



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

**Fakulteten för veterinärmedicin  
och husdjursvetenskap**  
Institutionen för kliniska vetenskaper

# **Kvalitativ och kvantitativ jämförelse mellan olika fonokardiografiska inspelningsverktyg för veterinärmedicinskt bruk**

*Emil Nordh*

*Uppsala  
2017*

*Examensarbete 30 hp inom veterinärprogrammet*

*ISSN 1652-8697  
Examensarbete 2017:18*



# Kvalitativ och kvantitativ jämförelse mellan olika fonokardiografiska inspelningsverktyg för veterinärmedicinskt bruk

## Qualitative and quantitative comparison of different phonocardiographic recording devices for veterinary use

*Emil Nordh*

**Handledare:** Jens Häggström, institutionen för kliniska vetenskaper

**Biträdande handledare:** Ingrid Ljungvall, institutionen för kliniska vetenskaper

**Biträdande handledare:** Katja Höglund, institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

**Examinator:** Henrik Rönnberg, institutionen för kliniska vetenskaper

*Examensarbete i veterinärmedicin*

**Omfattning:** 30 hp

**Nivå och fördjupning:** Avancerad nivå, A2E

**Kurskod:** EX0736

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2017

**Delnummer i serie:** Examensarbete 2017:18

**ISSN:** 1652-8697

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** elektroniska stetoskop, fonokardiografi, hund, katt, jämförelse

**Key words:** electronic stethoscope, phonocardiography, dog, cat, comparison

Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Institutionen för kliniska vetenskaper



## SAMMANFATTNING

Auskultation av hjärtat med stetoskop är en viktig del i den kliniska diagnostiken och används dagligen av vårdpersonal världen över. Till skillnad från de analoga membranbaserade stetoskopen, erbjuder elektroniska stetoskop möjlighet till förstärkning och filtrering av ljud, simultan auskultation i grupp, lagring och återspelning av ljud, grafisk framställning av ljuden samt signalanalys. Elektroniska stetoskop kan följaktligen förbättra den kliniska diagnostiken samt vara ett värdefullt hjälpmedel i auskultationsundervisningen.

Målet med denna studie var att undersöka användarvänligheten av fyra utvalda elektroniska stetoskop (TheStethoscope, Thinklabs One, Littmann 3200, eKuore) med tillhörande programvara i en veterinärmedicinsk miljö inom smådjursverksamheten. Syftet var också att utvärdera inspelningskvaliteten för dessa stetoskop med avseende på ljud och fonokardiografi (en grafisk framställning av ljud från hjärtat) för att påvisa samt avgöra duration av blåsljud hos hund och katt.

Tjugo hundar och 20 katter som undersöktes vid hjärtmottagningen på Universitetsdjursjukhuset vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) inkluderades i studien varav 15 hundar och 14 katter hade blåsljud av varierande intensitet vid auskultation. Djurens signalement antecknades och de auskulterades därefter av en utav tre, inom kardiologi, erfarna veterinärer för förekomst av blåsljud. Därefter spelades ljuden från hjärtat in med vart och ett av stetoskopen av en observatör, en veterinärstudent i årskurs sex på veterinärprogrammet, och inspelningarna kodades för att göra undersökningen blindad. Användarvänlighet utvärderades vid varje inspelning genom mätning av den totala tidsåtgången för varje inspelning samt genom subjektiv bedömning av användbarheten. De inspelade ljuden bedömdes av samma observatör för ljudkvalitet, fonokardiografisk kvalitet samt för förekomst av blåsljud. Duration av blåsljud mättes för fonokardiografiska registreringar av godkänd kvalitet.

TheStethoscope erhöll högst poäng för användbarhet medan Thinklabs One krävde kortast tid för inspelning. Bäst ljudkvalitet för bedömning av inspelat ljud samt fonokardiografisk bedömning erhöll TheStethoscope och Thinklabs One. För Littmann 3200 och eKuore var endast 20 respektive 31 av 40 fonokardiogram av tillräckligt god kvalitet för att kunna bedömas. Stressgrad samt pälstyp visade sig statistiskt signifikant påverka kvalitetsbedömningen oavsett stetoskop. En ökad stressgrad försämrade kvaliteten på inspelat ljud och fonokardiogram, medan pälstyp endast påverkade den fonokardiografiska kvaliteten. Littmann 3200 uppvisade högst sensitivitet (0,86) samt specificitet (0,86) för påvisande av blåsljud för inspelade ljud. Högst sensitivitet (0,93) för påvisande av blåsljud vid fonokardiografisk bedömning uppvisade TheStethoscope medan eKuore presterade högst specificitet (0,56).

Resultaten från denna studie visade att TheStethoscope och Thinklabs One var mest användarvänliga och producerade bäst ljudkvalitet samt bäst fonokardiografisk kvalitet. Att Littmann 3200 och eKuore uppvisade ett flertal fonokardiografiska inspelningar som var av för dålig kvalitet för att bedömas tyder på att dessa system har sämre funktionalitet för detta ändamål, hos hund och katt. Littmann 3200 uppvisade dock högst sensitivitet och specificitet för påvisande av blåsljud på inspelat ljud vilket indikerar att detta stetoskop fungerar bäst i detta avseende.

## SUMMARY

Cardiac auscultation is an important diagnostic tool and is used daily by staff in health care all over the world. In contrast to the membrane based analogue stethoscope, an electronic stethoscope offers the possibility to enhance and filter heart sounds, simultaneous auscultation, storing and replaying the sounds, present a graphic presentation of the soundwaves and to perform signal analysis. The use of electronic stethoscopes can therefore improve the clinical diagnostics and be a valuable tool in teaching the skill of auscultation.

The aim of this study was to investigate which of four selected electronic stethoscopes (TheStethoscope, Thinklabs One, Littmann 3200, eKuore) and their enclosed software, that were most user friendly in a small animal veterinary clinic environment. The goal was also to compare the sound quality of these stethoscopes, and their ability to detect murmurs and measure their duration by analyzing sound recordings and phonocardiograms (a graphic presentation of sounds from the heart).

Twenty dogs and 20 cats examined at the cardiac clinic at the University Teaching Hospital in Uppsala were included in the study, of which 15 dogs and 14 cats presented with murmurs of different intensities. After the characteristics of the animals were recorded one of three, in cardiology, experienced veterinarians auscultated the animals to detect murmurs. Following the auscultation, the heart sounds were recorded using each electronic stethoscope by one observer (a sixth-grade veterinary student) and then marked with a unique number to make the study blinded with regard to animal identity and stethoscope. Time to complete a recording was measured, and subjective score of usability was given for each recording to investigate the stethoscopes user friendliness. The recordings were analyzed by the same observer with regards to sound quality, phonocardiographic quality and the presence of murmurs. The duration of the murmurs on the phonocardiogram recordings of acceptable quality was measured.

TheStethoscope achieved the highest score in usability while Thinklabs One required shortest recording time. TheStethoscope and Thinklabs One produced the best sound and phonocardiographic quality. Littmann 3200 and eKuore only produced 20 and 31 of 40 phonocardiographic recordings of acceptable quality, respectively. Level of stress of the animal and type of fur had a significant effect on the quality score for every stethoscope. An increased level of stress had a negative impact on the sound and phonocardiographic quality, while type of fur only negatively affected the phonocardiographic quality. Littmann 3200 achieved the highest sensitivity (0,86) and specificity (0,86) in detecting murmurs on sound recordings. TheStethoscope achieved the highest sensitivity (0,93) and eKuore presented the highest specificity (0,56) to detect murmurs on the phonocardiograms.

The results of this study show that TheStethoscope and Thinklabs One were the most user-friendly stethoscopes, and produced the best sound and phonocardiographic quality. The fact that Littmann 3200 and eKuore produced multiple phonocardiographic recordings of unacceptable quality, indicates that the functionality of these systems is not optimal in this aspect, in dogs and cats. Littmann 3200 achieved the highest sensitivity and specificity in detecting murmurs on sound recordings, which indicate that this stethoscope has its best functionality for this purpose.

# INNEHÅLL

FÖRKORTNINGAR.....	1
INLEDNING.....	2
LITTERATURÖVERSIKT.....	3
Ljuden från hjärtat.....	3
Hjärtljuden och deras uppbyggnad.....	3
Blåsljudens uppkomst och beskrivning.....	3
Elektroniska stetoskop.....	4
Uppbyggnad.....	4
Funktion.....	5
Fonokardiografi.....	6
Utveckling.....	6
Tolkning.....	6
Funktion.....	8
Elektroniska stetoskop och fonokardiografi inom utbildning.....	9
MATERIAL OCH METODER.....	9
Djur.....	9
Stetoskop.....	10
Inspelning.....	11
Ultraljudsundersökning.....	12
Bedömning av inspelade ljud.....	12
Statistiska analyser.....	13
RESULTAT.....	13
Studiepopulation.....	13
Användarvänlighet.....	15
Ljudkvalitet för inspelade ljud samt fonokardiografi.....	17
Identifiering av blåsljud.....	17
Timing och duration av blåsljud.....	20
DISKUSSION.....	20
SLUTSATS.....	23
FOTNOT.....	24
REFERENSER.....	25
APPENDIX	

## FÖRKORTNINGAR

BCS	Body condition score
CAA	Computer-assisted auscultation
CKCS	Cavalier King Charles Spaniel
dPCG	Digital fonokardiografi
DRVOTO	Dynamic right ventricular outflow tract obstruction
EKG	Elektrokardiografi
Hz	Hertz
S1	Första hjärttonen
S2	Andra hjärttonen
S3	Tredje hjärttonen
S4	Fjärde hjärttonen
PDA	Persisterande ductus arteriosus
PMI	Point of maximum intensity
SAM	Systolic anterior motion
SLU	Sveriges Lantbruksuniversitet
TFRs	Time-frequency repetition

När vedertaget begrepp saknas på svenska har ett engelskt begrepp och förkortning använts.



## INLEDNING

*”We may look to the science of electronics for such progress as might make the stethoscope an obsolete specimen in a history of science museum. Cardiovascular sound and probably other clinical data will be recorded on a small instrument, the size of an old-fashioned pocket watch.”* (Segall, 1963)

Detta citat kommer från en artikel skriven av den kanadensiska kardiologen och historikern Harold Nathan Segall (Beamish, 1993) år 1963. I sin skrift siade han om hur den kardiologiska diagnostiken skulle komma att se ut år 2016, 200 år efter att det analoga stetoskopet uppfanns av Rene Laennec. Året har nu kommit men användandet av stetoskop är, olikt Segalls förutsägelse, alltjämt en viktig del i den kliniska diagnostiken (Tavel, 1996, 2006; Murphy, 2008; Bank *et al.*, 2016) och används dagligen av vårdpersonal världen över. Ett analogt stetoskop består av ett huvud som ofta har en sida med öppen klocka och en sida med ett membran samt en ihålig slang som fortplantar ljudvågor till auskultantens öron. Den öppna klockan möjliggör bättre auskultation av lågfrekventa ljud medan membranet framhäver mer högfrekventa ljud (Ware, 2014). Tavel, (2006) framförde att nackdelen med analoga stetoskop är att de inte möjliggör lagring av information, återspelning av ljud, studier av ljud visuellt eller bearbetning av de akustiska signalerna. Författaren tar även upp att det kanske viktigaste av allt är att analoga stetoskop inte kan avlyssnas av flera personer samtidigt, vilket kan vara speciellt viktigt i utbildningssyfte. Elektroniska stetoskop erbjuder möjligheter inom dessa områden, och kan följaktligen vara ett värdefullt hjälpmedel i den kliniska diagnostiken.

Ett elektroniskt stetoskop kan enkelt beskrivas vara uppbyggt av en mikrofon, en förstärkare, ett filter samt en del som omvandlar de analoga ljudsignalerna till digitala (Leng *et al.*, 2015) och kan idag ha ett utseende nästan identiskt till det Segall förutspådde i mitten av 1900-talet. Med hjälp av elektroniska stetoskop kan ny teknik som telemedicin samt datorassisterad auskultation så kallad CAA (computer-assisted auscultation) utvecklas, områden som anses ha goda framtidsutsikter inom humanvården (Zühlke *et al.*, 2012). Fonokardiografi är en grafisk framställning av inspelade ljud från hjärtat (Kvart & Häggström, 2002). Tekniken beskrevs första gången 1894 av Willem Einthoven och med hjälp av datorer och digitala signalanalyser som spektralanalys, mönsterigenkänning och time-frequency repetitions (TFRs) har möjligheterna utvecklats enormt och innebär det som idag kallas digital fonokardiografi (Durand & Pibarot, 1995). Möjligheten att på ett enkelt sätt kunna spela in hjärtljud i en klinisk miljö är av intresse inom veterinärmedicinen såväl som inom humanvården. För en optimal bedömning av fonokardiografi krävs dock att inspelningen är av god kvalitet (Springer *et al.*, 2016). Även användarvänligheten för ett fonokardiografiskt system är viktig då tidsaspekten för handläggandet av varje patient är en faktor som den kliniskt praktiserande veterinären måste ta hänsyn till i det dagliga arbetet. Till vår kännedom finns inga kliniska jämförande studier mellan olika elektroniska stetoskop inom det veterinärmedicinska området.

Målet med denna studie var att undersöka användarvänligheten av fyra utvalda elektroniska stetoskop med tillhörande programvara i en veterinärklinisk miljö inom smådjursverksamhet. Studien syftade också till att utvärdera dessa stetoskop med avseende på inspelningskvalitet för ljud och fonokardiografi för att påvisa blåsljud samt avgöra deras duration hos hund och katt.

## LITTERATURÖVERSIKT

### Ljuden från hjärtat

#### *Hjärtljuden och deras uppbyggnad*

Ljuden som produceras från hjärtat kan uppdelas i övergående ljud och blåsljud. Övergående ljud är sådana med kort duration medan blåsljud har längre duration och uppkommer vanligen i en annars tyst sekvens av hjärtsykeln (Prosek, 2009; Ware, 2014). De övergående ljuden kommer i denna text att benämnas hjärtiljud och innefattar den första hjärtonen (S1), den andra hjärtonen (S2), den tredje hjärtonen (S3) samt den fjärde hjärtonen (S4). Början av S1 innebär inledningen av systole medan början av S2 innebär slutet för systole (Kvart & Häggström, 2002). Närvaro av S3 och S4 hos katt och hund tyder på patologiska tillstånd, med undantag för stora hundraser som ibland kan ha en fjärde hjärton (Kvart & Häggström, 2002; Prosek, 2009). Hjärtljudens ursprung är omdebatterat men två huvudteorier finns beskrivna, enligt nedan, medan en del forskare menar att det snarare rör sig om en kombination av de båda (Durand & Pibarot, 1995).

- *Klaffteorin.* S1 uppkommer vid det plötsliga stopp atrioventrikulärklaffarna kommer till när de har stängts vid kontraktionen av hjärtats kammare. S2 uppstår på liknande sätt men då istället av att semilunarklaffarna i aorta samt lungartären abrupt kommer till ett stillastående läge inför återfyllnaden av hjärtats kammare under diastole. S3 och S4 uppkommer genom att mitralisklaffen i slutet av öppningsfasen stannar plötsligt i sin rörelse. Tricuspidalisklaffen har vanligtvis ingen signifikant betydelse i uppkomsten av S3 och S4.
- *Kardiohemiska teorin.* Enligt denna teori härstammar S1 ur fyra delar där den första kommer från de första kontraktionerna av myokardiet tidigt i systole. Den andra uppstår till följd av spänningar i strukturer i den vänstra kammaren samt ytterligare kontraktioner av myokardiet men även att blodets hastighet minskar innan det ska vidare ut ur hjärtat. Den tredje delen av den första hjärtonen består i att blodet får en plötslig hastighetsökning på väg ut genom stora kroppspulsådern. Turbulensen som uppstår när blodet kommit upp i hastighet står för den fjärde och sista komponenten av ursprunget till S1. S2, å andra sidan, har sitt ursprung i att hastigheten minskar och till viss del går baklänges i de stora kärlen ut ur hjärtat. S3 och S4 uppkommer av den plötsliga deacceleration av blod då kamrarna når maximal fyllnad tidigt, respektive sent, i diastole (förmakssystole).

#### *Blåsljudens uppkomst och beskrivning*

Gemensamt för alla blåsljud är att de uppkommer genom vibrationer från det kardiovaskulära systemet men de kan ha olika ursprung inom detsamma (Kvart & Häggström, 2002). Det som framkallar ett blåsljud är en turbulens i blodflödet till följd av antingen hög hastighet, flöde från ett trångt utrymme till ett större eller låg viskositet på blodet. Detta fenomen kan beskrivas med hjälp av Reynolds formel där utrymmet i kärlet, hastigheten, densiteten samt viskositeten är ingående faktorer. Turbulens uppstår vid värden på Reynolds nummer över en specifik gräns (Ettinger & Suter, 1970b; Prosek, 2009).

Det finns ett flertal olika typer av blåsljud och dessa kan beskrivas utifrån intensitet, lokalisering, kvalitet, tonhöjd, timing, duration där tonhöjd innebär vilken huvudsakliga frekvens blåsljudet består av (Kvart & Häggström, 2002; Prosek, 2009). Ett blåsljuds intensitet kan graderas utefter en sexgradig skala där grad I-II motsvarar ett lindrigt blåsljud medan III-IV och V-VI motsvarar ett måttligt respektive kraftigt blåsljud (Ettinger & Suter, 1970b; Kvart & Häggström, 2002; Prosek, 2009). Karaktäristiska för varje grad av blåsljud kan ses i tabell 1. Lokaliseringen för ett blåsljud är det område över hjärtat där det hörs som mest, så kallad ”point of maximum intensity” (PMI). Kvaliteten för ett blåsljud kan beskrivas som mjukt, hårt eller musikaliskt samt att tonhöjden; mätt i Hertz (Hz), för ett blåsljud kan vara lågt (50-100 Hz), medel (100-200 Hz) eller högt (400-500 Hz) (Kvart & Häggström, 2002). Ett blåsljuds timing kan beskrivas som systoliskt (S1 till S2), diastoliskt (S2 till S1) eller kontinuerligt (varar under hela hjärtecykeln) och kan beskrivas som tidigt, mitt, holo eller pan (Kvart & Häggström, 2002; Ware, 2014). Ett blåsljud som beskrivs med prefixet holo varar från slutet av en hjärton till början av nästa medan ett blåsljud som är pansystoliskt varar från början av S1 till slutet av S2 och döljer således hjärtonerna vid auskultation (Kvart & Häggström, 2002).

Tabell 1. Gradering av blåsljudens intensitet, modifierad från (Ettinger & Suter, 1970b; Kvart & Häggström, 2002; Prosek, 2009)

Indelning	Grad	Karaktäristika
Lindrigt	I	Ett lokalt blåsljud av mycket låg intensitet, som kan upptäckas efter någon minuts noggrann auskultation i ett tyst rum
	II	Ett blåsljud av låg intensitet som enkelt hörs efter någon sekunds auskultation
Måttligt	III	Ett blåsljud av måttlig intensitet
	IV	Ett blåsljud av hög intensitet, utan palperbart svirr
Kraftigt	V	Ett blåsljud av hög intensitet, med palperbart svirr
	VI	Ett blåsljud av hög intensitet, med palperbart svirr, kan höras även när stetoskopen hålls lyft från bröstorgen

## Elektroniska stetoskop

### Uppbyggnad

Det finns ett flertal typer av mikrofoner som används i elektroniska stetoskop och Leng *et al.* (2015) beskrev tre varianter:

- *Mikrofon placerad i stetoskopshuvudet.* Detta är den tekniskt enklaste metoden där en mikrofon placeras bakom stetoskopets membran. Nackdelen med detta är att det finns risk för mycket störningar samt förluster av akustisk energi då vibrationer från stetoskopets membran ska fortplanta sig genom luften i stetoskopklockan till mikrofonens membran.
- *Piezo-elektriska sensorer.* Dessa sensorer består av kristaller som frigör elektrisk energi då de deformeras genom att stetoskopklockans membran är kopplat till dem. Även med

dessa typer av mikrofoner påverkas ljudåtergivningen då ljudet förvrängs något vid den process då elektrisk energi bildas dock med mindre brus som resultat.

- *Capacitive-sensorer*. När membranet i den här varianten av stetoskop rör sig i takt med ljudvågorna från exempelvis hjärtat ändras kapacitansen över kretsen vilket kan omvandlas till ljudsignaler. Fördelen med denna typ av sensor är att de är lätta att massproducera, kan göras små samt tål temperaturförändringar bättre än övriga system.

Det mänskliga örat har en förmåga att uppfatta frekvenser mellan 20-20 000 Hz men vid värden i spannet 1000-2000 Hz har vi störst möjlighet att skilja frekvenserna åt (Selig, 1993). Hjärtljuden har visats ha förhållandevis låga frekvenser med ett spann på 20-175 Hz medan blåsljudens frekvens varierar med typ av blåsljud, men har ett omfång på ca 10-1000 Hz (Selig, 1993; Kwart & Häggström, 2002; Ahlström, 2008). För att kunna uppfatta låga frekvenser i samma utsträckning som frekvenser i det optimala frekvensfönstret krävs att volymen förstärks avsevärt. Selig (1993) beskrev ett exempel då en ton har halva frekvensen av en annan ton krävs det att volymen för den lågfrekventa tonen höjs 5,6 gånger för att de två signalerna ska höras med samma ljudstyrka. Med hjälp av det elektroniska stetoskopets förstärkare kan ljudsignalernas volym justeras och på så sätt lättare uppfattas av auskultanten. Genom filtrering kan oönskade frekvenser silas bort och på så sätt kan stetoskopet förstärka enbart de önskade frekvenserna (Kwart & Häggström, 2002). Båda dessa funktioner kan hjälpa auskultanten genom en bättre hörbarhet av hjärttoner och blåsljud.

### **Funktion**

Flera forskargrupper har jämfört funktionen av analoga och elektroniska stetoskop för auskultation av hjärtat hos både djur (Höglund, 2007; Szilvási *et al.*, 2012; Vörös *et al.*, 2012; Blass *et al.*, 2013) och människor (Grenier *et al.*, 1998; Høyte *et al.*, 2005; Iversen *et al.*, 2005; Tourtier *et al.*, 2011a; b; Mesquita *et al.*, 2013; Fontaine *et al.*, 2014; Kelmenson *et al.*, 2014) med varierande resultat. Elektroniska stetoskop tycks fungera bättre för att höra hjärtljud i bullriga miljöer (Tourtier *et al.*, 2011a; b; Fontaine *et al.*, 2014) vilket kan vara en vanlig veterinär arbetsmiljö, speciellt vid klinisk undersökning av lantbrukets djur. Hygien är en viktig del inom vården och den nära kontakt klinikern har med stetoskopet då det sätts i öronen medför en risk för smittspridning. Användandet av högtalare tillsammans med elektroniskt stetoskop har visats upprätthålla dessa smittskyddsbarriärer samtidigt som funktionen är mer tillfredställande än den från enkla engångsstetoskop av analog modell (Kelmenson *et al.*, 2014).

Det är känt att det finns en osäkerhet i överensstämmelsen mellan olika auskultanter (Kinney, 1988; Pedersen *et al.*, 1999; Rajakumar *et al.*, 1999; Höglund *et al.*, 2004; Iversen *et al.*, 2005; Vörös *et al.*, 2011, 2012; Szilvási *et al.*, 2012). Elektroniska stetoskop tycks minska denna skillnad och framför allt gynna de mindre erfarna klinikerna (Szilvási *et al.*, 2012; Vörös *et al.*, 2012; Blass *et al.*, 2013). Höglund (2007) fann att elektroniska stetoskop verkar ge en viss ökad säkerhet för korrekt identifikation vid auskultation av blåsljud av låg intensitet. Genom att lyssna på ett inspelat ljud från hjärtat upprepade gånger kan säkerheten i bedömningen ökas (Keren *et al.*, 2005). En sådan funktion kan åstadkommas med ett elektroniskt stetoskop.

Det bör dock nämnas att det i några studier ej har kunnat påvisas någon skillnad mellan elektroniska och analoga stetoskop (Iversen *et al.*, 2005) och analoga stetoskop kan även

upplevas som bättre än elektroniska (Grenier *et al.*, 1998; Blass *et al.*, 2013). En av de senast nämnda studierna är i skrivande stund 18 år gammal och författarna nämner att det är möjligt att designa ett elektroniskt stetoskop som har fördelar från både elektroniska och analoga stetoskop (Grenier *et al.*, 1998). Intressant är dock att i en senare studie beskrevs det elektroniska stetoskopet Littmann 3200, mer nyligen producerat och även inkluderad i denna studie, som sämre än analoga stetoskop för att upptäcka onormala hjärtljud och förändringar i hjärtat hos katt (Blass *et al.*, 2013). Observatörerna i studien fick dock endast en två timmars upplärningsperiod för tolkning av de inspelade ljuden med det elektroniska stetoskopet, vilket kan ha påverkat resultatet. För en observatör som är van vid ett analogt stetoskop krävs en viss adaptation till ett elektroniskt stetoskop för att kunna tolka ljuden på bästa sätt (Durand & Pibarot, 1995). Iversen *et al.* (2005) delade upp läkare i två grupper där ena gruppen använde elektroniskt stetoskop och den andra analogt stetoskop vid undersökning av ett antal patienter inom humanvården. Läkarna fick använda stetoskopen i sitt dagliga arbete under en fyra veckorsperiod inför studien för att bekanta sig med dem. Trots detta kunde ingen skillnad ses vid auskultation av systoliska blåsljud med PMI över hjärtbasen, blåsljud med PMI över karotiderna, övriga blåsljud, gallopprytm eller distoliska blåsljud. Däremot fann forskarna en signifikant skillnad mellan elektroniska och analoga stetoskop vid diagnosticering av blåsljud med PMI över apex av hjärtat, till det elektroniska stetoskopets fördel.

## **Fonokardiografi**

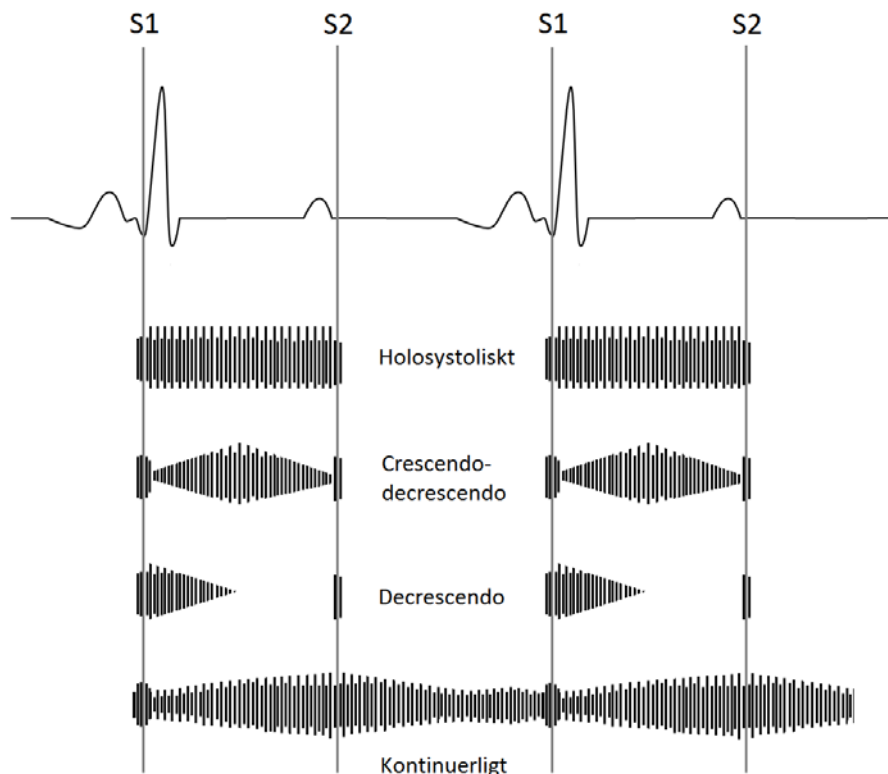
### ***Utveckling***

Fonokardiografi utvecklades med syfte att ge klinikern ett verktyg för att spela in ljud från hjärtat samt att ge möjlighet att göra mätningar av tidsintervaller. Dessa tidsintervaller kan användas i kliniskt diagnostiskt syfte, men bidrar även till att få en bättre förståelse för ursprungen till ljuden från hjärtat (Durand & Pibarot, 1995). Traditionell fonokardiografi består i att en elektrokardiograf (EKG) kopplas till en mikrofon som registrerar ljud via vibrationer i bröstkorgen och därefter omvandlas ljudvågorna till elektriska signaler som kan visas upp tillsammans med EKG-signalerna på en skärm, eller skrivas ut på papper. Med hjälp av elektroniska stetoskop kan ljuden spelas in digitalt och analyseras på en dator, så kallad digital fonokardiografi (dPCG), vilket medför bättre kvalitet på inspelningarna och större mätsäkerhet jämfört med traditionell fonokardiografi (Kvart & Häggström, 2002; Vörös *et al.*, 2011). TheStethoscope, ett elektroniskt stetoskop som även är inkluderat i denna studie, har möjlighet att simultant spela in en EKG-signal via klämmor som fästs på djuret som vid en vanlig EKG-undersökning. Övriga stetoskop inkluderade den här studien saknar denna funktion.

### ***Tolkning***

Hjärttonernas normala utseende på fonokardiogrammet är viktigt att känna till för att kunna tolka ljud från ett patologiskt hjärta. Vid jämförelse mellan fonokardiografi och EKG börjar S1 omkring 0,02 sekunder efter att QRS-komplexet inleds och har en längre duration än S2 (Kvart & Häggström, 2002) medan S2 tar sin början efter att T-vågen har inträffat på EKG-kurvan (Prosek, 2009). Med hjälp av EKG kan således den fonokardiografiska tolkningen av timing för hjärtljuden förenklas.

Durationen av systole varar från början av S1 till början av S2 och är hos hund mellan 0,15-0,28 sekunder; medan samma period hos katt är 0,13-0,18 sekunder (Kvart & Häggström, 2002). Dessa mått kan användas som hjälp för att lokalisera S1 och S2 vid inspelningar utan samtidigt EKG-registrering vilket kan vara speciellt användbart hos djur med hög hjärtfrekvens, till exempel katter. Diastole varar från början av S2 till början av S1 men durationen av diastole (och även till viss del systole) påverkas av ålder, stressgrad samt hjärtfrekvens (Kvart & Häggström, 2002).



Figur 1. Illustration över timing av hjärttoner i förhållande till EKG samt över olika fonokardiografiska utseenden på blåsljud.

Blåsljuden kan delas in utifrån deras utseende på ljudkurvan (Prosek, 2009; Ware, 2014): decrescendo, crescendo-decrescendo, plåtå eller kontinuerliga där de olika typerna tyder på olika etiologier. Ett blåsljud av decrescendo-karaktär kan uppstå både under systole och diastole och kan bero på exempelvis fysiologiska faktorer, eller så kallad "dynamic right ventricular outflow tract obstruction" (DRVOTO) hos katter (Rishniw & Thomas, 2002). Ett blåsljud som är diamantformat på ljudkurvan kallas crescendo-decrescendo och uppkommer ofta vid förträngningar vid hjärtats utlopp, till exempel pulmonalisstenos; medan ett plåtåformat blåsljud bland annat kan uppstå vid läckage i atriventrikulärklaffarna och karaktäriseras av att nå hela vägen från S1 till S2 och även i vissa fall täcka dessa (Ware, 2014). Ett kontinuerligt blåsljud, även kallat "machinery murmur", pågår under hela systole och diastole men kan ha varierande intensitet och uppstår vid framför allt vid persisterande ductus arteriosus (PDA). En

illustration över blåsljudens utseende samt hjärttonernas timing i förhållande till EKG kan ses i figur 1.

För att kunna göra en optimal bedömning, både vid auskultation och vid en fonokardiografisk undersökning, krävs det att omgivande faktorer som kan störa undersökningen minimeras. Exempel på sådana faktorer är ljud från luftvägar och gastrointestinalkanalerna, päls som rör sig mot stetoskopet, skakningar och muskelryckningar hos djuret till följd av stress samt ljud från undersökningsrummet (Kvart & Häggström, 2002; Ware, 2014).

### **Funktion**

Det elektroniska stetoskopet TheStethoscope från Welch Allyn Meditron har utvärderats för användning vid fonokardiografisk inspelning hos hund (Vörös *et al.*, 2011). Forskargruppen visade att genom samtidig användning av fonokardiografi kunde säkerheten för gradering och bedömning av ett blåsljuds kvalitet ökas, speciellt för den oerfarna auskultanten. Då observatörerna enbart fick lyssna till inspelade ljud varierande andelen korrekt graderade från 75–95% och andelen korrekt karakteriserade från 45–85%, där de låga värdena motsvarar den minst erfarna observatören och de höga värdena motsvarar den mest erfarna. Vid samtidig användning av fonokardiografi kunde dessa procentsatser höjas till mellan 95–100% för samtliga observatörer. Liknande resultat har även påvisats vid studier inom humanvården (Germanakis *et al.*, 2008; Mahnke *et al.*, 2008).

Hos hundrasen Cavalier King Charles Spaniel (CKCS) är det visat att vid jämförelse mot fonokardiografi har analog auskultation en sensitivitet på 38–88% för korrekt identifiering av blåsljud, där lägre värden motsvarar en mindre erfaren auskultant medan erfarna auskultanter presterar bättre (Pedersen *et al.*, 1999). Detta resultat kan tolkas som att med hjälp av fonokardiografi kan säkerheten för att korrekt identifiera ett blåsljud ökas, speciellt för den mindre erfarna auskultanten. I samma studie fann forskarna dock att specificiteten för analog auskultation för alla sex observatörer var god med värden mellan 77–100% jämfört med fonokardiografi.

Fonokardiografi har använts vid studier på CKCS med myxomatös hjärtklaffsdegeneration, varvid förändringar på fonokardiogrammet uppstod i takt med att sjukdomen utvecklades (Häggström *et al.*, 1995). Hjärtviktpatienter kan delas upp i klasser utifrån hur långt deras hjärtsjukdom har framskridit (Ettinger & Suter, 1970a) och forskarna fann att intervallet mellan Q-vågen på EKG-kurvan och den andra hjärttonen förkortas med ökande klass av hjärtsvikt. Även durationen mellan S1 och S2 följde samma mönster samt att en tredje hjärtton kunde påvisas hos hundar vars sjukdomsförlopp progredierade från klass I till II under studiens gång. Förekomsten av en tredje hjärtton var också högre i de högre hjärtsviktsklasserna.

Vid aortastenoser hos hund har fonokardiografi visats vara en tillförlitlig metod för att indikera måttliga-kraftiga förändringar, vilket har studerats genom att bedöma blåsljudets duration samt frekvensomfång (Kvart *et al.*, 1998). Resultaten från studien tyder dock på att det kan vara svårt att skilja på blåsljud av icke patologisk karaktär och de som kommer från lindriga aortastenoser. Författarna diskuterade även att fördelen med fonokardiografi är att det är en mer objektiv teknik jämför med enbart användning av auskultation.

## **Elektroniska stetoskop och fonokardiografi inom utbildning**

Användningen av elektroniska stetoskop i utbildningssyfte har utvärderats med varierande resultat. Med hjälp av auskultation med elektroniskt stetoskop kan resultatet av kardiologisk undervisning förbättras (Mesquita *et al.*, 2013). Ett elektroniskt stetoskop av märket Littmann 3200 jämfördes mot ett analogt från samma tillverkare vid en kurs i kardiologi för läkarstudenter. Samtliga studenter förbättrade sina kunskaper efter genomgången kurs, men den grupp som använt elektroniskt stetoskop visade en förbättring med 51,2% att jämföra med 29,5% för kontrollgruppen med analogt stetoskop. Även TheStethoscope, producerat av Welch Allyn Meditron, har undersökts i utbildningssyfte dock utan att någon signifikant skillnad kunde påvisas mellan detta och analogt stetoskop (Høyte *et al.*, 2005). Studenterna i den senare studien hade fått två timmars föreläsning på ämnet samt fyra timmars praktisk undervisning utöver den ordinarie utbildningen för läkarstudenter.

Med hjälp av fonokardiografi vid utbildning av läkarstudenter inom pediatrik kunde en förbättring av bedömning av timing samt karaktär påvisas (Germanakis & Kalmanti, 2009). Resultaten från pilotstudien pekade på testresultat som var 69% bättre efter genomgången kurs. Författarna diskuterar att detta tyder på att fonokardiografi är ett viktigt verktyg i utbildningen, speciellt inom områden där praktisk träning är begränsat av till exempel patientunderlag. Det bör dock nämnas att ingen kontrollgrupp att jämföra resultaten mot fanns i denna pilotstudie. Även med hjälp av enkla medel, där vanliga ljuduppspelningsprogram som Windows Media Player används för att illustrera fonokardiografiska kurvor, kan fungera som stöd i utbildningen (Woywodt *et al.*, 2004). I artikeln påstår författarna att studenterna upplevde att det var lättare att förstå vissa specifika delar i undervisningen som en delad hjärtton, närvaro av en tredje hjärtton samt blåsljudens grafiska utseende vid användning av fonokardiografi.

## **MATERIAL OCH METODER**

### **Djur**

Inklusionskriterier för studien var hundar och katter som kom för ultraljudsundersökning vid hjärtspecialistmottagningen på Universitetsdjursjukhuset, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), av annan orsak än att delta i studien under perioden september-november 2016. Alla djur som inkluderades i studien var kliniskt stabila vid undersökningstillfället. Målet var att en population på 20 hundar samt 20 katter skulle delta i studien, varav omkring fem skulle vara utan auskulterbart blåsljud av vartdera djurslaget. Muntligt godkännande från djurägarna erhöles efter att de delgetts en förklaring av studiens praktiska genomförande, syfte och mål innan inspelningarna påbörjades.





Figur 2. Fotografi över elektroniska stetoskop samt tillhörande utrustning för att koppla stetoskopen till dator och surfplatta. Vänster uppe: ThinkLabs One, vänster nere: eKuore, mitten: TheStethoscope och höger: Littmann 3200.

## Stetoskop

Stetoskop och programvara som användes i denna studie var (figur 2):

- TheStethoscope tillsammans med Meditron Analyzer, för att kunna koppla stetoskopet till en dator. Programvaran var Meditron Analyzer version 4,0V.<sup>1</sup>
- ThinkLabs One Digital Stethoscope tillsammans med ThinkLabs Thinklink för att koppla stetoskopet till en surfplatta. Programvaran var ThinkLabs Audacity.<sup>2</sup>
- Littmann 3200, 3M, tillsammans med en blåtandsadapter inkluderad i förpackningen för att koppla stetoskopet till en surfplatta. Programvaran var Littmann StethAssist.<sup>3</sup>
- eKuore Vet Stethoscope tillsammans med inkluderad mottagare för att koppla stetoskopet till en surfplatta. Programvaran var eKuore Desktop def.<sup>4</sup>

TheStethoscope samt Littmann 3200 använder sig av piezo-elektriska sensorer medan ThinkLabs One använder capacitive-sensor (Leng *et al.*, 2015). Information om mikrofontyp i eKuore har inte gått att finna. Samtliga stetoskop har förmåga att förstärka ljudsignalerna. Enligt respektive tillverkare kan en förstärkning på över 100 gånger erhållas för ThinkLabs One (ThinkLabs Medical LLC, 2015), 32 gånger för Littmann 3200 (3M Littmann, 2016) och 20 gånger för eKuore (eKuore, 2016). Information om hur stor förstärkning som är möjlig med TheStethoscope är inte presenterad. Samtliga stetoskop har möjlighet till filtrering av ljuden. TheStethoscope och Littmann 3200 har ett utseende som påminner om ett traditionellt bauralt analogt stetoskop medan ThinkLabs One och eKuore använder sig av vanliga stereohörlurar av in-ear-typ. TheStethoscope har utgått ur produktion medan de övriga finns tillgängliga att köpa.

Inställningar för filter samt volym sattes för vart och ett av stetoskopen till optimalt för auskultation av det aktuella djuret och ändrades därför utefter rådande förhållanden, detta för att spegla en klinisk situation.

Till TheStethoscope användes en bärbar dator<sup>5</sup> med Windows XP installerat då tillhörande programvara inte stöds i nyare operativsystem. För de övriga stetoskopen användes en surfplatta med Windows 10 installerat.

## Inspelning

Ett protokoll utformades där datum, signalement, beskrivning av blåsljud, stressgrad samt stetoskopens användbarhet antecknades, se appendix. I signalement ingick djurslag, journalnummer vid Universitetsdjursjukhusets smådjursklinik, kön, födelsedatum, ras, vikt, Body condition score (BCS) samt beskrivning av utseendet på pälsen. Body condition score graderades utefter en tidigare beskriven niogradig skala (Journal of the American Animal Hospital Association, 2010). Pälsbeskrivningen bestod i att avgöra om päls längden var kort, medel eller lång; pälstypen var slät, sträv eller lockig samt om pälstätheten var tunn, medel eller tät.

Användarvänligheten utvärderades i form av tidtagning och användbarhet vid det specifika inspelningstillfället. Tidsåtgången från det att inspelningen påbörjades, det vill säga från det att inspelningsknappen trycktes in, till dess att en fullgod registrering var utförd antecknades på protokollet. Efter varje inspelning kontrollerades ljudkurvan visuellt och en snabb subjektiv bedömning utfördes med avseende på godtagbar kvalitet eller inte. Användbarheten utvärderades genom betygsättning där ett värde från 1 till 5 gavs rörande hur lätt det var att använda stetoskopet med tillhörande programvara vid det specifika tillfället där 1 motsvarade ”inte alls lätt, 3 ”lätt” och 5 ”väldigt lätt”. En allmän kommentar noterades för den aktuella inspelningen om något avvikande hade uppstått. Alla inspelningar utfördes av samma operatör; en student i årskurs 6 på veterinärprogrammet.

Ordningen för hur de fyra stetoskopen användes utfördes slumpmässigt utifrån lottning där fyra identiskt stora lappar, med namnen från vart och ett av stetoskopen, lades i ett kuvert. En lapp drogs sedan ur kuvertet inför varje inspelningstillfälle. Varje inspelning märktes med ett individuellt identifikationsnummer utifrån slumpmässigt urval med hjälp av förmärkta lappar i ytterligare två kuvert, ett för vardera djurslaget. Lappar märkta med nummer 1–80 lades i de två kuverten, då 20 hundar och 20 katter planerades ingå i undersökningen av de fyra stetoskopen. Varje inspelning erhöll således ett unikt identifikationsnummer för att göra undersökningen blindad.

”Point of maximum intensity” bestämdes för samtliga djur med hjälp av auskultation med valfritt elektroniskt stetoskop av TheStethoscope eller Littman 3200, som vanligtvis används vid hjärtmottagningen på Universitetsdjursjukhuset, SLU. Auskultationen utfördes utav en av tre, inom kardiologi, erfarna veterinärer som också bedömde eventuella blåsljud med avseende på intensitet enligt en sexgradig skala som presenteras i tabell 1 (Ettinger & Suter, 1970b; Kwart & Häggström, 2002; Prosek, 2009). Inspelningar med alla fyra stetoskop utfördes därefter enbart vid detta område. Om inget blåsljud kunde påvisas, utfördes inspelningen över

mitralisområdet hos hundar och sternalt där hjärttonerna hördes tydligast hos katter. De PMI som var aktuella i den här studien var för hund mitralis, aorta, pulmonalis samt tricuspidalis och för katt sternalt vänster sida och sternalt höger sida samt hjärtbas vänster sida och hjärtbas höger sida.

Under inspelning var det tyst i rummet för att minimera störningar, djuren stod på alla fyra ben och rekommenderade åtgärder vidtogs för att tysta flämtande hundar och spinnande katter (Kvart & Häggström, 2002; Ware, 2014). För att uppnå bra kontakt mellan stetoskopens klocka och djurets bröstorg, hölls en hand mot motstående bröstorgs sida som mottryck. En totaltid på minst 15 sekunder spelades in med vart och ett av stetoskopen för att säkerställa att ett flertal hjärtslag registrerades vid varje inspelning. Varje inspelning namngavs med sitt individuella identifikationsnummer och sparades i datorn respektive surfplattan.

### **Ultraljudsundersökning**

Alla djur undersöktes med ultraljud utav en av tre, inom kardiologi, erfarna veterinärer i samband med auskultation samt inspelning av hjärtljud enligt ordinarie rutiner vid Universitetsdjursjukhuset, SLU. Alla ekokardiografiska undersökningar utfördes med samma system<sup>7</sup>.

### **Bedömning av inspelade ljud**

Högkvalitativa hörlurar<sup>8</sup> användes vid auskultation av de inspelade ljuden. Inspelningarna för TheStethoscope analyserades, enligt nedan, på samma dator<sup>5</sup> som använts för inspelning. Övriga stetoskop, som kopplats till surfplattan vid registrering, analyserades på en annan dator<sup>9</sup>. Programvaran tillhörande respektive elektroniskt stetoskop installerades på denna dator. De båda datorerna hade identisk skärmstorlek samt skärmupplösning och körde operativsystemet Windows XP för att inte påverka resultatet av den fonokardiografiska tolkningen.

Även ordningen för bedömning utfördes slumpvis genom att samtliga lappar med identifikationsnummer för vardera djurslaget lades i varsitt kuvert. En lapp i taget drogs inför varje bedömning.

De inspelade ljuden analyserades i respektive tillhörande programvara genom bedömning av inspelningskvalitet, både auskultatoriskt och fonokardiografiskt. Ett betyg mellan 1 till 5 gavs efter uppsatta kriterier, vilka var anpassade till denna studie utifrån tidigare beskrivna kriterier (Springer *et al.*, 2016). Även en helhetsbedömning för inspelningskvaliteten noterades på protokollet, där ett betyg mellan 1 till 5 användes. 1 motsvarade väldigt dåligt, 2 dåligt, 3 måttligt, 4 bra och 5 utmärkt.

Varje ljudinspelning bedömdes auskultatoriskt, genom att lyssna på inspelat ljud, och fonokardiografiskt med avseende på förekomst av blåsljud samt om detta inte gick att avgöra på grund av dålig inspelningskvalitet. Timing av eventuella blåsljud registrerades också som systoliskt, diastoliskt eller kontinuerligt samt tidigt, mitt, sent eller holo inom varje intervall genom bedömning av fonokardiogrammet. Karaktären kategoriserades som decrescendo, crescendo-decrescendo eller plåtå (Kvart & Häggström, 2002). Observatören fick också

möjlighet att ge en övrig kommentar om detta ansågs relevant. Protokoll utformades för registrering av bedömningarna, se appendix.

Blåsljud av längre duration förekommer ofta vid hjärtpatologier medan ett tidigt systoliskt blåsljud i vissa fall kan vara fysiologiskt (Kvart & Häggström, 2002). Vid hjärtpatologi kan durationen i vissa fall öka med ökad sjukdomsgrad (Kvart *et al.*, 1998; Kvart & Häggström, 2002). Med vetskap om detta är korrekt registrering av duration väsentligt för ett fonokardiografiskt inspelningsverktyg. Samtliga inspelningar där alla stetoskop erhöll en bedömning att blåsljud förekom samt att kvaliteten var tillräckligt god för att bedömning var möjlig, mättes för duration av blåsljud. Då programvaran tillhörande eKuore Vet Stethoscope och Littmann 3200 saknar möjlighet att exakt mäta tidsintervall användes ett mätprogram<sup>10</sup>, som mäter pixelavstånd på datorskärmen, för samtliga system. Durationen av systole mättes från början av S1 till början av S2 och durationen av blåsljudet mättes från början av blåsljudet till slutet av detsamma (Kvart & Häggström, 2002). Om blåsljudet nådde någon av hjärtonerna inkluderades inte hjärtonerna i blåsljudets duration. Därefter beräknades den procentuella durationen av blåsljudet jämfört med durationen av systole. Resultaten jämfördes därefter mellan de olika stetoskopen. Protokoll för denna mätning ses i appendix.

## Statistiska analyser

Ålder, vikt samt BCS presenteras som medelvärde med standardavvikelse vilka beräknades i Microsoft Excel. Sensitivitet samt specificitet för samtliga stetoskop med avseende på identifiering av blåsljud beräknades manuellt. Övriga statistiska analyser utfördes i ett datorprogram<sup>11</sup>. Skillnader mellan stetoskop i användbarhet, tid för inspelning, ljudkvalitet av inspelning samt kvalitet av fonokardiogram undersöktes genom variansanalys (ANOVA) där modeller med ett  $P$ -värde  $<0.05$  undersöktes vidare med Tukey-Kramer testet för att undersöka var skillnaderna förelåg. Tidsåtgången för inspelning undersöktes vidare i en multipel regressionsanalys där djuridentitet och stetoskop inkluderades som oberoende variabler. Även användarvänlighet, ljudkvalitet av inspelning samt kvalitet av fonokardiogrammet undersöktes vidare i multipel regressionsanalyser inkluderande, utöver typ av stetoskop, som oberoende variabler även djurart, BCS, pärlslängd, pärlstäthet, pärlstyp, om djuret varit rakat eller inte vid inspelningstillfället, och stressgrad. Signifikansnivån sattes till  $P<0.05$

## RESULTAT

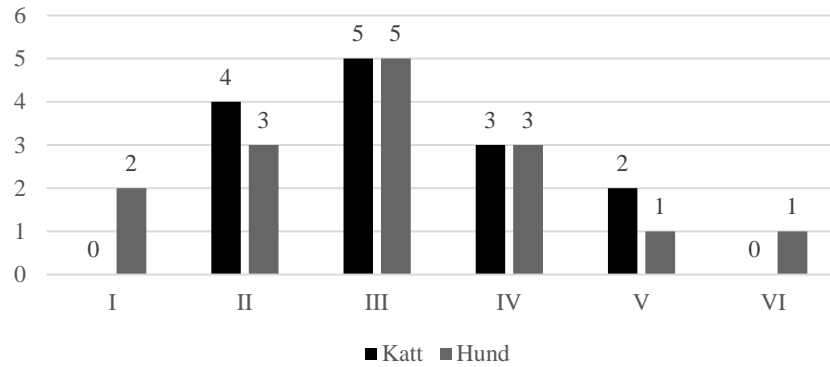
### Studiepopulation

Samtliga inspelningar utfördes under perioden 2016-09-15 till 2016-11-08, ett tidsspänn på 40 dagar. En sammanställning för populationen som ingick i studien kan ses i tabell 2. Nio hundar diagnosticerades med myxomatös hjärtklaffsdegeneration, tre med fysiologiska blåsljud (hjärtultraljud inom normalvariationen), en med aortastenosis, en med blåsljud av extrakardiell orsak (anemi) samt en med kronisk endokardit. Katternas diagnoser innefattade åtta med vänster kammarhypertrofi, tre med fysiologiska blåsljud (hjärtultraljudsfynd inom normalvariationen), en med intermediär kardiomyopati, en med komplex hjärtmissbildning samt en katt med kronisk njursvikt och anemi som uppvisade både systolic anterior motion

(SAM) och DRVOTO. Samtliga individer, fem hundar och sex katter, som saknade auskulterbart blåsljud hade ett hjärta inom normalvariation vid ultraljudsundersökningen. Av de totalt 40 individerna hade 23 kort päls, tio medellång och sju lång päls. Pälstypen hos de 40 individerna bestod av 27 med slät päls, åtta strävåriga samt fem lockiga och pälstätheten bedömdes för 27 av individerna till medel, för åtta som tät och för fem som tunn. Fyra hundar var rakade över auskultationsområdet till följd av ultraljudsundersökning. PMI för hundarna med blåsljud låg för tolv hundar över mitralis och för tre över aorta. Av katterna med blåsljud hade åtta PMI sternalt på vänster sida, tre sternalt på höger sida och tre över hjärtbasen på vänster sida. Fördelningen för gradering av intensitet för blåsljud hos hundar och katter inkluderade i studien ses i figur 3.

Tabell 2. Studiepopulation med avseende på djurslag, förekomst av auskulterbart blåsljud, ålder, vikt, body condition score (BCS), kön samt ras. Ålder, vikt samt BCS är presenterat som medelvärde med standardavvikelse

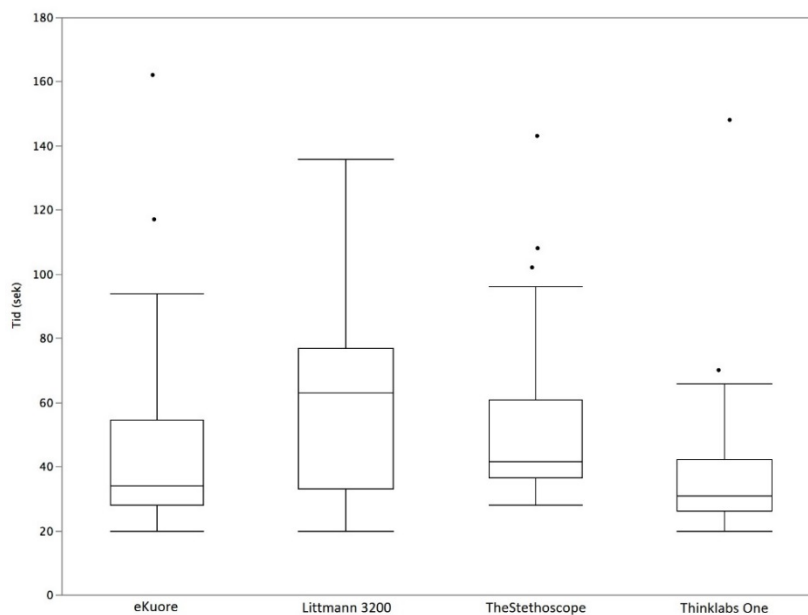
	Hund (n=20)		Katt (n=20)	
	Med blåsljud (n=15)	Utan blåsljud (n=5)	Med blåsljud (n=14)	Utan blåsljud (n=6)
Ålder, år	9,2 ± 3,5	5,7 ± 2,0	8,2 ± 5,7	2,5 ± 1,8
Vikt, kg	15,1 ± 11,9	16,6 ± 6,6	4,1 ± 1,4	4,2 ± 1,0
BCS	5,4 ± 0,7	5,8 ± 1,2	4,8 ± 1,0	5,2 ± 0,9
Kön	Tik (n=9)	Tik (n=3)	Hona (n=7)	Hona (n=4)
	Hane (n=6)	Hane (n=2)	Hane (n=7)	Hane (n=2)
Ras	Blandras (n=2)	Blandras (n=1)	Huskatt korthår (n=8)	Norsk skogkatt (n=3)
	Dansk-svensk gårdshund (n=1)	Dvärgschnauzer (n=1)	Devon rex (n=2)	Devon rex (n=2)
	Dobermann (n=1)	Labrador retriever (n=1)	Maine coon (n=1)	Huskatt korthår (n=1)
	Dvärgschnauzer (n=1)	Nova scotia duck tolling retriever (n=1)	Perser (n=1)	
	Engelsk springer spaniel (n=1)	Staffordshire bullterrier (n=1)	Siames (n=1)	
	Japanese chin (n=1)		Sibirisk katt (n=1)	
	Labrador retriever (n=1)			
	Rottweiler (n=1)			



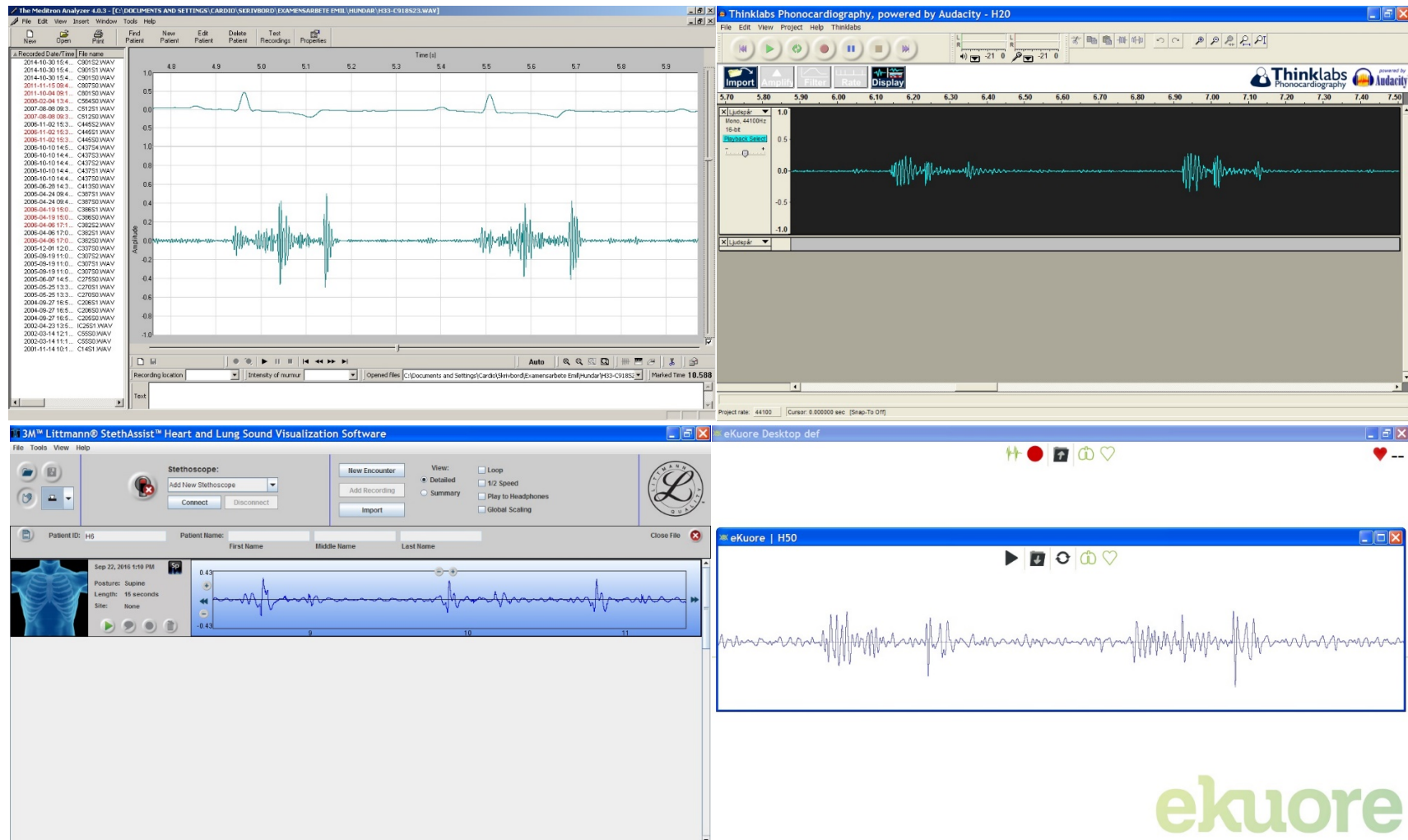
Figur 3. Gradering av blåsljudens intensitet vid direkt auskultation för hundar (n=15) och katter (n=16). X-axeln motsvarar grad av intensitet medan y-axeln är antal individer.

### Användarvänlighet

Resultat för tidsåtgång för inspelning illustreras i figur 4 i form av median, kvartilavstånd samt spridning. Medelvärdet för vardera stetoskopet var 63,0 sekunder för Littmann 3200; 53,0 sekunder för TheStethoscope; 45,2 sekunder för eKuore och 38,8 sekunder för Thinklabs One. En signifikant skillnad kunde påvisas vid jämförelse mellan Littmann 3200 och eKuore samt Thinklabs, där de två sistnämnda krävde en kortare tidsåtgång än Littmann 3200. Då mätningarna för tid korrigerades för variationer hos de enskilda individerna kunde utöver tidigare nämnda signifikanta differenser även en signifikant skillnad påvisas mellan TheStethoscope (52,7 sekunder) och ThinkLabs One (38,8 sekunder).



Figur 4. Diagram över tidsåtgång vid inspelning presenterat i sekunder för både hund och katt för respektive stetoskop, presenterat som median, kvartilavstånd samt spridning.



Figur 5. Exempel på fonokardiografiska inspelningar från samtliga system inkluderade i studien. Alla inspelningar kommer från samma djur; en hund av blandras med ultraljudsdiagnosen myxomatös hjärtklaffsdegeneration och som auskultatoriskt bedömts ha ett blåsljud av grad 3. Vänster uppe: Meditron Analyzer V4,0; höger uppe: ThinkLabs Audacity; vänster nere: Littman StethAssist; höger nere: eKuore Desktop def.

Totalsumman för användbarhet uppgick till 177 för TheStethoscope, 171 för ThinkLabs One, 155 för Littmann 3200 och 153 för eKuore där den maximala poängen som kunde uppnås var 200. Medelvärdet för samma bedömning var 4,43 för TheStethoscope; 4,28 för ThinkLabs One; 3,88 för Littmann 3200 samt 3,83 för eKuore med en poolad standardavvikelse av 0,14 för samtliga värden. TheStethoscope fick ett signifikant högre medelvärde jämfört med Littmann 3200 och eKuore, övriga skillnader i medelvärde för användarbetyg saknade statistisk signifikans.

### **Ljudkvalitet för inspelade ljud samt fonokardiografi**

TheStethoscope samt Thinklabs One erhöll ett medelvärde för ljudkvalitet vid bedömning av inspelat ljud på 4,0; Littmann 3200 fick 3,7 och eKuore 3,3. Skillnaden mellan TheStethoscope samt Thinklabs One och eKuore var statistiskt signifikant. Granskning av kvalitet för den fonokardiografiska kurvan resulterade i medelvärde för Thinklabs One på 4,2; för TheStethoscope 3,8; för Littmann 3200 2,8 och för eKuore 3,0. Ingen statistisk signifikans påvisades mellan medelvärdet för eKuore och Littmann 3200, medan jämförelse mellan övriga värden visade statistisk signifikans. Exempel på fonokardiografisk inspelning för samtliga stetoskop kan ses i figur 5.

I multipla regressionsanalyser som undersökte effekterna av olika variablers effekter på kvalitetsbedömning av inspelade ljud och fonokardiogram, kunde signifikanta effekter av stressgrad och pälstyp påvisas, utöver effekter av stetoskop. Ökande stressgrad visade sig påverka bedömning av kvalitet negativt både för de inspelade ljuden och fonokardiografiskt för samtliga stetoskop. Även pälstypen påverkade bedömningsresultatet, dock enbart för fonokardiogrammen, där samtliga stetoskop erhöll lägre bedömningsvärden för kvalitet vid korrigering för pälstyp än då denna korrigering inte utförts. De djur som bedömts ha lockig päls fick statistiskt sämre värden än de som hade slät, dock saknade skillnaden mellan sträv och slät samt sträv och lockig signifikans. Påverkan från övriga variabler i den multipla regressionsanalysen, det vill säga djurart, BCS, pälslängd, pälstyp samt om djuret var rakat eller inte vid inspelningstillfället, saknade statistiskt signifikans. De statistiskt signifikanta skillnaderna i medelvärde för kvalitetsbedömning mellan stetoskopen, nämnda ovan, kvarstod även i den multipla regressionsanalysen för både ljudkvalitet och fonokardiografisk kvalitet.

### **Identifiering av blåsljud**

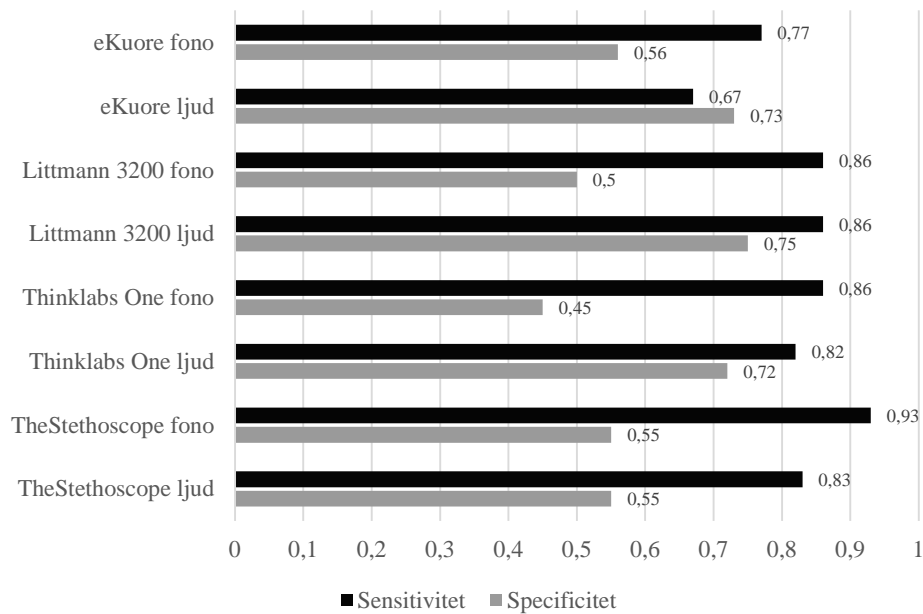
Hos 13 av 29 patienter med blåsljud kunde blåsljudet påvisas både vid direkt auskultation och vid bruk av samtliga stetoskop. Två av de elva djur som saknade blåsljud vid direkt auskultation identifierades av alla stetoskop. Med hjälp av fonokardiografi bedömdes endast åtta patienter, fem hundar och tre katter, med förekomst av blåsljud korrekt med samtliga stetoskop jämfört med direkt auskultation och ingen patient utan blåsljud bedömdes korrekt. I tabell 3 kan resultat från identifiering av blåsljud ses för vardera stetoskopet, både från bedömning av inspelat ljud samt från fonokardiografisk bedömning. Sensitivitet och specificitet för samtliga system med avseende på identifiering av blåsljud jämfört med auskultation ses i figur 6. Beräkningarna är utförda för inspelningar med kvalitet som bedömts som godtagbar för bedömning av förekomst



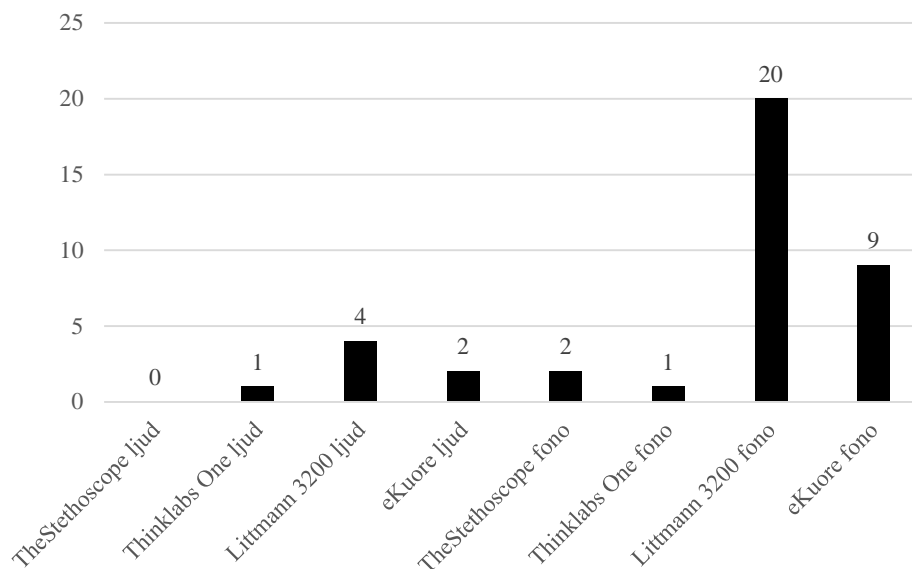
av blåsljud. Antalet inspelningar med för dålig kvalitet för att kunna bedömas redovisas i figur 7.

Tabell 3. Modifierad 2x2-tabell för presentation av identifikation av blåsljud för respektive stetoskop vid bedömning av ljudinspelning samt fonokardiografi för hund och katt gemensamt. Endast inspelningar med bedömningsbar kvalitet är inkluderade i tabellen

		Blåsljud vid auskultation		Summa
		Ja	Nej	
TheStethoscope ljud	Ja	24	5	29
	Nej	5	6	11
	Summa ljud	29	11	40
TheStethoscope fonokardiografi	Ja	25	5	30
	Nej	2	6	8
	Summa fono	27	11	38
Thinklabs One ljud	Ja	23	3	26
	Nej	5	8	13
	Summa ljud	28	11	39
Thinklabs One fonokardiografi	Ja	24	6	30
	Nej	4	5	9
	Summa fono	28	11	39
Littmann 3200 ljud	Ja	24	2	26
	Nej	4	6	10
	Summa ljud	28	8	36
Littmann 3200 fonokardiografi	Ja	12	3	15
	Nej	2	3	5
	Summa fono	14	6	20
eKuore ljud	Ja	18	3	21
	Nej	9	8	17
	Summa ljud	27	11	38
eKuore fonokardiografi	Ja	17	4	21
	Nej	5	5	10
	Summa fono	22	9	31



Figur 6. Sensitivitet och specificitet för samtliga system med avseende på identifiering av blåsljud från ljudinspelning respektive fonokardiografi vid jämförelse med direkt auskultation. Fono = fonokardiografisk bedömning, ljud = bedömning av ljudinspelning.



Figur 7. Antal inspelningar som bedömts vara av för dålig kvalitet för att kunna utvärderas för förekomst av blåsljud för respektive stetoskop. Fono = fonokardiografisk bedömning, ljud = bedömning av ljudinspelning.

## Timing och duration av blåsljud

Samtliga registrerade blåsljud från alla fonokardiografiska inspelningar (n=96), inklusive de korrekt och icke korrekt registrerade, bedömdes som systoliska. Medelvärdet för duration av blåsljud jämfört med durationen av systole uppmättes för de åtta patienter (fem hundar och tre katter) där samtliga stetoskop korrekt registrerat blåsljud fonokardiografiskt. Resultaten blev 64,6% för TheStethoscope; 64,0% för ThinkLabs One; 59,2% för eKuore och 58,8% för Littmann 3200 med en poolad standardavvikelse på 3,4 procentenheter för samtliga stetoskop. Ingen statistisk signifikant skillnad kunde påvisas mellan dem, varken för katter eller hundar var för sig eller för båda djurslagen gemensamt. Durationen av blåsljud för de tre katterna erhöll ett samlat medelvärde för alla stetoskop på 65,2% och de fem hundarna 59,5% med en standardavvikelse 2,8 respektive 2,2 procentenheter.

## DISKUSSION

I denna studie har skillnader mellan olika elektroniska stetoskop kunnat påvisas för användbarhet, tidsåtgång för inspelning samt kvalitetsbedömning för ljudinspelning och fonokardiografisk inspelning. Även sensitivitet samt specificitet för påvisande av blåsljud skiljer sig mellan de olika systemen för bedömning av inspelade ljud såväl som för fonokardiografisk bedömning.

Den subjektiva bedömningen av användbarhet för de olika stetoskopen skiljde sig mellan TheStethoscope (4,43) och Littmann 3200 (3,88) samt eKuore (3,83) där TheStethoscope fick ett högre medelvärde än de två sistnämnda. Skillnaden mellan medelvärdet för Thinklabs One (4,28) och de övriga erhöll inte statistisk signifikans men resultaten tyder på att TheStethoscope och Thinklabs One skiljer ut sig som lättare att använda för inspelning i en klinisk miljö, än de övriga systemen. Intressant är dock att vid tidtagning erhöll TheStethoscope det näst högsta medelvärdet (53,0 s) medan eKuore var ett av de stetoskop som uppvisade lägst tidsåtgång (45,2 s). Det förväntande skulle kunna vara att en förlängd tidsåtgång hör ihop med ett lägre värde för bedömningen av användbarheten, men resultaten visade inte på detta samband. En tolkning av detta skulle kunna vara att även om programvaran generellt kräver längre tid att hantera och bedöma, upplevs detta inte som begränsande för användbarheten. En orsak till detta skulle kunna vara att samtliga stetoskop erhöll medelvärden från cirka en minut och nedåt vilket i en klinisk situation får anses som en relativt kort tid. Tolkning av de inspelade ljuden, både auskultatoriskt och fonokardiografiskt, kräver emellertid ytterligare tid, vilket inte undersöktes i denna studie. Thinklabs One var det stetoskop som gick snabbast att spela in med (38,8 s) och blev bedömd som ett av de stetoskopen med bäst inspelningkvalitet både ljudmässigt och fonokardiografiskt. Även eKuore var ett av de snabbare stetoskopen (45,2 s), men erhöll bland de lägsta värdena vid bedömningen av inspelningskvalitet. Denna jämförelse tyder på att dessa stetoskop går snabbare att hantera vid inspelning, jämfört med TheStethoscope och Littmann 3200, men att detta inte beror på att en god ljudkvalitativ inspelning åstadkoms under en kortare tid. Vid analys av tidsåtgång, där enbart stetoskop inkluderades i modellen, kunde ingen signifikant skillnad påvisas mellan TheStethoscope och Thinklabs One. När mätningarna analyserades med stetoskop och individ inkluderade i modellen, framträdde emellertid en signifikant skillnad även mellan TheStethoscope (52,7 s) och Thinklabs One (38,8 s). Detta

förstärker att Thinklabs One utmärker sig som det stetoskop som gick snabbast att använda för inspelning av hjärtljud för hund och katt i denna undersökning.

Den kvalitativa bedömningen gällande inspelade ljud och fonokardiogram utfördes enligt en tidigare publicerad studie, med en anpassning till denna studie (Springer *et al.*, 2016). Författarna till den nämnda artikeln undersökte kvaliteten för inspelning för Littmann 3200 inom humanvården. Resultatet visade att Littmann 3200 erhöll goda resultat för ljudkvalitet för bedömning av inspelat ljud och fonokardiografi, dock gjordes inte separata bedömningar av kvalitet för ljudinspelning och fonokardiogram som i vår undersökning. Att Littmann 3200 endast presterade ett betyg som motsvarar måttligt-god kvalitet för ljudinspelning och dåligt-måttligt för fonokardiografi i vår undersökning kan tolkas som att det fungerar sämre vid inspelning hos djur än hos människor. Stress var en faktor som signifikant påverkade resultatet för samtliga stetoskop med hänseende på kvalitet både för inspelat ljud och fonokardiografi i vår studie. Även pälstypen inverkade på kvaliteten för den fonokardiografiska bedömningen signifikant för samtliga stetoskop. Båda dessa variabler kan antas vara av mindre betydelse inom humanvården. I vår studie uppnådde TheStethoscope och Thinklabs One bäst ljudkvalitativa resultat där de utskilde sig statistiskt mot eKuore som erhöll lägst poäng. Även vid den kvalitativa bedömningen av de fonokardiografiska inspelningarna erhöll TheStethoscope och Thinklabs One bäst betyg, i en bedömning där Littmann 3200 presterade sämst.

Högst sensitivitet och specificitet för att identifiera blåsljud vid bedömning av de inspelade ljuden erhöll Littmann 3200 medan för fonokardiografisk bedömning av samma aspekt presterade TheStethoscope högst sensitivitet och eKuore högst specificitet. TheStethoscope har utvärderats tidigare för identifiering av blåsljud hos hund med liknande resultat för sensitivitet som i vår studie, dock jämfördes resultaten i dessa studier mot ekokardiografi och vid direkt auskultation i kombination med fonokardiografi (Szilvási *et al.*, 2012; Vörös *et al.*, 2012). Szilvási *et al.* (2012) påvisade en specificitet på 100% för TheStethoscope i sin studie, medan vår undersökning endast visade en specificitet på 55% både för fonokardiografisk undersökning och vid auskultation av inspelade ljud. Att beakta är att Szilvási *et al.* (2012) enbart inkluderade ett fåtal hundar med blåsljud (7 av totalt 33 hundar) i sin studie och dessa bedömdes ha blåsljud av en intensitet mellan I-III på samma sexgradiga skala som använts i vår studie. De djur som är inkluderade i vår studie uppvisade blåsljud av intensitet i intervallet I-VI och endast 9 av 40 djur saknade blåsljud. Den stora skillnad i population mellan dessa två studier kan vara en förklaring till den skillnad i specificitet som TheStethoscope uppvisar i de olika studierna.

Något att reflektera över är att i våra försök kunde endast 13 av 29 patienter med blåsljud påvisas av samtliga stetoskop vid auskultation av de inspelade ljuden och samma jämförelse resulterade i åtta patienter med hjälp av fonokardiografi. Detta kan upplevas som ett dåligt resultat och beror sannolikt på att flera orsaker som en låg sensitivitet vid vissa undersökningar i kombination med att några stetoskop presterade dålig inspelningskvalitet som inte gick att bedöma. Med hjälp av Littmann 3200 kunde enbart 20 av 40 inspelningar bedömas fonokardiografiskt och för eKuore 31 av 40. Detta medför att den fonokardiografiska sensitiviteten för Littmann 3200 och eKuore bör tolkas med försiktighet då beräkningarna enbart är utförda på de inspelningar som faktiskt gick att utvärdera. Om inspelningar som inte varit av tillräcklig kvalitet för bedömning skulle inkluderas som feldiagnosticerade skulle

sensitiviteten sjunka drastiskt. Även Littmann 3200 har utvärderats för identifikation av blåsljud på inspelningar, men då enbart hos katter, med en sensitivitet på 69-75% och specificitet på 84-97% jämfört mot direkt auskultation med analogt stetoskop (Blass *et al.*, 2013). Detta kan jämföras mot resultaten för detta stetoskop i vår studie där sensitiviteten var 86% för båda undersökningsmetoderna medan specificiteten var 75% för ljudinspelning och endast 50% för fonokardiografisk bedömning. Att erfarenhetsnivån styr utfallet vid bedömning av blåsljud har påvisats tidigare (Kinney, 1988; Pedersen *et al.*, 1999; Rajakumar *et al.*, 1999; Höglund *et al.*, 2004; Iversen *et al.*, 2005; Vörös *et al.*, 2011, 2012; Szilvási *et al.*, 2012). Detta skulle kunna vara en anledning till att specificiteten var högre i studien av Blass *et al.* (2013) än i vår undersökning, då forskarna använde sig av mer erfarna observatörer än i vår undersökning. Även hundar var inkluderad i vår studie, till skillnad från tidigare nämnda studie som använde katter, vilket kan påverka resultaten.

Gällande procentuell duration av blåsljud kunde inga signifikanta skillnader påvisas mellan de olika stetoskopen på grund av för liten population (fem hundar och tre katter). Dock kunde en trend utläsas där TheStethoscope och Thinklabs One presenterade längre duration (64,0–64,4%) jämfört med Littmann 3200 och eKuore (58,8–59,2%). Detta kan tolkas som att de två förstnämnda uppvisade mindre brus på den fonokardiografiska inspelningen vilket då medför att det tar längre tid innan blåsljudet flyter samman med bruset och en mer korrekt bedömning kunde utföras. Denna teori styrks av att TheStethoscope och Thinklabs One var de stetoskop som erhöll högst medelpoäng vid bedömning av fonokardiografisk kvalitet. Den procentuella durationen för blåsljud hos hund har undersökts tidigare med resultat varierande mellan 30-100% (Kvart *et al.*, 1998; Höglund *et al.*, 2004), vilket även våra mätningar hamnar inom.

Den fonokardiografiska kurvan för Littmann 3200 har längre avstånd mellan varje svängning än övriga system vilket kan vara en bidragande orsak till att detta stetoskop presenterade låga resultat för fonokardiografisk bedömning såväl för påvisande av blåsljud som för kvalitet. På en ljudkurva med längre avstånd mellan varje svängning kan också en mindre exakt mätning av duration för blåsljud utföras vilket kan vara en förklaring till att Littmann 3200 fick ett lågt värde även där. Littmann 3200 erhöll en poäng för ljudkvalitativ bedömning som var högre än den för eKuore; 3,7 respektive 3,3, medan eKuore erhöll ett högre värde än Littmann 3200 vid kvalitetsbedömning av fonokardiogrammet (3,0 respektive 2,8). Ingen av dessa skillnader erhöll statistik signifikans men resultaten kan tolkas som att programvaran till Littmann 3200 visar upp en fonokardiografisk kurva med sämre kvalitet än eKuore, trots att ljudkvaliteten är bättre. Eftersom den fonokardiografiska kurvan är en visualisering av det inspelade ljudet (Kvart & Häggström, 2002) borde dessa registreringar kvalitetsmässigt spegla varandra, om programvaran optimalt kan illustrera ljudet. TheStethoscope och ThinkLabs One presterade bäst resultat både vid bedömning av ljudkvalitet samt fonokardiografisk kvalitet och följer därmed detta mönster.

Studiepopulationen bestod av hundar och katter av olika raser, åldrar och kön. Då myxomatös hjärtklaffsdegeneration hos hund (Borgarelli & Buchanan, 2012) och vänster kammarhypertrofi hos katt (Ferasin *et al.*, 2003; Payne *et al.*, 2015) är de vanligast förekommande diagnoserna hos hjärtsjuka hundar och katter är det inte förvånande att dessa var de mest diagnosticerade även i denna studie. Att ett fåtal individer diagnosticerades med blåsljud trots att ultraljudsfynden var inom normalvariation, kan bero på att blåsljud kan förekomma hos

normala individer (fysiologiska blåsljud) eller uppstå av andra orsaker som till exempel; anemi, feber, stress, hyperthyroidism eller hypoproteinemi (Ware, 2014).

Vissa begränsningar med denna studie bör påtalas: Vi har undersökt utfallet för en observatör, en veterinärstudent i sista årskursen på veterinärprogrammet. För att kunna dra mer allmängiltiga slutsatser angående funktionen för dessa stetoskop i en veterinärklinisk miljö bör ytterligare studier inom området utföras, med observatörer av olika erfarenhetsnivå och kompetens. Möjligheten att skicka inspelade ljud för bedömningshjälp av expert är något som kan gynna en mindre erfaren kliniker. Då ljuden i denna studie är inspelade av en observatör som kan antas ha en erfarenhetsnivå som speglar detta användningsområde har de kvalitativa resultaten från denna studie, gällande inspelade ljud och fonokardiografi, stor relevans. För bedömning av förekomst av blåsljud vid direkt auskultation användes en utav tre, inom kardiologi, erfarna veterinärer att jämföra resultaten från bedömningen av de inspelade ljuden och fonokardiogrammen mot. Att bedömningen utfördes av tre olika kliniker kan medföra en viss variation i resultaten vid direkt auskultation, men då samtliga hade god erfarenhet inom kardiologi bedömdes den eventuella skillnaden ha liten betydelse för denna studie. Ett viktigt användningsområde för ett stetoskop är dess möjlighet att korrekt återge ljud för att gradera intensitet av blåsljud. Att jämföra gradering av intensitet vid direkt auskultation mot bedömning av inspelade ljud är något som bör undersökas i framtiden för dessa stetoskop. Den förhållandevis lilla populationen inkluderad i denna studie medför att en viss osäkerhet för beräkning av sensitivitet och specificitet för påvisande av blåsljud föreligger, speciellt för de stetoskop där ett begränsat antal inspelningar har kunnat bedömas på grund av bristande inspelningskvalitet. Den begränsade populationen och bristande inspelningskvalitet har även medfört att jämförelse av dessa parametrar inte har kunnat utföras mellan hundar och katter då endast ett fåtal av varje djurslag funnits representerade för några av stetoskopen. Även detta område är något som bör undersökas i framtida studier. Då samtliga stetoskop är analyserade i tillhörande programvara kan ingen slutsats dras angående hur vida skillnader i resultat mellan stetoskopen beror på stetoskopen i sig eller den tillhörande programvaran. För att undersöka detta bör inspelade ljud från samtliga stetoskop utvärderas i ett och samma datorprogram.

## **SLUTSATS**

Av de fyra testade systemen var TheStethoscope och Thinklabs One mest användarvänliga och producerade bäst ljudkvalitet vid uppspelning samt gav högsta kvaliteten på fonokardiogrammen. Thinklabs One använde kortast tid för att spela in ljud men samtliga system presterade en tid från cirka en minut och nedåt. För Littmann 3200 och eKuore var endast 20 respektive 31 av 40 fonokardiogram av tillräckligt god kvalitet för att bedömas; vilket tyder på att dessa system har sämre funktionalitet för detta ändamål, för hund och katt. Littmann 3200 erhöll dock högst sensitivitet samt specificitet för påvisande av blåsljud vid auskultatorisk bedömning av inspelade ljud, vilket kan tyda på att detta stetoskop fungerar bäst i detta avseende. Högst sensitivitet för påvisande av blåsljud genom fonokardiografi uppvisade TheStethoscope medan eKuore presterade bäst specificitet. Att beakta är att sensitivitet och specificitet beräknades på inspelningar som bedömts ha tillräckligt god kvalitet för analys, vilket gör att dessa siffror för fonokardiografisk analys bör tolkas med försiktighet för Littmann 3200 och eKuore. Att klart avgöra vilket av de fyra undersökta systemen som fungerar bäst i

en veterinärmedicinsk miljö var inte möjligt utifrån denna undersökning då de presterat olika bra inom olika undersökningsområden.

## **FOTNOT**

1. Welsh Allyn Meditron ASA, Medi-Stim ASA, Oslo, Norge.
2. ThinkLabs Medical LLC, Centennial, Colorado, USA.
3. 3M Company, St. Paul, Minnesota, USA.
4. Kukupia eKuore, Valencia, Spanien.
5. Dell Latitude D800 laptop, Dell Computer Corp., Limerick, Irland.
6. Terra PC, Wortmann AG, Hüllhorst, Tyskland.
7. iE33, Philips Ultrasound, Bothell, Washington, USA.
8. Bose QuietComfort 25, Bose Corporation, Framingham, Massachusetts, USA.
9. HP Compaq nw8440 Mobile Workstation, Hewlett-Packard, Palo Alto, Kalifornien, USA.
10. JR Screen Ruler version 1,5, Spadix Software, Charkiv, Ukraina.
11. JMP Pro, version 11.2.1, SAS Institute Inc, Cary, North Carolina, USA.

## REFERENSER

- 3M Littmann. *3M™ Littmann® Electronic Stethoscope Model 3200*. [online] (2016). Available from: [http://www.littmann.com/3M/en\\_US/littmann-stethoscopes/products/~3M-Littmann-Electronic-Stethoscope-Model-3200?N=5932256+8711017+3293188392&rt=rud](http://www.littmann.com/3M/en_US/littmann-stethoscopes/products/~3M-Littmann-Electronic-Stethoscope-Model-3200?N=5932256+8711017+3293188392&rt=rud). [Accessed 2016-11-07].
- Ahlström, C. (2008). *Nonlinear Phonocardiographic Signal Processing*. Diss. Linköping: Linköpings universitet.
- Bank, I., Vliegen, H. W. & Brusckhe, A. V. G. (2016). The 200th anniversary of the stethoscope: Can this low-tech device survive in the high-tech 21st century? *European Heart Journal*.
- Beamish, R. E. (1993). Harold Nathan Segall (1897–1990). *Clinical Cardiology*, 16(6), pp 521–522.
- Blass, K. A., Schober, K. E., Bonagura, J. D., Scansen, B. A., Visser, L. C., Lu, J., Smith, D. N. & Ward, J. L. (2013). Clinical evaluation of the 3M Littmann Electronic Stethoscope Model 3200 in 150 cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 15(10), pp 893–900.
- Borgarelli, M. & Buchanan, J. W. (2012). Historical review, epidemiology and natural history of degenerative mitral valve disease. *Journal of Veterinary Cardiology*, 14(1), pp 93–101.
- Durand, L. G. & Pibarot, P. (1995). Digital signal processing of the phonocardiogram: review of the most recent advancements. *Critical Reviews in Biomedical Engineering*, 23(3–4), pp 163–219.
- eKuore. *Veterinary stethoscope amplifies the sound | eKuore Vet*. [online] (2016). Available from: <https://www.ekuore.com/en/veterinary-stethoscope/>. [Accessed 2016-11-07].
- Ettinger, S. J. & Suter, P. F. (1970a). Acquired valvular and endocardial heart disease. *Canine cardiology*. pp 324–325. Philadelphia: Philadelphia. ISBN 978-0-7216-3437-1.
- Ettinger, S. J. & Suter, P. F. (1970b). Heart sounds and phonocardiography. *Canine cardiology*. pp 12–40. Philadelphia: Philadelphia. ISBN 978-0-7216-3437-1.
- Ferasin, L., Sturgess, C. P., Cannon, M. J., Caney, S. M. A., Gruffydd-Jones, T. J. & Wotton, P. R. (2003). Feline idiopathic cardiomyopathy: a retrospective study of 106 cats (1994-2001). *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 5(3), pp 151–159.
- Fontaine, E., Coste, S., Poyat, C., Klein, C., Lefort, H., Leclerc, T., Dubourdiou, S., Briche, F., Jost, D., Maurin, O., Domanski, L. & Tourtier, J.-P. (2014). In-Flight Auscultation During Medical Air Evacuation: Comparison Between Traditional and Amplified Stethoscopes. *Air Medical Journal*, 33(6), pp 283–285.
- Germanakis, I., Dittrich, S., Perakaki, R. & Kalmanti, M. (2008). Digital phonocardiography as a screening tool for heart disease in childhood. *Acta Paediatrica*, 97(4), pp 470–473.
- Germanakis, I. & Kalmanti, M. (2009). Paediatric cardiac auscultation teaching based on digital phonocardiography. *Medical Education*, 43(5), p 489.
- Grenier, M. C., Gagnon, K., Genest, J., Durand, J. & Durand, L. G. (1998). Clinical comparison of acoustic and electronic stethoscopes and design of a new electronic stethoscope. *The American Journal of Cardiology*, 81(5), pp 653–656.
- Häggström, J., Kvart, C. & Hansson, K. (1995). Heart sounds and murmurs: changes related to severity of chronic valvular disease in the Cavalier King Charles spaniel. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 9(2), pp 75–85.
- Höglund, K. (2007). *Systolic ejection murmurs and the left ventricular outflow tract in boxer dogs*. Diss. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Höglund, K., French, A., Dukes-McEwan, J., Häggström, J., Smith, P., Corcoran, B. & Kvart, C. (2004). Low intensity heart murmurs in boxer dogs: inter-observer variation and effects of stress testing. *The Journal of Small Animal Practice*, 45(4), pp 178–185.
- Høyte, H., Jensen, T. & Gjesdal, K. (2005). Cardiac auscultation training of medical students: a comparison of electronic sensor-based and acoustic stethoscopes. *BMC medical education*, 5(1), p 14.
- Iversen, K., Greibe, R., Timm, H. B., Skovgaard, L. T., Dalsgaard, M., Hendriksen, K. V. & Hrobjartsson, A. (2005). A randomized trial comparing electronic and conventional stethoscopes. *The American Journal of Medicine*, 118(11), p 1289.
- Journal of the American Animal Hospital Association. *Body Condition Scoring (BCS) Systems*. [online] (2010). Available from: [https://www.aaha.org/public\\_documents/professional/guidelines/weightmgmt\\_bodyconditions\\_coring.pdf](https://www.aaha.org/public_documents/professional/guidelines/weightmgmt_bodyconditions_coring.pdf). [Accessed 2016-11-07].



- Kelmenson, D. A., Heath, J. K., Ball, S. A., Kaafarani, H. M. A., Baker, E. M., Yeh, D. D., Bittner, E. A., Eikermann, M. & Lee, J. (2014). Prototype electronic stethoscope vs. conventional stethoscope for auscultation of heart sounds. *Journal of Medical Engineering & Technology*, 38(6), pp 307–310.
- Keren, R., Tereschuk, M. & Luan, X. (2005). Evaluation of a novel method for grading heart murmur intensity. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 159(4), pp 329–334.
- Kinney, E. L. (1988). Causes of false-negative auscultation of regurgitant lesions: a Doppler echocardiographic study of 294 patients. *Journal of General Internal Medicine*, 3(5), pp 429–434.
- Kvart, C., French, A. T., Fuentes, V. L., Häggström, J., McEwan, J. D. & Schober, K. E. (1998). Analysis of murmur intensity, duration and frequency components in dogs with aortic stenosis. *The Journal of Small Animal Practice*, 39(7), pp 318–324.
- Kvart, C. & Häggström, J. (2002). *Cardiac Auscultation and Phonocardiography in Dogs, Horses and Cats*. Uppsala: Clarence Kvart. ISBN 91-631-2837-3.
- Leng, S., Tan, R. S., Chai, K. T. C., Wang, C., Ghista, D. & Zhong, L. (2015). The electronic stethoscope. *BioMedical Engineering OnLine*, 14.
- Mahnke, C. B., Mulreany, M. P., Inafuku, J., Abbas, M., Feingold, B. & Paolillo, J. A. (2008). Utility of store-and-forward pediatric telecardiology evaluation in distinguishing normal from pathologic pediatric heart sounds. *Clinical Pediatrics*, 47(9), pp 919–925.
- Mesquita, C. T., Reis, J. C. dos, Simões, L. S., Moura, E. C. de, Rodrigues, G. A., Athayde, C. C. de, Machado, H. L. & Lanzieri, P. G. (2013). Digital stethoscope as an innovative tool on the teaching of auscultatory skills. *Arquivos Brasileiros De Cardiologia*, 100(2), pp 187–189.
- Murphy, R. L. (2008). In defense of the stethoscope. *Respiratory Care*, 53(3), pp 355–369.
- Payne, J. R., Brodbelt, D. C. & Luis Fuentes, V. (2015). Cardiomyopathy prevalence in 780 apparently healthy cats in rehoming centres (the CatScan study). *Journal of Veterinary Cardiology*, 17 Suppl 1, pp S244-257.
- Pedersen, H. D., Häggström, J., Falk, T., Mow, T., Olsen, L. H., Iversen, L. & Jensen, A. L. (1999). Auscultation in mild mitral regurgitation in dogs: observer variation, effects of physical maneuvers, and agreement with color Doppler echocardiography and phonocardiography. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 13(1), pp 56–64.
- Prosek, R. (2009). Abnormal Heart Sounds and Heart Murmurs. *Textbook of Veterinary Internal Medicine*. 7th. ed, pp 259–263. St. Louis, Missouri: Elsevier. ISBN 978-1-4377-0282-8.
- Rajakumar, K., Weisse, M., Rosas, A., Gunel, E., Pyles, L., Neal, W. A., Balian, A. & Einzig, S. (1999). Comparative study of clinical evaluation of heart murmurs by general pediatricians and pediatric cardiologists. *Clinical Pediatrics*, 38(9), pp 511–518.
- Rishniw, M. & Thomas, W. P. (2002). Dynamic right ventricular outflow obstruction: a new cause of systolic murmurs in cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 16(5), pp 547–552.
- Segall, H. N. (1963). Cardiovascular Sound and the Stethoscope, 1816 to 2016. *Canadian Medical Association Journal*, 88(6), pp 308–318.
- Selig, M. B. (1993). Stethoscopic and phonoaudio devices: Historical and future perspectives. *American Heart Journal*, 126(1), pp 262–268.
- Springer, D. B., Brennan, T., Ntusi, N., Abdelrahman, H. Y., Zühlke, L. J., Mayosi, B. M., Tarassenko, L. & Clifford, G. D. (2016). Automated signal quality assessment of mobile phone-recorded heart sound signals. *Journal of Medical Engineering & Technology*, pp 1–14.
- Szilvási, V., Vörös, K., Manczur, F., Reiczigel, J., Novák, I., Máthé, Á. & Fekete, D. (2012). Comparison of traditional and sensor-based electronic stethoscopes in beagle dogs. *Acta Veterinaria Hungarica*, 61(1), pp 19–29.
- Tavel, M. E. (1996). Cardiac auscultation. A glorious past--but does it have a future? *Circulation*, 93(6), pp 1250–1253.
- Tavel, M. E. (2006). Cardiac auscultation: a glorious past--and it does have a future! *Circulation*, 113(9), pp 1255–1259.
- ThinkLabs Medical LLC. *Thinklabs One Digital Stethoscope*. [online] (2015). Available from: <http://www.thinklabs.com/one-digital-stethoscope>. [Accessed 2016-11-07].
- Tourtier, J. P., Fontaine, E., Coste, S., Ramsang, S., Schiano, P., Viaggi, M., Libert, N., Durand, X., Chargari, C. & Borne, M. (2011a). In flight auscultation: comparison of electronic and conventional stethoscopes. *The American Journal of Emergency Medicine*, 29(8), pp 932–935.

- Tourtier, J. P., Libert, N., Clapson, P., Tazarourte, K., Borne, M., Grasser, L., Debien, B. & Auroy, Y. (2011b). Auscultation in Flight: Comparison of Conventional and Electronic Stethoscopes. *Air Medical Journal*, 30(3), pp 158–160.
- Vörös, K., Bonnevie, A. & Reiczigel, J. (2012). Comparison of conventional and sensor-based electronic stethoscopes in detecting cardiac murmurs of dogs. *Tierärztliche Praxis Kleintiere*, 40(2), pp 103–111.
- Vörös, K., Nolte, I., Hungerbühler, S., Reiczigel, J., Ehlers, J. P., Tater, G., Mischke, R., Zimmering, T. & Schneider, M. (2011). Sound recording and digital phonocardiography of cardiac murmurs in dogs by using a sensor-based electronic stethoscope. *Acta Veterinaria Hungarica*, 59(1), pp 23–35.
- Ware, W. A. (2014). Cardiovascular System Disorders, Clinical Manifestation of Cardiac Disease. *Small Animal Internal Medicine*. 5th. ed, pp 1–7. St. Louis, Missouri: Elsevier. ISBN 978-0-323-08682-0.
- Woywodt, A., Herrmann, A., Kielstein, J. T., Haller, H., Haubitz, M. & Purnhagen, H. (2004). A novel multimedia tool to improve bedside teaching of cardiac auscultation. *Postgraduate Medical Journal*, 80(944), pp 355–357.
- Zühlke, L., Myer, L. & Mayosi, B. M. (2012). The promise of computer-assisted auscultation in screening for structural heart disease and clinical teaching. *Cardiovascular Journal of Africa*, 23(7), pp 405–408.

# Appendix

# Inspelningsblankett examensarbete 2016-17: "Kvalitativ och kvantitativ jämförelse mellan olika fonokardiografiska inspelningsverktyg för veterinärmedicinskt bruk"

## Instruktioner för inspelningen

- Lyssna med valfritt stetoskop efter PMI (Point of Maximum Intensity) och spela därefter in med samtliga elektroniska stetoskop från samma område av hjärtat
- Dra en lapp ur burken märkt med stetoskopordning för att få reda på vilket stetoskop du ska spela in med först
- Dra en lapp ur burken märkt med identifikationsnummer för att få ett identifikationsnummer för varje inspelning och anteckna nedan (OBS! Ett individuellt identifikationsnummer för varje elektroniskt stetoskop, viktigt att bara en lapp dras för varje elektroniskt stetoskop)
- Inställningar av de elektroniska stetoskopen ska göras enligt följande:
  - Meditron = Optimala inställningar för auskultation av hjärtljud
  - ThinkLabs One = Optimala inställningar för auskultation av hjärtljud
  - Littmann 3200 = Optimala inställningar för auskultation av hjärtljud
  - eKuore = Optimala inställningar för auskultation av hjärtljud
- Lägg en hand mot motstående sida av bröstkorgen för att stödja djuret, detta ger bättre kontaktyta mellan stetoskopet och djuret
- Se till att det är tyst i rummet under inspelning
- Spela in 10 sek åt gången med vart och ett av de fyra elektroniska stetoskopen
- Ta tid med tidtagaruret och notera för varje inspelning hur lång tid det tar från att inspelningsknappen trycks in till dess att en fullgod inspelning erhållits
- Spara varje inspelning med det individuella identifikationsnumret som filnamn

Datum: \_\_\_\_\_

## Signalement

Djurslag		Hund		Katt				
Journalnummer								
Kön		Hane		Hona		Hankast		Honkast
Födelsedatum								
Ras								
Vikt								
Body Condition Score								
Päslängd		Kort		Medel		Lång		
Pälstyp		Slät		Sträv		Lockig		
Pälstäthet		Tunn		Medel		Tät		
Ultraljudsdiagnos								

**Auskultation**

(markera med kryss i rutan)

Finns blåsljud?	<input type="checkbox"/>	Ja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Nej	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Grad av blåsljud?	<input type="checkbox"/>	I	<input type="checkbox"/>	II	<input type="checkbox"/>	III	<input type="checkbox"/>	IV	<input type="checkbox"/>	V	<input type="checkbox"/>	VI
Övrigt												

**PMI (Point of Maximum intensity)**

(markera med kryss i rutan)

<input type="checkbox"/>	Pulmonalis	<input type="checkbox"/>	Aorta	<input type="checkbox"/>	Mitralis	<input type="checkbox"/>	Tricuspidalis
--------------------------	------------	--------------------------	-------	--------------------------	----------	--------------------------	---------------

**Identifikationsnummer**

(OBS! Ett individuellt identifikationsnummer för varje elektroniskt stetoskop, skriv tydligt!)

Katt har t.ex. K1, K2 osv. Hund har t.ex. H1, H2 osv.

Meditron	
ThinkLab One	
Littmann 3200	
eKuore	

**Inspelningsordning**

(markera med nummer 1–4 i vilken ordning stetoskopen har används för att spela in)

Meditron	
ThinkLab One	
Littmann 3200	
eKuore	

**Stressgrad under inspelning** (markera med kryss i rutan)

<input type="checkbox"/>	1	normalt beteende, lugn
<input type="checkbox"/>	2	viss antydning till stress, kan tillrättavisas med tvång
<input type="checkbox"/>	3	flåsar, något stressad, stilla men motvilligt
<input type="checkbox"/>	4	märkbart stressad, måste hållas för att vara stilla
<input type="checkbox"/>	5	hyperventilerar, kan ej hållas stilla, svårt att genomföra mätningen

### Användbarhet

Hur lång tid tog det från att från att inspelningsknappen trycks in till dess att en fullgod inspelning erhållits?

Meditron: \_\_\_\_\_ minuter \_\_\_\_\_ sekunder

ThinkLabs One: \_\_\_\_\_ minuter \_\_\_\_\_ sekunder

Littmann 3200: \_\_\_\_\_ minuter \_\_\_\_\_ sekunder

eKuore: \_\_\_\_\_ minuter \_\_\_\_\_ sekunder

Hur lätt tycker du att det är att använda det elektroniska stetoskopet och tillhörande programvara för att spela in hjärtljud vid just denna undersökning? (ringa in det du tycker stämmer bäst överens)

	Inte alls lätt		Lätt		Väldigt lätt
Meditron:	1	2	3	4	5
ThinkLabs One:	1	2	3	4	5
Littmann 3200:	1	2	3	4	5
eKuore:	1	2	3	4	5

### Allmän kommentar (valfritt)

Meditron: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ThinkLabs One: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Littmann 3200: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

eKuore: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Avläsningsprotokoll examensarbete 2016-17: "Kvalitativ och kvantitativ jämförelse mellan olika fonokardiografiska inspelningsverktyg för veterinärmedicinskt bruk"

**Identifikationsnummer:** \_\_\_\_\_

*Lyssna på ljudfilen i respektive program och ändra filter fritt för att kunna svara på följande frågor.*

5	Utmärkt kvalitet. Mycket lite eller inget brus.
4	Bra kvalitet. Hjärtljud hörbara som vid auskultation med lite brus.
3	Måttlig kvalitet. Svagt hörbara hjärtljud.
2	Dålig kvalitet. Mestadels brus med ett fåtal hörbara hjärtoner.
1	Väldigt dålig kvalitet. Inga hjärtljud, bara brus.

*Titta på ljudkurvan i respektive program och ändra filter fritt för att kunna svara på följande frågor.*

5	Utmärkt kvalitet. S1 och S2 mycket lätta att identifiera. Mycket lite eller inget brus.
4	Bra kvalitet. S1 och S2 lätt att identifiera. Lite brus.
3	Måttlig kvalitet. S1 och S2 går att identifiera. Mycket brus.
2	Dålig kvalitet. Enstaka S1 eller S2 går att identifiera. Mestadels brus.
1	Väldigt dålig kvalitet. S1 och S2 går ej att identifiera. Bara brus.

*Titta på ljudkurvan och lyssna på ljudfilen i respektive program och ändra filter fritt för att kunna svara på följande frågor.*

### Blåsljud

Hörs blåsljud?	<input type="checkbox"/>	Ja	<input type="checkbox"/>	Nej	<input type="checkbox"/>	Går ej att avgöra	
Grad	<input type="checkbox"/>	Lindrigt (I-II)	<input type="checkbox"/>	Måttligt (III-IV)	<input type="checkbox"/>	Kraftigt (V-VI)	
Syns blåsljud på fono?	<input type="checkbox"/>	Ja	<input type="checkbox"/>	Nej	<input type="checkbox"/>	Går ej att avgöra	
Timing	<input type="checkbox"/>	Systoliskt	<input type="checkbox"/>	Diastoliskt	<input type="checkbox"/>	Kontinuerligt	
	<input type="checkbox"/>	Tidigt	<input type="checkbox"/>	Mitt	<input type="checkbox"/>	Sent	<input type="checkbox"/>
Karaktär	<input type="checkbox"/>	Decrescendo	<input type="checkbox"/>	Crescendo-decrescendo	<input type="checkbox"/>	Platå	
Övrig kommentar							

**Vad är din samlade bedömning av inspelningskvaliteten?**

Väldigt dålig	Dålig	Måttlig	Bra	Utmärkt
1	2	3	4	5

# Ljudanalysblankett examensarbete 2016-17: "Kvalitativ och kvantitativ jämförelse mellan olika fonokardiografiska inspelningsverktyg för veterinärmedicinskt bruk"

Journalnummer: \_\_\_\_\_

*Följande analyseras för samtliga stetoskop, för alla djur där blåsljud har korrekt kunnat påvisats på fonokardiogrammet. Mätningar görs med mätprogrammet Jruler. Öppna ljudfilerna i vardera programmet och justera inställningarna för filter samt förstoring av ljudkurvan så att hjärtslag och blåsljud visas så optimalt som möjligt för att kunna utföra mätningen. Mät de tre hjärtslag som framställs tydligast med hänseende på identifikation av S1, S2 samt blåsljud.*

Identifikationsnummer Meditron: \_\_\_\_\_

Avstånd från början av S1 till början av S2 (pixlar): 1: \_\_\_\_\_ 2: \_\_\_\_\_ 3: \_\_\_\_\_ medel: \_\_\_\_\_

Duration av blåsljudet? (pixlar): 1: \_\_\_\_\_ 2: \_\_\_\_\_ 3: \_\_\_\_\_ medel: \_\_\_\_\_

Hur stor andel av systole varar blåsljudet? \_\_\_\_\_ %

Identifikationsnummer Thinklabs: \_\_\_\_\_

Avstånd från början av S1 till början av S2 (pixlar): 1: \_\_\_\_\_ 2: \_\_\_\_\_ 3: \_\_\_\_\_ medel: \_\_\_\_\_

Duration av blåsljudet? (pixlar): 1: \_\_\_\_\_ 2: \_\_\_\_\_ 3: \_\_\_\_\_ medel: \_\_\_\_\_

Hur stor andel av systole varar blåsljudet? \_\_\_\_\_ %

Identifikationsnummer Littmann: \_\_\_\_\_

Avstånd från början av S1 till början av S2 (pixlar): 1: \_\_\_\_\_ 2: \_\_\_\_\_ 3: \_\_\_\_\_ medel: \_\_\_\_\_

Duration av blåsljudet? (pixlar): 1: \_\_\_\_\_ 2: \_\_\_\_\_ 3: \_\_\_\_\_ medel: \_\_\_\_\_

Hur stor andel av systole varar blåsljudet? \_\_\_\_\_ %

Identifikationsnummer eKuore: \_\_\_\_\_

Avstånd från början av S1 till början av S2 (pixlar): 1: \_\_\_\_\_ 2: \_\_\_\_\_ 3: \_\_\_\_\_ medel: \_\_\_\_\_

Duration av blåsljudet? (pixlar): 1: \_\_\_\_\_ 2: \_\_\_\_\_ 3: \_\_\_\_\_ medel: \_\_\_\_\_

Hur stor andel av systole varar blåsljudet? \_\_\_\_\_ %