



International College for Research on
Equine Osteopathy

DE LONGEN IN DE PAARDENOSTEOPATHIE

Thesis aangeboden door: Mariska Versteeg

Voor het behalen van het Diploma Osteopathie bij dieren

Promotor: Margritta Holtman

Mei 2011

Voorwoord

Eindelijk is-ie af!

Hierbij maak ik graag van de gelegenheid gebruik om die mensen te bedanken die mij hebben geholpen om te komen tot waar ik nu ben.

Stefan en Frank, bedankt voor de interessante opleiding. Na elke module vielen er weer puzzelstukjes op hun plek.

Morgan en Ruth, het oefenen tijdens de opleiding was leerzaam en gezellig, dank jullie wel. Margritta, elke keer bij jou motiveerde mij weer om verder te gaan met het schrijven van mijn thesis, ik wil je heel erg bedanken voor je begeleiding.

Ellen, ik weet niet hoe ik de statistiek had moeten uitwerken zonder jou, dank je wel.

Annemoniek, Mark, Jessie, Evelyne, Jeanette, Vanessa, Harrie, Mariëtte, Scarlett, Corelle, Ymke, Annemarie, Keesje, Kim en Cora, bedankt voor het ter beschikking stellen van jullie paarden en tijd.

Vincent, dank je wel voor het weer inzetbaar krijgen van mijn laptop.

En Bastiaan, ik weet niet hoe ik dit had kunnen schrijven zonder het gebruik van jouw computer, je lekkere smoothies, je knuffels en de ruimte die je me gaf om hiermee bezig te zijn, dank je wel lieverd!

Mariska Versteeg

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1 Inleiding	6
Hoofdstuk 2 Anatomie van de longen	7
2.1 Algemeen	7
2.2 Arteriële en veneuze systemen	8
2.2.1 Arteriële systemen	8
2.2.1.1 Bronchiale circulatie	8
2.2.1.2 Pulmonaire circulatie	9
2.2.2 Veneuze systemen	9
2.3 Lymfatisch systeem	9
2.4 Fascia rondom de longen	10
2.4.1 Inleiding	10
2.4.2 Fasciale verbindingen van de pleurae	10
2.4.3 Fascia cervicalis	11
2.4.4 Fascia endothoracica	11
2.4.5 Pericardium	11
2.4.5.1 Pericardium serosum	12
2.4.5.2 Pericardium fibrosum	12
2.4.6 Diafragma	13
2.4.6.1 Fascia transversalis	14
2.4.6.2 Peritoneum	14
Hoofdstuk 3 Embryologie	15
3.1 Inleiding	15
3.2 Embryonische periode	16
3.3 Foetale periode	17
3.4 Postnatale periode	17
3.5 Motiliteit van de longen	18
Hoofdstuk 4 Histologie	19
4.1 Inleiding	19
4.2 Bronchi	19
4.3 Bronchioli en terminale bronchioli	20
4.4 Alveoli	20
4.4.1 Surfactans	21
Hoofdstuk 5 Fysiologie	22
5.1 Respiratoir systeem	22
5.2 Cardiovasculair systeem	22
5.3 Gasuitwisseling	23
5.3.1 Inleiding	23
5.3.2 Alveolaire ventilatie	24
5.3.2.1 Inspiratie	24
5.3.2.2 Expiratie	25
5.3.3 Diffusie van gassen	25
5.3.4 Zuur-base-evenwicht	26
Hoofdstuk 6 Neurologie	27
6.1 Inleiding	27

6.2 Wisselwerking van de ademhalingscentra	27
6.3 Bezenuwning van de longen	29
Hoofdstuk 7 Ademhaling	31
7.1 Mechanisme	31
7.2 Biomechanica	31
7.2.1 Ademhaling en beweging	31
7.3 Ademhalingsspieren	32
7.3.1 Inleiding	32
7.3.2 M. Phrenicus/Diafragma	32
7.3.3 M.serratus ventralis	33
7.3.4 M. pectoralis ascendens	33
7.3.5 M. subclavius	33
7.3.6 M. scalenus ventralis	33
7.3.7 M. scalenus medius	33
7.3.8 M. rectus thoracis	34
7.3.9 M. levatores costarum	34
7.3.10 Mm. intercostales externi	34
7.3.11 M. serratus dorsalis cranialis	34
7.3.12 M. serratus dorsalis caudalis	34
7.3.13 M. quadratus lumborum iliocostalis	35
7.3.14 M. quadratus lumborum iliotransversalis	35
7.3.15 M. iliocostalis cervicis en thoracis	35
7.3.16 Mm. intercostales interni	35
7.3.17 M. retractor costae	35
7.3.18 M. transversus thoracis	36
7.3.19 M. obliquus externus abdominis	36
7.3.20 M. obliquus internus abdominis	37
7.3.21 M. transversus abdominis	37
7.3.22 M. rectus abdominis	37
7.3.23 Glad spierweefsel in trachea, bronchi en bronchioli	37
Hoofdstuk 8 Pathologie	38
8.1 Inleiding	38
8.2 Hoesten	38
8.3 Recurrent Airway Obstruction (RAO / COPD / Dampigheid)	38
8.4 Preventie	40
8.4.1 Bodembedekking	40
8.4.2 Voer	40
Hoofdstuk 9 Osteopatische visie op de longen	42
9.1 Inleiding	42
9.2 De viscerale verbindingen van de longen	43
9.2.1 Relatie van de longen en het diafragma	43
9.2.1.1 Relatie van het diafragma en de oesophagus	44
9.2.1.2 Relatie van het diafragma en de aorta	45
9.2.1.3 Relatie van het diafragma en de vena cava caudalis	45
9.2.1.4 Relatie van het diafragma en de maag	45
9.2.1.5 Relatie van het diafragma en de lever	46
9.2.2 Relatie van de longen en het hart	47
9.2.3 Relatie van de longen en de nieren	48
9.2.4 Relatie van de longen en de huid	48

9.3	De musculoskeletale relaties van de longen	49
9.3.1	Relatie van de longen en het sternum	49
9.3.2	Relatie van de longen en de wervelkolom	49
9.3.3	Relatie van de longen en de m. psoas	49
9.3.4	Relatie van de longen met de voorste thoraxopening	50
9.3.5	Relatie van de longen met de ribben	50
9.4	Neurologische relaties van de longen	51
9.4.1	De relaties via de n. phrenicus	51
9.4.2	De relatie met de plexus brachialis	51
9.4.3	De relatie met de n. vagus	52
9.5	De relatie van de longen met externe factoren	52
9.5.1	Inleiding	52
9.5.2	Het zadel en de singel	53
9.5.3	Dekens	53
Hoofdstuk 10 Praktijkonderzoek		54
10.1	Inleiding	54
10.2	Onderzoeksvraag	54
10.3	Methode	55
10.3.1	Behandelgroep	55
10.3.2	Controlegroep 1	56
10.3.3	Controlegroep 2	57
10.3.4	Deelnemersgroep	57
10.3.5	Statistische analyse	58
10.4	Resultaten	58
10.4.1	Meetgegevens	58
10.4.1.1	Kenmerken deelnemersgroepen	58
10.4.1.2	Resultaten metingen hartslag	58
10.4.1.3	Resultaten metingen ademhaling	59
10.4.1.4	Resultaten metingen NRS-score	60
10.4.2	Bevindingen osteopatisch onderzoek per paard	60
10.4.3	Beschrijving per paard	61
10.5	Discussie	64
10.6	Conclusie	68
Hoofdstuk 11 Besluit		69
Samenvatting		70
Literatuurlijst		72
Lijst van illustraties		73
Bijlagen		75

Hoofdstuk 1 Inleiding

Mijn nieuwsgierigheid naar longproblemen werd aangewakkerd door de pony die ik vroeger reed. Allerlei dierenartsen hebben we met hem bezocht, vele medicijnen geprobeerd, verschillende voedings- en weideregimes ingesteld, maar alles hielp helaas maar tijdelijk. De problemen kwamen altijd terug. Dan vonden we weer klodders slijm naast de voerbak, of tegen de muur, of begon hij weer te hoesten tijdens het rijden.

Het belangrijkste wat wij ontdekten was dat hij er het minst last van had als we hem goed in beweging hielden, dat deden we dan ook maar.

In mijn thesis probeer ik antwoord te vinden op een aantal vragen. Hoe werken de longen eigenlijk? Wat is de functie van de longen? Hoe worden de longen aangestuurd? Welke andere structuren spelen een rol bij de ademhaling? Deze vragen komen aan bod in de eerste hoofdstukken.

Het hoofdstuk 'Anatomie' gaat in op de topografie van de longen en de samenhang met andere structuren. Dit hoofdstuk wordt gevolgd door het hoofdstuk 'Embryologie' dat ingaat op de ontwikkeling van de longen. In het volgende hoofdstuk, 'Histologie', bespreek ik de specifieke weefselkenmerken van de longen. Dit wordt gevolgd door het hoofdstuk 'Fysiologie', hierin bespreek ik de fysiologische processen die in de longen plaatsvinden. Daarna komt de aansturing van de longen aan bod in het hoofdstuk 'Neurologie'. In het hoofdstuk 'Ademhaling' ga ik in op de biomechanica die een rol speelt bij de ademhaling. Vervolgens worden in het hoofdstuk 'Pathologie' de meest voorkomende chronische ziektebeelden beschreven.

Waarom longproblemen vaak terugkomen, daar vind ik in bovenstaande hoofdstukken geen antwoord op. In het hoofdstuk 'Osteopatische visie op de longen' wordt de koppeling gelegd met de verschillende andere organen en worden relaties gelegd die de recidieven zouden kunnen verklaren.

Omdat er bij mijn weten niet eerder onderzoek is gedaan naar de rol van osteopathie bij longproblemen bij paarden heb ik een praktisch onderzoek opgezet. In totaal hebben zestien eigenaren en paarden hieraan meegewerkt. De hartslag en ademhalingsfrequentie werden bij de deelnemende paarden gemeten op verschillende tijdstippen om een uitspraak te kunnen doen over de invloed van de osteopatische behandeling.

Hoofdstuk 2 Anatomie van de longen

2.1 Algemeen

Een paard heeft twee longen. De longen bevinden zich in de thoraxholte. In ontspannen toestand beslaan ze ongeveer 5% van het totale volume van het paard. Ze liggen grotendeels craniaal en dorsaal van het diafragma. Cranioventraal ligt het hart, dit bevindt zich in het mediastinum, de ruimte tussen de beide longen. In deze ruimte bevinden zich naast het hart ook de oesophagus, de trachea en de thymus. Ook de aorta, vena cava craniale, truncus brachiocephalicus, ductus thoracicus, n.vagus en n. phrenicus lopen door het mediastinum. Het mediastinum is een holte omkleed met een bindweefselvlies dat loopt van de ventrale zijde van de thoracale vertebrae naar het sternum.

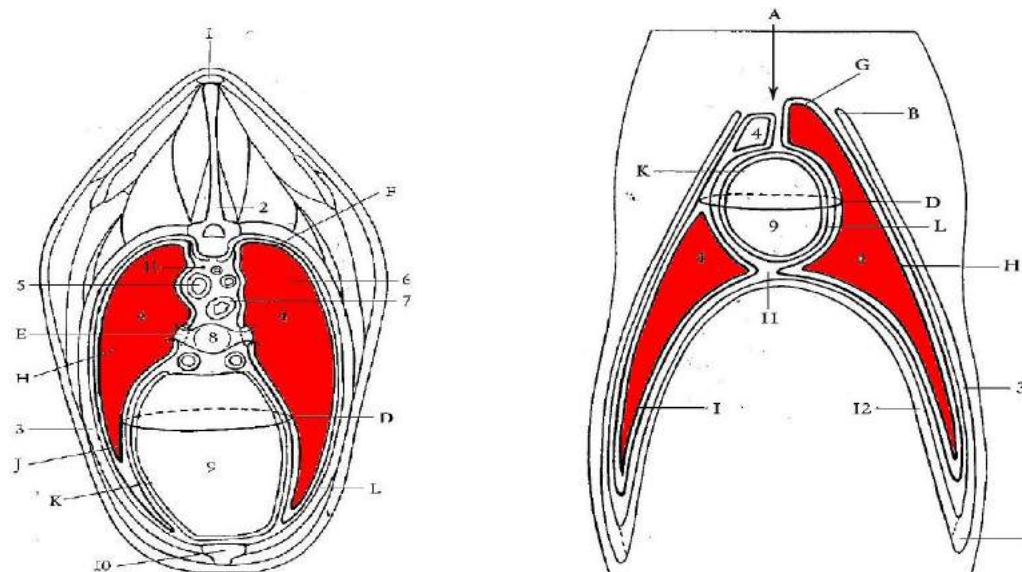
Caudaal worden de longen afgescheiden van de buikorganen door het diafragma (Lit 7, Lit 15).

In tegenstelling tot de longen van veel andere zoogdieren zijn de longen van het paard nauwelijks verdeeld in lobi. De lobulering is wel te zien op doorsneden van de longen, maar er wordt aangenomen dat de scheiding van de afzonderlijke lobuli onvolledig is, er bestaat de mogelijkheid van collaterale ventilatie (Lit 15).

De rechterlong is groter dan de linker omdat de lobus intermedius of lobus accessorius ook deel uitmaakt van de rechterlong. Deze lobus vult de ruimte op caudaal van het hart en craniaal van het diafragma. De linkerlong is door de incisura cardiaca diep ingesneden waardoor het pericardium over een ruim gebied tussen de derde en zesde rib direct tegen de borstwand ligt. Om deze insnijding heen is de mediastinale zijde van de long door het pericardium ingedeukt. Hierdoor is de dikte van het longweefsel, dat voor en achter de insnijding het hart bedekt, vrij gering. Ook aan de rechterzijde zit er een 'deuk' in de long door het pericardium. Door de asymmetrische ligging is deze insnijding echter veel minder diep en loopt deze slechts van de derde rib tot de vierde intercostaalruimte (Lit 15).

De longen worden omgeven door een aantal vliezen, pleurae genoemd. De long zelf wordt omgeven door de pleura visceralis of pulmonalis. De binnenzijde van de thoraxholte wordt bekleed door de pleura parietalis, vastgehouden door de fascia endothoracica. Het deel van de pleura parietalis dat langs de ribben en de intercostaal spieren loopt wordt pleura costalis genoemd. Het deel wat om het diafragma loopt heet het pleura diafragmatica.

De twee pleurae kleven aan elkaar door middel van een vloeistof; surfactans. Tijdens de ademhaling schuiven de pleurae langs elkaar. De pleura mediastinalis bedekt de organen die zich bevinden in de mediastinale ruimte (Lit 19).



Figuur 1: Transversale doorsnede en sagittale doorsnede van de thorax met de longen weergegeven in rood en:

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| 1. Lig. Supraspinale | A. Voorste thoraxopening |
| 2. Processus spinosus | B. Rib1 |
| 3. Ribben en intercostale musculatuur | C. Rib18 |
| 4. Longen (roodgekleurd) | D. Mediastinum |
| 5. Aorta | E. Bronchus principalis |
| 6. Vena azygos | F. Dorsale zijde long |
| 7. Oesophagus | G. Lobus cranialis |
| 8. Bifurcatio tracheale | H. Pleura pulmonalis |
| 9. Hart | I. Pleura diafragmatica |
| 10. Sternum | J. Ventrale zijde long |
| 11. Mediastinum | K. Pericardium viscerales |
| 12. Diafragma | L. Pericardium parietale |

2.2 Arteriële en veneuze systemen rondom de longen

2.2.1 Arteriële systemen

De longen worden voorzien van bloed door twee bronnen: via de pulmonaire circulatie en via de bronchiale circulatie.

2.2.1.1 Bronchiale circulatie

De bronchiale circulatie zorgt ervoor dat de luchtwegen, de vaten, het parenchym en de viscerale pleura worden voorzien van voedingsstoffen. Een andere belangrijke functie van de bronchiale circulatie is, via luchtwegmucosaperfusie, de bijdrage aan de toestand van ingeademde lucht en aan thermoregulatie (Lit 19).

Vanuit het hart komt de aorta. Vrijwel direct geeft de aorta een aftakking, de aorta pars descendens. De andere tak splitst zich in de truncus brachiocephalicus in de a. carotis communis dextra en de a. subclavia dextra. De laatstgenoemde, de a. subclavia dextra, splitst vervolgens weer in de a. thoracica interna en de a. axillaris. Vanuit de a. thoracica interna komen de rami bronchiales, die naar de bronchi gaan. In het verdere verloop splitst

de a. thoracica interna de a. musculophrenica en de a. pericardiacophrenica af, naar het diafragma.

Vanuit de andere tak, de aorta pars descendens lopen de rami bronchiales naar de bronchiën. Ook geeft de aorta pars descendens in het verdere verloop takken af aan het diafragma, de a. phrenicae superiores en de a. phrenica inferior. Vanuit de a. phrenica inferior loopt een aantal takken naar de bijnier, de aa. suprarenalis superiores (Lit 2).

2.2.1.2 Pulmonaire circulatie

De belangrijkste functie van de pulmonaire circulatie is gasuitwisseling. Deze circulatie treedt echter ook op als reservoir voor bloed tussen de linker- en rechterzijde van het hart en dient als filter voor trombi (bloedstolsels) en emboli (weefselproppen). Daarnaast wordt er een verscheidenheid aan chemische substanties, waaronder hormonen, getransporteerd door deze bloedsomloop (Lit 19).

De alveoli worden voorzien van bloed vanuit de a. pulmonalis. Deze arterie vormt samen met de hoofdbronchus en de v. pulmonalis de longwortel. De a. pulmonalis komt via de truncus pulmonalis uit het rechterventrikel en vertakt zich zoals de bronchiaalboom dat doet; hij geeft capillairen af aan de wanden van de alveoli (Lit 15, Lit 16).

2.2.2 Veneuze systemen

In tegenstelling tot de meeste andere diersoorten heeft het paard geen venae bronchiales. De afvoer van het bloed uit de bronchiale circulatie verloopt bij het paard via de vena azygos (naar de vena cava cranialis) of via de venae pulmonales (Lit 19).

Volgens Dyce en Wensing (Lit 15) loopt het bloed van beide arteriën (de a. pulmonales en de rami bronchialis) terug in de vv. pulmonales.

Op het niveau van de terminale bronchiolen vormen de pulmonale en bronchiale circulatie anastomosen. De meeste komen voor tussen de capillairen en de venen. De anastomosen verschaffen een potentiële route om de verhoging van druk in de capillairen af te zwakken bij verhoging van pulmonaire druk bijvoorbeeld door inspanning of bij verhoging van de veneuze druk, bijvoorbeeld als gevolg van hartfalen.

2.3 Lymfatisch systeem

De long kent naast de pulmonaire en bronchiale circulatie een lymfecirculatie. Het lymfatisch systeem is het geheel van organen, vaten en weefsels waarin zich hoofdzakelijk lymfe en lymfocyten bevinden en getransporteerd worden. Het stelsel maakt onderdeel uit van de veneuze bloedsomloop en fungeert als een drainagesysteem van het lichaam dat begint in de lymfevaten en eindigt in grote aders. Het stelsel is van groot belang bij de afweer in het menselijk lichaam, voorkoming van een auto-immuunrespons, transport van bloedcellen, afbraak en rijping van lymfocyten alsmede het reinigen van het bloed. Het stelsel vervult een immuunafweerfunctie van het lichaam door de aanwezigheid van lymfocyten in lymfeknopen, die via de lymfe en de grote borstbuis in de bloedsomloop worden gebracht.

De longen kennen een uitgebreid lymfatisch netwerk met lymfeknopen. Dit is in het kader van de afweer erg belangrijk, zeker omdat het lichaam via de luchtwegen contact maakt met de buitenwereld.

Het lymfedrainagesysteem van de longen bevat twee lymfenetwerken. Te weten: het oppervlakkige, pleurale netwerk en het diepe, intrapulmonaire netwerk dat samen loopt met de bronchiale en vasculaire boom van het longparenchym. Beide netwerken staan in verbinding met het netwerk van hilare en mediastinale lymfeknopen en komen uit in de ductus thoracicus (Lit 19). Ook in de bronchiaalboom bevindt zich een grote hoeveelheid lymfatisch weefsel, dit wordt bronchus-gerelateerd lymfeweefsel genoemd. De lymfen zorgen voor de afvoer van overmatige vloeistof binnen het pulmonair interstitium om te voorkomen dat de extracellulaire ruimte in de longen vollopen met filtraat met als gevolg longoedeem, zodat de gaswisseling efficiënt is.

De lymfe-afvoer vindt plaats naar de kleine Inn. pulmonales en van daar naar de grotere knopen bij de bifurcatie van de trachea (Inn. tracheobronchales). Van hieruit wordt het lymfevocht grotendeels afgevoerd door de Inn. mediastinales craniales (Lit 19).

2.4 Fascia rondom de longen

2.4.1 Inleiding

Fascia is een gespecialiseerde vorm van bindweefsel, dat alle organen omhult en alle organen met elkaar verbindt. De belangrijkste eigenschappen van fascia zijn, dat het vorm geeft aan de organen en dat het de beweeglijkheid van de organen ten opzichte van elkaar mogelijk maakt, zodat de organen gemakkelijk langs elkaar kunnen glijden. Fasciaal weefsel vervult een steunfunctie voor spieren, organen, bloedvaten, lymfevaten en huid (Lit 31).

Ook is het in staat om krachten in alle richtingen op te vangen en in verschillende richtingen te leiden. Het fasciale weefsel speelt een belangrijke rol in de fine tuning van de beweging, zo ook bij de houdingsregulatie en het passieve sta-apparaat. Storingen in het fasciale systeem zoals spanningen en verklevingen kunnen de coördinatie beïnvloeden.

De fascia worden orthosympatisch geïnnerveerd en staan onder invloed van de gamma-motorneuronen.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen oppervlakkige fascia, diepe fascia en de viscerale fascia. Deze verschillende soorten fascia verschillen in elasticiteit, vasculariteit en de aanwezigheid van myoblasten.

Fasciae zijn vaak betrokken bij verschillende systeem- en auto-immuunziekten. Hierbij kunnen naast onderhuidse zwellingen ook zwellingen optreden in de pleura, de longen, het hart en het leverkapsel (Lit 2).

2.4.2 Fasciale verbindingen van de pleurae

De pleurae staan in verbinding met de cervicale fasciae, de fascia endothoracica, het pericardium en het diafragma. Via het diafragma loopt de verbinding naar de fascia transversalis en het peritoneum (Lit 31).

2.4.3 Fascia cervicalis

De fascia cervicalis bestaat uit drie lagen: de fascia cervicalis superficialis, de lamina pretrachealis en de lamina prevertebralis. Tussen de twee laminae door loopt de vagina carotica, door deze bindweefselschede lopen de truncus vagosympathicus, n. recurrens laryngeus en de a. carotis communis.

De fascia cervicalis superficialis begint dorsaal van het ligamentum nuchae, omvat de gehele hals, om aan de ventrale zijde samen te komen met de andere zijde. Craniaal komt de fascia cervicalis superficialis van de fascia masseterica en het occiput, caudaal loopt deze fascia verder in de superficiale fascia van de thorax en schouder.

De lamina pretrachealis ontspringt aan de vleugels van de atlas, de processus transversus van de cervicale wervels en aan de laterale zijde van de m. longus capitis en de mm. scaleni. De lamina loopt de diepte in en bedekt de laterale en ventrale zijde van de oesophagus en de trachea. Tevens wordt de glandula thyroidea door deze lamina omkleed. De fascia volgt de trachea en oesophagus naar caudaal, de thorax in, waar het hecht aan het pericardium.

De lamina prevertebralis is een pezig omhulsel dat de anteroire zijde van de m. longus colli en de m. longus capitis bedekt. Ook de laterale zijde van de mm. scaleni, lager in de hals, wordt hierdoor bedekt (Lit 2).

2.4.4 Fascia endothoracica

De fascia endothoracica bekleedt de binnenkant van de thorax. Het ligt aan de binnenzijde van de ribben en hecht aan op de m. intercostalis internus. Aan de achterkant, tegenover de laterale zijde van de wervelkolom, is de fascia compacter en vastgehecht aan de vertebrae met dunne ligamenten.

De fascia endothoracica bedekt de pleurakoepel en zit vast aan het periosteum van de eerste rib, vooral het posterioire deel. Aan de voorkant zit deze fascia vast aan de schede van de a. subclavia. Hierdoor ontstaat de link met de cervicale fascia. Vanaf hier wordt de fascia veel dikker en vormt het het transversale septum. Vanuit dit septum vertrekken drie ligamenten waar de longen aan opgehangen zitten. Dit zijn het lig. costopleuralis, lig. cupulare transverse en het lig. pleurovertebrale.

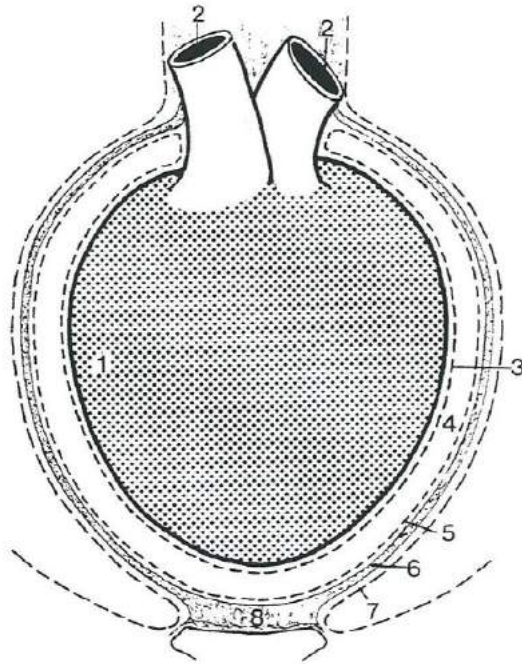
Het lagere gedeelte van de fascia endothoracica bedekt het diafragma. Hier zit het stevig aan vast. Vanaf het diafragma loopt het naar de buikwand, door in de fascia transversalis. De binnenzijde zit stevig vast aan de pleura parietalis dat daardoor wordt verbonden met de thorax.

2.4.5 Pericardium

Het pericardium is de fibrosereuze zak die om het hart heen ligt. Het pericardium bestaat uit twee delen:

- het pericardium serosum, dit is de binnenste dubbelbladige sereuze laag

- het pericardium fibrosum, dit is de buitenste bindweefsellaag die de pariëtale laag hermetisch afsluit en zorgt voor de bescherming en stabilisatie van het hart (Lit 16).



Figuur 2: Schematisch overzicht van het pericardium met de volgende onderdelen:

- | | |
|--------------------------|--|
| 1. Hart | 5. Parietale pericardium |
| 2. Grote vaten | 6. Bindweefsellaag parietaal pericardium |
| 3. Viscerale pericardium | 7. Pleura mediastinalis |
| 4. Pericardiale holte | 8. Lig. sternopericardium |

2.4.5.1 Pericardium serosum

Het pericardium serosum bekleedt enerzijds de buitenzijde van het hart met de lamina visceralis, anderzijds de binnenzijde van het pericard met de lamina parietalis. Het pericardium serosum is niet elastisch en wordt geïnnerveerd door de n. phrenicus.

2.4.5.2 Pericardium fibrosum

Het pericardium fibrosum is verbonden met de fascia buccopharyngeale. Het is een dik, sterk membraan dat het pericardium serosum bedekt. Het sluit de lamina parietalis van het pericardium serosum hermetisch af.

Het pericardium zit met sterke ligamenten vast aan het diafragma, de ventrale en dorsale zijde van de thorax en de hals (Lit 31). Humaan zit het pericardium met een ligament gehecht aan het diafragma, bij paarden echter loopt er een pezige keten vanaf het hyoid, over het pericardium, naar het diafragma (Lit 2).

De volgende ligamenten zorgen voor verbinding van de verschillende structuren die om het pericardium heen liggen, de eerste drie ligamenten zijn een voortzetting vanuit de fascia endothoracica:

- lig. phrenopericardia

- lig. sternopericardia
- lig. vertebropericardiaca
- lig. cervicopericardiaca
- lig. visceropericardiaca (Lit 29, Lit 31)



Figuur 3: Pericardium met ligamentaire structuren en het diafragma

2.4.6 Diafragma

Naast dat het diafragma één van de belangrijkste spieren is in de ademhaling vervult het diafragma een belangrijke rol als fasciaal element. De centrale pees komt vanuit het septum transversale, die zijn oorsprong heeft in het cervicale gedeelte van het embryo. Hierdoor speelt het diafragma een rol in de gehele fasciale keten.

Het craniale gedeelte van het diafragma ligt in contact met de fascia endothoracica en gedeeltelijk met de pleura parietalis. Aan de andere kant ligt het diafragma in contact met het peritoneum, wat op zijn beurt in contact ligt met de fascia renalis, de fascia iliaca om de psoas en wat de maag en de lever vastklemt tegen het diafragma. Het peritoneum zit aan de craniale zijde vast aan de fascia buccopharyngealis, die gevormd is vanuit het pericardium en daarna doorloopt in de fascia interpterygoideus en de aponeurose palatinum. Zo zit dit uiteindelijk gehecht aan de basis van de schedel.

Het diafragma vormt een verbinding tussen de fasciae aan de basis van de schedel, de nek, de thorax en de buik. Het is onderhevig aan trekkrachten naar craniaal, via de fascia thoracica, en naar caudaal vanwege de abdominale fasciae (Lit 31).

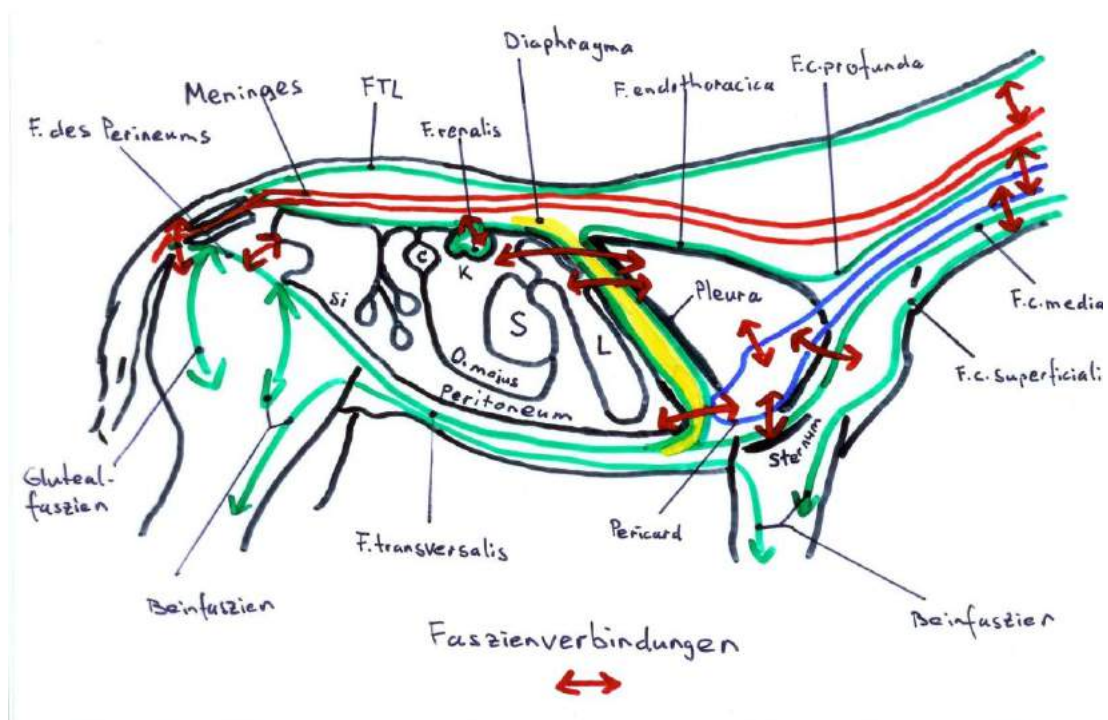
2.4.6.1 Fascia transversalis

De fascia transversalis is een grote tendineuze fascia die het interne oppervlak van de m. transversus abdominis bedekt en vervolgens doorloopt over het abdominale oppervlak van het diafragma. Hij begint aan de laterale zijde van de lumbale regio waar hij vast zit aan de fascia iliaca en rond de buikholteloopt tot de linea alba, waar hij weer tegen de andere helft aan loopt. Aan de binnenkant ligt de fascia transversalis in contact met de parietale laag van het peritoneum. De fascia transversalis vormt samen met de fascia iliaca de respectievelijk anteriore en posteriore laag van de fascia renalis.

Tevens loopt deze fascia door in de fascia spermatica (Lit 2).

2.4.6.2 Peritoneum

Het peritoneum vindt zijn verbinding met de pleurae net als de fascia transversalis via het diafragma. Het gevolg hiervan is een directe invloed van het peritoneum op het diafragma. En omdat de fasciale keten van het diafragma weer doorloopt naar het hyoid kan het peritoneum hier tevens invloed op uitoefenen. Het bestaat uit een parietale en viscerale laag. Deze lagen lopen om de hele peritoneale ruimte heen. De meeste organen worden gefixeerd tegen de lumbale wervelkolom, met uitzondering van de lever en een deel van de maag, deze worden tegen het diafragma gefixeerd.

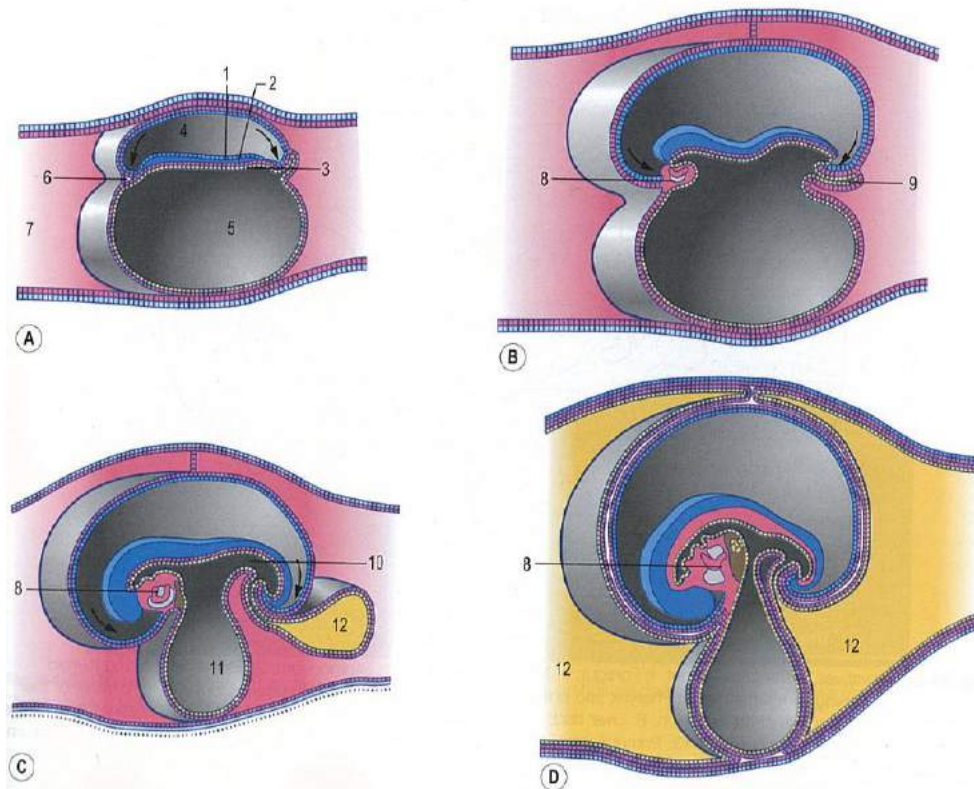


Figuur 4: Fasciale verbindingen van het paard

Hoofdstuk 3 Embryologie

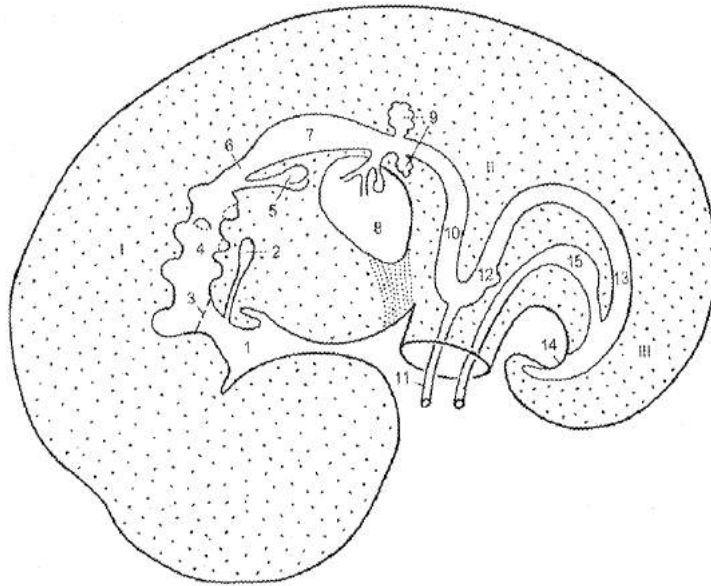
3.1 Inleiding

Gedurende de eerste weken van het embryo, onderscheiden zich de drie kiemlagen, ectoderm, mesoderm en endoderm, en verschijnen de verschillende oorsprongen van de interne organen. Het endoderm vormt de omlijning van de trachea, bronchiën, bronchiolen, ducti alveoli en alveoli. Vanuit het mesoderm ontstaan de pulmonaire arteriën, venen, capillairen, lymfevaten en het ondersteunende bindweefsel. Het pulmonaire zenuwstelsel ontstaat vanuit het ectoderm (Lit 1).



Figuur 5: Ontwikkeling van de primitieve darm met 1. Ectoderm, 2. Mesoderm, 3. Endoderm, 4. Amnioholte, 5. Dooierzak, 6. Hypoblast, 7. Trophectoderm, 8. Extra-embryonisch coelom, 9. Allantoïs, 10. Voordarm, 11. Middendarm, 12. Einddarm

De ontwikkeling van het respiratoir systeem is nauw gerelateerd aan de ontwikkeling van de darm. Vanuit het endoderm vormt zich vanuit de craniocaudale en laterale kromming de primitieve darm. Deze darm bestaat uit drie delen, de voordarm, de middendarm en de einddarm. Uit de voordarm ontstaan de pharynx, het respiratoir systeem, de oesophagus, de maag, de lever en de pancreas. Uit de middendarm ontstaat het darmpakket en uit de einddarm ontstaat het caudale gedeelte van de darmen (Lit 22).



Figuur 6: Primordia uit de primitieve darm I. voordarm, II. middendarm, III. einddarm, 1. stomodeum, 2. primordium glandula thyroidea, 3. oro-pharyngeaal membraan, 4. pharynx, 5. respiratoir diverticulum, 6. primordium oesophagus, 7. primordium gaster, 8. leverknop, 9. pancreasknop, 10. primordium dunne darm, 11. ductus vitellinus, 12. primordium caecum, 13. primordium overige dikke darm, 14. cloacale membraan, 15. primordium blaas

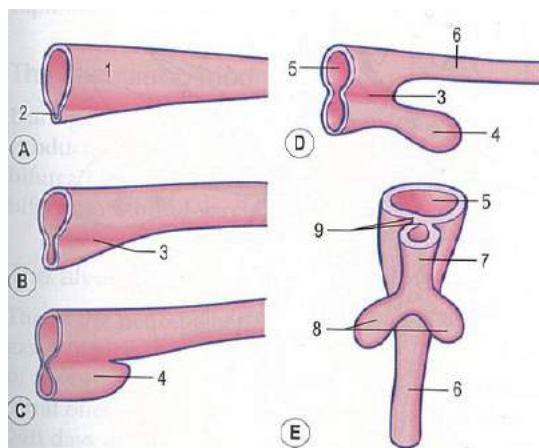
In dit hoofdstuk wordt verder ingegaan op de ontwikkeling van het respiratoir systeem uit de voordarm. De ontwikkeling van de middendarm en de einddarm wordt verder buiten beschouwing gelaten.

De ontwikkeling van de bronchiën en de longen kan ingedeeld worden in drie opeenvolgende perioden: de embryonische periode, de foetale periode en de postnatale periode (Lit 22).

3.2 Embryonische periode

De embryonische periode is de periode vanaf het ontstaan van het embryo tot ongeveer 50 dagen daarna. In deze periode wordt het primordium van de bronchiën en de longen gevormd. In het craniale deel van de voordarm, caudaal van de pharynx, vormt zich een interne laryngo-tracheale groeve terwijl zich extern een tracheo-oesophageale groeve vormt. Uiteindelijk vormt deze laatste groeve het tracheo-oesophageale septum. Dit scheidt de oesophagus van de trachea en vormt het ontstaan van het respiratoir diverticulum. Vanuit het respiratoir diverticulum ontstaan de longknoppen die vervolgens de primaire bronchiën vormen. Van daaruit ontwikkelen zich de lobaire bronchi in de zich ook ontwikkelende pleuraholte, waar ze worden omsloten door het mesenchym wat de pleurae vormt (Lit 22).

Parallel aan de vertakking van de bronchiale boom loopt de ontwikkeling van de pulmonaire arteriën, venen en lymfevaten (Lit 1).



Figuur 7: Ontwikkeling van het respiratoir diverticulum 1. Voordarm, 2. Laryngotracheale groeve, 3. Tracheo-oesophageale groeve, 4. Respiratoir diverticulum, 5. Pharynx, 6. Primordium oesophagus, 7. Primordium trachea, 8. Primordia primaire bronchi, 9. Tracheo-oesophageale septum

3.3 Foetale periode

De foetale periode kan onderverdeeld worden in drie elkaar overlappende perioden, namelijk: de pseudoglandulaire periode, de canaliculaire periode en de alveolaire periode. In de pseudoglandulaire periode vertakt de bronchiale boom zich verder. Deze periode beslaat dag 50 tot 190 van de dracht (Lit 25). De lobaire bronchi zorgen voor het ontstaan van de segmentale bronchi. Op dit moment zien de bronchi er uit als buisjes omgeven door cilindrisch endodermaal epithelium. Uiteindelijk ontstaan in deze periode de terminale bronchiolen.

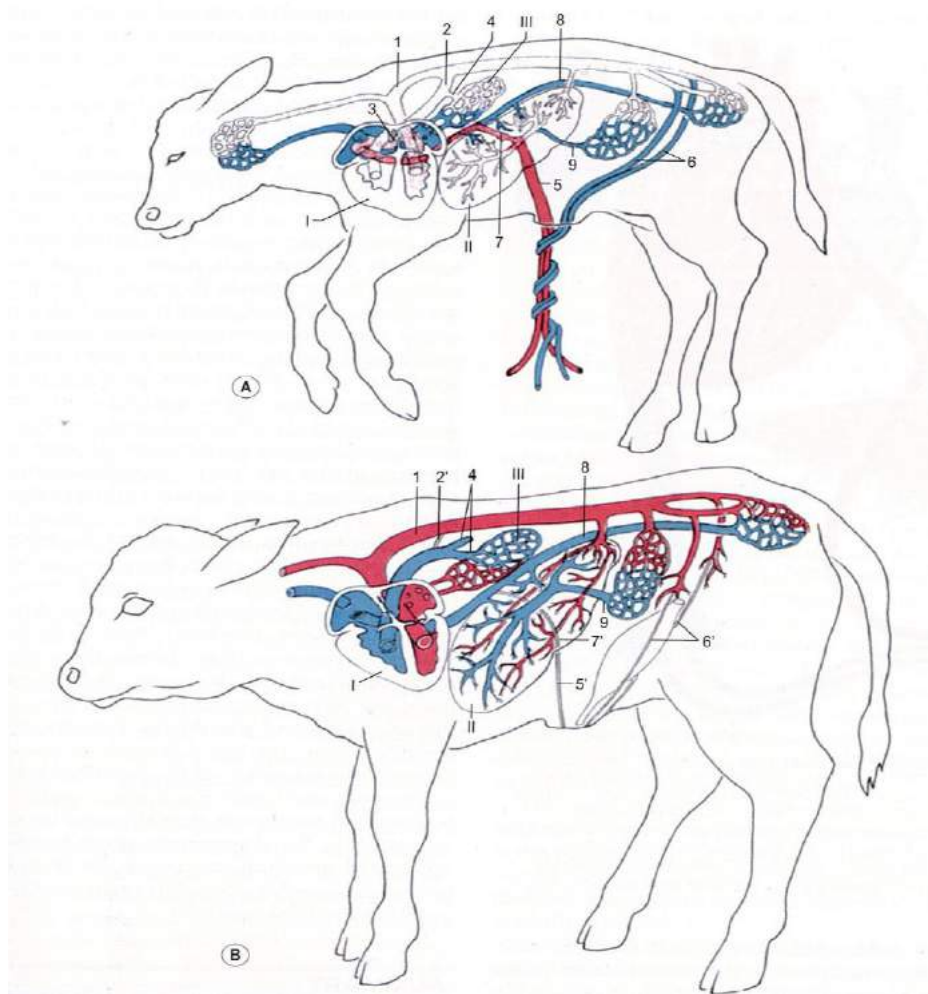
De canaliculaire periode loopt van dag 190 tot dag 300 van de dracht (Lit 25) en kenmerkt zich door de formatie van de primordia van de delen die later betrokken zijn bij de gasuitwisseling. Terwijl de verdere vertakking plaatsvindt wordt het gepaard gaande mesenchym zeer gevasculariseerd. Kleine vaten en capillairen ontwikkelen zich in de wanden en puilen uit in het lumen wat zorgt voor het platter worden van het epithelium. Aan het eind van deze periode zijn de longen in principe voldoende ontwikkeld om in leven te blijven (Lit 1).

Tot slot worden, vanaf de 300^e dag van de dracht (Lit 25), in de alveolaire periode de laatste vertakkingen gevormd, uiteindelijk eindigend in de alveoli. Het endodermaal epithelium in de zich ontwikkelende alveoli splitst zich in squameuze type I alveolaire cellen, die het alveolaire oppervlak bedekken, en in type II alveolaire cellen, die de surfactans produceren. Gedurende de gehele foetale periode is het lumen van het respiratoir systeem gevuld met vloeistof wat komt uit de zich ontwikkelende klieren, aangevuld met amniotische vloeistof als gevolg van de prenatale ademhalingsbeweging. (Lit 22)

3.4 Postnatale periode

De verdere ontwikkeling van de longen vindt plaats na de geboorte. Het aantal bronchiolen, samen met de bijbehorende arteriën en venen neemt verder toe. Bij de geboorte wordt de vloeistof uit het respiratoir systeem uitgescheiden door de eerste inspiratie. Deze inspiratie

vult het respiratoir systeem met lucht, achtergebleven vloeistof verdwijnt door absorptie van de epitheelcellen die het verder verwijderen via de bloed- en lymfebanen (Lit 22).



Figuur 8: Veranderingen in de circulatie bij de geboorte, koe

3.5 Motiliteit van de longen

Gedurende de ademhaling volgen de longen opnieuw de weg die ook afgelegd is tijdens de embryogenese. Tijdens de embryogenese verplaatsen de longen van dorsaal naar ventraal, naast de beide kanten van het hart. Na de geboorte, als de longen gevuld zijn met lucht, komen de ventrale zijden meer naar ventraal. Derhalve is de motiliteit van de longen een beweging van relatief dorsaal naar relatief ventraal. Hierbij wordt de as gevormd door de primaire bronchi waardoor er tevens een exo- en endorotatiecomponent bestaat (Lit 4).

Hoofdstuk 4 Histologie

4.1 Inleiding

De luchtwegen van het paard bestaan uit de neus- en mondholte, de pharynx, de larynx, de trachea en de bronchiale boom. Aangezien het paard altijd door zijn neus ademt, zelfs tijdens fysieke inspanning, wordt de mondholte hier verder buiten beschouwing gelaten. Met uitzondering van de mondholte en de pharynx zijn de luchtwegen bedekt met een laagje respiratoir epithelium. Dit epithelium is uitgerust met exocriene cellen die zorgen voor de secretie van mucus.

De weg die moet worden afgelegd om de lucht naar de longblaasjes te transporteren begint bij de neusholte. In de neusholte wordt de lucht opgewarmd en bevochtigd. Ook worden stofdeeltjes en bacteriën hier uit de lucht gefilterd alvorens deze lucht verder gaat richting de pharynx.

In het cavum pharyngeus komen de luchtwegen en de spijsvertering samen. Ze zijn slechts gescheiden door het palatum molle met het velum palatinum.

Om ervoor te zorgen dat het voedsel de oesophagus in gaat en de ademhaling via de trachea verloopt bevindt zich in het cavum pharyngeus de larynx. De larynx sluit tijdens het slikken, door middel van de epiglottis, de luchtweg af. Ook de vorming van stemgeluid vindt in de larynx plaats.

Na het passeren van de larynx komt de lucht in de trachea pars cervicalis, gevolgd door de trachea pars thoracica. De trachea is een holle buis. De wand is verstevigd met kraakbeenringen. Deze ringen, die hoefijzervormig zijn en aan elkaar zitten met glad spierweefsel, zorgen ervoor dat de diameter van de trachea kan worden beheerst. Dit gebeurt onder invloed van de n. laryngeus recurrens. De laag respiratoir epithelium, met de mucus producerende gobletcellen zorgt er, net als in de neusholte, voor dat vervuilende deeltjes gestopt worden.

De trachea komt uit in de thorax. Daar splitst hij zich in de twee hoofdbronchi, één voor de linkerlong en één voor de rechterlong. De rechterbronchus is iets groter dan de linker. Beide bronchi vertakken zich. Humaan gebeurt dit 23 keer. Bij paarden is het exacte aantal vertakkingen niet vastgesteld, dit varieert per regio binnen de long. Vertakkingen van meer dan 40 takken zijn waargenomen (Lit 19).

Zolang er kraakbeen in de 'takken' aanwezig is heten zij bronchi. De kleinere takken, zonder kraakbeen, worden bronchioli genoemd. De allerkleinste bronchioli zijn de terminale bronchioli. Zij vormen een overgangszone tussen de zone van de luchtwegen waar conductie plaatsvindt en die zone waar gasuitwisseling plaatsvindt.

4.2 Bronchi

De bronchi zijn onderdeel van de bronchiale boom. Na het uitkomen van de trachea in de thorax splitst deze in twee primaire bronchi, één bronchus per long. De hoofdbronchus deelt zich in de long in een kleine craniale bronchus, die naar de top van de long toe loopt en in

een grotere, caudale bronchus die de rest van de long ventileert. Alhoewel het bronchiale vertakkingspatroon niet direct vergelijkbaar is met dat van verschillende andere diersoorten en ook de lobben onduidelijk zijn, is het wel waarschijnlijk dat de craniale bronchus dat deel van de longen ventileert dat overeenkomt met de lobus cranialis bij andere diersoorten (Lit 15).

Binnen de long vertakken de bronchi verder tot steeds kleinere aftakkingen. Alle luchtwegen groter dan twee millimeter worden bronchi genoemd. In de bronchi bevindt zich, net als in de trachea en in tegenstelling tot in de bronchioli en alveoli, kraakbeen. Dit kraakbeen is gevormd in plaatjes. De hoeveelheid kraakbeen per bronchus neemt af tegelijk met de diameter van de buizen.

Behalve kraakbeen bezitten de bronchi trilhaarepitheel en slijmproducerende cellen waardoor lichaamsvreemde stoffen niet verder kunnen doordringen (Lit 8, Lit 34).

4.3 Bronchioli en terminale bronchioli

De vertakking van de luchtwegen leidt uiteindelijk tot de vorming van de bronchiolen, de kleinste vertakkingen. Deze bronchiolen bevatten geen kraakbenige wand, maar een wand bestaand uit gladde spiercellen.

De allerkleinste bronchiolen heten vervolgens terminale bronchiolen. Deze vormen de overgangszone tussen het geleidende gedeelte van de luchtwegen en het respiratoire gedeelte waar de gasuitwisseling plaatsvindt.

4.4 Alveoli

De terminale bronchiolen eindigen vervolgens in de ductulus alveolaris. Een ductulus alveolaris gaat over in een sacculus alveolaris om uiteindelijk te eindigen in een alveoli. In die alveoli vindt de gaswisseling plaats.

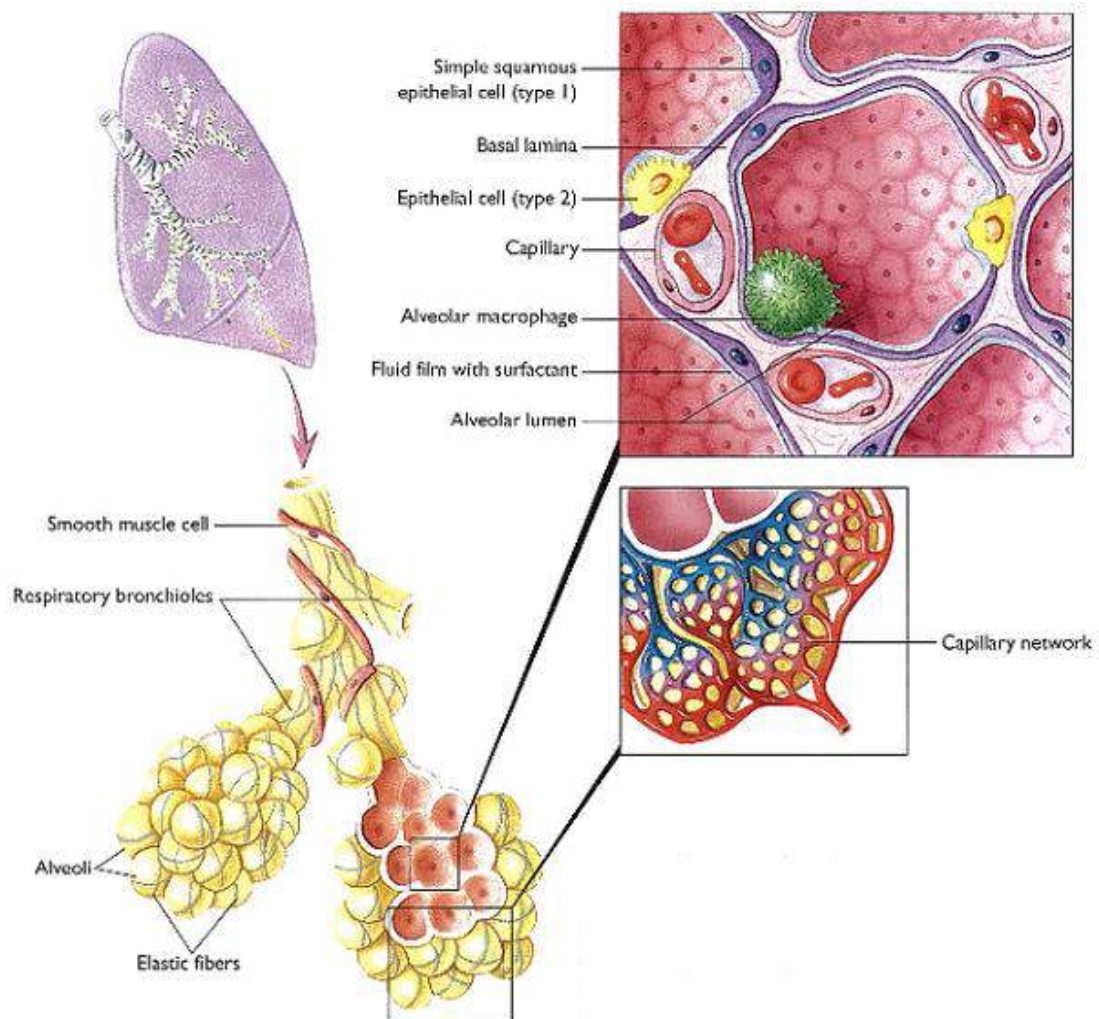
De longen van een gezond volwassen mens bevatten 300 tot 500 miljoen alveoli. Ze beslaan een oppervlak van 75 tot 80 m². Bij een paard van 500 kg beslaan de alveoli een oppervlak van ongeveer 2400 m² (Lit 19).

Elke alveolus is omgeven door een capillair netwerk. Tussen de alveoli en het capillaire netwerk zit een zeer dunne laag. Deze laag bestaat uit type 1 (squamous epitheel) en type 2 alveolaire cellen. De mix van proteïne en fosfolipiden die deze type 2 cel uitscheidt vormt de surfactans. De surfactans is een dunne vloeistoflaag en bekleedt het inwendige oppervlak van de alveoli. Het fungeert als glijmiddel door de oppervlaktenspanning van de vloeistoflaag te verlagen. Daarnaast bevinden zich macrofagen in de alveoli. Deze cellen zijn onderdeel van het specifieke immuunsysteem en verwijderen bacteriën en stofdeeltjes die in de alveolaire ruimte zijn terechtgekomen.

In figuur 9 is goed te zien hoe de bronchiolen uiteindelijk eindigen in alveoli en hoe deze laatste als 'trosjes' in de longen hangen. Rechtsboven in het plaatje is te zien hoe de alveolus is opgebouwd, linksonder is te zien hoe het capillaire netwerk om de alveoli heen ligt.

4.4.1 Surfactans

De alveoli zijn aan de binnenzijde bekleed met een zeer dunne vloeistoffilm, surfactans. Surfactans is een mengsel van fosfolipiden en eiwit. Deze stoffen zijn goed in water oplosbaar en kunnen de oppervlaktespanning van de vloeistoffilm, afhankelijk van de concentratie met een factor 10 verlagen. Hierdoor is minder spierkracht voor de inademing nodig. Daarnaast bevordert de surfactans de stabiliteit van het longweefsel (Lit 8).



Figuur 9: De vertakking van de bronchi tot in alveoli, met een detaildoorsnede van een alveolus en het capillaire netwerk

Hoofdstuk 5 Fysiologie

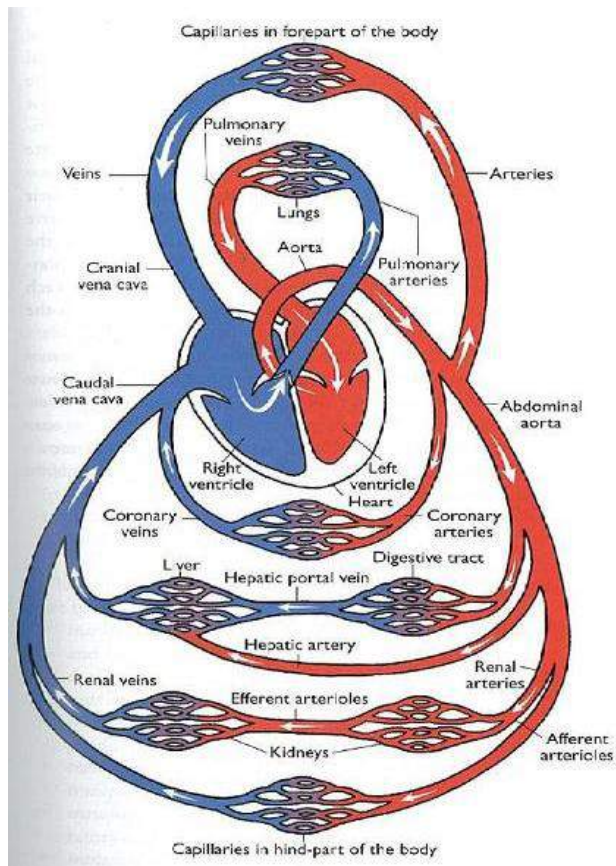
5.1 Respiratoir systeem

Het respiratoir systeem kent verschillende functies. Naast gasuitwisseling zorgt het ook voor onderstaande functies:

- Het faciliteert de veneuze teruggang van het bloed naar het hart
- Het beïnvloedt de zuur- basebalans in het lichaam door te variëren in de uitstoot van CO_2 , wat potentieel voor verzuring kan zorgen
- Thermoregulatie
- Uitscheiding van afvalstoffen
- Afweer
- Het respiratoir systeem zorgt ervoor dat het paard geluid kan maken (hinniken)
- Het speelt een rol in de regeling van de bloeddruk door het omzetten van angiotensine I in angiotensine II (Lit 34)

5.2 Cardiovasculair systeem

De longen vormen een belangrijke schakel in het cardiovasculair systeem. Dit systeem bestaat uit het hart met twee gescheiden pompen en een groot aantal bloedvaten van verschillende grootte en elasticiteit. Een goed ontwikkeld septum verdeelt het hart in twee delen, beide voorzien van een ventrikel en een atrium. De ventrikels zijn kamers omringd met musculatuur en voorzien van kleppen die ervoor zorgen dat het rondgepompte bloed maar één kant op kan. De atria verzamelen het bloed wat weer terugkomt naar het hart. De twee pompen van het hart sturen het bloed door twee verschillende circuits. De rechterpomp pompt het bloed door het pulmonaire circuit, de linkerpomp pompt het bloed naar de rest van het lichaam. Deze twee pompen werken in serie, het bloed wordt achtereenvolgens door de vier delen gepompt. Dit betekent dat er in dezelfde tijd evenveel bloed door de pulmonaire omloop stroomt als door de systemische omloop, die de rest van het lichaam van bloed voorziet.



Figuur 10: Het cardiovasculair systeem

5.3 Gasuitwisseling

5.3.1 Inleiding

Naar alle waarschijnlijkheid is de mate van ventilatie van de verschillende onderdelen van de longen niet gelijk (Lit 15). De perifere delen dragen het meeste bij aan de gasuitwisseling. Het is waarschijnlijk dat in de 'lage' delen van de longen de alveoli niet of nauwelijks kunnen functioneren omdat hier onvoldoende drukverschil optreedt waardoor er een stasis in de ventilatie ontstaat.

Niet alle ingeademde lucht wordt gebruikt voor de gasuitwisseling. Slechts een derde van elke inademing wordt daarvoor gebruikt. De rest bevindt zich in een dode ruimte, zoals de luchtpijp en sommige niet of slecht geperfuseerde alveoli (Lit 19).

De gasuitwisseling, O_2 -opname en CO_2 -afgifte, vindt plaats in de alveoli. Uit de alveolaire ruimte diffundeert O_2 naar het bloed in de capillairen in de wand van de alveoli. Omgekeerd diffundeert CO_2 uit het bloed naar de alveolaire ruimte. De ventilatie zorgt voor de verversing van het alveolaire gas, zodanig dat de samenstelling hiervan vrijwel constant is.

Bij de gasuitwisseling kan onderscheid gemaakt worden tussen drie processen: de verversing van het alveolaire gas (alveolaire ventilatie), de diffusie van gassen tussen bloed en alveolaire ruimte en de bloedstroom door de longcapillairen (longcirculatie) (Lit 8).

5.3.2 Alveolaire ventilatie

Ventilatie vindt plaats doordat de lucht stroomt van een gebied met een hogere luchtdruk naar een gebied met een lagere luchtdruk, de stroming staat in verhouding tot het verschil in druk (ΔP). Als lucht door buizen (het ademhalingsstelsel) stroomt ondervindt het frictie, zowel door gasmoleculen die zich met een andere snelheid voortbewegen als door contact met de wand van de buis. Deze frictie zorgt voor een bepaalde weerstand, de luchtstroom is omgekeerd gerelateerd tot de weerstand. Dit betekent dat als de weerstand hoger is, dat dan het drukverschil tussen de alveoli en de atmosfeer hoger moet zijn om dezelfde luchtstroom te handhaven.

Het verschil tussen atmosferische druk en de druk in de alveoli bepaalt of er lucht naar binnen kan stromen of dat er lucht naar buiten kan stromen. Dit wordt voornamelijk bepaald door het verschil in druk in de alveoli omdat de atmosferische druk over het algemeen constant is. Het verschil in druk in de alveoli wordt veroorzaakt door het in- en uitzetten van de longen (Lit 19).

In tegenstelling tot de meeste andere diersoorten kent het paard een bifasisch ademhalingspatroon. Door het bifasisch karakter van zowel de inspiratie als de expiratie, maakt het paard in rust optimaal gebruik van de kleine hoeveelheid ademhalingsarbeid die wordt geleverd in de actieve ademhaling, doordat deze bijna integraal wordt gerecycleerd in de passieve ademhaling (Lit 34).

Het eerste deel van de inspiratie bestaat uit passieve relaxatie van de buikspieren, gevolgd door een actieve contractie van het diafragma en de mm. intercostali externi. De expiratie start vervolgens met een passieve component, gevolgd door een actieve contractie van de buikspieren en de mm. intercostali interni.

De ventilatie wordt beïnvloed door de weerstand in de luchtwegen, de elasticiteit van de longen en de oppervlaktespanning van de alveoli (Lit 34).

Bij zware inspanning is er veel lucht nodig. Er ontstaat een grotere onderdruk, waardoor meer inspanning geleverd moet worden om de luchtwegen open te houden. De minste pathologie of obstructie zal de weerstand nog verder verhogen, het ademen kost dan meer spierarbeid, onnodig energieverlies en ook meer belasting voor het hart. Het is van belang dat er geen obstakels voorkomen op de weg van de ingeademde lucht (Lit 14).

5.3.2.1 Inspiratie

De ademhaling begint met het uitzetten van de thorax. Omdat de intrapleurale ruimte gevuld is met vocht is er nagenoeg geen mogelijkheid om uit te zetten. Als het volume van de thorax vergroot, daalt de druk in de intrapleurale ruimte, daardoor kleven de pleurae aan elkaar en worden de longen mee naar buiten gezogen met de thorax. Het volume van de longen vergroot waardoor de alveolaire druk lager wordt dan de atmosferische druk. Als gevolgd hiervan stroomt lucht van buiten naar binnen (Lit 34).

5.3.2.2 Expiratie

Door het ontspannen van de inademensmusculatuur, de elasticiteit van de longen en thorax en de abdominale druk wordt de expiratie gestart. Doordat het diafragma ontspant wordt het weer 'holler' en gaan de ingewanden weer meer tegen de thorax drukken. Hierdoor verkleint het volume van de thorax. Dit resulteert in een toename van de druk in de alveoli boven de atmosferische druk en leidt tot de uitademing. Als er bijna geen drukverschil meer is volgt er nog een korte actieve fase waarbij het paard door middel van aanspanning van de buikspieren actief is. Deze laatste expiratiefase is meestal zichtbaar in gezonde paarden met een normaal ademhalingspatroon. In paarden met longproblemen is deze fase nog duidelijker zichtbaar als 'knijpen' aan het einde van de expiratie en is als gevolg hiervan de zogenaamde 'dampigheidslijn' zichtbaar.

5.3.3 Diffusie van gassen

Het transport van O_2 van de alveoli naar het bloed en van het bloed naar de weefselcellen vindt plaats door diffusie. Dit proces van diffusie wordt beïnvloed door verschillende factoren. Doordat de O_2 -spanning in de alveoli hoger is dan de O_2 -spanning van het door de longen stromende bloed, is er voortdurend diffusie van O_2 van het alveolaire gas naar het bloed. Andersom is er ook voortdurend diffusie van CO_2 vanuit het bloed naar de alveoli. De gasspanningen zijn bepalend voor de diffusiesnelheid (Lit 8).

Een belangrijke voorwaarde voor diffusie is dat de gassen in voldoende mate in water oplosbaar zijn. Bij een gasmengsel lost elk gas afzonderlijk op onder invloed van zijn deel van de totale gasdruk van het mengsel (zijn partiële druk), terwijl de gassen elkaars oplossen niet verhinderen. Hoewel de oplosbaarheid van CO_2 ruim twintig keer zo hoog is als de oplosbaarheid van O_2 , is ook dat niet voldoende om ervoor te zorgen dat CO_2 , zonder tussenkomst van hulpstoffen, wordt getransporteerd.

Om de ontoereikende hoeveelheid vrij opgeloste O_2 aan te vullen bevat het bloed hemoglobine. Dit eiwit zit verpakt in de erythrocyten. De vorming van erythrocyten staat onder invloed van het hormoon erytropoëetine (EPO). De nier zorgt voor 85% van de productie hiervan en de lever voor de overige 15%. De mate van binding van O_2 aan hemoglobine is afhankelijk van de heersende O_2 -spanning. Hemoglobine heeft, afhankelijk van de lokaal heersende O_2 -spanning, een zuurstofbindende of een zuurstofleverende functie. Naast hemoglobine bevatten de erythrocyten het enzym koolzuuranhydrase. Dit enzym is van groot belang voor de snelle binding en afgifte van O_2 en CO_2 doordat het de formatie van koolzuur katalyseert en daardoor de instelling van het bicarbonaatevenwicht versnelt (Lit 12). Koolzuuranhydrase bevindt zich ook in de tubulusscellen in de nieren. Hier kunnen onder invloed van dit enzym ook bicarbonaationen worden gevormd.

De hoeveelheid gas die per tijdseenheid verplaatst in de longen is afhankelijk van het concentratieverschil in de longen, van het drukverschil, de diffusieafstand, het diffusieoppervlak en de diffusiecoëfficiënt. Bij zware inspanning kan de diffusiecapaciteit drie keer zo groot worden als in rust. Dit kan alleen door vergroting van het diffusieoppervlak.

Deze vergroting komt tot stand doordat er bij inspanning meer capillairen aan de diffusie deelnemen. Dit wordt beïnvloed door de alveolaire ventilatie (Lit 8).

5.3.4 Zuur-base-evenwicht

Bij het zuur-base-evenwicht, de H^+ -homeostase, zijn verschillende orgaansystemen betrokken. De longen spelen hierin samen met de nieren een belangrijke rol. Metabole verstoringen worden door zowel de longen als de nieren gecompenseerd. En stoornissen in één van beide organen worden door het andere gecompenseerd.

De H^+ -concentratie in het bloed wordt weergegeven met de grootte pH . Een normale pH ligt tussen de 7.36 en de 7.44. Bij een lagere pH is er sprake van verzuring. Om ervoor te zorgen dat het bloed altijd de juiste pH behoudt heeft het lichaam een aantal buffersystemen ter beschikking om het teveel aan zuren te neutraliseren. De buffersystemen bevinden zich in:

- het bloed
- de longen (uitademing van koolzuur)
- de nieren (uitscheiding van zuren)

Bij de normale stofwisseling ontstaan zuren. Bij het verbrandingsproces in de cel, de celademhaling, ontstaat CO_2 . CO_2 wordt zuur genoemd omdat het met water koolzuur (H_2CO_3) vormt, dat vrijwel volledig gesplitst is in H^+ en HCO_3^- (bicarbonaat). Het in de cellen geproduceerde zuur komt in de extracellulaire vloeistof terecht en wordt daar in eerste instantie gebufferd. Vervolgens wordt in de longen het vluchtige zuur CO_2 uitgeademd, in de nieren worden de niet-vluchtige zuren uitgescheiden.

In het bloed bevinden zich buffersystemen die de pH stabiliseren. De buffers kunnen door opname of afgifte van H^+ -ionen de pH vrijwel constant houden. De twee belangrijkste buffers zijn de bicarbonaatbuffer en de eiwitbuffer. Het evenwicht tussen koolzuur en bicarbonaat kan enerzijds worden beïnvloed door de ventilatie, anderzijds door productie en uitscheiding van bicarbonaat door de nieren. Door hyperventilatie daalt de CO_2 -spanning in de lichaamsvloeistoffen, door hypoventilatie stijgt de CO_2 -spanning in de lichaamsvloeistoffen (Lit 8, Lit 36).

Hoofdstuk 6 Neurologie

6.1 Inleiding

Het functioneren van de ademhaling is afhankelijk van het centraal zenuwstelsel, met name van de centra in de hersenstam. De belangrijkste centra hierbij zijn het medullair ritmisch centrum en, in de pons, het apneustisch en het pneumotactisch centrum.

Het medullair ritmische centrum, bestaande uit inspiratoire en expiratoire neuronen, is in staat een ademhalingsritme te generen. Het alternerende karakter hangt waarschijnlijk samen met een specifieke neuronenschakeling; twee elkaar reciprook remmende reverberatiecircuits. Wanneer het ene circuit actief is, is het andere automatisch geremd. Via vezels in de tractus reticulospinalis worden vanuit dit centrum de motoneuronen van de nn. phrenici (C5- C7) en van de nn. intercostales geactiveerd (Lit 8, Lit 12).

Het apneustisch en het pneumotactisch centrum hebben via het medullaire centrum een invloed op de ademdiepte (apneustisch centrum) en op de ademfrequentie (pneumotactisch centrum) (Lit 12).

De arteriële CO₂-spanning is normaal gesproken de belangrijkste factor in de regulatie van de ademhaling. Ongeveer 40% van het effect van CO₂ op de ventilatie komt vanuit de perifere chemosensoren (Lit 34).

Ook de centrale chemosensoren zijn noodzakelijk voor het functioneren van bovengenoemde centra. Deze sensoren bevinden zich aan de onderzijde van de hersenstam en ze zijn gevoelig voor koolstofdioxide- en zuurgraadstijging in extracellulaire vloeistof en liquor. CO₂ vormt via de chemosensoren dus de belangrijkste ademprikkel (Lit 12).

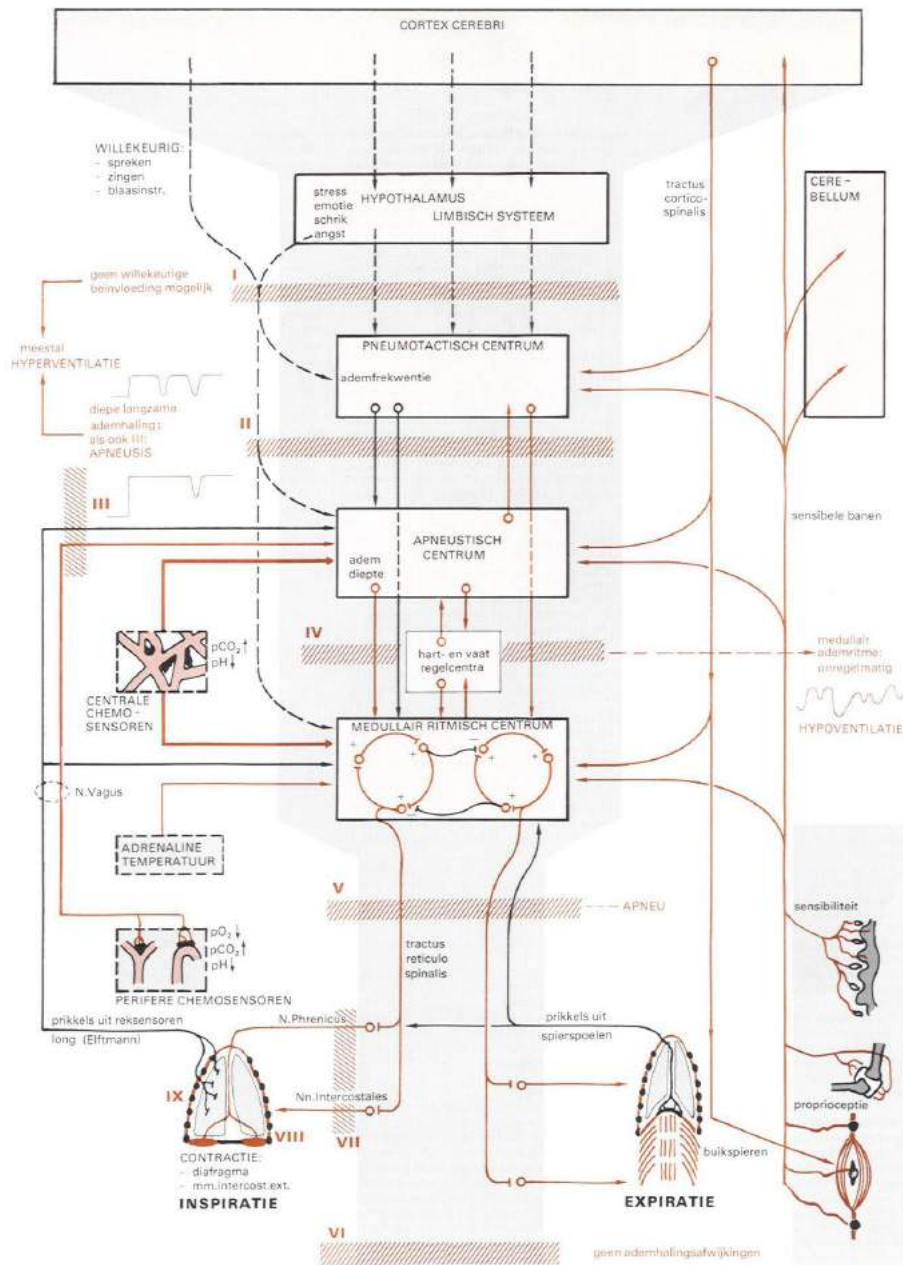
Tot op zekere hoogte kunnen sommige dieren hun adem tijdelijk inhouden. Als een paard zijn adem inhoudt stijgt de CO₂- spanning van het bloed. Omdat CO₂ de ademhaling stimuleert, moet het paard toch weer gaan ademen, controle over de ademhaling is dus niet mogelijk als de chemische prikkeling groot genoeg is (Lit 34).

6.2 Wisselwerking tussen de ademhalingscentra

Voor een optimale aanpassing van de ademhaling aan de heersende situatie is het noodzakelijk dat een groot aantal centrale en perifere factoren een invloed heeft op het functioneren van deze centra. Het apneustisch centrum activeert enerzijds de inspiratoire neuronen van het medullaire centrum, anderzijds het pneumotactisch centrum.

Het pneumotactisch centrum remt weer het apneustisch centrum, tegelijk stimuleert het de expiratoire neuronen van het medullaire centrum. Door deze feed-backwisselwerking komt de inspiratie automatisch aan zijn einde. Door de remming van het apneustisch centrum neemt ook de activiteit van het pneumotactisch centrum weer af zodat de inspiratieactiviteit weer op gang kan komen. Het geheel heeft het karakter van een langzame oscillatie in feed-back-circuits. De snelheid van oscillatie hangt af van een groot aantal andere, op de centra inwerkende, factoren, dit zijn:

-
- de expiratoire reflex van Hering-Breuer; Dit is de vloeiende overgang van inspiratie naar expiratie. Deze reflex vindt plaats doordat, via afferente vezels in de n. vagus, de inspiratoire delen van de centra worden geremd als gevolg van de activatie van de reksensoren in het longweefsel (de sensoren van Elftmann) (Lit 12)
 - de centrale chemosensoren, deze zijn gevoelig voor verandering van CO₂-spanning in de arteriële bloedstroom naar de hersenen (Lit 34)
 - de perifere chemosensoren in glomus aorticum en glomus caroticum, deze zijn gevoelig voor stijging van de arteriële CO₂-spanning en de zuurgraad en voor daling van de O₂-spanning. De afferente vezels lopen via de n. vagus en de n. glossopharyngeus.
 - de spierspoelen in de inspiratiespieren, deze worden geprikkeld bij expiratie. De afferenten inhiberen het expiratoir deel van de centra en stimuleren mogelijk op hun beurt direct de inspiratoire motoneuronen op ruggenmergsniveau (de inspiratoire reflex van Hering- Breuer). Over de wijze waarop de reflex tot stand komt zijn de meningen verdeeld
 - de motorische hersenschors
 - de collateralen van alle sensibele en proprioceptieve baansystemen
 - de hypothalamus en limbisch systeem
 - de hersenschors
 - de aanwezigheid van adrenaline, bij stress geproduceerd door het bijniermerg, activeert de ademcentra
 - een temperatuursverandering
 - het hart- en vaatregelcentrum (Lit 12)



Figuur 11: Invloeden op de regulatie van de ademhaling

6.3 Bezenuwing van de longen

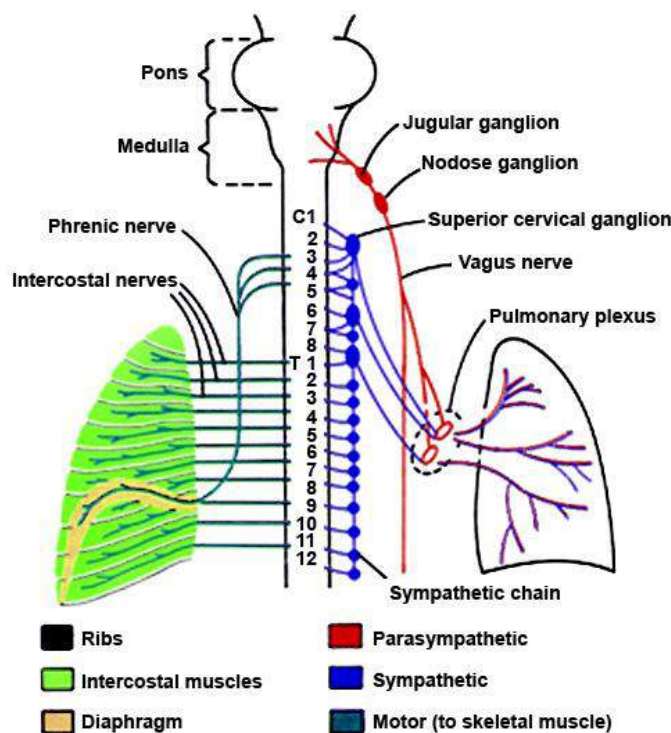
De zenuwen die de longen innervieren komen vanuit de plexus pulmonalis, waaraan zowel ortho- als parasympathische vezels een bijdrage geven. De plexus pulmonalis is verbonden met de plexus cardiacus (Lit 16).

De primaire innervatie van de trachea, bronchi en bronchiolen wordt verzorgd door het parasympathisch systeem, wat loopt via de n. vagus. Ook het gladde spierweefsel in de longen wordt parasympathisch geïnnerveerd via de n. vagus. Vanuit de n. vagus innervieren de rami bronchiales de hilus van de long (Lit 15, Lit 16).

De autonome ganglia van het parasympatisch systeem liggen in de wanden van de grotere luchtwegen en postganglionaire takken lopen naar het gladde spierweefsel.

Het parasympatisch systeem reageert op ingeademde 'bedreigingen' voor de respiratoire functie. Ingeademde irritanten zoals stof, vervuilde lucht en infecties stimuleren de sensorreceptoren in de luchtwegmucosa wat een reflex geeft van het parasympatisch systeem. De afgegeven acetylcholine bindt aan de M3-muscarinereceptoren die daarvoor calcium moeten loslaten, wat een vernauwing van de bronchi en een toename van de secretie van mucus geeft (Lit 13, Lit 14).

Motorisch speelt de n. phrenicus een grote rol in het functioneren van de longen. Dit omdat deze zenuw de belangrijkste ademhalingsspier, het diafragma, innerveert. De n. phrenicus geeft afferente sensibele informatie door vanuit de omhullende vliezen van de organen in de thorax en het voorste deel van het abdomen en innerveert motorisch het diafragma.



Figuur 12: Autonome en somatische innervatie van de long, humaan

De longen en de bronchi worden orthosympatisch geïnnerveerd vanuit de plexus cardiacus Th1 t/m Th6 (Lit 14). Vanuit de plexus cardiacus lopen de takken naar de plexus pulmonalis (Lit 16).

Het orthosympatisch zenuwstelsel innerveert voornamelijk de bloedvaten in de longen. Het gladde spierweefsel in de longen kent geen orthosympatische innervatie. Het gladde spierweefsel kan met behulp van β -2 receptoren wel door circulerend epinefrine, afgegeven door het bijniermerg, worden gestimuleerd. De sympathicusactivatie leidt via β -adrenerge receptoren tot een versnelling van de ademhalingsfrequentie en een verwijding van de bronchi, waardoor de ademhaling en de O_2 -opname worden bevorderd (Lit 14, Lit 19).

Hoofdstuk 7 Ademhaling

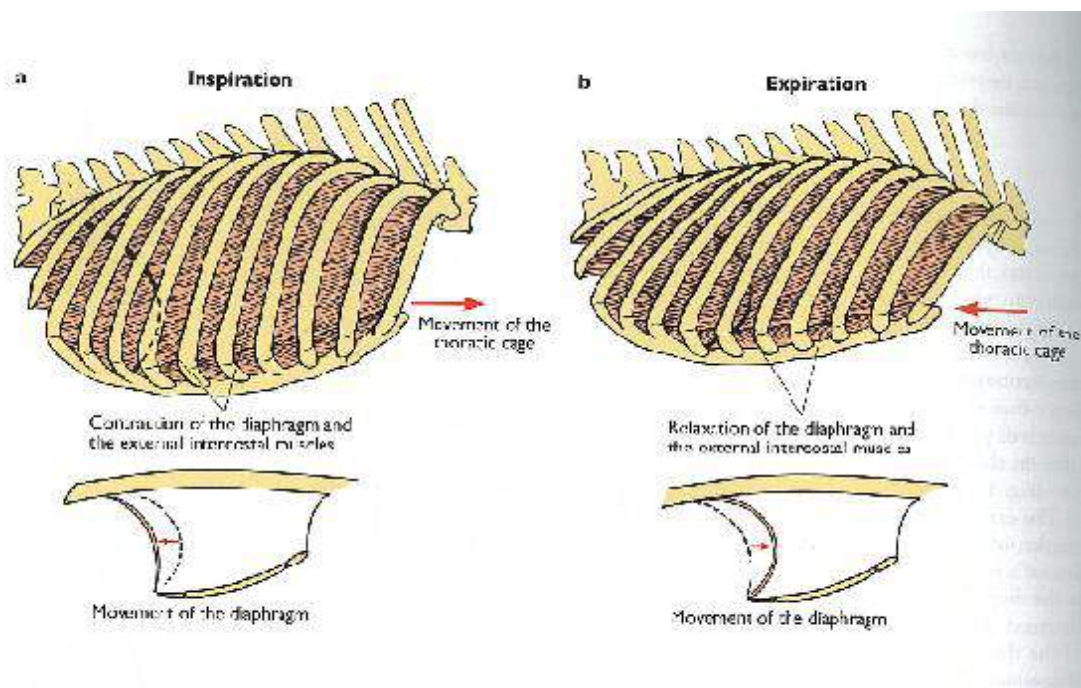
7.1 Mechanisme

De belangrijkste functie van de longen is gasuitwisseling. Zuurstof moet worden opgenomen door het bloed, koolstofdioxide moet worden afgevoerd. De gasuitwisseling vindt plaats door het veranderen van de druk in de thoraxholte. Dit gebeurt door het naar caudaal bewegen van het diafragma en een contractie van de (overige) inademingspiers. De inhoud van de thorax wordt groter doordat de pleurablenden verbonden zijn met de thoraxwand. De druk in de thorax neemt af ten opzichte van de atmosferische druk wanneer er ingeademd wordt. Hierdoor stroomt lucht van buiten vanzelf naar binnen (Lit 14).

7.2 Biomechanica

Het diafragma is de belangrijkste ademhalingsspier. Bij contractie van het diafragma wordt het diafragma afgevlakt waardoor het volume in de thorax vergroot. De contractie verhoogt tegelijkertijd de druk op de buik. Op hetzelfde moment worden de ribben naar een craniolaterale positie getrokken door de m. intercostalis externus. Dit vergroot de transversale diameter van de thorax en verlaagt daardoor de alveolaire druk verder wat er voor zorgt dat er meer lucht naar binnen kan stromen.

De expiratie start door het weer ontspannen van de inademingsmusculatuur en het aanspannen van de m. obliquus abdominis externus.



Figuur 13: De beweging van de ribben en het diafragma tijdens de ademhaling

7.2.1 Ademhaling en beweging

In de stap en draf is er geen duidelijke relatie tussen de ademhalingsfrequentie en de beenzetting. In de galop en rengalop echter wel (Lit 19, Lit 3). Enkele studies geven aan dat

er wel een relatie is tussen de pasfrequentie en de ademhaling, maar deze is niet constant (Lit 3).

Tijdens beweging wordt de ventilatie beïnvloed door de contractie van spieren. Dit gebeurt vooral in de galop. Een 'los' paard haalt bij elke galopsprong adem. Op het moment van extensie van de voorbenen vindt de inspiratie plaats, de expiratie vindt plaats op het moment dat de voorbenen weer op de grond staan en de achterbenen naar voren komen. Normaal neemt het paard één ademteug per pas, maar als hij kreunt of zucht kan de diepere inademing twee passen kosten (Lit 19). Daarnaast maakt het verschil of het paard bereden wordt. Door het gewicht wordt de ribbenkast samengeperst wat de uitademing vergemakkelijkt. Een relatie tussen de paslengte en het volume van de in-/ uitademing is niet aangetoond (Lit 3).

Een gespannen paard kan een a-ritmische ademhaling in de galop vertonen. Het kan de adem een aantal passen inhouden waardoor de spieren onvoldoende zuurstof krijgen. Deze verzuren daardoor en verkrampen. Oorzaak van de verstoorde ademhaling kan stress, innerlijke spanning, pijn of bijvoorbeeld een blokkade van een rib, het diafragma of de wervelkolom zijn (Lit 24)

De coördinatie tussen gang en ademhaling wordt verstoord als het paard moeite heeft met de ademhaling, dit kan komen door een luchtwegaandoening. Ook dan kan het paard meer tijd (twee passen) nodig hebben voor de inademing.

Het bestuderen van de ademhaling van het paard in galop kan bijdragen aan de diagnostiek van het paard met luchtwegproblemen. Als er bijvoorbeeld een abnormaal geluid optreedt op het moment dat het paard de voorbenen strekt, zit de obstructie in de inademing. Treedt het geluid op op het moment dat de voorbenen gewicht dragen, dan kan dit duiden op een obstructie tijdens de uitademing (Lit 19).

7.3 Ademhalingsspieren

7.3.1 Inleiding

Bij een paard in rust is de ventilatie afhankelijk van de ritmische contractie en relaxatie van het diafragma en in mindere mate van de intercostale musculatuur. Gedurende fysieke inspanning en in andere situaties waarbij een verhoogde ventilatie gevraagd wordt zijn een aantal andere spieren ook betrokken bij de ventilatie (Lit 34). De volgende spieren kunnen hierbij een rol spelen bij de beweging van de thorax tijdens de ademhaling:

7.3.2 M. Phrenicus / Diafragma

Origo: pars lumbalis: voorzijde van de corpora van L1-L4

Pars costalis: ribkraakbeen van of rib7-rib18, rib9-rib15, midden rib18 en laatste thoracale wervels

Pars sternalis: processus xyphoideus, sternum

Insertie: centrum tendineum

Innervatie: n. phrenicus

Functie in de ademhaling: inspiratie

Bijzonderheden: de bijzonderheden van het diafragma worden besproken in het hoofdstuk

9.2.1 (Lit 2, Lit 7)

7.3.3 M.serratus ventralis

Deze spier is opgedeeld in twee delen, het pars cervicalis en het pars thoracalis.

Origo: processus transversi van C3 tot C7 en op de eerste 7 tot 9 ribben

Insertie : facies serrata (mediale zijde scapula) en cartilago scapulae

Innervatie : pars cervicalis : rr. Dorsales nn. Cervicales

Pars thoracalis : n. Thoracicus longus uit de plexus brachialis

Functie in de ademhaling: inspiratie

7.3.4 M. pectoralis ascendens

Origo: ribkraakbeen van rib4-rib9, cartilago xyphoidea, fascia van de m. externus obliquus abdominis

Insertie: tuberculum minus humeri, intertuberculaire groeve, loopt uit in het lig. transversum humeri

Innervatie : nn. Thoracici cranialis en caudalis

Functie in de ademhaling: inspiratie

7.3.5 M. subclavius

Origo: zijdelings van het sternum van het 1^e tot het 4^e ribkraakbeen en op het overeenkomstige ribkraakbeen

Insertie: op de fascia van de m. supraspinatus en craniale hoek van de scapula

Innervatie : nn. Thoracici craniales

Functie in de ademhaling: inspiratie

7.3.6 M. scalenus ventralis

Origo : craniale zijde rib1

Insertie : processus transversus C4-C6

Innervatie : rami ventrales laatste nn cervicale

Functie in de ademhaling: inspiratie door het heffen van de eerste rib

Bijzonderheden: tussen de m. scalenus medius en ventralis door lopen de takken van de plexus brachialis. De mm scaleni kunnen overprikkeld raken door afferentie op C5-C7 vanuit de n. phrenicus (Lit 2, Lit 7).

7.3.7 M. scalenus medius

Origo: craniale zijde rib1, proximaal

Insertie : processus transversus C7

Innervatie: rami ventrales laatste nn cervicale

Functie in de ademhaling: inspiratie door het heffen van de eerste rib

Bijzonderheden: tussen de mm. scalenus medius en ventralis door lopen de takken van de plexus brachialis. De mm scaleni kunnen overprikkeld raken door afferentie op C5-C7 vanuit de n. phrenicus (Lit 2, Lit 7).

7.3.8 M. rectus thoracis

Origo: via aponeurose op de laterale zijde van rib1

Insertie: rib5 of de laterale zijde van het sternum (Lit 7), ribkraakbeen rib2-rib4

Innervatie: nn. intercostalis

Functie in de ademhaling: lichte inspiratiehulp (Lit 2)

Bijzonderheden: de m. rectus thoracis is de craniale voortzetting van de m. rectus abdominis

7.3.9 Mm. Levatores costarum

Origo: processus transversus Th1-Th17

Insertie: laterale zijde rib2-rib18

Innervatie: nn. intercostales

Functie in de ademhaling: inspiratie door het naar craniaal trekken van de ribben (Lit 7)

7.3.10 Mm. Intercostalis externi

Origo: caudale boord van rib1-rib17

Insertie: craniale boord en laterale zijde van rib2-rib18

Innervatie: nn. intercostales

Functie in de ademhaling: inspiratie door het openen van het ribbenrooster

Bijzonderheden: deze spieren vullen de tussenribruimten van de wervels tot aan het ribkraakbeen. De vezels lopen van dorsocraniaal naar ventrocaudaal (Lit 3).

Volgens Robinson (Lit 19) vindt er bij het paard weinig verandering plaats in omvang van de thorax gedurende de ademhaling in rust. Ook al verandert de omvang nauwelijks, het verschil in doorbloeding in de mm. intercostales geeft toch een indicatie dat deze spieren actief zijn tijdens de ademhaling.

7.3.11 M. serratus dorsalis cranialis

Origo: lig. supraspinale (Lit 7)

Insertie: laterale zijde en craniale boord rib5-rib13

Innervatie: nn. intercostales

Functie in de ademhaling: inspiratie (Lit 7)

7.3.12 M. serratus dorsalis caudalis

Origo: fascia thoracolumbalis

Insertie: caudale randen van rib11-rib18

Innervatie: nn. intercostales

Functie in de ademhaling: expiratie (Lit 7)

7.3.13 M. quadratus lumborum iliocostalis

Origo: crista iliaca, ventrale zijde lig. sacro-iliacale

Insertie: ventrale zijde rib 17 en rib 18

Innervatie: nn. lumbales

Functie in de ademhaling: expiratie (Lit 2)

7.3.14 M. quadratus lumborum iliotransversalis

Origo: crista iliaca, mediale boord van de iliocostale bundel

Insertie: ventrale zijde van de processus transversus van de lumbale wervels, rib16 of rib17 tot rib 18

Innervatie: nn. lumbales

Functie in de ademhaling: expiratie (Lit 2)

7.3.15 M. iliocostalis cervicis en thoracis

Origo: tussen de processus transversus van C4- Th1, rib1, processus transversus L1-L4/L5, vlezig aan de ribben

Insertie : caudale rand rib1 t/m rib15, processus transversus C5-C7

Innervatie: vanuit de overeenkomstige spinale zenuwen

Functie in de ademhaling: expiratie (Lit 7)

Bijzonderheden: elke streng overbrugt drie á vier ribben (Lit 2)

7.3.16 Mm. Intercostales interni

Origo: craniale boord van rib18-rib2

Insertie: caudale boord en mediale zijde van rib17-rib1

Innervatie: nn. intercostales

Functie in de ademhaling: expiratie door het sluiten van de intercostale ruimten

Bijzonderheden: deze spieren vullen de tussenribruimten volledig op van de wervels tot aan het sternum en lopen dus in tegenstelling tot de mm. Intercostalis externi ook tussen het ribkraakbeen (Lit 2).

7.3.17 M. Retractor costae

Origo : caudale rand rib18

Insertie: processus transversus L1-L3 of de fascia thoracolumbalis

Innervatie: nn. intercostales

Functie in de ademhaling: expiratie

Bijzonderheden: deze spier vormt een fixatiepunt voor de andere ribben tijdens expiratie (Lit 2)

7.3.18 M. transversus thoracis

Origo: via aponeurose op het lig. sternale aan de interne zijde van het sternum

Insertie: naar beide zijden vanuit mediaal naar lateraal op rib2-rib8

Innervatie: nn. intercostales

Functie in de ademhaling: expiratie door het naar caudaal trekken van de ribben

Bijzonderheden: tussen de ribben en deze spier loopt de a. thoracica interna, de a. thoracica interna staat via de a. hypogastrica interna in verbinding met de a. iliaca externa Dit is een shunt voor de aorta (Lit 2). De m. transversus thoracis is de craniale voortzetting van de m. transversus abdominis (Lit7).

7.3.19 M. obliquus externus abdominis

Origo: rib4-rib18, op de laatste rib doorlopend tot tegen de processus transversi van de lumbale wervels

Insertie: linea alba, tuber coxae, lig. inguinale, lig. pubicum craniale, mediale zijde femur via de fascia femoralis

Innervatie: nn. Intercostalis en nn. Lumbales

Functie in de ademhaling: expiratie door het naar caudaal trekken van de ribben

Bijzonderheden: de oorsprongskoppen van deze spier wisselen af met die van de m. serratus ventralis thoracalis, de vezelrichting is gelijk aan die van de m. intercostalis externe, naar caudoventraal. Naast hulp bij de ademhaling speelt deze spier een belangrijke rol in het onderbrengen van de achterhand, samen met de m. psoas (Lit 2). Bij paarden met langdurige ernstige longproblemen is deze spier vaak hypertoon. Dit is duidelijk te zien doordat het paard een zogenaamde 'dampigheidslijn' ontwikkelt, dit is een lijn die ventraal van de m. obliquus externus abdominis ligt. Dit is duidelijk te zien in onderstaande afbeelding.

Goed voor te stellen is dat een paard met moeite met de ademhaling staat te knijpen en daardoor de gehele achterhand verstijft.



Figuur 14: Paard met de zogenaamde 'dampigheidslijn'

7.3.20 M. Obliquus internus abdominis

Origo: tuber coxae, lig. Inguinale, rib 18, fascia thoracolumbalis

Insertie: onderzijde ribbenboog, linea alba, mediale zijde van het ribkraakbeen van rib13-rib18

Innervatie: nn. intercostales en nn. lumbales

Functie in de ademhaling: expiratie door het naar caudaal trekken van de ribben

Bijzonderheden: de vezelrichting van deze spier is gelijk aan de vezelrichting van de m. intercostalis internus. De meest caudale vezels helpen bij het vormen van het canalis inguinalis, bij hengsten en ruinen verloopt hierin de ductus spermaticus en de arterie en vena pudenda externa. Vaak is het lieskanaal te ruim, er kunnen dan delen van de darm doorheen 'lussen' (Lit 2).

7.3.21 M. transversus abdominis

Origo: mediale zijde van het distale uiteinde van het ribkraakbeen van de a-sternale ribben en processus transversus L1-L6

Insertie: linea alba van processus xyphoideus tot lig. prepubicum

Innervatie: nn. intercostale spinale en nn. lumbales

Functie in de ademhaling: expiratie

Bijzonderheden: de oorsprongskoppen van deze spier wisselen af met de oorsprongskoppen van het diafragma. Bovendien is de m. transversus abdominis de diepst gelegen spier in de flank en loopt hij direct ventraal van de aanhechting van het diafragma (Lit 2, Lit 15).

7.3.22 M. rectus abdominis

Origo: ribkraakbeen van rib7-rib10 en ventrale zijde van het sternum

Insertie: via het lig. prepubicum op de craniale zijde van het os pubis

Innervatie: nn. intercostale spinale en nn. lumbales

Functie in de ademhaling: expiratie (Lit 2)

Bijzonderheden: na het aankomen van de spier, via het lig. prepubicum, op het os pubis loopt hij door in het lig. accessorium ossis femoris dat naar het caput femoris loopt (Lit 2, Lit 7)

7.3.23 Glad spierweefsel in trachea, bronchi en bronchiolen

Glad spierweefsel komt in de wanden van de luchtwegen voor van de trachea tot in de ductus alveoli. In de trachea bevindt het zich alleen bij de uiteinden van het kraakbeen. In de bronchiën en bronchiolen omcirkelt het spierweefsel onder de mucosa. In de ductus alveolus wordt de ingang van de ductus er door omgeven.

Contractie van het gladde spierweefsel vernauwt de diameter van de luchtwegen (Lit 19).

Hoofdstuk 8 Pathologie

8.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het hoesten en het belangrijkste chronische longprobleem wat we kennen bij paarden, Recurrent Airway Obstruction (RAO, COPD). Naast RAO zijn er nog zeer veel andere longpathologieën, zoals Inflammatory Airway Disease (AID), Exercise-induced pulmonary hemorrhage (EIPH, longbloedingen) en bronchitis (Lit 30). Hoewel deze aandoeningen van de luchtwegen ook een grote invloed hebben op het functioneren van de longen, worden ze verder buiten beschouwing gelaten. Tot slot wordt in dit hoofdstuk ingegaan op de preventie van longproblemen omdat we daar als osteopaat aan bij kunnen dragen.

8.2 Hoesten

Gezonde paarden hoesten bijna nooit. Het is waarschijnlijk het meest betrouwbare klinische signaal dat er iets mis is in het ademhalingssysteem, hoewel het soms juist onverklaarbaar afwezig is bij paarden met pulmonaire aandoeningen. Hoesten vervult twee belangrijke functies: voorkomen of in ieder geval elimineren van lichaamsvreemde materialen in de tracheobronchiale boom en het schoonmaken van de luchtwegen (Lit 26).

Hoesten resulteert nauwelijks in het opgeven van respiratoire secretie vanuit de orale holtes, de secretie wordt meestal doorgeslikt. Hoesten gebeurt door een diepe inademing, het sluiten van de glottis en aanspanning van de ademhalingspijpen, dit leidt tot een drukverhoging in de thorax. Het plotseling openen van de glottis geeft vervolgens een hoge luchtstroomsnelheid waardoor (slijm) kan worden opgehoest. De hoestreflex wordt geïnitieerd door activatie van irritantreceptoren die voorkomen in de mucosa van de bronchi, de bifurcatie van de bronchiale boom, de larynx en de pleurabladeren (Lit 19). De irritantreceptoren sturen impulsen via de n. vagus naar het hoestcentrum in de medulla en ze veroorzaken zo hoesten, bronchoconstrictie en mucussecretie (Lit 26).

De hoestfrequentie gaat omhoog als de luchtwegen geïnfecteerd zijn, maar de grootte van de verhoging van de hoestfrequentie kan enorm variëren. Hoesten gebeurt meestal in aanvallen. Een paard hoeft een aantal uren niet te hoesten en kan dan ineens 40 keer in tien minuten hoesten. Als een eigenaar zijn paard dus één keer per dag ziet, kan hij gemakkelijk over het hoofd zien dat zijn paard hoest.

Het mechanisme waardoor infecties de 'hoestgevoeligheid' vergroten is niet goed bekend. Het is wel bekend dat in ieder geval prostanoïden en waarschijnlijk ook neuropeptiden, hierbij betrokken zijn (Lit 19).

8.3 Recurrent Airway Obstruction (RAO / COPD / Dampigheid)

Chronische obstructieve pulmonaire aandoening (COPD) is de meest voorkomende chronische longziekte onder paarden op het noordelijk halfrond. Het wordt veroorzaakt door overgevoeligheid voor ingeademde allergenen die zitten in stoffig en schimmelig voedsel,

vaak hooi, en stro. Paarden die hier gevoelig voor zijn beginnen te hoesten als zij van de weide naar een slecht geventileerde stal worden verplaatst. Ook migrerende parasieten en prikkelende stoffen kunnen hoesten veroorzaken.

De obstructie ontwikkelt zich tijdens perioden van prikkeling in de longen. Onder invloed van ontstekingsmediatoren en autonome reflexen ontstaan hypersecretie, zwelling van het slijmvlies en bronchoconstrictie. Ieder van deze drie reacties vormt een bronchusvernauwing. De plotseling optredende bronchusobstructie kan aanleiding zijn tot het optreden van benauwdheid. Toename van de hoeveelheid luchtwegslijm in combinatie met bronchoconstrictie kan ventielwerking veroorzaken. Het gevolg hiervan is 'airtrapping', dat kan leiden tot hyperinflatie van de alveoli. Uiteindelijk geeft dat verscheuring van de alveoli en er kan zich (permanent) obstructief emfyseem ontwikkelen (Lit 30).

De arteriële druk van O₂ vermindert door ventilatie-perfusie discrepantie. Dit geeft een verlaagd zuurstofgehalte, veroorzaakt door veranderingen van de relatieve weerstand die de luchtstroom ondervindt in de verschillende delen van de longen. Ook een versnelde ademhaling, die leidt tot een vergrote dode ruimte, kan de oorzaak zijn van een verlaagd zuurstofgehalte.

Het verlaagde zuurstofgehalte kan voor problemen zorgen. In slecht geventileerde delen van de longen vernauwen de arteriolen, het gevolg hiervan kunnen pulmonaire hypertensie en hypertrofie van het rechter cardiale ventrikel zijn (Lit 34).

De symptomen van RAO hangen sterk af van de mate waarin de aandoening zich heeft ontwikkeld. De paarden zijn niet algemeen ziek, ze hoesten met een wisselende frequentie en kracht. Bij sommige paarden is er nauwelijks sprake van een hoestklacht. Naast het hoesten is een gebrek aan uithoudingsvermogen nogal eens de klacht van de eigenaar. De hoeveelheid neusuitvloeiing wisselt, mede omdat de paarden het meeste sputum doorslikken (Lit 30).

Een paard met ernstige RAO is makkelijk te herkennen door de tekenen van benauwdheid. De neusgaten staan wijd open, de ademhalingsfrequentie is verhoogd, het paard gebruikt zijn buik om de expiratie extra te ondersteunen, het zogenaamde 'knijpen', en vaak is het paard nerveus. Soms staat een paard heen en weer te wiegen door de grote abdominale inspanning. Daarnaast kan het paard door de ademnood moeilijk eten waardoor hij afvalt. Hoesten, een verminderde conditie, witachtige mucus uit de neus en traag herstel komen ook voor bij paarden met minder ernstig RAO (Lit 13).

Volgens Sjaastad et al (Lit 34) is simpelweg de oorzaak (beschimmeld hooi, muffe stal) wegnemen de meest effectieve behandeling. Volgens Derksen et al (Lit 13) is het gebruik van corticosteroïden, om de infectie te bestrijden, en het toedienen van een bronchodilator, om de benauwdheid te verminderen aan te raden.

8.4 Preventie

Paarden die eenmaal longproblemen hebben gehad blijven hiervoor gevoelig. Er kunnen een aantal maatregelen genomen worden ter preventie van recidieven. Het doel van de maatregelen is een afname van de blootstelling aan stof.

Een afname van symptomen wordt het best bereikt door het paard dag en nacht buiten te zetten. Eigenaren zijn vaak bang dat hun paard het koud krijgt, maar paarden kunnen tegen een temperatuur van -30°C, mits ze beschutting kunnen opzoeken bij wind en neerslag.

Als het niet mogelijk is om het paard dag en nacht buiten te zetten moet ervoor gezorgd worden dat het paard zo min mogelijk wordt blootgesteld aan stofdeeltjes (Lit 19).

De meeste stof in de omgeving van het paard komt uit het hooi en de stalbedekking. Dit betekent dat de bodembedekking en het voer aangepast kunnen worden. Daarnaast is het belangrijk de stal goed te ventileren en het paard buiten te zetten op het moment dat er uitgemest, opgestrooid en geveegd wordt (Lit 19, Lit 33).

Naast aandacht voor het voer en de bodembedekking is het van belang dat het paard blijft bewegen. Dit bevordert het loskomen van luchtwegslijm. Het op rust zetten van paarden met longproblemen wordt afgeraden (Lit 30).

8.4.1 Bodembedekking

Papiersnippers, karton, pindapitten, veenmos en, afhankelijk van de houtsoort, zaagsel, zijn een goede vervanger van stro. Uit een onderzoek van Vandenput et al (Lit 19) blijkt echter dat stro van goede kwaliteit ook weinig stofdeeltjes bevat.

In figuur 15 is te zien hoeveel stofdeeltjes er van welke bodembedekker komen.

Bodembedekking	Vrije stofdeeltjes (x 10 ³ /l)
Zaagsel	31,5
Cleanbox® zaagsel	6,2
Goed stro	11,6
Vlas	9,3
Ecobed® karton	5,7

Figuur 15: Vrije stofdeeltjes in bodembedekkers. Het materiaal werd blootgesteld aan een luchtstroom en de stofdeeltjes geteld en uitgedrukt per liter lucht.

8.4.2 Voer

Zoals te zien is in figuur 16 zitten er in hooi, in verhouding tot ander ruwvoer, veel stofdeeltjes. Aan een paard met luchtwegproblemen kan beter kuilgras gevoerd worden. Een andere mogelijkheid is het nat maken van het hooi. Het is belangrijk om het hooi dan twee tot vier uur te weken in een ton met water. Het besprenkelen van de bovenkant van het hooi is niet effectief omdat het water snel verdampt en het niet doordringt tot het binnenste van

het hooi met als gevolg dat de stofdeeltjes terugkomen (Lit 33). Daarnaast is het belangrijk het paard vanaf de grond te voeren.

Voer	Vrije stofdeeltjes (x 10³ /l)
Goed hooi	63,0
Kuilgras (78% DM)	8,8
Kuilgras (50% DM)	4,5
Alfalfa korrels	9,5
Geplette granen (haver)	120,3
Hele granen	4,1
Melasse	2,1

Figuur 16: Vrije stofdeeltjes in voer. Het materiaal werd blootgesteld aan een luchtstroom en de stofdeeltjes geteld en uitgedrukt per liter lucht.

Hoofdstuk 9 Osteopatische visie op de longen

9.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de relatie van de longen en de omliggende structuren besproken. In hoofdstuk 2.1 werd de ligging van deze structuren reeds benoemd. In dit hoofdstuk vindt men uitsluitend de osteopatische relatie. Die relatie kan anatomisch, neurologisch, hormonaal of vasculair van aard zijn. De hormonale relatie is reeds kort besproken in het hoofdstuk Neurologie.

De anatomische relatie kan bestaan door de ligging en de beweging van de organen in het paard. In de beweging van het orgaan worden de mobiliteit en de motiliteit onderscheiden. De mobiliteit is de beweging die het orgaan maakt onder invloed van de ademhaling of externe factoren. De motiliteit is de zogenaamde eigenbeweging van het orgaan. Het orgaan brengt zich op eigen kracht in beweging. Het is een trage beweging met een zwakke, onzichtbare amplitude. Viscerale motiliteit is de actieve beweeglijkheid van een orgaan, die voorkomt vanuit het orgaan zelf en eigen is aan zijn specifieke structuur en eigenschappen. Het is een beweging, die men nog voelt, als alle andere onwillekeurige uitwendige oorzaken geëlimineerd zijn (Lit 4).

Elke verandering in een van de bovenstaande bewegingen, of het nu as- of amplitudevariaties zijn, die door het orgaan zelf (motiliteit) of de structuren van het visceraal gewricht (mobiliteit) veroorzaakt wordt, zou het volgende kunnen betekenen:

- een duidelijke lokale pathologie, met symptomen
- een beginnende lokale pathologie, zonder symptomen
- een oude lokale pathologie, waaraan het paard zich aangepast heeft
- een pathologie in een ander orgaan wat er visceraal mee articuleert
- een pathologie van een structuur, die er een vasculaire, nerveuze of fasciale relatie mee heeft

Elke pathologie veroorzaakt verstoringen in de motiliteit van het aangetaste orgaan. Naar analogie met de pathologie van het musculoskeletale systeem, worden deze verstoringen ook wel visceraal fixaties genoemd (Lit 4).

De visceraal fixatie is voor een orgaan het geheel of gedeeltelijk verliezen van het bewegingsvermogen. Een verminderde beweeglijkheid van de longen kan veroorzaakt worden door de diverse verbindingen die ze hebben. Dit kan zijn door een binding met een musculaire wand, zoals het diafragma. Maar het kan ook binding betreffen met een ander orgaan, zoals de lever.

De neurologische relatie kan bestaan door het uittreden van de orthosympathische zenuwen ter hoogte van hetzelfde wervelniveau, door afferentie vanuit de organen, via de n. vagus naar de medulla oblongata, of door afferentie vanuit de omhullende vliezen van de organen, via de n. phrenicus naar C5-C7 (Lit 14).

Door onvoldoende doorbloeding van bepaalde structuren kan het hormonaal systeem beïnvloed worden. Het resultaat van een blokkade kan dan zijn dat er onvoldoende hormonen bij de receptor of effector kunnen komen. (Lit 2)

9.2 De viscerale verbindingen van de longen

Viscerale verbindingen die beperkt zijn veroorzaken een verlies van mobiliteit en motiliteit omdat een orgaan niet meer kan glijden ten opzichte van de organen in de directe omgeving. Longontstekingen en buikvliesontstekingen kunnen viscerale fixaties veroorzaken en kunnen zorgen voor een afname van de mobiliteit en beweeglijkheid van het diafragma, wat van invloed is op de longen.

9.2.1 Relatie van de longen en het diafragma

Het diafragma speelt, door zijn ligging binnen het lichaam, zijn functie en zijn grote oppervlakte een belangrijke rol in de paardenosteopathie. De craniale zijde van het diafragma is bekleed met het parietale pleuraalblad en de fascia endothoracica. Hierdoor staat het diafragma in rechtstreeks contact met de longen. Spanning op het diafragma wordt rechtstreeks overgedragen en kan zorgen voor een verstoorde longfunctie.

Ook ligt het diafragma in contact met het hart dat zich in het mediastinum bevindt. Dit rust door middel van zijn apex op de diafragmakoepeel. Ter hoogte van het centrum tendineum zit het diafragma aan de vena cava caudalis gefixeerd. Omdat het diafragma lumbaal aanhecht tot L3/ L4 kan een blokkade in deze regio de ademhaling beïnvloeden.

De caudale zijde van het diafragma is bekleed met het peritoneum. Dit staat in contact met de lever, de milt, de nieren en verschillende delen van het colon. (Lit 2)

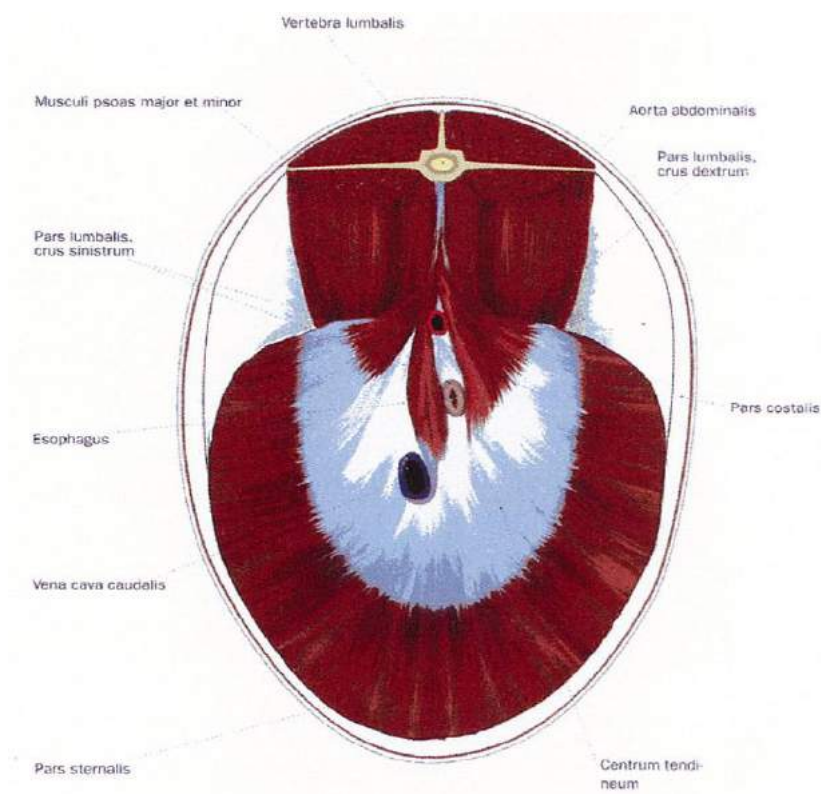
Het diafragma is een van de belangrijkste dwarsgestreepte spieren van het paard. Deze spier bestaat uit twee delen, een musculair en een tendineus deel. Het musculaire deel is opgedeeld in drie delen, het pars lumbalis, pars costalis en het pars sternalis. Het geheel vormt de scheiding tussen de thoraxholte en de abdominale holte.

- Het pars lumbalis loopt van de voorzijde van de corpora van de lumbale wervels en vormt de arcade voor de psoas.
- Het pars costalis insereert met 12 koppen op de ribben of de ribkraakbeenderen van de ribben 7 tot 18.
- Het pars sternalis heeft zijn oorsprong op het processus xyphoideus en is het meest ventraal gelegen deel. (Lit 14)

Het diafragma bezit vier doorgangen, dit zijn:

- Hiatus oesophagus: ligt hoger op de grens van het tendineum en het crux dextrum en iets links van de mediaanlijn. Behalve de oesophagus lopen de beide n. vagi door deze opening.
- Hiatus aorticus: dit is de meest dorsaal gelegen opening. Hij wordt gevormd door de beide crura. Door deze opening lopen de aorta caudalis, de vena azygos en de ductus thoracicus.
- Foramen venae cavae: hierdoor loopt de vena cava caudalis, dit is het meest craniaal gelegen punt van het diafragma.

- Arcade van de m. psoas. Door deze arcade lopen de m. psoas minor, m. psoas major, de orthosympatische grensstreng en de nervi splanchnici.



Figuur 17: Diafragma van het paard

Het diafragma wordt motorisch geïnnerveerd door de n. phrenicus. Het maakt ongeveer 15.000 bewegingen per dag (Lit 2).

Het diafragma vormt niet alleen de scheiding tussen de thoraxholte en de abdominale holte, het is tegelijkertijd de verbinding tussen deze twee delen. Het craniale gedeelte van het diafragma ligt in contact met de fascia endothoracica en gedeeltelijk met de pleura parietalis. Het caudale gedeelte van het diafragma ligt in contact met het peritoneum.

Het diafragma wordt geïnnerveerd door de n. phrenicus. Zie voor de gevolgen van deze relatie het hoofdstuk 9.4.1; De relaties via de n. phrenicus.

Het diafragma is osteopatisch een zeer belangrijke structuur. Het vormt de scheiding tussen de borst- en buikholte en staat in nauw contact met verschillende structuren. Daarnaast passeren een aantal structuren het diafragma. Longproblemen kunnen ook gevolgen hebben voor de structuren die door het diafragma heen lopen. Die gevolgen worden hieronder apart besproken.

9.2.1.1 Relatie van het diafragma en de oesophagus

De oesophagus loopt samen met de nervi vagi door de hiatus oesophagus. Deze doorgang ligt in een spleet in het crus dextrum vlak voordat dit uitloopt in het centrum tendineum, iets links van de mediaanlijn. Er zijn geen aanwijzingen dat de wand van de oesophagus voor

zijn doorgang door het diafragma verdikt is, of dat anderzijds het diafragma ter plaatse van de doorgang een soort sfincter vormt.

De bewegingen van het diafragma ten opzichte van de oesophagus tijdens de ademhaling worden vergemakkelijkt door een bursa in het mediastinum. De bursa wordt gevormd door een uitstulping van het peritoneum door de hiatus oesophagus tussen de serosalamellen van het mediastinum. De bursa ligt rechts en ventraal van de oesophagus (Lit 15).

Spanning op het diafragma kan voor de oesophagus leiden tot verplaatsing van de hiatus oesophagus, dit kan de verplaatsing van het voedsel beïnvloeden. Daarnaast kan de spanning worden overgebracht op de oesophagus, dit kan leiden tot verandering in de peristaltiek.

9.2.1.2 Relatie van het diafragma en de aorta

De aorta loopt samen met de vena azygos en de ductus thoracicus door de meest dorsale opening van het diafragma, de hiatus aorticus. Deze ligt in de ruimte tussen de twee cupulae en wordt gevormd door de pezen van de lumbale insertie van het diafragma en de wervels (Lit 15). Spanning op het diafragma zou spanning kunnen geven op de aorta en de doorstroming kunnen beïnvloeden.

9.2.1.3 Relatie van het diafragma en de vena cava caudalis

De vena cava caudalis komt de borst binnen door het foramen venae cavae. Deze opening loopt schuin door het centrum tendineum, iets rechts van de mediaanlijn. In tegenstelling tot de andere twee openingen versmelten de randen van deze opening met de adventitia (buitenste laag van de bloedvatwand) van de vena cava caudalis (Lit 15). Spanning op het diafragma zou spanning kunnen geven op de vena cava caudalis en de doorstroming kunnen beïnvloeden.

9.2.1.4 Relatie van het diafragma en de maag

De maag wordt via het diafragma gerelateerd aan de longen. De maag en het diafragma zijn direct met elkaar verbonden door het ligamentum gastrophrenicum.

Bij iedere inspiratie beweegt het diafragma naar caudaal, bij iedere expiratie naar craniaal. Aangezien de cardia van de maag bij paarden bevestigd is in het diafragma, en de maag direct onder het diafragma ligt moet de maag ook kunnen meebewegen. Een maagprobleem kan ervoor zorgen dat de mobiliteit en/of de motiliteit van de maag afneemt, hierdoor heeft het diafragma verminderd bewegingsruimte en kan de ademhalingsbeweging en dus de longfunctie kunnen afnemen. Andersom kunnen longproblemen ook voor problemen in de maag zorgen. Een hypertonie van het diafragma geeft mogelijk spanning op de cardia van de maag.

De maag wordt orthosympatisch geïnnerveerd via de plexus coeliacus uit Th5 tot Th12 (Lit 14). Een maagprobleem kan leiden tot verstoorde orthosympatische afferentie van de plexus coeliacus via de nervi splanchnici naar de grensstreng. Van de grensstreng wordt de

afferentie via de rami communicans naar de cornu laterale van het ruggemerg doorgegeven. Na verloop van tijd zal de efferente informatie ook verstoord raken. Er zal onder andere een hypertonie van de rugspieren ontstaan. Dit kan een verminderde beweeglijkheid van de facetgewrichten tot gevolg hebben. Op termijn kan hieruit een wervelblokkade ontstaan. Door de mechanische belemmering kan die wervelblokkade het uitzetten van de longen beperken en de ventilatie verminderen.

De maag wordt parasympatisch geïnnerveerd door de n. vagus. Zie voor de verdere gevolgen van deze relatie het hoofdstuk 9.4.3; Relaties via de n. vagus.

De n. phrenicus bevat afferente sensibele informatie vanuit de omhullende vliezen van de organen in de thorax en het voorste deel van het abdomen. Een maagprobleem geeft verstoorde afferentie door via de n. phrenicus. Zie voor de gevolgen van deze relatie het hoofdstuk 9.4.1; De relaties via de n. phrenicus.

9.2.1.5 Relatie van het diafragma en de lever

De caudale zijde van het diafragma is bekleed met het peritoneum. Het ligamentum coronarium verbindt de lever met het diafragma, waarbij er een gebied is dat niet door het peritoneum wordt overdekt, dit wordt de area nuda genoemd. Het strekt zich van de achterzijde van de lever tot aan het diafragma uit. Daarnaast is de lever door de suprahepatische venen nauw verbonden met de vena cava caudalis, die ter hoogte van het centrum tendineum door het diafragma loopt (Lit 20).

Bij iedere inspiratie beweegt het diafragma naar caudaal, bij iedere expiratie naar craniaal. Aangezien de lever direct caudaal van het diafragma ligt moet de lever ook kunnen meebewegen. Een beperking in de beweeglijkheid van de lever heeft gevolgen voor de gasuitwisseling in de longen. Zowel de viscerale mobiliteit (het meebewegen van het orgaan met de ademhaling) als de motiliteit, de eigenbeweging die voortkomt uit het orgaan zelf zijn van invloed. Om optimaal te kunnen functioneren hebben de longen een bepaalde bewegingsvrijheid nodig. Is er sprake van een verminderde mobiliteit en/of motiliteit van de lever, dan kan het diafragma niet (genoeg) dalen. Het gevolg is dat de drukverandering in de thorax minder is en de gasuitwisseling niet optimaal kan plaatsvinden (Lit 4).

Daarnaast kan een disfunctie of dispositie van het diafragma andersom ook problemen geven in de vena cava caudalis wat stuwings in de lever tot gevolg kan hebben.

Longproblemen kunnen ook een mechanische storing van de lever veroorzaken door de enorme druk die het hoesten veroorzaakt. Dit heeft fysiologische gevolgen voor het functioneren van de lever (Lit 4).

De lever wordt orthosympatisch geïnnerveerd vanuit de plexus coeliacus. Hierdoor kan een probleem in de lever leiden tot een blokkade ter hoogte van Th5 t/m Th12 (Lit 14). Een blokkade ter hoogte van Th5 t/m Th12 kan mechanisch leiden tot verminderde beweeglijkheid van de thorax en zou kunnen zorgen voor een verminderde gasuitwisseling. Daarnaast vindt er vanuit de plexus coeliacus terugkoppeling plaats naar het ganglion stellatum.

Tevens kan een blokkade van Th5 t/m Th12 leiden tot een geblokkeerde bijbehorende rib 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 of 12. Ook een geblokkeerde rib veroorzaakt verminderde beweeglijkheid van de thorax en dus een verminderde gasuitwisseling.

De lever wordt parasympatisch door de n. vagus geïnnerveerd en de omenta geven afferentie via de n. phrenicus. Zowel via de nervus vagus als via de nervus phrenicus kan een probleem in de lever leiden tot verminderd functioneren van de longen. Zie voor de verdere uitleg over deze relaties hoofdstuk 9.4 .

9.2.2 Relatie van de longen en het hart

Het hart ligt in een ruimte tussen de twee longen, het mediastinum genaamd. Deze ruimte wordt gevormd door de pleura pulmonales. Het mediastinum strekt zich uit van de bovenste thoraxopening (gevormd door de eerste rib, de eerste thoracale wervel en het borstbeen) en is caudaal begrensd door het diafragma, het sternum en de wervelkolom.

De pulmonaire circulatie zorgt voor een direct contact tussen hart en de longen, als de pompfunctie van het hart niet goed werkt kunnen de longen het bloed onvoldoende met zuurstof voorzien. Er ontstaat een verstoorde O₂/CO₂ uitwisseling en er kan onvoldoende zuurstof naar de organen en spieren gevoerd worden. Een verminderde energielevering en een verminderde orgaan- en spierfunctie zijn het gevolg.

Bij een links-insufficiëntie van het hart, kan longstuwning optreden. Na zuurstofopname in de longen komt het bloed via de longvenen in het linkeratrium terecht. Vervolgens gaat het via de mitralisklep naar het linkerventrikel. Bij een probleem aan de linkerzijde van het hart, kunnen de longen het zuurstofrijke bloed niet afgeven, er treedt longstuwning op. De intracapillaire bloeddruk in de longcirculatie stijgt en er kan vocht gaan uittreden; longoedeem. Longoedeem beïnvloedt de diffusiefunctie van de longen zeer nadelig. Daarnaast neemt de rekbaarheid van de longen af en neemt de circulatietijd van het bloed toe.

Longproblemen, zoals bronchitis en longemfyseem, kunnen op hun beurt ook leiden tot rechts-insufficiëntie van het hart. Hierdoor kan veneuze stuwning ontstaan in de grote circulatie met onder andere gevolgen voor de lever, maag en darmen (Lit 12).

Het hart wordt orthosympatisch geïnnerveerd vanuit de plexus cardiacus, vanuit C7 t/m Th5. Dit betekent dat er in het geval van negatieve afferentie vanuit het hart blokkades zouden kunnen vinden op het niveau C7 t/m Th5. Volgens Alen (Lit 2) is gestoorde afferentie vanuit het hart echter zelden een oorzaak van dergelijke blokkades. Dit verklaart hij door het feit dat het hart geen belastende secretorische functies heeft en doordat hier zelden inflammatoire processen of tumoren voorkomen. Blokkades op deze niveaus zijn dus meestal afkomstig van andere viscerale problemen en worden daarom secundair genoemd (Lit 5, Lit 2).

Bij het paard is er een grote variatie in hartritme, deze wordt gelinkt aan veranderingen van de parasympathische tonus. Het hart wordt parasympatisch geïnnerveerd door de n. vagus. De n. vagus heeft in rust een remmende werking op de hartfrequentie. In rust is de

vagustonus hoger dan de sympathicustonus. Een vermindering van de vagusinvloed levert een aanmerkelijke bijdrage aan de hartfrequentieverhoging (Lit 12).

9.2.3 Relatie van de longen en de nieren

Aan de rechterkant van het paard maakt de rechternier caudodorsaal contact met het diafragma. De linkernier staat niet in contact met het diafragma, hier bevindt zich aan de linkerzijde namelijk de milt.

Net als de andere organen die onder het diafragma liggen, bewegen ook de nieren mee met de ademhaling. Een probleem in de nieren kan een verstoring van zowel de mobiliteit als motiliteit geven en zo de ademhaling, en dus de gasuitwisseling beïnvloeden.

Daarnaast spelen de nieren, samen met de longen, een belangrijke rol in de regulatie van het zuur-base evenwicht. Bij een gezonde longfunctie wordt de ademhaling gestimuleerd door een daling van de pH, dit resulteert in een verhoogde verwijdering van CO₂ door de longen. Deze compensatie werkt snel en voorkomt grote schommelingen in de pH van het bloed. De longen hebben echter niet de mogelijkheid om het overtollige zuur en base te verwijderen, deze taak nemen de nieren op zich. Respiratoire storingen in het zuur-base-evenwicht kunnen door de nieren gedeeltelijk worden gecompenseerd.

De nieren worden orthosympatisch geïnnerveerd vanuit de plexus renalis, Th17 t/m L2 (Lit 14). Dit betekent dat er in het geval van negatieve afferentie vanuit de nieren blokkades kunnen ontstaan op het niveau Th17 t/m L2 (Lit 14). Omdat het diafragma loopt tot L3/ L4 kan een blokkade in de regio Th17 t/m L2 de ademhaling beïnvloeden.

De nieren worden parasympatisch geïnnerveerd door de n. vagus. Via de n. vagus kan een probleem in de nieren leiden tot verminderd functioneren van de longen. Zie voor de verdere uitleg over deze relatie hoofdstuk 9.4 .

9.2.4 Relatie van de longen en de huid

De huid is, net als de longen, een uitscheidingsorgaan. Afvalstoffen worden uitgescheiden via zweet en talg. Embryologisch gezien komen de huid, darmen en longen uit hetzelfde weefsel, het endoderm. Embryologisch gezien is het hele spijsverteringskanaal een naar buiten gestulpt deel van de huid, wat het grensvlak vormt met de buitenwereld. De slijmvliezen in zowel de longen als het spijsverteringskanaal hebben een zelfde functie en ontstaanswijze.

In de natuurgeneeskunde wordt verondersteld dat bij een onderdrukking van een huidaandoening, bijvoorbeeld door medicatie, er zich een ander probleem manifesteert in de longen (de omgekeerde wet van Hering) (Lit 28).

In aanvulling op de longen levert de huid een bijdrage aan de gasuitwisseling. Humaan verloopt minder dan 2% van de gasuitwisseling via de huid. Waarschijnlijk is de huid zelf in staat om de benodigde zuurstofvraag te dekken en de CO₂ uit te stoten en is hiermee dus in feite zelfvoorzienend. Dit is belangrijk voor de cruciale rol in de thermoregulatie, omdat hierbij een sterk verminderde circulatie in de huid gemoeid is (Lit 34).

9.3 De musculoskeletale relaties van de longen

De longen liggen in de thoraxholte. Het skelet van de thorax wordt gevormd door het sternum, de ribben en de wervelkolom. Aan de craniale zijde van deze holte bevindt zich het bovenste diafragma, bestaand uit een musculoaponeurotisch systeem en het lig. suspensorium van de pleurale koepel. Caudaal van de holte bevindt zich het ademhalingsdiafragma. Alle structuren van de thoraxholte beïnvloeden de mobiliteit en motiliteit van de longen. In de paragrafen hieronder worden de musculoskeletale structuren besproken.

9.3.1 Relatie van de longen en het sternum

Het sternum beschermt de longen aan de ventrale zijde. Het bestaat uit een osteo-cartilagineuze samenstelling en is opgebouwd uit zes onpare botstukken, de sternebrae. De ribben vormen een gewricht met het sternum ter hoogte van de incisura costales. Dezelfde ribben vormen eveneens een gewricht met de thoracale wervels van hetzelfde niveau. De craniale extremitet bestaat uit een lang afgerond manubrium sterni. Hier bevinden zich de incisura costales voor de eerste ribben. Een blokkade van de eerste rib kan de beweeglijkheid van het sternum beïnvloeden en zo de ademhaling.

De caudale extremitet omvat het processus xyphoideus, deze loopt caudaalwaarts door als cartilago xyphoidea. De dorsale zijde vormt een deel van de insertieplaats van het diafragma. Een verminderde mobiliteit en motiliteit van het sternum heeft gevolgen voor de beweeglijkheid van het diafragma en zo voor de gasuitwisseling in de longen. (Lit 14)

9.3.2 Relatie van de longen en de wervelkolom

De wervelkolom loopt aan de dorsale zijde van de longen. Een blokkade of verminderde beweeglijkheid van een wervel kan de ademhaling beïnvloeden. De longen hebben ruimte nodig bij met name de inademing. Zeker als een geblokkeerde wervel ook leidt tot een geblokkeerde rib kan deze ruimte niet gebruikt worden. Met name een blokkade van Th1 kan de ademhaling verstoren. Een blokkade van Th1 kan verstoorde informatie doorgeven aan zijn omliggende structuren. Spieren zoals de m. spinalis thoracis, de m. semispinalis thoracis, de m. longissimus cervicis, atlantis en thoracis, de m. iliocostalis cervicis, de mm. intertransversarii, de mm. levatores costarum die vanuit dit segment geïnnerveerd worden kunnen hypertoon worden. Aangezien dit voornamelijk rugspieren en ademhalingsspieren zijn kan dit een invloed hebben op de ademhaling en de normale biomechanische bewegingen van de wervelzuil.

9.3.3 Relatie van de longen en de m. psoas

De m. psoas major en minor zijn belangrijke spieren voor de voortbeweging van het paard. De m. psoas minor heeft zijn oorsprong aan de ventrale zijde van Th16 t/m L5 en loopt naar het tuberculum psoas minor in het midden van de linea arcuata. De m. psoas major loopt van de corpora vertebrae van Th17 en Th18, de ventrale zijde van rib17 en rib18, de laterale

zijde van L1 t/m L5 en de ventrale zijde processus transversus van L1 t/m L5, naar het trochanter minor. De psoas lopen aan de onderzijde van de wervelkolom, onder de psoasarcade van het diafragma door, en liggen daarmee rechtstreeks in contact. Naast contact met het diafragma maken ze ook contact met de nieren en de pleurabladen. Door het contact met de nieren komen ze vaak in verzuring en verkramping waardoor ze niet meer goed kunnen functioneren. Spanning op de psoasmusculatuur kan spanning geven op het diafragma wat op zijn beurt de ademhaling beïnvloed (Lit 2).

9.3.4 Relatie van de longen met de voorste thoraxopening

De afbakening van voorste thoraxopening wordt gevormd door het sternum, de beide eerste ribben en de eerste thoracale wervel. Deze beenderige structuren zijn omringd en verbonden door verschillende spieren en ligamenten. De relatie met de hiervoor beschreven structuren van de voorste thoraxopening wordt elk apart beschreven. In feite zorgt elke spanning op een structuur van de voorste thoraxopening voor een belemmerde ademhaling. Andersom kan een belemmerde ademhaling als gevolg van een andere oorzaak ook spanning geven op de structuren van de voorste thoraxopening, dit kan weer gevolgen hebben voor de structuren die door de voorste thoraxopening lopen.

9.3.5 Relatie van de longen met de ribben

De thorax wordt meestal omgeven door 18 paar ribben. Vanaf de wervel loopt een rib ventraalwaarts richting het sternum, waar het overgaat in cartilagineus weefsel. De eerste acht ribben lopen rechtstreeks naar het sternum, de laatste tien ribben eindigen met hun cartilago op het cartilago van de voorliggende rib, deze vormen zo de arcus costalis. Over het bestaan van zwevende ribben is men het niet eens (Lit 14).

Het spreekt voor zich dat, om ademhaling en beweeglijkheid van de thorax mogelijk te maken, de ribben moeten kunnen bewegen, zowel in het gewricht met de wervel als in het gewricht met het sternum. De opvolgende ribben staan met elkaar in verbinding door tussenliggend bind- en spierweefsel. De tegenover elkaar liggende ribben staan in verbinding door middel van het lig. intra-articularis. Dit betekent dat als een rib aan de rechterzijde van het paard geblokkeerd is, dit ook kan leiden tot een verminderd beweeglijke of geblokkeerde rib aan de linkerzijde. Het is voor in de osteopatische behandeling dus van belang om te werken per segment en niet per zijde.

De eerste rib kan zowel craniaalwaarts als caudaalwaarts roteren. De andere ribben volgen de beweging van de eerste rib bij een inademing. Aan de craniale zijde wordt de eerste rib gefixeerd door de mm. scaleni. Aan de caudale rand van de laatste rib hecht de m. retractor costae aan. Deze spier vormt een fixatiepunt voor de andere ribben tijdens de expiratie. Een geblokkeerde eerste of laatste rib beïnvloedt de complete ribbenkast en zo de ademhaling. Een geblokkeerde rib in expiratiestand roteert niet craniolateraalwaarts mee bij de inspiratie. Het volume in de thorax wordt ter hoogte van die rib niet vergroot. De alveolaire druk verlaagt minder met als gevolg dat er ter hoogte van deze rib minder ventilatie plaatsvindt.

Een geblokkeerde rib in inspiratiestand blijft bij de expiratie staan in de craniolaterale stand. Hierdoor wordt de transversale diameter van de thorax niet kleiner en ontstaat er een kleiner drukverschil waardoor er minder ventilatie plaatsvindt.

9.4 De neurologische relaties van de longen

9.4.1 De relaties via de n. phrenicus

De nn. phrenici die de motorische en sensorische innervatie van het diafragma verzorgen zijn gewone somatische zenuwen. Ze worden gevormd uit de rami ventrales van de vijfde tot en met de zevende halswervel. Deze takken lopen in caudoventrale richting over de m. scalenus ventralis, verenigen zich langs de onderrand van deze spier en dringen mediaal van de eerste rib de thorax binnen. De rechter n. phrenicus loopt over de ventrolaterale wand van de v. cava cranialis, over het pericardium en bereikt via de plica venae cavae het diafragma. De linker n. phrenicus loopt naar caudaal steeds door het mediastinum. De n. phrenicus verzorgt de afferentie van het pericardium, de fasciën die tegen het diafragma aanliggen, craniaal de pleurae en caudaal een gedeelte van het peritoneum, tot aan de pancreas (Lit 16).

Viscerale problemen met irritatie op de vliezen onder het diafragma geven een afferente prikkel op de n. phrenicus, die, zoals eerder beschreven, gevormd wordt vanuit C5, C6 en C7 (Lit 14). Hierdoor ontstaat er een relatie met de m. scalenus medius en m. scalenus ventralis die vanuit dit cervicaal niveau bezuigd worden. De m. scalenus kan hypertoon worden en met als gevolg fixatie van de eerste rib naar craniaal. Dit leidt tot een inspiratiestand van de gehele thorax, wat invloed heeft op de ademhaling en dus op de gasuitwisseling in de longen.

Daarnaast bevindt zich het ganglion stellatum ter hoogte van de voorste thoraxopening. Het ganglion stellatum is een belangrijke zenuwknoop en staat via de ramus interganglionaris in verbinding met het ganglion cervicale craniale. Het ganglion cervicale craniale bevindt zich onder de alae van de atlas. Via deze weg kan er dan ook spanning ontstaan op het occiput-atlanto-axiaal-complex.

Alle buikorganen hebben via de n. phrenicus een nerveuze relatie met grote invloed op de laag cervicale en de eerste thoracale wervels en structuren die hiermee in verbinding staan, en dus veel invloed op de ademhaling.

9.4.2 De relaties met de plexus brachialis

De plexus brachialis is een netwerk van ventrale takken uit de n. spinalis van C5 tot Th2. Vrijwel alle structuren in het voorbeen worden geïnnerveerd door zenuwen die uit de plexus brachialis ontspringen. De zenuwwortels van de plexus brachialis lopen tussen de m. scalenus medius en de m. scalenus ventralis. Daarnaast lopen de vena en de arteria axillaris ventraal van de m. scalenus ventralis in een boog over de craniale zijde van de eerste rib. Bij spanning op de m. scaleni ontstaat er op deze manier mogelijk een bekneling van de zenuwbanen en/of van de bloeddorstroming naar het voorbeen (Lit 14).

9.4.3 De relatie met de n. vagus

De n. vagus is de tiende craniale zenuw. Het hart, de longen, de organen in de bovenbuik en de nieren worden parasympatisch geïnnerveerd door de n. vagus. De n. vagus bestaat voor 80% uit afferenten. Zijn oorsprong bevindt zich in de medulla oblongata en hij verlaat de schedel via het foramen jugulare samen met de n. glossopharyngeus en de n. accessorius. Op de plaats van uitrede bevindt zich het ganglion jugulare. Net caudaal hiervan bestaat er een verbinding tussen de n. vagus en het ganglion cervicale craniale, de ramus jugularis. Het orthosympatische zenuwstelsel staat hierdoor in direct contact met het parasympatische zenuwstelsel (Lit 14).

Een slechte werking of problemen in de organen kunnen verstoorde afferente informatie geven naar het foramen jugulare via de n. vagus. Hierdoor kan er een verstoring ontstaan in de afferentie en efferentie van de n. glossopharyngeus en de n. accessorius. De n. accessorius innerveert de m. trapezius, de m. sternomandibularis, de m. brachiocephalicus en de m. omotransversarius, een viscerale verstoring kan dus spanning op deze spieren veroorzaken. Spanning op deze spieren veroorzaakt vervolgens een stijve hals. Door de invloed op het sternum en de ribben kan hierdoor de ademhaling beïnvloed worden. De n. glossopharyngeus innerveert motorisch de m. ceratohyoideum en de m. stylopharyngeus. De oorsprong van de laatst genoemde spier bevindt zich op de processus styloïdeus van het os temporale en de insertie op het kraakbeen van het thyroïd. Het stylohyoïd articuleert met de processus styloïdeus, ook is het hyoïd fasciaal met het thyroïd verbonden. Zo kan er dus spanning op het hyoïd ontstaan, dit kan het occiput-atlanto-axiaal -complex weer beïnvloeden.

Bij een blokkade van het occiput-atlanto-axiaal gewricht kan het ganglion cervicale craniale via de ramus jugularis de n. vagus verstoren. Verstoorde efferente informatie vertrekt hierdoor via de n. vagus naar de longen waar de gasuitwisseling beïnvloed wordt.

Overprikkeling van de n. vagus geeft een verstoring van het ortho- /parasympatisch evenwicht. Daarnaast wordt de m. trachealis geïnnerveerd vanuit de n. vagus, waardoor als gevolg van een verstoring van het ortho- en parasympatisch evenwicht, een veranderende diameter van de trachea op kan treden.

9.5 Relatie van de longen met externe factoren

9.5.1 Inleiding

Enkele externe factoren kunnen de functie van de longen beïnvloeden.

Hoe beter een paard in balans is, hoe minder impact de externe factoren hebben. Pas als alle compensatiestrategieën gebruikt zijn worden de symptomen voor ons zichtbaar (Lit 2).

In deze paragraaf wordt kort belicht welke invloed deze factoren kunnen hebben op het functioneren van de longen van het paard. De stalling van het paard is al eerder benoemd in het hoofdstuk 'Pathologie', hier wordt in dit hoofdstuk niet verder op ingegaan.

9.5.2 Het zadel en de singel

Het ontwerp, de pasvorm en de drukverdeling van het zadel hebben gevolgen voor de structuren waar het zadel mee in contact ligt. Een goed passend zadel ligt achter het schouderblad en eindigt voor de laatste rib. Daarnaast laat het de processus spinosi en de schouderbladen vrij.

In de loop der jaren verandert de vorm van een paard, het zadel zou mee moeten veranderen om goed te blijven passen. Als de boom van het zadel te nauw is kan het de beweging van de wervels belemmeren. Een te smalle kamer, of een zadel wat te ver naar voren ligt, kan de schouderbladen in de beweging beperken. Daarnaast ligt het zadel op een aantal spieren, waaronder de m. longissimus dorsi en de m. latisimus dorsi die, bijvoorbeeld door bobbeling in de vulling van de zadelkussens, geïrriteerd kunnen raken. Ook de fascia kunnen hierdoor beïnvloed worden. Al deze beperkingen kunnen tot een verminderde beweeglijkheid van de (thoracale) wervelkolom leiden. Deze verminderde beweeglijkheid heeft invloed op de ademhaling, de thorax kan niet meer vrij in- en uitzetten, dit geeft een verminderde ventilatie en dus verminderde zuurstofopname.

Een zadel moet niet alleen het paard passen, maar ook de ruiter. Een slecht op het paard liggend zadel brengt de ruiter uit balans, die daardoor het paard hindert. Ditzelfde geldt voor een, voor de ruiter, slecht passend zadel.

Het zadel wordt vastgemaakt met een singel die onder het sternum doorloopt. De singel kan het sternum en de ribben fixeren waardoor de ademhaling belemmerd wordt. Ook kan door het strak aantrekken van de singel een 'notenkraker-effect' optreden en hindert de singel de m. pectoralis ascendens.

9.5.2 Dekens

De deken bedekt de gehele romp van het paard, zit voor de borst vast en met singels onder de buik en tussen de benen. Bij het rollen kan de deken verschuiven, dit kan leiden tot een permanente druk of trek op de voorste thoraxopening. Een spanning op een structuur van de voorste thoraxopening kan zorgen voor een belemmerde ademhaling.

Hoofdstuk 10 Praktijkonderzoek

10.1 Inleiding

Aangezien er weinig onderzoek gedaan is naar osteopathische behandeling van paarden met longproblemen is dit onderzoek een eerste aanzet tot meer inzicht in de werking van osteopathie op longproblemen. Dit onderzoek is van belang voor de praktijk omdat paarden met longproblemen geholpen zouden kunnen worden op een op een manier die minder belastend is voor de inwendige organen van een paard (en minder complicaties kunnen optreden) dan wanneer zij medicatie toegediend krijgen.

RAO (Recurrent Airway Obstruction), ook wel bekend als 'dampigheid' en IAD (Inflammatory Airway Disease) zijn de twee meest voorkomende chronische longproblemen bij paarden. RAO manifesteert zich klinisch bij paarden van middelbare leeftijd, vooral ten noorden van de evenaar. De oorzaak wordt gezocht in stof dat aanwezig is in de bodembedekking en/of het hooi (Lit 10, Lit 33). RAO leidt tot slechte prestaties van het paard en bewegingsintolerantie en er wordt gesuggereerd dat RAO een systemische aandoening is met invloed op vele weefsels en organen (Lit 17).

Het aanwezig zijn van longproblemen, met name een obstructie in de luchtwegen, is de grootste oorzaak voor het verhogen van de energie die het kost om adem te halen (Lit 27). Er bestaan verschillende oorzaken voor de belemmeringen in de luchtwegen. Lekeux deelt ze, naar oorsprong, in drie groepen:

- a. Intraluminale belemmering; binnen het lumen van de luchtweg, bijvoorbeeld buitensporige mucus uitscheiding en/of verminderde mogelijkheid tot mucusklaring
- b. Intramurale belemmering; binnen de wand van de luchtweg, bijvoorbeeld tonusverhoging van het gladde spierweefsel
- c. Extraluminale belemmering; in de periferie van de luchtwegen, bijvoorbeeld door het afnemen van het longvolume.

Vanuit het osteopathisch perspectief wordt beredeneerd dat het longvolume beïnvloed kan worden door alle omliggende structuren. Onder andere door thoracale wervelblokkades, ribblokkades, verhoogde spiertonus in de ademhalingsspieren, beperkte beweeglijkheid van het diafragma en het sternum en beperkte beweeglijkheid van de buikorganen. Door middel van een osteopathische behandeling, waarbij blokkades opgeheven worden en waarbij de mobiliteit en motiliteit van organen hersteld wordt, zou een paard met longproblemen geholpen kunnen worden.

10.2 Onderzoeksvraag

De vraag die centraal staat is: wat is de invloed van een osteopathische behandeling op de ademhalingsfrequentie van een paard met longproblemen? En daaruit volgend: welke rol kan de osteopaat spelen bij paarden met longproblemen?

10.3 Methode

De deelnemende paarden werden ingedeeld in drie groepen:

1. de behandelgroep
2. controlegroep 1
3. controlegroep 2

De ademhalingsfrequentie en hartslag werden gemeten en vergeleken tussen groepen en over tijd. Er is in eerste instantie gekozen voor het meten van de ademhalingsfrequentie, omdat longproblemen de ademhalingsfrequentie beïnvloeden en het goed meetbaar is. In dit onderzoek is de ademhalingsfrequentie gemeten door caudolateraal van het paard te staan en de op- en neergaande beweging van de flank te tellen. Een normale ademhalingsfrequentie voor paarden ligt tussen de 8 en 12 ademhalingen per minuut en voor pony's tussen de 15 en 20 per minuut (Lit 19).

De paarden werden onderzocht in hun eigen omgeving, omdat paarden in een andere omgeving vaak angstig zijn en daardoor een andere ademhalingsfrequentie en een ander ademhalingspatroon kunnen laten zien (Lit 19). Naast de ademhalingsfrequentie werd, ter controle, ook de hartslag gemeten. Factoren die het hartritme beïnvloeden zijn leeftijd, fitheid en stress. De rusthartslag daalt in relatie met hogere leeftijd en betere trainingstoestand en stijgt met toename van stress.

10.3.1 Behandelgroep

Inclusiecriteria

De behandelgroep bestond uit paarden met longproblemen. De inclusiecriteria voor de behandelgroep waren aanwezigheid van tenminste twee van de volgende symptomen:

- regelmatig hoesten
- regelmatig snot uit de neus
- moeite met de ademhaling
- slechte conditie
- longproblematiek in de medische voorgeschiedenis, al of niet behandeld met medicatie

Rekrutering van de behandelgroep vond plaats door middel van het uitdelen van een flyer op een concours (zie bijlage 1), het ophangen van een flyer in een ruitersportzaak en het plaatsen van een oproep op een enduranceforum op het internet.

Protocol behandelgroep

Nadat de eigenaar zijn paard had aangemeld voor het onderzoek werd hij geïnformeerd over het verloop van het onderzoek (zie bijlage 2). Daarnaast werd de eigenaar gevraagd een intakeformulier in te vullen (zie bijlage 3). Aan de hand hiervan werd bepaald of het deelnemende paard voldeed aan de in- en exclusiecriteria. Ook werd hierin gevraagd naar een Numeric Rating Scale (NRS)-score van de mate waarin het paard, volgens de eigenaar, op dat ogenblik last had van zijn ademhaling. De NRS loopt van 0 tot 10 waarbij 0 staat voor:

‘mijn paard heeft op dit moment helemaal geen last van zijn longen’ en 10 voor: ‘mijn paard heeft de ergst denkbare last van zijn longen’. Vier weken na de behandeling vulden de eigenaren van de paarden een evaluatieformulier in. Hierin werd gevraagd naar een Numeric Rating Scale (NRS)-score van de mate waarin het paard, volgens de eigenaar, de afgelopen twee weken last had van zijn ademhaling en of de eigenaar verschil merkte met het hoesten, neusuitvoeiing of bij het rijden van het paard (zie bijlage 4).

Vervolgens werd een paard in de behandelgroep twee keer bezocht. Tijdens het eerste bezoek kregen de paarden een osteopatische behandeling. Voorafgaand aan de behandeling werden de hartslag en ademhalingsfrequentie gemeten in rust en na tien minuten draven aan de longe. Het meten gebeurde met behulp van een hartslagmeter, stethoscoop en horloge. Na het longeren kreeg het paard een half uur rust. Vervolgens werd het paard osteopatisch behandeld. Na de behandeling werd nogmaals de hartslag en ademhalingsfrequentie in rust gemeten.

De eigenaar werd geadviseerd het paard de eerste week rust te geven. Indien het paard geen weidegang genoot werd aangeraden het paard aan de hand te stappen. Na de eerste week werd de eigenaar geadviseerd de training op te starten met longeren, zonder bijzetteugels. In de derde week mocht er weer gereden worden.

Na vier weken vond het tweede bezoek plaats. De hartslag en ademhalingsfrequentie werden in rust en na tien minuten draven aan de longe gemeten.

10.3.2 Controlegroep 1

Inclusiecriteria

De eerste controlegroep waren tevens paarden met longproblemen en moesten voldoen aan dezelfde inclusiecriteria als de behandelgroep.

Rekrutering van deze controlegroep was gelijk aan de rekrutering van de behandelgroep.

Protocol controlegroep 1

Nadat de eigenaar zijn paard had aangemeld voor het onderzoek werd hij geïnformeerd over het verloop van het onderzoek (zie bijlage 2). De procedure voor deze controlegroep was bijna gelijk aan de procedure voor de behandelgroep. Het verschil werd gemaakt doordat de paarden in deze controlegroep een poetsbeurt kregen in plaats van een behandeling.

Tijdens het eerste bezoek werd vooraf aan de poetsbeurt de hartslag en ademhalingsfrequentie in rust en na tien minuten draven aan de longe gemeten. Na het longeren kreeg het paard een half uur rust. Vervolgens werd het paard een half uur gepoetst. Na het poetsen werd nogmaals de hartslag en ademhalingsfrequentie gemeten. Na vier weken vond het tweede bezoek plaats. De hartslag en ademhalingsfrequentie werden in rust en na tien minuten draven aan de longe gemeten.

10.3.3 Controlegroep 2

Inclusiecriteria

De tweede controlegroep bestond uit 'gezonde' paarden waarvan geen longproblemen bekend waren of andere medische aandoeningen. Het rekruteren van de controlegroep gebeurde door middel van rondvragen bij voor de onderzoeker bekende eigenaren en via de eigenaren van de deelnemende paarden met longproblemen.

Protocol controlegroep 2

Een paard in controlegroep 2 werd twee keer bezocht.

Tijdens het eerste bezoek werden de hartslag en ademhalingsfrequentie in rust en na tien minuten draven aan de longe gemeten. Na vier weken vond het tweede bezoek plaats. De hartslag en ademhalingsfrequentie werden opnieuw in rust en na tien minuten draven aan de longe gemeten.

10.3.4 Deelnemersgroep

Behandelgroep

De flyer op het concours leverde zes aanmeldingen voor het onderzoek op. De flyer in de winkel leverde één aanmelding op. De vermelding op het enduranceforum leverde acht aanmeldingen op. Daarnaast kwamen er nog twee aanmeldingen van eigenaren die door mond op mond op reclame van het onderzoek gehoord hadden. Dit leverde een totaal op van zeventien aanmeldingen voor de behandelgroep.

Zeven paarden konden uiteindelijk toch niet deelnemen aan het onderzoek. Eén paard was in de tussentijd ge-euthaniseerd, een ander paard was drachtig en om invloed op de dracht te voorkomen werd dit paard geëxcludeerd. Eén paard had metacam gekregen gedurende de onderzoeksperiode, dit beïnvloedt het reactievermogen van het paard (zie bijlage 7).

Daarom is het gebruik van deze medicatie een contra-indicatie voor de osteopatische behandeling, waardoor dit paard werd geëxcludeerd uit de behandelgroep. De eigenaar van één paard had een hernia, waardoor zij niet naar de stal kon komen en met drie anderen lukte het niet om een afspraak te maken.

Controlegroep 1

Vijf paarden uit de behandelgroep zijn eerst geplaatst in controlegroep 1.

Controlegroep 2

Eén eigenaar van een paard met longproblemen stelde haar twee andere paarden ter beschikking van de gezonde controlegroep. Daarnaast meldden zich nog drie eigenaren met een gezond paard voor deze controlegroep.

10.3.5 Statistische analyse

Statistische evaluatie werd uitgevoerd met SPSS 18.0®. Standaard statistische methoden werden toegepast om de gemiddelden, medianen en standaard deviaties (SD) te berekenen. Een mutiple repeated measures ANOVA-test werd toegepast op de metingen van de hartslag en ademhalingsfrequentie om het effect van de behandeling te toetsen over tijd tussen de behandelgroep en de controlegroepen. Tukeys Post hoc test werd vervolgens toegepast om het verschil tussen de behandelgroep met longproblemen en de gezonde controlegroep, en tussen de behandelgroep en de controlegroep met longproblemen te testen. Een Wilcoxon matched pairs signed rank test werd toegepast op de NRS-metingen om het verschil voor en na de behandeling te toetsen. Een P-waarde <0.05 werd als significant beschouwd.

10.4 Resultaten

10.4.1 Meetgegevens

In onderstaande paragrafen worden de uitkomsten gepresenteerd per onderdeel van het onderzoek.

10.4.1.1 Kenmerken deelnemersgroepen

In figuur 18 staan de kenmerken van de groepen vermeld. De leeftijd en het geslacht van een paard hebben invloed op de ademhalingsfrequentie en hartslag (Lit 19). Van de deelnemende paarden was 70% ruin in de behandelgroep, 40% was ruin in controlegroep 1 en 100% in controlegroep 2. De gemiddelde leeftijd van de paarden was 17 jaar in de behandelgroep, 17 jaar in controlegroep 1 en 9 jaar in controlegroep 2. Het verschil in leeftijd tussen de groepen met longproblemen en de gezonde groep was significant. Dit kan verklaard worden door de leeftijd waarop chronische longproblemen zich manifesteren (Lit 19). De onderzoeksgroep is echter niet groot genoeg om hier conclusies uit te trekken. De duur van het hebben van longproblemen in de behandelgroep en controlegroep 1 was gemiddeld meer dan vier jaar en verschilde niet significant tussen de groepen.

Gemiddelde (SD)	Groep long-behandeling	Groep long-controle	Gezonde controlegroep
Geslacht (%ruin)	70%	40%	100%
Leeftijd	17.0 (4.3)	16.4 (3.9)	9.0 (6.0)
Maanden longproblemen	48.3 (44.7)	53.4 (44.8)	Nvt

Figuur 18: Kenmerken deelnemersgroepen

10.4.1.2 Resultaten metingen hartslag

In figuur 19 worden de gemiddelden en standaard deviaties (sd) van de hartslag weergegeven. HR3 was bij controlegroep 2 niet gemeten omdat geen behandeling of poetsbeurt heeft plaatsgevonden. Zoals te zien is in de figuur daalt de hartslag in rust in de behandelgroep zowel direct na de behandeling (37.2 vs. 34.2) als over vier weken tijd (37.2

vs. 34.3), dit was echter niet significant ($p=0.11$, $p=0.32$ respectievelijk). Ook na tien minuten draven was de hartslag gedaald over tijd (67.3 vs. 63.0), dit was echter ook niet significant ($p=0.44$). In zowel de controlegroep met longproblemen als de gezonde controlegroep steeg de hartslag licht over tijd, zowel bij de meting in rust (33.2 vs. 34.6, 32.6 vs 34.4 respectievelijk) als bij de meting na tien minuten draven (62.4 vs. 63.2, 60.0 vs. 72.0 respectievelijk), dit verschil was echter niet significant voor beide controlegroepen ($p>0.26$). De verandering in de hartslag in rust óf na het draven over vier weken in de behandelgroep was niet significant verschillend met de verandering in hartslag over vier weken in controlegroep 1 ($p=0.99$ in rust, 0.93 na longeren) of in controlegroep 2 ($p=0.65$ in rust, 0.99 na longeren).

	HR1	HR4	HR2	HR5	HR3
Behandelgroep	37.2 (6.5)	34.3 (7.3)	67.3 (16.5)	63.0 (17.2)	34.2 (5.0)
Controlegroep1	33.2 (5.9)	34.6 (3.4)	62.4 (11.5)	63.2 (15.0)	34.2 (3.5)
Controlegroep2	32.6 (6.8)	34.4 (2.2)	60.0 (14.1)	72.0 (16.7)	

Figuur 19: Uitkomsten statistische analyse hartslag, waarbij (in slagen per minuut):

HR1 hartslagmeting in rust, vóór het longeren en vóór de behandeling
 HR4 hartslagmeting vier weken na de behandeling, in rust
 HR2 hartslagmeting na 10 minuten draven vóór de behandeling
 HR5 hartslagmeting vier weken na de behandeling, na 10 minuten draven
 HR3 hartslagmeting direct na de behandeling

10.4.1.3 Resultaten metingen ademhalingsfrequentie

In figuur 20 worden de gemiddelen en standaard deviaties (sd) van de ademhalingsfrequentie weergegeven. AF3 is bij controlegroep 2 niet gemeten omdat geen behandeling of poetsbeurt heeft plaatsgevonden.

Zoals te zien is in de figuur daalde de ademhalingsfrequentie in rust in de behandelgroep zowel direct na de behandeling (13.0 vs. 12.6) als over vier weken tijd (13.0 vs. 11.4), dit was echter niet significant ($p=0.76$, $p=0.24$, respectievelijk). Na tien minuten draven steeg de ademhalingsfrequentie over tijd (33.2 vs. 35.6), dit was echter ook niet significant ($p=0.62$). In zowel de controlegroep met longproblemen als de gezonde controlegroep stijgt de ademhalingsfrequentie over tijd, zowel bij de meting in rust (10.0 vs. 14.8, 10.8 vs. 15.2 respectievelijk) als bij de meting na tien minuten draven (33.6 vs 41.6, 31.2 vs. 57.6 respectievelijk). Dit verschil was echter alleen significant voor controlegroep 2 voor de metingen in rust ($p=0.03$). De overige metingen waren niet significant voor controlegroep 1 of controlegroep 2 ($p>0.08$). De verandering in de ademhalingsfrequentie in rust óf na het draven over vier weken in de behandelgroep was niet significant verschillend met de verandering in hartslag over vier weken in controlegroepen 1 ($p=0.94$ in rust, 0.80 na longeren) of in controlegroep 2 ($p=0.87$ in rust, 0.53 na longeren).

	AF1	AF4	AF2	AF5	AF3
Behandelgroep	13.0 (3.6)	11.4 (4.1)	33.2 (15.4)	35.6 (23.7)	12.6 (6.5)
Controlegroep1	10.0 (2.0)	14.8 (3.9)	33.6 (15.1)	41.6 (11.5)	13.2 (4.8)
Controlegroep2	10.8 (2.7)	15.2 (3.3)	31.2 (11.8)	57.6 (29.6)	

Figuur 20: Uitkomsten statistische analyse ademhalingsfrequentie, waarbij (in teugen per minuut):

AF1 ademhalingsfrequentie in rust, vóór het longeren en vóór de behandeling
 AF4 ademhalingsfrequentie vier weken na de behandeling, in rust
 AF2 ademhalingsfrequentie na 10 minuten draven, vóór de behandeling
 AF5 ademhalingsfrequentie vier weken na de behandeling, na 10 minuten draven
 AF3 ademhalingsfrequentie direct na de behandeling

10.4.1.4 Resultaten metingen NRS-score

Tenslotte staan in figuur 21 de uitkomsten van de NRS-score weergegeven. De verschillen in de behandelgroep tussen de eerste meting en de meting na de behandeling waren significant ($p=0.02$). De verschillen in de controlegroep tussen de eerste meting en de meting na de poetsbeurt waren niet significant ($p=0.41$).

De vooruitgang in de NRS-score in de behandelgroep ten opzichte van de vooruitgang in NRS score van controlegroep 1 kon niet getest worden met een non-parametrische test, omdat deze niet bestaat. Desondanks zijn deze veranderingen in scores getoetst met een multiple repeated measures ANOVA-test, maar deze gaf geen significant verschil aan in vooruitgang op de score tussen de groepen.

	Groep long-behandeling	Groep long-controle
Mediaan (range)		
NRS 1	5 (3-7)*	5 (2-7)
NRS 2	4 (1-5)*	4 (2-5)

*Verschil tussen voor en na meting door middel van Wilcoxon Ranks test. $P=0.02$

Figuur 21: Uitkomsten statistische analyse NRS-score, waarbij:

NRS1 NRS-score vóór de behandeling
 NRS2 NRS-score vier weken na de behandeling

	Groep long-behandeling	Groep long-controle
Gemiddelden		
NRS 1	4.7	4.6
NRS 2	3.4	4.0

Figuur 22: Uitkomsten gemiddelden NRS-score

10.4.2 Bevindingen osteopatisch onderzoek per paard

In figuur 23 staan de osteopatische bevindingen gerangschikt per paard. In bijlage 6 staat een grotere tabel. Zo is in één oogopslag te zien waar welk paard last van heeft. In hoofdstuk 10.6 staan deze gegevens weergegeven in een tabel waarin de letsels gerangschikt staan per segment.

Paard	Letfels														
P C	Th7	Th15	Th17	Th18	L1	L2	L3	L4							
B	T17	R16B	R17B	R18R	Ca										
E	Th10	Th13	Th16	L1	L4	R10L	R14R	R16B	M	L					
O	C4	C5	Th15	Th16	Th17	Th18	R17B	OP R	ON R	M	L				
Y	C3	Th9	Th13	Th17	L1	L4	M								
T L	OAA	C3	C5	Th4	Th10	Th16	L1	R10B	R16B	OP L	ON L	M	L		
S	OAA	C5	Th5	L1	L3	L5	R5R	M							
R B	C4	C5	Th5	Th14	Th16	Th17	L3	R16R	R17R						
A	C3	Th7	Th9	Th17	Th18	L3	L4	M							
F	OAA	C3	C4	Th4	Th9	Th14	Th16	L3	R1R	R4B	R9B	R14L	M	L	OP R

Figuur 23: Gevonden letfels per paard, waarbij:

C.....: cervicale wervel gevolgd door het nummer

Th.....: thoracale wervel gevolgd door het nummer

L.....: lumbale wervel gevolgd door het nummer

Ca: Caecum

L: Lever

M: Maag

OP L/R: Os pissiforme links/rechts

ON L/R: Os naviculare links/rechts

10.4.3 Beschrijving per paard

Prince C

Prince C is een 13-jarige, wat wantrouwige KWPN-ruin. Zijn ruiter start hem in de L-dressuur. Ze geeft aan dat hij tijdens het rijden wat strak is in de bovenlijn en dat de linkergalop moeilijk is. Klachten zijn: hoest tien tot twintig keer per uur, vooral tijdens werk en eten, chronische bronchitis. Hij heeft hiervoor in het verleden eenmalig een antibioticakuur gekregen.

Aan de longe is de draf rechtsom onregelmatig, hij kan zijn rechterbeen niet onder zetten en er is geen beweging te zien rond TLO. Over het algemeen is het paard vrij gespannen. De m. obliquus externus abdominis is hypertoon. Tijdens de behandeling trekt het hyoid naar rechts. De musculatuur rond de atlas is rechts meer gespannen. Voorste thoraxopening lijkt recht, sacrum trekt naar rechtsonder. Th7, Th15 en Th17 zijn geblokkeerd. Daarnaast functioneren Th18 t/m L4 als één blok.

Benny

Benny is een 19-jarige, kittige Welsh-pony. Hij wordt vier keer in de week ongeveer een half uur gereden door een jongetje. Klachten doen zich vooral voor als het wat kouder weer is, hij hoest dan zo'n tien keer per uur.

Aan de longe is de draf rechtsom onregelmatig. Na ongeveer zes minuten is er een terugval in tempo. Bij Benny vind ik Th17 geblokkeerd, met daarbij rib 16 en 17 aan beide kanten en rib 18 rechts. De motiliteit caecum is iets verminderd.

Eros

Eros is een 17-jarige kruising Tinker-Arabier. Er werd tot drie maanden geleden 5 keer in de week op hem gereden, dressuurmatig en ritten van 2-3 uur in het bos. De laatste tijd echter geeft hij zo duidelijk aan dat hij niet wil bewegen dat er nog weinig met hem gedaan wordt. Klachten zijn met name hoesten bij de opstart van het rijden, snot uit beide neusgaten na het rijden, kortademig tijdens rijden en knijpende ademhaling. De m. obliquus externus abdominis is hypertoon. Aan de longe wil hij bijna niet vooruit. Hij maakt een slome indruk. Tijdens de behandeling vind ik dat het hyoid naar rechts trekt. Ook de musculatuur rond de atlas is aan de rechterkant meer gespannen. Voorste thoraxopening trekt naar rechtsonder. In de wervelzuil presenteren zich de volgende blokkades: Th10 en Th16 links, Th10, Th13, Th16, L1 en L4 rechts. De ribben 10 en 16 aan de linkerkant en 14 en 16 aan de rechterkant zijn geblokkeerd. Os carpi radiale rechts is ook geblokkeerd. Verder is de motiliteit van de maag en lever verminderd. Na de behandeling gaapt Eros.

Omar

Omar is een brave, 14-jarige KWPN-ruin. Zijn ruiter start hem in de M-dressuur.

Klachten zijn: hoesten, snot, slijm, sloom aan het begin van het rijden.

In het verleden heeft hij de volgende medicijnen gekregen: ventipulmin, equimucin en prednison.

Aan de longe loopt Omar in alle gangen op de rechterhand beter. Linksom loopt hij licht onregelmatig. Zijn linkerachterbeen lijkt slap.

Tijdens de behandeling merk ik op dat het hyoid naar rechts trekt. De voorste thoraxopening trekt naar rechtsachter en het sacrum naar rechtsvoor. In de wervelzuil vind ik van Th15 t/m 18 verminderde beweeglijkheid. Th17 en de bijbehorende ribben zijn geblokkeerd. Cervicaal thv C4/C5 verminderd beweeglijk naar links. Motiliteit maag en lever verminderd.

Rechtervoorbeen zowel os pissiforme als os naviculare geblokkeerd. Na de behandeling begint Omar ontzettend te gapen.

De ruiter geeft enkele dagen na de behandeling aan dat Omar lekkerder in zijn vel lijkt te zitten.

Yoram

Yoram komt over als een gevoelige en energieke, 20-jarige Arabische hengst. Na een dressuurcarrière heeft hij t/m klasse 3 endurance gelopen. Sinds vorig jaar staat hij op rust. Dat houdt in dat er nog drie keer per week 12 tot 15 km met hem in de duinen wordt gereden.

Tijdens het longeren bouwt hij wat spanning op waardoor bijna constant een kokergeluid te horen is. Ook loopt hij rechtsom iets onregelmatig.

Uit het osteopatisch onderzoek blijkt dat het hyoid naar rechts staat, de voorste thoraxopening naar links en het sacrum naar linksvoor trekt. De volgende wervels zijn geblokkeerd: C3, Th9, Th13, Th17, L1 en L4. Visceraal wordt een verminderde motiliteit van

de maag en/of lever waargenomen. Vanwege de reactie van het paard (veelvuldig gapen) wordt hier aangenomen dat de verminderde motiliteit van de maag op de voorgrond staat.

Topfit Lelystad's First

To is een 19-jarige Nieuwzeelandse volbloedruin. Tot vorig jaar werd hij uitgebracht in de eventing. Op dit moment wordt hij nog drie keer per week gereden, afwisselend dressuurmatig, springen of in het bos.

Wat bij binnenkomst direct opvalt is dat hij een ontzettende knijpende ademhaling heeft. De lendenen zijn hierbij ook helemaal ingetrokken en de m. obliquus externus abdominis is hypertoon. Ook is hij aan de magere kant.

In het osteopatisch onderzoek vind ik dat de voorste thoraxopening naar links trekt. De gewrichten van de wervelkolom en ook de benen zijn over het algemeen zeer soepel. Alleen OAA-complex is verminderd beweeglijk. Blokkades vind ik ter hoogte van C3, C5, Th4, Th10, Th16 en L1. Rib 10 en rib 16 staan beiderzijds in een inspiratiestand. De maag en de lever hebben een verminderde motiliteit.

Stacey

Stacey is een 21-jarige New Forestmerrie, door de eigenaar omschreven als 'een dame op leeftijd met pit'. Er wordt af en toe een buitenritje met haar gemaakt en af en toe een dressuurles met haar gereden.

Tijdens het longeren haalt ze pompnd en hoorbaar adem. Zowel linksom als rechtsom ontbreekt de lengtebuiging. Daarbij draaft ze linksom in een sneltreinvaart en heeft ze een 'tweebenige' galop.

Wat als eerste opvalt is dat Stacey een vrij doffe vacht heeft. Ook is de m. obliquus externus abdominis hypertoon. Uit het osteopatisch onderzoek komt verder het volgende naar voren: het hyoid staat naar rechts, zwelling onder de kaak, tonus musculatuur atlas/axis links hoger, voorste thoraxopening trekt naar rechtsachter, sacrum naar rechtsvoor. Er is een beperkte atlas-axisrotatie. Aan de rechterkant worden blokkades gevonden ter hoogte van C2, Th5, L1, L3, L5 en rib 5, aan de linkerkant ter hoogte van C5, L1, L3, L5. Wat opvallend is is dat er een verharding zit onderaan de hals. Ook valt op dat juist de maag en lever erg naar links trekken.

Romantico B

Romantico B is een grote KWPN-ruin van 12 jaar. Wordt dressuurmatig gereden en gestart in de endurance. In 2008 is er een verstikkingslongontsteking geconstateerd.

Tijdens het longeren toont zijn achterhand rechtsom veel slapper en heeft hij meer moeite met buigen dan linksom. Hij slaat zijn achterbenen ver naar achteren uit.

De volgende dingen komen naar voren tijdens het osteopatisch onderzoek: het hyoid trekt naar rechts, atlasmusculatuur tonus links hoger, voorste thoraxopening geen bijzonderheden, diafragma naar links en het sacrum trekt naar rechtsvoor. De volgende

blokkades doen zich voor: C4, C5, Th5, Th14, Th16, Th17 en L3, rib 16 en rib 17 aan de rechterzijde.

Afarim

Afarim is een 11-jarige Arabische volbloedruin. Hij heeft tot twee jaar geleden klasse IV endurance gereden. De afgelopen twee jaar werd hij geplaagd door benauwdheid en hoesten. Er wordt nu drie keer in de week met hem onder het zadel dressuurmatig en buiten gewerkt.

Bij het longeren toont hij linksom stijf, waarbij hij op de momenten dat hij zijn hoofd wil laten zakken schrikt en bikt. Rechtsom vluchterig.

Uit het osteopatisch onderzoek komen de volgende gegevens naar voren: hyoïd trekt naar rechts, geen bijzonderheden rondom atlas en voorste thoraxopening, sacrum trekt naar rechtsvoor. Aan de linkerkant C3, Th7, Th9, Th17, Th18, L3 en L4 geblokkeerd, aan de rechterkant Th18 en L4. Verminderde motiliteit maag en/of lever. Vanwege de reactie an het paard (veelvuldig gapen) wordt aangenomen dat de verminderde motiliteit van de maag op de voorgrond staat.

Feline

Feline is een 24-jarige KWPN-merrie. Ze wordt dagelijks een half uur tot een uur gelongeerd of gereden. De laatste twee jaar zijn de longproblemen minder maar de acht jaar daarvoor waren ze prominent aanwezig.

Tijdens het longeren loopt Feline rechtsom onregelmatig. Het lijkt of ze af en toe struikelt door het rechtervoorbeen of de –schouder.

Bij de inspectie valt op dat de m. obliquus externus abdominis hypertoon is. Het hyoid, de voorste thoraxopening en het diafragma trekken naar rechts. Het sacrum trekt naar rechtsvoor. Blokkades worden rechts gevonden ter hoogte van C2, C3, C4, Th4, Th9, Th16, L3. Links: C3, C4, Th9, Th16. Het gebied Th16 t/m L4 is in zijn geheel verminderd beweeglijk. De ribben 1, 4 en 9 staan in een inspiratiestand aan de rechterkant, aan de linkerkant zijn dat rib 4 en rib 9.

Zowel de maag als de lever hebben een verminderde motiliteit. Tijdens de behandeling zucht Feline een aantal keer nadrukkelijk. Na afloop van de behandeling gaapt zij zo'n tien keer.

10.5 Discussie

De ademhalingsfrequentie en hartslag van de behandelgroep en twee controlegroepen verschilden niet significant na de behandeling en vier weken daarna. De NRS-score in de behandelgroep daalde volgens de paardeneigenaren significant na de behandeling.

De meeste blokkades werden gevonden op Th14-Th18, dit zou kunnen duiden op een colonprobleem of op een nier-/bijnierprobleem (Lit 2, Lit 14, Lit 24). Volgens Goody (Lit 18) komen er vanuit Th6 t/m Th16 aftakkingen van de plexus coeliacus, dit zou kunnen duiden op een onderliggend maag of leverprobleem omdat de innervatie van de maag en lever loopt

via deze plexus. Daarbij heeft het langdurig gebruik van medicatie, waarvan bij paarden met longproblemen vaak sprake is, een grote invloed op het slijmvlies van de maag en geeft dit een belasting op de lever (Lit 6, Lit 20).

Het ontbreken van een significant effect van de behandeling op de hartslag en ademhalingsfrequentie zou verklaard kunnen worden door de kleine onderzoeksgroep en door de heterogeniteit in de groepen. Daarnaast speelden de omgevingsfactoren waarschijnlijk een rol. De omgevingsfactoren zijn zoveel mogelijk consistent gehouden, bijvoorbeeld één persoon voerde het longeren uit, metingen werden tijdens het eerste bezoek en tijdens het tweede bezoek op hetzelfde tijdstip gepland, het paard werd twee keer in dezelfde bak gelongeerd. Desondanks kunnen de omgevingsfactoren na vier weken toch veranderd zijn door verbouwingen of weersomstandigheden. Bijvoorbeeld door regen kan een bak veel zwaarder zijn, of de omgeving verandert door boomstammen naast de bak, wat stress kan veroorzaken bij een paard (Lit 19).

Ook zat er een verschil in het protocol van de behandelgroep en de controlegroepen. De behandelgroep werd geadviseerd na de behandeling één week rust te houden, in de tweede week alleen heel rustig longeren, in de derde week afwisselend te rijden en longeren en in de vierde week verder op te bouwen. Dit werd bij de controlegroepen niet geadviseerd. Dit kan invloed hebben op de conditie van de paarden en dus op de metingen naar hartslag en ademhalingsfrequentie.

Daarnaast zat er een verschil in het protocol tussen de twee controlegroepen. In controlegroep 1 kregen de paarden een poetsbeurt ter vervanging van de behandeling, in controlegroep 2 niet. Verder hebben de paarden in de behandelgroep en de controlegroep voorheen verschillende medicatie toegediend gekregen.

De NRS-score was significant gedaald in de behandelgroep na vier weken. De ruiters vonden dat de longproblemen minder waren geworden na een behandeling door de osteopaat. Dit resultaat geeft aan dat de eigenaren een effect zagen.

Zoals te zien is in figuur 24 (op de volgende pagina) wordt bij zeven van de tien paarden in de behandelgroep een verminderde motiliteit van de maag vastgesteld. Dit is opvallend, maar de conclusie dat paarden met longproblemen in 70% van de gevallen ook maagproblemen hebben kan hieraan niet verbonden worden. Maagproblemen bij paarden kennen een hoge prevalentie en incidentie (Lit 6, Lit 21). Intensieve training lijkt een predisponerende factor in het ontstaan van maagulcera. Daarnaast lijkt het dieet, de mate van weidegang, stress en het gebruik van NSAID's van invloed op het ontstaan en de ernst van de ulcera.

Zoals in figuur 24 en 25 (volgende pagina) te zien is, werden tijdens het onderzoek in verschillende segmenten blokkades gevonden. Er werden meer blokkades gevonden buiten het hart- en longensegment (51 blokkades) dan daarin (6 blokkades), het aantal blokkades

in een segment is afhankelijk van welke indeling gebruikt wordt. In dit onderzoek werd de indeling van Dirckx (Lit 14) gebruikt.

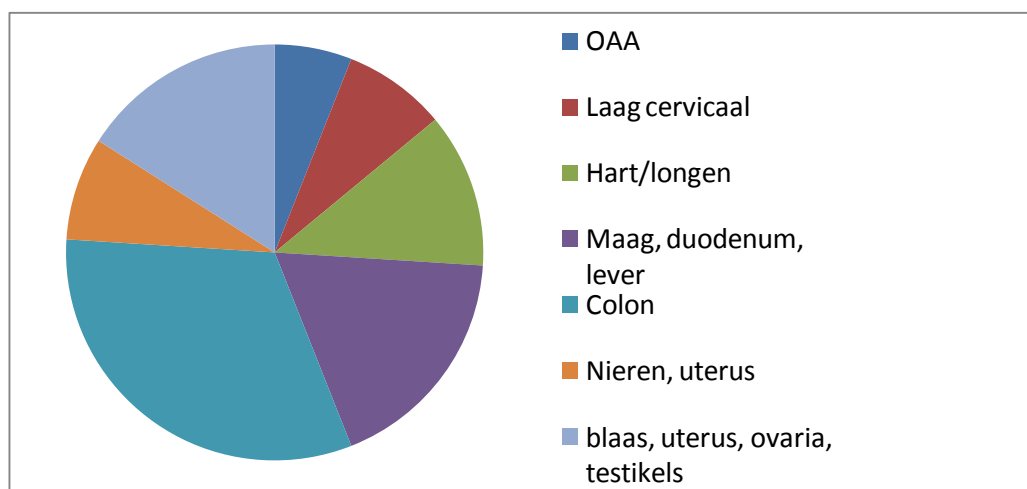
Dat er meer blokkades buiten het hart- en longensegment waren zou kunnen komen doordat de longen zelf geen negatieve afferentie afgeven. De afferentie uit de overige organen kan via de n. vagus of via de n. phrenicus, zoals eerder besproken, invloed uitoefenen op de longen. Daarnaast beïnvloeden de overige organen via de orthosympatische weg de beweeglijkheid van de wervels en ribben, die ook invloed heeft op de longfunctie.

Longproblemen zouden dus met name secundair kunnen zijn aan problemen van de overige organen, met name de maag en lever.

Medisch gezien zou het in vervolgonderzoek interessant zijn te weten of er een relatie bestaat tussen andere orgaanproblemen en de aanwezigheid van longproblemen, met andere woorden of orgaanproblemen predisponerend zouden kunnen werken. Voor de osteopatische behandeling maakt het geen verschil, de osteopaat behandelt tenslotte altijd wat hij vindt. Door de holistische kijk van de osteopaat kan zijn rol liggen in het opsporen van de onderliggende oorzaak van de longproblemen en deze behandelen.

Structuur	Aantal letsels	Totaal in segment	Mogelijke relaties (Lit 14)
OAA	3	3	ganglion cervical craniale
C3	4		
C4	3		
C5	4	4	n. phrenicus
Th4	2	6	hart, longen
Th5	2		
Th7	2	9	maag, duodenum, lever, milt
Th9	3		
Th10	2		
Th13	2		
Th14	2	16	dunne darm, colon, caecum
Th15	2		
Th16	4		
Th17	6		
Th18	2		
L1	4	4	nieren, uterus
L3	4	8	blaas, uterus, ovaria, testis
L4	3		
L5	1		
Motiliteit caecum	1		
Motiliteit maag	7		
Motiliteit lever	4		
Rib1	1	3	hart, longen
Rib4	1		
Rib5	1		
Rib9	1	3	maag, duodenum, lever
Rib10	2		
Rib14	2	10	colon
Rib16	4		
Rib17	3		
Rib18	1		

Figuur 24: Bevindingen osteopatisch onderzoek en mogelijke relaties



Figuur 25: Laesies per segment in cirkeldiagram

10.6 Conclusie

De hartslag en de ademhalingsfrequentie van paarden met longproblemen daalden in rust na de osteopatische behandeling. De hartslag daalde ook na tien minuten draven. Deze effecten waren niet significant. De NRS-score in de behandelgroep daalde significant vier weken na de behandeling.

Over het algemeen leken de paarden in het onderzoek het meest last te hebben van de verminderde motiliteit van hun maag en lever en blokkades laag thoracaal. Dit is een indicatie voor het secundair zijn van longproblemen aan problemen van de organen. Omdat blijkt dat longproblemen vaak een uiting zijn van problemen op een andere plek in het lichaam is het van belang om verder te kijken dan alleen naar de oppervlakkige symptomen. De osteopaat kan een waardevolle rol spelen in het behandelen van paarden met longproblemen omdat het paard als geheel wordt behandeld waardoor problemen aan andere organen worden opgelost/verlicht en daardoor waarschijnlijk ook de longproblemen. Voor verder onderzoek naar de invloed van osteopatische behandeling op paarden met longproblemen zou een Randomized Controlled Trial met grotere groepen en standaardisatie aanbevolen worden, waarbij ook wordt getest op maag- en leverproblemen.

Hoofdstuk 11 Besluit

In het kader van deze thesis zijn 10 paarden behandeld die gedurende een langere periode longproblemen hadden. In deze groep blijkt dat een osteopatische behandeling een daling van de hartslag en ademhalingsfrequentie in rust tot gevolg heeft. De eigenaren geven allen aan dat hun paard lekkerder loopt na de behandeling en in sommige gevallen is het paard ook minder chagrijnig.

De paarden hadden allemaal blokkades rondom de thoracolumbale overgang. Daarnaast vertoonden zeven van de tien paarden een verminderde motiliteit van de maag. Dit is een indicatie dat longproblemen secundair zouden kunnen zijn aan problemen van andere organen.

Het aantal paarden dat behandeld is in het kader van deze thesis is te klein om er een conclusie uit te kunnen trekken. Echter een osteopatische behandeling bij paarden met longproblemen heeft een positief effect op het bewegingstelsel en het welbevinden van het paard.

Samenvatting

Inleiding

Mijn nieuwsgierigheid naar longproblemen werd aangewakkerd door de pony die ik vroeger reed. In de eerste hoofdstukken van deze thesis laat ik daarom de anatomie, embryologie, histologie, fysiologie, neurologie, ademhalingsprocessen en pathologie van de longen aan bod komen. In het hoofdstuk 'Osteopatische visie op de longen' wordt de koppeling gelegd met de verschillende andere organen en worden de osteopatische relaties gelegd.

Omdat er bij mijn weten niet eerder onderzoek is gedaan naar de rol van osteopathie bij longproblemen bij paarden heb ik een praktisch onderzoek opgezet. Het doel van het onderzoek is vast te stellen of er door middel van het meten van de hartslag en ademhalingsfrequentie een verschil bestaat voor, direct na en vier weken na de osteopatische behandeling van een paard met longproblemen.

In totaal hebben zestien eigenaren en paarden aan het onderzoek meegewerkt. De hartslag en ademhalingsfrequentie werden bij de deelnemende paarden gemeten op verschillende tijdstippen om een uitspraak te kunnen doen over de invloed van de osteopatische behandeling hierop.

Onderzoeksvraag

De vraag die centraal staat is: wat is de invloed van een osteopatische behandeling op de ademhalingsfrequentie en hartslag van een paard met longproblemen? En daaruit volgende: welke rol kan de osteopaat spelen bij paarden met longproblemen?

Methode

Zestien paarden namen deel aan het onderzoek. Ze werden ingedeeld in een behandelgroep, een controlegroep met longproblemen en een controlegroep zonder longproblemen. De paarden in de behandelgroep werden osteopatisch behandeld, de paarden in de controlegroep met longproblemen kregen in plaats van een behandeling een poetsbeurt en de gezonde paarden kregen geen van beide.

In alle groepen werden de hartslag en ademhalingsfrequentie gemeten, voor, direct na en vier weken na de behandeling, zowel in rust als na tien minuten draven aan de longeerlijn. Daarnaast vulden de eigenaren een intake- en evaluatieformulier waarop onder andere een NRS-score werd uitgevraagd.

Vervolgens zijn de data statistisch geëvalueerd met SPSS18®. Een multiple repeated measures ANOVA-test werd toegepast op de metingen van de hartslag en ademhalingsfrequentie om het effect van de behandeling te toetsen over tijd tussen de groepen. Tukeys Post hoc test werd vervolgens toegepast om het verschil tussen de behandelgroep met longproblemen en de gezonde controlegroep, en tussen de behandelgroep en de controlegroep met longproblemen te testen. Een Wilcoxon matched

pairs signed rank test werd toegepast op de NRS-metingen om het verschil voor en na de behandeling te toetsen.

Resultaten

In zowel de hartslag als ademhalingsfrequentie waren de verschillen tussen de groepen en over tijd niet significant. Wel daalde de NRS-score over tijd significant.

Conclusie

Er werden geen effecten van de osteopatische behandeling gevonden op de hartslag en ademhalingsfrequentie bij paarden met longproblemen. De NRS-score daalde significant na de behandeling. Over het algemeen leken de paarden in het onderzoek het meest last te hebben van de motiliteit van hun maag en lever en blokkades laag thoracaal. Dit is een indicatie voor het secundair zijn van longproblemen aan problemen van de organen.

Literatuurlijst

1. Alan Hodson et al Development of the lung, 1977
2. Alen Onuitgegeven cursus: anatomie, biomechanica, pathologie, fasciën, praktijk paardenosteopathie I.C.R.E.O. 2007-2010
3. Art et al Pulmonary function in the exercising horse, 2002
4. Barral et Mercier Visceral manipulation, 2005
5. Battel Thesis: Hartslagvariabiliteit, 2010
6. Bruijn, de et Schutrups Prevalentie maagulcera bij paarden in Nederland, 2011
7. Budras et al Anatomie van het paard, 2005
8. Burgerhout et al Fysiologie, leerboek voor paramedische opleidingen, 2001
9. Coelho Zakwoordenboek der geneeskunde, 2000
10. Couetil Critical evaluation of treatment efficacy for RAO and IAD, 2009
11. Couetil How do we define poor performance? 2009
12. Cranenburgh, van Schema's fysiologie, 1997
13. Derksen et al Overview of the equine respiratory system, 2002
14. Dirckx Onuitgegeven cursus: osteologie, artrologie, neurologie, fysiologie, praktijk paardenosteopathie I.C.R.E.O. 2007-2010
15. Dyce et Wensing Anatomie van het paard, 1980
16. Feneis Geïllustreerd anatomisch zakwoordenboek van de Internationale nomenclatuur, 1998
17. Gehlen et al Skeletal muscle changes in horses with recurrent airway obstruction, 2009
18. Goody Horse Anatomy, a pictorial approach to equine structure, 2006
19. McGorum et al Equine respiratory medicine and surgery, 2007
20. Holtman Thesis: De lever in de paardenosteopathie, 2008
21. Huysentruyt Thesis: Apertura thoracis cranialis bij het paard, 2010
22. Hyttel et al Domestic animal embryology, 2010
23. Kurvers Thesis: Een osteopatische kijk op de paardenmaag, 2009
24. Langen et Schulte Wien Osteopathie für Pferde, 2004
25. Latshaw Veterinary developmental anatomy, 1987
26. Lekeux et al Function and dysfunction of the lower airways, 2005
27. Lekeux Respiratory diseases by clinical signs, 2007
28. London et Vis Scriptie: Is een witte plek bij dieren zwak of een natuurgeneeskundige uitlaatklep? 2005
29. Michel Thesis: Anatomie und Funktion der Faszien beim Pferd und Hund, 2005
Presentatie 'Working with fascias in dogs and horses, 2009
30. Müller Aandoeningen van het respiratie-apparaat bij de

	landbouwhuisdieren en het paard, 2002
31. Paoletti	The Fasciae, 2006
32. Raynor	The horse anatomy workbook, 2006
33. Robinson	Recurrent airway obstruction, 2001
34. Sjaastad et al	Physiology of domestic animals, 2003
35. Vochten	Thesis: De nervus phrenicus en zijn 'punt' bij het paard! Een osteopatisch-anatomisch review, 2007
36. Westerhof	Thesis: Het 'verzuurde'paard, 2011
37. Wyche	Het paard in beweging, 2005

Lijst van illustraties

Figuur 1:	Transversale doorsnede en sagittale doorsnede van de thorax met de longen weergegeven in rood Raynor, The horse anatomy workbook, 2006
Figuur 2:	Schematisch overzicht van het pericardium Dyce et Wensing, Anatomie van het paard, 1980
Figuur 3:	Pericardium met ligamentaire structuren en het diafragma Michel, Thesis: Anatomie und Funktion der Faszien beim Pferd und Hund, 2005
Figuur 4:	Fasciale verbindingen van het paard Michel, Presentatie 'Working with fascias in dogs and horses, 2009
Figuur 5:	Ontwikkeling van de primitieve darm Hyttel et al, Domestic animal embryology, 2010
Figuur 6:	Primordia uit de primitieve darm Hyttel et al, Domestic animal embryology, 2010
Figuur 7:	Ontwikkeling van het respiratoir diverticulum Hyttel et al, Domestic animal embryology, 2010
Figuur 8:	Veranderingen in de circulatie bij de geboorte Hyttel et al, Domestic animal embryology, 2010
Figuur 9:	De vertakking van de bronchi tot in alveoli, met een detaildoorsnede van een alveolus en het capillaire netwerk Sjaastad et al, Physiology of domestic animals, 2003
Figuur 10:	Het cardiovasculair systeem Sjaastad et al, Physiology of domestic animals, 2003
Figuur 11:	Invloeden op de regulatie van de ademhaling Cranenburgh, van, Schema's fysiologie, 1997
Figuur 12:	Autonome en somatische innervatie van de long, internet
Figuur 13:	De beweging van de ribben en het diafragma tijdens de ademhaling Sjaastad et al, Physiology of domestic animals, 2003

-
- Figuur 14: Paard met de zogenaamde 'dampigheidslijn'
McGorum et al, Equine respiratory medicine and surgery, 2007
- Figuur 15: Vrije stofdeeltjes in bodembedekkers
Robinson, Recurrent airway obstruction, 2001
- Figuur 16: Vrije stofdeeltjes in voer
Robinson, Recurrent airway obstruction, 2001
- Figuur 17: Diafragma
Alen, Onuitgegeven cursus: anatomie, biomechanica, pathologie, fasciën, praktijk paardenosteopathie I.C.R.E.O. 2007-2010
- Figuur 18: Kenmerken deelnemersgroepen
- Figuur 19: Uitkomsten statistische analyse hartslag
- Figuur 20: Uitkomsten statistische analyse ademhalingsfrequentie
- Figuur 21: Uitkomsten statistische analyse NRS-score
- Figuur 22: Uitkomsten gemiddelden NRS-score
- Figuur 23: Gevonden letsels per paard
- Figuur 24: Bevindingen osteopatisch onderzoek en mogelijke relaties
- Figuur 25: Laesies per segment in cirkeldiagram

Bijlage 1: Flyer ten behoeve van werving van onderzoekspaarden

Gezocht:

Paarden met longproblemen

die:

- regelmatig hoesten
- regelmatig snot uit de neus hebben
- een slechte conditie hebben
- moeite hebben met ademen
- eerdere longproblemen, al of niet behandeld met medicatie, gehad hebben

In verband met mijn afstudeeronderzoek voor de studie Paardenosteopathie ben ik op zoek naar paarden met bovenstaande problemen.

Het doel is om te onderzoeken in hoeverre een osteopatische behandeling invloed heeft op de werking van de longen. Dit doe ik aan de hand van een aantal metingen (hartslag en ademhalingsfrequentie) voorafgaand en na de behandeling.

Voor meer informatie over het onderzoek of eventuele deelname kunt u contact opnemen met mij via paardenbewegen@hotmail.com

Met vriendelijke groet, Mariska Versteeg

Bijlage 2: Brief naar deelnemers aan het onderzoek

Beste..

Hartelijk bedankt voor je reactie! Hieronder leg ik uit wat het onderzoek precies inhoudt.

Inleiding

De vraag die centraal staat in mijn onderzoek is: wat is de invloed van een osteopatische behandeling op de ademhaling van een paard met longproblemen?

Elk paard met longproblemen kan in principe 'meedoen'. De metingen en behandeling kunnen gewoon plaatsvinden op de stal waar het paard staat. De onderzoeksperiode loopt van 1 september 2010 tot 1 februari 2011. Ik kom twee keer langs in deze periode. Je paard wordt ingedeeld in de 'behandelgroep' of de 'controlegroep'.

Het programma voor de 'behandelgroep' ziet er als volgt uit:

Tijdens het eerste bezoek meet ik vooraf aan de behandeling de hartslag en ademhalingsfrequentie in rust, en na tien minuten draven aan de longe. Dan behandel ik het paard. Na de behandeling meet ik

nogmaals de hartslag en ademhaling in rust. In totaal duurt dit ongeveer 1,5 uur.

In de week na de behandeling heeft het paard rust nodig.

Na vier weken kom ik dan nog een keer. Ik meet weer in rust en na tien minuten draven aan de longe en tenslotte check ik dan of de behandeling voldoende is geweest. Het kan zijn dat een oud letsel niet in een keer verdwijnt en dat er nog een behandeling nodig is. Dit laatste valt dan verder buiten mijn onderzoek, maar kan ik uiteraard wel geven als je dat dan wil.

Het programma voor de controlegroep:

Dit is nagenoeg gelijk aan het programma van de 'behandelgroep'. Het verschil is dat ik het paard NIET behandel, maar ongeveer een half uur ga poetsen. Verder kom ik ook gewoon twee keer langs om de hartslag en ademhalingsfrequentie te meten.

Hoe gaat het nu verder als je je opgeeft:

Omdat ik natuurlijk heel blij ben als je mee wil werken aan het onderzoek met je paard, is de behandeling kosteloos. In de controlegroep worden de paarden niet behandeld tijdens het onderzoek. Mocht je toch graag een behandeling willen voor je paard dan kan ik die na afloop van het onderzoek natuurlijk altijd nog geven, uiteraard is dit ook kosteloos.

Je kan je definitief aanmelden door mij nogmaals een e-mail te sturen waarin je bevestigt dat je mee wil doen. Wil je me dan ook laten weten waar je paard staat en op welke dagen of dagdelen je (meestal) af kan spreken? In principe is een afspraak op elke dag mogelijk. Heb je verder nog vragen dan hoor ik het graag.

Met vriendelijke groet,

Mariska Versteeg

Fysiotherapeut en paardenosteopaat io

www.paardenbewegen.com

06 4012 9725

Bijlage 3: Intakeformulier afstudeeronderzoek Osteopathie en longproblemen

Naam eigenaar	
Telefoonnummer	

Naam paard	
Adres stal	
Leeftijd	
Ras	
Geslacht	

<i>Wat doe je normaal gesproken met je paard/ Hoe train je je paard?</i>
<i>Waarom heeft je paard (volgens jou) longproblemen?</i>
<i>Hoe lang bestaan de longproblemen al?</i>
<i>Is je paard eerder voor deze longproblemen behandeld, zo ja; hoe?</i>
<i>Kun je hieronder op een schaal van 0 tot 10 aangeven hoeveel last je denkt dat jouw paard heeft van zijn longen? (0 is helemaal geen last, 10 is het ergste wat je je kunt voorstellen)</i>
<i>Hoe vaak hoest je paard?</i>
<i>Hoe vaak loopt er snot of bloed uit zijn neus?</i>

<i>Heeft je paard wel eens last (gehad) van eczeem?</i>
<i>Krijgt je paard medicijnen, of heeft hij die in het verleden gekregen?</i>
<i>Zijn er (andere) dingen waar je (in het rijden) tegenaan loopt?</i>
<i>Is er nog iets wat je denkt dat belangrijk is, maar waarnaar ik niet gevraagd heb, wil je dat dan hieronder aangeven?</i>

Hartelijk bedankt voor het invullen van de vragenlijst! Je kunt hem terugsturen naar:
paardenbewegen@hotmail.com

Bijlage 4: Evaluatieformulier afstudeeronderzoek Osteopathie en longproblemen

Naam eigenaar	
Telefoonnummer	
Naam Paard	

<i>Wat vond je van het deelnemen aan het onderzoek?</i>
<i>Heb je het idee dat er iets veranderd is aan je paard, zo ja, wat merk je voor een verschil aan je paard na de behandeling?</i>
<i>Kun je hieronder op een schaal van 0 tot 10 aangeven hoeveel last je denkt dat jouw paard nu (de afgelopen twee weken) heeft van zijn longen? (0 is helemaal geen last, 10 is het ergste wat je je kunt voorstellen)</i>
<i>Hoe vaak heeft je paard de afgelopen twee weken gehoest?</i>
<i>Hoe vaak liep er snot of bloed uit zijn neus de afgelopen twee weken?</i>
<i>Wat merk je voor verschil in het rijden na de behandeling?</i>
<i>Is er nog iets wat je denkt dat belangrijk is, maar waarnaar ik niet gevraagd heb, of heb je nog tips, wil je dat dan hieronder aangeven?</i>

Hartelijk bedankt voor het invullen van de vragenlijst! Je kunt hem terugsturen naar:
paardenbewegen@hotmail.com

Bijlage 5: Overzicht medicatie deelnemende paarden onderzoek

Paard	Groep	Leeftijd	Geslacht	Maanden_long	Eerdere medicatie voor longproblemen
Prince C	3	13	ruin	24	antibiotica
Benny	3	19	ruin	12	onbekend
Eros	3	17	ruin	120	ventipulmin, foenegriek, sputolysin
Omar	3	14	ruin	13	ventipulmin, equimucin, prednison
Yoram	3	20	hengst	96	foenegriek, tijmdrank, ventipulmin, clenbuterol
Topfit Lelystad's first	3	19	ruin	24	prednison
Stacey	3	21	merrie	24	prednison
Romantico B	3	12	ruin	26	antibiotica, ventipulmin, homeopathische middelen
Afarim	3	11	ruin	24	sputolysin
Feline	3	24	merrie	120	ventipulmin

Bijlage 6: Tabel letsels per paard

Naam paard	Letsel															
	Th7	Th15	Th17	Th18	L1	L2	L3	L4								
Prince C	Th7	Th15	Th17	Th18	L1	L2	L3	L4								
Benny	T17	R16B	R17B	R18R	Ca											
Eros	Th10	Th13	Th16	L1	L4	R10L	R14R	R16B	M	L						
Omar	C4	C5	Th15	Th16	Th17	Th18	R17B	OPR	OH R	M	L					
Yoram	C3	Th9	Th13	Th17	L1	L4	M									
Topfit	OAA	C3	C5	Th4	Th10	Th16	L1	R10B	R16B	OPL	OH L	M	L			
Stacey	OAA	C5	Th5	L1	L3	L5	R5R	M								
Romantico B	C4	C5	Th5	Th14	Th16	Th17	L3	R16R	R17R							
Afarim	C3	Th7	Th9	Th17	Th18	L3	L4	M								
Feline	OAA	C3	C4	Th4	Th9	Th14	Th16	L3	R1R	R4B	R9B	R14L	M	L		OP R

Gevonden letsels per paard, waarbij:

C....: cervicale wervel gevolgd door het nummer

Th...: thoracale wervel gevolgd door het nummer

L....: lumbale wervel gevolgd door het nummer

Ca: Caecum

L: Lever

M: Maag

Bijlage 7: Bijsluiters medicatie

Metacam paard 100ml

Productnaam

Metacam paard 100ml

Leverancier

Boehringer Ingelheim

Informatie [Klik hier voor meer informatie](#)

Farmaceutische vorm

Suspensie voor oraal gebruik.

Samenstelling

Per ml 15 mg meloxicam.

Eigenschappen

Sterk werkende niet-steroïde ontstekingsremmer. Behorend tot de oxicam-klasse, een groep van enolzuren, die onderdeel uitmaakt van de NSAID's. Sterke remmer van de prostaglandinesynthese met anti-inflammatoire, analgetische, anti-pyretische, anti-exsudatieve en in mindere mate anti-trombotische eigenschappen. Remt de leukocyteninfiltratie in ontstoken weefsel en voorkomt kraakbeenbeschadiging. Meloxicam heeft ook anti-endotoxische eigenschappen omdat is gebleken dat het de productie van tromboxaan B₂, geïnduceerd door intraveneuze toediening van E. coli endotoxinen in kalveren en varkens remt. De orale biologische beschikbaarheid is ongeveer 98%. Maximale bloedspiegel wordt na 2-3 uur bereikt. Meloxicam accumuleert niet bij dagelijks toediening. De hoge eiwitbinding (+/- 98%) maakt een optimale penetratie in de ontstoken weefsels mogelijk. Het verdelingsvolume bij het paard is 0,12 l/kg. De gemiddelde terminale halfwaardetijd in het bloed is 7.7 uur.

Doeldieren

Paard.

Indicaties

Verlichting van ontsteking en pijn bij zowel acute als chronische aandoeningen van het bewegingsapparaat.

Contra-indicaties

Niet voor gebruik bij dieren die lijden aan gastro-intestinale afwijkingen zoals irritatie en bloedingen, verminderde lever-, hart- of nierfunctie en stollingsstoornissen of bij dieren waarbij een individuele overgevoeligheid voor het product is gebleken. Niet gebruiken bij drachtige of melkgevend merries. Niet gebruiken bij paarden jonger dan 6 weken.

Bijwerkingen

Individuele gevallen van bijwerkingen, die kenmerkend zijn voor NSAID's, zijn waargenomen tijdens klinisch onderzoek (lichte urticaria, diarree). Deze symptomen waren reversibel.

Toediening/Dosering

Oraal, eenmaal daags 0,6 mg meloxicam per kg lichaamsgewicht (d.w.z. 1 ml/ 25 kg), tot maximaal 14 dagen. Metacam wordt gegeven gemengd met een kleine hoeveelheid voer, vóór het voeren, of rechtstreeks in de mond. Goed schudden voor gebruik.

Wachtwoordadvies

Vlees: 3 dagen.

Waarschuwingen

De behandeling dient gestaakt te worden als er bijwerkingen optreden. Een dierenarts dient te worden geraadpleegd. Vermijd het gebruik bij gedehydrateerde, hypovolemische of hypotensieve dieren; in deze gevallen is er een potentieel verhoogd risico van nefro-toxiciteit. Niet gelijktijdig toedienen met glucocorticosteroiden, andere NSAID's of met anticoagulantia. In geval van overdosering is een symptomatische behandeling aangewezen. Personen met een bekende overgevoeligheid voor NSAID's moeten contact met het diergeneesmiddel vermijden. In geval van accidentele inname dient onmiddellijk een arts te worden geraadpleegd en de bijsluiter of het etiket te worden getoond.

Bewaarcondities/Houdbaarheid

Geen speciale voorzorgen voor de bewaring. Buiten bereik en het zicht van kinderen bewaren. Houdbaarheid na eerste opening van het flesje: 6 maanden.

Verpakking

Flacon à 100 en 250 ml.

Registratienummer/Kanalisatiestatus

REG NL 10180 URA

Tribrissen oral paste

Productnaam

tribrissen oral paste

Leverancier

Schering Plough

Adres Maarssenbroeksedijk 4

Postbus Postbus 1364

Postcode 3542 DN UTRECHT

Land NL

Telefoon 030 - 2408888 / België 0032 - 23709401

Fax 030 - 2415557

Farmaceutische vorm

Pasta.

Samenstelling

Per 30 mg pasta: 10 mg sulfadiazine, 2 mg trimethoprim.

Eigenschappen

Sulfadiazine is een bacteriostatisch antibioticum dat de biosynthese van foliumzuur blokkeert. Deze werking berust op de structuurovereenkomst tussen sulfadiazine en PABA. De combinatie met trimethoprim heeft een synergetisch effect, dat leidt tot bactericide werking. Dit synergisme komt door het blokkeren van 2 opeenvolgende stappen van de foliumzuur biosynthese. Tribrissen Oral Paste is een breed spectrum antibacterieel middel te gebruiken voor een breed scala van ziekten van bacteriële oorsprong bij paarden.

Doeldier

Paard.

Indicaties

Respiratoire infecties veroorzaakt door Streptococcus spp, Staphylococcus aureus; gastro-intestinale infecties veroorzaakt door E. coli; urogenitale infecties veroorzaakt door bèta-haemolytische streptokokken; wondinfecties en abscessen door Streptococcus spp, Staphylococcus aureus.

Contra-indicaties

Niet te gebruiken bij paarden met een overgevoeligheid voor sulfonamiden of met ernstige lever- of nierinsufficiëntie. Dezelfde spuit mag alleen gebruikt worden voor dieren die met elkaar in dezelfde weide lopen of in direct contact met elkaar staan.

Bijwerkingen

Geen.

Dosering/Toediening

Oraal. Dosering: 25 mg sulfadiazine en 5 mg trimethoprim per kg lichaamsgewicht per dag, gedurende maximaal 5 dagen.

Wachtwoordadvies

Vlees: 14 dagen voor de slacht.

Waarschuwingen

In verband met sensibilisatie en contactdermatitis dient bij toepassing direct huidcontact vermeden te worden. Draag daartoe handschoenen.

Houdbaarheidstermijn

5 jaar. Niet bewaren boven 25°C. Niet in de koelkast bewaren en niet invriezen. Beschermen tegen vorst.

Verpakking

Wegwerpinjector van 37,5 g.

Registratienummer/Kanalisatiestatus

Ventipulmin granulaat

Productnaam

ventipulmin granulaat

Leverancier

Boehringer Ingelheim

Postbus Postbus 8037

Postcode 1802 KA Alkmaar

Land 87

Telefoon 072 - 5662411

Fax 072 - 5643213

Farmaceutische vorm

Granulaat voor orale toediening.

Samenstelling

Per g 0,016 mg clenbuterolhydrochloride in zetmeel en lactose.

Eigenschappen

Clenbuterol is een selectief bèta-2-sympathicomimeticum met een snel optredend en lang aanhoudend bronchospasmolytisch effect. Bovendien heeft clenbuterol duidelijke secretolytische en trilhaaractiverende eigenschappen. Deze farmacologische werking, gevonden bij laboratoriumdieren, werd in uitgebreid klinisch onderzoek bij het paard ook aangetoond. Door zijn goede eigenschappen kan bij paarden met een chronische luchtwegaandoening na behandeling met Ventipulmin een genezing c.q. verbetering worden vastgesteld. Bij het paard wordt een bemoeilijkte ademhaling duidelijk positief beïnvloed, terwijl eventuele neusuitvloeiing en hoestfrequentie verminderen, vaak reeds na enkele dagen behandelen. Zie inleiding voor verdere informatie.

Doeldier

Paard.

Indicaties

Aandoeningen waarbij bronchospasmen een rol spelen. Aandoeningen waarbij secreet, afwijkend wat betreft hoeveelheid en/of samenstelling, in de luchtwegen aanwezig is.

Contra-indicaties

Vanwege de tocolytische werking van clenbuterol dient de toepassing van dit diergeneesmiddel bij drachtige dieren tenminste 2 dagen voor de verwachte partus te worden gestaakt.

Bijwerkingen

Stijging hartslagfrequentie, zweten, bloeddrukdaling, nervositeit, sloomheid. Deze verschijnselen zijn van voorbijgaande aard.

Dosering/Toediening

Oraal, door of over het voer (eventueel licht bevochtigen). 5 g granulaat per 100 kg l.g., 2 maal daags met ca. 12 uur tussentijd (minimaal 8 uur) (dit is 1,6 µg clenbuterolhydrochloride per kg l.g. per dag). Behandelingsduur: maximaal 10 achtereenvolgende dagen. Eén maatlepel bevat ca. 10 g granulaat.

Wachtijdadvies

Vlees: 49 dagen.

Waarschuwingen

Bij toediening aan zogende merries moet rekening worden gehouden met het feit dat uitscheiding in de melk kan plaatsvinden. Voor dieren met ernstige benauwdheid kunnen bij orale medicatie opnameproblemen ontstaan. Een injecteerbare toedieningsvorm (Ventipulmin injectie) kan dan geïndiceerd zijn. Vermijd gelijktijdig behandelen met andere sympathicomimetica en vasodilatoren om additie van effect te voorkomen. Algehele anesthesie (narcose) van met clenbuterol behandelde dieren kan leiden tot verstoring van het hartritme. Gebruik van lokaal anaesthetica bij met clenbuterol behandelde dieren kan leiden tot een additief vaatverwijdend en bloeddrukverlagend effect. Indien een gecombineerde toepassing van clenbuterol en corticosteroïden wordt overwogen, is nauwlettende veterinaire aandacht en toezicht geïndiceerd, zoals gebruikelijk is na het toepassen van 2 sterk werkende stoffen.

Houdbaarheidstermijn

De uiterste gebruiksdatum is vermeld op de verpakking.

Verpakking

Pot à 500 g met schroefdeksel. Een maatlepel à 10 g granulaat wordt meegeleverd.

Registratienummer/Kanalisatiestatus

REG NL 7075 UDA

Toelichting

Meer informatie over Respiratiesysteem

Sputolysin - poeder 420 gr.

Productnaam

Sputolysin - poeder 420 gr.

Leverancier

Boehringer Ingelheim

Informatie [Klik hier voor meer informatie](#)

Farmaceutische vorm

Poeder voor oraal gebruik.

Samenstelling

Per g 5 mg dembrexinehydrochloride in lactose.

Eigenschappen

Dembrexine is een bronchosecretolyticum (secreettoename, secreetvervloeiing, bevordering van expectoratie) met gunstige invloed op dyscrinie. De bronchiale luchtweerstand wordt kleiner, het ademtijdquotient verbetert en de ademarbeid daalt significant. Het stimuleert de productie van anti-atelectasefactor (AAF) door de alveolaircellen. De resorptie na orale toediening verloopt snel en volledig: 30 minuten na orale toediening worden bij het paard maximale plasmaconcentraties bereikt. De halfwaardetijd is kort. Excretie, voor 70-80% via de urine, de rest met de feces, verloopt snel en is bij het paard na 4 dagen nagenoeg volledig (meer dan 95%). Zie inleiding voor verdere informatie.

Doeldieren

Paard.

Indicaties

Luchtwegaandoeningen die gepaard gaan met een gestoorde of overmatige slijmvorming zoals bij catarre van de voorste luchtwegen of bij acute, subacute en chronische bronchitis.

Contra-indicaties

Bijwerkingen

Toediening/Dosering

Oraal, over het voer 2 maal daags 6 g per 100 kg l.g. gedurende maxi

Wachtijdadvies

Vlees: 6 dagen.

Waarschuwingen

Bewaarcondities/Houdbaarheid

Uiterste gebruiksdatum is vermeld op de verpakking.

Verpakking

Pot à 420 g met schroefdeksel. De bijgevoegde maatschep kan ca. 5 g poeder bevatten.

Registratienummer/Kanalisatiestatus

REG NL 2635 VRIJ

Toelichting

Meer informatie over RESPIRATIESYSTEEM

Equimucin 2000mg 6 g

Productnaam

Equimucin 2000mg 6 g

Leverancier

AST Farma

Informatie Klik hier voor meer informatie

Farmaceutische vorm

Poeder voor oraal gebruik

Samenstelling

1 sachet van 6 g oraal poeder bevat:
Acetylcysteïne 2000 mg

Doeldieren

Paard.

Indicaties

Vermindering van de viscositeit van de tracheabronchiale secretie, voor de ondersteunende mucolytische behandeling van chronische bronchopulmonaire aandoeningen die gepaard gaan met een abnormale secretie en mucostase.

Contra-indicaties

Niet toedienen in combinatie met antihoestmiddelen, dit kan resulteren in een gevaarlijke toename van afscheiding als gevolg van de verminderde hoestreflex.

Bijwerkingen

Overgevoeligheid voor acetylcysteïne kan optreden.

Indien bijwerkingen optreden, moet het gebruik van Equimucin 2g, poeder voor oraal gebruik worden gestaakt en dient de behandeling symptomatisch te zijn.

Toediening/Dosering

Toediening in het voer.

Twee maal daags 10 mg/kg lichaamsgewicht acetylcysteïne (totale dagelijkse dosis van 20 mg/kg lichaamsgewicht), gedurende 20 dagen.

Doseringsschema:

Gewicht paard	Aanbevolen ochtenddosering	Aanbevolen avonddosering
(kg lichaamsgewicht (Sachets Equimucin 2g, oraal poeder)	(sachets Equimucin 2g, oraal poeder	
Tot 200 kg	1 sachet	1 sachet
Tot 400 kg	2 sachets	2 sachets
Tot 600 kg	3 sachets	3 sachets

Wachtijdadvies

Paarden:

Vlees: nul dagen.

Melk: nul dagen.

Waarschuwingen

Geen.

Bewaarcondities/Houdbaarheid

De houdbaarheid van het veterinaire geneesmiddel zoals verpakt voor verkoop: 3 jaar.
Niet bewaren boven 25°C.

Verpakking

Sachet (LDPE/aluminium/LDPE/papier) met verzegelde randen dat 6 g oraal poeder bevat.

Toelichting

Meer informatie over RESPIRATIESYSTEEM

Prednisolon 5 mg tabletten

Productnaam

prednisolon 5 mg tabletten

Leverancier

Eurovet Nederland B.V.

Adres Handelsweg 25

Postbus Postbus 179

Postcode 5530 AA BLADEL

Land NL

Telefoon 0497 - 544300

Fax 0497 - 544302

Farmaceutische vorm

Tablet, voorzien van een breukstreep.

Samenstelling

Per tablet 5 mg prednisolon-acetaat.

Eigenschappen

Prednisolon is een synthetisch glucocorticosteroïd met een antiflogistische en anti-allergische werking. De invloed op de zout- en vochtbalans is bij de aangegeven doseringen en bij kortdurende toepassing praktisch te verwaarlozen.

Doeldier

Hond, kat.

Indicaties

Orthopedische aandoeningen van inflammatoire aard zoals artritiden, tendinitis, tendovaginitis, artrose, myositis, synovitis. Allergische respiratoire aandoeningen, zoals astma bronchiale. Allergische aandoeningen van de huid zoals allergische dermatiden en met jeuk gepaard gaande dermatosen. Auto-immuunziekten zoals reumatoïde artritis of SLE. Ernstige acute infecties in combinatie met specifiek gericht anti-microbiële behandeling zoals bij huidinfecties, meningitis, encephalitis en ooginfecties.

Contra-indicaties

Virusinfecties, diabetes mellitus, osteoporose, hart-, nierafwijkingen, schimmelinfecties, cornea ulcera, brandwonden en toediening in hoge doseringen aan drachtige dieren.

Bijwerkingen

Abortus in het laatste derde deel van de dracht. Afnemende weerstand tegen alle ziekteverwekkers. Septikemie en septische cystitis, maskering van infecties, immunosuppressieve werking. Bijniersuppressie bij langer durende behandeling, met bijniersufficiëntie bij belasting van het dier zoals stress en bij acuut stoppen van de therapie. Katabolisme met als gevolg spieratrofie, myopathie en vertraging van de wondgenezing: osteoporose. Remming van de lengtegroei van beenderen. Huidatrofie. Diabetes mellitus. Polyurie, polydipsie. Polyfagie, euforie, ulceraties in het gastro-intestinale systeem. Pancreatitis. Hyperlipidaemie. Toename van de lipolysis. Vettige infiltratie van de lever door steroïd hepatopathie. Remming van het hypothalamus-hypofyse-bijnierschors systeem. Afname van de thyroïd synthese. Toename van de parathyroïd synthese. Morbus Cushing.

Dosering/Toediening

Toediening: Oraal. In het algemeen: hond 1 - 3 tabletten per dag. Kat 0,5 - 1 tablet per dag. Bij acute aandoeningen: 0,5 - 4 mg prednisolon-acetaat per kg LG per dag; Bij chronische aandoeningen: 2 - 4 mg prednisolonacetaat per kg LG per dag gedurende 3 dagen; vervolgens 1 - 2 mg prednisolonacetaat per kg LG per dag gedurende 5 dagen; vervolgens 1 - 2 mg prednisolonacetaat per kg LG om de andere dag, met intervallen van een week wordt de dosering dan nog gehalveerd, tot de minimaal werkzame dosering wordt bereikt. Hond om 8.00 uur 's morgens en kat om 22.00 uur 's avonds doseren in verband met het verschil in dagritme.

Wachtwoordadvies

N.v.t.

Waarschuwingen

Niet bekend.

Houdbaarheidstermijn

3 jaar, bij 15-25 °C en in het donker bewaren.

Verpakking

Doos met 60 blisters à 10 tabletten; bijsluiterblokje.

Registratienummer/Kanalisatiestatus

REG NL 1752 UDA

Clenbuterol

Clenbuterol is een medicijn dat als decongestivum en bronchodilator wordt voorgeschreven aan patiënten met ademhalingsstoornissen. Mensen met chronische aandoeningen zoals astma gebruiken het als een bronchodilator om de ademhaling te vergemakkelijken. Het is gewoonlijk verkrijgbaar in zout vorm als **clenbuterolhydrochloride**. In België en Nederland is het enkel legaal op de markt voor gebruik bij paarden. Het werkt als beta2 sympathomimeticum.

Veterinair gebruik

Clenbuterol wordt wereldwijd gebruikt voor de behandeling van allergische respiratoire aandoeningen bij paarden, het is namelijk een bronchodilator. Een gemeenschappelijke handelsnaam is Ventipulmin. Het kan zowel oraal als intraveneus gebruikt worden. Het is ook een niet-steroïdaal anabool en metabolisme versneller, via een mechanisme dat men nog niet goed begrijpt. Het vermogen om gewichtsverlies te veroorzaken, waarbij de verhouding spier tegenover vet verhoogt, maakt het illegaal gebruik in de veeteelt erg populair.

Equipulmin siroop 355 ml (clenbuterol)

Productnaam

Equipulmin siroop 355 ml

Leverancier

AST Farma

Informatie [Klik hier voor meer informatie](#)

Farmaceutische vorm

Siroop

Samenstelling

Per ml: 0,025 mg clenbuterolhydrochloride, gelijkwaardig aan 0,022 mg clenbuterol.
0,100 mg clenbuterolhydrochloride per pompslag (4 ml), gelijkwaardig aan 0,088 mg clenbuterol per pompslag.

Eigenschappen

Clenbuterol-hydrochloride is een direct werkend β_2 -sympaticomimeticum dat met name wordt gebruikt als bronchusverwijdend middel bij de behandeling van respiratoire aandoeningen. De farmacologische werking van de stof is gebaseerd op een selectieve binding aan β_2 -adrenoreceptoren op celmembranen, waarna het adenylaatsylase in gladde spiercellen wordt geactiveerd. Door activering van het adenylaatsylase wordt meer ATP in cyclisch AMP omgezet, de belangrijkste second messenger bij de activering van β -receptoren.

Het hierboven beschreven werkingsprincipe van clenbuterol-hydrochloride leidt tot een snelle therapeutische respons. Clenbuterol-hydrochloride heeft een krachtig bronchiolytisch effect dat wordt veroorzaakt door de selectieve activering van β_2 -receptoren op de celmembraan van glad spierweefsel in bronchiën. Dit leidt tot verslappening van dit gladde spierweefsel en tot verminderde weerstand van de luchtwegen. Daarbij is aangetoond dat clenbuterol-hydrochloride de door antigenen opgewekte histamineafgifte van de mestcellen in het longweefsel remt en de mucociliaire klaring en dus de expectoratie verbetert.

Doeldieren

Paard

Indicaties

- Aandoeningen waarbij bronchospasmen een rol spelen
- Aandoeningen waarbij secreet, afwijkend wat betreft samenstelling en/of hoeveelheid, in de luchtwegen aanwezig is.

Contra-indicaties

Toediening van het product aan drachtige merries dient tenminste 2 dagen voor de verwachte partus worden gestaakt.

Bijwerkingen

Bij paarden kunnen zich tijdelijk de volgende bijwerkingen voordoen: zweten, versnelde hartslag (tachycardia), bloeddrukdaling en nervositeit gevolgd door sloomheid.

Toediening/Dosering

Het product dient twee maal daags met ca. 12 uur tussentijd (minimaal 8 uur) te worden toegediend in de volgende dosering:

0,8 microgram clenbuterol per kilo lichaamsgewicht (overeenkomend met 4 ml siroop / 125 kg LG).

De duur van de behandeling is maximaal tien achtereenvolgende dagen.

Het product wordt oraal, door of over het voer toegediend. Dit diergeneesmiddel is bestemd voor individuele behandeling. Het mag niet over het voer worden gestrooid in een systeem van voederen waarbij de dosis, die is bestemd voor het te behandelen dier, beschikbaar is voor andere dieren uit het koppel.

Wachttijadvies

Paard: 49 dagen voor de slacht.

Waarschuwingen

- Nauwkeurig doseren, een lange periode tussen medicaties niet compenseren met een hogere dosis.
 - Regelmatig drinkwater geven, met name aan dieren die sterk zweten. Zonodig huisvestingsomstandigheden (ventilatie) verbeteren; vermijd stof.
 - Door dieren met ernstige benauwdheid wordt een orale toedieningsvorm van clenbuterol niet of nauwelijks opgenomen. Het kan noodzakelijk zijn de benauwdheid eerst te behandelen met een injecteerbare toedieningsvorm.
- Na gebruik dienen alle delen van de huid die met het product in aanraking zijn geweest onmiddellijk met schoon water en zeep te worden gewassen.

Bewaarcondities/Houdbaarheid

2 jaar

Verpakking

Kunststof flacon met schroef dop en bijbehorend dispenseerapparaat, voor een dosis van 4 ml. Elke flacon bevat 355 ml siroop.

Registratienummer/Kanalisatiestatus

REG NL 10553 UDA

Toelichting

Meer informatie over RESPIRATIESYSTEEM