dx	sin	dx	sin	dx	sin
1	50	45	266	227	104°	105°	2	2
2	47	43	242	212	100°	101°	3	3
3	45	50	227	266	>105°	104°	2	2
4	53	49	290	258	>105°	>105°	2	3
5	43	42	212	205	105°	105°	2	2
6	49	48	258	250	104°	102°	2	2
7	50	48	266	250	>105	105°	3	3
8	45	40	227	190	102°	>105°	2	3
9	48	44	250	220	105°	102°	2	3
10	49	47	258	242	105°	>105°	2	2
11	46	43	235	212	107°	105°	2	2
12	43	44	212	220	105°	104°	2	2
13	41	37	198	169	104°	105°	1	1
14	45	46	227	235	105°	105°	1	1
15	49	44	258	220	100°	105°	3	2
16	38	41	176	198	100°	94°	2	3
17	46	47	235	242	>105°	103°	2	2
18	37	36	169	163	103°	105°	2	2
19	38	39	176	183	103°	>105°	2	2
20	42	49	205	258	>105°	103°	2	2
21	38	36	176	163	103°	105°	2	2
22	42	42	205	205	105°	103°	2	2
23	40	41	190	198	105°	105°	1	1
24	36	36	163	163	105°	105°	2	2
25	44	43	220	212	>105°	>105°	2	2
26	43	52	212	282	100°	85°	2	4

Dall'analisi statistica è risultato:

- correlazione positiva debole ( $r: 0.33$ ) tra il diametro della testa del femore in proiezione coronale e il nucleo di ossificazione della testa femorale in proiezione coronale.

Tabella 5: Correlazione Diametro testa del femore in proiezione coronale e Area nucleo ossificazione testal femore in proiezione coronale.

		Visione coronale testa femore	Visione coronale ossificazione testa femore
<b>Diametro Coronale Testa femore</b>	Correlazione di Pearson	1	,333*
	Sign. (a due code)		,016
	N	52	52
<b>Coronale ossificazione Testa femore</b>	Correlazione di Pearson	,333*	1
	Sign. (a due code)	,016	
	N	52	52

\* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

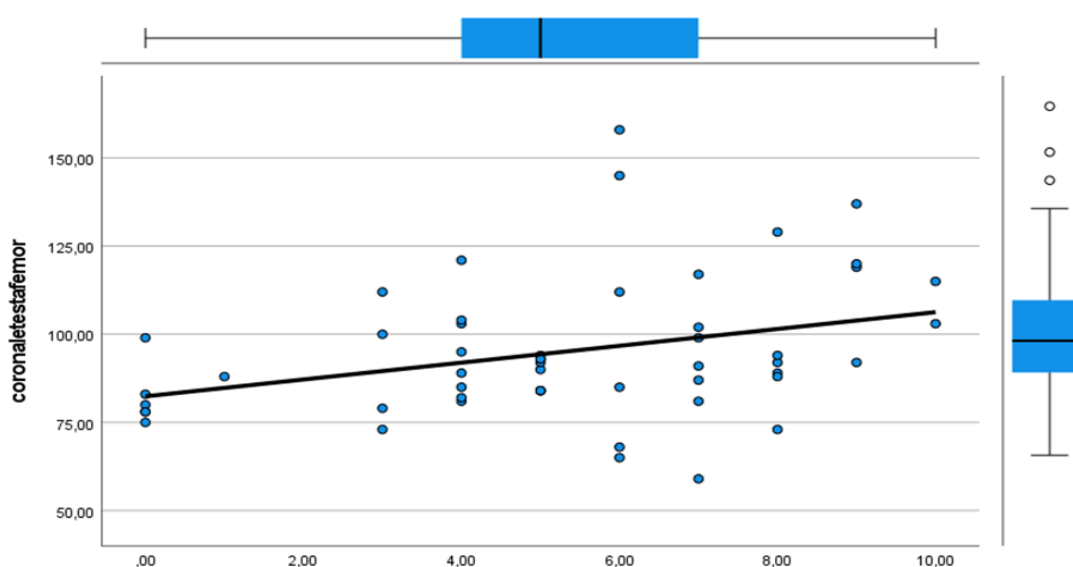


Figura 16: Grafico correlazione Diametro testa del femore coronale (in ordinata) e Area nucleo ossificazione testa femore coronale (in ascissa)

- Correlazione positiva forte (r: 0.72) tra l'area del nucleo di ossificazione della testa del femore misurata in coronale e in longitudinale.

Tabella 6: Correlazione Area nucleo ossificazione testa femore coronale e Area nucleo ossificazione testa femore longitudinale.

		Coronale ossificazione testa femore	Longitudinale ossificazione testa femore
<b>Coronale Ossificazione testa femore</b>	Correlazione di Pearson	1	,721**
	Sign. (a due code)		<,001
	N	52	52
<b>Longitudinale ossificazione testa femore</b>	Correlazione di Pearson	,721**	1
	Sign. (a due code)	<,001	
	N	52	52

\*\* . La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

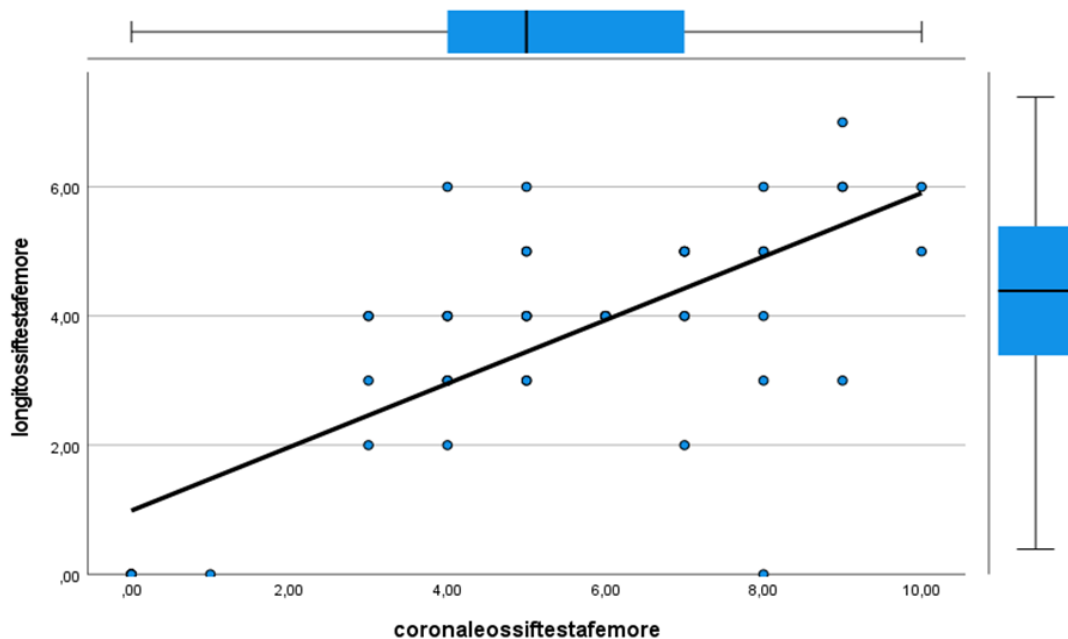


Figura 17: Grafico correlazione Area nucleo ossificazione testa femore longitudinale (in ordinata) e Area nucleo ossificazione testa femore coronale (in ascissa)



- Correlazione positiva debole ( $r: 0.42$ ) tra l'area della testa del femore misurata in coronale e il nucleo di ossificazione della testa del femore misurato in longitudinale.

Tabella 7: Correlazione Area testa femore coronale e Area nucleo ossificazione testa femore longitudinale.

		Coronale testa femore	Longitudinale ossificazione testa femore
<b>Coronale Testa femore</b>	Correlazione di Pearson	1	,426**
	Sign. (a due code)		,002
	N	52	52
<b>Longitudinale Ossificazione Testa femore</b>	Correlazione di Pearson	,426**	1
	Sign. (a due code)	,002	
	N	52	52

\*\* La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

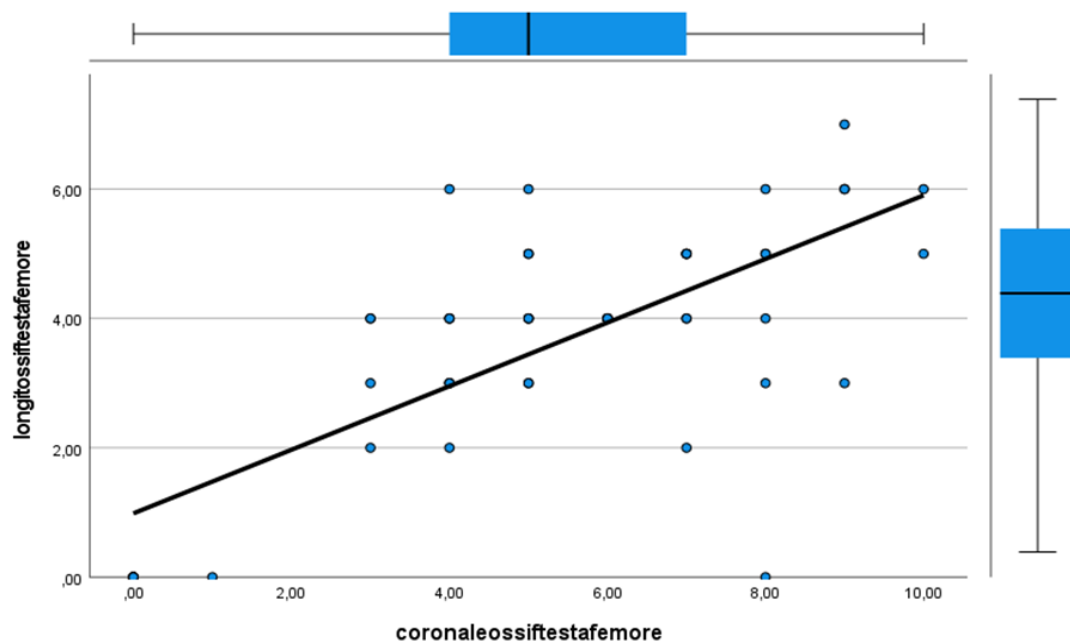


Figura 18: Grafico Area nucleo ossificazione testa femore longitudinale (in ordinata) e Area testa femore coronale (in ascissa).

- Correlazione negativa debole (r: - 0.37) tra l'area della testa del femore misurata in coronale e l'angolo di Norberg a 12 mesi.

Tabella 8: Correlazione Area testa femore coronale e Angolo Norberg.

		Coronale testa femore	
		Coronale testa femore	Norberg
Coronale femore	Testa	Correlazione di Pearson	1
		Sign. (a due code)	,006
		N	52
Norberg		Correlazione di Pearson	-,376**
		Sign. (a due code)	,006
		N	52

\*\* . La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

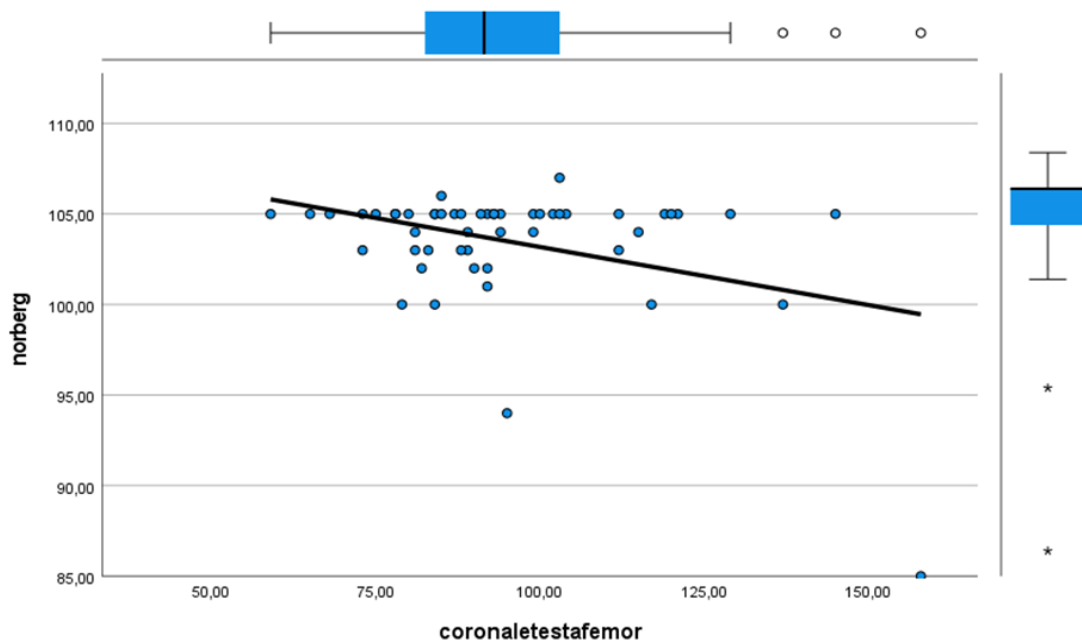


Figura 19: Grafico Angolo di Norberg (in ordinata) e Area testa femore coronale (in ascissa).

- Correlazione positiva debole ( $r:0.33$ ) tra l'area del nucleo di ossificazione della testa del femore misurata in coronale e l'area della testa del femore misurata sulla radiografia a 12 mesi.

Tabella 9: Correlazione Area nucleo ossificazione testa femore coronale e Area testa femore a 12 mesi.

		Coronale ossificazione testa femore	Area testa 12 mesi rx
<b>Coronale ossificazione testa femore</b>	Correlazione di Pearson	1	,333*
	Sign. (a due code)		,016
	N	52	52
<b>Area testa 12 mesi rx</b>	Correlazione di Pearson	,333*	1
	Sign. (a due code)	,016	
	N	52	52

\*. La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

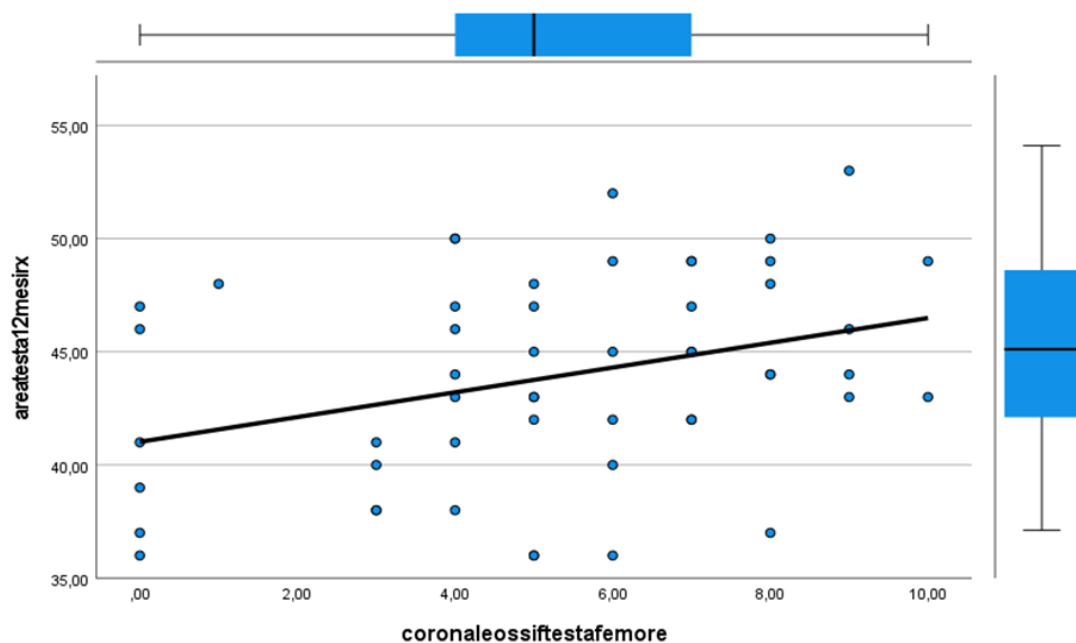


Figura 10: Grafico Area testa femore a 12 mesi (in ordinata) e Area nucleo ossificazione testa femore coronale (in ascissa).

- Correlazione positiva moderata (r: 0.5) tra l'area della testa del femore misurata in coronale e il peso a 10 giorni.

*Tabella 10: Correlazione Area testa femore coronale e Peso 10 giorni.*

		<b>Coronale testa femore</b>	<b>Peso 10gg</b>
<b>Coronale testa femore</b>	Correlazione di Pearson	1	,499**
	Sign. (a due code)		<,001
	N	52	52
<b>Peso 10gg</b>	Correlazione di Pearson	,499*	1
	Sign. (a due code)	<,001	
	N	52	52

\*\* . La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

- Correlazione positiva debole (r: 0.45) tra il nucleo di ossificazione della testa del femore in longitudinale e il peso a 10 giorni.

Tabella 11: Correlazione Area nucleo ossificazione testa femore longitudinale e Peso 10 giorni.

		Longitudinale ossificazione testa femore	Peso 10gg
<b>Longitudinale ossificazione testa femore</b>	Correlazione di Pearson	1	,451**
	Sign. (a due code)		<,001
	N	52	52
<b>Peso 10gg</b>	Correlazione di Pearson	,451*	1
	Sign. (a due code)	<,001	
	N	52	52

\*\* . La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

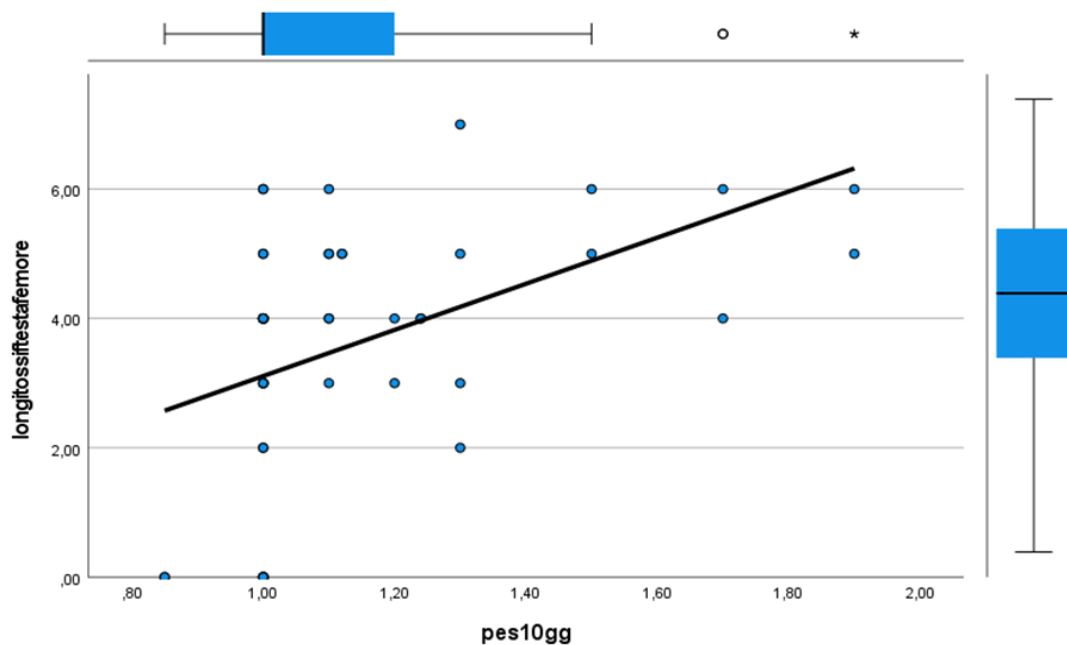


Figura 11: Grafico Area nucleo ossificazione testa femore longitudinale (in ordinata) e Peso 10 giorni (in ascissa).

- Correlazione debole positiva (r: 0.42) tra il nucleo di ossificazione della testa del femore in coronale e il peso a 10giorni

Tabella 12: Correlazione Area nucleo ossificazione testa femore coronale(mm<sup>2</sup>) e Peso 10 giorni (kg).

		Pes 10gg	Coronale ossificazione testa femore
<b>Pes 10gg</b>	Correlazione di Pearson	1	,422**
	Sign. (a due code)		<,002
	N	52	52
<b>Coronale ossificazione testa femore</b>	Correlazione di Pearson	,422*	1
	Sign. (a due code)	<,002	
	N	52	52

\*\* . La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

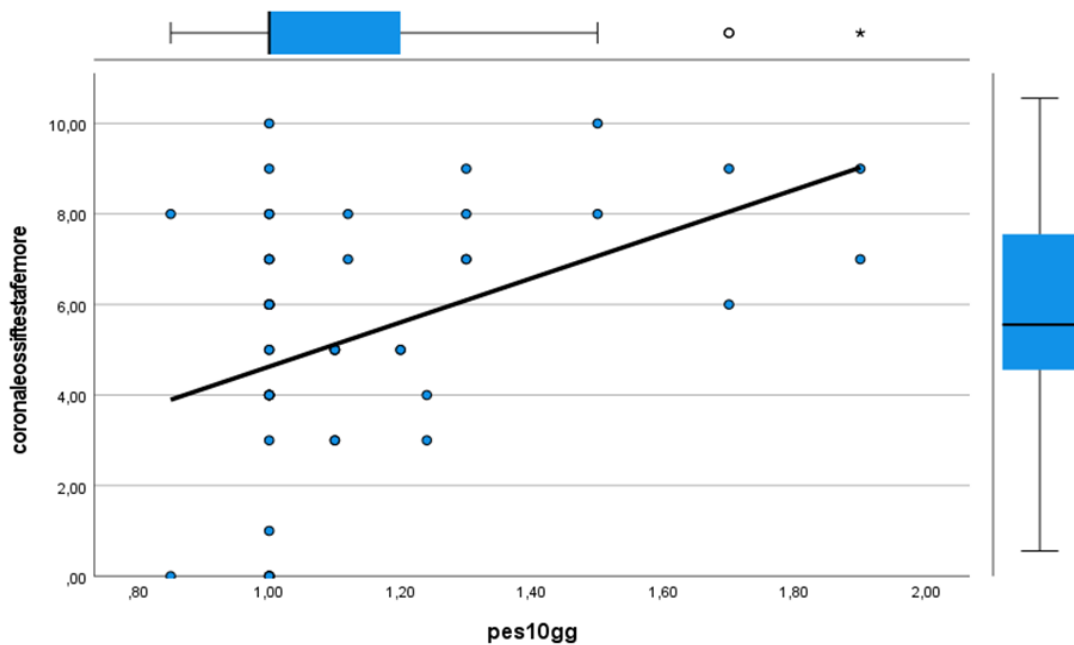


Figura 12: Grafico Area nucleo ossificazione testa femore coronale (in ordinata) e Peso 10 giorni (in ascissa).

- Correlazione positiva debole (r: 0.32) tra l'area della testa a 12 mesi e lo score della displasia dell'anca a 12 mesi.

Tabella 13: Correlazione Area testa femore 12 mesi (mm<sup>2</sup>) e Score Hip Dysplasia 12 mesi.

		Scorehd	Area testa 12 mesi rx
<b>Scorehd</b>	Correlazione di Pearson	1	,327*
	Sign. (a due code)		,018
	N	52	52
<b>Area testa 12 mesi rx</b>	Correlazione di Pearson	,327*	1
	Sign. (a due code)	,018	
	N	52	52

\*. La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

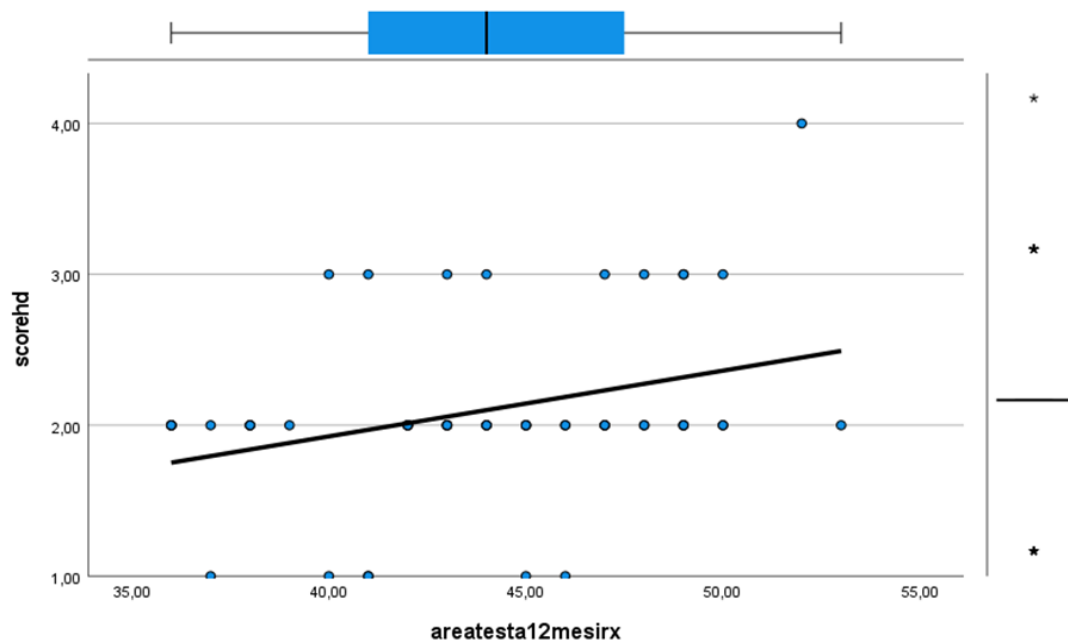


Figura 13: Grafico Score Hip Dysplasia 12 mesi (in ordinata) e Area testa femore 12 mesi(in ascissa).

- Correlazione debole negativa ( $r: -0.35$ ) tra il raggio della testa del femore in coronale e l'angolo di Norberg a 12 mesi.

Tabella 14: Correlazione Angolo Norberg e Raggio testa femore coronale(mm).

		Norberg	Raggio testa coronale
<b>Norberg</b>	Correlazione di Pearson	1	-,351*
	Sign. (a due code)		,011
	N	52	52
<b>Raggio testa coronale</b>	Correlazione di Pearson	-,351*	1
	Sign. (a due code)	,011	
	N	52	52

\*. La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

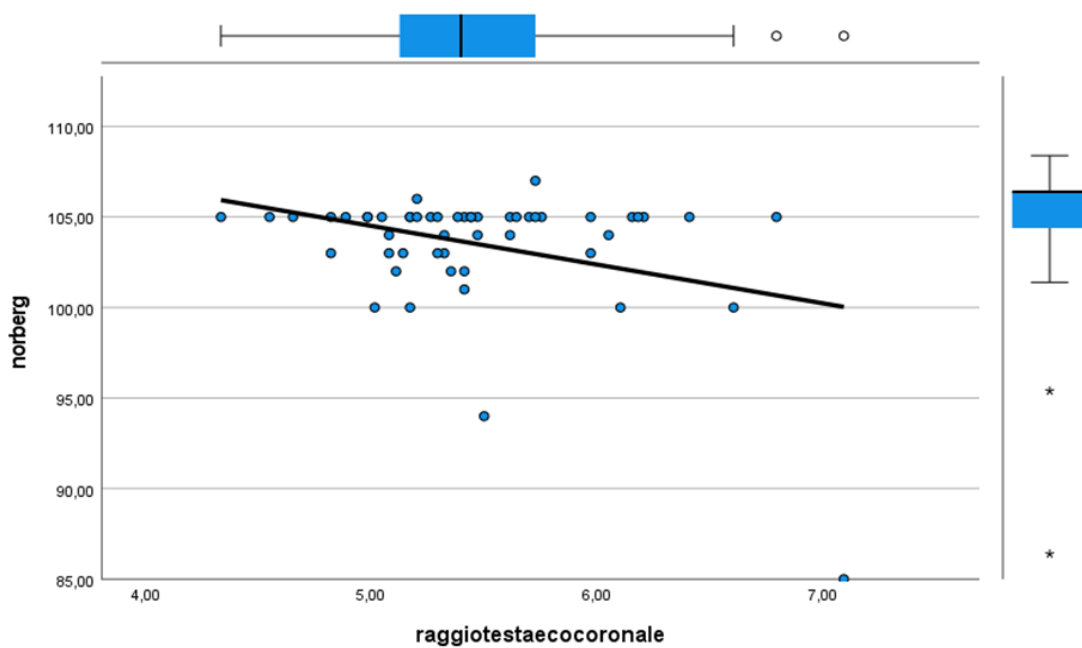


Figura 14: Grafico Angolo Norberg (in ordinata) ne Raggio testa femore coronale (in ascissa).



- Correlazione debole positiva ( $r: 0.27$ ) tra il raggio della testa del femore misurata in coronale e l'area della testa del femore a 12 mesi.

Tabella 15: Correlazione Raggio testa femore coronale (mm) e Area testa femore 12 mesi ( $\text{mm}^2$ ).

		Area testa 12 mesi rx	Raggio testa e coronale
Area testa 12 mesi rx	Correlazione di Pearson	1	,274*
	Sign. (a due code)		,049
	N	52	52
Raggio testa e coronale	Correlazione di Pearson	,274*	1
	Sign. (a due code)	,049	
	N	52	52

\*. La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

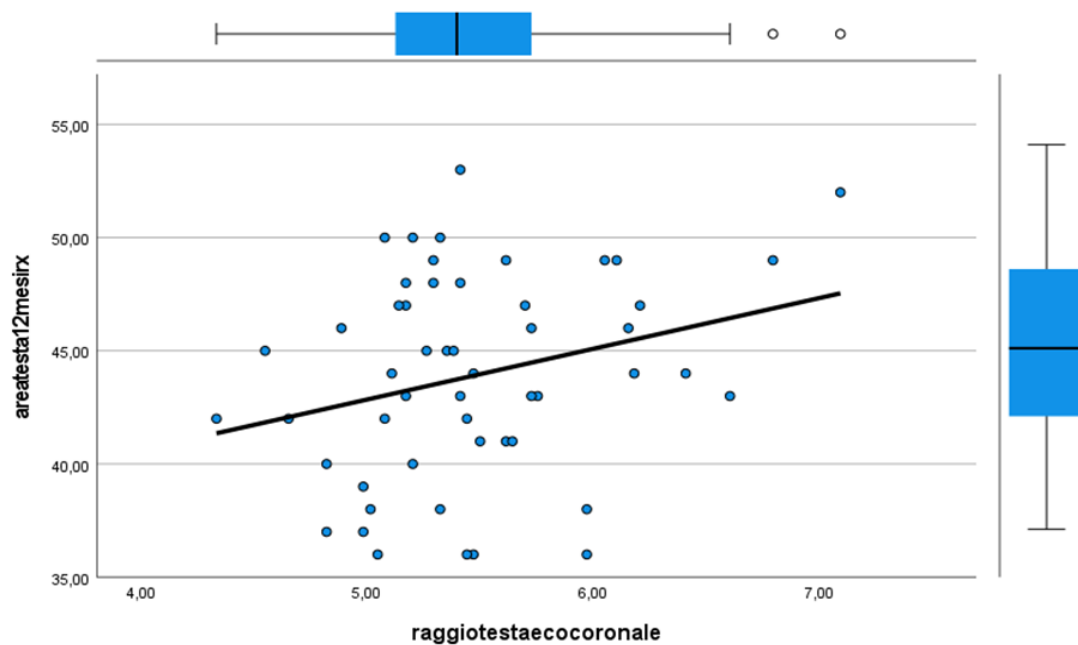


Figura 15: Grafico Area testa femore 12 mesi (in ordinata) e Raggio testa femore coronale (in ascissa).

- Nessuna correlazione tra il diametro del nucleo di ossificazione della testa del femore in coronale e il sesso.
- Nessuna correlazione tra il diametro del nucleo di ossificazione della testa del femore in longitudinale e il sesso.
- Nessuna correlazione tra il peso a 10 giorni e il sesso.
- Nessuna correlazione tra il peso a 10 giorni e il grado di displasia a 12 mesi.
- Nessuna correlazione tra il diametro della testa del femore in coronale e il grado di displasia a 12 mesi.
- Nessuna correlazione tra il diametro del nucleo di ossificazione della testa del femore in coronale e il grado di displasia a 12 mesi.
- Nessuna correlazione tra il diametro del nucleo di ossificazione della testa del femore in longitudinale e il grado di displasia a 12 mesi.
- Nessuna correlazione tra l'area del nucleo di ossificazione della testa del femore in longitudinale e l'angolo di Norberg a 12 mesi.
- Nessuna correlazione tra l'area del nucleo di ossificazione della testa del femore in coronale e l'angolo di Norberg a 12 mesi.
- Nessuna correlazione tra il raggio della testa del femore in coronale e lo score della displasia dell'anca a 12 mesi.
- Nessuna correlazione tra l'area della testa del femore misurata a 12 mesi radiologicamente e l'angolo di Norberg a 12 mesi.

È stata condotta un'analisi di regressione lineare multipla considerando come variabile dipendente l'angolo di Norberg e come variabili indipendenti l'area coronale della testa del femore, l'area del nucleo di ossificazione della testa del femore in coronale e il peso.

Dall'analisi risulta che le variabili indipendenti sopra menzionate hanno un impatto significativo sull'angolo di Norberg a 12 mesi (P: 0.017).

Il valore di  $R^2$  è di 0.19, che significa che il modello spiega il 19% della variazione dell'angolo di Norberg. Inoltre, dall'analisi emerge che solo l'area della testa del femore misurata in coronale a 10 giorni ha un significativo impatto negativo sull'angolo di Norberg a 12 mesi (beta-0.3, P: 0.048).

Tabella 16: Analisi di regressione lineare multipla: var. dipendente Angolo Norberg. var. indipendenti Area testa femore coronale, Area nucleo ossificazione testa femore coronale, Peso.

Modello	Coefficienti non standardizzati		Coefficienti standardizzati	t	Sign.
	B	Errore standard	Beta		
(Costante)	111,385	2,469		45,120	<,001
Coronale testa femore	-,052	,026	-,306	-2,014	,048
<sup>1</sup> pes10gg	-3,503	2,236	-,247	-1,566	,124
Coronale ossificazione testa femore	,195	,177	,160	1,101	,276

È stata condotta un'analisi di regressione lineare multipla considerando come variabile dipendente l'area della testa del femore a 12 mesi misurata radiologicamente e come variabili indipendenti l'area coronale della testa del femore, l'area del nucleo di ossificazione della testa del femore in coronale e il peso. Dall'analisi risulta che le variabili indipendenti sopra menzionate hanno un impatto significativo sull'area della testa del femore misurata radiologicamente a 12 mesi (P: 0.049). Il valore di  $R^2$  è di 0.14, che significa che il modello spiega il 14% della variazione dell'area della testa del femore a 12 mesi. Inoltre, dall'analisi emerge che solo l'area del nucleo di ossificazione della testa del femore misurata in coronale a 10 giorni ha un significativo impatto positivo sull'area della testa del femore a 12 mesi (beta 0.23, P: 0.049)

Tabella 17: Analisi regressione lineare multipla: var. dipendente Area testa femore 12 mesi, var indipendenti Area testa femore coronale, Area nucleo ossificazione testa femore coronale, Peso.

Modello	Coefficienti non standardizzati		Coefficienti standardizzati		
	B	Errore standard	Beta	t	Sign.
<b>(Costante)</b>	38,466	3,391		11,343	<,001
<b>Coronale testa femore</b>	-,052	,036	,229	1,470	,148
<b>Coronale ossificazione testa femore</b>	490	,244	,299	2,010	,049
<b>Pes 10gg</b>	-1,864	3,072	-,098	-,607	,547

Non vi è stata differenza significativa delle dimensioni del nucleo di ossificazione misurato in coronale e longitudinale a 10 giorni e dell'area della testa del femore misurata in coronale a 10 giorni tra cani con o senza displasia a 12 mesi al test U di Mann-Whitney.

## 7. DISCUSSIONE

Considerando che nel cane il centro di ossificazione della testa del femore compare intorno ai 10 giorni di età e che nei giorni successivi la mineralizzazione dell'acetabolo rende difficoltosa la vista, è stato deciso di valutare ecograficamente in questo limite di tempo. Sono state effettuate due scansioni, una in scansione coronale, dove è possibile distinguere area della testa del femore e il suo centro di ossificazione se presente, l'altra in scansione longitudinale con il centro di ossificazione della testa del femore.

L'area della testa del femore è ben delimitata nella scansione coronale; da questo studio è risultato un valore medio di  $94\text{mm}^2 \pm 22$  SD a destra e  $96\text{mm}^2 \pm 18$  a sinistra, con valori massimi e minimi rispettivamente di 145 e 58 a destra e 158 e 78 a sinistra. Il centro di ossificazione non era visibile in 4 soggetti, ma questo non ha influito negativamente sullo score FCI. Area ossificazione destra media è  $6 \pm 3$ , a sinistra è  $5 \pm 3$ . In scansione longitudinale il centro di ossificazione ha valore medio di  $4 \pm 2$  a destra e di  $3 \pm 2$  a sinistra. Sono state trovate varie correlazioni significative tra:

- Diametro della testa del femore in visione coronale e nucleo di ossificazione  $r=0,33$ .
- Area di ossificazione testa femore in coronale e area di ossificazione testa femore in longitudinale  $r=0,72$ .
- Area testa del femore in visione coronale e nucleo di ossificazione testa del femore in longitudinale  $r=0,42$ .

Si può intuire che ci sia una certa proporzione tra la dimensione della testa del femore e i nuclei di ossificazione in entrambe le scansioni.

È stata trovata una correlazione negativa tra l'area della testa del femore in scansione coronale e l'angolo di Norberg a 12 mesi ( $r=-0,37$ ), confermata anche dell'analisi di regressione lineare. Infatti, l'unico fattore che impatta negativamente sull'angolo di Norberg per circa il 19% tra le diverse variabili indipendenti considerate è l'area della testa del femore misurata in coronale a 10 giorni.

Questo dato è interessante ed inaspettato. Da questo risultato si può ipotizzare che una testa del femore più grande a 10 giorni possa favorire la sublussazione precoce

e l'incongruenza articolare, che a 12 mesi viene misurata tramite gli angoli di Norberg.

Non è stata trovata correlazione tra peso e punteggio FCI delle anche.

La correlazione tra nucleo di ossificazione in scansione coronale e l'area della testa del femore a 12 mesi ( $r=0,33$ ) e tra raggio della testa del femore coronale e area della testa del femore a 12 mesi possono sempre essere considerate come frutto di una crescita costante e proporzionata. Sono state fatte anche delle correlazioni con il peso a 10 giorni, considerando Area della testa del femore in coronale ( $r=0,5$ ), Area del nucleo di ossificazione della testa del femore in longitudinale ( $r=0,45$ ) e Area del nucleo di ossificazione della testa del femore in coronale ( $r=0,42$ ).

Questo fa supporre che un maggiore peso a 10 giorni risulti in una crescita e mineralizzazione più veloce rispetto a soggetti con pesi minori.

Da questo studio è emerso che una testa più piccola è correlata a un migliore punteggio della displasia dell'anca. Questo dato può essere spiegato considerando che i pastori tedeschi hanno un acetabolo più profondo e circolare rispetto ad altre razze come il boxer e il labrador retriever (Scartazzini, 1970). Nel pastore tedesco inoltre è descritta una particolare conformazione della testa femorale, simile come ampiezza al collo, chiamata conformazione a manico di scopa. (Loeffler, 1990) Uno studio ha evidenziato che il 61.1% della popolazione di pastori tedeschi esaminata presentava una la conformazione a manico di scopa, con un'area significativamente minore della normale testa femorale. Tale conformazione però non è associata a displasia dell'anca. (Wigger A, 2008)

Dall'analisi di regressione lineare multipla solo il centro di ossificazione misurato in scansione coronale impatta positivamente per il 14% sull'area della testa del femore misurata radiologicamente a 12 mesi di età.

Non sono risultate differenze statisticamente significative del nucleo di ossificazione misurato in coronale e longitudinale a 10 giorni e dell'area della testa del femore misurata in coronale a 10 giorni tra cani con o senza displasia a 12 mesi. Questo dato può essere spiegato dal fatto che nella popolazione esaminata solo il 23,8% presentava segni di displasia dell'anca, e quindi l'indagine statistica può essere influenzata dalla disparità tra cani normali o quasi normali e malati.

## 7.1. LIMITI DELLO STUDIO

Il principale limite di questo studio è stato il numero non elevato di soggetti arruolati e che hanno completato lo studio. Un'altra limitazione è la provenienza dei cani da un solo allevatore, con linee di sangue simili. Inoltre, le indagini ecografiche sono state eseguite da un solo operatore e non sono state fatte indagini di riproducibilità e ripetibilità delle misurazioni ecografiche e radiografiche.

## 8. CONCLUSIONI

La diagnosi precoce della Displasia dell'anca permetterebbe una migliore gestione della patologia, migliorando la qualità di vita dei soggetti affetti.

L'utilizzo dell'esame ecografico permette l'indagine dei tessuti ancora non mineralizzati dell'articolazione dell'anca, compresa la raccolta di misurazioni che sono risultate correlabili ad alcune misurazioni radiografiche dell'anca a 12 mesi, come l'angolo di Norberg, che misura la congruenza articolare e l'area della testa del femore.

Da questo studio incentrato sul cane Pastore tedesco sono risultate correlazioni interessanti tra la morfologia dell'anca neonatale e quella dell'anca adulta, ma non si è trovato un parametro misurabile immediatamente associabile alla comparsa di displasia dell'anca. In particolare, il dato più interessante è stata la correlazione negativa tra l'area della testa femorale neonatale e l'angolo di Norberg a 12 mesi di età. Questo dato conferma il fatto che è necessario un approccio ortopedico orientato alla razza, al fine di comprendere in modo più preciso la patogenesi di patologie ad eziologia complessa come la displasia dell'anca.

Studi futuri potranno eventualmente valutare popolazioni più ampie di soggetti o concentrarsi su altri parametri non ancora presi in considerazione, come ad esempio l'indice di distrazione.



## 9. BIBLIOGRAFIA

- BERTONI G. BRUNETTI A., POZZI L.** Radiologia Veterinaria [Libro]. - Napoli : Idelson Gnocchi, 2005. - p. 158-166.
- Butler JR Gambino J.** Canine Hip Dysplasia: Diagnostic Imaging [Journal] // Vet Clin North Am Small Anim Pract. - Jul 2017. - 4 : Vol. 47. - p. 777-793.
- Evans HE de Lahunta A.** Miller's Anatomy of the dog [Libro]. - [s.l.] : Elsevier, 2012. - 4th ed.
- F.M. Martini** Patologie articolari nel cane e nel gatto [Libro]. - Milano : Poletto Editore, 2006. - p. 176-184.
- Fischer A Flöck A, Tellhelm B, Failing K, Kramer M, Thiel C.** Static and dynamic ultrasonography for the early diagnosis of canine hip dysplasia [Journal] // J Small Anim Pract. . - Nov 2010. - 11 : Vol. 51. - p. 582-588.
- Fries CL Remedios AM** The pathogenesis and diagnosis of canine hip dysplasia: a review [Journal] // Can Vet J. - 1995;. - 8 : Vol. 36. - p. 494-502..
- Greshake R.J. and Ackerman,** ULTRASOUND EVALUATION OF THE COXOFEMORAL JOINTS OF THE CANINE NEONATE. [Journal] // Veterinary Radiology & Ultrasound. - 1993. - Vol. 34. - p. 99-104.
- H. Riser Wayne** Growth and Development of the Normal Canine Pelvis, Hip Joints, and Femur from Birth to Maturity [Journal] // Veterinary Pathology. - 1975. - p. 12(4):264-278.
- <https://www.enci.it/media/2070/disciplinaredisplasia.pdf> ENCI.it. [Journal].
- Jhoseph P. Weigel Jack Wasserman** Biomechanics of the normal and abnormal hip joint [Journal] // VETERINARY CLINICS OF NORTH AMERICA: SMALL ANIMAL PRACTICE. - Maggio 1992. - 3 : Vol. 22. - p. 513-518.
- Kapatkin Amy S., et al."** "Canine hip dysplasia: the disease and its diagnosis. [Journal] // Compendium . - 2002. - 7 : Vol. 24. - p. 526-536.
- Kealy RD Lawler DF, Ballam JM, Lust G, Smith GK, Biery DN, Olsson SE** Five-year longitudinal study on limited food consumption and development of osteoarthritis in coxofemoral joints of dogs [Journal] // J Am Vet Med Assoc.. - Jan 1997. - 210(2) : Vol. 15. - p. 222-225..
- Kealy RD Olsson SE, Monti KL, Lawler DF, Biery DN, Helms RW, Lust G, Smith GK.** Effects of limited food consumption on the incidence of hip dysplasia in growing dogs. [Journal] // J Am Vet Med Assoc.. - 15 Sep 1992 . - 6 : Vol. 201. - p. 857-863.
- Loeffler K.** Hüftgelenksdysplasie bei hunden [Libro]. - Stuttgart : Enke Verlag, 1990. - 1.
- LOPEZ MANDI J., QUINN MARGARET M. e MARKEL MARK D.** Associations Between Canine Juvenile Weight Gain and Coxofemoral Joint Laxity at 16 Weeks of Age [Journal]. - 2006. - 5 : Vol. 35. - p. 214–218.
- Madsen JS Reinmann I, Svalastoga E.** Delayed ossification of the femoral head in dogs with hip dysplasia. Jour Small Anim Pract. 1991;32:351-54 [Journal] // Jour Small Anim Pract.. - 1991. - 32. - p. 351-54.

**MD. King** Etiopathogenesis of Canine Hip Dysplasia, Prevalence, and Genetics [Journal] // Vet Clin North Am Small Anim Pract.. - Jul 2017. - 4 : Vol. 47. - p. 753-767.

**R. Barone** Anatomia comparata dei mammiferi domestici [Libro]. - Bologna : Edagricole, 2006.

**R. Graf** Fundamentals of sonographic diagnosis of infant hip dysplasia. [Journal] // Journal of Pediatric Orthopedics. - Nov 1984. - 4(6). - p. 735-740.

**Scartazzini R.** A radiologic study of normal and dysplastic hip joints in six breeds of large dogs [Journal] // Acta Radiol . - 1970. - 319. - p. 183–195.

**Shipov A., et al.** . Ultrasonographic Assessment of the Immature Canine Coxo-Femoral Joint in Accordance with Graf's Technique. [Journal] // Israel Journal of Veterinary Medicine. - 2019. - 2 : Vol. 74. - p. 67-73.

**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] // J Am Vet Med Ass.

**Tobias Karen M. Johnston Spencer A.** VETERINARY SURGERY: SMALL ANIMAL [Libro]. - [s.l.] : Elsevier, 2012. - Vol. 1 : p. 824-832.

**Todhunter RJ Zachos TA, Gilbert RO, Erb HN, Williams AJ, Burton-Wurster N, Lust G.** Onset of the epiphyseal mineralization and growth plate closure in radiographically normal and dysplastic labrador retrievers [Journal] // Journ Am Vet Med Ass. . - 1997. - Vol. 14. - p. 17-18.

**Vanden Berg-Foels W., Todhunter, R., Schwager, S. et al.** Effect of Early Postnatal Body Weight on Femoral Head Ossification Onset and Hip Osteoarthritis in a Canine Model of Developmental Dysplasia of the Hip [Journal] // Pediatr Res. - 2006. - Vol. 60. - p. 549–554.

**Verhoeven G Fortrie R, Van Ryssen B, Coopman F.** Worldwide screening for canine hip dysplasia: where are we now? [Journal] // Vet Surg.. - Jan 2012. - 1 : Vol. 41. - p. 10-19.

**Wigger A Tellhelm B, Kramer M, Rudolf H** Influence of femoral head and neck conformation on hip dysplasia in the German Shepherd dog [Articolo] // Vet Radiol Ultrasound. - May-June 2008. - 3 : Vol. 49. - p. 243-248.

**Yadav** Correlation Analysis in Biological Studies [Journal] // Journal of the Practice of Cardiovascular Sciences. - 2018. - 2 : Vol. 4. - p. 116-121.