

Perché la radiologia cardiaca è così difficile?

Why is cardiac radiology so difficult?

Christopher R. Lamb, MA, Vet MB, Dip ACVR, Dip ECVDI, MRCVS, FHEA

Department of Veterinary Clinical Sciences, The Royal Veterinary College, Hawkshead Lane, North Mymms, Herts AL9 7TA, U.K.

RIASSUNTO

- Per poter effettuare l'interpretazione radiografica bisogna sempre conoscere l'anamnesi ed i segni clinici del paziente
- Il principale impiego della radiologia nei pazienti con sospetta cardiopatia è quello di determinare se, in pazienti che presentano gravi segni clinici respiratori acuti, questi siano dovuti ad una insufficienza cardiaca o a malattie, per esempio una polmonite
- I valori di VHS tendono ad aumentare nei cani con cardiopatia, ma ciò non significa che misurare la silhouette cardiaca aiuti la diagnosi radiografica di cardiopatia nel cane
- La diagnosi delle anomalie cardiache congenite non può essere basata sulle sole radiografie.

SUMMARY

- Radiography must always be interpreted with knowledge of the patient's history and clinical signs.
- The most critical use of radiography in patients with suspected cardiac disease is to determine if patients presenting with acute severe respiratory signs are in cardiac failure or if their signs are the result of some other condition, such as pneumonia
- VHS values tend to increase in dogs with cardiac disease, but this does not mean that measuring the cardiac silhouette aids radiographic diagnosis of canine cardiac disease.
- Diagnosis of congenital cardiac anomalies cannot be based on radiographs alone.

Quando un paziente viene sottoposto all'esame radiografico del torace, la probabilità che le immagini ottenute dimostrino una cardiopatia dipende dal motivo (indicazione) che ha portato a ricorrere a questa tecnica diagnostica. Per esempio, pazienti che presentino segni clinici come dispnea, polso irregolare e intolleranza all'esercizio avranno maggiori probabilità di presentare una cardiopatia rispetto a quelli con sintomi aspecifici come tosse, o nei quali l'esame viene effettuato per un controllo delle condizioni generali prima di un'anestesia. Per identificare una cardiopatia nelle radiografie toraciche è importante conoscere l'anamnesi e i segni clinici del paziente, perché l'interpretazione e le conclusioni sono più accurate se chi valuta le immagini ha a disposizione queste informazioni di base.

La radiografia è uno dei molti possibili test diagnostici che possono essere impiegati nei pazienti con una sospetta cardiopatia. Una valutazione completa deve comprendere anamnesi, visita clinica, ra-

When a particular patient has thoracic radiographs, the likelihood that the radiographs will show signs of cardiac disease will depend on the reason (indication) for radiography. For example, patients with signs such as dyspnoea, irregular pulse and exercise intolerance are more likely to have cardiac disease than those with non-specific signs such as cough or those having radiographs as a pre-anaesthetic health check. It is important that the patient's history and signs are known when attempting to interpret thoracic radiographs for signs of cardiac disease because the interpretation and the conclusions will be more accurate when the person interpreting the radiographs can use this background information to help them judge the relevance of radiographic features.

Radiography is one of a range of diagnostic tests that may be used in patients with suspected cardiac disease. A complete assessment would include the history, physical findings, radiography, echocardiography, ECG and proANP assay. Of these modalities, radiography particularly useful because it is widely available and convenient,

diografia, ecocardiografia, ECG e test proANP (precursore del peptide natriuretico atriale). Fra queste tecniche, la radiografia risulta particolarmente utile perché è ampiamente disponibile, di facile impiego, e consente una prima rapida valutazione della maggior parte delle strutture toraciche e può essere impiegata più volte per monitorare i cambiamenti che si susseguono nel follow up di un caso.

I cani con cardiopatia (sia congenita che acquisita) hanno una malattia che si aggrava gradualmente col tempo. Sebbene la fisiopatologia della malattia ne determini una evoluzione in modo continuo, esistono classificazioni che suddividono le condizioni cardiache in stadi, per aiutare i clinici a gestire meglio i loro pazienti.

Secondo un semplice schema, l'evoluzione dei pazienti cardiopatici viene suddivisa in tre stadi:

1. pazienti che non mostrano alcun segno clinico, ma nei quali è chiaramente evidente una cardiopatia, ad es. perché presentano un soffio non accompagnato però da altri segni clinici;
2. pazienti con segni clinici di insufficienza cardiaca come intolleranza all'esercizio, tosse o collasso;
3. pazienti che, nonostante la terapia, presentano segni clinici ricorrenti.

INSUFFICIENZA CARDIACA

Il ruolo più critico della radiografia nei pazienti con sospetta cardiopatia è determinare se soggetti con gravi segni respiratori acuti presentano insufficienza cardiaca oppure una qualche altra condizione, come una polmonite.

L'insufficienza cardiaca può essere distinta in anterograda e retrograda (congestizia).

- L'insufficienza cardiaca anterograda è definita come una condizione in cui la gittata cardiaca è insufficiente a mantenere le funzioni fisiologiche normali come la deambulazione e la perfusione degli organi vitali, quali cervello e reni.
- L'insufficienza cardiaca retrograda (congestizia) è definita come un incremento della pressione di riempimento telediastolico, che porta alla congestione delle vene polmonari e sistemiche ed esita infine in edema polmonare, epatomegalia e ascite.

Si noti che la diagnosi di insufficienza anterograda non è radiografica che l'identificazione radiografica di quella retrograda si fonda sull'aspetto di strutture diverse dal cuore.

I segni radiografici dell'insufficienza cardiaca sono:

Insufficienza sinistra:

- congestione polmonare. Le vene polmonari presentano diametro maggiore delle loro corrispondenti arterie lobari; i vasi sembrano essere più numerosi.

it enables a rapid initial assessment of most thoracic structures, and it can be used repeatedly to monitor changes occurring during case management.

Dogs with cardiac disease (either congenital or acquired) experience a condition that gradually becomes more severe over time. Although the pathophysiology develops continually, classification schemes designed to help clinicians manage their patients divide cardiac conditions into stages.

A simple classification scheme considers cardiac patients in 3 stages:

1. patients have no clinical signs but clear evidence that cardiac disease is present, e.g. there may be a murmur but there are no outward signs;
2. patients have signs of cardiac failure such as exercise intolerance, coughing or collapse;
3. patients have recurrent signs despite receiving treatment.

CARDIAC FAILURE

The most critical use of radiography in patients with suspected cardiac disease is to determine if patients presenting with acute severe respiratory signs are in cardiac failure or if their signs are the result of some other condition, such as pneumonia.

Cardiac failure may be divided into forward and backward (congestive) failure.

- Forward cardiac failure is defined as insufficient cardiac output to maintain normal physiologic functions including ambulation and perfusion of vital organs, such as the brain and kidneys.
- Backward (congestive) cardiac failure is defined as increased end-diastolic filling pressure, which leads to congestion of the pulmonary and systemic veins, and ultimately results in pulmonary oedema, hepatomegaly and ascites.

Note that the diagnosis of forward failure is not based on radiography, and that the radiographic diagnosis of backward cardiac failure is based on the appearance of structures other than the heart.

The radiographic signs of cardiac failure are:

Left-sided:

- pulmonary congestion. Pulmonary veins appear larger than their corresponding lobar arteries; vessels appear to be more numerous.
- pulmonary infiltrate, i.e. oedema. Usually in the caudal lobes but may spread to involve the entire lung; hazy interstitial pattern when first developing (or resolving) or alveolar in more severe cases. Pulmonary infiltrates tend to obscure the heart and vessels, making their evaluation more difficult.

Right-sided:

- enlarged caudal vena cava
- hepatomegaly
- pleural and/or peritoneal fluid

In patients without clinical signs of cardiac failure, the radiographic examination of the heart is focused on the evaluation of cardiac size and shape.

- infiltrato polmonare, cioè edema. Di solito si rileva nei lobi caudali, ma può diffondersi fino a coinvolgere l'intero polmone; l'infiltrato è di tipo interstiziale mal definito in fase iniziale (o in fase di risoluzione), oppure alveolare nei casi più gravi. L'infiltrato polmonare tende ad oscurare cuore e vasi, rendendone più difficile la valutazione.

Insufficienza destra:

- vena cava caudale dilatata
- epatomegalia
- versamento pleurico e/o peritoneale

Nei pazienti senza segni clinici di insufficienza cardiaca, l'esame radiografico del cuore è mirato alla valutazione della dimensione e della forma dell'organo.

VALUTAZIONE DELLA DIMENSIONE CARDIACA

Per valutare soggettivamente la dimensione del cuore si possono utilizzare diversi parametri radiografici:

- la percentuale del diametro del torace occupata dall'ombra cardiaca
- il numero di spazi intercostali occupati dall'ombra cardiaca
- la forma dell'ombra cardiaca
- la posizione della trachea
- la distanza fra cuore e diaframma

I veterinari (anche specialisti) che effettuano valutazioni soggettive si trovano spesso in difficoltà a decidere se la *silhouette* cardiaca sia ingrossata o deformata. Per esempio, si tende a diagnosticare erroneamente una cardiomegalia quando si esaminano cuccioli, cani appartenenti alle razze brachicefale o soggetti obesi, perché di solito questi animali presentano una *silhouette* cardiaca relativamente ampia e globosa. Quando si valuta l'area cardiaca, sarebbe preferibile confrontare le radiografie del paziente in esame con quelle di un cane normale della stessa razza; tuttavia, la ricerca di radiografie adeguate per il confronto richiede tempo e non è pratico.

I metodi oggettivi per valutare la *silhouette* cardiaca comprendono la misurazione dei vari diametri dell'area cardiaca e i rapporti cardiotoracici; tuttavia, la loro validità è minata dalla conformazione toracica variabile, legata sia alla razza che a variabilità individuale e nelle differenze di aspetto del cuore che derivano dal posizionamento non corretto del soggetto durante lo studio radiografico, dalla fase della respirazione o del ciclo cardiaco, e da ogni eventuale altra malattia toracica concomitante. Analogamente, il ricorso a regole empiriche come "la *silhouette* cardiaca normale nel cane... di solito è compresa fra 2,5 e 3,5 volte l'ampiezza degli spazi intercostali" è poco utile perché grossolana e troppo imprecisa per essere utilizzata per queste valutazioni.

ASSESSMENT OF CARDIAC SIZE

Various features of radiographs may be used to subjectively assess cardiac size:

- proportion of thoracic diameter occupied by the heart shadow
- number of intercostal spaces occupied by the heart shadow
- shape of heart shadow
- position of trachea
- distance between heart and diaphragm

Veterinarians (including specialists) making subjective assessments often experience difficulty deciding if the cardiac silhouette is enlarged or misshapen. For example, there is a tendency to falsely assume there is cardiomegaly when examining puppies, brachycephalic breeds or obese dogs because these dogs usually have a relatively broad, rounded cardiac silhouette. When evaluating the heart, it may be better to compare the patient's radiographs with those of a normal dog of the same breed; however, the search for suitable comparison radiographs can be time-consuming and inconvenient.

Objective methods for evaluating the cardiac silhouette involve measurement of various cardiac dimensions and cardiothoracic ratios; however, these methods are undermined by the marked interbreed and individual variations in thoracic conformation in dogs and variations in the appearance of the heart resulting from inconsistent positioning for radiography, phase of the respiratory or cardiac cycle, and any concurrent other thoracic diseases. Similarly, a rule of thumb, such as "a normal cardiac silhouette in the dog...usually ranges from 2.5 to 3.5 times the width of intercostal spaces" is ineffective because it is too crude to be sensitive, and makes no allowance for these variations. In 1995 Buchanan and Bücheler introduced the vertebral heart scale (VHS) for heart size and reported a generic normal range (8.7-10.7) for VHS based on measurements of 100 dogs of various breeds¹. Determination of VHS in a lateral thoracic radiograph involves measuring the long and short axes of the cardiac silhouette and summing the number of thoracic vertebral bodies encompassed by these lengths, starting in each case from the cranial edge of T4 (Fig. 1). Hence the VHS represents a continuous scale in which the sum of long and short axis radiographic cardiac dimensions is expressed in mid-thoracic vertebral body lengths. Based on analysis of 100 dogs of various breeds, the generic normal range is 8.7-10.7¹.

VHS values tend to increase in dogs with cardiac disease, hence measuring the cardiac silhouette might be expected to aid radiographic diagnosis of cardiac disease; however, this does not appear to be the case. For example, observers' ability to correctly identify dogs with cardiac disease did not improve when using the VHS method compared to subjective radiographic interpretation alone². When observers changed their initial impression on the basis of a VHS measurement, it was just as likely to result in an incorrect diagnosis as a correct diagnosis.

Measuring the cardiac silhouette does not aid diagnosis of cardiac disease because there is considerable overlap in results from dogs with cardiac disease and normal

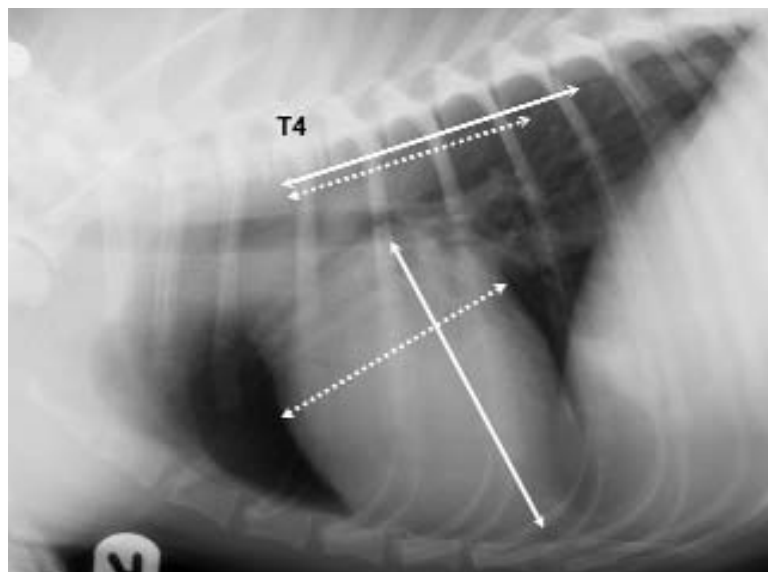


FIGURA 1 - Il metodo VHS. La misura dell'asse lungo della silhouette cardiaca (A) corrisponde a 5,3 vertebre toraciche; quella dell'asse corto a 4,3 vertebre. Di conseguenza, il valore di VHS = $5,3 + 4,3 = 9,6$. Il valore generico normale di VHS è compreso nell'intervallo di 8,7-10,7, quindi questo risultato è compatibile con un cuore normale.

FIGURE 1 - The VHS method. The long axis measurement of the cardiac silhouette (A) encompasses 5.3 thoracic vertebrae; the short axis measurement encompasses 4.3 vertebrae. Therefore, the VHS = $5.3 + 4.3 = 9.6$. The generic normal VHS range is 8.7-10.7, hence this result is compatible with a normal heart.

Nel 1995 Buchanan e Bücheler introdussero una scala cardiaca vertebrale (VHS, *vertebral heart scale*) per valutare la dimensione del cuore e riportarono sulla base di misurazioni effettuate su 100 cani di razze diverse¹, un intervallo normale variabile tra 8,7-10,7. La determinazione del VHS in una radiografia toracica in proiezione laterolaterale si ottiene misurando gli assi lungo e corto della silhouette cardiaca e calcolando la somma del numero di corpi vertebrali toracici che corrispondono a queste lunghezze, calcolata per ciascuna dal margine craniale di T4 (Fig. 1). Quindi, il VHS rappresenta una scala in cui la somma delle dimensioni radiografiche dell'asse lungo e corto viene espressa in funzione della lunghezza media di un corpo vertebrale toracico. Sulla base dell'analisi di 100 cani di razze diverse, l'intervallo normale è di 8,7-10,7¹.

I valori di VHS tendono ad aumentare nei cani con cardiopatia, quindi ci si potrebbe attendere che la misurazione della silhouette aiuti la diagnosi radiografica di cardiopatia; tuttavia, non sembra essere così. Per esempio, la capacità dell'osservatore di identificare correttamente i cani con cardiopatia utilizzando il metodo VHS non è superiore rispetto alla sola interpretazione radiografica soggettiva². Nei casi in cui gli esaminatori hanno modificato la propria impressione iniziale sulla base di una misurazione VHS, le probabilità di emettere una diagnosi giusta o una diagnosi sbagliata erano le stesse.

dogs. This overlap occurs partly because dogs with concentric hypertrophy and those examined in the early stages of their disease may not have any significant cardiac enlargement and partly because certain breeds have relatively large-appearing hearts³. For example, normal Boxer dogs have significantly higher mean VHS than normal dogs of other breeds (Tab. 1). There is also evidence that females have smaller mean VHS than males. Clearly, interbreed differences, and possibly gender, should be taken into account when interpreting the significance of a cardiac measurement.

In dogs, approximately half of the variance in VHS measurements is explained by the breed, gender, diagnosis (i.e. the presence or absence of cardiac disease) and the interaction between breed and diagnosis³. The other half of the variance represents intraobserver error and differences between dogs that are usually clinically unimportant, such as variations in heart dimensions during the cardiac cycle, differences in degree of lung inflation¹⁰, individual variations in thoracic conformation and certain spinal abnormalities, such as hemivertebrae or narrowed intervertebral spaces.

Even when using breed-specific normal VHS ranges, there is still significant overlap between normal dogs and dogs with cardiac disease, which limits sensitivity. Animals with cardiac disease that does not lead to an increase in the external dimensions of the heart (such as dysrhythmia and pressure-loading congenital anomalies) and animals with relatively mild volume-loading conditions will not usually have VHS values above the cut-off for their breed and, therefore, will not be detected using this method. Furthermore the accuracy of VHS for diagnosis of cardiac disease varies markedly between canine³ (Tab. 2). For example, accuracy of VHS for diagnosis of cardiac disease is only 58% in Boxer dogs but is 83% in Yorkshire terriers. This difference reflects the different types of cardiac disease and associated differences in pathophysiology that predominate in these breeds³. The high prevalence of aortic stenosis in the Boxer, which tends to result in concentric hypertrophy of the left ventricle and causes no increase in external cardiac dimensions until the condition is advanced, means that many Boxers with clinically significant disease have a normal radiographic cardiac silhouette. In contrast, small breeds of dog that are prone to mitral valve disease (MVD), which leads to eccentric hypertrophy or cardiac dilatation and an increase in the external cardiac dimensions, are more likely to have recognisable signs of cardiac enlargement.

ASSESSMENT OF CARDIAC SHAPE

Just as described for assessment of cardiac size, veterinarians usually reach their conclusions about the shape of the cardiac silhouette on the basis of a subjective assessment. There is limited potential for use of measurements when assessing cardiac shape, although attempts have been made to distinguish left- and right-sided chamber enlargement using measurements.

Various features of radiographs may be used to subjectively assess cardiac shape:

TABELLA 1 / TABLE 1

Valori pubblicati in letteratura per gli intervalli delle misurazioni VHS nelle radiografie laterolaterali di cani normali
Published reference ranges for VHS measurements in lateral radiographs of normal

Razza Breed	n	Intervallo Range	Riferimento bibliografico Source
Popolazione canina mista / Mixed population of dogs (decubito sinistro) / (left recumbency) (decubito destro) / (right recumbency)	63 63	7,9-11,1 8,6-11,0	4
Pastore tedesco / German shepherd dog	39	8,3-11,1	3
Rottweiler	38	8,6-11,0	5
Popolazione canina mista / Mixed population of dogs	100	8,7-10,7	1
Yorkshire terrier	29	8,7-10,7	3
Doberman	32	8,8-11,2	3
Levrieri (ritirati dalle corse) / Greyhounds (retired racers)	42	9,3-11,7	5
Beagles	19	9,5-11,1	6
Labrador retriever	45	9,6-12,0	3
Cavalier King Charles spaniel	27 10	9,6-11,6 9,8-11,8	3 7
Whippets (decubito sinistro) / (left recumbency) (decubito destro) / (right recumbency)	44 44	10,0-12,0 10,3-12,3	8
Boxer	33	10,0-13,2	3
Gli intervalli sono compresi fra la media \pm 2 DS Ranges are mean \pm 2SD			

TABELLA 2 / TABLE 2

Accuratezza diagnostica delle misurazioni VHS di sei razze canine
Diagnostic accuracy of VHS measurements of six canine breeds

Razza Breed	Soglia di VHS VHS cut-off	Accuratezza Accuracy	PLR (95% IC) PLR (95% CI)	NLR (95% IC) NLR (95% CI)
Boxer	11,6	58%	1,4 (0,8-2,4)	0,7 (0,4-1,3)
Labrador retriever	10,9	66%	1,9 (1,2-3,1)	0,5 (0,2-1,0)
Doberman	10,5	68%	2,3 (1,2-4,4)	0,5 (0,3-0,9)
Pastore tedesco / German shepherd dog	10,2	75%	2,9 (1,7-5,3)	0,3 (0,1-0,7)
Cavalier King Charles spaniel	11,1	79%	3,9 (1,7-8,9)	0,4 (0,2-0,7)
Yorkshire terrier	10,4	83%	10,9 (2,7-43,1)	0,3 (0,1-0,7)

Dati di ³. PLR = rapporto di probabilità positivo; NLR = rapporto di probabilità negativo; IC = intervallo di confidenza.
Data from ³. PLR, positive likelihood ratio; NLR, negative likelihood ratio; CI confidence interval.

Misurare la *silhouette* cardiaca non contribuisce alla diagnosi della cardiopatia perché esiste una considerevole sovrapposizione tra risultati di cani cardiopatici e soggetti normali. Questa sovrapposizione dipende da due fatti: primo poiché cani con ipertrofia concentrica o in stadi precoci di malattia possono non presentare cardiomegalia, inoltre perché cani di alcune razze presentano

- degree of roundness of the cardiac shadow
- degree of sternal contact
- straightness of the caudal cardiac border
- position of the principal bronchi

Each of the cardiac chambers and great vessels contribute to the cardiac silhouette, hence enlargement of one or more of these structures may change the shape of the cardiac silhouette, sometimes being visi-

dimensioni cardiache relativamente grandi³. Per esempio, cani Boxer normali hanno una VHS media significativamente più elevata di soggetti normali di altre razze (Tab. 1). È inoltre evidente che le femmine presentano una VHS media inferiore a quella dei maschi. Chiaramente, per interpretare il significato di una misurazione cardiaca è necessario tenere conto delle differenze di razza e, se possibile, di sesso.

Nel cane, circa la metà della variabilità nelle misurazioni VHS può essere spiegata con la razza, il sesso, la diagnosi (presenza o meno di cardiopatia) e l'interazione fra razza e diagnosi³. L'altra metà della variabilità è causata da errore tra gli osservatori e differenze che non hanno significato clinico, come le variazioni nelle dimensioni del cuore nel corso del ciclo cardiaco, le differenze dovute alla diversa insufflazione polmonare¹⁰, le variazioni individuali nella conformazione toracica e alcune alterazioni del rachide, come le emivertebre o le riduzioni di spessore degli spazi intervertebrali.

Anche quando si considerano i valori VHS normali specifici per una razza, tra i cani normali e cardiopatici è ancora presente un'area di sovrapposizione significativa, che ne limita la sensibilità. Gli animali che presentano una cardiopatia che non determina un aumento delle dimensioni esterne del cuore (come le aritmie e le anomalie congenite da carico pressorio) e quelli con sovraccarico volumetrico relativamente lieve di solito non hanno valori di VHS superiori alla soglia specifica della razza di appartenenza e, quindi, non vengono individuati utilizzando questo metodo. Inoltre, l'accuratezza della VHS per la diagnosi di cardiopatia varia marcatamente fra le diverse razze di cani³ (Tab. 2). Per esempio, è soltanto del 58% nei cani Boxer, ma è dell'83% negli Yorkshire terrier. Questa variabilità riflette i diversi tipi di cardiopatia e le differenze di fisiopatologia associate a queste malattie nelle diverse razze³. L'elevata prevalenza della stenosi aortica nel Boxer, che esita in ipertrofia concentrica del ventricolo sinistro e non causa cardiomegalia se non in stadio avanzato, fa sì che molti Boxer con malattia clinicamente significativa presentino una *silhouette* cardiaca radiograficamente normale. Viceversa, i cani appartenenti alle razze di piccola taglia con patologie della mitrale (MVD), presentano ipertrofia eccentrica o dilatazione cardiaca con aumento nelle dimensioni cardiache esterne, pertanto hanno più probabilità di presentare cardiomegalia riconoscibile.

VALUTAZIONE DELLA FORMA DEL CUORE

Come già ricordato per la valutazione della dimensione cardiaca, i veterinari di solito traggono le pro-

ble as a localised bulge. For example, left atrial dilatation frequently results in a bulge in the cardiac silhouette that is visible on both lateral and dorsoventral radiographs. Many textbooks and articles use this principle as the basis for descriptions of the radiographic features of canine congenital cardiac anomalies. For example, previous retrospective studies described radiographic signs of enlarged cardiac chambers or abnormalities affecting the great vessels in:

- 100% of 29 dogs with pulmonic stenosis¹¹
- 100% of 25 dogs with various congenital anomalies¹²
- 100% of 13 dogs with tetralogy of Fallot¹³
- 93% of 15 dogs with mitral stenosis¹⁴
- 81% of 27 dogs with patent ductus arteriosus¹⁵
- 80% of 5 dogs with ventricular septal defect¹⁶

The reported high prevalence of these signs suggests that diagnosis of specific congenital cardiac anomalies based on survey radiographic signs should be possible in a large proportion of affected dogs. An exception to this appears to be aortic stenosis, in which the majority of affected dogs have no abnormalities on survey radiographs^{17,18}.

However, previous studies of dogs with specific cardiac chamber enlargement found only poor to fair agreement between the results of echocardiography and radiography^{19,20}. This lack of agreement reflects inaccuracy in radiographic interpretation that occurs because of various factors that influence cardiac shape:

- individual and interbreed variations in conformation
- variations in positioning for radiography
- phase of the respiratory and cardiac cycles
- lack of change in external cardiac dimensions with concentric thickening of the myocardium
- tendency of the pericardium to smooth over any bulge on the surface of the heart.

The combined effect of these factors makes it unlikely that radiography can accurately identify enlargement of cardiac chambers. Therefore, there is a disparity between the high prevalence of radiographic signs reported in retrospective studies of congenital cardiac anomalies and the evidence that survey radiography is an inaccurate method for identifying cardiac chamber enlargement.

In a radiographic study at The RVC⁹:

- Two experienced observers reached the correct diagnosis in less than 40% dogs with congenital cardiac disease (Tab. 3)
- Radiographic signs of specific cardiac chamber enlargement (or pulmonary vascular abnormalities) were recognized by both observers in only 20% instances in which they were expected based on the pathophysiology (Tab. 4)
- Abnormal cardiac shape was recognized more frequently in dogs with anomalies that volume-loaded the heart than in dogs with anomalies that induced a pressure load on a cardiac chamber. This again emphasises the relationship of pathophysiology to radiographic signs.

These results indicate that diagnosis of congenital cardiac anomalies cannot be based on radiographs alone. Echocardiography (and sometimes angiography) is also necessary.

TABELLA 3 / TABLE 3
Accuratezza della diagnosi radiografica di cardiopatia ottenuta da due esaminatori indipendenti
Accuracy of radiographic diagnosis of cardiac disease by two independent observers

	n	Osservatore / Observer	
		A Accuratezza Accuracy	B Accuratezza Accuracy
Cardiopatia (tutti i tipi) / Cardiac disease (all types)	115	70%*	57%
Cardiopatia congenita contro cardiopatia acquisita Congenital vs. acquired cardiac disease	84	61%†	49%
Cardiopatia congenita contro cardiopatia acquisita (solo cani scheletricamente maturi) Congenital vs. acquired cardiac disease (skeletally mature dogs only)	58	50%†	45%
Anomalia congenita inclusa correttamente nella diagnosi differenziale Correct congenital anomaly included in differential diagnosis	57	40%	37%

Dati da⁹

Legenda: * Accuratezza = cani in cui l'esaminatore ha registrato un punteggio di diagnosi di 4 o 5 /n.

† Accuratezza = cani con anomalia cardiaca congenita in cui l'esaminatore è giunto a concludere che si tratta in modo probabile o definitivo di un caso congenito + cani con cardiopatia acquisita in cui l'esaminatore è giunto a concludere che si tratta in modo probabile o definitivo di un caso acquisito /n.

Data from⁹

Key: * Accuracy = dogs in which observer recorded a diagnosis score of 4 or 5 /n

† Accuracy = dogs with congenital cardiac anomaly in which observer concluded probably or definitely congenital + dogs with acquired cardiac disease in which observer concluded probably or definitely acquired cardiac disease /n.

TABELLA 4 / TABLE 4
Frequenza dei segni radiografici in 57 cani con anomalie cardiache congenite comuni stabilite
in accordo da due esaminatori indipendenti

Frequency of radiographic signs in 57 dogs with common congenital cardiac anomalies as agreed by two independent observers

Diagnosi / Diagnosis	Segni: / Signs:							Vasi polmonari Pulm vessels
	↑LV	↑LA	↑Ao	↑RV	↑RA	↑PA	↑CVC	
AS (n=25)	0*	+/-	2					
PS (n=10)				4		1	+/-	+/- ↓
PDA (n=9)	4	3	4			1	+/-	3 ↑
VSD (n=8)				0		+/-	+/-	+/- ↑
TD (n=3)				2	1		0	
MD (n=2)	0	1						1 ↑
N _o /N _e	4/36	4/11	6/34	6/21	1/3	2/19	0/3	4/11
Frequenza / Frequency	11%	36%	18%	29%	33%	11%	0%	36%

Dati da⁹. Chiavi: ↑, aumentato di dimensione. ↓, diminuito di dimensione.

* Ciascun punto di dati rappresenta un cane per il quale ciascun esaminatore ha rilevato un punteggio di 4 o 5 per i segni radiografici specifici.
 +/-, segni attesi soltanto in casi gravi e/o avanzati e non compresi nell'analisi numerica di questo studio.

N_o, numero di cani positivi per questo segno.

N_e, numero massimo di cani che ci si attende siano positivi per questo segno sulla base dei rilevamenti precedenti e della fisiopatologia della condizione.

Data from⁹. Key: ↑, increased in size. ↓, decreased in size.

* Each data point represents a dog for which each observer recorded a score of 4 or 5 for the specific radiographic sign

+/-, sign expected only in severe and/or advanced cases and not included in the numerical analysis in this study

N_o, number of dogs positive for this sign

N_e, maximum number of dogs that were expected to be positive for this sign on the basis of previous reports and the pathophysiology of the condition.

prie conclusioni sulla forma della *silhouette* cardiaca in base ad una valutazione soggettiva. L'utilizzo di misurazioni per valutare la forma del cuore è limitato, anche se sono stati fatti tentativi per distinguere una cardiomegalia di sinistra e destra.

Per una valutazione soggettiva della forma del cuore si possono impiegare diversi rilievi radiografici:

- forma arrotondata dell'ombra cardiaca
- grado di contatto sternale
- andamento rettilineo del margine cardiaco caudale
- posizione dei bronchi principali

Ciascuna delle camere cardiache e dei grossi vasi contribuisce a determinare la *silhouette* cardiaca, la cui forma può quindi cambiare per un aumento di volume di una o più di queste strutture, che diventano talvolta visibili sotto forma di una protrusione localizzata. Per esempio, la dilatazione dell'atrio sinistro spesso esita in una deformazione della *silhouette* cardiaca che è visibile sia nelle radiografie laterali che in quelle dorsoventrali. Molti testi e articoli indicano questo come principio di base per descrivere le caratteristiche radiografiche delle anomalie cardiache congenite del cane. Per esempio, precedenti studi retrospettivi hanno riportato la presenza dei segni radiografici di cardiomegalia o anomalie dei grossi vasi nel:

- 100% di 29 cani con stenosi polmonare¹¹
- 100% di 25 cani con anomalie congenite di diverso tipo¹²
- 100% di 13 cani con tetralogia di Fallot¹³
- 93% di 15 cani con stenosi mitrale¹⁴
- 81% di 27 cani con dotto arterioso pervio¹⁵
- 80% di 5 cani con difetto del setto interventricolare¹⁶

L'elevata prevalenza di questi segni suggerisce che la diagnosi di cardiopatie congenite specifiche basata sulla radiologia diretta dovrebbe essere possibile in una elevata percentuale di cani colpiti. Sembra fare eccezione la stenosi aortica, nella quale la maggioranza dei cani affetti non presenta alcuna alterazione radiografica^{17,18}.

Tuttavia, precedenti studi condotti su cani con una specifica megalia di una camera cardiaca hanno ri-

levato una modesta concordanza tra i risultati dell'ecocardiografia e quelli delle radiografie^{19,20}. Questa mancanza di concordanza è una conseguenza della scarsa accuratezza nell'interpretazione radiografica, poiché vi sono diversi fattori che influenzano la forma del cuore:

- variazioni di conformazione individuale e di razza
- variazioni di posizionamento del soggetto per le radiografie
- fase del ciclo respiratorio e cardiaco
- assenza di aumento delle dimensioni esterne del cuore in caso di ipertrofia concentrica del miocardio
- tendenza del pericardio a mascherare ogni deformazione della superficie del cuore.

L'effetto combinato di questi fattori rende difficile identificare radiograficamente, in modo accurato, un aumento di volume delle camere cardiache. Pertanto, vi è una incongruenza tra l'elevata prevalenza dei segni radiografici riportata da studi retrospettivi per le cardiopatie congenite e l'evidenza di una scarsa accuratezza della radiologia diretta come metodo per identificare una cardiomegalia.

In uno studio radiografico effettuato presso il RVC (*Royal Veterinary College*)⁹:

- Due radiologi esperti sono arrivati alla diagnosi corretta in meno del 40% dei cani con cardiopatia congenita (Tab. 3)
- I segni radiografici di cardiomegalia di una specifica camera cardiaca (o di una anomalia vascolare polmonare) sono stati identificati da entrambi gli esaminatori solo nel 20% dei casi in cui si prevedeva potessero essere visibili in base ai riscontri fisiopatologici (Tab. 4)
- Le anomalie di forma del cuore sono state identificate più frequentemente in cani con cardiopatie associate a sovraccarico volumetrico piuttosto che in quelle con sovraccarico pressorio. Questo riscontro sottolinea ancora una volta la correlazione fra fisiopatologia e segni radiografici. Questi risultati indicano che la diagnosi di anomalie cardiache congenite non può essere basata sulle sole radiografie. È anche necessario ricorrere all'ecocardiografia (e talvolta all'angiografia).

BIBLIOGRAFIA

1. Buchanan, J.W. & Bücheler, J. (1995) Vertebral scale system to measure canine heart size in radiographs. *J Am Vet Med Assoc* 206, 194-199.
2. Lamb, C. R., Tyler, M., Boswood, A., Skelly, B. J. & Cain, M. (2000) Assessment of the value of the vertebral heart scale in the radiographic diagnosis of cardiac disease in dogs. *Vet Rec* 146, 687-690.
3. Lamb, C. R., Wikeley, H., Boswood, A. & Pfeiffer, D. U. (2001a) Use of breed-specific ranges for the vertebral heart scale as an aid to the radiographic diagnosis of cardiac disease in dogs. *Vet Rec* 148, 707-711.
4. Greco A, Meomartino L, Raiano V, et al. (2008) Effect of left vs. right recumbency on the vertebral heart score in normal dogs. *Vet Radiol Ultrasound* 49, 454-455.
5. Marin, L. M., Brown, J., McBrien, C., Baumwart, R., Samii, V.F. & Couto, C. G. (2007) Vertebral heart size in retired racing Greyhounds. *Vet Radiol Ultrasound* 48, 332-334.
6. Kraetschmer, S., Ludwig, K., Meneses, F., Nolte, I. & Simon, D. (2008) Vertebral heart scale in the beagle dog. *J Small Anim Pract* 49, 240-243.
7. Hansson, K., Häggström, J., Kvart, C. & Lord, P.F. (2005) Interobserver variability of vertebral heart size measurements in dogs with normal and enlarged hearts. *Vet Radiol Ultrasound* 46, 122-130.
8. Bavegems, V., Van Caelenberg, A., Duchateau, L., Sys, S. U., Van Bree, H. & De Rick, A. (2005) Vertebral heart size ranges specific for whippets. *Vet Radiol Ultrasound* 46, 400-403.
9. Lamb, C.R., Boswood, A., Volkman, A. & Connolly, D. (2001b) Assessment of survey radiography as a method for diagnosis of congenital cardiac diseases in dogs. *J Small Anim Pract* 42, 541-545.
10. Webster, N., Adams, V., & Dennis, R. (2009) The effect of manual lung inflation vs. spontaneous inspiration on the cardiac silhouette in anesthetized dogs. *Vet Radiol Ultrasound* 50, 172-177.
11. Fingland, R.B., Bonagura, J.D. & Myer, C.W. (1986) Pulmonic stenosis in the dog: 29 cases (1975-1984). *J Am Vet Med Assoc* 189, 218-226.
12. Suter, P.F. & Lord, P.F. (1970) A critical evaluation of the radiographic findings in canine cardiovascular diseases. *J Am Vet Med Assoc* 158, 358-371.
13. Ringwald, R.J. & Bonagura, J.D. (1988) Tetralogy of Fallot in the dog: clinical findings in 13 cases. *J Am Anim Hosp Assoc* 24, 33-43.
14. Lehmkuhl, L.B., Ware, W.A. & Bonagura, J.D. (1994) Mitral stenosis in 15 dogs. *J Vet Internal Med* 8, 2-17.
15. Ackerman, N., Burk, R., Hahn, A.W. & Hayes, H.M. (1978) Patent ductus arteriosus in the dog: a retrospective study of radiographic, epidemiologic, and clinical findings. *Am J Vet Res* 39, 1805-1810.
16. Sisson, D., Luethy, M. & Thomas, W.P. (1991) Ventricular septal defect accompanied by aortic regurgitation in five dogs. *J Am Anim Hosp Assoc* 27, 441-448.
17. Levitt, L., Fowler, J.D. & Schuh, J.C.L. (1989) Aortic stenosis in the dog: a review of 12 cases. *J Am Anim Hosp Assoc* 25, 357-362.
18. O'Grady, M.R., Holmberg, D.L., Miller, C.W. & Cockshutt, J.R. (1989) Canine congenital aortic stenosis: a review of the literature and commentary. *Can Vet J* 30, 811-815.
19. Lombard, C.W. & Ackerman, N. (1984) Right heart enlargement in heartworm-infected dogs: a radiographic, electrocardiographic, and echocardiographic correlation. *Vet Radiol* 25, 210-217.
20. Lombard, C.W. & Spencer, C.P. (1985) Correlation between radiographic, echocardiographic, and electrocardiographic signs of left heart enlargement in dogs with mitral regurgitation. *Vet Radiol* 26, 89-97.