

MĚŘENÍ VELIKOSTI SRDCE NA RENTGENOGRAMU HRUDNÍKU

THE MEASUREMENT OF HEART SIZE IN THE CHEST RADIOGRAPH

ROMAN KVAPIL

Veterinární klinika Poděbradská, Praha

SOUHRN

Článek se zabývá měřením velikosti srdce na rentgenovém snímku hrudníku psa a kočky. Zmíněny jsou metody porovnání siluety srdce k interkostálním prostorům a hlavně objektivnější systém vertebrálního měřítka (vertebral scale system – VSS). Popsána je metodika měření. Kromě obecně uznávaných hodnot velikosti srdce ve vztahu k obratlům (vertebral heart size – VHS) psa jsou zde zmíněny hodnoty VHS u jednotlivých plemen. Uveden je význam měření VHS u onemocnění srdce. Zmíněno je také měření VHS a jeho význam u jiných živočišných druhů. Měření srdeční siluety na rentgenovém snímku je objektivní metodou posouzení velikosti srdce a je použitelné v rámci diferenciální diagnostiky respiračních obtíží u malých zvířat.

Klíčová slova: pes, kočka, srdce, kardiomegalie, obratlová velikost srdce

SUMMARY

The article deals with a measurement the size of heart on chest X-ray image in dogs and cats. The method that compares silhouette of the heart with intercostal spaces, but especially the more objective vertebral scale system (VSS) is mentioned. The measurement methodology is described. In addition to generally accepted values of VHS in dogs, VHS values in different breeds of dogs are mentioned. The importance of VHS in heart diseases is referred there. The measurement and the importance of VHS in other species is mentioned, too. The measurement of heart silhouette on X-ray scan is an objective method of heart silhouette assessment and it is useful for differential diagnose of respiratory diseases in small animals.

Key words: dog, cat, heart, cardiomegaly, vertebral heart score

Jedním z diagnostických vyšetření v kardiologii je rentgenografie hrudníku. Používá se pro posouzení siluety srdce, vaskulatury plic, velkých cév, plic, pleurálního prostoru a dalších struktur souvisejících s hrudníkem (Svoboda, 2001). Srdce má na rentgenovém snímku velký kontrast k plicím naplněným vzduchem a i na nativním snímku můžeme jeho siluetu snadno posoudit, přičemž změny při systole nebo diastole jsou jen velmi malé (Kealy, 1991). Srdeční silueta není projekcí samotného srdce. Je složena ze srdce, perikardu, perikardiálního a mediastinálního tuku a jiných struktur hilu a plic (Burk, 1996). Při různých onemocněních srdce můžeme také zaznamenat různé abnormality tvaru a velikosti srdeční siluety. Rentgenologické posouzení srdeční siluety nám komplikuje různá velikost a tvar hrudníku různých plemen. Také nesprávná pozice zvířete při zhotovení snímku může vést k nesprávnému zhodnocení velikosti srdeční siluety (Kealy, 1991; Burk, 1996). Často se špatně vyhodnotí kardiomegalie na rentgenových snímcích štěňat, brachycefalických plemen a obézních psů, kteří mají relativně širokou a kulatou srdeční siluetu (Lamb, 2002).

Pro vlastní posouzení velikosti a tvaru srdce musíme mít zhotoven kvalitní rentgenový snímek hrudníku. Většinou provádíme minimálně dva snímky: laterolaterální a dorzoventrální. Preferovaný laterolaterální snímek je prováděn

na pravém boku pacienta. Abychom mohli správně posoudit velikost a tvar srdce na rentgenovém snímku hrudníku, musí být proveden se správně napolohovaným zvířetem. Při zhotovení laterolaterálního snímku mají mít hrudní kost a páteř stejnou vzdálenost od kazety, takže žebra jsou paralelně vedle sebe. Hrudní končetiny jsou natažené dopředu, aby byl dobře vizualizován kraniální hrudník. Na dorzoventrálním snímku musí být sternum, těla obratlů a dorzální processus spinosi v superimpozici. Vlastní technické parametry zhotovení rentgenového snímku jsou charakterizovány vysokou kilovoltáží (kVp) a nízkými miliampéry/sekundu

Tab. 1: Velikost srdce (Fuentes, 2010)

Pes	Laterolaterální snímek: srdce by mělo být 2/3 výšky hrudníku a jeho šířka 2,5–3,5 mezižebních prostorů Dorzoventrální snímek: srdce by mělo být 2/3 šířky hrudníku v jeho největší šířce
Kočka	Laterolaterální snímek: srdce by mělo být 1/2 až 2/3 výšky hrudníku a jeho šířka (kolmo k dlouhé ose) má být 2–2,5 meziobratlového prostoru

(mAs). Tyto nám umožňují lepší rozlišení struktur měkkých tkání a při krátkém expozičním čase eliminujeme neostrost způsobenou respiračními pohyby. Vlastní expozici provádíme v okamžiku maximální inspirace, abychom dostali nejlepší kontrast mezi vzduchem v plicích a strukturami měkkých tkání hrudníku (Ware, 2007).

Posouzení velikosti srdce

Pro posouzení velikosti srdce se používalo a používá porovnání siluety srdce k interkostálním prostorům. Na laterolaterálním rentgenovém snímku se srdeční silueta rozprostírá od 3. nebo 4. meziobratlového prostoru po 7. až 8. meziobratlový prostor a dosahuje přibližně 2/3 výšky hrudníku (Burk, 1996). Za normálně veliké srdce se považuje kraniokaudální průměr siluety srdce v rozsahu 2,5 mezižebního prostoru u psů s málo hlubokým hrudníkem a 3,5 mezižebního prostoru u psů s nízkým a širokým hrudníkem (Kealy, 1991). Toto zhodnocení je limitováno rozdíly v ose srdce, utváření hrudníku, fázi respirace, superimpozicí žebér a nepřesným stanovením bodů měření (Buchanan, 2000).

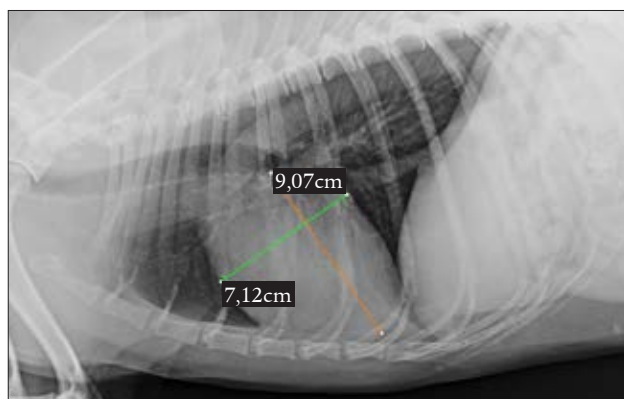
Systém vertebrálního měřítka (vertebral scale system)

Metoda, která překonala tato omezení, je **systém vertebrálního měřítka**, což je český překlad známějšího vertebral scale system. Je to metoda, která je anatomicky obhajitelná, docela přesná, opakovatelná a jednoduše proveditelná. Měření se provádí na laterolaterálním snímku (Buchanan, 2000).

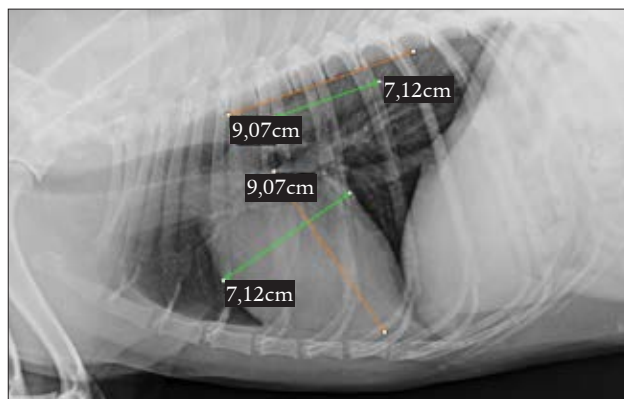
U psa změříme **dlouhou osu** od ventrálního okraje levého hlavního bronchu k distální ventrální kontuře srdečního apexu. Tento rozměr v sobě kombinuje velikost levé předsíně a levé komory. U psů se zvětšenou levou předsíní a elevovaným levým bronchem kaudálně k bifurkaci trachey, dlouhou osu měříme od ventrálního okraje elevovaného levého bronchu po apex srdeční siluety. Toto měření odráží zvětšení rozměru dlouhé osy u psů se zvětšeným levým srdcem. Měření dlouhé osy u koček se mírně liší, protože srdce leží více paralelně se sternem. Báze srdce je potom průsečíkem ventrálního okraje průdušnice a ventrální apikální plicní vény kraniálně před bifurkací trachey. Potom změříme maximální **krátkou osu** srdeční siluety ve střední třetině siluety srdce kolmo k dlouhé ose srdeční siluety. Naměřenou dlouhou i krátkou osu potom přeneseme na páteř, od kraniálního okraje čtvrtého hrudního obratle. Spočítáme počet obratlů dlouhé i krátké osy a tak získáme hodnotu velikosti srdce ve vztahu k délce těla, kterou nazýváme **velikost srdce ve vztahu k obratlům**. Tuto hodnotu znají kardiologové pod zkratkou **VHS (vertebral heart size)** a v další části článku ji takto budu používat. Velikost srdce je tak vyjádřena v jednotkách délky obratlů. Měření můžeme provést pomocí pravítka nebo pomocí přiložení papíru, na který si zaznameneáme rozměr dlouhé a krátké osy a snadno tyto rozměry přeneseme na páteř (Buchanan, 2000). V současné době při digitálním zpracování rentgenových snímků programy provádějící toto zpracování nabízejí toto měření. Je nutné si jen vytyčit dlouhou a krátkou osu a program tyto rozměry přenesse na páteř a tak si jednoduše můžeme spočítat obratlovou velikost srdce.



Obr. 1: Měření dlouhé osy srdce – KKCHS bez příznaků onemocnění srdce.



Obr. 2: Měření krátké osy srdce – KKCHS bez příznaků onemocnění srdce.



Obr. 3: Zjištění VHS přenesením dlouhé a krátké osy srdce na páteř – VHS = 9,8.

VHS u psů

V původní práci Buchanan byla VHS stanovena u 100 psů bez onemocnění srdce nebo plic. Všichni psi byli dospělí a váha psů byla od 2 do 75 kg. Z těchto 100 psů bylo 43 psů samců, 52 fen a u pěti psů nebylo známo pohlaví. Z hlediska zastoupení plemen nebyli do studie zahrnuti více než 4 jedinci jednoho plemene. VHS 100 normálních psů byla $9,7 \pm 0,5$ obratle. Rozmezí bylo 8,5 až 10,6 obratle. Velikost hrudníku a poměr

Tab. 2: Hodnota VHS u jednotlivých plemen psů

Plemeno	VHS	N psů	Autor
pes	9,7 ± 0,5	100	Buchanan J. W., 2000
vipet	11,3 ± 0,5	44	Bavegems V., 2005
greyhound	10,5 ± 0,2	42	Marin L. M., 2007
rotvajler	9,8 ± 0,1	38	Marin L. M., 2007
mops	10,7 ± 0,9	30	Jepsen-Grant K., 2013
pomeranian	10,5 ± 0,9	18	Jepsen-Grant K., 2013
yorkšírský teriér	9,9 ± 0,6	30	Jepsen-Grant K., 2013
jezevčík	9,7 ± 0,5	29	Jepsen-Grant K., 2013
jezevčík	9,7 ± 0,4	15	Neagu A. C., 2014
buldok* bez hemivertebrae	12,1 ± 1,5	17	Jepsen-Grant K., 2013
buldok* s hemivertebrae	13,4 ± 1,6	13	Jepsen-Grant K., 2013
ši-tzu	9,5 ± 0,6	30	Jepsen-Grant K., 2013
lhasa apso	9,6 ± 0,8	18	Jepsen-Grant K., 2013
bostonský teriér bez hemivertebrae	11,4 ± 1,2	12	Jepsen-Grant K., 2013
bostonský teriér s hemivertebrae	14,2 ± 1,6	7	Jepsen-Grant K., 2013
boxer	11,45 ± 1,15	33	Lamb Ch. R., 2002
labradorský retrívr	10,7 ± 1	45	Lamb Ch. R., 2002
německý ovčák	9,95 ± 1,25	39	Lamb Ch. R., 2002
německý ovčák	9,9 ± 0,45	15	Neagu A. C., 2014
dobrmán	9,9 ± 0,9	32	Lamb Ch. R., 2002
dobrmán	10,2 ± 0,26	15	Neagu A. C., 2014
Kavalír King Charles španěl	10,8 ± 0,9	27	Lamb Ch. R., 2002
yorkšírský teriér	9,8 ± 0,8	29	Lamb Ch. R., 2002
yorkšírský teriér	9,9 ± 0,6	30	Castro M. G., 2011
kříženec	9,5 ± 0,43	15	Neagu A. C., 2014
americký pitbul teriér	10,9 ± 0,4	20	Cardoso M. J. L., 2011
pudl	10,12 ± 0,51	30	Pinto A. C. B. C. F., 2004
pudl	9,72 ± 0,73	40	Azevedo G. M., 2016

*Francouzský a anglický buldok

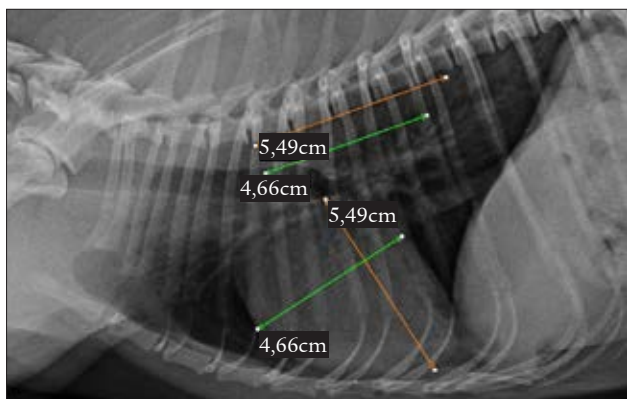
hloubka : šířka neměly vliv na korelaci mezi velikostí srdce a délkou obratlů. Psi s hlubokým hrudníkem měli VHS $9,54 \pm 0,34$, psi s širokým hrudníkem měli VHS $9,76 \pm 0,33$ a psi s hrudníkem mezi těmito extrémy měli VHS $9,64 \pm 0,54$. VHS také neovlivnily pohlaví a pravý versus levý laterolaterální snímek hrudníku (Buchanan, 2000).

VHS byla v práci Buchanana stejná nebo menší než 10,5 obratlů u 98% psů. Proto je tato hodnota klinicky použitelná jako horní limit normálního srdce u většiny plemen. Již Buchanan však píše, že existují výjimky u psů s krátkým hrudníkem, jako je malý knírač, u kterého naměřil VHS nad 11, a naopak VHS 9,5 obratlů může být více přesná u psů s dlouhým hrudníkem, jako je jezevčík. Proto doporučil studie u velkého počtu psů každého plemene, abychom získali přesnější hodnoty VHS u jednotlivých plemen (Buchanan, 2000).

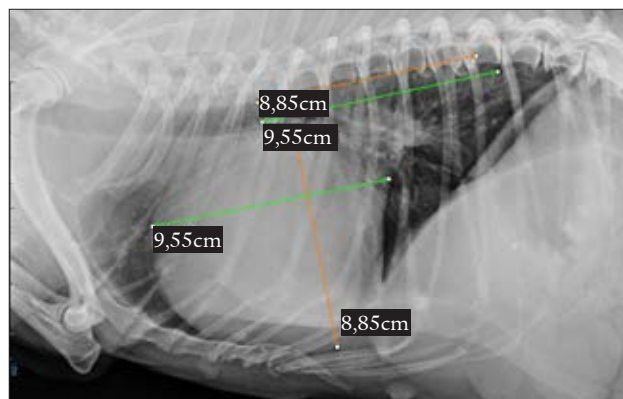
VHS u jednotlivých plemen

Zvětšení VHS znamená podezření na srdeční patologii, jako je dilatační kardiomyopatie, degenerativní onemocnění atrioventrikulárních chlopní, perikardiální efuze, perikardioperitoneální diafragmatická kýla, dysplazie trikuspidální chlopně, ventrikulární septální defekt nebo patentní ductus arteriosus aj. (Marin, 2007).

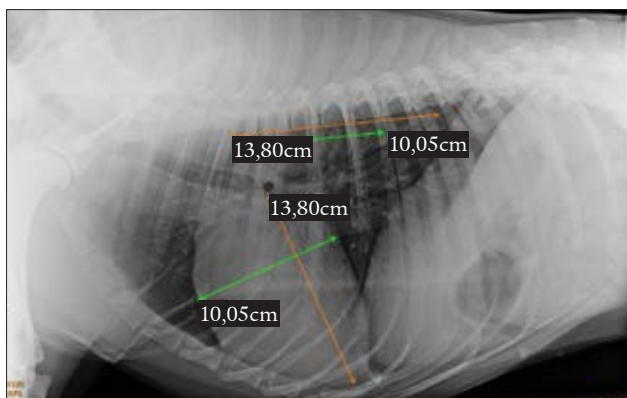
U vipetů se ukázalo, že VHS je větší, než stanovil Buchanan. U psů s linií dostihových psů byla VHS signifikantně větší než u psů z výstavních linií a trénovaní psi měli signifikantně větší VHS než psi netrénovaní. Přesto, že většina trénovaných psů pocházela z linií dostihových psů a většina netrénovaných psů pocházela z výstavních linií, je obtížné stanovit, zda jde o vliv genetický, nebo vliv tréninku, nebo obojí (Bavegems, 2005). Protože greyhoundi mají vysokou prevalenci fyziologického systolického šelestu, který je spojen s větší rychlostí krve v aortě, a větší rozměry srdce



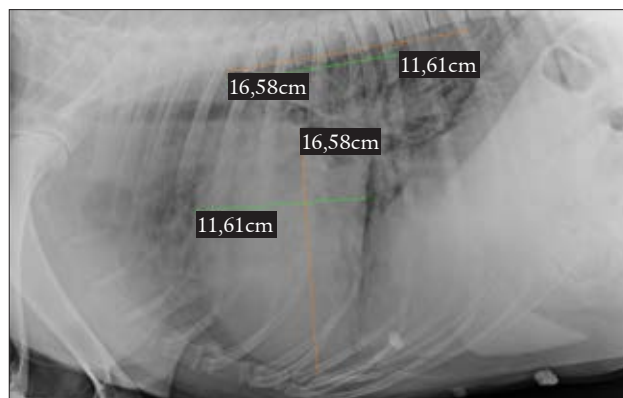
Obr. 4: VHS = 8,8 – čivava bez příznaků onemocnění srdce.



Obr. 6: VHS = 13,3 – KKCHS s kardiomegalií následkem insuficience mitrální chlopně.



Obr. 5: VHS = 11,7 – boxer bez příznaků onemocnění srdce.



Obr. 7: VHS = 12 – dobrman s kardiomegalií následkem dilatační kardiomyopatie.

ve srovnání se psy stejné velikosti, jsou často nesprávně považováni za pacienty s onemocněním srdce (Marin, 2007). Skóre tělesné kondice mělo signifikantní vliv na VHS u lhasa apso. U psů se skóre tělesné kondice 1–5 byla VHS $9,4 \pm 0,6$ a u psů se skóre tělesné kondice 6–9 byla VHS $10,5 \pm 0,6$. Anomální obratle v páteři (hemivertebræ) byly spojeny se signifikantně větší VHS u buldoků a bostonských teriérů (Jepsen-Grant, 2013). V článkách jednotlivých autorů se potom objevují hodnoty VHS u jednotlivých plemen, což odpovídá doporučení Buchanana o provedení studií u jednotlivých plemen psů. Zjištěné hodnoty u jednotlivých plemen psů jsou uvedeny v následující tabulce.

VHS u rostoucích štěňat

V práci Sleeper a kol. měřili VHS na rentgenových snímcích u 11 štěňat ve věku 3, 6, 12 a 36 měsíců a zjistili následující hodnoty VHS: $10,0 \pm 0,5$, $9,8 \pm 0,4$, $9,9 \pm 0,6$ a $10,3 \pm 0,6$. Hodnoty VHS byly v referenčních hodnotách ($9,7 \pm 0,5$) stanovených Buchananiem u štěňat během jejich růstu (Sleeper, 2001).

VHS a onemocnění srdce

U některých onemocnění srdce se vyvíjí kardiomegalie, kterou můžeme diagnostikovat různými vyšetřovacími metodami. Nakayma prokázal ve své studii korelaci VHS s ostatními diagnostickými metodami srdce. V této studii byla prokázána pozitivní korelace s echokardiografickými a elektroardiografickými parametry. V práci bylo

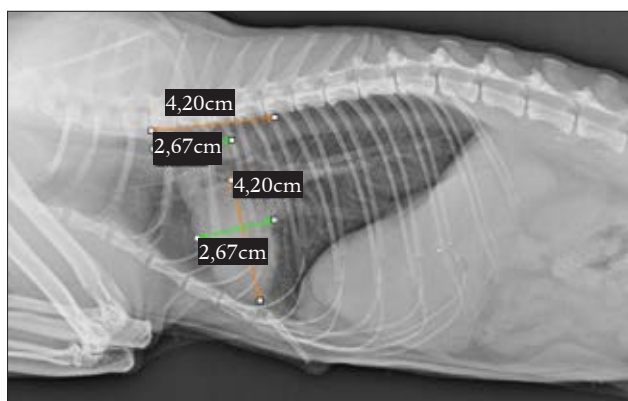
sledováno šestnáct psů, u kterých byla pomocí pacemake-ru zvyšována srdeční frekvence po dobu 10 týdnů, což vede k vývoji kardiomegalie. VHS pozitivně korelovala s echokardiografickými rozměry LA : Ao (poměr průměru levé předsíně k průměru aorty), ESD (průměr levé komory na konci systoly), EDD (průměr levé komory na konci diastoly), na elektroardiogramu potom s délkou vlny P a délkou komplexu QRS ve svodu aVF (Nakayama, 2001).

Opakovaná měření VHS a její změny ukázaly, že mohou předpovědět nástup kongestivního selhání srdce u Kavalír King Charles španělů s regurgitací na mitrální chlopně (Lord, 2011).

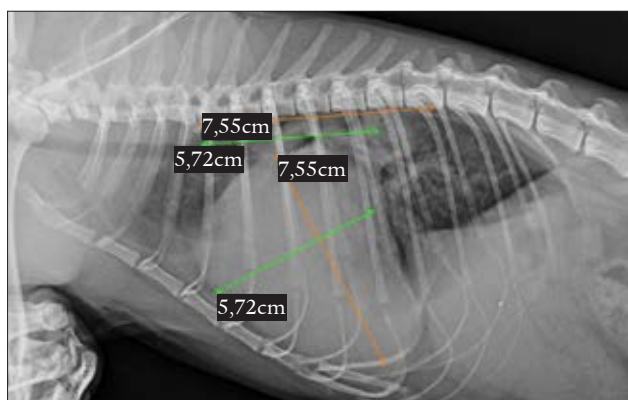
U psů s kašlem a s degenerativním onemocněním mitrální chlopně nám změření VHS pomáhá diferencovat příčinu kašle. Psi, kde příčinou kašle není onemocnění srdce, mají signifikantně menší VHS ve srovnání se psy, kde příčinou kašle bylo srdeční onemocnění nebo smíšená příčina – respirační a kardiogenní (Guglielmini, 2009).

Tab. 3: Hodnota VHS u koček

Plemeno	VHS	Počet koček	Autor
kočka	$7,5 \pm 0,3$	100	Buchanan J. W., 2000, Lister A. L., 2000
	$7,3 \pm 0,49$	50	Ghadiri A., 2008



Obr. 8: VHS = 7,2 – kočka bez příznaků onemocnění srdce.



Obr. 9: VHS = 11,9 – kočka s kardiomegalií.

Tab. 4: Hodnota VHS u jednotlivých živočišných druhů

Druh	VHS	Počet měřících jedinců	Zdroj
Králík do 1,6 kg	7,55 ± 0,38		Onuma M., 2010
Králík nad 1,6 kg	7,99 ± 0,58		Onuma M., 2010
Bílý novozélandský králík	7,6 ± 0,39	50	Giannico A. T., 2015
Fretka	5,23 – 5,47		Quesenberry K. E., 2012
Kaloň rodriguezký (<i>Pteropus rodricensis</i>)	9,8 ± 0,6	18	Gardner A., 2007
Kaloň pobřežní (<i>Pteropus hypomelanus</i>)	9,3 ± 0,8	16	Gardner A., 2007
Kaloň malajský (<i>Pteropus vampyrus</i>)	9,2 ± 0,7	32	Gardner A., 2007
Aguti (<i>Dasyprocta primnolopha</i>)	7,68 ± 0,41	30	Diniz A. N., 2013
Tamarin skákavý (<i>Callimico goeldii</i>)	9,35 ± 0,31	13	Kubjak M. L., 2015

Tab. 5: Nekardiální faktory ovlivňující VHS

Variabilita hodnotitelů

V jedné studii se ukázal průměrný rozdíl mezi jednotlivými hodnotiteli asi kolem 1 obrátle, když posuzují stejný snímek. Ideální je, jestliže jeden veterinární lékař vypočítá VHS pokaždé u jednoho pacienta, když chceme zjistit změny.

Abnormální obrátle

Hemivertebrae u některých plemen, jako je bostonský teriér a buldok, mají významný vliv na měření VHS. Studie zjišťující VHS u těchto plemen uvádějí, že je to jedním z důvodů, proč mají větší hodnotu VHS.

Anemie

Déletrvající střední až závažná anemie u psů a koček způsobuje kompenzační levostrannou kardiomegalii a zvyšuje tak jejich VHS.

Pravá versus levá poloha

Některé studie neukázaly rozdíly v měření VHS s ohledem na polohu zvířete při zhotovení rentgenového snímku, zatímco jiné ukázaly, že psi v pravé laterolaterální poloze mají větší VHS (asi o 0,3 obrátle). Nicméně toto není klinicky signifikantní.

Onemocnění perikardu srdce s efuzí může značně ovlivnit měření VHS. Perikardiální efuze zvyšuje velikost srdce, kterou zjišťujeme na rentgenogramu hrudníku. Ve studii Guglielmiho porovnávali VHS u 51 psů s perikardiální efuzí s VHS psů s onemocněním srdce a 50 zdravých psů. Zjistili, že srdeční silueta psů s perikardiální efuzí je větší ve srovnání s VHS s jiným onemocněním srdce bez perikardiální efuze (Guglielmini, 2012).

VHS u koček

Buchanan také měřil VHS u 100 koček. Kočky byly různého věku, plemene a velikosti. VHS u koček v této studii byla $7,5 \pm 0,3$ obrátle (Buchanan, 2000). Další práce se zabývala možností odlišit příčinu respirační tísně u koček. U 67 koček s akutní respirační tísní se zjistilo, že hodnota VHS > 9,3 je specifická pro onemocnění srdce jako příčinu dyspnoe. Hodnota VHS ≤ 8 byla naměřena u koček bez onemocnění srdce. Hodnota VHS mezi 8,0 až 9,3 byla spojena s dyspnoí sekundárně ke kongestivnímu selhání srdce nebo respiračnímu onemocnění. Systém VHS tedy může pomoci v diferenciaci příčiny respirační tísně u koček (Sleeper, 2013). Také Guglielmini prokázal, že VHS 7,9 u 72 koček měla vysokou diagnostickou přesnost při rozlišení koček s levostranným onemocněním srdce se středním až závažným zvětšením levé předsíně od zdravých koček (22 koček) (Guglielmini, 2014).

VHS u jiných živočišných druhů

V odborných časopisech se objevují práce stanovující VHS také u jiných živočišných druhů. Naměřené hodnoty u králíků, fretek, kaloňů a tamarína skákavého jsou uvedeny v tabulce.

U fretek se ke stanovení VHS používá modifikované obratlové srdeční skóre. U fretek se srovnání s délkou obratlů začíná pátým hrudním obratlem (T5) až ke kaudálnímu

okraji osmého hrudního obratle (T8) a dále je velikost srdce odhadnuta na nejbližší čtvrtinu obratle. Průměrná VHS fretek na pravé laterolaterální projekci je 5,33 obratle (rozmezí 5,23 až 5,47 obratle).

Kaloni trpí dilatační kardiomyopatií. V práci Gardnera byla také měřena velikost srdce u 9 kaloňů s DCM a jen u 5 z nich byla VHS větší. Autoři toto vyhodnotili tak, že VHS není velmi senzitivní metodou v diagnostice kardiomyopatie u kaloňů. Je metodou vhodnou pro sledování progresu onemocnění u jednotlivců, když jsou k porovnání rentgenové snímky hrudníku postiženého jedince v čase (Gardner, 2007).

Význam VHS

Hlavní použití této metody je pomoc při určení přítomnosti nebo nepřítomnosti kardiomegalie v případech, kdy si nejsme jisti přítomností kardiomegalie. Je metodou, která nám umožňuje zhodnotit kvantitativně progresi kardiomegalie. Stanovení VHS je metodou použitelnou pro sledování progresu zvětšení srdce v čase. Dovoluje objektivně zaznamenat změny velikosti srdce v odpovědi na terapii nebo progresi onemocnění srdce.

Je také potřeba si uvědomit, že normální velikost srdce nevylučuje onemocnění srdce. Je jen jedním z řady

vyšetření srdce. Existují také onemocnění srdce, která nemají vliv na velikost srdce (aortální a pulmonální stenóza, defekt septa předsíní a komor, endokarditida, akutní selhání myokardu, arytmie, konstruktivní perikarditida, neoplazie myokardu a metabolická onemocnění s vlivem na srdce) (Buchanan, 2000).

Existují také faktory, které mohou ovlivnit VHS a přitom nejsou způsobeny patologickými změnami na srdci. Jsou uvedeny v tabulce 5.

Závěr

Měření srdeční siluety a stanovení VHS je pro nezkušené praktiky startovacím bodem pro posouzení velikosti srdce, které může pomoci při diferenciální diagnostice respiračních obtíží u malých zvířat.

MVDr. Roman Kvapil
Veterinární klinika

Poděbradská 63a/1079, Praha 9
e-mail: kvapil@veterinapodebradska.cz

Literatura

1. Svoboda M, Senior DF, Doubek J, Klimeš J a kol. Nemoci psa a kočky. II. díl. Brno, 2001: 1091.
2. Kealy JK. Röntgendiagnostik bei Hund und Katze. Enke, Stuttgart 1991:233–277.
3. Burk RL, Ackerman N. Small animal radiology and ultrasonography: a diagnostic atlas and text. W. B. Saunders Comp., 1996:44–45.
4. Buchanan JW. Vertebral scale system to measure heart size in radiographs. Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice 30:379–392, 2000.
5. Bavegems V, Van Caelenberg A, Duchateau L, et al. Vertebral Heart Size ranges specific for whippets. Vet Radiol Ultrasound 46:400–403, 2005.
6. Marin LM, Brown J, McBrien C. Vertebral Heart Size in retired racing greyhounds. Vet Radiol Ultrasound 48:332–334, 2007.
7. Jepsen-Grant K, Pollard RE, Johnson LR. Vertebral scores in eight dog breeds. Vet Radiol Ultrasound 54:3–8, 2013.
8. Lamb ChR, Boswood A. Role of Survey Radiography in Diagnosing Canine Cardiac Disease. Comp Cont Educ Pract 24:316–326, 2002.
9. Fuentes VL, Johnson LR, Dennis S. BSAVA Manual of Canine and Feline Cardiorespiratory Medicine. 2nd edition, 2010, 48.
10. Nakayama H, Nakayama T, Hamlin RL. Correlation of Cardiac Enlargement as Assessed by Vertebral Heart Size and Echocardiographic and Electrocardiographic Findings in Dogs with Evolving Cardiomegaly Due to Rapid Ventricular Pacing. Vet Intern Med 15:217–221, 2001.
11. Neagu AG, Tudor N, Vlăgioiu C. Vertebral heart scores in four dog breeds. Lucrari Stiintifice USAMV Iasi – seria Medicina Veterinara 57:61–64, 2014.
12. Gugjoo MB, Hoque M, Saxena AC, Zama MMS, Amarpal A. Vertebral scale system to measure heart size in dogs in thoracic radiographs. Adv Anim Vet Sci 1:1–4, 2013.
13. Cardoso MJL, Caludino JL, Melussi M. Measurement of heart size by VHS (vertebral heart size) method in healthy American pit bull terrier. Ciencia Rural 41:127–131, 2011.
14. Sleeper MM, Buchanan JW. Vertebral scale system to measure heart size in growing puppies. JAVMA 219:57–9, 2001.
15. Pinto ACBCF, Iwasaki M. Radiographic evaluation of the cardiac silhouette in clinically normal Poodles through the vertebral heart size. Braz J Vet Res Anim Sci 41:261–267, 2004.
16. Castro MG, Torres RCS, Araujo RB, Muzzi RAL, Silvas EF. Avaliacao radiografica da silhueta cardiaca pelo metodo vertebral heart size em caes da rasa Yorkshire Terrier clinicamente normais. Arg ras Med Vet Zootec 63:850–857, 2011.
17. Onuma M, Ono S, Ishida T, Sato T. Radiographic Measurement of Cardiac Size in 27 Rabbits. Journal of Veterinary Medical Science 72:529–31, 2010.

18. Giannico AT, Garcia DAA, Lima L, de Lara FA, Ponczek CAC, Shaw GC, Montiani-Ferreira F, Froes TR. Determination of normal echocardiographic, electrocardiographic, and radiographic cardiac parameters in the conscious New Zealand white rabbit. *Journal of Exotic Pet Medicine* 24:223–234, 2015.
19. Gardner A, Thompson MS, Fontenot D, Gibson N, Heard DJ. Radiographic evaluation of cardiac size in flying fox species (*Pteropus rodricensis*, *P. hypomelanus* a *P. vampyrus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 38:192–200, 2007.
20. Diniz AN, Junior JRS, Ambrosio CE, Sousa JM, Sousa VR, Carvalho MAM, Nascimento DM, Alves FR. Thoracic and heart biometrics of non-anesthetized agouti (*Dasyprocta primnolopha* Wagler, 1831) measured on radiographic images. *Pesquisa Veterinaria Brasileira* 33:411–416, 2013.
21. Kubiak ML, Jayson SL, Saunders RA. Determination of vertebral heart score in Goeldi's monkeys (*Callimico goeldii*). *Journal of Medical Primatology* 44:183–186, 2015.
22. Quesenberry KE, Carpenter JW. *Fretky, králíci a hlodavci. Klinická medicína a chirurgie*. Saunders, 2012:63–64.
23. Sleeper MM, Roland R, Drobatz KJ. Use of the vertebral heart scale for differentiation of cardiac and noncardiac causes of respiratory distress in cats: 67 cases (2002 – 2003). *JAVMA* 242:366–371, 2013.
24. Ghadiri A, Avizeh R, Resekh A, Yadegari A. Radiographic measurement of vertebral heart size in healthy stray cats. *J Feline Med Surg* 10:61–5, 2008.
25. Guglielmini C, Baron Toaldo M, Poser H, Menciotti G, Cipone M, Cordella A, Contiero B, Diana A. Diagnostic accuracy of the vertebral heart score and other radiographic indices in the detection of cardiac enlargement in cats with different cardiac disorders. *J Feline Med Surg* 16:812–25, 2014.
26. Lister AL, Buchanan JW. Vertebral scale system to measure heart size in radiographs of cats. *JAVMA* 216:210–4, 2000.
27. Azevedo GM, Pessoa GT, Moura LS, Sousa FChA, et al. Comparative Study of the Vertebral Heart Score (VHS) and the cardiothoracic Ratio (CTR) in Healthy Poodle Breed dogs. *Acta Scientiae Veterinariae* 44:1–7, 2016.
28. Ware WA. *Cardiovascular Disease in Small Animal Medicine*. Mansom Publishing 2007:34–37.
29. Lord PF, Hannson K, Carnabuci C, Kvart C, Häggström J. Radiographic Heart Size and Its Rate of Increase as Test for Onset of Congestive Heart Failure in Cavalier King Charles Spaniels with Mitral Valve Regurgitation. *J Vet Intern Med* 25:1312–1319, 2011.
30. Guglielmini C, Diana A, Pietra M, Di Tommaso M, Cipone M. Use of the Vertebral Heart Score in Coughing Dogs with Chronic Degenerative Mitral Valve Disease. *J Vet Med Sci* 71:9–13, 2009.
31. Guglielmini C, Diana A, Santarelli G, Torbidone A, Di Tommaso M, Toaldo MB, Cipone M. Accuracy of radiographic vertebral heart score and sphericity index in the detection of pericardial effusion in dogs. *JAVMA* 241:1048–1055, 2012.