



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och  
husdjursvetenskap

# Syresättning hos kaniner under anestesi vid vård av munhålan – Ventral respektive dorsal positionering med oxygentillförsel via syrgasgrimma

*Oxygenation in rabbits during anaesthesia for oral cavity care  
– Sternal and dorsal recumbency with oxygen supplementation  
by nasal cannula*

Johanna Berglund & Nadya Blom

**Examensarbete • 15 hp**

Djursjukskötarprogrammet

Kandidatarbete Djuromvårdnad

Institutionen för kliniska vetenskaper

Uppsala 2019

# Syresättning hos kaniner under anestesi vid vård av munhålan – Ventral respektive dorsal positionering med oxygentillförsel via syrgasgrimma

*Oxygenation in rabbits during anaesthesia for oral cavity care  
– Sternal and dorsal recumbency with oxygen supplementation by nasal cannula*

Johanna Berglund & Nadya Blom

**Handledare:** Anneli Rydén, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper

**Examinator:** Görel Nyman, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i djuromvårdnad

**Kursansvarig inst.:** Institutionen för kliniska vetenskaper

**Kurskod:** EX0863

**Program/utbildning:** Djursjukskötprogrammet

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2019

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

**Nyckelord:** Kanin, munhälsa, munvård, anestesi, syresättning, hypoxemi, oxygentillförsel, syrgasgrimma, ventral position, dorsal position

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för kliniska vetenskaper

## Sammanfattning

En av de vanligaste orsakerna till att sällskapskaniner är i behov av veterinärmedicinsk vård är problem i munhålan. För att kunna genomföra kliniska undersökningar och behandlingar i munhålan på kaniner krävs ofta generell anestesi. Den specifika anatomin och fysiologin hos kaniner kan göra anestesi till ett riskfyllt moment. En vanligt förekommande anestesiorelaterad komplikation är hypoxemi. För att minska risken för hypoxemi under anestesi anses oxygentillförsel vara en viktig omvårdnadsåtgärd. Åtskilliga metoder finns tillgängliga för oxygentillförsel av vilka merparten vid applikation förhindrar åtkomst av munhålan. Ett syfte med detta kandidatarbete var att undersöka om oxygentillförsel via syrgasgrimpa kan vara ett alternativ för att förbättra syresättningen hos kaniner under anestesi vid vård av munhålan. Utöver oxygentillförsel har val av positionering under anestesi påståtts ha betydelse för syresättningsförmågan. Ett andra syfte med studien var således att undersöka huruvida ventral respektive dorsal position har en inverkan på syresättningen hos kaniner.

Tio kaniner av rasen New Zealand White genomgick anestesi via administrering av ketamin, dexmedetomidin och butorfanol. Samtliga kaniner placerades i ventral och dorsal position, med och utan oxygentillförsel via syrgasgrimpa. Syrgasgrimman som användes var ursprungligen framtagen för pediatrik oxygenbehandling inom humanmedicin. Övervakningsparametrarna syresaturation, hjärtfrekvens, andningsfrekvens, rektal temperatur samt invasivt blodtryck registrerades i ett försöksprotokoll. Vidare insamlades totalt fyra arteriella blodgasprover per kanin. För att efterlikna en klinisk situation användes under studien instrument som är vanligt förekommande vid vård av munhålan på kanin. Insamlade datamaterial sammanställdes i Excel och analyserades via statistikprogrammet GraphPad Prism. Medianen samt lägsta och högsta värde beräknades för samtliga parametrar och Wilcoxonsteckenrangtest användes med en signifikansnivå satt till  $<0,05$ . För utvärdering av kaninernas syresättning användes framförallt mätvärden för det partiella syretrycket och syresaturationen i arteriellt blod.

Trots viss individuell variation kunde en signifikant förbättrad syresättning observeras vid oxygentillförsel via syrgasgrimpa. Följaktligen blir slutsatsen att syrgasgrimmor kan vara funktionella för oxygentillförsel till kaniner under anestesi i samband med vård av munhålan. En ökad risk för hypoxemi kopplad till ventral eller dorsal positionering kunde inte påvisas i denna studie. Resultatet tyder på att valet mellan dessa positioner inte har en signifikant betydelse för syresättningen i den aktuella situationen.

*Nyckelord:* kanin, munhälsa, munvård, anestesi, syresättning, hypoxemi, oxygentillförsel, syrgasgrimpa, ventral position, dorsal position

## Abstract

One of the most common reasons for pet rabbits to require veterinary care is problems related to the oral cavity. Examinations and treatments in the oral cavity of rabbits often requires general anaesthesia. Due to the distinctive anatomical and physiological features of the rabbit, anaesthesia may involve great risks. Hypoxemia is a complication with high occurrence during anaesthesia. To reduce the risk of hypoxemia during anaesthesia it is considered important to administer oxygen. Oxygen supplementation for rabbits can be administered in several ways, of which many prohibit access to the oral cavity. One purpose of this bachelor thesis was to explore if oxygen supplementation by nasal cannula is a sufficient alternative to enhance oxygenation in rabbits undergoing anaesthesia for oral cavity care. In addition to oxygen supplementation, positioning of the patient has been recognized as an important factor for oxygenation. Thus, another aim of this study was to investigate if sternal or dorsal positioning have an impact on the oxygenation in rabbits.

Ten New Zealand White rabbits underwent anaesthesia by administration of ketamine, dexmedetomidine and butorphanol. All rabbits were positioned in sternal and dorsal recumbency, with and without oxygen supplementation by nasal cannula. The nasal cannula used in the study was originally manufactured for paediatric oxygen therapy in human medicine. Oxygen saturation, heart rate, respiratory rate, rectal temperature and invasive blood pressure were measured. A total of four arterial blood gas tests were sampled in each rabbit. To mimic a clinical situation, instruments that are common during intraoral examinations and treatments were used. Collected data were entered in Excel and for all statistical calculations the graphing program GraphPad Prism was used. Minimum, maximum and median values were calculated for all measured parameters and the Wilcoxon signed rank test was used with a significance level set at  $<0,05$ . The oxygenation in the rabbits was assessed based on partial pressure of oxygen and oxygen saturation values in arterial blood.

Despite some individual variation an overall trend was observed. When the rabbits were given oxygen supplementation by nasal cannula the oxygenation was significantly improved. The use of a nasal cannula could therefore be an alternative for rabbits undergoing anaesthesia for oral cavity care. An increased risk of hypoxemia based on sternal or dorsal positioning could not be identified. The result of this study suggests that the choice between these positions in this context cannot be considered significant regarding the oxygenation in rabbits.

*Keywords:* rabbit, oral health, oral care, anaesthesia, oxygenation, hypoxemia, oxygen supplementation, nasal cannula, sternal position, dorsal position

# Innehållsförteckning

<b>Terminologi</b>	<b>4</b>
<b>1 Inledning</b>	<b>5</b>
1.1 Syfte och frågeställningar	6
<b>2 Litteraturgenomgång</b>	<b>7</b>
2.1 Munhälsa	7
2.2 Syresättning	7
2.3 Oxygentillförsel	9
2.4 Positionering	10
2.5 Farmaka	11
<b>3 Material och metod</b>	<b>14</b>
3.1 Kaninerna	14
3.2 Studiedesign och genomförande	14
3.3 Statistisk analys	18
<b>4 Resultat</b>	<b>19</b>
<b>5 Diskussion</b>	<b>22</b>
5.1 Oxygentillförsel	22
5.2 Positionering	25
5.3 Metodval	28
5.4 Konklusion	30
<b>Referenslista</b>	<b>31</b>
<b>Tack</b>	<b>36</b>

## Terminologi

<b>Alveoler</b>	Lungblåsor, strukturer i lungorna där gasutbyte med blod sker
<b>Atelektaser</b>	Sammanfallna alveoler
<b>Desaturation</b>	Minskad mättnad
<b>Dorsal position</b>	Ryggläge
<b>Hyperkapni</b>	Hög koldioxidhalt i blodet
<b>Hypoventilation</b>	Minskad ventilation på grund av få andetag och/eller ytlig andning
<b>Hypoxemi</b>	Låg syrgashalt i blodet
<b>Hypoxi</b>	Syrebrist i vävnaderna
<b>Laryngospasm</b>	Reflexmässig stängning av glottis
<b>Lungexpansion</b>	Hur lungorna utvidgas
<b>Perfusion</b>	Genomblödning
<b>Respiration</b>	Andning, syrgas inhämtas och koldioxid avges via lungorna
<b>Respiratorisk insufficiens</b>	Andningssvikt, andningen fungerar inte tillfredsställande
<b>Syresaturation</b>	Mättnad av syre i blodet
<b>Tidalvolym</b>	Volymen i ett andetag
<b>Ventilation</b>	Del av respirationen som innefattar gasutbytet i alveolerna
<b>Ventilation-perfusionskvot</b>	Förhållandet mellan alveolär ventilation och alveolär perfusion
<b>Ventral position</b>	Brösläge

# 1 Inledning

Till veterinärmedicinska kliniker och djursjukhus runtom i landet söker sig djurägare med kaniner i behov av vård. Listad som det tredje vanligaste husdjuret i svenska hushåll av Statistiska Centralbyrån (2012) utgör kaniner idag en relativt stor patientgrupp. Problem i munhålan har identifierats som en vanlig orsak till sjukdom hos kaniner (Capello & Lennox, 2012). För att kunna genomföra grundliga kliniska undersökningar och eventuella behandlingar i munhålan är immobilisering via anestesi nödvändigt (Longley, 2008).

Enligt en studie av Brodbelt *et al.* (2008) löper kaniner en övergripande mortalitetsrisk på 1,39 % i samband med sedering och anestesi. Respiratoriska besvär anges som en av de primära orsakerna till anestesi-relaterad död (Brodbelt *et al.*, 2008). Kaniner är särskilt benägna att drabbas av försämrad syresättning under anestesi och för att motverka detta anses oxygentillförsel vara en väsentlig del av den perioperativa omvårdnaden (Varga, 2014). Gemensamt för många av dagens metoder för oxygentillförsel är att utrustningen vid applikation mer eller mindre förhindrar åtkomsten av munhålan.

Inom humanvården används syrgasgrimmor frekvent till patienter i varierande åldrar. Syrgasgrimmor tillverkas i olika modeller, finns anpassade för olika syrgasflöden och hålls på plats med hjälp av en justerbar fästordning. Inom det veterinärmedicinska området är användningen av syrgasgrimmor inte lika utbredd, och utrustning framtagen för djur finns enligt författarnas vetskap inte tillgänglig. I studier genomförda på hundar har användning av syrgasgrimmor visat sig vara en säker och effektiv metod för oxygentillförsel (Keir *et al.*, 2016; Daly *et al.*, 2017). Vetenskapliga belägg för om syrgasgrimmor även skulle kunna vara ett fungerande alternativ för kanin saknas dock och utgör en första inriktning för detta kandidatarbete.

Patientens benägenhet att utveckla hypoxemi under anestesi beror på flera faktorer. En faktor som i flera studier på andra djurslag framhålls som betydande är val av positionering. Generella rekommendationer för positionering av kaniner finns tillgängliga men antalet vetenskapliga studier inom ämnet är begränsat. En förberedande undersökning via sociala medier riktad till djurhälsopersonal påvisade en

utbredd uppfattning om att dorsal positionering hämmar kaniners syresättning och i möjligaste mån bör undvikas. Såväl ventral som dorsal positionering är vanligt vid olika veterinärmedicinska ingrepp på kaniner och ger båda tillträde till munhålan. Hur dessa positioner påverkar syresättningsförmågan under anestesi är således en annan fråga som belyses i detta kandidatarbete i djuromvårdnad.

## 1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med detta kandidatarbete är att undersöka två aspekter relaterade till syresättningen hos kaniner som genomgår anestesi för vård av munhålan. Följande frågeställningar är av intresse:

- Förbättras syresättningen hos kaniner vid oxygentillförsel via en syrgasgrimba framtagen för pediatrikt bruk inom humanmedicin?
- Påverkas syresättningen hos kaniner beroende på om de är placerade i ventral eller dorsal position?

Förhoppningsvis kan resultatet på sikt bidra till utformandet av evidensbaserade rekommendationer för omvårdnad av kaniner i samband med anestesi vid vård av munhålan.



## 2 Litteraturgenomgång

### 2.1 Munhälsa

Kaniner tillhör ordningen Lagomorpha (hardjur) och har så kallade hypsodonta och elodonta tänder. Detta innebär att tänderna har lång krona och växer kontinuerligt under hela livstiden. Överkäken är hos kaniner bredare än underkäken, kallat anisognatism, vilket ger upphov till ett specifikt tuggmönster. Problem i munhålan hos kaniner beror i många fall på felaktig utfodring och onormala tandförslitningar (Capello & Lennox, 2012). Vanliga kliniska fynd är överväxta incisiver, förändrat ätmönster och/eller svullnader i ansiktet (Capello, 2016).

Problem i munhålan är enligt Summa och Brandão (2017) en av de vanligaste anledningarna till att kaniner är i behov av veterinärmedicinsk vård. År 2015 genomförde Mäkitaipale *et al.* en studie på 167 sällskapskaniner i Finland som enligt djurägarnas uppfattning var friska. Målsättningen med studien var att kartlägga sällskapskaninernas allmänna hälsostatus. Material insamlades via hälsokontroller och radiologiska undersökningar. Av resultatet framkommer det att 70,7 % av kaninerna uppvisade avvikande fynd och i 40,1 % av dessa fall handlade det om problematik relaterat till tänderna.

### 2.2 Syresättning

Adekvat syresättning innebär att det finns en balans mellan syretillgång och behovet av syre hos kroppens vävnader. För att redogöra för eventuella begränsningar i kroppens syresättning är begrepp som hypoxemi och hypoxi centrala. Hypoxemi avser lågt partiellt syretryck i det arteriella blodet vilket påverkar förmågan till syresättning negativt och kan resultera i hypoxi. (Sarkar *et al.*, 2017)

Hypoxi är en vanlig orsak till morbiditet och mortalitet inom veterinärmedicin och innebär att kroppens vävnader lider brist på syre (Calabro *et al.*, 2013).

Hypoxemi och hypoxi förekommer inte alltid samtidigt. Kompensatoriska processer såsom ökad hjärtminutvolym och stigande hemoglobinnivåer kan exempelvis i viss utsträckning förhindra att hypoxemi leder till hypoxi. (Sarkar *et al.*, 2017)

Såväl friska som sjuka patienter riskerar att drabbas av försämrad syresättning under anestesi. Ogymsam ventilation-perfusionskvot, hypoventilation, reducerad fraktion inandad syre och förekommande shuntar i hjärta eller lungor är exempel på faktorer som kan ha en inverkan på syresättningen. Syresättningen kan även påverkas av fysiologiska faktorer som temperatur, pH och partiellt koldioxidtryck i arteriellt blod ( $\text{PaCO}_2$ ) genom effekt på hemoglobinetts affinitet till syre. (Carver *et al.*, 2016)

För att utvärdera kroppens syresättning mäts vanligen det partiella syretrycket i arteriellt blod ( $\text{PaO}_2$ ) genom ett blodgasprov (Hopper & Powell, 2013). Blodgasprov är en säker och effektiv metod för att monitorera kaninens respiratoriska status i samband med generell anestesi (Benato *et al.*, 2013).

Vid mätning av  $\text{PaO}_2$  erhålls ett värde för partialtrycket av syrgasmolekyler lösta i plasman, som är högre i arteriellt blod än i venöst blod. Värdet innefattar dock inte bundna syrgasmolekyler och påvisar därför inte den totala mängd syre som finns tillgänglig för vävnaderna. (Thomas & Lerche, 2017)

Med ett omgivande lufttryck motsvarande havsnivå definieras vanligen ett  $\text{PaO}_2 < 80$  mmHg (10,7 kPa) som hypoxemi och ett  $\text{PaO}_2 < 60$  mmHg (8 kPa) anses indikera grav hypoxemi. När värden för  $\text{PaO}_2$  understiger 60 mmHg (8 kPa) är syresättningen i blodet signifikant reducerad och kräver omedelbart ingripande. Ett blodgasprov ger även ett värde för det partiella koldioxidtrycket ( $\text{PaCO}_2$ ) vilket kan vara användbart för att påvisa hypoventilation. Vid minskat luftflöde in i lungblåsorna ökar  $\text{PaCO}_2$  och ett värde på  $> 60$  mmHg (8 kPa) tyder på uttalad hypoventilation. (Hopper & Powell, 2013)

En noninvasiv metod som ofta används för att utvärdera syresättningen är pulsoximetri. Via placering av en pulsoximeterprob erhålls ett värde i procent för andelen oxyhemoglobin i blodet, benämnt syresaturation ( $\text{SpO}_2$ ) (Hopper & Powell, 2013). Enligt Smith och Danneman (2008) fungerar pulsoximetern bäst när placerad på opigmenterad och hårlös vävnad som exempelvis tungan. Syresaturationen kan även mätas med ett arteriellt blodgasprov ( $\text{SaO}_2$ ) och påvisar som vid pulsoximetri majoriteten av det syre som vävnaderna har tillgång till (Thomas & Lerche, 2017). För att utvärdera syresättningen i blodet anses arteriellt blodgasprov mer tillförlitligt än pulsoximetri (Eatwell *et al.*, 2013). Faktorer såsom försämrad perifer perfusion, rörelseartefakter och externa ljuskällor kan begränsa möjligheterna till korrekta mätningar med pulsoximetern (Smith & Danneman, 2008). Ett värde för syresaturationen på 95 % motsvarar ett  $\text{PaO}_2$  på ungefär 80 mmHg (10,7 kPa) och 90 % ett  $\text{PaO}_2$  på cirka 60 mmHg (8 kPa) (Hopper & Powell, 2013).

PaO<sub>2</sub> och syresaturationen korrelerar med varandra men har inte ett strikt linjärt förhållande. Exempelvis kommer syresaturationen att minska i samband med att PaO<sub>2</sub> reduceras. Dock sker denna minskning initialt i en långsammare takt, vilket kan resultera i en skillnad mellan de två mätningarna. (Thomas & Lerche, 2017)

Till följd av anatomin är kaniner särskilt benägna att under anestesi drabbas av respiratoriska komplikationer som kan resultera i försämrad syresättning. Lungkapaciteten är begränsad och de har en tidalvolym på endast 4–6 ml/kg. Brösthålan är i jämförelse med bukhålan mycket liten, och respirationen upprätthålls framförallt via rörelser av diafragma. Utmärkande för kaniner är även att andningen, i motsats till hos många andra arter, enbart sker via nosen. (Longley, 2008)

## 2.3 Oxygentillförsel

För att motverka risken för komplikationer relaterat till försämrad syresättning anses oxygentillförsel i samband med anestesi vara väsentligt (Varga, 2014). Syftet med oxygentillförsel är att öka fraktionen inandad syrgas och därmed även PaO<sub>2</sub> (Wong *et al.*, 2019). För att tillföra kaniner oxygen används flera metoder såsom endotrakealtub, öppen syrgasmask, larynxmask och nasalkateter (Varga, 2014). De olika metoderna medför såväl fördelar som nackdelar. Målsättningen är att använda en metod som är effektiv, förorsakar minimalt med trauma och möjliggör adekvat oxygentillförsel (Lennox & Capello, 2008).

Orotrakeal intubering är en metod som är vanligt förekommande inom det veterinärmedicinska området för att under anestesi säkerställa fria luftvägar samt tillföra oxygen och anestesigas (Varga, 2017). Trakealtuben kan vara kuffad vilket innebär att den är försedd med en uppblåsbar manschett. Kuffade trakealtuber anses användbart för att tillsluta området runt tuben och följaktligen förhindra läckage samt aspiration av saliv och maginnehåll (Vogler, 2008). Kaniner kan dock inte kräkas till följd av den övre magmunnens placering samt dess välutvecklade sfinkter, vilket minskar risken för aspiration i samband med anestesi (O'Malley, 2005). Enligt Varga (2014) är det fördelaktigt att välja en okuffad trakealtub till kaniner för att därigenom kunna maximera trakealtubens innerdiameter och säkerställa fria luftvägar. Utöver en relativt liten larynxingång har kaniner även en liten och avlång munhåla, upphöjd tungbas och en benägenhet att drabbas av laryngospasm (Varga, 2017). Laryngospasm är i grunden en naturligt förekommande reflex som innebär ocklusion av glottis via muskler i larynx och kan resultera i akut hypoxi (Langton, 1995). Orotrakeal intubering är på kaniner tekniskt utmanande och komplikationer i form av trauma i larynx och trakea kan uppkomma i samband med intuberingsförsök (Bateman *et al.*, 2005).

Som ett alternativ till orotrakeal intubering används ofta en öppen syrgasmask som placeras över kaninernas nos och mun (Bateman *et al.*, 2005). En annan typ av mask är larynxmasken vilken förs ned i farynx, över glottis, och möjliggör fri luftväg utan intubering av trakea (Varga, 2017).

Gemensamt för orotrakeal intubering, syrgas- och larynxmask är att de förhindrar åtkomst av munhålan. Till följd av detta kan oxygentillförsel till kaniner vid vård av munhålan istället ske via nasalkateter eller flow by-metod. Med en nasalkateter nyttjas det faktum att kaniner enbart andas via nosen genom att en slang förs in en bit i nosen och sedan fixeras på plats (Varga, 2017). Flow by-metoden syftar till att kaninerna administreras oxygen genom att munstycket på narkosslangen eller en syrgasmask placeras i nära anslutning till nosen (Ambros *et al.*, 2018).

## 2.4 Positionering

I ett flertal studier på andra djurslag har positionering visat sig kunna ha viss inverkan på patienters förmåga till syresättning under anestesi. Nyare studier finns att tillgå som exempelvis en studie genomförd på grisar av Wang *et al.* (2002) samt på får av Richter *et al.* (2005), som båda påvisar förbättrat gasutbyte i ventralt läge jämfört med dorsal position. Dessa studier är dock inriktade på att undersöka positioneringens inverkan vid specifika tillstånd och resultatet är därmed inte applicerbart på djur som inte faller inom dessa kategorier.

De flesta studier som finns tillgängliga inom ämnet och som är relevanta för detta kandidatarbete är genomförda under 1900-talets slut. I en studie av Beck *et al.* (1992) undersöktes gasutbytet hos totalt tio hundar i ventral och dorsal position. Hundarna genomgick anestesi via administrering av pentobarbital och kopplades till ventilator, genom vilken en konstant andningsfrekvens och tidalvolym upprätthölls. Utifrån insamlade data påvisades en förbättrad syresättning i ventral position till följd av en mer jämn ventilation-perfusionskvot. Den övergripande anatomiska perfusionen som påverkar vävnadernas syretillgång var även mer homogen i ventralt läge än i dorsal position.

År 1989 studerade Yang *et al.* hur ventral och dorsal positionering påverkade lungexpansionen hos kaniner. Undersökningar hade sedan tidigare genomförts på större djur där en skillnad i lungexpansion mellan positionerna registrerats. Syftet med studien av Yang *et al.* (1989) var att se om samma förhållanden kunde observeras hos mindre djurarter. Studien omfattade 39 kaniner som genomgick anestesi och ventilerades mekaniskt efter utförd trakeotomi. Likt tidigare studier associerades ventral position med mindre variation beträffande lungexpansionen som kan resultera i en mer jämn ventilation-perfusionskvot och ett bättre gasutbyte.

Enligt Varga (2014) anses god positionering av kaniner vara en viktig faktor under anestesi för att minimera risken för försämrad syresättning. En återkommande rekommendation för kaniner är att överkroppen ska placeras något upphöjd i förhållande till resten av kroppen för att minimera bukorganens tryck på brösthålan (Brown, 1997; Varga, 2014). Om bukorganen skapar ett tryck mot diafragma kan respirationsrörelser enligt Varga (2014) hämmas och syresättningen försämras. Vid positionering av kaniner är det även viktigt att beakta huvudpositionen så att nasofarynx kan ansluta till larynx, för att undvika negativ inverkan på respirationen (Longley, 2008). Evidensbaserade rekommendationer specifikt framtagna för kaniner beträffande ventral och dorsal positionering har under litteratursökning varit svårt att hitta. Vid vård av munhålan tillåter såväl ventral som dorsal positionering åtkomst av aktuellt område. Exempelvis rekommenderar Capello (2016) dorsal positionering av kaniner vid extraktion av incisiver.

Olika hjälpmedel finns tillgängliga för att underlätta undersökning och behandling av munhålan på kaniner. En ofta använd anordning är enligt Capello (2016) en så kallad munstege av bordsmodell som är anpassad för kaniner i ventral position. Anordningen har två horisontella stänger där kaninernas incisiver placeras, vilket gör att munnen hålls öppen och huvudet upphöjt. Plattformen som kaninerna ligger på går att vinkla men det är enligt Capello (2016) viktigt att vinkeln inte överstiger 30 grader för att minimera påfrestningarna på nacke och incisiver. För att möjliggöra åtkomst av munhålan används utöver munstege av bordsmodell olika typer av separata retraktorer, exempelvis kindpåseutvidgare. Oavsett val av utrustning och tillvägagångssätt bör försiktighet vidtas för att undvika överdriven spänning av muskler och ligament i käklederna. (Capello, 2016)

## 2.5 Farmaka

I takt med att det veterinärmedicinska området utvecklats har framsteg gjorts gällande anestesi och analgesi vilket har varit gynnsamt för exotiska sällskapsdjur (Lennox, 2008). För generell anestesi av kaniner finns idag ett flertal olika farmakologiska alternativ tillgängliga. Oavsett val har samtliga alternativ en andningsdeprimerande effekt på kaniner som påverkar den övergripande förmågan till syresättning (Hedenqvist *et al.*, 2002; Orr *et al.*, 2005). Den andningsdepressiva effekt som anestetika kan orsaka resulterar ofta i minskad andningsfrekvens och tidalvolym (Longley, 2008). Riskerna för kaniner i samband med anestesi är betydande. Med en känslighet för farmakans biverkningar och ett begränsat intervall mellan en effektiv och toxisk dos bör försiktighet vidtas (Borkowski & Karas, 1999).

Enligt Orr *et al.* (2005) är en induktionsmetod med injektioner fördelaktigt på kaniner för att undvika vanligt förekommande problem, såsom stress vid hantering

och apné vid induktion med inhalationsmedel. Med utgångspunkt i antal publiceringar blir läkemedelskombinationer med ketamin allt vanligare vid anestesi av kaniner (Grint & Murison, 2008).

Ketamin är ett snabbverkande anestetikum som kan administreras intramuskulärt. Det används för både induktion och underhåll i samband med operativa och diagnostiska ingrepp. Via substansen sker ett selektivt avbrott av associationsbanor i hjärnan vilket ger upphov till så kallad dissociativ anestesi. (*Ketaminol® vet*, 2011)

Inom veterinärmedicin är det vanligt att kombinera ketamin med medetomidin alternativt dexmedetomidin (Kuusela *et al.*, 2001; Wenger, 2012). Dexmedetomidin är en aktiv enantiomer av racematen medetomidin och anses likvärdig gällande säkerhet och effekt (Kuusela *et al.*, 2001).

Dexmedetomidin är ett sedativum med analgetisk effekt som tillhör klassen selektiva  $\alpha_2$ -adrenoceptoragonister och kan liksom ketamin administreras intramuskulärt. Substansen inhiberar frisättningen av noradrenalin från noradrenergiska nervceller och den önskade responsen är dosberoende. (*Dexdomitor®*, 2018)

Anestesi-protokoll baserat på enbart intramuskulära injektioner kan enligt Borkowski och Karas (1999) vara ett lämpligt alternativ för kaniner i samband med vård av munhålan. Dock bör det noteras att kaniner har en hög metabolism vilket innebär att effekten av dessa injektioner kan vara snabbt övergående. Höga doser kan därför behöva administreras vilket inte är optimalt för kaniner med ett nedsatt hälsotillstånd. Borkowski och Karas (1999) framhåller även att dessa anestesiprotokoll kan medföra stora individuella variationer beträffande anestesidjup och återhämtningstid. Faktorer som bland annat kön, ålder, hälsostatus, genetik och tid på dagen påstås kunna påverka läkemedelsresponsen.

Flera studier inriktade på att utforska specifika kombinationer och effekter av läkemedel har genomförts på kaniner (Wenger, 2012). I samband med en studie av Hedenqvist *et al.* (2001) utvärderades kombinationen ketamin-medetomidin för anestesi av kaniner. Enligt författarna gav läkemedelskombinationen upphov till en smidig induktion och ett relativt snabbt uppvak. Dock noterades även negativa biverkningar under studien som framförallt påverkade den respiratoriska funktionen och gav upphov till måttlig eller grav hypoxemi.

Inom veterinärmedicin uppmuntras ett multimodalt tillvägagångssätt vid anestesi vilket innebär att en kombination av flera läkemedel med olika verkningsmekanismer administreras. Med denna princip ökar säkerheten genom att varje läkemedel ges i en lägre dos och risken för potentiellt negativa effekter således minskar. (Lennox, 2008)

Opioider som exempelvis butorfanol används frekvent till kaniner (Wenger, 2012). Butorfanol är ett analgetikum som genom agonistisk respektive antagonistisk påverkan på opioidreceptorer i det centrala nervsystemet ger upphov till en central effekt (*Butomidor vet.*, 2015). Utöver en smärtstillande effekt har butorfanol i

kombination med ketamin och dexmedetomidin i en studie av Hedenqvist *et al.* (2002) visat sig kunna resultera i en förlängd anestesi. Dock medförde administrering av butorfanol att kaninerna uppvisade en ökad grad av andningsdepression.

## 3 Material och metod

### 3.1 Kaninerna

I studien ingick fem honkaniner och fem hankaniner av rasen New Zealand White från Lidköpings Kaninfarm (Lidköpings Kaninfarm AB, Lidköping, Sverige). Besättningen hade innan ankomst till institutionen hälsoinventerats och bekräftats fri från CAR-bacillus, rotavirus, *Pneumocystis*, *Salmonella*, *Bordetella bronchiseptica*, *Pasteurella multocida*, *Encephalitozoon cuniculi*, *Clostridium piliforme*, RHDV (kaningulsot), ektoparasiter samt patogena former av endoparasiter. Innan studien hölls kaninerna parvis i boxar om tre kvadratmeter. De hade fri tillgång till vatten samt autoklaverat hö och utfodrades dagligen med en begränsad mängd pellets (Lactamin K1, Lantmännen, Malmö, Sverige). När studien genomfördes var kaninerna tio månader gamla med en medelvikt på  $3,52 \pm 0,27$  kg. Etiskt tillstånd hade sedan tidigare erhållits av Uppsalas djurförsöksetiska nämnd (5.2.18-00905-207).

### 3.2 Studiedesign och genomförande

Studien utformades som en randomiserad cross-over studie och utfördes i november 2018 på Sveriges Lantbruksuniversitet i Uppsala. Kaninerna vägdes innan studien och dosberäkningar av aktuella läkemedel gjordes. Ett försöksprotokoll utformades där kaninernas identitet, vikt, givna läkemedel, klockslag, syrgasflöde och position kunde noteras. Försöksprotokollet inkluderade även en tabell för registrering av syresaturation ( $SpO_2$ ), hjärtfrekvens (HF), andningsfrekvens (AF), rektal temperatur (RT), invasivt blodtryck (IBP) och arteriellt blodgasprov. Sterila engångssprutor av plast à två milliliter förbereddes med heparin (Heparin LEO 5000 IE/ml, LEO Pharma AB, Malmö, Sverige) för de arteriella blodgasproverna.

Dexmedetomidin (Cepedex 0,5 mg/ml, VM Pharma AB, Stockholm, Sverige) i dosen 0,1 mg/kg kroppsvikt administrerades subkutant till den första kaninen och



intramuskulärt till övriga kaniner. Efter 10–15 minuter administrerades 15 mg/kg ketamin (Ketaminol® vet. 100 mg/ml, Intervet AB, Stockholm, Sverige) samt 0,5 mg/kg butorfanol (Butomidor vet. 10 mg/ml, Salfarm Scandinavia AB, Helsingborg, Sverige) intramuskulärt. Två kaniner i taget administrerades farmaka av personal i djurstallet, som därefter förflyttade kaninerna i övertäckta burar till försöksrummet.

Kaninerna placerades på undersökningsbord och kopplades till övervakningsutrustningen. För registrering av SpO<sub>2</sub>, HF, AF, RT och IBP användes B40 Patient Monitor med tillbehör (GE Healthcare, Chicago, USA). Pälsen runt svansroten klipptes med en elektrisk trimmer och en pulsoximeterprob placerades sedan runt svansroten för registrering av SpO<sub>2</sub> och HF. För registrering av AF användes en samplingslang för kapnografi, utan Luer-Lock adapter, som placerades nära nosen. En termistor fördes in i rektum för kontinuerlig mätning av RT.

Pälsen på ena örat klipptes med en elektrisk trimmer och huden desinficerades med klorhexidinjösning (Klorhexidinsprit Fresenius Kabi 5 mg/ml, Fresenius Kabi AB, Uppsala, Sverige). Därefter placerades en permanentkanyl (BD Venflon 22 G, 0,9 x 25 mm, BD Medical Surgical Systems, Stockholm, Sverige) i örats centralartär under aseptiska förhållanden och en trevägskran (BD Connecta Infusionskran, BD Medical Surgical Systems, Stockholm, Sverige) anslöts till permanentkanylen. Ett tryckmätningssät (BD DTX Plus™, BD Medical Surgical Systems, Stockholm, Sverige) fyllt med natriumkloridlösning (Natriumklorid Fresenius Kabi 9 mg/ml, Fresenius Kabi AB, Uppsala, Sverige) kopplades från en infusionspåse med övertrycksmanschett till trevägskranen. Tryckmätaren placerades i hjärthöjd och anslöts till övervakningsmonitorn för registrering av IBP.

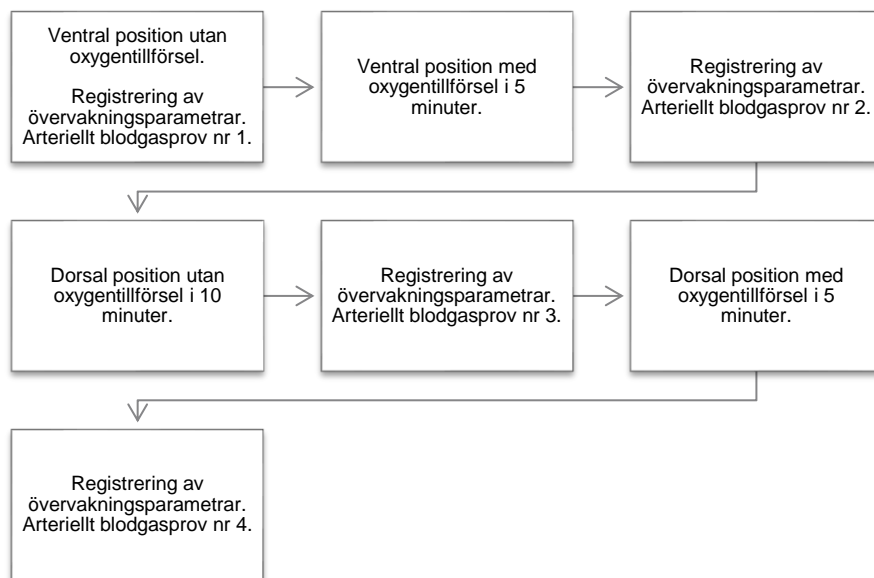
Genom randomisering tilldelades kaninerna flödesscheman, där hälften inledningsvis placerades i ventral position och hälften i dorsal position. När kaninerna hade placerats i respektive startposition insamlades baslinjedata i form av SpO<sub>2</sub>, HF, AF, RT, IBP samt arteriellt blodgasprov. Därefter påbörjades oxygentillförsel via syrgasgrimma (E1615 Intermediate Infant Nasal Cannula, ≤3 l/minut, Salter Labs, California, USA). Syrgasgrimman placerades i näsborrarna och fixerades bakom öronen med den justerbara fästordningen (figur 1). Med flödet 0,5 l/minut tillfördes 100 % oxygen via en anestesiapparat (Maquet Flow-i, Getinge AB, Göteborg, Sverige).

Efter fem minuter registrerades SpO<sub>2</sub>, HF, AF, RT samt IBP i försöksprotokollen och ett nytt arteriellt blodgasprov togs. Syrgasgrimman avlägsnades och kaninerna

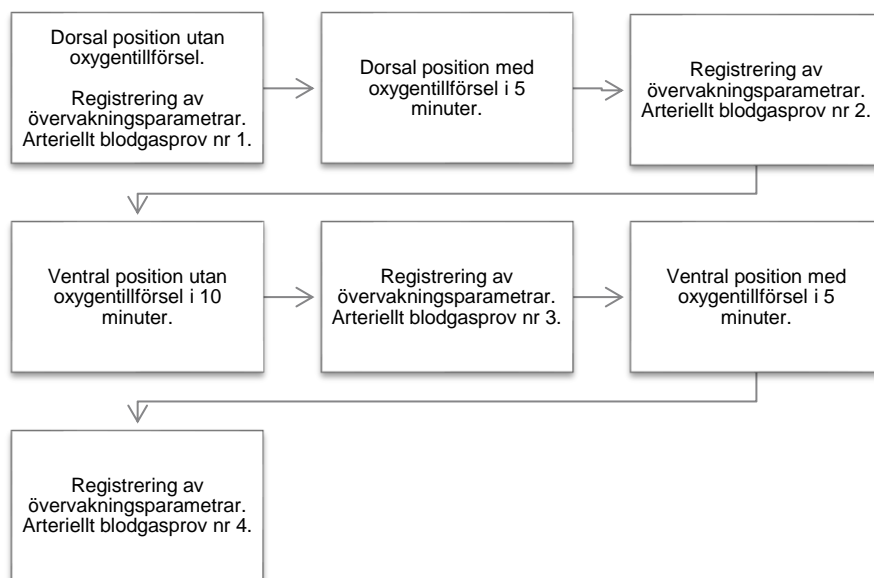


Figur 1. Syrgasgrimma placerad i näsborrarna på en kanin. På bilden ses även de övre incisiverna och delar av en retraktor.

placerades i ny position, ventral eller dorsal beroende på startposition. Baslinjedata för den nya positionen insamlades efter tio minuter och sedan påbörjades oxygentillförsel via syrgasgrimma. Övervakningsparametrarna registrerades igen efter fem minuters oxygentillförsel och ett sista arteriellt blodgasprov togs. I figur 2 och 3 visas de flödesscheman som användes under studien.



Figur 2. Flödesschema för positionering i ordningen ventral-dorsal.



Figur 3. Flödesschema för positionering i ordningen dorsal-ventral.

Vid ventral position användes en munstege av bordsmodell där plattformen var parallell med underlaget (figur 4). Vid dorsal position låg kaninerna i horisontellt läge och för att hålla munnen öppen användes en retraktor (figur 5).



*Figur 4.* Kanin i ventral position med en munstege av bordsmodell, utan oxygentillförsel. På bilden ses en samplingslang som användes för registrering av AF.



*Figur 5.* Kanin i dorsal position med en retraktor, utan oxygentillförsel.

Inför varje arteriellt blodgasprov togs cirka 0,5 ml blod ut ur artärkatetern med en steril spruta och kasserades. Därefter insamlades 1 ml blod med en hepariniserad spruta långsamt under flera andetag. Sprutan var sedan tidigare märkt med kaninens identitet samt aktuellt provtagningstillfälle. Eventuella luftbubblor avlägsnades, sprutan förseglades med kork och blodet blandades. Efter provtagning spolades

artärkatetern med natriumkloridlösning (Natriumklorid Fresenius Kabi 9 mg/ml, Fresenius Kabi AB, Uppsala, Sverige). I väntan på analys, som utfördes inom två timmar efter provtagningsstillfället, förvarades blodgasproverna i isvatten. För analys av blodgasproverna användes ABL90 FLEX Blood Gas Analyzer (Radiometer Medical ApS, Brønshøj, Danmark).

Centralt för studien var att efterlikna en klinisk situation med en duration på cirka 30–40 minuter. Under anestesi var nio av tio kaniner i behov av iterering av ketamin (Ketaminol® vet. 100 mg/ml, Intervet AB, Stockholm, Sverige) vid 1–4 tillfällena för att bibehålla adekvat anestesi djup. Iterering gavs i dosen 5 mg/kg kroppsvikt genom intramuskulär injektion. Efter avslutad studie avlivades kaninerna genom intravenös injektion av pentobarbital (Allfatal vet. 100 mg/ml, Omnidea AB, Stockholm, Sverige), cirka 100 mg/kg kroppsvikt.

### 3.3 Statistisk analys

Det insamlade datamaterialet sammanställdes i Microsoft Excel Version 1812 (Microsoft Office 365, Microsoft Corporation, Redmond, USA). De parametrar som analyserades var SpO<sub>2</sub>, HF, AF, RT, IBP, PaO<sub>2</sub>, SaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub> samt pH. Analysen utfördes i statistikprogrammet GraphPad Prism 5 (GraphPad Software, San Diego, USA). Medianen beräknades för samtliga parametrar och för signifikansprövning användes ett icke parametriskt test, Wilcoxons teckenrangtest, med en signifikansnivå satt till <0,05. Kaninernas syresättning bedömdes främst utifrån mätvärden för PaO<sub>2</sub> och SaO<sub>2</sub>, där ett värde <8 kPa respektive <90 % definierades som grav hypoxemi.

## 4 Resultat

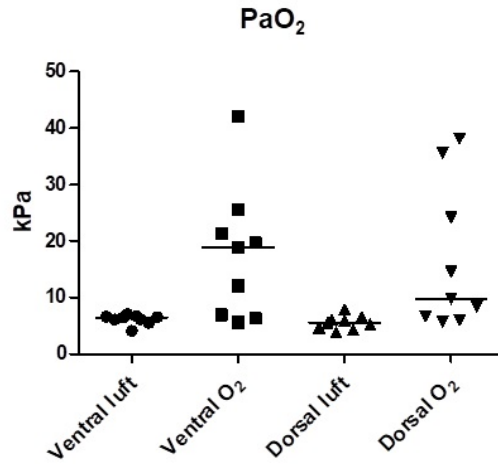
Vid den statistiska analysen exkluderades en kanin då väsentligt datamaterial saknades till följd av tekniska problem. Resultatet baseras således på datamaterial från nio kaniner, med undantag för IBP där fullständiga data endast erhöles från sex kaniner. En sammanställning av de kardiorespiratoriska och fysiologiska parametrar som registrerades under studien presenteras i tabell 1.

Tabell 1. Median samt lägsta och högsta uppmätta värde (min-max) för: partiellt syretryck i arteriellt blod ( $PaO_2$ ), syresaturation uppmätt via blodgasanalys av arteriellt blod ( $SaO_2$ ), syresaturation uppmätt via pulsoximetri ( $SpO_2$ ), pH, partiellt koldioxidtryck i arteriellt blod ( $PaCO_2$ ), andningsfrekvens (AF), hjärtfrekvens (HF), invasivt blodtryck (IBP) samt rektal temperatur (RT). Anges för ventral respektive dorsal position, utan och med oxygentillförsel

	n	Ventral position luftandning	Ventral position oxygentillförsel	Dorsal position luftandning	Dorsal position oxygentillförsel
$PaO_2$ , kPa	9	6,5 (4,1–7,1)	18,9 (5,7–42,2)	5,7 (3,9–7,9)	9,8 (5,7–38,2)
$SaO_2$ , %	9	85 (52–92)	100 (68–100)	78 (50–95)	100 (78–100)
$SpO_2$ , %	9	84 (48–88)	95 (84–98)	76 (44–89)	93 (82–98)
pH	9	7,38 (7,28–7,41)	7,34 (7,26–7,41)	7,36 (7,31–7,42)	7,34 (7,29–7,42)
$PaCO_2$ , kPa	9	7,5 (6,6–7,9)	7,6 (6,7–10,1)	7,4 (7,0–8,1)	7,6 (6,9–8,9)
AF/minut	9	29 (17–41)	25 (13–41)	27 (19–69)	26 (16–31)
HF/minut	9	180 (142–239)	167 (118–215)	171 (137–214)	163 (127–207)
IBP, mmHg	6	72 (57–82)	76 (51–88)	73 (53–79)	72 (63–78)
RT, °C	9	38,8 (37,8–40,1)	38,9 (37,9–39,8)	38,4 (37,5–40,6)	38,3 (37,6–40,4)

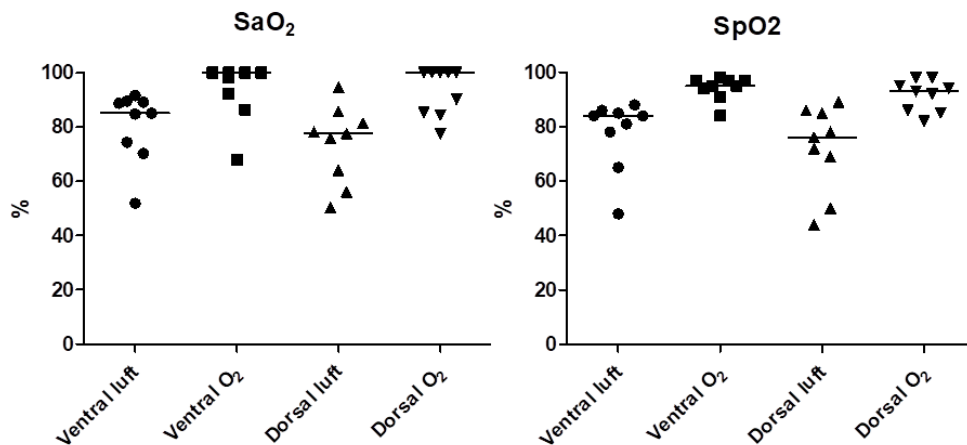
Oberoende av position observerades en signifikant skillnad i kaninernas syresättning mellan baslinjedata vid luftandning och de mätningar som utfördes efter fem minuters oxygentillförsel. Samtliga kaniner uppvisade grav hypoxemi vid luftandning, där medianen (min-max) för  $PaO_2$  var 6,5 (4,1–7,1) kPa i ventral position och 5,7 (3,9–7,9) kPa i dorsal position.  $SaO_2$  var 85 (52–92) % i ventral position och 78 (50–95) % i dorsal position vid luftandning. Vid oxygentillförsel via syrgasgrimma ökade  $PaO_2$  till 18,9 (5,7–42,2) kPa i ventral position och 9,8 (5,7–38,2)

kPa i dorsal position. SaO<sub>2</sub> ökade till 100 (68–100) % i ventral position och 100 (78–100) % i dorsal position. I figur 6 illustreras kaninernas individuella mätvärden för PaO<sub>2</sub> i förhållande till medianen.



Figur 6. Median samt individuella mätvärden för partiellt syretryck i arteriellt blod (PaO<sub>2</sub>). Visas för ventral och dorsal position, utan och med oxygentillförsel.

Analyserna påvisade ingen signifikant skillnad mellan mätvärdena för SaO<sub>2</sub> och SpO<sub>2</sub>, vilket visas i figur 7.



Figur 7. Median samt individuella mätvärden för syresaturation uppmätt via blodgasanalys av arteriellt blod (SaO<sub>2</sub>) respektive syresaturation uppmätt via pulsoximetri (SpO<sub>2</sub>). Visas för ventral och dorsal position, utan och med oxygentillförsel.

En individuell variation kunde observeras gällande kaninernas respons på oxygentillförsel. Totalt fyra kaniner uppvisade grav hypoxemi efter fem minuters oxygentillförsel i båda positionerna (n=2), enbart ventral position (n=1) eller enbart dorsal position (n=1). Dessa hade ett PaO<sub>2</sub> på 5,7–6,8 kPa och ett SaO<sub>2</sub> på 68–92 %. Vid två mättillfällen hade PaO<sub>2</sub> och SaO<sub>2</sub> sjunkit efter oxygentillförsel jämfört med vid luftandning. Vid analys av de individuella resultaten för HF, AF, RT, IBP, PaCO<sub>2</sub> och pH framkom inga tydliga skillnader mellan kaninerna som kunde kopplas till denna variation i syresättning.

Det framkom ingen signifikant skillnad i syresättning beroende på om kaninerna var placerade i ventral eller dorsal position. Vilken startposition kaninerna tilldelades via randomiseringen hade likaledes ingen betydelse för resultatet. Vidare påverkade positioneringen inte HF, AF, RT, IBP, PaCO<sub>2</sub> eller pH signifikant.

## 5 Diskussion

De senaste åren har det veterinärmedicinska området med inriktning på kanin utvecklats markant. Enligt Summa och Brandão (2017) uppvisar upp till 60–65 % av unga kaniner dentala abnormiteter och tandhälsa utgör därför en väsentlig del av den veterinärmedicinska vården. För dentala undersökningar och behandlingar är ett lämpligt anestesidjup nödvändigt (Lennox, 2008). Jämfört med katter och hundar löper kaniner en ökad risk för mortalitet i samband med generell anestesi (Brodbeck *et al.*, 2008). I detta kandidatarbete undersöktes två omvårdnadsfaktorer relaterade till syresättningen hos kaniner som genomgick anestesi för vård av munhålan.

### 5.1 Oxygentillförsel

Ett av syftena var att undersöka om oxygentillförsel via syrgasgrimma kan förbättra syresättningen hos kaniner. Av resultatet framkommer det att samtliga kaniner uppvisade grav hypoxemi vid luftandning. Fyndet bekräftar Vargas (2014) och Longleys (2008) påstående om att kaniner lätt kan drabbas av försämrad syresättning under anestesi. Efter oxygentillförsel via syrgasgrimma sågs generellt en förbättrad syresättning hos kaninerna.

Få studier har undersökt effekten av oxygentillförsel via syrgasgrimma hos djur. Daly *et al.* (2017) jämförde PaO<sub>2</sub> hos hundar när oxygen tillfördes med olika flöden via syrgasgrimma. Studien visar att PaO<sub>2</sub> ökade signifikant vid oxygentillförsel via syrgasgrimma jämfört med vid luftandning, och högre flöden gav en signifikant större ökning (Daly *et al.*, 2017). Även Mazzaferro (2015) nämner syrgasgrimma som ett alternativ för oxygentillförsel, med motiveringen att den är enkel att använda. Denna uppfattning delas av författarna till detta kandidatarbete. Syrgasgrimmans näskanyler var enkla att föra in i kaninernas näsborrar och satt stadigt på plats med hjälp av den justerbara fästordningen.

Nasalkateter är ett annat alternativ för oxygentillförsel som kan användas till kaniner i samband med vård av munhålan. Vanligtvis används unilateral nasalkateter



men vid höga flöden kan bilateral nasalkateter vara aktuellt, eftersom flödet då kan fördelas mellan båda näsborrarna vilket minskar risken för irritation av slemhinnan i näshålan (Dunphy *et al.*, 2002). Hos kaniner med tandproblem finns dock en risk att tandrötterna penetrerat näshålan, vilket förhindrar placering av en nasalkateter (Longley, 2008; Varga, 2014). Vidare kan ovarsam placering resultera i näsblödning (Mazzaferro, 2015). För att säkerställa att nasalkatetern hålls på plats krävs vanligen fixering med sutur, vilket är ännu ett moment att beakta.

Ytterligare ett alternativ för oxygentillförsel vid vård av munhålan är flow by-metoden. Vid användning av flow by-metoden måste dock hänsyn tas till att utspädning av syrgas med omgivande luft sker, vilket reducerar fraktionen inandad syrgas (Wong *et al.*, 2019). Avståndet mellan syrgaskällan och nosen bör inte överstiga två centimeter om adekvat syresättning ska uppnås (Ambros *et al.*, 2018; Wong *et al.*, 2019). I praktiken kan detta vara svårt att genomföra korrekt, särskilt vid vård av munhålan då syrgaskällan kan upplevas utgöra hinder för proceduren. Risken finns att avståndet från syrgaskällan till nosen blir för långt och fraktionen inandad syrgas för låg. Således kan flow by i sammanhanget anses vara en relativt osäker metod för oxygentillförsel.

Resultatet i detta kandidatarbete indikerar att syrgasgrimba kan vara ett lämpligt alternativ för oxygentillförsel till kaniner. I dagsläget saknas emellertid studier som jämför ovan nämnda metoder för oxygentillförsel när det gäller inverkan på syresättningen. Baserat på mätvärden hämtade från olika studier verkar oxygentillförsel via nasalkateter resultera i högst PaO<sub>2</sub>, följt av syrgasgrimba och därefter flow by-metoden (Dunphy *et al.*, 2002; Daly *et al.*, 2017; Ambros *et al.*, 2018). Dessa studier är dock utförda på olika premisser vilket innebär att det är svårt att göra en korrekt jämförelse. Vidare bör det betonas att studierna är utförda på hundar och det är möjligt att resultaten inte är fullt applicerbara på kaniner. Det vore således intressant att i framtida studier undersöka PaO<sub>2</sub> hos kaniner vid oxygentillförsel via olika metoder.

En individuell variation kunde observeras bland kaninerna i detta kandidatarbete, där några uppvisade grav hypoxemi trots oxygentillförsel. Som tidigare nämnts kan hypoxemi under anestesi uppkomma till följd av bland annat hypoventilation (Carver *et al.*, 2016). Hypoventilation är ett tillstånd som kännetecknas av hyperkapni med förhöjt PaCO<sub>2</sub> samt inadekvat andningsfrekvens och/eller tidalvolym (Hopper & Powell, 2013). Samtliga kaniner uppvisade tecken på hypoventilation i form av hyperkapni och låg andningsfrekvens. Det var dock inte möjligt att finna några utmärkande skillnader i dessa parametrar mellan kaninerna med grav hypoxemi och kaninerna med adekvat syresättning. Enligt Haskins (2015) samt Hopper och Powell (2013) brukar dessutom hypoxemi orsakad av hypoventilation svara väl på oxygentillförsel. Eftersom samtliga kaniner tillfördes syrgas i samma

koncentration och flöde talar detta emot hypoventilation som primär orsak till att några kaniner uppvisade grav hypoxemi trots oxygentillförsel.

Hypoxemi under anestesi kan även bero på venös tillblandning av artärblod, vilket innefattar olika mekanismer som medför att blodet passerar lungorna utan att syresättas adekvat. En mekanism som kan ligga bakom venös tillblandning är ojämn ventilation-perfusionskvot. (Haskins, 2015)

Vid ojämn ventilation-perfusionskvot råder det ett ojämnt förhållande mellan mängden syrgas som når alveolerna per minut och mängden blod som genomblöder alveolerna per minut (Thomas & Lerche, 2017). Detta kan bland annat uppkomma till följd av sjukdomar i nedre luftvägarna (Haskins, 2015). Respiratoriska sjukdomar är vanligt förekommande hos kaniner (Longley, 2008) och kan ibland vara kroniska eller subakuta utan kliniska symtom (Varga, 2014). Kaninerna som användes i detta kandidatarbete ansågs dock vara friska baserat på utförd hälsoinventering. Vidare kan ojämn ventilation-perfusionskvot bero på atelektaser, där en shuntliknande effekt uppstår när blodet passerar de sammanfallna alveolerna utan att syresättas (Haskins, 2015). I en studie av Müllhaupt *et al.* (2017) utförd på kaniner framkommer det att samtliga utom en hade varierande grad av atelektaser under anestesi. Detta tyder på att atelektaser kan vara en viktig orsak till att kaniner utvecklar hypoxemi under anestesi och enligt Haskins (2015) kan detta inte korrigeras genom oxygentillförsel. Olika grad av atelektaser är således en möjlig orsak till att en varierande respons på oxygentillförsel kunde observeras bland kaninerna i detta kandidatarbete.

Ytterligare en orsak till hypoxemi under anestesi kan vara låg fraktion inandad syrgas (Carver *et al.*, 2016). Samtliga kaniner i detta kandidatarbete tillfördes 100 % oxygen med flödet 0,5 l/minut, vilket med utgångspunkt i kaninernas vikt innebar ett flöde på cirka 125–172 ml/kg/minut. Vetenskapliga underlag för lämpliga syrgasflöden under generell anestesi av kanin har inte kunnat hittas. Utifrån studier på hundar verkar dock ett flöde på cirka 50–150 ml/kg/minut vara vanligt vid traditionell oxygenbehandling (Dunphy *et al.*, 2002; Keir *et al.*, 2016; Daly *et al.*, 2017). Det faktum att kaninerna tillfördes oxygen i samma flöde, oavsett vikt, kan anses vara en nackdel eftersom det eventuellt hade kunnat påverka resultatet. Vid en genomgång av resultatet i förhållande till kaninernas vikt och det aktuella flödet kunde dock inget samband mellan flöde och syresättning identifieras.

Vidare kan syrgasgrimmans passform ha påverkat effekten av oxygentillförseln. Kaniner kan enbart andas genom nosen, vilket innebär att eventuella obstruktioner i näshålan kan medföra andningssvårigheter (Johnson-Delaney & Orosz, 2011). I detta kandidatarbete användes en syrgasgromma med böjda näskanyler framtagen för barn i åldern 3–12 månader. Det är dock möjligt att syrgasgrimmor för humant bruk inte är optimala för kaniner med tanke på anatomiska skillnader. Vid felaktig placering finns en risk att syrgasgrimmorna blockerar och oxygentillförseln uteblir.

Felaktig placering eller dålig passform skulle även kunna medföra andnings-svårigheter om luftflödet genom nosen förhindras. I detta kandidatarbete användes samma modell av syrgasgrimba till samtliga kaniner och det är möjligt att en individuell anpassning borde ha gjorts. Felaktig placering och/eller dålig passform kan eventuellt vara en förklaring till att det vid två mättillfällen påvisades en försämrad syresättning vid oxygentillförsel jämfört med vid luftandning.

Sammanfattningsvis är det svårt att, utifrån det datamaterial som finns tillgängligt, avgöra varför vissa av kaninerna uppvisade grav hypoxemi trots oxygentillförsel. Orsaken är troligtvis multifaktoriell där flera av ovan nämnda faktorer kan ingå. Därutöver är det möjligt att eventuella felkällor vid hantering eller analys av de arteriella blodgasproverna kan ha påverkat resultatet.

## 5.2 Positionering

Förutom syftet att studera möjligheten till oxygentillförsel via syrgasgrimba undersöktes positioneringens eventuella inverkan på syresättningen. Positionerna som var av intresse för detta kandidatarbete var ventral och dorsal position. Båda positionerna tillåter åtkomst av munhålan och kan således vara funktionella i samband med dentala undersökningar och behandlingar på kanin. Med utgångspunkt i insamlade data kunde inte några signifikanta resultat observeras som indikerade en skillnad i syresättning beroende på positionering. Med en studiedesign i form av en cross-over studie innebar det att samtliga kaniner placerades i båda positionerna. Oavsett om kaninerna startade i ventral eller dorsal position kunde de statistiska analyserna inte påvisa en signifikant skillnad hos de fysiologiska parametrarna.

Resultatet från detta kandidatarbete avviker från forskningsresultat där ventral position i jämförelse med dorsal position framhålls som fördelaktig för syresättningen. Inom humanvården anses det vedertaget att kroppsposition och förändring av denna kan påverka den övergripande blod- och syretransporten i kroppen (Ceylan *et al.*, 2016). För att förbättra syresättningen hos patienter med akut respiratorisk insufficiens är exempelvis ventilering i ventral position en vanligt förekommande rekommendation (Pelosi *et al.*, 2002; Masuda *et al.*, 2014). Åtskilliga studier på djur har bekräftat påståendet att ventral position i förhållande till dorsal position är mer gynnsamt för kroppens syresättningsförmåga (Sorenson & Robinson, 1980; Yang *et al.*, 1989; Beck *et al.*, 1992). Unoki *et al.* genomförde år 2003 en studie på kanin vid vilken en förbättrad syresättning observerades då kaninerna förflyttades från dorsal till ventral position. Dorsal position har hos kaniner även associerats med svårare och mer frekvent dyspné (Bateman *et al.*, 2005).

Baserat på forskningsstudier har ett flertal olika teorier kring de underliggande mekanismerna för den förbättrade syresättningen i ventral position föreslagits.

Exempel på förklaringar är enligt Unoki *et al.* (2003) att ventral position leder till: mer enhetligt tryck i lungsäcken, omfördelning av perfusionen i lungorna, förändringar i diafragmas rörelse och/eller mindre kompression på lungorna av hjärtat.

Flertalet studier som undersökt positioneringens inverkan på syresättningen är genomförda på hundar och hästar. Enligt Unoki *et al.* (2003) bör skillnader mellan arter förutsättas vilket i detta fall kan påverka studieresultatens applicerbarhet på kaniner. För att kunna avgöra huruvida studieresultat kan vara av relevans är bland annat anatomiska och fysiologiska förutsättningar hos olika djurarter viktiga att betrakta. Exempelvis har flera studier på hästar påvisat en försämrad syresättning i dorsal position (Gleed & Dobson, 1988; Uquillas *et al.*, 2018). Till följd av hästars anatomiska struktur är de särskilt benägna att under anestesi drabbas av försämrad lungfunktion och syresättning (Auckburally & Nyman, 2017). I likhet med hästar har kaniner en förhållandevis stor volym bukorgan som skapar ett tryck mot diafragma, vilket skulle kunna påverka syresättningen negativt (Benato *et al.*, 2013). Trots inriktning på kaniner kan därför resultat från studier genomförda på hästar inom detta område inte anses helt ovidkommande. Enligt Yang *et al.* (1989) verkar exempelvis trycket i lungsäcken vara mer relaterat till bröstorgans form och tyngden från maginnehåll och hjärta, snarare än djurets storlek.

En annan aspekt värd att notera är distinktionen mellan laboratorie- och sällskapsdjur. Till skillnad från laboratoriekkaniner är sällskapskaniner en heterogen grupp av individer där storlek, ras, ålder och hälsostatus kan variera stort (Orr *et al.*, 2005; Benato *et al.*, 2013). Studier såsom den av Unoki *et al.* (2003) har genomförts på en homogen grupp laboratoriekkaniner. I likhet med föreliggande studie användes under detta kandidatarbete en homogen grupp kaniner där den individuella variationen var begränsad. Denna faktor kan därmed inte förklara eventuella skillnader i resultat mellan detta kandidatarbete och studier såsom den av Unoki *et al.* (2003).

En individs förmåga till syresättning är multifaktoriell och beroende på infallsvinkel lämpar sig olika analysmetoder. För att utvärdera kaninernas ventilation användes under detta kandidatarbete arteriella blodgasprov, vilket enligt Benato *et al.* (2013) anses vara guldstandard på däggdjur under anestesi. I flera studier där positioneringens inverkan på syresättningen undersökts har blodgasmätning använts som metod för datainsamling (Beck *et al.*, 1992; Wang *et al.*, 2002; McMillan *et al.*, 2009). Vid en genomgång av vetenskaplig litteratur framkommer det även att andra metoder har använts för att utvärdera positioneringens eventuella effekter på syresättningen. Exempelvis har kapslar i rostfritt stål placerats i revbenen på hundar (Wiener-Kronish *et al.*, 1985) och ponnyer (Olson & Lai-Fook, 1988) för att mäta vätsketrycket i lungsäcken vid ventral respektive dorsal position. Samma teknik har av Yang *et al.* (1989) använts på kaniner, kombinerat med videomikroskopi under obduktion, för examinering av lungexpansionen. Gemensamt för nämnda studier där syftet har varit att studera lungfunktionen är att en differens observerats associerat

till val av position. Hur de uppmärksammade differenserna hos lungorna i slutändan påverkade individernas syresättning framkommer dock inte. I samband med detta kandidatarbete fick blodgasparametrarna PaO<sub>2</sub> och SaO<sub>2</sub> ligga till grund för bedömningen av individernas syresättning. Lungfunktionen hos kaninerna undersöktes inte mer ingående. Det går således inte helt att utesluta att skillnader kopplat till positionering hade kunnat påvisas vid andra metodval.

Vid en jämförelse mellan denna kandidatuppsats och studier som påvisat en differens i syresättning mellan olika positioner finns förutom metodval andra aspekter att ta hänsyn till. Beroende på hur varje enskild studie utformats har tiden studieobjekten genomgått anestesi varierat. Information kring studiens duration för respektive individ framkommer dock sällan. Detta kandidatarbete utformades med inriktning på en specifik klinisk situation vilket var anestesi vid vård av munhålan. Eftersom gasanestesi rent praktiskt kan vara svårt att använda då åtkomst av munhålan krävs användes ett läkemedelsprotokoll baserat på injektionsanestetika. Injektionsanestetika som administreras intramuskulärt kan enligt Borkowski och Karas (1999) vara ett lämpligt alternativ vid dentala undersökningar och ingrepp på kaniner med en duration på cirka 40 minuter. Ungefär denna tidsmarginal användes som utgångspunkt vid studietillfället. Baserat på metodval och flödesschema är det rimligt att anta att flertalet andra studier inom området innefattat längre anestasier. Eventuellt hade en längre anestesi under detta kandidatarbete kunnat resultera i att en skillnad i syresättningen mellan ventral och dorsal position påträffats.

Vidare är merparten av experimenten inom området utförda på mekaniskt ventilerade djur. Under experimentet som ligger till grund för detta kandidatarbete spontanandades kaninerna och tillfördes oxygen via syrgasgrimpa. Denna aspekt borde emellertid inte kunna förklara det faktum att ingen skillnad i syresättning mellan ventral och dorsal position kunde observeras. Resultaten från en studie av Yang och Lai-Fook (1991) tyder på att mekanisk ventilation snarare minskar de skillnader som påträffats i fråga om lungfunktionen mellan ventral och dorsal position. Risken för hypoxemi, som en konsekvens av en förmodad skillnad i lungfunktion mellan positionerna, borde således vara ökad hos kaniner som spontanandas.

Att farmaka kan ha en negativ effekt på individens förmåga till syresättning är vida känt (Rozanski *et al.*, 2010). Enligt Henke *et al.* (2005) kommer flera olika kombinationer av injektionsanestetika att minska det partiella syretrycket i arteriellt blod. Vid studier för att undersöka positioneringens inverkan på syresättningen har olika farmaka använts. Ett återkommande val av farmaka för induktion är i flera studier pentobarbital, som i vissa fall kombinerats med muskelrelaxantia (Olson & Lai-Fook, 1988; Yang *et al.*, 1989; Beck *et al.*, 1992). Administrering av muskelrelaxantia blockerar aktiviteten hos andningsmuskulaturen och möjligheten till assisterad ventilation måste därför finnas tillgänglig (Murrel & Ford-Fennah, 2011). Pentobarbital är en potent substans som vid induktion på kaniner har en snäv

säkerhetsmarginal (Green, 1975). Enligt Flecknell *et al.* (1983) leder pentobarbital till svår andningsdepression hos kaniner som kan resultera i hypoxi, hyperkapni och acidosis. Under detta kandidatarbete administrerades ketamin för induktion av kaninerna. Ketamin kan liksom andra farmaka påverka respirationen negativt men substansen har även en bronkodilaterande effekt (Meyer & Fish, 2008). Till skillnad från pentobarbital har ketamin en bred säkerhetsmarginal och kort duration (Green, 1975). Det går inte att utesluta att val av farmaka kan ha haft en viss inverkan på resultatet. Som enskild faktor bör det dock i aktuellt sammanhang inte kunna leda till några markanta skillnader gällande studieresultat.

### 5.3 Metodval

På grund av det begränsade urvalet valdes randomiserad cross-over som studiedesign i detta kandidatarbete. Vid cross-over studier utgör försöksindividerna sin egen kontrollgrupp, vilket anses fördelaktigt eftersom det eliminerar risken för att variationer mellan individer påverkar utfallet. En svaghet med denna studiedesign är dock att effekten av den första behandlingen kan kvarstå och påverka utfallet av den andra behandlingen. För att undvika detta är det viktigt att ha en tillräcklig så kallad wash-out period, där individer inte får någon behandling, innan nästa behandling påbörjas. (Raghavarao & Padgett, 2014)

I detta kandidatarbete utvärderades två positioner avseende effekten på kaninernas syresättning under anestesi. Datainsamling för respektive position utfördes vid luftandning (baslinjedata) samt efter fem minuters oxygentillförsel. Efter byte av position tilläts en wash-out period på tio minuter utan oxygentillförsel innan baslinjedata för den nya positionen insamlades. Baserat på tidigare studier som undersökt tiden till desaturation efter oxygentillförsel kan detta anses tillräckligt (McNally *et al.*, 2009; Ambros *et al.*, 2018).

En svaghet med studien var att flera personer turades om att föra protokoll vid insamlingen av datamaterial, något som kan ha ökat risken för mätfel. Under studien uppstod även tekniska problem med både anestesiapparaten och övervakningsutrustningen, vilket resulterade i att en kanin fick uteslutas vid analysen eftersom datamaterial saknades. Detta är också anledningen till att IBP saknades från några av kaninerna. Bortfallet av datamaterial påverkade dock inte möjligheten att utföra en korrekt signifikansprövning.

Enligt den ursprungliga planeringen skulle dexmedetomidin administreras subkutan till samtliga kaniner. I samband med sederingen av den första kaninen ansågs detta inte ha tillräckligt snabb effekt, varför resterande kaniner fick intramuskulär administration. Kaninen som fick subkutan administration var dock den kanin som uteslöts vid analysen och denna skillnad är således inte relevant för resultatet. Något

annat som bör nämnas är variationen när det gäller tidpunkten för anestesi bland kaninerna. Beroende på randomiseringen utfördes anestesi vid olika tidpunkter under försöksdagen och generellt noterades en ökad stress bland de sista kaninerna. Detta återspeglade sig i oroligare anestasier där fler itereringar krävdes för att bibehålla adekvat anestesidjup. Vid en genomgång av kaninernas individuella resultat i förhållande till utförda itereringar framkom dock inget tydligt samband relaterat till syresättningen.

Vidare kan det inte uteslutas att felaktig hantering eller analys av de arteriella blodgasproverna kan ha påverkat resultatet. Enligt Thomas och Lerche (2017) är det viktigt att arteriella blodgasprov hanteras korrekt för att analysresultatet ska kunna anses tillförlitligt. Arteriella blodgasprover bör förvaras på is och analyseras inom två timmar efter provtagningstillfället (Smith & Danneman, 2008; Thomas & Lerche, 2017). Dessa riktlinjer följdes under detta kandidatarbete, utom vid ett tillfälle då ett prov av misstag förvarades i rumstemperatur. Vilket prov det rörde sig om är tyvärr inte känt eftersom detta inte noterades.

En intressant iakttagelse under detta kandidatarbete var att det inte fanns någon signifikant skillnad mellan mätvärdena för SaO<sub>2</sub> och SpO<sub>2</sub>. Värdena korrelerade utan större avvikelser. Huruvida pulsoximetri kan anses som en tillförlitlig metod för monitorering av syresättningen hos djur under anestesi är dock omdiskuterat. Huss *et al.* (1995) mätte syresättningen hos hundar under anestesi med två olika typer av pulsoximeterprober och jämförde resultatet med arteriella blodgasprover. Med ena pulsoximeterproben, som var anpassad för flexibel placering, observerades en signifikant korrelation mellan SaO<sub>2</sub> och SpO<sub>2</sub>. Liknande resultat påvisades i en studie genomförd av Hendricks och King (1993) på kritiskt sjuka hundar och katter. Enligt Hendricks och King (1993) kan pulsoximetri vara en användbar och i somliga fall fördelaktig metod, jämfört med arteriellt blodgasprov, vid monitorering av syresättningen hos kritiskt sjuka patienter. Matthews *et al.* (2003) ställde sig emellertid avvaktande till pulsoximetri, då deras studie visade att möjligheten till korrekta mätningar varierade stort beroende på djurart och val av pulsoximetermodell. Vidare kunde Eatwell *et al.* (2013), i motsats till resultatet i detta kandidatarbete, inte observera en signifikant korrelation mellan SaO<sub>2</sub> och SpO<sub>2</sub> vid mätning av syresättningen hos kaniner. I studien av Eatwell *et al.* (2013) placerades pulsoximeterproben på kaninernas öron, till skillnad från under detta kandidatarbete där den placerades på kaninernas svansrot. Det är möjligt att valet av placering kan förklara skillnaden mellan studieresultaten. Baserat på den signifikanta korrelation mellan SaO<sub>2</sub> och SpO<sub>2</sub> som påvisas i detta kandidatarbete förefaller svansroten vara lämplig för placering av pulsoximeterprob. Oavsett placering kan mätningen dock påverkas av tekniska och fysiologiska faktorer, vilket är viktigt att ta med i beräkningen (Becker & Casabianca, 2009). Ett återkommande konstaterande är att

pulsoximetri inte kan ersätta arteriellt blodgasprov för utvärdering av syresättningen (Hendricks & King, 1993; Eatwell *et al.*, 2013).

En nackdel med detta kandidatarbete var att tidalvolymen inte kunde monitoreras eftersom kaninerna inte var intuberade. Mätning av tidalvolymen hade kunnat bidra med värdefull information om kaninernas förmåga till alveolär ventilation och syresättning. Kaniner har normalt en låg tidalvolym (Longley, 2008) och i regel sker en minskning av tidalvolymen med minst 25 % under anestesi på grund av de farmaka som ges, vilket kan leda till atelektaser (Thomas & Lerche, 2017).

Slutligen bör det nämnas att studien baserades på en liten grupp kaniner, något som reducerar dess statistiska styrka. Enligt Björk (2010) krävs ett större antal individer för att identifiera små skillnader i utfall. Det är således möjligt att en signifikant skillnad i syresättning beroende på positionering hade kunnat påvisas om en större grupp individer undersökts. Vidare var kaninerna i studien av samma ras och ålder med en liten variation i kroppsstorlek. Detta bidrar till en viss statistisk osäkerhet, vilket begränsar möjligheten att applicera resultatet på en större population sällskapskaniner.

## 5.4 Konklusion

Med hänvisning till lagen om verksamhet inom djurens hälso- och sjukvård (SFS 2009:302) är djurhälsopersonal skyldiga att arbeta utifrån vetenskap och beprövad erfarenhet. Syftet med denna lagstiftning är bland annat att öka patientsäkerheten och säkerställa god djurhälsa. Med tillgång till evidensbaserad information kan djurhälsopersonal såsom djursjukskötare vägledas i den dagliga verksamheten och vidta lämpliga omvårdnadsåtgärder i varje enskild situation.

Syftet med detta kandidatarbete var att undersöka två omvårdnadsfaktorer relaterade till kaninens syresättningsförmåga i en given klinisk situation. En förbättrad syresättning kunde observeras hos majoriteten av kaninerna i samband med att syrgasgrimma användes. Resultatet tyder på att syrgasgrimma kan vara ett funktionellt alternativ för oxygentillförsel till kaniner under anestesi vid vård av munhålan. Vidare tyder analyserade data på att kaniner kan positioneras såväl ventralt som dorsalt utan en signifikant skillnad i syresättningsförmåga.

Ytterligare studier krävs för att verifiera ovan nämnda slutsatser. Undersökningar inriktade på till exempel syrgasgrimmans passform, optimala syrgasflöden och positioneringens inverkan på syresättningen under längre anestasier kan leda till betydelsefulla direktiv. Framförallt behöver studier genomföras på ett större antal individer och en mer heterogen grupp kaniner för att kunna resultera i riktlinjer relevanta för veterinärmedicinska kliniker och djursjukhus.



## Referenslista

- Ambros, B., Carrozzo, M.V. & Jones, T. (2018). Desaturation times between dogs preoxygenated via face mask or flow-by technique before induction of anesthesia. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, vol. 45 (4), ss. 452–458. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vaa.2018.03.004>.
- Auckburally, A. & Nyman, G. (2017). Review of hypoxaemia in anaesthetized horses: predisposing factors, consequences and management. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, vol. 44 (3), ss. 397–408. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vaa.2016.06.001>.
- Bateman, L., Ludders, J.W., Gleed, R.D. & Erb, H.N. (2005). Comparison between facemask and laryngeal mask airway in rabbits during isoflurane anesthesia. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, vol. 32 (5), ss. 280–288. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-2995.2005.00169.x>.
- Beck, K.C., Vettermann, J. & Rehder, K. (1992). Gas exchange in dogs in the prone and supine positions. *Journal of Applied Physiology*, vol. 72 (6), ss. 2292–2297. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1992.72.6.2292>.
- Becker, D.E. & Casabianca, A.B. (2009). Respiratory Monitoring: Physiological and Technical Considerations. *Anesthesia Progress*, vol. 56 (1), ss. 14–22. DOI: <https://doi.org/10.2344/0003-3006-56.1.14>.
- Benato, L., Chesnel, M., Eatwell, K. & Meredith, A. (2013). Arterial blood gas parameters in pet rabbits anaesthetized using a combination of fentanyl-fluanisone-midazolam-isoflurane. *Journal of Small Animal Practice*, vol. 54 (7), ss. 343–346. DOI: <https://doi.org/10.1111/jsap.12081>.
- Björk, J. (2010). *Praktisk statistik för medicin och hälsa*. Stockholm: Liber AB.
- Borkowski, R. & Karas, A.Z. (1999). Sedation and anesthesia of pet rabbits. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, vol. 14 (1), ss. 44–49. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1096-2867\(99\)80026-7](https://doi.org/10.1016/S1096-2867(99)80026-7).
- Brodbelt, D.C., Blissitt, K.J., Hammond, R.A., Neath, P.J., Young, L.E., Pfeiffer, D.U. & Wood, J.L.N. (2008). The risk of death: the Confidential Enquiry into Perioperative Small Animal Fatalities. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, vol. 35 (5), ss. 365–373. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-2995.2008.00397.x>.
- Brown, S.A. (1997). Clinical techniques in rabbits. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, vol. 6 (2), ss. 86–95. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1055-937X\(97\)80015-1](https://doi.org/10.1016/S1055-937X(97)80015-1).
- Butomidor vet. (2015). *FASS Djurläkemedel*. Tillgänglig: <https://www.fass.se/LIF/product?userType=1&nplId=20100219000069>. [2019-02-10].
- Calabro, J.M., Prittie, J.E. & Palma, D.A. (2013). Preliminary evaluation of the utility of comparing SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> and PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratios in dogs. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, vol. 23 (3), ss. 280–285. DOI: <https://doi.org/10.1111/vec.12050>.

- Capello, V. (2016). Intraoral Treatment of Dental Disease in Pet Rabbits. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, vol. 19 (3), ss. 783–798. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2016.05.002>.
- Capello, V. & Lennox, A.M. (2012). Small Mammal Dentistry. I: Quesenberry, K.E. & Carpenter, J.W. (red), *Ferrets, Rabbits, and Rodents*. 3. uppl. Saint Louis: Saunders Elsevier, ss. 452–471. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-6621-7.00032-4>.
- Carver, A., Bragg, R. & Sullivan, L. (2016). Evaluation of PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> and SaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratios in post-operative dogs recovering on room air or nasal oxygen insufflation. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, vol. 26 (3), ss. 437–445. DOI: <https://doi.org/10.1111/vec.12475>.
- Ceylan, B., Khorshid, L., Güneş, Ü.Y. & Zaybak, A. (2016). Evaluation of oxygen saturation values in different body positions in healthy individuals. *Journal of Clinical Nursing*, vol. 25 (7–8), ss. 1095–1100. DOI: <https://doi.org/10.1111/jocn.13189>.
- Daly, J.L., Guenther, C.L., Haggerty, J.M. & Keir, I. (2017). Evaluation of oxygen administration with a high-flow nasal cannula to clinically normal dogs. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 78 (5), ss. 624–630. DOI: <https://doi.org/10.2460/ajvr.78.5.624>.
- Dexdomitor® (2018). *FASS Djurläkemedel*. Tillgänglig: <https://www.fass.se/LIF/product?userType=1&nplId=20020830000012>. [2019-02-10].
- Dunphy, E.D., Mann, F.A., Dodam, J.R., Branson, K.R., Wagner-Mann, C.C., Johnson, P.A. & Brady, M.A. (2002). Comparison of unilateral versus bilateral nasal catheters for oxygen administration in dogs. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, vol. 12 (4), ss. 245–251. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1435-6935.2002.t01-1-00049.x>.
- Eatwell, K., Mancinelli, E., Hedley, J., Benato, L., Shaw, D.J., Self, I. & Meredith, A. (2013). Use of arterial blood gas analysis as a superior method for evaluating respiratory function in pet rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Veterinary Record*, vol. 173 (7), ss. 166–166. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.101218>.
- Flecknell, P.A., John, M., Mitchell, M., Shurey, C. & Simpkin, S. (1983). Neuroleptanalgesia in the rabbit. *Laboratory Animals*, vol. 17 (2), ss. 104–109. DOI: <https://doi.org/10.1258/002367783780959420>.
- Gleed, R.D. & Dobson, A. (1988). Improvement in arterial oxygen tension with change in posture in anaesthetised horses. *Research in Veterinary Science*, vol. 44 (2), ss. 255–259. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(18\)30851-8](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(18)30851-8).
- Green, C.J. (1975). Neuroleptanalgesic drug combinations in the anaesthetic management of small laboratory animals. *Laboratory Animals*, vol. 9 (3), ss. 161–178. DOI: <https://doi.org/10.1258/002367775780994574>.
- Grint, N.J. & Murison, P.J. (2008). A comparison of ketamine–midazolam and ketamine–medetomidine combinations for induction of anaesthesia in rabbits. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, vol. 35 (2), ss. 113–121. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-2995.2007.00362.x>.
- Haskins, S.C. (2015). Chapter 15 - Hypoxemia. I: Silverstein, D.C. & Hopper, K. (red), *Small Animal Critical Care Medicine (Second Edition)*. 2. uppl. St. Louis: W.B. Saunders, ss. 81–86. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-0306-7.00015-5>.
- Hedenqvist, P., Orr, H.E., Roughan, J.V., Antunes, L.M. & Flecknell, P.A. (2002). Anaesthesia with ketamine/medetomidine in the rabbit: influence of route of administration and the effect of combination with butorphanol. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, vol. 29 (1), ss. 14–19. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1467-2987.2001.00058.x>.
- Hedenqvist, P., Roughan, J.V., Orr, H.E. & Antunes, L.M. (2001). Assessment of ketamine/medetomidine anaesthesia in the New Zealand White rabbit. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, vol. 28 (1), ss. 18–25. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1467-2995.2001.00019.x>.

- Hendricks, J.C. & King, L.G. (1993). Practicality, Usefulness, and Limits of Pulse Oximetry in Critical Small Animal Patients. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, vol. 3 (1), ss. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.1993.tb00098.x>.
- Henke, J., Astner, S., Brill, T., Eissner, B., Busch, R. & Erhardt, W. (2005). Comparative study of three intramuscular anaesthetic combinations (medetomidine/ketamine, medetomidine/fentanyl/midazolam and xylazine/ketamine) in rabbits. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, vol. 32 (5), ss. 261–270. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-2995.2005.00242.x>.
- Hopper, K. & Powell, L.L. (2013). Basics of Mechanical Ventilation for Dogs and Cats. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, vol. 43 (4), ss. 955–969. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2013.03.009>.
- Huss, B., Anderson, M., Branson, K., Wagner-Mann, C. & Mann, F. (1995). Evaluation of pulse oximeter probes and probe placement in healthy dogs. *Journal of the American Animal Hospital Association*, vol. 31 (1), ss. 9–14. DOI: <https://doi.org/10.5326/15473317-31-1-9>.
- Johnson-Delaney, C.A. & Orosz, S.E. (2011). Rabbit Respiratory System: Clinical Anatomy, Physiology and Disease. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, vol. 14 (2), ss. 257–266. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2011.03.002>.
- Keir, I., Daly, J., Haggerty, J. & Guenther, C. (2016). Retrospective evaluation of the effect of high flow oxygen therapy delivered by nasal cannula on PaO<sub>2</sub> in dogs with moderate-to-severe hypoxemia. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, vol. 26 (4), ss. 598–602. DOI: <https://doi.org/10.1111/vec.12495>.
- Ketaminol® vet (2011). *FASS Djurläkemedel*. Tillgänglig: <https://www.fass.se/LIF/product?userType=1&nplId=19931217000058>. [2019-02-10].
- Kuusela, E., Raekallio, M., Väisänen, M., Mykkänen, K., Ropponen, H. & Vainio, O. (2001). Comparison of medetomidine and dexmedetomidine as premedicants in dogs undergoing propofol-isoflurane anesthesia. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 62 (7), ss. 1073–1080. DOI: <https://doi.org/10.2460/ajvr.2001.62.1073>.
- Langton, J.A. (1995). 2 Upper airway reflexes. *Baillière's Clinical Anaesthesiology*, vol. 9 (2), ss. 235–250. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0950-3501\(95\)80003-4](https://doi.org/10.1016/S0950-3501(95)80003-4).
- Lennox, A.M. (2008). Clinical Technique: Small Exotic Companion Mammal Dentistry—Anesthetic Considerations. *Journal of Exotic Pet Medicine*, vol. 17 (2), ss. 102–106. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.jepm.2008.03.007>.
- Lennox, A.M. & Capello, V. (2008). Tracheal Intubation in Exotic Companion Mammals. *Journal of Exotic Pet Medicine*, vol. 17 (3), ss. 221–227. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.jepm.2008.05.009>.
- Longley, L. (2008). *Anaesthesia of Exotic Pets*. Saunders Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-2888-5.X5001-1>.
- Masuda, Y., Tatsumi, H., Imaizumi, H., Gotoh, K., Yoshida, S., Chihara, S., Takahashi, K. & Yamakage, M. (2014). Effect of prone positioning on cannula function and impaired oxygenation during extracorporeal circulation. *Journal of Artificial Organs*, vol. 17 (1), ss. 106–109. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10047-013-0742-0>.
- Matthews, N.S., Hartke, S. & Allen, J.C. (2003). An evaluation of pulse oximeters in dogs, cats and horses. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, vol. 30 (1), ss. 3–14. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1467-2995.2003.00121.x>.
- Mazzaferro, E.M. (2015). Chapter 14 - Oxygen Therapy. I: Silverstein, D.C. & Hopper, K. (red), *Small Animal Critical Care Medicine (Second Edition)*. 2. uppl. St. Louis: W.B. Saunders, ss. 77–80. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-0306-7.00014-3>.
- McMillan, M.W., Whitaker, K.E., Hughes, D., Brodbelt, D.C. & Boag, A.K. (2009). Effect of body position on the arterial partial pressures of oxygen and carbon dioxide in spontaneously breath-

- ing, conscious dogs in an intensive care unit. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, vol. 19 (6), ss. 564–570. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2009.00480.x>.
- McNally, E.M., Robertson, S.A. & Pablo, L.S. (2009). Comparison of time to desaturation between preoxygenated and nonpreoxygenated dogs following sedation with acepromazine maleate and morphine and induction of anesthesia with propofol. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 70 (11), ss. 1333–1338. DOI: <https://doi.org/10.2460/ajvr.70.11.1333>.
- Meyer, R.E. & Fish, R.E. (2008). Chapter 2 - Pharmacology of Injectable Anesthetics, Sedatives, and Tranquilizers. I: Fish, R.E., Brown, M.J., Danneman, P.J., & Karas, A.Z. (red), *Anesthesia and Analgesia in Laboratory Animals (Second Edition)*. 2. uppl. San Diego: Academic Press, ss. 27–82. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-012373898-1.50006-1>.
- Murrell, J. & Ford-Fennah, V. (2011). Anaesthesia and analgesia. I: Cooper, B., Mullineaux, E., & Turner, L. (red), *BSAVA Textbook of Veterinary Nursing*. 5. uppl. Quedgeley: British Small Animal Veterinary Association, ss. 663–737.
- Müllhaupt, D., Wenger, S., Kircher, P., Pfammatter, N., Hatt, J.-M. & Ohlerth, S. (2017). Computed tomography of the thorax in rabbits: a prospective study in ten clinically healthy New Zealand White rabbits. *Acta Veterinaria Scandinavica*, vol. 59 (1), s. 72. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13028-017-0340-x>.
- Mäkitaipale, J., Harcourt-Brown, F.M. & Laitinen-Vapaavuori, O. (2015). Health survey of 167 pet rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in Finland. *Veterinary Record*, vol. 177 (16), ss. 418–418. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.103213>.
- Olson, L.E. & Lai-Fook, S.J. (1988). Pleural liquid pressure measured with rib capsules in anesthetized ponies. *Journal of Applied Physiology*, vol. 64 (1), ss. 102–107. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1988.64.1.102>.
- O'Malley, B. (2005). Chapter 8 - Rabbits. I: O'Malley, B. (red), *Clinical Anatomy and Physiology of Exotic Species*. Edinburgh: W.B. Saunders, ss. 173–195. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-070202782-6.50011-9>
- Orr, H.E., Roughan, J.V. & Flecknell, P.A. (2005). Assessment of ketamine and medetomidine anaesthesia in the domestic rabbit. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, vol. 32 (5), ss. 271–279. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-2995.2005.00211.x>.
- Pelosi, P., Brazzi, L. & Gattinoni, L. (2002). Prone position in acute respiratory distress syndrome. *European Respiratory Journal*, vol. 20 (4), ss. 1017–1028. DOI: <https://doi.org/10.1183/09031936.02.00401702>.
- Raghavarao, D. & Padgett, L. (2014). *Repeated measurements and cross-over designs*. Hoboken, New Jersey: Wiley. Tillgänglig: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/slub-ebooks/detail.action?docID=1656361>. [2019-04-15].
- Richter, T., Bellani, G., Harris, R.S., Melo, M.F.V., Winkler, T., Venegas, J.G. & Musch, G. (2005). Effect of Prone Position on Regional Shunt, Aeration, and Perfusion in Experimental Acute Lung Injury. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, vol. 172 (4), ss. 480–487. DOI: <https://doi.org/10.1164/rccm.200501-004OC>.
- Rozanski, E.A., Bedenice, D., Lofgren, J., Abrams, J., Bach, J. & Hoffman, A.M. (2010). The effect of body position, sedation, and thoracic bandaging on functional residual capacity in healthy deep-chested dogs. *Canadian Journal of Veterinary Research = Revue Canadienne De Recherche Veterinaire*, vol. 74 (1), ss. 34–39. Tillgänglig: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2801309/>. [2019-04-12].
- Sarkar, M., Niranjana, N. & Banyal, P.K. (2017). Mechanisms of hypoxemia. *Lung India*, vol. 34 (1), s. 47. DOI: <https://doi.org/10.4103/0970-2113.197116>.
- SFS 2009:302. *Lag om verksamhet inom djurens hälso- och sjukvård*. Stockholm: Näringsdepartementet RSL.

- Smith, J.C. & Danneman, P.J. (2008). Chapter 6 - Monitoring of Anesthesia. I: Fish, R.E., Brown, M.J., Danneman, P.J., & Karas, A.Z. (red), *Anesthesia and Analgesia in Laboratory Animals (Second Edition)*. 2. uppl. San Diego: Academic Press, ss. 171–182. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-012373898-1.50010-3>
- Sorenson, P.R. & Robinson, N.E. (1980). Postural effects on lung volumes and asynchronous ventilation in anesthetized horses. *Journal of Applied Physiology*, vol. 48 (1), ss. 97–103. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1980.48.1.97>.
- Statistiska Centralbyrån (2012). *Hundar, katter och andra sällskapsdjur 2012*.
- Summa, N.M. & Brandão, J. (2017). Evidence-Based Advances in Rabbit Medicine. *Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice*, vol. 20 (3), ss. 749–771. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2017.04.008>.
- Thomas, J.A. & Lerche, P. (2017). *Anesthesia and Analgesia for Veterinary Technicians*. 5. uppl. St. Louis: Elsevier.
- Unoki, T., Mizutani, T. & Toyooka, H. (2003). Effects of Expiratory Rib Cage Compression and/or Prone Position on Oxygenation and Ventilation in Mechanically Ventilated Rabbits with Induced Atelectasis. *Respiratory Care*, vol. 48 (8), ss. 754–762. Tillgänglig: <http://rc.rcjournal.com/content/48/8/754>. [2019-04-15].
- Uquillas, E., Dart, C.M., Perkins, N.R. & Dart, A.J. (2018). Effect of reducing inspired oxygen concentration on oxygenation parameters during general anaesthesia in horses in lateral or dorsal recumbency. *Australian Veterinary Journal*, vol. 96 (1–2), ss. 46–53. DOI: <https://doi.org/10.1111/avj.12662>.
- Varga, M. (2014). *Textbook of Rabbit Medicine*. 2. uppl. Oxford: Butterworth-Heinemann Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2011-0-05821-0>.
- Varga, M. (2017). Airway Management In the Rabbit. *Journal of Exotic Pet Medicine*, vol. 26 (1), ss. 29–35. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.jepm.2016.10.014>.
- Vogler, G.A. (2008). Chapter 5 - Anesthesia Delivery Systems. I: Fish, R.E., Brown, M.J., Danneman, P.J., & Karas, A.Z. (red), *Anesthesia and Analgesia in Laboratory Animals (Second Edition)*. 2. uppl. San Diego: Academic Press, ss. 127–169. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-012373898-1.50009-7>.
- Wang, J., Abu-Zidan, F.M. & Walther, S.M. (2002). Effects of prone and supine posture on cardio-pulmonary function after experimental chlorine gas lung injury. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, vol. 46 (9), ss. 1094–1102. DOI: <https://doi.org/10.1034/j.1399-6576.2002.460907.x>.
- Wenger, S. (2012). Anesthesia and Analgesia in Rabbits and Rodents. *Journal of Exotic Pet Medicine*, vol. 21 (1), ss. 7–16. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.jepm.2011.11.010>.
- Wiener-Kronish, J.P., Gropper, M.A. & Lai-Fook, S.J. (1985). Pleural liquid pressure in dogs measured using a rib capsule. *Journal of Applied Physiology*, vol. 59 (2), ss. 597–602. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1985.59.2.597>.
- Wong, A., Uquillas, E., Hall, E., Dart, C. & Dart, A. (2019). Comparison of the effect of oxygen supplementation using flow-by or a face mask on the partial pressure of arterial oxygen in sedated dogs. *New Zealand Veterinary Journal*, vol. 67 (1), ss. 36–39. DOI: <https://doi.org/10.1080/00480169.2018.1528903>.
- Yang, Q.H., Kaplowitz, M.R. & Lai-Fook, S.J. (1989). Regional variations in lung expansion in rabbits: prone vs. supine positions. *Journal of Applied Physiology*, vol. 67 (4), ss. 1371–1376. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1989.67.4.1371>.
- Yang, Q.H. & Lai-Fook, S.J. (1991). Effect of lung inflation on regional lung expansion in supine and prone rabbits. *Journal of Applied Physiology*, vol. 71 (1), ss. 76–82. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1991.71.1.76>.

## Tack

Ett stort tack till vår handledare Anneli Rydén som har guidat oss genom arbetet och bidragit med inspiration och goda råd. Vi vill även rikta ett tack till Görel Nyman som har varit delaktig i processen samt till Maja Wiklund, Mari Wallbring och Lina Pettersson för god assistans under försöksdagen. Slutligen vill vi tacka våra nära och kära för all uppmuntran och stöd under arbetets gång.