



NMBU Veterinærhøgskolen
Institutt for sports- og familiedyrmedisin
Seksjon for hestesykdommer
Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Fordypningsoppgave 2020, 15pt

Hestemedisin

Objektive målemetoder av øvre luftveisfunksjon hos løpshester – minuttvolum, luftstrøms- og trykkmålinger

Objective measurement of upper respiratory tract
function in racehorses –
Minute volume, airflow and airway pressure
measurements

Emma Sofia Sundström og Kristine Solberg
Veterinærmedisin kull 2015

Veileder Eric Strand

Innhold

Forord	5
Sammendrag	6
Definisjoner og forkortelser	7
Innledning.....	8
Anatomi - hestens øvre luftveier	8
Fysiologi - hestens øvre luftveier	9
Øvre luftveislidelser	10
RLN – recurrent laryngal neuropati	11
DDSP – Dorsal dislokering av den bløte ganen	12
DLC – Dynamisk larynskollaps assosiert med nakkefleksjon	14
Diagnostikk av øvre luftveislidelser.....	15
Luftrykk.....	16
Luftstrøm.....	16
Formål	18
Problemstilling	18
Avgrensinger til problemstillingen:	19
Materiale og metoder	20
Litteratursøk	20
Inklusjons- og eksklusjonskriterier	20
Utvalg av artikler.....	21
Systematisering av data.....	21

Omregning av tallmateriale	22
Resultater.....	23
Presentasjon av resultat fra litteratursøk	23
Presentasjon av sammenstilte data i form av tabeller	28
Presentasjon av sammenstilte data i form av diagram	37
Diskusjon.....	51
Faktorer som kan ha innvirkning på måleresultatene.....	51
Type hest	51
Rase og gangart	52
Protokoll og utstyr.....	53
Studiepopulasjonen i de enkelte artiklene	57
Måleresultater hos hester med normal øvre luftvei	57
Faryngaltrykk	58
Trakealtrykk	59
Minuttvolum.....	60
Luftstrøm.....	61
Måleresultater hos hester med kjent øvre luftveislidelse	62
Grad av obstruksjon	62
DLC.....	63
DDSP.....	64
RLN.....	65
Konklusjon	68
Takk til bidragsyttere.....	68

Summary	69
Referanser.....	71

Forord

Øvre luftveislidelser er et sentralt tema innenfor veterinærmedisinsk hestep praksis som kan utgjøre en stor del av praksishverdagen, spesielt om man jobber med løpshester. At de øvre luftveiene fungerer normalt er en forutsetning for at løpshesten skal kunne yte maksimalt og prestere på løpsbanen. Vår fordypningsoppgave tar for seg ulike objektive målemetoder som kan brukes til å evaluere øvre luftveisfunksjon hos hester testet ved maksimal anstrengelse. Vi synes dette er et spennende tema, og veterinærhøgskolen i Oslo samt et fåtall andre universiteter i verden er ledende på forskningen som foregår innenfor dette området. Vi har gjennom denne fordypningsoppgaven fått muligheten til å fordype oss i anatomien og funksjonen til øvre luftveier hos hest. Vi har også fått en dypere forståelse for den subjektive diagnostikken som benyttes i dag, men vil se på mulighetene for å komplettere den med objektive målemetoder.

Sammendrag

Tittel: Objektive målemetoder av øvre luftveisfunksjon hos løpshester – minuttvolum, luftstrøms- og trykkmålinger

Forfattere: Emma Sofia Sundström og Kristine Solberg

Veileder: Eric Strand, Institutt for sports- og familiedyrmedisin, NMBU

Løpshester er avhengig av å ha et velfungerende respirasjonssystem for å kunne prestere maksimalt på løpsbanen. Øvre luftveislidelser er relativt vanlig forekommende, og i diagnostikken av disse benyttes hovedsakelig øvre luftveis endoskopi. Det finnes også objektive målemetoder som kan benyttes for å vurdere funksjonen til de øvre luftveiene. Denne litteraturstudien tar for seg objektive målemetoder, og det presenteres en sammenstilling av tidligere målte verdier. Det fokuseres på målinger av peak faryngal- og trakealtrykk, peak luftstrøm, og minuttvolum. I resultatdelen blir verdier målt hos hester med normale øvre luftveier presentert. For å kunne vurdere nytten av de objektive målemetodene i diagnostisk sammenheng presenteres også verdier målt før og etter inntredelse av tre øvre luftveislidelser. De utvalgte lidelsene er; dynamisk larynkskollaps, dorsal dislokering av den bløte ganen og recurrent laryngal neuropati. Resultatene viser at verdier målt med objektive målemetoder varierer noe mellom ulike studier. De viser også hvordan de tre utvalgte øvre luftveislidelsene gir seg utslag i måleresultatene. Det konkluderes med at de undersøkte objektive målemetodene er diagnostiske hjelpemidler spesielt nyttige i tilfeller hvor det ønskes et objektivt mål på en endring, for eksempel før og etter en manipulering. I slike tilfeller er det en forutsetning at det brukes samme utstyr og testprotokoll ved alle målinger.

Definisjoner og forkortelser

MV	Minuttvolum, liter/minutt
DDSP	Intermitterende dorsal dislokering av den bløte ganen
RLN	Recurrent laryngal neuropati= laryngal hemiplegia = strupepiping
DLC	Dynamisk larynnskollaps
Forsøkshester	Forsøkshester før eller etter de får induisert en øvre luftveislidelse, induisert lidelse er forsøksavhengig
Kliniske hester	Friske hester eller hester med en klinisk lidelse dvs. viser symptom på øvre luftveislidelse i form av nedsatt prestasjon eller unormal lyd fra øvre luftveier. Eies ikke av et forsøksinstitutt
Løpshester	Løpshester defineres som hester av rasene, norsk kaldblodstraver (Norwegian coldblood trotter), varmbloodstraver (Standardbred) og engelsk fullblod (Thoroughbred)
Objektive målemetoder	Målinger av øvre luftveisfunksjon hos løpshester som inkluderer inspiratorisk og ekspiratorisk peak faryngal- og trakealtrykk, inspiratorisk og ekspiratorisk peak luftstrøm og respiratorisk minuttvolum
Maksimal anstrengelse	Hester med hjertefrekvens over 200 slag/minutt
Normale hester	Hester som ved klinisk og endoskopisk undersøkelse ikke har fått påvist øvre luftveislidelse. Inkl. forsøkshester og kliniske hester før inntredelse av øvre luftveislidelse

Innledning

Anatomi - hestens øvre luftveier

De øvre luftveiene hos hester strekker seg fra neseborene via alarfoldene, til nesesvelget der den harde og den bløte ganen utgjør gulvet (König, 2014). Lengre kaudalt sitter larynks som består av bruskdelen epiglottis, høyre og venstre arytenoidbrusk, tyroidbrusken og krikoidbrusken. I tillegg har larynks støttende bløtvevsstrukturer i form av høyre og venstre aryepiglottisfold og høyre og venstre stemmebånd (König, 2014). Sammen danner disse passasjen ned i trakea kalt *rima glottis*. Bløtvevsstrukturene inkluderer også abduktor- og adduktormuskulatur. Deriblant adduktor *muskulus cricoarytenoideus lateralis* og abduktor *muskulus cricoarytenoideus dorsalis*. Disse er med på å addusere og abdukere arytenoidbruskene og stemmebåndene, hvilket gir en smalere eller videre åpning av *rima glottis* (König, 2014).

Hesten er en obligat nesevester og er derfor helt avhengig av å ha en velfungerende øvre luftvei (Franklin et al., 2012). Den harde- og bløte ganen deler nesesvelg og munnsvelg fra hverandre ved at den kaudale delen av den bløte ganen ligger ventralt for epiglottis. Under svelging legger epiglottis seg som et lokk over trakea og sammen med stemmebåndene dekker den trakealinngangen. Da kan fôr og vann passere fra orofarynks ventralt for den bløte ganen, og videre dorsalt for epiglottis og inn i spiserøret (König, 2014).

Fysiologi - hestens øvre luftveier

Hovedfunksjonen til de øvre luftveiene er å transportere oksygenrik luft fra atmosfæren til lungene, og karbondioksidrik luft fra lungene tilbake til atmosfæren. Oksygenet transporteres fra lungene til alle kroppens ulike celler bundet til hemoglobin i blodet. I cellenes mitokondrier skjer en oksidativ fosforylering hvor det produseres energi (Wagner, 1995). Energien brukes i prosesser i kroppen som krever energi, inkludert muskelarbeid. Når hesten trenes, øker metabolismen i skjelettmuskulaturen (Franklin et al., 2012). For å imøtekomme den økte metabolismen i muskulaturen må hestens ventilasjon øke. Minuttvolumet kan stige fra under hundre liter per minutt i hvile, opp til nærmere to tusen liter per minutt ved hard anstrengelse. Det økte minuttvolumet er et resultat av økt respirasjonsfrekvens, kombinert med økt tidalvolum (Franklin et al., 2012).

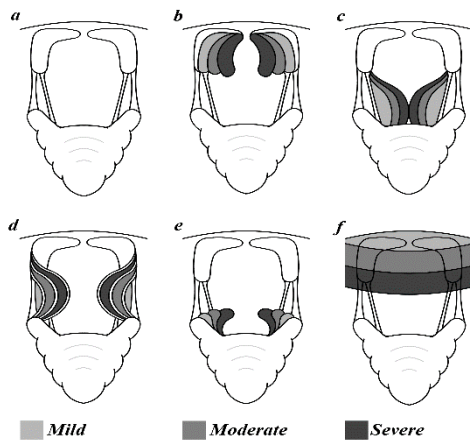
Under inspirasjonen er diafragma med på å skape et undertrykk i toraks i forhold til det atmosfæriske trykket som er utenfor hesten. Undertrykket i toraks under inspirasjonen medfører at luften føres ned i lungene fra atmosfæren. Under ekspirasjonen skapes det et overtrykk i luftveiene ved hjelp av abdominalmuskulatur og luften presses ut fra lungene til atmosfæren (Franklin et al., 2012).

Utformingen til de øvre luftveiene hos hest kan i store trekk sammenlignes med et rør, derfor kan formler som beskriver gass i et rør til en viss grad anvendes for å beskrive luftstrøm og lufttrykk i de øvre luftveiene hos hest. Den første formelen beskriver motstanden i et rør; $R=8\mu L/r^4$ der R= motstand, μ =luftens viskositet, L= lengden av røret (luftveien) og r= radius

av røret (radius av luftveien). Denne formelen viser at en liten innsnevring av radius gir en stor økning av mostand i luftveien. Videre beskrives trykkforskjellen i et rør av *Poiseuille's lov*; $\Delta P = 8\mu LQ/\pi r^4$. ΔP = endring i trykk, μ =luftens viskositet, L = lengden av røret (luftveien), Q = volumstrøm, r = radius av luftveien. Ifølge *Venturi effekten* vil det intraluminale gasstrykket synke der hvor det skjer en innsnevring av diameteren i et rør. Og for å opprettholde prinsippet med kontinuitet må hastigheten øke i innsnevringen når det intraluminale gasstrykket synker, dette i følge *Bernoulli prinsippet*.

Øvre luftveislidelser

Det finnes et flertall ulike lidelser som affiserer de øvre luftveiene hos hest. Noen av lidelsene er medfødte. Andre årsaker til øvre luftveislidelser kan være strukturelle abnormaliteter, sykdommer eller infeksjoner. Øvre luftveislidelser hos hest gir generelt en innsnevring av luftveiens radius hvilket gir en inspiratorisk og/eller ekspiratorisk obstruksjon. Graden av obstruksjon varierer med hvilken lidelse hesten er affisert av, samt hvor uttalt lidelsen er. Ofte er problemene sammensatte og komplekse (Morris & Seeherman, 1991). Graden av obstruksjon som den øvre luftveislidelsen gir kan klassifiseres som mild, moderat eller uttalt som vises i figuren under.



Figur 1. Gjengitt med tillatelse fra Eric Strand (Strand et al., 2012). Skjematisk graderingsskala for dynamisk kollaps av larynks og nesesvelg. a= normal larynks, b= kollaps av arytenoidbrusk, c= stemmbåndskollaps, d= aksial kollaps av aryepiglottis fold, e= kollaps av marginene av epiglottis, f= kollaps av nesesvelg.

De øvre luftveislidelsene klassifiseres som dynamiske eller statiske lidelser. De dynamiske lidelsene oppstår under anstrengelse, til forskjell fra de statiske lidelsene der obstruksjonen er konstant tilstede (Petsche et al., 1995). Diagnostikk av statiske øvre luftveislidelser kan derfor utføres i hvile (Morris, 1991). Vanlige symptomer på øvre luftveislidelser hos hest er nedsatt prestasjonsevne og/eller unormale lyder fra de øvre luftveiene (Franklin et al., 2006). Intensiteten av de unormale lydene øker ofte med graden av obstruksjon og med intensiteten av anstrengelsen (Parente, 2018b).

RLN – recurrent laryngal neuropati

Recurrent laryngal neuropati (RLN) er også kjent som laryngal hemiplegia eller i Norge som strupepiping. RLN er en lidelse der *muskulus cricoarytenoideus dorsalis* mister sin funksjon (Parente, 2018a). Kliniske symptomer på RLN er nedsatt prestasjonsevne og unormal inspiratorisk lyd. Etiologien til RLN er noe omdiskutert, men forklares med at lidelsen

oppstår som en progressiv bilateral mononeuropati som affiserer venstre og i mindre grad høyre *nervus laryngeus recurrens* (Hahn et al., 2008). De distale myeliniserte aksonene av nerven affiseres og fører til neurogen atrofi av adduktor- og abduktormusklene i larynks. Først vil *muskulus cricoarytenoideus lateralis* affiseres. Kliniske symptomer i form av luftveisobstruksjon og unormal inspiratorisk lyd oppstår først når hovedabduktoren *muskulus cricoarytenoideus dorsalis* er affisert i så stor grad at den ipsilaterale arytenoidbrusken mister evnen til å abducere fullstendig (Hahn et al., 2008). Arytenoidbrusken kollapser inn i larynkslumen. Som følge av innsnevringen av larynkslumen synker det intraluminaltrykket i larynks. Lavere intraluminaltrykk gir en aksial kollaps av stemmebåndene, og det oppstår turbulens i luften, som gir den typiske inspiratoriske pipelyden (Williams et al., 1990).

Graden av manglende abduksjon av arytenoidbrusken ligger til grunn for gradering av lidelsen. Diagnostisering av RLN kan gjøres ved palpering av larynks der eventuelle muskelatrofier kan oppdages, og ved øvre luftveis endoskopi, der arytenoidbruskenes evne til å abducere undersøkes (Parente, 2018b). Ultralydundersøkelse av *muskulus cricoarytenoideus lateralis* og påvisning av atrofi av denne er også til god hjelp i diagnostikken (Chalmers et al., 2012).

DDSP – Dorsal dislokering av den bløte ganen

DDSP oppstår ved at den kaudale delen av den bløte ganen plasseres dorsalt for epiglottis (Barnett et al., 2014). Etiologien til dorsal dislokering av den bløte ganen er noe usikker (Franklin et al., 2002a). Det har vist seg at *musculus thyrohyoideus* har en viktig rolle i å

oppretholde stabiliteten mellom larynks og den kaudale kanten av den bløte ganen, og en svakhet i denne muskelen kan dermed spille en rolle i utviklingen av DDSP (Ducharme et al., 2003). Det har også blitt foreslått at dysfunksjon av den faryngale grenen av *nervus vagus* kan være involvert i utviklingen av permanent dorsal dislokering av den bløte ganen, videre studier må gjøres for å undersøke om skade og dysfunksjon av den faryngeale grenen av *nervus vagus* er tilstede hos hester med klinisk dorsal dislokering av den bløte ganen (Holcombe et al., 1998). Hester som diagnostiseres med recurrent laryngal neuropati, og som gjennomgår en protetisk laryngoplasti («tie-back» operasjon) som behandling, har vist seg å kunne utvikle dorsal dislokering av den bløte ganen som en postoperativ komplikasjon. Det kan ha sammenheng med at operasjonsteknikken gir larynks en mer kaudal plassering i forhold til den bløte ganen, og at det derfor blir lettere for den bløte ganen å dislokere (Barnett et al., 2014). Det kan også ha sammenheng med mulig iatrogen skade på C1 nerven som ligger i operasjonsfeltet for tie-back operasjonen, denne nerven har nylig vist seg og innervere *musculus thyrohyoideus* (Genton et al., 2020)

Dorsal dislokering av den bløte ganen deles inn i to grupper. Intermitterende dorsal dislokering av den bløte ganen og persisterende dislokering av den bløte ganen. Instabilitet av den bløte ganen kan være forløperen til dorsal dislokering av den bløte ganen, og det er ikke helt avklart om intermitterende dorsal dislokering av den bløte ganen og instabilitet av den bløte ganen er ulik grad av den samme lidelsen (Barnett et al., 2014). Intermitterende dorsal dislokering av den bløte ganen og instabilitet av den bløte ganen er dynamiske lidelser som oppstår under anstrengelse. Persisterende dislokering av den bløte ganen er konstant, og kan derfor observeres når hesten er i hvile. Videre i denne oppgaven er DDSP definert som

intermitterende dorsal dislokering av den bløte ganen. DDSP klassifiseres som en dynamisk øvre luftveislidelse og lidelsen kan føre til nedsatt prestasjonsevne hos løpshester (Parente, 2018b).

DLC – Dynamisk larynnskollaps assosiert med nakkefleksjon

Bilateral dynamisk larynnskollaps (DLC) er en lidelse som oppstår ved hard anstrengelse når affiserte hester kjøres eller ris med fleksjon i atlanto-occipital leddet. DLC innebærer en samtidig kollaps av stemmebånd og arytenoidbrusker. Dette kan gi en alvorlig grad av obstruksjon og nedsatt prestasjonsevne. I verste fall kan obstruksjonen bli såpass alvorlig at hesten kolliderer på banen. Når hestene får gå med fri hodeholdning fungerer larynks som normalt (Fjordbakk et al., 2015). Kaldblodstravere er predisponert for DLC, men lidelsen har også blitt diagnostisert hos andre raser (Vermedal & Strand, 2020).

Etiologien er ikke helt klarlagt, men det ser ut til at de affiserte hestene som går med nakkefleksjon får en noe mer rostralt plassert larynks og smalere *rima glottis*, sammenlignet med normale hester (Fjordbakk et al., 2013). Hos hester med DLC ser man at stemmebåndene er det første som kolliderer inn i lumen, tett etterfulgt av arytenoidbruskene. Andre obstruktive lidelser kan oppstå sekundært, som aksial kollaps av aryepiglottis foldene og kollaps av marginene av epiglottis (Fjordbakk et al., 2008; Fjordbakk et al., 2013).

Diagnostikk av øvre luftveislidelser

Ettersom belastningen på respirasjonssystemet øker eksponentielt når hestene trenes hardt, vil mange lidelser i de øvre luftveiene ikke synes i hvile. På bakgrunn av dette, anses det som nødvendig å undersøke hestene med øvre luftveis endoskopi også under anstrengelse. Dette kan gjøres ved å kjøre hestene på en tredemølle, eller det kan benyttes endoskopisk utstyr som kan brukes i felt (Allen & Franklin, 2010). Den største fordelene med å undersøke hestene på tredemølle er at testprotokollen kan bli gjennomført på en standardisert måte og i et kontrollert miljø. Dette er spesielt fordelaktig i forbindelse med forskning. På den andre siden er det ved testing i felt større mulighet til å etterligne belastningen hesten utsettes for under konkurranse, det vil imidlertid være flere faktorer som påvirker resultatene, som for eksempel været og underlaget (Franklin et al., 2012).

Det benyttes ulike testprotokoller ved dynamisk øvre luftveis endoskopi, felles for testene som gjennomføres ved maksimal anstrengelse er at hestene blir kjørt hardt, til de ikke lenger klarer å opprettholde farten/takten.

Det viktigste diagnostiske hjelpemiddelet ved undersøkelse av øvre luftveisproblematikk er endoskopi. I hvile kan nesegangen, farynks, larynks, luftsekkene og trakea undersøkes. Under anstrengelse kan farynks og larynks undersøkes. De aller fleste diagnosene stilles på bakgrunn av det som visualiseres via endoskopet. I noen tilfeller kan det være nyttig å bruke ultralyd og røntgen i tillegg (Fjordbakk et al., 2013).

Felles for både endoskopi, ultralyd og røntgen er at resultatene er subjektive. Det finnes objektive målemetoder beskrevet i litteraturen som per i dag brukes hovedsakelig til forskning, men også i diagnostikken av øvre luftveislidelser. I denne oppgaven fokuseres det på peak lufttrykkmålinger, peak luftstrømmålinger og respiratorisk minuttvolum.

Lufttrykk

Lufttrykket måles av en sensor som er plassert i et kateter. Sensoren er koblet til en transduser som omsetter trykket til et elektrisk signal. Det elektriske signalet føres videre til en PC.

Kateteret med sensoren plasseres der hvor trykket skal måles. Dersom faryngalt trykk skal måles plasseres tuppen av kateteret rett ved åpningen til luftsekkene. Dersom trakealtrykk skal måles plasseres kateteret i øvre tredjedel av trakea. Det vanligste er at kateteret føres inn gjennom et av neseborene, og sikres mot å skli ut eller endre posisjon ved at det festes til grimen eller hodelaget, alternativt teipes eller sys det fast til ytre nesebor. Trakealtrykk kan også måles med et kateter som blir transkutant satt inn i trakea (Williams et al., 1990).

Lufttrykk angis som oftest med enheten cmH₂O men kan også angis med enhetene mmHg eller atmosfærisk trykk (Atm).

Luftstrøm

Man kan ved å bruke luftstrømmålinger få både kvalitativ og kvantitativ informasjon om hvordan luftveiene til hesten fungerer. For å få kvantifisert data fra luftstrømmålinger må det brukes en maske, slik at all luften ledes forbi en sensor. Masken dekker både nese og munn.

Masken må være lufttett og ikke forstyrre bevegelsen av neseborene. Selve målingen av luftstrømmen blir gjort med et spirometer. Det finnes flere forskjellige typer spirometre, f.eks. trykkbaserte eller ultralydbaserte (Evans, 2007; Franklin et al., 2002b; Marlin & Roberts, 1998). Trykkbaserte spirometre fungerer ved at luften tvinges gjennom en membran eller en bunt med små, parallelle rør. Forskjellen i trykk før og etter dette brukes for å kalkulere luftstrømmen. Ultralydbaserte spirometre måler luftstrømmen ved å måle dopplereffekten i luften (*Measuring Methods*).

Ut fra luftstrømskurvene kan det leses av og beregnes peak inspiratorisk og peak ekspiratorisk luftstrøm, tidalvolum, respirasjonsfrekvens og minuttvolum. Peak inspiratorisk og peak ekspiratorisk luftstrøm angis i L/s og er det maksimale volumet luft per tidsenhet (s) som passerer måleinstrumentet under henholdsvis inspirasjon og ekspirasjon. Minuttvolumet angis i L/min, og er den totale mengden luft hesten puster inn og ut per minutt (Marlin & Roberts, 1998).

Formål

Formålet med fordypningsoppgaven er å se nærmere på objektive målemetoder brukt til å undersøke øvre luftveisfunksjon hos normale løpshester og løpshester affisert av en øvre luftveislidelse. Dette ved å gjennomføre en sammenstilling av den allerede publiserte litteraturen innen området.

Mer spesifikt ønsker vi med denne oppgaven å presentere målte normale verdier for lufttrykk, luftstrøm og minuttvolum hos løpshester som testes under maksimal anstrengelse. I tillegg ønsker vi å presentere de verdiene som er målt hos løpshester som lider av følgende øvre luftveislidelser; recurrent laryngal neuropati (RLN), intermitterende dorsal dislokering av den bløte ganen (DDSP) og dynamisk larynkskollaps (DLC).

Problemstilling

- Hvilke verdier er blitt målt for lufttrykk, luftstrøm og minuttvolum hos normale løpshester og hos løpshester affisert av en av de tre nevnte øvre luftveislidelse?

Gjennom å besvare problemstillingen ønsker vi å drøfte mulige utfordringer ved å bruke objektive målemetoder i diagnostikken av luftveisfunksjon hos løpshester.

Avgrensinger til problemstillingen:

1. De øvre luftveislidelsene avgrenses til å inkludere recurrent laryngal neuropati (RLN), intermitterende dorsal dislokering av den bløte ganen (DDSP) og dynamisk larynkskollaps (DLC).
2. Litteraturstudien avgrenses til å kun se på målinger gjort hos løpshester under maksimal anstrengelse, der maksimal anstrengelse er definert som en hjerterefrekvens på over 200 slag/minutt.
3. Litteraturstudien avgrenses til å se på verdier målt hos løpshester, der løpshester er definert som hester av rasene varmbloodstraver (S), norsk kaldbloodstraver (NCT) og fullblodshest (T).
4. I litteraturstudien avgrenses objektive målemetoder til å inkludere, inspiratorisk og ekspiratorisk peak faryngal- og trakealtrykk, inspiratorisk og ekspiratorisk peak luftstrøm og respiratorisk minuttvolum.

Materiale og metoder

Litteratursøk

Det ble foretatt litteratursøk i søkemotorene PubMed og Oria. Søkeordene som ble brukt var; airway pressure, airflow, tracheal pressure, nasophary*, laryngophary*, phary*, upper respiratory, racehorse, trotter, standardbred, thoroughbred, treadmill og exercising. Siste søk ble foretatt 28.05.2020.

Inklusjons- og eksklusjonskriterier

For å inkluderes i litteraturstudien ble det vektlagt at artiklene fra litteratursøket var fagfellevurdert og publisert i et internasjonalt tidsskrift eller i en bok. Kun artikler publisert fra 1990 og fremover ble inkludert, artikler publisert før 1990 er ekskludert fra litteraturstudien. For å inkluderes måtte artiklene omhandle og presentere målinger av lufttrykk og/eller luftstrøm i øvre luftvei hos hest. Målingene måtte ha blitt gjort hos hestene under maksimal anstrengelse, der maksimal anstrengelse ble definert som en hjerterefrekvens over 200 slag/minutt. Artikler der målinger er blitt foretatt under submaksimal anstrengelse er ekskludert fra litteraturstudien. Artikler der maksimal anstrengelse er definert på annen måte enn hjerterefrekvens over 200 slag/minutt er ekskludert fra litteraturstudien. Et annet inklusjonskriterium var at studiene måtte presentere målte verdier for hester av rasene varmbloodstraver, kaldbloodstraver eller fullbloodshester, artikler som presenterte målte verdier for andre raser, er ekskludert. Både rene forskningsartikler og artikler basert på kliniske kasus ble inkludert. Målinger som ble inkludert var de verdier målt hos normale hester og hos de

med tre obstruktive øvre luftveislidelser, før og etter eventuell induisert lidelse og før behandling. Ingen verdier målt etter behandling er inkludert i litteraturstudien. De tre obstruktive lidelsene som ble inkludert i litteraturstudien var dynamisk larynkskollaps, intermitterende dorsal dislokering av den bløte ganen og recurrent laryngal neuropati, verdier målt for andre luftveislidelser er ekskludert fra litteraturstudien.

Utvalg av artikler

Resultatene fra litteratursøket ble sortert basert på inklusjons- og eksklusjonskriteriene presentert ovenfor. Flere artikler ble sortert bort etter gjennomlesing av tittel og sammendrag, basert på at de ikke møtte inklusjonskriteriene. De resterende artiklene ble lest i sin helhet, og noen av disse ble sortert bort ettersom de ikke møtte inklusjonskriteriene. Referanselisten til de artikler som ble inkludert i litteraturstudien ble gjennomgått, og de relevante artiklene fra referanselistene ble inkludert.

Et stykke ut i arbeidet med oppgaven ble det bestemt å også ta med verdier fra målinger av minuttvolum. Det ble ikke foretatt noe nytt litteratursøk i den forbindelse, de målte verdiene for minuttvolum ble hentet kun fra de artiklene som allerede var inkludert i litteraturstudien.

Systematisering av data

Informasjonen for målte verdier som ble hentet fra artiklene ble systematisert i tabeller i Excel og Word.

Omregning av tallmateriale

Variasjonen i tallmaterialet presentert i artiklene ble beskrevet med ulike spredningsmål. For å kunne presentere sammenstilte data på en oversiktlig måte ble det valgt å regne om variasjonsverdier fra standardavvik til standardfeil som spredningsmål. For å regne om fra

standardavvik (SD) til standardfeil (SE) ble følgende formel brukt; $SE = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

σ : standardavvik, n : antall hester.

Dette ble gjort for verdiene fra artikkel nr. 3, 6, 7, 9, 11, 12, 14, 16, 18 og 25.

Resultater

Presentasjon av resultat fra litteratursøk

Nedenfor presenteres resultat fra litteratursøket som ble foretatt i søkemotorene PubMed og Oria. Fremgangsmåten er beskrevet i avsnittet om materialer og metoder.

TABELL 1A – artikler som er lest i sin helhet etter litteratursøk

1. Belknap, J. K., Derksen, F. J., Nickels, F. A., et al. (1990). Failure of subtotal arytenoidectomy to improve upper airway flow mechanics in exercising standardbreds with induced laryngeal hemiplegia. <i>Am J Vet Res</i> , 51 (9): 1481-7.
2. Lumsden, J. M., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (1993). Use of flow-volume loops to evaluate upper airway obstruction in exercising standardbreds. <i>Am J Vet Res</i> , 54 (5): 766-75.
3. Holcombe, S. J., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (1996). Effect of nasal occlusion on tracheal and pharyngeal pressures in horses. <i>Am J Vet Res</i> , 57 (9): 1258-60.
4. Connally, B. A. & Derksen, F. J. (1994). Tidal breathing flow-volume loop analysis as a test of pulmonary function in exercising horses. <i>Am J Vet Res</i> , 55 (5): 589-94.
5. Holcombe, S. J., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (1997). Effect of bilateral tenectomy of the tensor veli palatini muscle on soft palate function in horses. <i>Am J Vet Res</i> , 58 (3): 317-21.
6. Holcombe, S. J., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (1997). Effects of bilateral hypoglossal and glossopharyngeal nerve blocks on epiglottic and soft palate position in exercising horses. <i>Am J Vet Res</i> , 58 (9): 1022-6.
7. Holcombe, S. J., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (1998). Effect of bilateral blockade of the pharyngeal branch of the vagus nerve on soft palate function in horses. <i>Am J Vet Res</i> , 59 (4): 504-8.
8. O'Rielly, J. L., Beard, W. L., Renn, T. N., et al. (1997). Effect of combined staphylectomy and laryngotomy on upper airway mechanics in clinically normal horses. <i>Am J Vet Res</i> , 58 (9): 1018-21.
9. Franklin, S. H., Naylor, J. R. & Lane, J. G. (2002). The effect of a tongue-tie in horses with dorsal displacement of the soft palate. <i>Equine Vet J Suppl</i> (34): 430-3.
10. Williams, J. W., Pascoe, J. R., Meagher, D. M., et al. (1990). Effects of left recurrent laryngeal neurectomy, prosthetic laryngoplasty, and subtotal arytenoidectomy on upper airway pressure during maximal exertion. <i>Vet Surg</i> , 19 (2): 136-41
11. Fretheim-Kelly, Z., Fjordbakk, C. T., Fintl, C., et al. (2020). A bitless bridle does not limit or prevent dynamic laryngeal collapse. <i>Equine Vet J</i> .
12. Woodie, J. B., Ducharme, N. G., Hackett, R. P., et al. (2005). Can an external device prevent dorsal displacement of the soft palate during strenuous exercise? <i>Equine Vet J</i> , 37 (5): 425-9.
13. Holcombe, S. J., Rodriguez, K., Lane, J., et al. (2006). Cricothyroid muscle function and vocal fold stability in exercising horses. <i>Vet Surg</i> , 35 (6): 495-500.
14. Cornelisse, C. J., Holcombe, S. J., Derksen, F. J., et al. (2001). Effect of a tongue-tie on upper airway mechanics in horses during exercise. <i>Am J Vet Res</i> , 62 (5): 775-8.

Forts. TABELL 1A – artikler som er lest i sin helhet etter litteratursøk
15. Holcombe, S. J., Berney, C., Cornelisse, C. J., et al. (2002). Effect of commercially available nasal strips on airway resistance in exercising horses. <i>Am J Vet Res</i> , 63 (8): 1101-5.
16. Franklin, S. H., Naylor, J. R. & Lane, J. G. (2002). Effect of dorsal displacement of the soft palate on ventilation and airflow during high-intensity exercise. <i>Equine Vet J Suppl</i> (34): 379-83.
17. Brown, J. A., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (2004). Effect of laryngoplasty on respiratory noise reduction in horses with laryngeal hemiplegia. <i>Equine Vet J</i> , 36 (5): 420-5.
18. Strand, E., Fjordbakk, C. T., Holcombe, S. J., et al. (2009). Effect of poll flexion and dynamic laryngeal collapse on tracheal pressure in Norwegian Coldblooded Trotter racehorses. <i>Equine Vet J</i> , 41 (1): 59-64.
19. Holcombe, S. J., Derksen, F. J., Berney, C., et al. (2001). Effect of topical anesthesia of the laryngeal mucosa on upper airway mechanics in exercising horses. <i>Am J Vet Res</i> , 62 (11): 1706-10.
20. Robinson, P., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (2006). Effects of unilateral laser-assisted ventriculocordectomy in horses with laryngeal hemiplegia. <i>Equine Vet J</i> , 38 (6): 491-6.
21. Lumsden, J. M., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (1994). Evaluation of partial arytenoidectomy as a treatment for equine laryngeal hemiplegia. <i>Equine Vet J</i> , 26 (2): 125-9.
22. Brown, J. A., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (2005). Laser vocal cordectomy fails to effectively reduce respiratory noise in horses with laryngeal hemiplegia. <i>Vet Surg</i> , 34 (3): 247-52.
23. Holcombe, S. J., Beard, W. L., Hinchcliff, K. W., et al. (1994). Effect of sternothyrohyoid myectomy on upper airway mechanics in normal horses. <i>J Appl Physiol</i> (1985), 77 (6): 2812-6.
24. Petsche, V.M., Derksen, F.J., Berney, C.E., et al. (1995) Effect of head position on upper airway function in exercising horses. <i>Equine vet. J., Suppl.</i> 18, 18-22.
25. Fjordbakk, C. T., Holcombe, S., Fintl, C., et al. (2012). A novel treatment for dynamic laryngeal collapse associated with poll flexion: the modified checkrein. <i>Equine Vet J</i> , 44 (2): 207-13.
26. Tetens, J., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (1996). Efficacy of prosthetic laryngoplasty with and without bilateral ventriculocordectomy as treatments for laryngeal hemiplegia in horses. <i>Am J Vet Res</i> , 57 (11): 1668-73.
27. Art, T., Anderson, L., Woakes, A. J., et al. (1990). Mechanics of breathing during strenuous exercise in Thoroughbred horses. <i>Respir Physiol</i> , 82 (3): 279-94.
28. Art, T. & Lekeux, P. (1995). Ventilatory and arterial blood gas tension adjustments to strenuous exercise in standardbreds. <i>Am J Vet Res</i> , 56 (10): 1332-7.
29. Fulton, I. C., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (1991). Treatment of left laryngeal hemiplegia in standardbreds, using a nerve muscle pedicle graft. <i>Am J Vet Res</i> , 52 (9): 1461-7.
30. Holcombe, S. J., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (1999). Pathophysiology of dorsal displacement of the soft palate in horses. <i>Equine Vet J Suppl</i> (30): 45-8.
31. Derksen, F. J., Holcombe, S. J., Hartmann, W., et al. (2001). Spectrum analysis of respiratory sounds in exercising horses with experimentally induced laryngeal hemiplegia or dorsal displacement of the soft palate. <i>Am J Vet Res</i> , 62 (5): 659-64.
32. Holcombe, S. J., Beard, W. L. & Hinchcliff, K. W. (1996). Effect of a mask and pneumotachograph on tracheal and nasopharyngeal pressures, respiratory frequency, and ventilation in horses. <i>Am J Vet Res</i> , 57 (3): 250-3.
33. Brown, J. A., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (2003). Ventriculocordectomy reduces respiratory noise in horses with laryngeal hemiplegia. <i>Equine Vet J</i> , 35 (6): 570-4
34. Young, I. S., Alexander, R., Woakes, A. J., et al. (1992). The synchronization of ventilation and locomotion in horses (<i>Equus caballus</i>). <i>J Exp Biol</i> , 166: 19-31.

Forts. TABELL 1A – artikler som er lest i sin helhet etter litteratursøk	
35.	Strand, E., Ossurardottir, S., Wettre, K. B., et al. (2019). Alar fold resection in 25 horses: Clinical findings and effect on racing performance and airway mechanics (1998-2013). <i>Vet Surg</i> , 48 (5): 835-844.
36.	Beard, W. L., Holcombe, S. J. & Hinchcliff, K. W. (2001). Effect of a tongue-tie on upper airway mechanics during exercise following sternothyroidomyectomy in clinically normal horses. <i>Am J Vet Res</i> , 62 (5): 779-82.
37.	Williams, J. W., Meagher, D. M., Pascoe, J. R., et al. (1990). Upper airway function during maximal exercise in horses with obstructive upper airway lesions. Effect of surgical treatment. <i>Vet Surg</i> , 19 (2): 142-7.
38.	Ducharme, N. G., Hackett, R. P., Ainsworth, D. M., et al. (1994). Repeatability and normal values for measurement of pharyngeal and tracheal pressures in exercising horses. <i>Am J Vet Res</i> , 55 (3): 368-74.

Sort= artikler inkludert i resultatpresentasjonen, Grå= artikler ekskludert fra resultatpresentasjonen

Tabell 1A presenterer artikler fra litteratursøket som er lest i sin helhet. Artikkel 1-27 møtte inklusjonskriteriene beskrevet i metodeavsnittet og er derfor tatt med videre i litteraturstudien. Artikkel 28-38 møtte ikke inklusjonskriteriene og ble derfor ekskludert fra å være med videre i litteraturstudiens resultatpresentasjon.

Oversikt over hvorfor artikkel 28-37 ble ekskludert

28	Presenterer ikke verdier over objektive målemetoder undersøkt i litteraturstudien
29	Presenterer ikke verdier under maksimal hjerterefrekvens (HR)
30	Presenterer ikke verdier som kan tas med i litteraturstudien
31	Presenterer ikke verdier over objektive målemetoder inkludert i litteraturstudien
32	Presenterer ikke verdier under maksimal hjerterefrekvens (HR)
33	Fokuserer på lydreduksjon, verdier målt med objektive målemetoder presenteres v/diagram ikke verdier som kan tas med i litteraturstudien
34	Presenterer ikke verdier over objektive målemetoder inkludert i litteraturstudien
35	Undersøker hester før og etter operasjon, ikke sett på lidelser inkludert i litteraturstudien
36	Presenterer ikke verdier under maksimal hjerterefrekvens (HR)
37	Undersøker hester før og etter operasjon, presenterer ikke normale verdier
38	Presenterer verdier med «range» uten mulighet å presentere verdier med SE

TABELL 1B – artikler som er lest i sin helhet og der målte verdier er med i resultatpresentasjonen

1. Belknap, J. K., Derksen, F. J., Nickels, F. A., et al. (1990). Failure of subtotal arytenoidectomy to improve upper airway flow mechanics in exercising standardbreds with induced laryngeal hemiplegia. <i>Am J Vet Res</i> , 51 (9): 1481-7.
2. Lumsden, J. M., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (1993). Use of flow-volume loops to evaluate upper airway obstruction in exercising standardbreds. <i>Am J Vet Res</i> , 54 (5): 766-75.
3. Holcombe, S. J., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (1996). Effect of nasal occlusion on tracheal and pharyngeal pressures in horses. <i>Am J Vet Res</i> , 57 (9): 1258-60.
4. Connally, B. A. & Derksen, F. J. (1994). Tidal breathing flow-volume loop analysis as a test of pulmonary function in exercising horses. <i>Am J Vet Res</i> , 55 (5): 589-94.
5. Holcombe, S. J., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (1997). Effect of bilateral tenectomy of the tensor veli palatini muscle on soft palate function in horses. <i>Am J Vet Res</i> , 58 (3): 317-21.
6. Holcombe, S. J., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (1997). Effects of bilateral hypoglossal and glossopharyngeal nerve blocks on epiglottic and soft palate position in exercising horses. <i>Am J Vet Res</i> , 58 (9): 1022-6.
7. Holcombe, S. J., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (1998). Effect of bilateral blockade of the pharyngeal branch of the vagus nerve on soft palate function in horses. <i>Am J Vet Res</i> , 59 (4): 504-8.
8. O'Rielly, J. L., Beard, W. L., Renn, T. N., et al. (1997). Effect of combined staphylectomy and laryngotomy on upper airway mechanics in clinically normal horses. <i>Am J Vet Res</i> , 58 (9): 1018-21.
9. Franklin, S. H., Naylor, J. R. & Lane, J. G. (2002). The effect of a tongue-tie in horses with dorsal displacement of the soft palate. <i>Equine Vet J Suppl</i> (34): 430-3.
10. Williams, J. W., Pascoe, J. R., Meagher, D. M., et al. (1990). Effects of left recurrent laryngeal neurectomy, prosthetic laryngoplasty, and subtotal arytenoidectomy on upper airway pressure during maximal exertion. <i>Vet Surg</i> , 19 (2): 136-41
11. Fretheim-Kelly, Z., Fjordbakk, C. T., Fintl, C., et al. (2020). A bitless bridle does not limit or prevent dynamic laryngeal collapse. <i>Equine Vet J</i> .
12. Woodie, J. B., Ducharme, N. G., Hackett, R. P., et al. (2005). Can an external device prevent dorsal displacement of the soft palate during strenuous exercise? <i>Equine Vet J</i> , 37 (5): 425-9.
13. Holcombe, S. J., Rodriguez, K., Lane, J., et al. (2006). Cricothyroid muscle function and vocal fold stability in exercising horses. <i>Vet Surg</i> , 35 (6): 495-500.
14. Cornelisse, C. J., Holcombe, S. J., Derksen, F. J., et al. (2001). Effect of a tongue-tie on upper airway mechanics in horses during exercise. <i>Am J Vet Res</i> , 62 (5): 775-8.
15. Holcombe, S. J., Berney, C., Cornelisse, C. J., et al. (2002). Effect of commercially available nasal strips on airway resistance in exercising horses. <i>Am J Vet Res</i> , 63 (8): 1101-5.
16. Franklin, S. H., Naylor, J. R. & Lane, J. G. (2002). Effect of dorsal displacement of the soft palate on ventilation and airflow during high-intensity exercise. <i>Equine Vet J Suppl</i> (34): 379-83.
17. Brown, J. A., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (2004). Effect of laryngoplasty on respiratory noise reduction in horses with laryngeal hemiplegia. <i>Equine Vet J</i> , 36 (5): 420-5.
18. Strand, E., Fjordbakk, C. T., Holcombe, S. J., et al. (2009). Effect of poll flexion and dynamic laryngeal collapse on tracheal pressure in Norwegian Coldblooded Trotter racehorses. <i>Equine Vet J</i> , 41 (1): 59-64.
19. Holcombe, S. J., Derksen, F. J., Berney, C., et al. (2001). Effect of topical anesthesia of the laryngeal mucosa on upper airway mechanics in exercising horses. <i>Am J Vet Res</i> , 62 (11): 1706-10.

Forts. TABELL 1B – artikler som er lest i sin helhet og der målte verdier er med i resultatpresentasjonen
20. Robinson, P., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (2006). Effects of unilateral laser-assisted ventriculocordectomy in horses with laryngeal hemiplegia. <i>Equine Vet J</i> , 38 (6): 491-6.
21. Lumsden, J. M., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (1994). Evaluation of partial arytenoidectomy as a treatment for equine laryngeal hemiplegia. <i>Equine Vet J</i> , 26 (2): 125-9.
22. Brown, J. A., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (2005). Laser vocal cordectomy fails to effectively reduce respiratory noise in horses with laryngeal hemiplegia. <i>Vet Surg</i> , 34 (3): 247-52.
23. Holcombe, S. J., Beard, W. L., Hinchcliff, K. W., et al. (1994). Effect of sternothyrohyoid myectomy on upper airway mechanics in normal horses. <i>J Appl Physiol</i> (1985), 77 (6): 2812-6.
24. Petsche, V.M., Derksen, F.J., Berney, C.E., et al. (1995) Effect of head position on upper airway function in exercising horses. <i>Equine vet. J., Suppl.</i> 18, 18-22.
25. Fjordbakk, C. T., Holcombe, S., Fintl, C., et al. (2012). A novel treatment for dynamic laryngeal collapse associated with poll flexion: the modified checkrein. <i>Equine Vet J</i> , 44 (2): 207-13.
26. Tetens, J., Derksen, F. J., Stick, J. A., et al. (1996). Efficacy of prosthetic laryngoplasty with and without bilateral ventriculocordectomy as treatments for laryngeal hemiplegia in horses. <i>Am J Vet Res</i> , 57 (11): 1668-73.
27. Art, T., Anderson, L., Woakes, A. J., Roberts, C., et al. (1990). Mechanics of breathing during strenuous exercise in Thoroughbred horses. <i>Respir Physiol</i> , 82 (3): 279-94.

Tabell 1B presenterer artikler fra litteratursøket som møtte inklusjonskriteriene beskrevet i metodeavsnittet og som er tatt med videre i litteraturstudiets resultatpresentasjon.

Videre i resultatpresentasjonen og diskusjonen er den enkelte artikkelen referert til som artikkelnr. X (1-27) og for informasjon om hvilken artikkel de målte verdiene er fra brukes

Tabell 1B som referanse.

Presentasjon av sammenstilte data i form av tabeller

TABELL 2A – Sammenstilte oppmålte verdier for peak trakeal- og faryngaltrykk målt i cmH₂O hos normale hester med fri hodeholdning

Artikkelnr.	Antall hester i studien	Type hest L/K	Rase S/T/NCT	Peak negativt inspiratorisk trakealtrykk (cmH ₂ O)	Peak ekspiratorisk trakealtrykk (cmH ₂ O)	Peak negativt inspiratorisk faryngaltrykk (cmH ₂ O)	Peak ekspiratorisk faryngaltrykk (cmH ₂ O)
1 Belknap (1990)	6	L	S	-42,9 ± 2,8	9,2 ± 3,8		
2 Lumsden (1993)	5	L	S	-38,6 ± 3,9	11,9 ± 3,4		
3 Holcombe (1996)	5	L	S	-25,6 ± 1,2	13,8 ± 0,9	-17,5 ± 0,9	11,3 ± 0,8
5 Holcombe (1997)	5	L	S	-25,8 ± 2,3	13,9 ± 1,9	-15,3 ± 4,0	11,6 ± 4,2
6 Holcombe (1997)	5	L	S	-26,4 ± 1,2	14,3 ± 1,1	-13,6 ± 1,7	8,6 ± 1,2
7 Holcombe (1998)	5	L	S	-32,0 ± 7,9	14,1 ± 1,0		
8 O`Rielly (1997)	6	L	S	-35,0 ± 1,1	27,8 ± 3,4	-18,0 ± 2,3	17,5 ± 2,7
10 Williams (1990)	5 (bitt)/(bane)	L	T	-29,6 ± 0,2	11,9 ± 0,2		
10 Williams (1990)	5 (bitt)/(bane)	L	T	-30,2 ± 0,3	12,0 ± 0,3		
11 Fretheim-Kelly (2020)	7	K	NCT	-28,5 ± 2,6			
11 Fretheim-Kelly (2020)	7 (bitt)	K	NCT	-32,3 ± 2,4			
12 Woodie (2005)	7	L	S+T	-42,2 ± 3,5	27,2 ± 3,4		
13 Holcombe (2006)	4	L	S			-23,1 ± 3,6	
14 Corneisse (2001)	5	L	S	-33,6 ± 2,6	12,8 ± 0,7	-23,3 ± 3,1	9,2 ± 0,8
15 Holcombe (2002)	6	L	S+T	-35,3 ± 3,9			
17 Brown (2004)	6	L	S	-30,3 ± 3,4			
18 Strand (2009)	5 (bitt)	K	NCT	-37,8 ± 2,0	16,3 ± 0,8		
19 Holcombe (2001)	6	L	S	-34,4 ± 2,4	15,7 ± 2,0	-18,1 ± 1,7	13,1 ± 1,2
20 Robinson (2006)	6	L	S	-24,9 ± 3,7			
21 Lumsden (1994)	6	L	S	-38,6 ± 3,9			
22 Brown (2005)	6	L	S	-24,4 ± 3,0			
23 Holcombe (1994)	6	L	S	-29,8 ± 2,1	15,9 ± 3,4	-16,3 ± 2,4	14,0 ± 4,0
24 Petsche (1995)	5	L	S	-40,8 ± 3,9	8,1 ± 1,9		
25 Fjordbakk (2012)	9 (bitt)	K	NCT	-30,6 ± 2,4			
26 Tetens (1996)	5	L	S	-31,1 ± 4,3			
26 Tetens (1996)	5	L	S	-34,3 ± 3,0			
26 Tetens (1996)	5	L	S	-36,3 ± 3,6			

Data i tabellen er presentert med gjennomsnitt ±SE, K= kliniske hester, L= forsøkshester, S= standardbred/varmblodstraver, T= thoroughbred/fullblodshest, NCT= Norwegian coldblood trotter/norsk kaldblodstraver, (bane)= hestene ble målt på galoppbane med jockey på ryggen og ikke på tredemølle, (bitt)= hestene ble kjørt med hodelag og bitt

Tabell 2A viser sammenstillingen av de artiklene hvor det er presentert målte verdier for peak inspiratorisk og peak ekspiratorisk trakeal- og faryngaltrykk hos normale hester. Det varierer mellom artiklene hvilken type hest som har blitt brukt. Enten har det blitt brukt forsøkshester

eller kliniske hester. Forsøkshestene har før målingene gjennomgått klinisk- og endoskopisk undersøkelse uten påvisning av noen abnormaliteter i øvre luftveier. Verdier som presenteres i tabellen for de kliniske hestene er verdier målt når det ikke var tegn til øvre luftveislidelse ved endoskopi, dvs. før inntredelse av den dynamiske luftveislidelsen. Rasen på hestene som er blitt brukt i de ulike artiklene varierer. I artikkel 10 ble forsøkshester av rasen fullblodshest undersøkt, disse ble ridd på bane og ikke undersøkt på tredemølle som hestene i de andre artiklene. Hestene i artikkel 10, 11, 18 og 25 ble undersøkt med bitt i munnen.

Oppmålte verdier for peak inspiratorisk trakealtrykk hos normale hester varierer mellom -24,4 og -42,9 cmH₂O. Peak ekspiratorisk trakealtrykk varierer mellom 8,1 og 27,8 cmH₂O. Peak inspiratorisk faryngaltrykk varierer mellom -13,6 og -23,3 cmH₂O. Peak ekspiratorisk faryngaltrykk varierer mellom 8,6 og 17,5 cmH₂O.

TABELL 2B – Sammenstilte oppmålte verdier for peak luftstrøm (L/s) og minuttvolum (L/min) hos normale hester med fri hodeholdning

Artikkelnr.	Antall hester i studien	Type hest K/L	Rase S/T	Peak inspiratorisk luftstrøm (airflow) (L/s)	Peak ekspiratorisk luftstrøm (airflow) (L/s)	Minuttvolum (MV) (L/min)
1 Belknap (1990)	6	L	S	80,4 ± 4,2	66,6 ± 4,3	1858,0 ± 109,0
2 Lumsden (1993)	5	L	S	75,5 ± 9,4	66,1 ± 5,6	1296,0 ± 127,5
4 Connally (1994)	6	L	S	74,8 ± 3,9	65,4 ± 5,3	
7 Holcombe (1998)	5	L	S	46,6 ± 2,2	54,8 ± 3,7	1090,2 ± 66,1
8 O`Rielly (1997)	6	L	S	55,5 ± 2,6	56,3 ± 4,0	1269,0 ± 71,0
9 Franklin (2002)	4	K	T	79,1 ± 3,4	85,2 ± 4,8	1974,0 ± 104,1
12 Woodie (2005)	7	L	S+T	46,0 ± 2,6	59,0 ± 1,7	
14 Cornelisse (2001)	5	L	S	62,7 ± 2,6	54,4 ± 0,8	1444,0 ± 107,3
16 Franklin (2002)	9	K	T	79,0 ± 2,7	87,9 ± 3,6	2036,0 ± 81,3
19 Holcombe (2001)	6	L	S	61,6 ± 4,1	59,2 ± 3,4	1510,0 ± 137,4
21 Lumsden (1994)	6	L	S	75,5 ± 9,4		1296,0 ± 127,5
23 Holcombe (1994)	6	L	S	48,6 ± 1,6	58,0 ± 3,4	
24 Petsche (1995)	5	L	S	71,3 ± 3,8	64,1 ± 3,2	
26 Tetens (1996)	5	L	S	63,3 ± 2,7		1372,8 ± 80,4
26 Tetens (1996)	5	L	S	66,5 ± 3,8		1324,6 ± 54,1
26 Tetens (1996)	5	L	S	69,7 ± 4,6		1455,1 ± 102,9
27 Art (1990)	6	L	T	63,9 ± 2,7	78,8 ± 3,6	1585,0 ± 45,0

Data i tabellen er presentert med gjennomsnitt ±SE, K= kliniske hester, L= forsøkshester, S= standardbred/varmblodstraver, T= thoroughbred/fullblodshest

Tabell 2B viser sammenstillingen av de artiklene hvor det er publisert målte verdier for peak inspiratorisk luftstrøm, peak ekspiratorisk luftstrøm og minuttvolum hos normale hester. Det varierer mellom artiklene hvilken type hest som har blitt brukt; enten har det blitt brukt forsøkshester eller kliniske hester. Forsøkshestene har gjennomgått klinisk- og endoskopisk undersøkelse uten påvisning av noen abnormaliteter i øvre luftveier før målingene. Verdier som presenteres i tabellen for de kliniske hestene er verdier målt når det ikke var tegn til øvre luftveislidelse ved endoskopi, dvs. før inntredelse av den dynamiske luftveislidelsen. Rasen på hestene som er blitt brukt i de ulike artiklene varierer.

Oppmålte verdier for peak inspiratorisk luftstrøm hos normale hester varierer mellom 46,0 og 80,4 L/s. Peak ekspiratorisk luftstrøm målt hos normale hester varierer mellom 54,4 og 87,9 L/s, og minuttvolum varierer mellom 1090,2 og 2036,0 L/min.

TABELL 3A – Sammenstilte oppmålte verdier for peak trakealtrykk målt i cmH₂O hos forsøkshester før og etter induisert recurrent laryngal neuropati ved neuroektomi av *nervus recurrent laryngeus sinister*

Artikkelnr.	Antall hester i studien	Rase S/T	N/RLN	Peak inspiratorisk trakealtrykk (cmH ₂ O)	Peak ekspiratorisk trakealtrykk (cmH ₂ O)
1 ^a Belknap (1990)	6	S	N	-42,9 ± 2,8	9,2 ± 3,8
			RLN	(-70)	(12)
2 Lumsden (1993)	6	S	N	-38,6 ± 3,9	11,9 ± 3,4
			RLN	-62,7 ± 6,7	11,6 ± 2,5
10 Williams (1990)	5	T	N	-30,2 ± 0,3	12,0 ± 0,3
			RLN	-72,8 ± 0,8	16,1 ± 0,2
10 Williams (1990)	5	T	N	-29,6 ± 0,2	11,9 ± 0,2
			RLN	-73,7 ± 0,7	15,7 ± 0,2
17 Brown (2004)	6	S	N	-30,3 ± 3,4	
			RLN	-47,3 ± 6,8	
20 Robinson (2006)	6	S	N	-24,9 ± 3,7	
			RLN	-41,9 ± 2,6	
21 Lumsden (1994)	6	S	N	-38,6 ± 3,9	
			RLN	-62,7 ± 6,7	
22 Brown (2005)	6	S	N	-24,4 ± 3,0	
			RLN	-60,9 ± 10,4	
26 Tetens (1996)	5	S	N	-36,3 ± 3,6	
			RLN	-74,4 ± 3,9	
26 Tetens (1996)	5	S	N	-31,1 ± 4,3	
			RLN	-52,6 ± 3,0	
26 Tetens (1996)	5	S	N	-34,3 ± 3,0	
			RLN	-66,2 ± 5,8	

Data i tabellen er presentert med gjennomsnitt ±SE, ^a = Data over verdier etter lidelsen er induisert presenteres i artikkel 1 i form av et diagram uten eksakte tall eller ±SE- verdiene er mer omtrentlige og med i tabellen med (), S= standardbred/varmblodstraver, T= thoroughbred/fullblodshest, N= normale verdier før induisert lidelse, RLN= induisert recurrent laryngal neuropati

Tabell 3A viser sammenstillingen av de artiklene som har publisert oppmålte verdier for peak inspiratorisk trakealtrykk og peak ekspiratorisk trakealtrykk hos forsøkshester før og etter indusering av recurrent laryngal neuropati. Indusering av RLN utføres ved neuroektomi av venstre *nervus recurrent laryngeus*, og mangel på abduksjon av venstre arytenoidbrusk ble påvist ved endoskopi. Det varierer mellom artiklene om hestene er av rasen varmblodstraver eller fullblodshest.

Oppmålte verdier for peak inspiratorisk trakealtrykk før induksjon av RLN varierer mellom -24,4 og -42,9 cmH₂O, og etter induksjon av RLN varierer de oppmålte verdiene mellom -41,9 og -74,4 cmH₂O.

TABELL 3B – Sammenstilte oppmålte verdier for peak luftstrøm (L/s) og minuttvolum (L/min) hos forsøkshester av rasen varmbloodstraver før og etter induisert recurrent laryngal neuropati ved neuroektomi av *nervus recurrent laryngeus sinister*

Artikkelnr.	Antall hester i studien	N/RL N	Peak inspiratorisk luftstrøm (airflow) (L/s)	Peak ekspiratorisk luftstrøm (airflow) (L/s)	Minuttvolum (MV) (L/min)
1^a Belknap (1990)	6	N	80,4 ± 4,2	66,6 ± 4,3	1858,0 ± 109,0
		RLN	(40)	(70)	1372,0 ± 99,0
2 Lumsden (1993)	6	N	75,5 ± 9,4	66,1 ± 5,6	1296,0 ± 12,5
		RLN	40,9 ± 3,2	65,8 ± 4,6	1027,6 ± 71,2
21 Lumsden (1994)	6	N	75,5 ± 9,4		1296,0 ± 127,5
		RLN	40,9 ± 3,2		1027,6 ± 71,2
26 Tetens (1996)	5	N	69,7 ± 4,6		1455,1 ± 102,9
		RLN	37,7 ± 2,1		947,5 ± 45,2
26 Tetens (1996)	5	N	63,3 ± 2,7		1372,8 ± 80,4
		RLN	40,5 ± 3,2		1088,1 ± 38,2
26 Tetens (1996)	5	N	66,5 ± 3,8		1324,6 ± 54,1
		RLN	36,9 ± 1,8		957,6 ± 34,1

Data i tabellen er presentert med gjennomsnitt ±SE, ^a = Data over verdier etter lidelsen er induisert presenteres i artikkel 1 i form av et diagram uten eksakte tall eller ±SE- verdiene er mer omtrentlige og med i tabellen med (), N= normale verdier før induisert lidelse, RLN= recurrent laryngal neuropati

Tabell 3B viser sammenstillingen av de artiklene som har publisert oppmålte verdier for peak inspiratorisk luftstrøm, peak ekspiratorisk luftstrøm og minuttvolum hos forsøkshester av rasen varmbloodstraver før og etter induksjon av recurrent laryngal neuropati. Indusering av RLN utføres ved neuroektomi av venstre *nervus recurrent laryngeus*, og uttalt mangel på abduksjon av venstre arytenoidbrusk ble påvist ved endoskopi.

Oppmålte verdier for peak inspiratorisk luftstrøm før induksjon av RLN varierer mellom 63,3 og 80,4 L/s, og etter induksjon av RLN varierer de oppmålte verdiene mellom 36,9 og 40,9 L/s. Oppmålte verdier for minuttvolum før induksjon av RLN varierer mellom 1296,0 og 1858,0 L/min, og etter induksjon av RLN varierer de oppmålte verdiene mellom 947,5 og 1372,0 L/min.

TABELL 4A – Sammenstilte oppmålte verdier for peak trakealtrykk målt i cmH₂O hos forsøkshester før og etter induert dorsal dislokering av den bløte ganen

Artikkelnr.	Antall hester i studien	Rase S/T	N/DDSP(I)	Peak negativt inspiratorisk trakealtrykk (cmH ₂ O)	Peak ekspiratorisk trakealtrykk (cmH ₂ O)
7 Holcombe (1998)	5	S	N	-32,0 ± 3,5	14,1 ± 1,0
			DDSP(I)	-18,6 ± 3,4	36,2 ± 5,1
12 Woodie (2005)	7	S+T	N	-42,2 ± 3,5	27,2 ± 3,4
			DDSP(I)	-44,9 ± 3,3	34,0 ± 5,1

Data i tabellen er presentert med gjennomsnitt ±SE, S= standardbred/varmblodstraver, T=thoroughbred/fullblodshest, N= normale verdier før induert lidelse, DDSP(I)= induert dorsal dislokering av den bløte ganen

Tabell 4A viser sammenstillingen av de artiklene som har publisert oppmålte verdier for peak inspiratorisk trakealtrykk og peak ekspiratorisk trakealtrykk hos forsøkshester, før og etter induksjon av dorsal dislokering av den bløte ganen. I artikkel 7 ble det brukt forsøkshester av rasen varmblodstraver og i artikkel 12 ble det brukt en blanding av forsøkshester av rasene varmblodstraver og fullblodshest. I artikkel 7 ble induksjon av reversibel persistent dorsal dislokering av den bløte ganen oppnådd ved bilateral nerveblokkade av den faryngale grenen av *nervus vagus*. Dette ble gjort ved hjelp av et injeksjonsapparat og videoendoskop, 1 ml mepivakain hydroklorid ble injisert bilateralt. Dorsal dislokering av den bløte ganen ble bekreftet ved endoskopi og vedvarte 1-3 timer. I artikkel 12 ble induksjon av persistent dorsal dislokering av den bløte ganen foretatt ved bilateral kirurgisk reseksjon av *musculus thyrohyoideus*.

Oppmålte verdier i de to artiklene på peak ekspiratorisk trakealtrykk før induksjon av DDSP er 14,1 cmH₂O og 27,2 cmH₂O, henholdsvis. Etter induksjon av DDSP er de målte verdiene for peak ekspiratorisk trakealtrykk 34,0 cmH₂O og 36,2 cmH₂O, henholdsvis.

TABELL 4B - Sammenstilte verdier for peak luftstrøm og minuttvolum hos hester før og etter klinisk eller induert dorsal dislokering av den bløte ganen

Artikkelnr.	Antall hester i studien	Type hest K/L	Rase S/T	N/DDSP/DDSP(I)	Peak inspiratorisk luftstrøm (airflow) (L/s)	Peak ekspiratorisk luftstrøm (airflow) (L/s)	Minuttvolum (MV) (L/min)
7 Holcombe (1998)	5	L	S	N	46,6 ± 2,2	54,8 ± 3,7	1090,2 ± 66,1
				DDSP(I)	44,5 ± 4,0	46,7 ± 4,7	875,2 ± 51,2
9 Franklin (2002)	6	K	T	N	79,1 ± 3,6	85,2 ± 4,8	1974,0 ± 104,1
				DDSP	79,1 ± 5,9	78,4 ± 9,1	1796,0 ± 180,5
12 Woodie (2005)	7	L	S+T	N	46,0 ± 2,6	59,0 ± 1,7	
				DDSP(I)	40,0 ± 6,0	57,0 ± 3,6	
16 Franklin (2002)	9	K	T	N	79,0 ± 2,7	87,9 ± 3,6	2036,0 ± 81,3
				DDSP	78,1 ± 3,2	78,6 ± 4,2	1769,0 ± 89,3

Data i tabellen er presentert med gjennomsnitt ±SE, L= forsøkshester, K=kliniske hester, N= normale verdier før induert lidelse eller før inntredelse av klinisk lidelse, DDSP= klinisk dorsal dislokering av den bløte ganen, DDSP(I)= induert dorsal dislokering av den bløte ganen

Tabell 4B viser sammenstillingen av de artikler som har publisert målte verdier for peak inspiratorisk luftstrøm, peak ekspiratorisk luftstrøm og minuttvolum hos hester. Det er målt før og etter induksjon eller inntredelse av dorsal dislokering av den bløte ganen. For forsøkshestene betyr det at de har blitt testet to ganger, før og etter ingreppet; mens de kliniske hestene er testet en gang hvor man har gjort målinger rett før og rett etter at den bløte ganen har dislokert. I artikkel 7 og 12 ble det brukt forsøkshester og i artikkel 9 og 16 ble det brukt kliniske hester.

Peak ekspiratorisk luftstrøm før DDSP varierer mellom 54,8 og 87,9 L/s. Etter induksjon eller klinisk inntredelse av DDSP varierer peak ekspiratorisk luftstrøm mellom 46,7 og 78,6 L/s. Minuttvolum før DDSP varierer mellom 1090,2 og 2036,0 L/min. Etter induksjon eller klinisk inntredelse av DDSP varierer målt minuttvolum mellom 875,2 og 1796,0 L/min.

TABELL 5 – Sammenstilte oppmålte verdier for trakealtrykk hos norske kaldblodstravere med klinisk dynamisk larynkskollaps

Artikkelnr.	Antall hester i studien	N/DLC	Peak negativt inspiratorisk trakealtrykk (cmH ₂ O)	Peak ekspiratorisk trakealtrykk (cmH ₂ O)
11 Fretheim-Kelly (2020)	7 (bitt)	N(fri)	-32,3 ± 2,4	
		DLC(fleksjon)	-42,1 ± 4,1	
11 Fretheim-Kelly (2020)	7 (bittløst)	N(fri)	-28,5 ± 2,6	
		DLC(fleksjon)	-43,7 ± 5,9	
18 Strand (2009)	6 (bitt)	N(fri)	-44,6 ± 3,4	16,8 ± 1,1
		DLC(fleksjon)	-61,7 ± 3,8	22,0 ± 3,6
25 Fjordbakk (2012)	9 (bitt)	N(fri)	-30,6 ± 2,4	
		DLC(fleksjon)	-50,1 ± 5,8	

Data er presentert med gjennomsnitt ±SE, (fri)= fri hodeholdning, (fleksjon)= nakkefleksjon, N= normale verdier før inntredelse av klinisk lidelse, DLC= dynamisk larynkskollaps, (bitt)= hestene ble kjørt med hodelag og bitt, (bittløst)= hestene ble kjørt med bittløst hodelag

Tabell 5 viser sammenstillingen av de artikler som har målt peak inspiratorisk trakealtrykk hos norske kaldblodstravere med dynamisk larynkskollaps. DLC er assosiert med nakkefleksjon, og hestene går derfor med fleksjon i nakken under DLC-målingene. Når de samme hestene går med fri hodeholdning er de ikke affisert av DLC, og de normale verdiene er derfor målt når hestene går med fri hodeholdning.

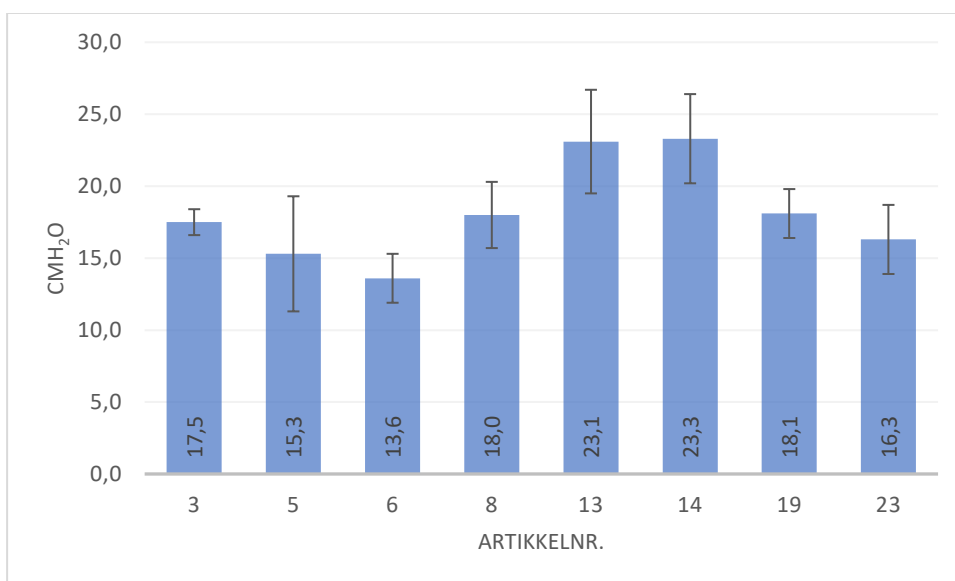
Verdiene for peak inspiratorisk trakealtrykk målt mens hestene går med fri hodeholdning varierer mellom -28,5 og -44,6 cmH₂O. Verdiene fra når hestene gikk med nakkefleksjon og var affisert av DLC varierte mellom -42,1 og -61,7 cmH₂O.

Presentasjon av sammenstilte data i form av diagram

Artiklene er nummerert i diagrammene, for en oversikt over hvilket nummer som hører til hvilken artikkel henvises det til; *TABELL 1B – artikler som er lest i sin helhet og der målte verdier er med i resultatpresentasjonen.*

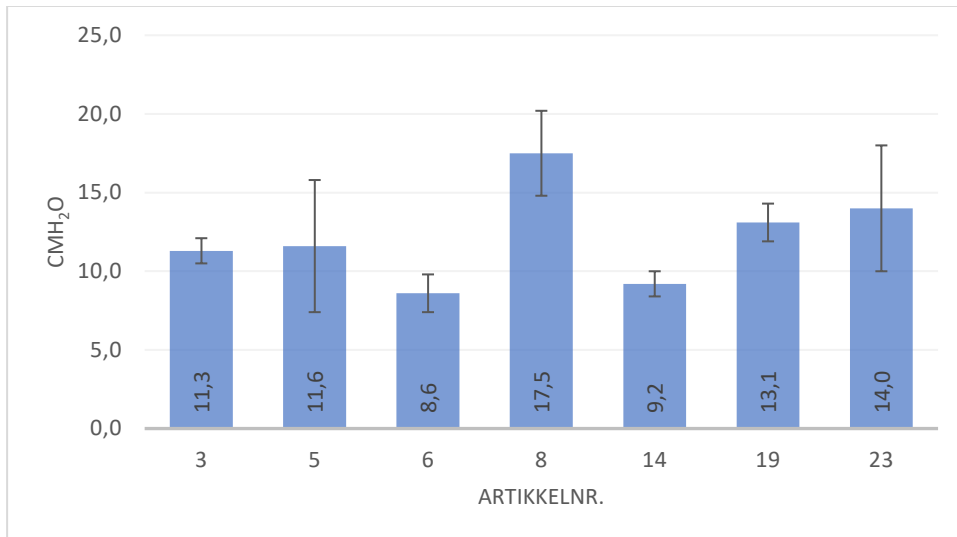
Eksempel: stolpe med artikkelnummer 3, presenterer verdier fra artikkel nummer 3 i *Tabell 1B.*

Diagram 1 – Peak negativt inspiratorisk faryngalt trykk målt i cmH₂O hos normale forsøkshester av rasen varmbloodstraver med fri hodeholdning



Data presenteres med \pm SE på toppen av stolpen

Peak negativt inspiratorisk faryngalt trykk er målt i åtte av de artiklene som inngår i litteraturstudien. Verdiene for peak negativt inspiratorisk faryngalt trykk varierer mellom -13,6 og -23,3 cmH₂O. For detaljert oversikt over artiklene og data over faryngalt trykk se *TABELL 2A – Sammenstilte oppmålte verdier for peak trakeal- og faryngalt trykk målt i cmH₂O hos normale hester med fri hodeholdning.*

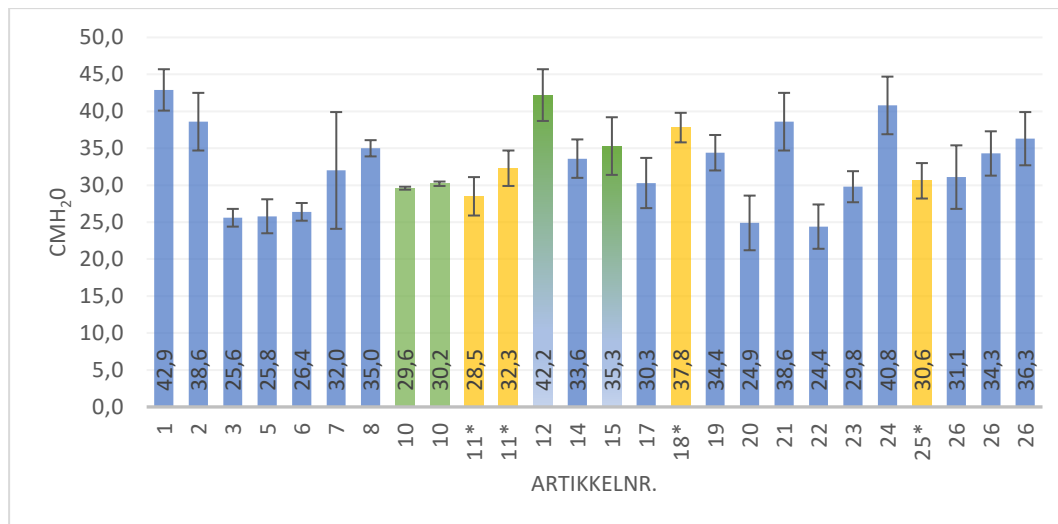
Diagram 2 – Peak ekspiratorisk faryngaltrykk målt i cmH₂O hos normale forsøkshester av rasen varmblodstraver med fri hodeholdning

Data presenteres med \pm SE på toppen av stolpen

Peak ekspiratorisk faryngaltrykk ble målt i syv av de artiklene som inngår i litteraturstudien.

Verdiene varierer mellom 8,6 og 17,5 cmH₂O. For detaljert oversikt over artiklene og data over faryngaltrykk se *TABELL 2A – Sammenstilte oppmålte verdier for peak trakeal- og faryngaltrykk målt i cmH₂O hos normale hester med fri hodeholdning.*

Diagram 3 – Peak negativt inspiratorisk trakealtrykk målt i cmH₂O hos normale forsøkshester og kliniske hester (*) av rasene varmbloodstraver (blå), fullblodshest (grønn), kombinasjon av varmbloodstraver og fullblodshest (blandet blå/grønn) og norsk kaldbloodstraver (gul) med fri hodeholdning



Data presenteres med \pm SE på toppen av stolpen, gul= Norwegian coldblood trotters/norske kaldbloodstravere, blå= standardbreds/varmbloodstravere, grønn= thoroughbreds/fullblodshester, blandet blå/grønn= kombinasjon av standardbreds og thoroughbreds, *= kliniske hester, stolpe uten * = forsøkshester

Peak negativt inspiratorisk trakealtrykk ble målt i 22 av artiklene som inngår i

litteraturstudien. Artikkel 11, 18 og 25 brukte kliniske hester (*), de resterende artiklene

brukte forsøkshester. I artikkel 10 og 26 ble hestene delt inn i grupper fordi de ulike hestene,

etter å ha fått induisert sykdom, ble operert med ulike operasjonsmetoder. I artikkel 11 ble

hestene kjørt i to runder, en runde med hodelag med bitt, og en runde med bittløst hodelag. De

enkelte gruppene av hester fra artiklene 10, 26 og 11 presenteres derfor med en egen stolpe.

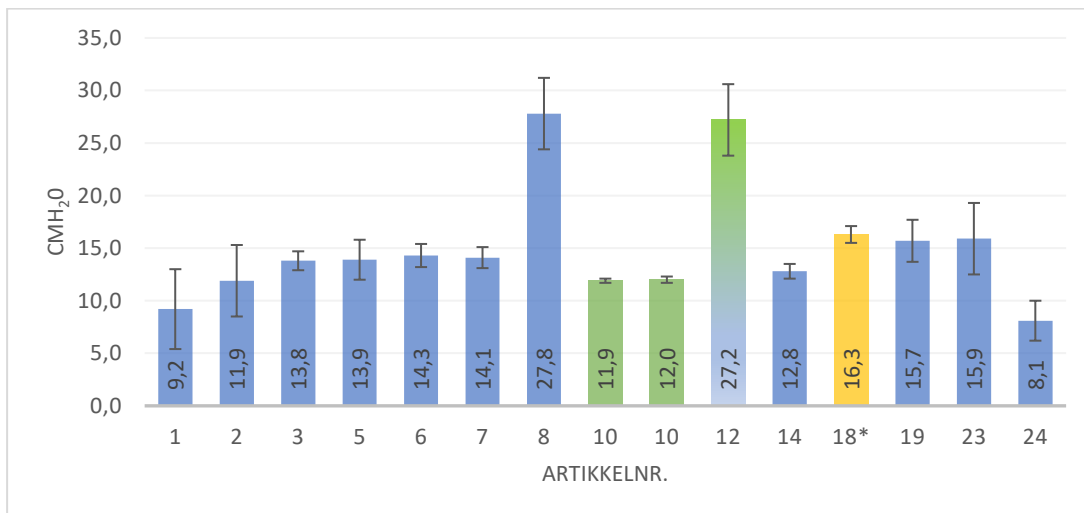
Målte normale verdier for peak negativt inspiratorisk trakealtrykk varierer mellom -24,4 og

-42,9 cmH₂O. For detaljert oversikt over artiklene og data over peak negativt inspiratorisk

trakealtrykk se *TABELL 2A – Sammenstilte oppmålte verdier for peak trakeal- og*

faryngaltrykk målt i cmH₂O hos normale hester med fri hodeholdning.

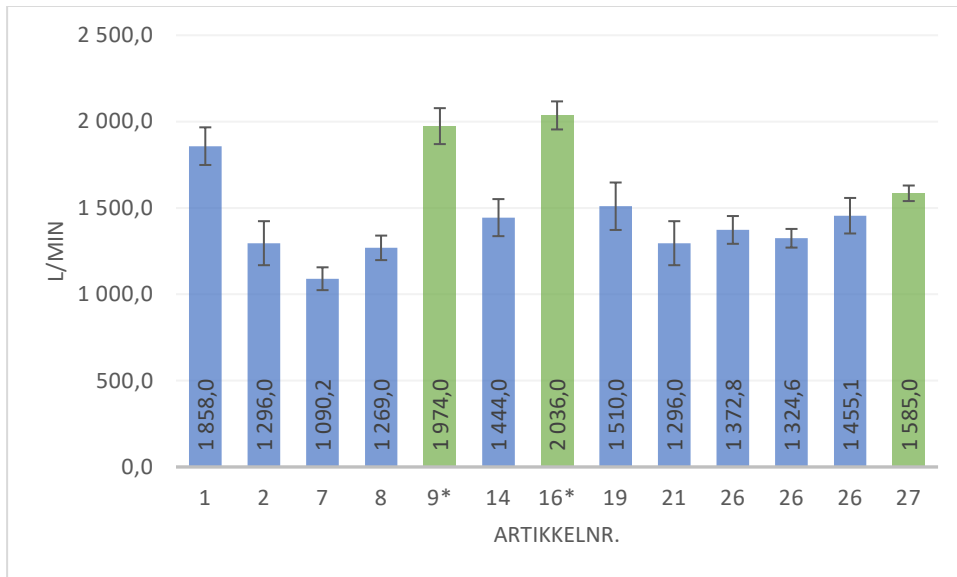
Diagram 4 – Peak ekspiratorisk trakealtrykk målt i cmH₂O hos normale forsøkshester og kliniske hester (*) av rasene varmbloodstraver (blå), fullblodshest (grønn), kombinasjon av varmbloodstraver og fullblodshest (blandet blå/grønn) og norske kaldbloodstraver (gul), med fri hodeholdning



Data presenteres med \pm SE på toppen av stolpen, gul farge= Norwegian coldblood trotters/norske kaldbloodstravere, blå= standardbreds/varmbloodstravere, grønn= thoroughbreds/fullblodshester, blandet blå/grønn= kombinasjon av standardbreds og thoroughbreds, *= kliniske hester, stolper uten * = forsøkshester

Peak ekspiratorisk trakealtrykk hos normale hester ble målt i 14 artikler som inngår i litteraturstudien. Artikkel 18 brukte kliniske hester (*), og de resterende artiklene brukte forsøkshester. I artikkel 10 ble hestene delt inn i grupper fordi de ulike hestene, etter å ha fått induisert sykdom, ble operert med ulike operasjonsmetoder. De enkelte gruppene av hester fra artikkel 10 presenteres derfor med en egen stolpe.

Målt peak ekspiratorisk trakealtrykk varierer mellom 8,1 og 27,8 cmH₂O. For detaljert oversikt over artiklene og data over faryngaltrykk se *TABELL 2A – Sammenstilte oppmålte verdier for peak trakeal- og faryngaltrykk målt i cmH₂O hos normale hester med fri hodeholdning.*

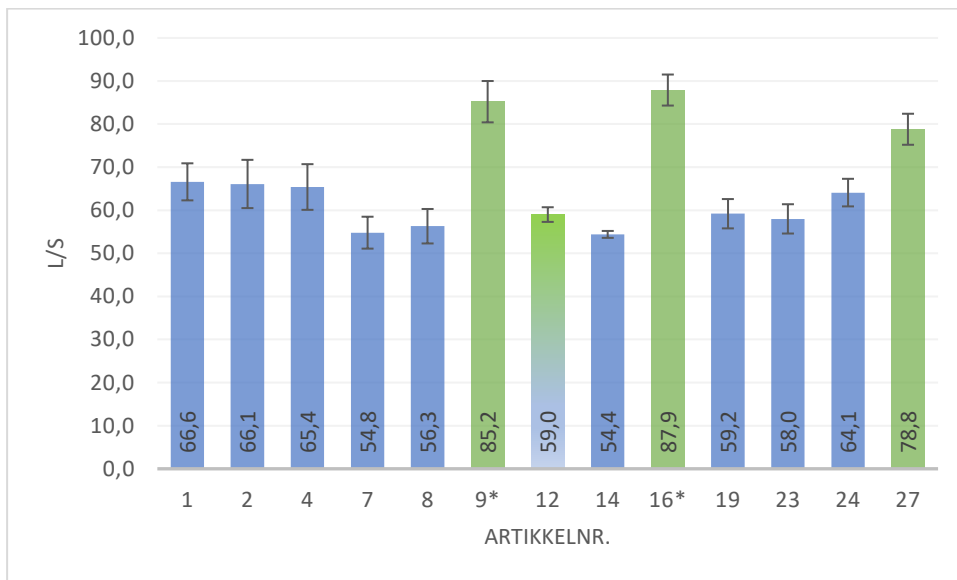
Diagram 5 – Minuttvolum målt i L/min hos normale forsøkshester og kliniske hester (*) av rasene varmblodstraver (blå) og fullblodshest (grønn) med fri hodeholdning

Data presenteres med \pm SE på toppen av stolpen, blå= standardbreders/varmblodstravere, grønn= thoroughbreders/fullblodshester, *= kliniske hester, stolper uten *= forsøkshester

Minuttvolum ble målt hos normale hester i 11 artikler som inngår i denne litteraturstudien. I artikkel 26 ble hestene delt inn i grupper fordi de ulike hestene, etter å ha fått induisert sykdom, ble operert med ulike operasjonsmetoder. De enkelte gruppene av hester fra artikkel 26 presenteres derfor med en egen stolpe.

Minuttvolum målt hos normale hester varierer mellom 1090,2 og 2036,0 L/min. For detaljert oversikt over artiklene og data over minuttvolum se *TABELL 2B – Sammenstilte oppmålte verdier for peak luftstrøm (L/s) og minuttvolum (L/min) hos normale hester med fri hodeholdning.*

Diagram 6 – Peak ekspiratorisk luftstrøm målt i L/s hos normale forsøkshester og normale kliniske hester (*) av rasene varmbloodstraver (blå), fullblodshest (grønn) og kombinasjon av fullblodshest og varmbloodstraver (blandet blå/grønn) med fri hodeholdning

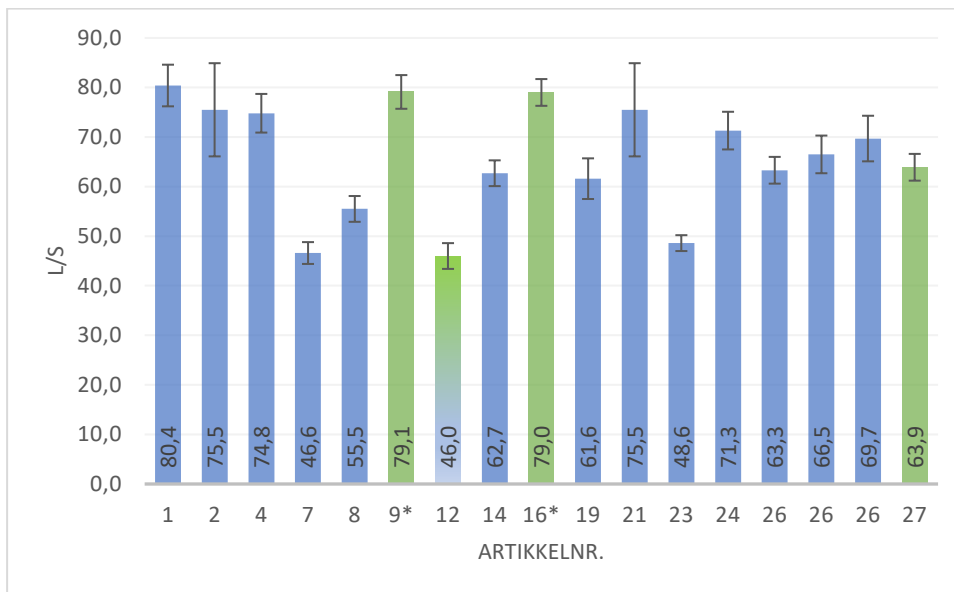


Data presenteres med \pm SE på toppen av stolpen, blå= standardbreds/varmbloodstraver, grønn= thoroughbreds/fullblodshester, blandet blå/grønn= kombinasjon av standardbreds og thoroughbreds, *= kliniske hester, stolper uten * = forsøkshester

Peak ekspiratorisk luftstrøm ble målt i 13 artikler som inngår i litteraturstudien. Artikkel 9 og 16 brukte kliniske hester (*), de resterende artiklene brukte forsøkshester.

Målte verdier for peak ekspiratorisk luftstrøm varierer mellom 54,4 og 87,9 L/s. For detaljert oversikt over artiklene og data over luftstrøm se *TABELL 2B – Sammenstilte oppmålte verdier for peak luftstrøm (L/s) og minuttvolum (L/min) hos normale hester med fri hodeholdning.*

Diagram 7 – Peak inspiratorisk luftstrøm målt i L/s hos normale forsøkshester og normale kliniske hester (*) av rasene varmbloodstraver (blå), fullblodshest (grønn) og kombinasjon av fullblodshest og varmbloodstraver (blandet blå/grønn) med fri hodeholdning

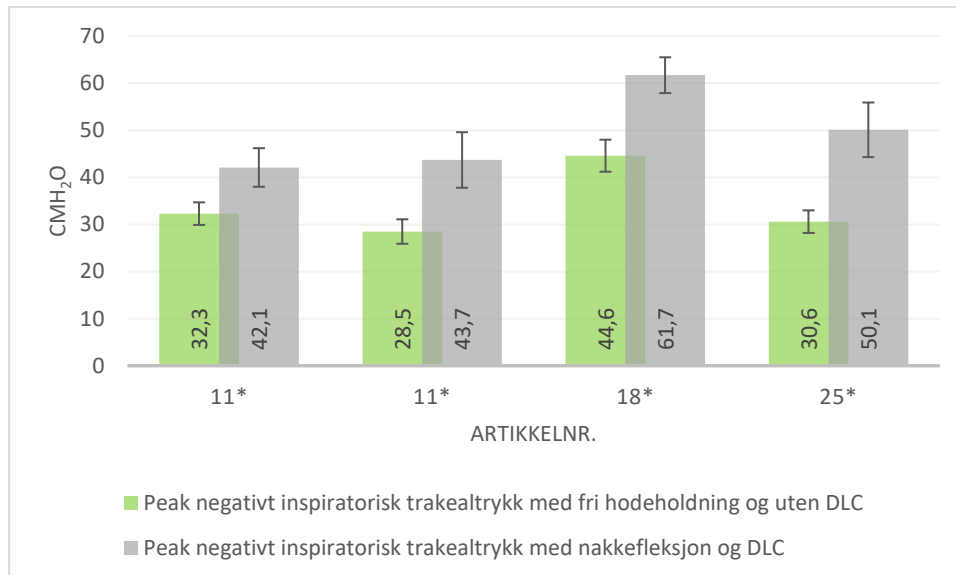


Data presenteres med \pm SE på toppen av stolpen, blå= standardbreds/varmbloodstraver, grønn= thoroughbreds/fullblodshester, blandet blå/grønn= kombinasjon av standardbreds og thoroughbreds, *= kliniske hester, stolper uten * = forsøkshester

Peak inspiratorisk luftstrøm ble målt i 15 artikler som inngår i litteraturstudien. Artikkel 9 og 16 brukte kliniske hester (*), de resterende artiklene brukte forsøkshester. I artikkel 26 ble hestene delt inn i tre grupper, for å undersøke effekten av ulike operasjoner senere i forsøket. Derfor presenteres hver gruppe fra artikkel 26 med en egen stolpe.

Målte verdier for peak inspiratorisk luftstrøm varierer mellom 46,0 og 80,4 L/s. For detaljert oversikt over artiklene og data over luftstrøm se *TABELL 2B – Sammenstilte oppmålte verdier for peak luftstrøm (L/s) og minuttvolum (L/min) hos normale hester med fri hodeholdning.*

Diagram 8 - Peak negativt inspiratorisk trakealtrykk hos kliniske hester(*) av rasen norsk kaldblodstraver med fri hodeholdning (grønn), og hos de samme hestene med nakkefleksjon og dynamisk larynkskollaps, DLC (grå)



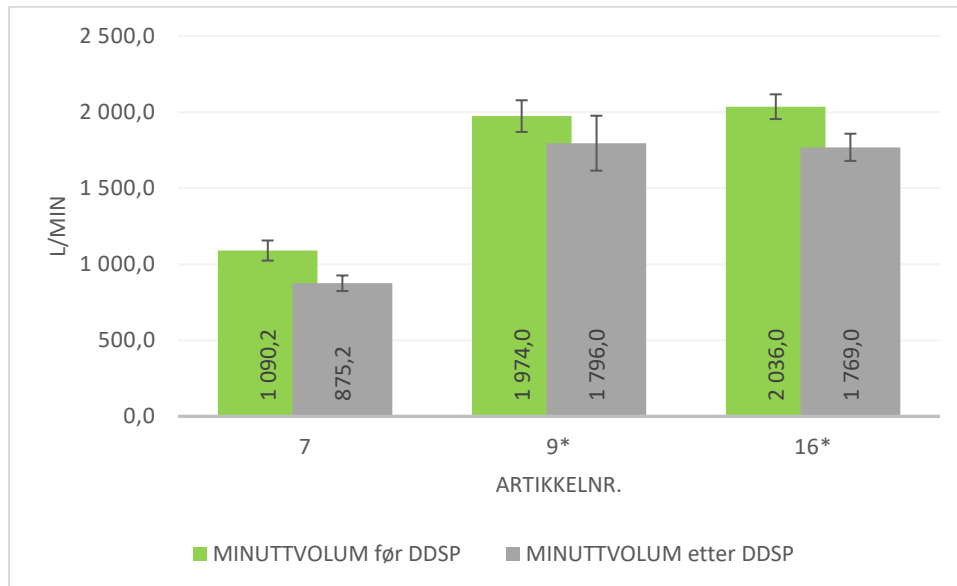
Data presenteres med \pm SE på toppen av stolpen

Tre av artiklene i litteraturstudien målte peak negativt inspiratorisk trakealtrykk hos norske kaldblodstravere før og etter inntredelse av dynamisk larynks kollaps, DLC. I artikkel 11 ble hestene kjørt i to runder, en gang med hodelag med bitt, og en gang med bittløst hodelag. Derfor presenteres artikkel 11 to ganger i diagrammet.

Negativt peak inspiratorisk trakealtrykk før inntredelse av dynamisk larynkskollaps varierte mellom -28,5 og -44,6 cmH₂O. Negativt peak inspiratorisk trakealtrykk etter inntredelse av dynamisk larynkskollaps varierte mellom -42,1 og -61,7 cmH₂O. For detaljert oversikt over artiklene og data for hester affisert med dynamisk larynkskollaps se *TABELL 5* –

Sammenstilte oppmålte verdier for trakealtrykk hos norske kaldblodstravere med klinisk dynamisk larynkskollaps.

Diagram 9 – Minuttvolum målt i L/min hos hester før dorsal dislokering av den bløte ganen, DDSP (grønn) og hos de samme hestene etter inntredelse av dorsal dislokering av den bløte ganen, DDSP (grå)



Data presenteres med \pm SE på toppen av stolpen, * = kliniske hester, stolper uten * = forsøkshester

Tre av artiklene i litteraturstudien målte minuttvolum hos hester før og etter inntredelse av intermitterende dorsal dislokering av den bløte ganen, DDSP. Artikkel 9 og 16 brukte kliniske hester av rasen fullblodshest og artikkel 7 brukte forsøkshester av rasen varmbloodstraver.

Før inntredelse av DDSP varierte målte verdier mellom 1090,2 og 2036,0 L/min og etter inntredelse av DDSP varierte målte verdier mellom 875,2 og 1796,0 L/min. For detaljert oversikt over artiklene og data for hester affisert med DDSP se *TABELL 4B - Sammenstilte verdier for peak luftstrøm og minuttvolum hos hester før og etter klinisk eller induert dorsal dislokering av den bløte ganen.*

Diagram 10 – Peak ekspiratorisk trakealtrykk hos forsøkshester før dorsal dislokering av den bløte ganen, DDSP (grønn) og hos de samme hestene etter indusering av dorsal dislokering av den bløte ganen, DDSP (grå)

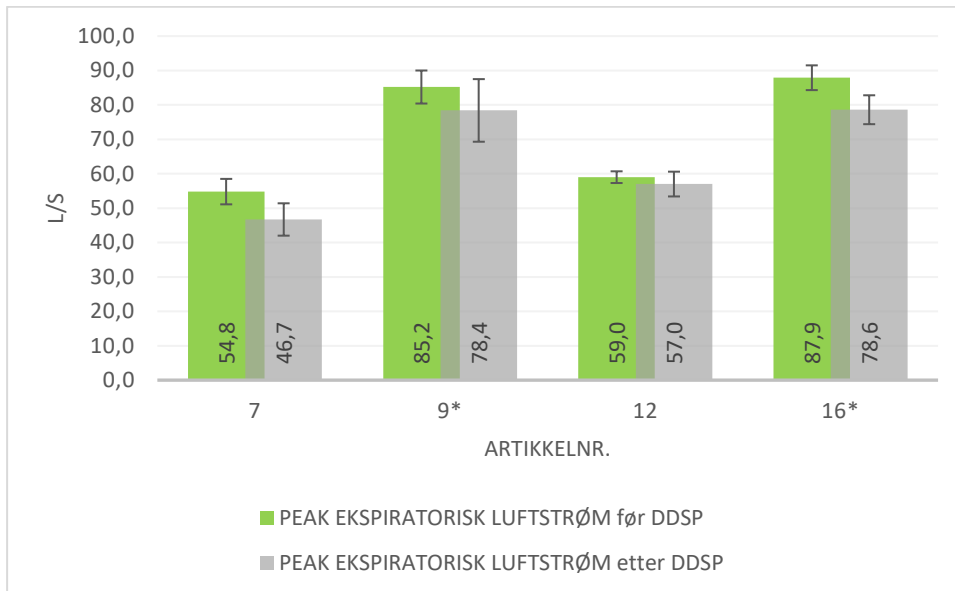


Data presenteres med \pm SE på toppen av stolpen

To av artiklene i litteraturstudien målte peak ekspiratorisk trakealtrykk hos hester før og etter induksjon av intermitterende dorsal dislokering av den bløte ganen. Artikkel 7 brukte hester av rasen varmbloodstraver og Artikkel 12 brukte en blanding av rasene varmbloodstraver og fullbloodshest.

Før induisert DDSP ble peak ekspiratorisk trakealtrykk målt til 14,1 cmH₂O i artikkel 7 og til 27,2 cmH₂O i artikkel 12. Etter induisert DDSP ble peak ekspiratorisk trakealtrykk målt til 36,2 cmH₂O i artikkel 7 og til 34,0 cmH₂O i artikkel 12. For detaljert oversikt over artiklene og data for hester affisert med DDSP se *TABELL 4A – Sammenstilte oppmålte verdier for peak trakealtrykk målt i cmH₂O hos forsøkshester før og etter induisert dorsal dislokering av den bløte ganen.*

Diagram 11 – Peak ekspiratorisk luftstrøm hos forsøkshester og kliniske hester (*) før dorsal dislokering av den bløte ganen, DDSP (grønn) og hos de samme hestene etter inntredelse av dorsal dislokering av den bløte ganen, DDSP (grå)

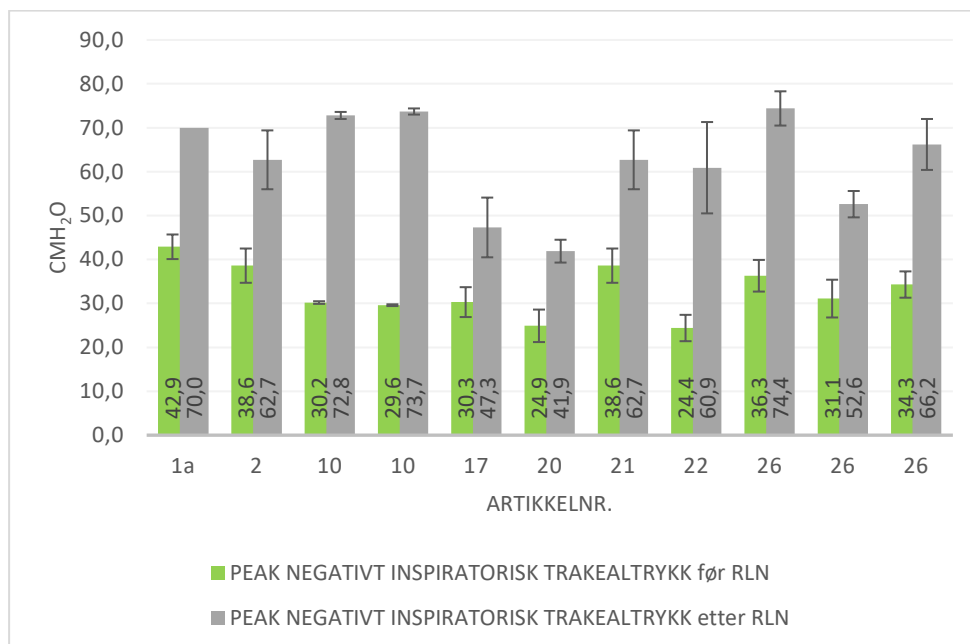


Data presenteres med \pm SE på toppen av stolpen, *= kliniske hester

Fire av artiklene i litteraturstudien målte peak ekspiratorisk luftstrøm hos hester før og etter inntredelse av intermitterende dorsal dislokering av den bløte ganen, DDSP. Artikkel 7 brukte hester av rasen varmbloodstraver og artikkel 12 brukte en blanding av rasene varmbloodstraver og fullblodshest. Artikkel 9 og 16 brukte kliniske hester av rasen fullblodshest.

Peak ekspiratorisk luftstrøm før inntredelse av DDSP varierte mellom 54,8 og 87,9 L/s. Peak ekspiratorisk luftstrøm etter inntredelse av DDSP varierte mellom 46,7 og 78,6 L/s. For detaljert oversikt over artiklene og data for hester affisert med DDSP se *TABELL 4B - Sammenstilte verdier for peak luftstrøm og minuttvolum hos hester før og etter klinisk eller induisert dorsal dislokering av den bløte ganen.*

Diagram 12 – Peak negativt inspiratorisk trakealtrykk målt hos normale forsøkshester av rasene varmblodstraver og fullblodshest (grønn) og hos de samme hestene etter induisert recurrent laryngal neuropati (RLN) ved neuroektomi av *nervus recurrent laryngeus* (grå)



Data presenteres med \pm SE på toppen av stolpen, a= i artikkel 1 er målte verdier etter induisert RLN presentert uten mulighet å overføre SE- derfor mangles SE på den stolpen

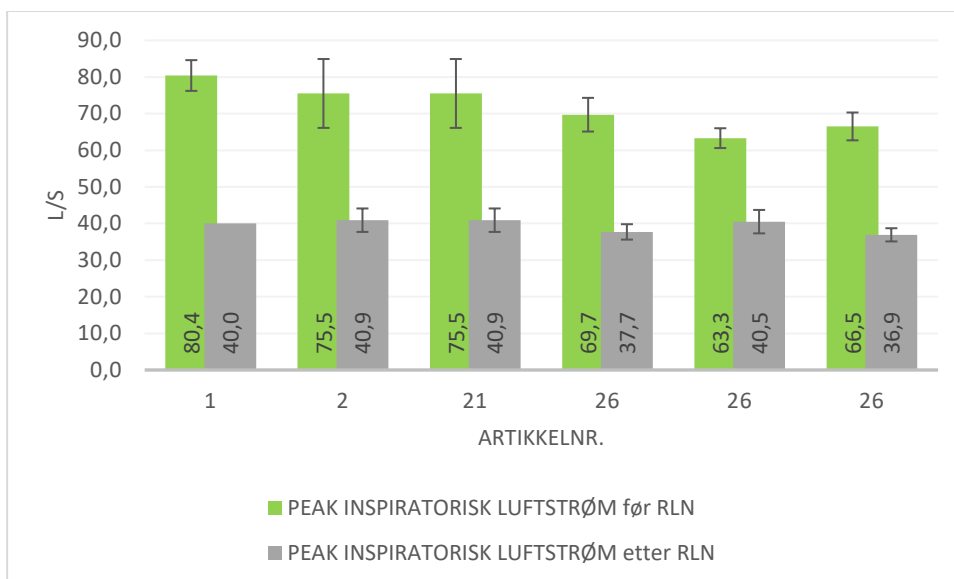
Åtte av artiklene i litteraturstudien målte peak inspiratorisk trakealtrykk hos hester før og etter induisert recurrent laryngal neuropati. Artikkel 10 brukte forsøkshester av rasen fullblodshest, de resterende artiklene brukte forsøkshester av rasen varmblodstraver.

I artikkel 10 og 26 ble hestene delt inn i grupper, for å undersøke effekt av ulike operasjoner senere i forsøket. Derfor presenteres hver gruppe fra disse to artiklene med en egen stolpe.

Før induisert RLN varierer målt peak negativt inspiratorisk trakealtrykk mellom -24,4 og -42,9 cmH₂O. Etter induisert RLN varierer peak negativt inspiratorisk trakealtrykk mellom -41,9 og -74,4 cmH₂O. For detaljert oversikt over artiklene og data for hester med induisert recurrent laryngal neuropati se *TABELL 3A – Sammenstilte oppmålte verdier for peak trakealtrykk målt*

i cmH_2O hos forsøkshester før og etter induisert recurrent laryngal neuropati ved neuroektomi av *nervus recurrent laryngeus sinister*.

Diagram 13 – Peak inspiratorisk luftstrøm målt i L/s hos normale forsøkshester av rasen varmblodstraver (grønn) og hos de samme hestene etter induisert recurrent laryngal neuropati (RLN) ved neuroektomi av *nervus recurrent laryngeus* (grå)



Data presenteres med \pm SE på toppen av stolpen, a= i artikkel 1 er målte verdier etter induisert RLN presentert uten mulighet å overføre SEM- derfor mangles SEM på den stolpen

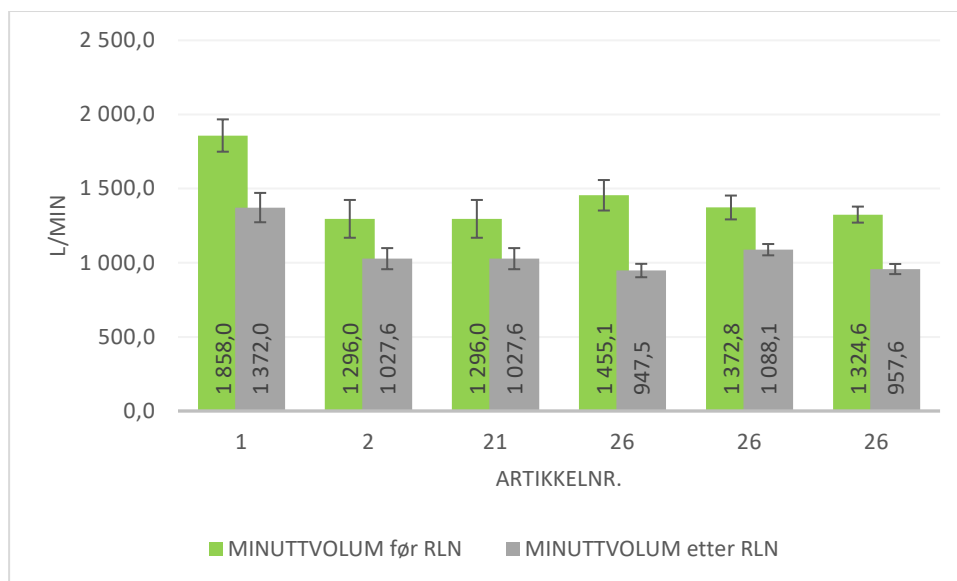
Fire av artiklene i litteraturstudien målte peak inspiratorisk luftstrøm hos hester før og etter induisert recurrent laryngal neuropati (RLN). I artikkel 26 ble hestene delt inn i grupper, for å undersøke effekten av ulike operasjoner senere i forsøket. Derfor presenteres hver gruppe fra artikkel 26 med en egen stolpe.

Før induisert RLN varierte peak inspiratorisk luftstrøm mellom 63,3 og 80,4 L/s. Etter induisert RLN varierte peak inspiratorisk luftstrøm mellom 36,9 og 40,9 L/s. For detaljert oversikt over artiklene og data over hester med induisert recurrent laryngal neuropati se *TABELL 3B* –

Sammenstilte oppmålte verdier for peak luftstrøm (L/s) og minuttvolum (L/min) hos

forsøkshester av rasen varmblodstraver før og etter induisert recurrent laryngal neuropati ved neuroektomi av *nervus recurrent laryngeus sinister*.

Diagram 14 – minuttvolum målt i L/min hos normale forsøkshester av rasen varmblodstraver (grønn) og hos de samme hestene etter induisert recurrent laryngal neuropati (RLN) ved neuroektomi av *nervus recurrent laryngeus* (grå)



Data presenteres med \pm SE på toppen av stolpen

Fire av artiklene i litteraturstudien målte minuttvolum hos hester før og etter induisert recurrent laryngal neuropati (RLN). I artikkel 26 ble hestene delt inn i grupper for å undersøke effekten av ulike operasjoner senere i forsøket, derfor presenteres hver gruppe fra artikkel 26 med en egen stolpe.

Før induisert RLN varierte målt minuttvolum mellom 1296,0 og 1858,0 L/min. Etter induisert RLN varierte minuttvolumet mellom 947,5 og 1372 L/min. For detaljert oversikt over artiklene og data over hester med induisert recurrent laryngal neuropati se *TABELL 3B – Sammenstilte oppmålte verdier for peak luftstrøm (L/s) og minuttvolum (L/min) hos*

forsøkshester av rasen varmblodstraver før og etter induisert recurrent laryneal neuropati ved neuroektomi av nervus recurrent laryngeus sinister.

Diskusjon

Faktorer som kan ha innvirkning på måleresultatene

Type hest

I litteraturstudien er det inkludert artikler som har brukt forsøkshester og artikler som har brukt hester fra kliniske kasus. Man kunne tenkt seg at dette påvirker målingene, ettersom kliniske hester antas å være bedre trent enn forsøkshester. Det er imidlertid tidligere gjort forsøk på effekten av trening hos en gruppe forsøkshester, hvor det ble konkludert med at trening i liten grad hadde betydning for funksjonen til luftveiene (Roberts et al., 1999). Det ble ikke observert forskjell på respiratorisk minuttvolum eller peak ekspiratorisk luftstrøm før og etter treningsperioden. For peak inspiratorisk luftstrøm ble noe lavere verdier målt etter treningsperioden ved testing i lavere hastigheter, men ved hard anstrengelse ble ingen forskjell observert (Roberts et al., 1999). I oppgavens resultatsammenstilling har de høyeste verdiene for peak ekspiratorisk luftstrøm og minuttvolum blitt målt hos de kliniske fullblodshestene. Det er tidligere påvist at det er respirasjonssystemet som er den begrensende faktoren for prestasjon hos atletiske hester (Franklin et al., 2012). Muligens kan det oppstå en naturlig gruppering, hvor hestene som går løp genetisk har et respirasjonssystem med noe bedre kapasitet, enn hestene som ikke går løp dvs. forsøkshestene. Dette må imidlertid undersøkes videre for å eventuelt kunne verifiseres. Det vil også være en variasjon mellom

hestene som testes ettersom det er ulike individer som dermed har noe ulike anatomi og fysiologi.

Rase og gangart

Fullblodshestene virker ut ifra resultatsammenstillingen å ha høyere normalverdier for minuttvolum og peak ekspiratorisk luftstrøm enn de andre rasene inkludert i litteraturstudien. Hos kaldblodstraverne er det målt omtrent like verdier for peak inspiratorisk- og ekspiratorisk trakealtrykk som hos varmbloodstraverne. Det har tidligere blitt vist at gangarten hestene går i har stor betydning for funksjonen til luftveiene (Franklin et al., 2012). Hester som går i galopp synkroniserer stegfrekvensen med respirasjonsfrekvensen, LRC (locomotion respiratory coupling) 1:1. Det samme skjer ikke i tregere gangarter. Mekanismen bak LRC er ikke helt klarlagt (Franklin et al., 2012). De artikler som har oppgitt hvilken gangart hestene gikk i er artikkel 1 (Belknap et al., 1990), 2 (Lumsden et al., 1993), 6 (Holcombe et al., 1997), 7 (Holcombe et al., 1998), 9 (Franklin et al., 2002a), 10 (Williams et al., 1990) og 27 (Art et al., 1990). I artikkel 1 (Belknap et al., 1990), 6 (Holcombe et al., 1997), og 7 (Holcombe et al., 1998) gikk noen av hestene i pass og noen av hestene i trav. I artikkel 2 (Lumsden et al., 1993) gikk hestene i galopp eller pass. I artikkel 9 (Franklin et al., 2002a), 10 (Williams et al., 1990) og 27 (Art et al., 1990) gikk hestene i galopp. Det at hestene i artiklene har gått i ulike gangarter eller at det ikke har blitt oppgitt hvilken gangart hestene gikk i, gjør det vanskelig å si så mye om hvilken innvirkning gangarten har hatt på de sammenstilte målte verdiene. Ettersom gangart er beskrevet å ha stor effekt på respirasjonen mener vi at dette burde oppgis

i fremtidige artikler som benytter objektive målemetoder ved undersøkelse av øvre luftveier hos hest.

Protokoll og utstyr

Undersøkelsene og forsøkene har blitt gjennomført av ulike team som bruker litt ulike testprotokoll. Det er også blitt brukt forskjellige typer utstyr. Dermed oppstår det en del usikkerhetsmomenter når resultatene skal sammenlignes med hverandre. Hver enkelt veterinær eller team burde derfor bli godt kjent med det utstyret og den protokollen de bruker for å kunne tolke resultatene så riktig som mulig (Evans, 2007).

Ved tredemølletesting varierer farten, stigningen og tidsintervallene en del mellom de ulike studiene. Vi er usikre på hvordan og i hvor stor grad luftveisfunksjonen påvirkes av disse faktorene når alle uansett testes ved maksimal anstrengelse. Men ettersom det er tyngre å gå på en tredemølle med stigning kontra et plant underlag, vil en hest som går med stigning ha en lavere fart og stegfrekvens ved maksimal anstrengelse enn en hest som går uten stigning. Ettersom stegfrekvensen og respirasjonsfrekvensen er synkronisert i galopp (Franklin et al., 2012) tenker vi at variasjoner i testprotokollen vil påvirke måleresultatene, kanskje mer ved testing i galopp enn i trav/pass. På grunn av at det er brukt ulike testprotokoller er det ikke helt enkelt å sammenligne de målte verdiene fra de ulike artiklene, men da alle artikler bruker en form for standardisert protokoll, kan resultatene sammenlignes innad den enkelte artikkelen. Ved testing i felt er det mindre mulighet for å kontrollere testforholdene (Franklin et al., 2012). Det antas at hestene i de fleste artiklene i litteraturstudien, har blitt testet kun i grime i tillegg til måleutstyret, da det ikke er spesifisert noe annet i artiklenes

metodebeskrivelse. Dette gjelder ikke artikkel 11 (Fretheim-Kelly et al., 2020), 18 (Strand et al., 2009) og 25 (Fjordbakk et al., 2012) der kaldblodstravere diagnostisert med DLC undersøkes. DLC opptrer når hesten går med nakkefleksjon (Strand et al., 2009) og hestene i artikkel 11 (Fretheim-Kelly et al., 2020), 18 (Strand et al., 2009) og 25 (Fjordbakk et al., 2012) testes derfor med fullt løpsutstyr, bortsett fra vognen. Hestene har på seg hodelag, sjekkreim, sele og lange tømmer. Dette for at en løpssituasjon skal kunne etterlignes og hestene kjøres «på bittet» periodevis i løpet av testen (Strand et al., 2009). Når hestene går med fri hodeholdning varierer det mellom individene hvordan de velger å bære hodet sitt. Etersom graden av nakkefleksjon påvirker luftveisfunksjonen (Petsche et al., 1995) kan noe av individvariasjonen i måleresultatene forklares av at hestene har gått med ulik grad av nakkefleksjon under testen. Dette gjelder for alle hestene, ikke bare de med DLC. Hestene i artikkel 10 (Williams et al., 1990), har også blitt testet med mer utstyr enn grime, da de ble undersøkt på en galoppbane, utstyrt med hodelag og rytter på ryggen (Williams et al., 1990).

Når det gjelder måleutstyret som brukes varierer det en del mellom studiene. For å få målinger av luftstrøm og minuttvolum må hestene ha på seg en maske som, i større eller mindre grad, vil påvirke resultatene fordi respirasjonsmotstanden og gjeninnåndingen av CO₂ øker (Marlin & Roberts, 1998). Økt motstand og økt dødvolum vil føre til at hesten kan redusere sin respirasjonsfrekvens, og øke tidalvolumet. Hesten kan også miste synkroniseringen av respirasjonen med stegfrekvensen og hjertefrekvensen kan øke (Marlin & Roberts, 1998; Ramseyer et al., 2010). Maskesystemene med trykkbaserte spirometre, pneumografer, er beskrevet å kunne medføre større grad av motstand, enn de ultralydbaserte spirometrene (Marlin & Roberts, 1998). Av artiklene i resultatpresentasjonen ble det brukt

pneumograf i artikkel 1 (Belknap et al., 1990), 2 (Lumsden et al., 1993), 4 (Connally & Derksen, 1994), 7 (Holcombe et al., 1998), 8 (O'Rielly et al., 1997), 14 (Cornelisse et al., 2001), 19 (Holcombe et al., 2001), 21 (Lumsden et al., 1994), 23 (Holcombe et al., 1994), 24 (Petsche et al., 1995) og 26 (Tetens et al., 1996). I artikkel 9 (Franklin et al., 2002a), 12 (Woodie et al., 2005), 16 (Franklin et al., 2002b) og 27 (Art et al., 1990) ble det brukt ultralydbasert spirometer. I resultatpresentasjonen ses ingen forskjell i målingene avhengig av hvilket spirometer som er blitt brukt. Artikkel 1 (Belknap et al., 1990), 2 (Lumsden et al., 1993), 7 (Holcombe et al., 1998), 8 (O'Rielly et al., 1997), 12 (Woodie et al., 2005), 14 (Cornelisse et al., 2001), 19 (Holcombe et al., 2001), 21 (Lumsden et al., 1994), 23 (Holcombe et al., 1994), 24 (Petsche et al., 1995) og 26 (Tetens et al., 1996) har målt luftstrøm og/eller minuttvolum i tillegg til trakealtrykk, og disse artikler tenderer til å ha målt noe mer negativt peak inspiratorisk trakealtrykk enn de artikler som kun har målt trakealtrykk, noe som kanskje kan forklares av at de har hatt maske på under testen.

Mange av maskene som brukes gjør det vanskelig å teste hestene samtidig som de jobber med press fra tøylar eller tømmer på et bitt i munnen. Om det er ønskelig å teste hestene med hodelag og tøylar eller tømmer kan det eventuelt brukes bittløse alternativer, for eksempel hackamore. Det finnes masker som gjør det mulig å endoskopere hesten samtidig som luftstrømsmålingene (Franklin et al., 2002b), og man kan også gjøre trykkmålinger.

Måling av faryngal- og trakealtrykk er en relativt enkel målemetode (Fjordbakk et al., 2012).

Luftrykksmålingene kan si noe om i hvilken grad en hest lider av en obstruktiv øvre luftveislidelse. Det observeres en del variasjon i målingene mellom ulike individer, men lite

variasjon ved gjentatt måling av samme hest (Ducharme et al., 1994). Derfor er luftrykksmålinger spesielt nyttig i de tilfeller hvor man får brukt en hest som sin egen kontroll, f.eks. før og etter en behandling (Ducharme et al., 1994). I litteraturstudiens resultatpresentasjon er det 22 artikler som har målt peak inspiratorisk trakealtrykk, 15 artikler som har målt peak inspiratorisk luftstrøm og 11 artikler som har målt minuttvolum. De resultatene som er sammenstilt, viser som diskutert videre nedenfor, at det er en del variasjon mellom verdier målt i de enkelte artiklene. Trakealtrykk har blitt brukt mest, grunnen til det kan kanskje være at det trengs mindre utstyr, og som nevnt ovenfor kan bruk av maske medføre en økt respirasjonsmotstand for hesten. Økt respirasjonsmotstand får innvirkning på hestens respirasjonsfunksjon (Marlin & Roberts, 1998). Ettersom utstyret som benyttes til trykkmålinger er relativt enkelt og tar lite plass er det ikke noe problem å ha på utstyr som for eksempel hodelag med bitt samtidig.

Ut ifra sammenstillingen av verdier er det vanskelig å si hvilken objektiv målemetode av peak trakealtrykk, peak luftstrøm eller minuttvolum som er den beste objektive målemetoden. Alle tre objektive målemetoder viser variasjon i målte verdier når de er brukt til å måle normale verdier. Alle tre målemetodene gir avvik i forventet retning når de er brukt som kontroll av luftveisfunksjonen hos den samme hesten, i forbindelse med de tre øvre luftveislidelsene. For undersøkelse av DLC er det kun brukt trakealtrykk, men for DDSP og RLN er det brukt både trakealtrykk, luftstrøm og minuttvolum. Minuttvolum er et mål på mengden luft som hesten klarer at puste i løpet av et minutt mens peak trykkmålinger og peak luftstrømsmålinger måler en topp, og beskriver derfor luftveisfunksjonen mer indirekte. Derfor tenker vi at minuttvolumet kan være den objektive målemetoden som gir aller mest informasjon om

hestens luftveisfunksjon hvis det kun er mulighet for å velge en målemetode. Men som tidligere diskutert kan det være mer usikkerhet rundt målinger av minuttvolum og luftstrøm enn målinger av lufttrykk, på grunn av det utstyr som brukes. Det kunne vært interessant å i større grad kombinere lufttrykk og luftstrømsmålinger. Da det ville gitt et mer helhetlig bilde av luftveisfunksjonen enn hvis kun den ene målemetoden brukes.

Studiepopulasjonen i de enkelte artiklene

Studiepopulasjonen til hver enkelt artikkel som er med i resultatpresentasjonen består av 4 til 9 hester. Dette vurderer vi som en liten studiepopulasjon noe som medfører større usikkerhet i resultatene presentert i hver enkelt artikkel. Flere av artiklene er skrevet av de samme forskergruppene hvilket får til følge at det kan stilles spørsmålsteget til om de samme forsøkshestene har blitt brukt i forbindelse med flere forsøk. I artikkel 2 (Lumsden et al., 1993) og 21 (Lumsden et al., 1994) er det presentert nøyaktig de samme verdiene for peak inspiratorisk trakealtrykk, peak inspiratorisk luftstrøm og minuttvolum. Disse to artiklene er skrevet av de samme forfatterne, derfor kan det antas at de samme målingene er blitt presentert i begge artiklene.

Måleresultater hos hester med normal øvre luftvei

Verdiene for de hestene som har normale øvre luftveier, vist i tabell 2A, 2B, og illustrert i diagram 1 til 7, viser at det er en del variasjon mellom målinger som er blitt gjort i ulike studier.

Faryngaltrykk

I tabell 2A, og diagram 1 og 2, presenteres de sammenstilte verdiene for henholdsvis peak inspiratorisk faryngaltrykk og peak ekspiratorisk faryngaltrykk, målt hos normale forsøkshester av rasen varmbloodstraver. Diagram 1 viser at de gjennomsnittlige målte verdiene for det inspiratoriske trykket varierer fra -13,6 til -23,3 cmH₂O. Diagram 2 viser at de gjennomsnittlige verdiene for det ekspiratoriske trykket varierer fra 8,6 til 17,5 cmH₂O. Foruten artikkel 13 (Holcombe et al., 2006) som ikke målte ekspiratorisk faryngaltrykk, er det de samme artiklene som er med i diagram 1 og diagram 2.

Det er i tidligere publisert litteratur angitt hva som anses å være normalverdier for faryngaltrykk hos hester som testes ved hard anstrengelse. Normalt peak inspiratorisk faryngaltrykk er beskrevet å ligge mellom -20 og -28 cmH₂O, og peak ekspiratorisk faryngaltrykk mellom 10 og 24 cmH₂O (Strand et al., 2019). Litteraturstudiets resultatpresentasjon indikerer at normalintervallet for peak inspiratorisk faryngaltrykk hos forsøkshester av rasen varmbloodstraver er noe mindre negativt enn det som er angitt i artikkelen fra 2019 (Strand et al., 2019). Når det gjelder peak ekspiratorisk faryngaltrykk er resultatene presentert i diagram 2 noe spredt, men ligger generelt i det nedre sjiktet av normalintervallet angitt i artikkelen fra (Strand et al., 2019).

Alle målingene på faryngaltrykk presentert i resultatene er gjort på forsøkshester av rasen varmbloodstraver. Disse hestene kan tenkes å utgjøre en relativt homogen gruppe, som har blitt testet under forholdsvis like vilkår. Man vil dermed kunne forvente en enda større variasjon i resultatene dersom man hadde testet flere ulike typer av hester. Som nevnt over har gangart

stor betydning for luftveisfunksjonen. Vi har mangelfull informasjon om hvilken gangart hestene i de forskjellige artiklene som har målt faryngaltrykk har gått i. Kun artikkel 6 (Holcombe et al., 1997) har oppgitt gangart, hestene gått i enten trav eller pass. Det kan tenkes at noe av variasjonen i målingene som er gjort skyldes at hestene har gått i forskjellige gangarter.

Trakealtrykk

I tabell 2A, og diagram 3 og 4, er verdier for peak inspiratorisk og peak ekspiratorisk trakealtrykk hos hester med normale øvre luftveier presentert. Det inspiratoriske trakealtrykket presentert i diagram 3 varierer mellom -24,4 og -42,9 cmH₂O, og det ekspiratoriske trykket presentert i diagram 4 varierer mellom 8,1 og 27,8 cmH₂O. De fleste studiene er gjort på forsøkshester av rasen varmbloodstraver, men det er også brukt forsøkshester av rasen fullblods, og kaldbloodstravere fra kliniske kasus. Det ser ikke ut til at rasen innenfor det begrensede raseutvalget inkludert i resultatene har særlig betydning for peak inspiratorisk trakealtrykk eller peak ekspiratorisk trakealtrykk.

I diagram 3 kan man se at verdiene for peak inspiratorisk trakealtrykk varierer noe mellom de ulike studiene, men det er ingen som skiller seg veldig ut fra resten. I diagram 4, som viser verdiene for peak ekspiratorisk trakealtrykk, er verdiene hentet fra artikkel 8 (O'Rielly et al., 1997) og 12 (Woodie et al., 2005) markant høyere enn verdier hentet fra de andre artiklene, henholdsvis 27,8 og 27,2 cmH₂O. Det er ikke mulig, ut ifra hva som står i artiklene, å fastslå årsak til hvorfor det har blitt målt så høye ekspiratoriske trakealtrykk. I begge artiklene har

hestene blitt undersøkt med maske, ettersom det samtidig har blitt gjort luftstrømsmålinger. En maske koblet til en pneumograf, en type trykktbasert spirometer, kan påvirke respirasjonsfunksjonen hos hester og gi mer negative inspiratoriske faryngal- og trakealtrykk, og mer positive ekspiratoriske faryngal- og trakealtrykk enn målinger gjort uten maske (Holcombe et al., 1996). Det er dog kun i artikkel 8 (O'Rielly et al., 1997) at det er brukt en pneumograf. I artikkel 12 (Woodie et al., 2005) er det brukt maske med ultralydbasert spirometer, som ikke skal ha like stor betydning for respirasjonen (Marlin & Roberts, 1998). Dessuten har hestene i mange av de andre studiene presentert i diagram 4 også blitt testet med maske og pneumograf uten at de har økte ekspiratoriske trakealtrykk, dette gjelder artikkel 1 (Belknap et al., 1990), 2 (Lumsden et al., 1993), 7 (Holcombe et al., 1998), 14 (Cornelisse et al., 2001), 19 (Holcombe et al., 2001), 23 (Holcombe et al., 1994) og 24 (Petsche et al., 1995).

Minuttvolum

Tabell 2B og diagram 5 viser verdier for målt minuttvolum hos hester med normale øvre luftveier. Målingene er gjort på forsøkshester av rasene varmbloodstraver og fullblods, samt kliniske fullblodshester. Verdiene for målt minuttvolum i de ulike studiene varierer mellom 1090,2 og 2036,0 L/min.

Minuttvolumet hos de kliniske fullblodshestene, fra artikkel 9 (Franklin et al., 2002a) og 16 (Franklin et al., 2002b), er betydelig større enn hos de fleste andre hestene. I artikkel 1 (Belknap et al., 1990), hvor forsøkshester av rasen varmbloodstraver har blitt undersøkt, er også høye minuttvolum registrert. Fullblodshestene i artikkel 9 (Franklin et al., 2002a), 16

(Franklin et al., 2002b) og 27 (Art & Lekeux, 1995) antas å ha blitt undersøkt i galopp, mens varmbloodstraverne i artikkel 1 (Belknap et al., 1990) har blitt undersøkt i trav eller pass, de høye verdiene for minuttvolum målt i artikkel 1 (Belknap et al., 1990) kan derfor ikke forklares med at hestene galopperte. I artikkel 2 (Lumsden et al., 1993) har hestene blitt undersøkt i galopp eller pass og i artikkel 7 (Holcombe et al., 1998) er hestene undersøkt i pass eller trav. Artikkel 8 (O'Rielly et al., 1997), 14 (Cornelisse et al., 2001), 19 (Holcombe et al., 2001), 21 (Lumsden et al., 1994) og 26 (Tetens et al., 1996) som har undersøkt forsøkshester av rasen varmbloodstraver har ikke oppgitt gangart. Hestene i artikkel 1 (Belknap et al., 1990) var kun trent i fire dager før testen og hadde før det gått på beite i lang tid, de antas derfor å være i suboptimal fysisk form, mens de kliniske fullblodshestene i artikkel 9 (Franklin et al., 2002a) og 16 (Franklin et al., 2002b) var i løpsform. Artikkel 1 (Belknap et al., 1990) har brukt maske og pneumograf, mens artikkel 9 (Franklin et al., 2002a) og 16 (Franklin et al., 2002b) har brukt maske og ultralydbasert spirometer. Det er mulig at rasen kan ha betydning, men verdier fra artikkel 27 (Art et al., 1990) som undersøkte forsøkshester av rasen fullblods skiller seg ikke vesentlig ut fra verdier målt i de artikler som brukte forsøkshester av rasen varmbloodstraver. Artikkel 27 (Art et al., 1990) har dessuten presentert lavere verdier enn forsøkshester av rasen varmbloodstraver i artikkel 1 (Belknap et al., 1990).

Luftstrøm

I tabell 2B og i diagram 6 og 7 er det presentert målte verdier for peak inspiratorisk og peak ekspiratorisk luftstrøm hos hester med normale øvre luftveier. Verdiene for peak inspiratorisk

luftstrøm ligger mellom 46,0 og 80,4 L/s, og for peak ekspiratorisk luftstrøm ligger verdiene mellom 54,4 og 87,9 L/s.

For peak inspiratorisk luftstrøm, illustrert i diagram 7, ser det ikke ut til at rasen har betydning for resultatet. Når det gjelder peak ekspiratorisk luftstrøm, er det målt høyere verdier hos fullblodshestene. Alle artikler som har inkludert fullblodshester i studien har målt høyere peak ekspiratorisk luftstrøm enn peak inspiratorisk luftstrøm. I de artiklene hvor det har blitt brukt varmbloodstravere varierer det om peak ekspiratorisk luftstrøm eller peak inspiratorisk luftstrøm er høyest. Det hadde vært interessant å vite hvilken gangart hestene har gått i, og om ulik gangart kan forklare forskjellen. Dette ettersom gangart har en innvirkning på respirasjonsfunksjonen (Franklin et al., 2012) og det er antatt at alle fullblodshestene har gått i galopp.

Måleresultater hos hester med kjent øvre luftveislidelse

Grad av obstruksjon

Graden av luftveisobstruksjon som oppstår varierer mellom de ulike øvre luftveislidelsene (Morris & Seeherman, 1991). I tillegg varierer graden av luftveisobstruksjon innenfor den enkelte lidelsen. I litteraturstudien har objektivt målte verdier for lidelsene dynamisk larynkskollaps, dorsal dislokering av den bløte ganen og reccurent laryngal neuropati blitt undersøkt og sammenstilt. Sammenstillingen i resultatpresentasjonen viser at målte verdier etter inntredelse eller etter induksjon av alle tre lidelsene avviker sammenliknet med målte verdier før induksjon av lidelsen eller før inntredelse av den kliniske lidelsen.

DLC

I tabell 5 og diagram 8 kan man se at hestene får et betydelig mer negativt inspiratorisk trakealtrykk når de lider av DLC sammenlignet med normalen. Bilateral dynamisk larynkskollaps oppstår når affiserte hester går med nakkefleksjon (Strand et al., 2009). Derfor er verdiene hvor hestene har DLC målt når hestene går med nakkefleksjon, mens normalverdiene er hentet når de går med fri hodeholdning. Hodeholdningen har effekt på øvre luftveisfunksjon også hos normale hester, og man ville målt et lavere inspiratorisk trakealtrykk ved nakkefleksjon uavhengig av DLC, men forskjellen mellom fri hodeholdning og nakkefleksjon ville vært mindre hos normale hester enn hos hester som lider av DLC (Petsche et al., 1995; Strand et al., 2009).

Det er noe variasjon i målingene som er presentert. Spesielt ser man at verdiene fra artikkel 18 (Strand et al., 2009) er noe mer negative. Dette kan komme av at resultatene ikke er presentert på samme måte i de ulike artiklene. I artikkel 11 (Fretheim-Kelly et al., 2020) er tallene gjennomsnittsverdier fra alle hestene gjennom alle periodene av testen. I artikkel 18 (Strand et al., 2009) og artikkel 25 (Fjordbakk et al., 2012) kommer resultatene fra enkeltfaser av testen. Verdiene fra artikkel 25 (Fjordbakk et al., 2012) ble målt tidlig i testen, mens de fra artikkel 18 (Strand et al., 2009) ble målt mot slutten av testen når hestene var mer slitne og dermed i større grad led av DLC (Fjordbakk et al., 2012).

DDSP

Tabell 4A, 4B og diagram 9, 10 og 11 presenterer verdier målt ved hjelp av objektive målemetoder hos hester før og etter klinisk eller induisert dorsal dislokering av den bløte ganen. Totalt er det 4 artikler som har undersøkt hester med induisert eller klinisk DDSP. Artikkel 9 (Franklin et al., 2002a) og 16 (Franklin et al., 2002b) brukte kliniske fullblodshester. Artikkel 7 (Holcombe et al., 1998) brukte forsøkshester av rasen varmbloodstraver og artikkel 12 (Woodie et al., 2005) brukte forsøkshester med en blanding av varmbloodstravere og fullblodshester.

I tabell 4A og diagram 10 presenteres målte verdier for peak ekspiratorisk trakealtrykk for artikkel 7 (Holcombe et al., 1998) og 12 (Woodie et al., 2005). Begge artikler viser en økning i peak ekspiratorisk trakealtrykk til 36,2 og 34,0 cmH₂O når hestene er affisert av DDSP, sammenlignet med når de ikke er affisert av DDSP. Verdiene målt når hestene ikke var affisert av DDSP var markant forskjellige i de to artiklene, henholdsvis 14,1 og 27,2 cmH₂O. Diagram 11 presenterer målte verdier for peak ekspiratorisk luftstrøm i artikkel 7 (Holcombe et al., 1998), 9 (Franklin et al., 2002a), 12 (Woodie et al., 2005) og 16 (Franklin et al., 2002b). Disse varierer mellom 46,7 og 78,6 L/s når hestene er affisert av DDSP og mellom 54,8 og 87,9 L/s når hestene ikke er affisert av DDSP. Diagram 9 presenterer målte verdier for minuttvolum målt i artikkel 7 (Holcombe et al., 1998), 9 (Franklin et al., 2002a) og 16 (Franklin et al., 2002b). Målt minuttvolum før inntredelse av DDSP varierte mellom 1090,2 og 2036,0 L/min og varierte etter DDSP mellom 875,2 og 1796,0 L/min. Begge diagrammer viser en reduksjon i peak ekspiratorisk luftstrøm og minuttvolum når hestene er affisert av DDSP, i forhold til når de ikke er affisert av DDSP. Artikkel 9 (Franklin et al., 2002a) og 16 (Franklin et al., 2002b) brukte kliniske hester av rasen fullblods, og disse hadde en tydelig

høyere peak ekspiratorisk luftstrøm og minuttvolum enn forsøkshestene i artikkel 7 (Holcombe et al., 1998) som var av rasen varmbloodstraver og forsøkshestene i artikkel 12 (Woodie et al., 2005) som var av rasene varmbloodstraver og fullblodshest, uavhengig av om de var affisert av DDSP eller ikke.

Verdiene som er sammenstilt og presentert i resultatpresentasjonen stemmer med at dorsal dislokering av den bløte ganen kan klassifiseres som en dynamisk øvre luftveislidelse som gir en ekspiratorisk obstruksjon (Franklin et al., 2002b). DDSP gir en obstruksjon som medfører en økning i ekspiratorisk motstand pga. tap av seglet mellom epiglottis og den bløte ganen, som fører til at en del av den ekspiratoriske luften kan passere ut gjennom munnen og ikke obligat gjennom nesen (Rehder et al., 1995). Det, sammen med den økte motstanden kan være med på å redusere målte minuttvolum og peak ekspiratorisk luftstrøm når hestene affiseres av DDSP.

RLN

Tabell 3A, 3B og diagram 12, 13 og 14 presenterer verdier målt ved hjelp av objektive målemetoder hos hester før og etter induisert recurrent laryngal neuropati ved neuroektomi av *nervus recurrent laryngeus sinister*. Det er totalt åtte artikler som har undersøkt hester før og etter induisert RLN. Alle artikler brukte forsøkshester av rasen varmbloodstraver, unntatt artikkel 10 (Williams et al., 1990) som brukte forsøkshester av rasen fullblods.

I tabell 3A og diagram 12 presenteres målte verdier for peak negativt inspiratorisk trakealtrykk for artikkel 1 (Belknap et al., 1990), 2 (Lumsden et al., 1993), 10 (Williams et al., 1990), 17 (Brown et al., 2004), 20 (Robinson et al., 2006), 21 (Lumsden et al., 1994), 22 (Brown et al., 2005) og 26 (Tetens et al., 1996). Før neuroektomi varierte peak inspiratorisk trakealtrykk mellom -24,4 og -42,9 cmH₂O. Etter neuroektomi varierte peak inspiratorisk trakealtrykk mellom -41,9 og -74,4 cmH₂O. Hestene ble undersøkt ved endoskopiering etter neuroektomi for å bekrefte uttalt mangel på abduksjon av venstre arytenoidbrusk. Det laveste inspiratoriske trakealtrykket før induert RLN, -42,9 cmH₂O er målt i artikkel 1 (Belknap et al., 1990) og det høyeste inspiratoriske trakealtrykket etter neuroektomi er målt i artikkel 20 (Robinson et al., 2006) til -41,9 cmH₂O. Det viser at verdier målt hos hester med uttalt RLN ikke alltid er lavere enn verdier målt hos normale forsøkshester. Det kan ha noe å gjøre med mengden luft som beveger seg hos den enkelte hesten. Når mindre luft beveger seg, synker tidalvolumet og hypoksemi og hyperkapni inntreer raskere. Senket luftstrøm medfører at det negative trakealtrykket blir mindre negativt. For at få en dypere forståelse og enda mer objektive mål for luftveisfunksjonen kunne det vært nyttig å kombinere flere objektive målemetoder, for eksempel måle både luftstrøm og trakealtrykk samtidig. Hvis man ser på utfallet i den enkelte artikkelen viser alle artikler en tydelig reduksjon i peak inspiratorisk trakealtrykk etter induert RLN i forhold til før induksjon.

I tabell 4B og i diagram 13 og 14 presenteres målte verdier for peak inspiratorisk luftstrøm og minuttvolum i artikkel 1 (Belknap et al., 1990), 2 (Lumsden et al., 1993), 21 (Lumsden et al., 1994) og 26 (Tetens et al., 1996). Diagram 13 viser at målte verdier for peak inspiratorisk luftstrøm før induert RLN varierer mellom 63,3 og 80,4 L/s og etter induert RLN varierer

verdiene mellom 36,9 og 40,9 L/s. Alle artikler presenterer en reduksjon av peak inspiratorisk luftstrøm etter induisert RLN og variasjonen mellom artiklene er mindre etter induisert RLN enn før. I diagram 14 varierte målt minuttvolum før induisert RLN mellom 1296,0 og 1858,0 L/min. Etter induisert RLN varierte minuttvolumene mellom 947,5 og 1372,0 L/min. Det minste målte minuttvolumet før induisert RLN er målt i artikkel 2 (Lumsden et al., 1993) og 21 (Lumsden et al., 1994) til 1296,0 L/min, og det største minuttvolumet etter induisert RLN er målt i artikkel 1 (Belknap et al., 1990) til 1372,0 L/min. Verdier målt for minuttvolum hos hester med en uttalt RLN er ikke alltid lavere enn verdier målt for minuttvolum hos normale hester. Hvis man ser på utfallet i den enkelte artikkelen, viser alle artikler likevel en reduksjon i minuttvolum etter induisert RLN i forhold til før induksjon.

Verdiene som er sammenstilt og presentert i resultatpresentasjonen stemmer med at recurrent laryngal neuropati klassifiseres som en øvre luftveislidelse som gir en inspiratorisk obstruksjon (Derksen et al., 2001; Draper & Piercy, 2018).

Artiklene i litteraturstudien der objektive målemetoder ble brukt i evalueringen av RLN ble foretatt før og etter induisert RLN. RLN ble induisert ved neuroektomi av *nervus recurrent laryngeus* noe som medfører en umiddelbar mangel på abduksjon av den venstre arytenoidbrusken (Tetens et al., 1996). Hos kliniske hester med en lavere grad av RLN hadde det mest sannsynlig ikke vært like enkelt å påvise avvik i målte verdier ved objektive målemetoder da obstruksjonen ikke er like uttalt.

Konklusjon

Ut ifra sammenstillingen i litteraturstudien konkluderer vi med at undersøkte objektive målemetoder fungerer godt som et komplement til den etablerte subjektive diagnostikken. De objektive målemetodene gir informasjon om luftveisfunksjonen hos normale hester og hos hester som er affisert av dynamiske luftveislidelser som ikke kan oppnås med subjektive målemetoder. Ettersom de sammenstilte målte normale verdiene varierer mellom studiene og mellom de enkelte hestene, fungerer objektive målemetoder aller best som kontroll av den enkelte hesten før og etter en manipulering av de øvre luftveiene. Dette da det gir et godt objektivt mål på manipuleringens effekt på luftveisfunksjonen, med forbehold om at det blir brukt den samme prosedyren og det samme utstyret ved måling før og etter manipulering.

Takk til bidragsyttere

Vi vil takke vår veileder Eric Strand for den veiledning, kunnskap og tålmodighet han har utvist under planlegging av oppgaven, gjennomføring og ikke minst under skriveprosessen. I tillegg vil vi rette en stor takk til personalet på Adamstuens bibliotek for all hjelp med framhenting av artikler, dere har vært fantastiske. Sist, men ikke minst, ønsker vi også og rette en stor takk til Hanna Vermedal for kloke innspill og korrekturlesing av oppgaven.

Summary

Title: Objective measurement of upper respiratory tract function in racehorses –
Minute volume, airflow and airway pressure measurements

Authors: Emma Sofia Sundström og Kristine Solberg

Supervisor: Eric Strand Sports- og familiedyrmedisin, NMBU

In order to perform successfully on the racetrack horses are dependent on a well-functioning respiratory system. Amongst racehorses suffering from poor performance, upper respiratory tract disorders are a fairly frequent diagnosis. Resting and exercising endoscopy are the main diagnostic tools for assessing these cases, though both being subjective. There are however objective measurement methods available. This literature study addresses some of these objective measurement methods and presents values obtained by them. The focus lies on peak pharyngeal- and tracheal pressures (cmH₂O), peak airflow (L/s) and minute volume (L/min). Values measured in horses with normal upper airways are presented. In addition, values measured before and after induced or naturally occurring obstructive disorders are provided. The obstructive upper airway disorders included in our study are dynamic laryngeal collapse, dorsal displacement of the soft palate and recurrent laryngeal neuropathy. The results display some variation in the values measured by the objective measurement methods in different articles. Also, they show how the obstructive disorders affect the values measured. The literature study concludes that the objective measurement methods are especially useful when used to evaluate the effect of a manipulation, for example before and after treatment in an

individual horse. The testing protocol should be exactly reproduced before and after treatment.

Referanser

- Allen, K. J. & Franklin, S. H. (2010). Comparisons of overground endoscopy and treadmill endoscopy in UK Thoroughbred racehorses. *Equine Vet J*, 42 (3): 186-91. doi: 10.1111/j.2042-3306.2010.00033.x.
- Art, T., Anderson, L., Woakes, A. J., Roberts, C., Butler, P. J., Snow, D. H. & Lekeux, P. (1990). Mechanics of breathing during strenuous exercise in Thoroughbred horses. *Respir Physiol*, 82 (3): 279-94. doi: 10.1016/0034-5687(90)90098-j.
- Art, T. & Lekeux, P. (1995). Ventilatory and arterial blood gas tension adjustments to strenuous exercise in standardbreds. *Am J Vet Res*, 56 (10): 1332-7.
- Barnett, T. P., O'Leary, J. M., Dixon, P. M. & Barakzai, S. Z. (2014). Characterisation of palatal dysfunction after laryngoplasty. *Equine Vet J*, 46 (1): 60-3. doi: 10.1111/evj.12081.
- Belknap, J. K., Derksen, F. J., Nickels, F. A., Stick, J. A. & Robinson, N. E. (1990). Failure of subtotal arytenoidectomy to improve upper airway flow mechanics in exercising standardbreds with induced laryngeal hemiplegia. *Am J Vet Res*, 51 (9): 1481-7.
- Brown, J. A., Derksen, F. J., Stick, J. A., Hartmann, W. M. & Robinson, N. E. (2004). Effect of laryngoplasty on respiratory noise reduction in horses with laryngeal hemiplegia. *Equine Vet J*, 36 (5): 420-5. doi: 10.2746/0425164044868440.
- Brown, J. A., Derksen, F. J., Stick, J. A., Hartmann, W. M. & Robinson, N. E. (2005). Laser vocal cordectomy fails to effectively reduce respiratory noise in horses with laryngeal hemiplegia. *Vet Surg*, 34 (3): 247-52. doi: 10.1111/j.1532-950X.2005.00037.x.
- Chalmers, H. J., Yeager, A. E., Cheetham, J. & Ducharme, N. (2012). Diagnostic sensitivity of subjective and quantitative laryngeal ultrasonography for recurrent laryngeal neuropathy in horses. *Vet Radiol Ultrasound*, 53 (6): 660-6. doi: 10.1111/j.1740-8261.2012.01974.x.
- Connally, B. A. & Derksen, F. J. (1994). Tidal breathing flow-volume loop analysis as a test of pulmonary function in exercising horses. *Am J Vet Res*, 55 (5): 589-94.
- Cornelisse, C. J., Holcombe, S. J., Derksen, F. J., Berney, C. & Jackson, C. A. (2001). Effect of a tongue-tie on upper airway mechanics in horses during exercise. *Am J Vet Res*, 62 (5): 775-8. doi: 10.2460/ajvr.2001.62.775.
- Derksen, F. J., Holcombe, S. J., Hartmann, W., Robinson, N. E. & Stick, J. A. (2001). Spectrum analysis of respiratory sounds in exercising horses with experimentally induced laryngeal hemiplegia or dorsal displacement of the soft palate. *Am J Vet Res*, 62 (5): 659-64. doi: 10.2460/ajvr.2001.62.659.
- Draper, A. C. E. & Piercy, R. J. (2018). Pathological classification of equine recurrent laryngeal neuropathy. *J Vet Intern Med*, 32 (4): 1397-1409. doi: 10.1111/jvim.15142.

- Ducharme, N. G., Hackett, R. P., Ainsworth, D. M., Erb, H. N. & Shannon, K. J. (1994). Repeatability and normal values for measurement of pharyngeal and tracheal pressures in exercising horses. *Am J Vet Res*, 55 (3): 368-74.
- Ducharme, N. G., Hackett, R. P., Woodie, J. B., Dykes, N., Erb, H. N., Mitchell, L. M. & Soderholm, L. V. (2003). Investigations into the role of the thyrohyoid muscles in the pathogenesis of dorsal displacement of the soft palate in horses. *Equine Vet J*, 35 (3): 258-63. doi: 10.2746/042516403776148200.
- Evans, D. L. (2007). Physiology of equine performance and associated tests of function. *Equine Vet J*, 39 (4): 373-83. doi: 10.2746/042516407x206418.
- Fjordbakk, C. T., Strand, E. & Hanche-Olsen, S. (2008). Surgical and conservative management of bilateral dynamic laryngeal collapse associated with poll flexion in harness race horses. *Vet Surg*, 37 (6): 501-7. doi: 10.1111/j.1532-950X.2008.00396.x.
- Fjordbakk, C. T., Holcombe, S., Fintl, C., Chalmers, H. & Strand, E. (2012). A novel treatment for dynamic laryngeal collapse associated with poll flexion: the modified checkrein. *Equine Vet J*, 44 (2): 207-13. doi: 10.1111/j.2042-3306.2011.00388.x.
- Fjordbakk, C. T., Chalmers, H. J., Holcombe, S. J. & Strand, E. (2013). Results of upper airway radiography and ultrasonography predict dynamic laryngeal collapse in affected horses. *Equine Vet J*, 45 (6): 705-10. doi: 10.1111/evj.12066.
- Fjordbakk, C. T., Revold, T., Goodwin, D. & Piercy, R. J. (2015). Histopathological assessment of intrinsic laryngeal musculature in horses with dynamic laryngeal collapse. *Equine Vet J*, 47 (5): 603-8. doi: 10.1111/evj.12357.
- Franklin, S. H., Naylor, J. R. & Lane, J. G. (2002a). The effect of a tongue-tie in horses with dorsal displacement of the soft palate. *Equine Vet J Suppl* (34): 430-3. doi: 10.1111/j.2042-3306.2002.tb05461.x.
- Franklin, S. H., Naylor, J. R. & Lane, J. G. (2002b). Effect of dorsal displacement of the soft palate on ventilation and airflow during high-intensity exercise. *Equine Vet J Suppl* (34): 379-83. doi: 10.1111/j.2042-3306.2002.tb05452.x.
- Franklin, S. H., Naylor, J. R. & Lane, J. G. (2006). Videoendoscopic evaluation of the upper respiratory tract in 93 sport horses during exercise testing on a high-speed treadmill. *Equine Vet J Suppl* (36): 540-5. doi: 10.1111/j.2042-3306.2006.tb05601.x.
- Franklin, S. H., Van Erck-Westergren, E. & Bayly, W. M. (2012). Respiratory responses to exercise in the horse. *Equine Vet J*, 44 (6): 726-32. doi: 10.1111/j.2042-3306.2012.00666.x.
- Fretheim-Kelly, Z., Fjordbakk, C. T., Fintl, C., Krontveit, R. & Strand, E. (2020). A bitless bridle does not limit or prevent dynamic laryngeal collapse. *Equine Vet J*. doi: 10.1111/evj.13287.
- Genton, M., Robert, C., Jerbi, H., Huet, H., Cordonnier, N., Vitte-Rossignol, A., Perkins, J. D. & Rossignol, F. (2020). Thyrohyoideus muscle innervation in the horse. *Veterinary Surgery*, n/a (n/a). doi: <https://doi.org/10.1111/vsu.13536>.
- Hahn, C. N., Matiasek, K., Dixon, P. M., Molony, V., Rodenacker, K. & Mayhew, I. G. (2008). Histological and ultrastructural evidence that recurrent laryngeal

- neuropathy is a bilateral mononeuropathy limited to recurrent laryngeal nerves. *Equine Vet J*, 40 (7): 666-72. doi: 10.2746/042516408x335711.
- Holcombe, S. J., Beard, W. L., Hinchcliff, K. W. & Robertson, J. T. (1994). Effect of sternothyrohyoid myectomy on upper airway mechanics in normal horses. *J Appl Physiol* (1985), 77 (6): 2812-6. doi: 10.1152/jappl.1994.77.6.2812.
- Holcombe, S. J., Beard, W. L. & Hinchcliff, K. W. (1996). Effect of a mask and pneumotachograph on tracheal and nasopharyngeal pressures, respiratory frequency, and ventilation in horses. *Am J Vet Res*, 57 (3): 250-3.
- Holcombe, S. J., Derksen, F. J., Stick, J. A. & Robinson, N. E. (1997). Effects of bilateral hypoglossal and glossopharyngeal nerve blocks on epiglottic and soft palate position in exercising horses. *Am J Vet Res*, 58 (9): 1022-6.
- Holcombe, S. J., Derksen, F. J., Stick, J. A. & Robinson, N. E. (1998). Effect of bilateral blockade of the pharyngeal branch of the vagus nerve on soft palate function in horses. *Am J Vet Res*, 59 (4): 504-8.
- Holcombe, S. J., Derksen, F. J., Berney, C., Becker, A. C. & Horner, N. T. (2001). Effect of topical anesthesia of the laryngeal mucosa on upper airway mechanics in exercising horses. *Am J Vet Res*, 62 (11): 1706-10. doi: 10.2460/ajvr.2001.62.1706.
- Holcombe, S. J., Rodriguez, K., Lane, J. & Caron, J. P. (2006). Cricothyroid muscle function and vocal fold stability in exercising horses. *Vet Surg*, 35 (6): 495-500. doi: 10.1111/j.1532-950X.2006.00182.x.
- König, L. (2014). *Veterinary Anatomy of domestic Mammals*, vol. sixth edition.
- Lumsden, J. M., Derksen, F. J., Stick, J. A. & Robinson, N. E. (1993). Use of flow-volume loops to evaluate upper airway obstruction in exercising standardbreds. *Am J Vet Res*, 54 (5): 766-75.
- Lumsden, J. M., Derksen, F. J., Stick, J. A., Robinson, N. E. & Nickels, F. A. (1994). Evaluation of partial arytenoidectomy as a treatment for equine laryngeal hemiplegia. *Equine Vet J*, 26 (2): 125-9. doi: 10.1111/j.2042-3306.1994.tb04350.x.
- Marlin, D. J. & Roberts, C. A. (1998). Qualitative and quantitative assessment of respiratory airflow and pattern of breathing in exercising horses. *Equine Veterinary Education*, 10 (4): 178-186. doi: 10.1111/j.2042-3292.1998.tb00874.x.
- Measuring Methods*. Available at: <https://www.spirometry.guru/methods.html>.
- Morris, E. (1991). Dynamic evaluation of the equine upper respiratory tract. *Vet Clin North Am Equine Pract*, 7 (2): 403-16. doi: 10.1016/s0749-0739(17)30506-0.
- Morris, E. A. & Seeherman, H. J. (1991). Clinical evaluation of poor performance in the racehorse: the results of 275 evaluations. *Equine Vet J*, 23 (3): 169-74. doi: 10.1111/j.2042-3306.1991.tb02749.x.
- O'Rielly, J. L., Beard, W. L., Renn, T. N., Padden, A. J. & Hinchcliff, K. W. (1997). Effect of combined staphylectomy and laryngotomy on upper airway mechanics in clinically normal horses. *Am J Vet Res*, 58 (9): 1018-21.
- Parente, E. J. (2018a). Fifty years of recurring struggles with recurrent laryngeal neuropathy. *Equine Vet J*, 50 (2): 155-158. doi: 10.1111/evj.12763.

- Parente, E. J. (2018b). Upper Airway Conditions Affecting the Equine Athlete. *Vet Clin North Am Equine Pract*, 34 (2): 427-441. doi: 10.1016/j.cveq.2018.04.008.
- Petsche, V. M., Derksen, F. J., Berney, C. E. & Robinson, N. E. (1995). Effect of head position on upper airway function in exercising horses. *Equine Veterinary Journal*, 27 (S18): 18-22. doi: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1995.tb04883.x>.
- Ramseyer, A., Sides, R., Slinker, B., Evans, D. & Bayly, W. (2010). Evaluation of a mask for breath-by-breath respirometry during exercise in horses. *Equine Vet J Suppl* (38): 240-5. doi: 10.1111/j.2042-3306.2010.00250.x.
- Rehder, R. S., Ducharme, N. G., Hackett, R. P. & Nielan, G. J. (1995). Measurement of upper airway pressures in exercising horses with dorsal displacement of the soft palate. *Am J Vet Res*, 56 (3): 269-74.
- Roberts, C. A., Marlin, D. J. & Lekeux, P. (1999). The effects of training on ventilation and blood gases in exercising thoroughbreds. *Equine Vet J Suppl* (30): 57-61. doi: 10.1111/j.2042-3306.1999.tb05189.x.
- Robinson, P., Derksen, F. J., Stick, J. A., Sullins, K. E., DeTolve, P. G. & Robinson, N. E. (2006). Effects of unilateral laser-assisted ventriculocordectomy in horses with laryngeal hemiplegia. *Equine Vet J*, 38 (6): 491-6. doi: 10.2746/042516406x154813.
- Strand, E., Fjordbakk, C. T., Holcombe, S. J., Risberg, A. & Chalmers, H. J. (2009). Effect of poll flexion and dynamic laryngeal collapse on tracheal pressure in Norwegian Coldblooded Trotter racehorses. *Equine Vet J*, 41 (1): 59-64. doi: 10.2746/042516408x330392.
- Strand, E., Fjordbakk, C. T., Sundberg, K., Spangen, L., Lunde, H. & Hanche-Olsen, S. (2012). Relative prevalence of upper respiratory tract obstructive disorders in two breeds of harness racehorses (185 cases: 1998-2006). *Equine Vet J*, 44 (5): 518-23. doi: 10.1111/j.2042-3306.2011.00517.x.
- Strand, E., Óssurardóttir, S., Wettre, K. B. & Fjordbakk, C. T. (2019). Alar fold resection in 25 horses: Clinical findings and effect on racing performance and airway mechanics (1998-2013). *Vet Surg*, 48 (5): 835-844. doi: 10.1111/vsu.13214.
- Tetens, J., Derksen, F. J., Stick, J. A., Lloyd, J. W. & Robinson, N. E. (1996). Efficacy of prosthetic laryngoplasty with and without bilateral ventriculocordectomy as treatments for laryngeal hemiplegia in horses. *Am J Vet Res*, 57 (11): 1668-73.
- Vermedal, H. & Strand, E. (2020). Dynamic laryngeal collapse associated with poll flexion as a complication of laryngeal tie-forward surgery in three harness racehorses. *Veterinary Surgery*, 49 (3): 600-606. doi: 10.1111/vsu.13351.
- Wagner, P. D. (1995). Limitations of oxygen transport to the cell. *Intensive Care Med*, 21 (5): 391-8. doi: 10.1007/bf01707407.
- Williams, J. W., Pascoe, J. R., Meagher, D. M. & Hornof, W. J. (1990). Effects of left recurrent laryngeal neurectomy, prosthetic laryngoplasty, and subtotal arytenoidectomy on upper airway pressure during maximal exertion. *Vet Surg*, 19 (2): 136-41. doi: 10.1111/j.1532-950x.1990.tb01155.x.

Woodie, J. B., Ducharme, N. G., Hackett, R. P., Erb, H. N., Mitchell, L. M. & Soderholm, L. V. (2005). Can an external device prevent dorsal displacement of the soft palate during strenuous exercise? *Equine Vet J*, 37 (5): 425-9. doi: 10.2746/042516405774480003.



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no