



Pioniers in de paardenosteopathie

International **C**ollege for **R**esearch on  
**E**quine **O**steopathy

---

## Het diafragma, meer dan een ademhalingspier

Het diafragma en haar relatie met structuren in de thorax, hoofd- en halsregio bij het paard

**Thesis aangeboden door Ruth Brouwer-Cohen**

**Voor het behalen van het Diploma Osteopathie bij Dieren**

**Promotor : Stefan Alen**

**Mei 2011**



## Het diafragma, meer dan een ademhalingspier

Het diafragma en haar relatie met structuren in de thorax, hoofd- en halsregio bij het paard

*[...]"Lack of mobility is always linked with the absence of lightness."...]*

Nuno Oliveira



## Voorwoord

*“Een **queeste** is een zoektocht; in het bijzonder een zoektocht die het karakter heeft van een levenstaak, zoals de zoektocht van Parzival naar de Heilige Graal zoals die in middeleeuwse verhalen voorkomt, de omzwervingen van Odysseus of de zoektocht die de helden van Tolkiens In de ban van de ring ondernemen. Een avontuurlijke, lange reis, met helpers en grote hindernissen (natuurfenomenen, monsters en vijanden) zijn standaard ingrediënten. In dergelijke verhalen is de queeste vaak een metafoor voor de zoektocht naar wijsheid, die door de zoekers wordt gevonden door de ervaringen die ze tijdens het zoeken opdoen.*

*Het woord wordt ook in overdrachtelijke zin gebruikt voor een opdracht die men zichzelf heeft gesteld, maar die onmogelijk is uit te voeren.*

*Het woord queeste is etymologisch verwant aan question, enquête en kwestie.”*

Bron: "[http://nl.wikipedia.org/wiki/Queeste\\_\(zoektocht\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Queeste_(zoektocht))"

Een queeste, dit mag met recht gezegd worden in het voltooiën van deze thesis. Maar bovenal staat de taoïstische filosofie Wu Wei (无为). Oftewel, het niets doen, loslaten. Het niet verzetten tegen de loop der dingen, maar daar spontaan maar wel bewust in mee gaan. Of simpelweg zoals wijlen mijn vader mij altijd op het hart drukte: *“Als je iets echt wilt, dan lukt het ook”*. Osteopaat voor dieren zijn, dat is wat ik echt wil.

Het schrijven van een (hypo)thesis is een perfect middel om de geleerde materie nog meer eigen te maken. Het heeft mij uitgedaagd de weefsels, structuren en samenhang van het (zoog)dier diepgaand te bestuderen. De tijdens de studie ontwikkelde osteopathische denkwijze heeft nog meer inhoud gekregen, essentieel voor de startende osteopaat.

Mijn avontuurlijke reis heeft zoals bij ieder ander hindernissen gekend maar ze bleken te overwinnen. De duur van de reis is slechts met één jaar verlengd maar dat is een futiliteit vergeleken bij de pracht van een zoon die inmiddels deel uit maakt van ons gezin. De reis zou niet voltooid zijn zonder de helpers op mijn pad. Deze helpers zullen speciale aandacht krijgen voordat de lezer de werkelijke inhoud van de thesis zal bereiken.

De zoektocht naar wijsheid is een manier van leven en eindigt niet bij deze thesis. Er is al zoveel bekend maar nog veel meer te ontdekken. Vol enthousiasme en optimisme vervolg ik mijn (osteopathische) pad waarbij ik mezelf van tijd tot tijd zal blijven herinneren aan de tao.

Het leven is mooi!

*Ruth Brouwer-Cohen*

## Dankwoord

De helpers van mijn queeste. Ze verdienen speciale aandacht in deze thesis!

Vanzelfsprekend en in het bijzonder, Stefan Alen, mijn promotor. Dank je wel voor al je enthousiasme, rust, wijsheid en mooie momenten, in gesprekken of middels diverse media. Je hebt me bevestigd dat dit de weg is die ik moet gaan.

Frank Dirckx, 'the golden touch', dank je wel voor het uitdagen om van mezelf een betere osteopaat te maken en de vele praktijksessies. Ook jouw aanstekelijke enthousiasme geeft me het gevoel dat ik de juiste weg heb gekozen.

Robbert, mijn lieve man, woorden zijn niet toereikend om uit te drukken wat je voor me betekent. Altijd weet jij wat je moet zeggen of juist niet moet zeggen als ik voor een hindernis stond tijdens mijn studie. Heerlijk om met jou ook te kunnen filosoferen over ons vak. Dank je wel voor wie je bent.

Quinten, je bent nog zo klein, je weet nog niet half hoeveel ik nu al aan jou te danken heb. Zo gezellig, zo makkelijk, zo lief en zo grappig. Jij bent een licht dat schijnt als de zon op de prachtigste lentedag. Dank je wel dat je zo lief hebt geslapen als ik 'eventjes aan mijn thesis' wilde werken.

Mijn ouders, zonder hen zou ik niet zijn wie ik nu ben. Dank jullie wel dat jullie het mogelijk hebben gemaakt om me te laten studeren.

Natuurlijk verdienen alle paarden die door mijn handen gegaan zijn speciale dank. Van grovere palpatie tot aan fine tuning, ze hebben het allemaal voor ons beginnend osteopaten doorstaan.

Last but not least, mijn studiegenoten, aan jullie ook heel veel dank toebedeeld voor het samen bestuderen van de osteopathische materie en het delen van kennis.

# Inhoudsopgave

Voorwoord		6
Dankwoord		7
Inleiding		10
<b>1.</b>	<b>Embryologie</b>	<b>12</b>
1.1	Embryogenese	12
1.2	Organogenese	13
1.2.1	Ontwikkeling van de thoracale en abdominale holte	13
1.2.2	Diafragma en innervatie	15
1.2.3	Ademhaling	15
1.2.4	Pleura en mediastinum	15
<b>2.</b>	<b>Anatomie en topografie</b>	<b>16</b>
2.1	Myologie	16
2.1.1	Gladde spiervezels	16
2.1.2	Hartspiervezels	16
2.1.3	Dwarsgestreepte spiervezels	16
2.1.4	Ontwikkeling, degeneratie, regeneratie en adaptatie van spiervezels	17
2.2	Opbouw diafragma	18
2.2.1	Musculair weefsel	19
2.2.1.1	Pars lumbalis	19
2.2.1.2	Pars costalis	19
2.2.1.3	Pars sternalis	19
2.2.2	Tendineus weefsel	19
2.2.1	Centrum tendineum	19
2.3	Angiologie	21
2.3.1	Arteriën	21
2.3.2	Venen	23
2.4	Innervatie	23
2.4.1	Motorische innervatie	23
2.4.2	Sensibele innervatie	25
2.4.3	Mobiliteit en motiliteit van het diafragma	25
2.5	Het lymfesysteem	26
2.5.1	Het lymfesysteem als onderdeel van de totale circulatie	26
2.5.1.1	Veneuze afvoer	26
2.5.2	Doorstroming van weefsel	26
2.5.2	Opbouw lymfesysteem	27
2.5.2.1	Lymfevaten	28
2.5.3	Lymfeafvoer diafragma	28
2.6	Individuele bespreking van enkele anatomische structuren in de thorax, hoofd- en halsregio bij het paard	29
2.6.1	Fascia	29
2.6.2	Pericard	32
2.6.3	Pleura	32
2.6.4	Mediastinum	33
2.6.5	Meningen	35
2.6.6	Lingua (tong)	38
2.6.7	Palatum	40



2.6.8	Os hyoideum	40
2.6.9	Diverticulum tubae auditivae	41
2.6.10	Oesophagus	41
2.6.11	Trachea	41
2.6.12	Pulmones (longen)	42
2.6.13	Cor (hart)	42
2.6.14	Glandula thyroidea	43
2.6.15	Thymus	43
<b>3.</b>	<b>Respiratoir mechanisme</b>	<b>44</b>
3.1	Bifasische ademhaling van het paard	44
3.2	Inspiratie middels het diafragma	44
3.3	Inspiratie en expiratie middels de intercostale musculatuur	45
3.4	Hulpademhaling musculatuur	46
3.5	Regulatie van de ademhaling	47
3.5.1	Respiratoire centra	47
<b>4.</b>	<b>Osteopathische visie</b>	<b>49</b>
4.1	Embryologie	49
4.2	Het pericard	51
4.3	De pleura	53
4.4	Het mediastinum	53
4.5	De fasciale verbindingen	54
4.6	De meningen	56
4.6.1	De meningen en het PAM	56
4.7	Het thyroid	57
4.8	Het hyoid	58
4.9	De hypofyse	58
4.10	De wervelkolom	59
4.10.1	Cervicale wervelkolom	59
4.10.2	Thoracale wervelkolom	60
4.10.3	Lumbale wervelkolom	62
4.11	Het ganglion cervicale craniale en het ganglion stellatum	63
4.12	Musculaire relaties	64
4.12.1	De ventrale spierketen	64
4.12.2	De dorsale spierketen	66
4.12.3	De relatie tussen het diafragma, het palatum en het oor	67
<b>5.</b>	<b>Besluit</b>	<b>69</b>
	Bijlage 1	71
	Bijlage 2	72
	Bijlage 3	73
	Bijlage 4	74
	Literatuurlijst	75
	Figurenlijst	77
	Samenvatting	80
	Summary	82

## Inleiding

Het diafragma is een grote structuur en verloopt van de voorhand (sternum) via de ribben naar de achterhand (L3-4). Het is bijna onmogelijk dat zo een grote structuur zo weinig invloed zou hebben als de literatuur ons lijkt te doen geloven. In de vele literatuur nageslagen voor het tot stand komen van deze thesis is zo weinig aandacht voor het diafragma. Werkelijk verdiepende informatie is niet te vinden onder de noemer 'respiratoir mechanisme' maar ook niet onder 'de skeletspieren', waartoe het diafragma tenslotte vanuit de embryologie behoort. Enige informatie is te vinden als gezocht wordt naar informatie over de thoracale of abdominale holten. Echter, de literatuur blijft dan nog steeds beperkt tot het noemen van het diafragma als zijnde het grensgebied tussen beiden. Dit gebrek aan informatie heeft ertoe geleid dat deze thesis een meer explorerend karakter heeft gekregen dan dat er een duidelijke mening wordt geventileerd. Het primaire doel is de relatie van het diafragma te onderzoeken met structuren in de thorax, hoofd- en halsregio van het paard. Secundair is gezocht naar een factor welke mogelijk het meest verstoring is voor de werking het diafragma.

Voor de hand ligt het feit dat het diafragma de belangrijkste musculaire factor is in het respiratoire stelsel. Maar het diafragma is nog veel meer.

Ze is een aanhechtingsplaats voor fascia, heeft ligamentaire verbindingen met aangrenzende viscera en vormt de scheiding en tevens verbinding tussen de thoracale en abdominale holte.

Maar weet u ook dat het diafragma belangrijke relaties heeft met het cranium? Of dat het diafragma embryologisch verbonden is met de tong? En wat is haar invloed op het thyroïd en ook het hyoid?

In deze thesis wordt zo nauwkeurig mogelijk beschreven wat de relatie is tussen het diafragma en enkele structuren gelegen in de thorax, hoofd- en halsregio. De belangrijkste structuren welke in deze thesis beschreven worden zijn de fascia, het mediastinum, het hyoid, de hypofyse en het OAA complex.

De informatie wordt soms vanuit één richting beschreven (bijvoorbeeld van caudaal naar craniaal) maar de lezer moet altijd in gedachte houden dat in het lichaam altijd sprake is van interactie tussen de diverse structuren. De relatie van het diafragma met de structuren in de abdominale holte en de achterhand van het paard worden in deze thesis niet beschreven. Dit is een uitdaging voor een volgende thesis.

In deze thesis wordt gebruik gemaakt van zowel humane als veterinaire literatuur. Bij gebrek aan recente wetenschappelijke veterinaire literatuur omtrent dit onderwerp is een vertaalslag gemaakt van mens naar paard met inachtneming van de algemeen bekende verschillen tussen beide. Waar nodig wordt benadrukt dat de informatie afkomstig is uit de humane literatuur, dit zal met name in de fasciale beschrijvingen terug te vinden zijn.

In de thesis wordt uitgegaan van osteopathische basiskennis. Behalve het diafragma zal niet elke genoemde structuur diepgaand beschreven worden. Structuren worden beschreven zodat de topografische ligging duidelijk is. Ook de osteopathische technieken zullen niet apart beschreven worden aangezien dit slechts een herhaling zou zijn van de behandelde materie uit de opleiding.

Om een zo recent mogelijk beeld te geven van de huidige beschikbare kennis over dit thesis onderwerp, dateert de gebruikte literatuur tot maximaal tien jaar terug. Literatuur welke ouder

is dan tien jaar is geraadpleegd omdat het in mijn beleving tot de klassiekers behoort of tot op heden nog niet verbeterd is.

In hoofdstuk 1 vindt u informatie over de embryologische ontwikkeling van het zoogdier met speciale aandacht voor de ontwikkeling van het diafragma. Hoofdstuk 2 leidt u door de algemene anatomie van het diafragma. Tevens beschrijft het enkele structuren craniaal van het diafragma welke van nut zijn voor de algemene beeldvorming. In hoofdstuk 3 kan u informatie vinden over het respiratoire mechanisme om inzicht te krijgen over de werking en aansturing van het diafragma. Hoofdstuk 4 bespreekt de osteopathische visie van de auteur op het diafragma en de relatie met enkele structuren in de thorax, hoofd en halsregio van het paard. De nadruk ligt op de visie. Tenslotte vindt u in hoofdstuk 5 het besluit van de auteur.

# 1. Embryologie

In dit hoofdstuk vindt u informatie over de embryologische ontwikkeling van het zoogdier. De bedoeling is een beeld te krijgen van de samenhang in ontwikkeling tussen het diafragma en enkele belangrijke craniaal gelegen structuren in de eerste fase van het leven. Deze samenhang heeft gevolgen voor de functie en onderlinge relatie in een latere fase van het leven. Voor gedetailleerde informatie over embryologie verwijs ik u naar de relevante literatuur.

## 1.1 Embryogenese

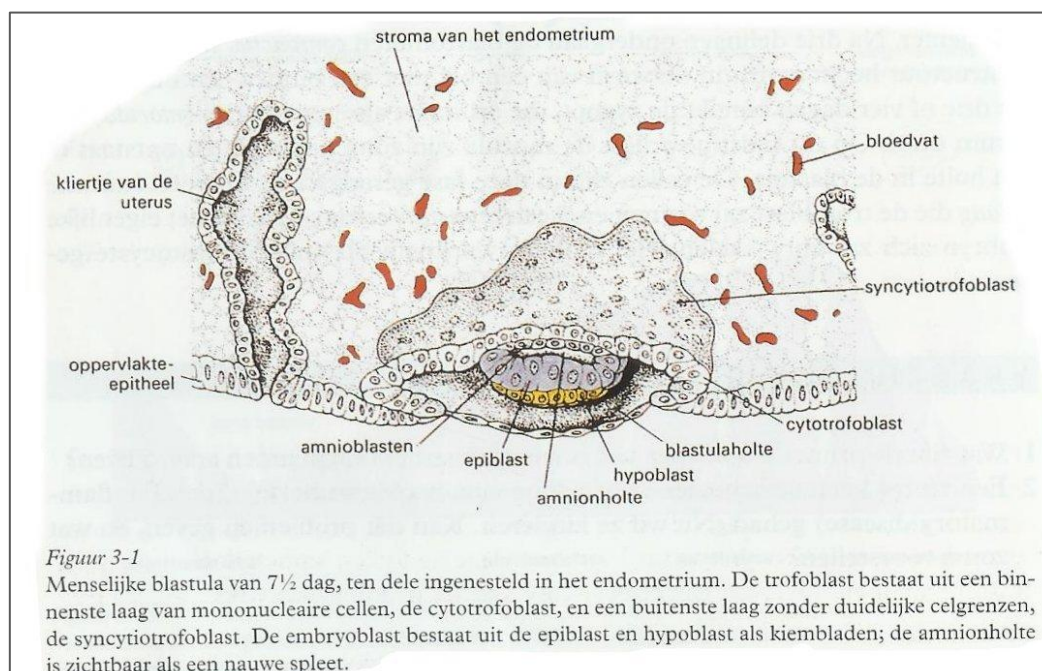
De ontwikkeling van een organisme wordt onderverdeeld in een aantal fasen waarin zich specifieke processen afspelen. Na de bevruchting versmelten de spermatozoön van de hengst en de oöcyt van de merrie en vormen zo een nieuw organisme, de zygoot. Voorafgaand aan de bevruchting ondergaan zowel mannelijke als vrouwelijke geslachtscellen een reeks veranderingen in het aantal chromosomen en het cytoplasma. Dit proces maakt deel uit van de rijping van de kiemcel.

Wanneer de zygoot het tweecellig stadium bereikt heeft, ondergaat het een aantal mitotische delingen, de zogenaamde klievingsdelingen, waardoor het aantal cellen snel toeneemt. Deze cellen worden bij iedere deling kleiner en worden blastomeren genoemd. Humaan wordt het tweecellig stadium ongeveer 30 uur na de bevruchting bereikt, het viercellig stadium na ongeveer 40 uur en het 12-16 cellig stadium na drie dagen. In dit laatstgenoemde stadium wordt de zygoot een morula genoemd en bereikt dan bijna de uterus.

In het 12 tot 16 cellig stadium bestaat de morula uit een binnenste cellaag en een buitenste cellaag. Uit de binnenste cellaag vormt zich uiteindelijk de embryo, uit de buitenste cellaag ontwikkelt zich een deel van de placenta.

Wanneer de morula de uterus binnen gaat begint vloeistof de intercellulaire ruimte van de binnenste cellaag binnen te dringen. Na verloop van tijd vormen deze intercellulaire ruimten één grote holte, de blastulaholte. De morula wordt nu blastula genoemd.

Bij de mens vindt rond de zesde dag innesteling van de blastula plaats in het endometrium van de uterus. Hierna zal de blastula zich verder innestelen in het stroma van het endometrium. Bij onderzoek is in dit stadium een kleine verhevenheid zien in de uterusholte. (figuur 1.1) De volgende fase van ontwikkeling is het gastrulatieproces, waarbij uit het blastoderm uiteindelijk drie kiembladen ontstaan. (Lit. 32)



Figuur 1.1

Innesteling blastula in het endometrium

## 1.2 Organogenese

De embryonale periode start wanneer uit de drie kiembladen een aantal specifieke weefsels, organen en orgaansystemen gevormd worden. Dit noemen we organogenese en is de periode waarin de embryo zeer gevoelig is voor factoren die de structurele ontwikkeling beïnvloeden. De drie kiembladen noemen we van buiten naar binnen: het ectoderm, mesoderm en endoderm.

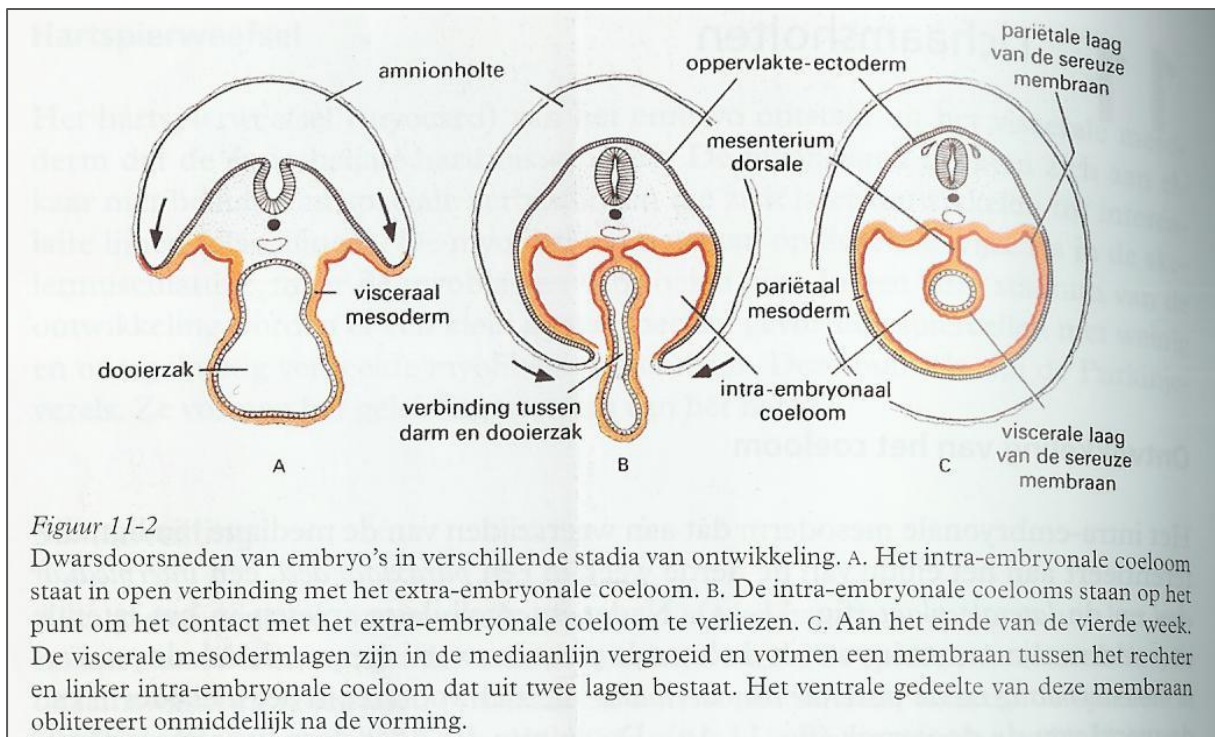
Het ectoderm vormt de epidermis van de huid en het centrale zenuwstelsel. Uit het mesoderm ontwikkelt zich onder andere de musculatuur (waaronder het diafragma), het skelet, het bindweefsel, het circulatiesysteem, het grootste deel van het urogenitaal systeem en de bekleding van de lichaamsholten zoals pleura en peritoneum. Uit het endoderm ontstaat het digestieve en respiratoire stelsel.

Na de organogenese vindt uitrijping en differentiatie van weefsels en organen plaats en is een snelle groei van het lichaam te zien. Dit is de foetale periode. (Lit. 32)

### 1.2.1 Ontwikkeling van de thoracale en abdominale holten

De pericardiale, pleurale en peritoneale holtes ontwikkelen zich als onderdeel van twee coelomata\* (figuur 1.2) welke zich uitstrekken over de lengte van de embryo. Het is een ruimte met sereuze vezels welke een slijmerige secretie produceren. Dit zorgt voor minimale frictie als de structuren langs elkaar glijden.

In de tweede week gaan de twee coelomata in de regio van het ontwikkelende hart fuseren tot één pericardiaal coeloom. Tijdens de ontwikkeling van de pericardiale ruimte blijft een open verbinding bestaan caudaal aan beide zijden met de nog gepaarde coelomata. Deze nog gepaarde coelomata worden de abdominale regio.



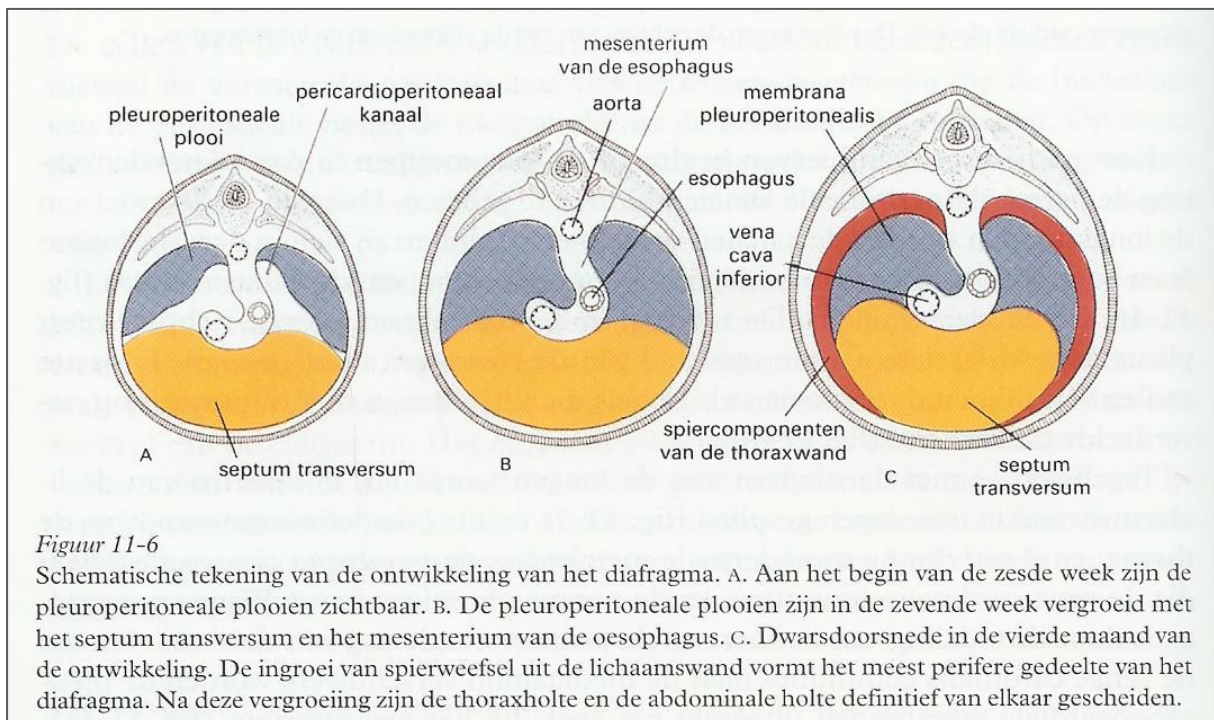
*Figuur 1.2 Ontwikkeling coelomata*



Afscheiding van het pericardiale coeloom van de twee primitieve coelomata start met de ontwikkeling van een rand van mesenchym (embryonaal bindweefsel), het septum transversum waar de lever ook mee wordt verenigd. (figuur 1.3)

Het septum transversum beweegt van ventraal naar caudaal van het ontwikkelende hart, en vormt zo het ventrale deel van het toekomstige diafragma. Tevens vormt het gedeeltelijk een scheiding tussen de thoracale en abdominale holte.

De twee kanalen welke zich ontwikkelen tot de pleuraholten hebben tijdelijk een open verbinding met de buikholte. Dit komt omdat het diafragma nog onvolledig ontwikkeld is. Tijdens de verdere ontwikkeling wordt de caudale grens van de pleuraholten begrensd door halveaanachtige plooien, de membrana pleuroperitoneales. Deze plooien voegen zich bij het septum transversum. Het deel dat gevormd wordt door het fuseren van de pleuroperitoneale plooien en de dorsale methotheliale plooï welke ondersteuning biedt aan de oesophagus en septum transversum, vormen het oorspronkelijke diafragma. (figuur 1.3) Het midden van het diafragma blijft tendineus, het centrum tendineum. Aan het einde van de achtste week van de embryo is het diafragma volledig verbonden met de dorsale wand van de embryo, ter hoogte van L2-L3.



*Figuur 11-6*

Schematische tekening van de ontwikkeling van het diafragma. A. Aan het begin van de zesde week zijn de pleuroperitoneale plooien zichtbaar. B. De pleuroperitoneale plooien zijn in de zevende week vergroeid met het septum transversum en het mesenterium van de oesophagus. C. Dwarsdoorsnede in de vierde maand van de ontwikkeling. De ingroei van spierweefsel uit de lichaamswand vormt het meest perifere gedeelte van het diafragma. Na deze vergroeiing zijn de thoraxholte en de abdominale holte definitief van elkaar gescheiden.

*Figuur 1.3 Ontwikkeling diafragma*

\* Een coeloom is een holte in de embryo welke door differentiatie van het intra-embryonale mesoderm gevormd wordt. Aanvankelijk staan de intra-embryonale en extra-embryonale coeloom in open verbinding met elkaar. Het intra-embryonale mesoderm verdeelt zich in twee lagen; de pariëtale mesodermlaag en de viscerale mesodermlaag welke zich voortzet in het mesoderm van de dooierzak. De ruimte die door deze twee mesodermlagen begrensd wordt noemen we het intra-embryonale coeloom. Hier vormen zich de lichaamsholten en de organen van de embryo.

### 1.2.2 Diafragma en innervatie

Aanvankelijk ligt het septum transversum tegenover de cervicale somieten en zenuwen van het vijfde, zesde en zevende ruggenmergsegment waar ze het septum transversum binnen groeien. Ter vergelijking: humaan is dit het derde, vierde en vijfde ruggenmergsegment. Deze zenuwen noemen we de nervi phrenici en liggen in de pleuroperricardiale plooien. Door vergroting van de longen en de caudaalwaartse verplaatsing van het septum transversum komen ze in het fibreuze pericardium te liggen. De nervi phrenici verzorgen de motorische en sensible innervatie van het diafragma.

Omdat het meest perifere gedeelte van het diafragma afkomstig is van het mesenchym van de thoraxwand, wordt algemeen aangenomen dat de meest caudaal gelegen intercostale zenuwen mede de sensibiliteit van het perifere gedeelte van het diafragma verzorgen. (Lit. 32) Ventrale takken van de thoracale en lumbale zenuwen innervieren de musculaire rand van het diafragma. (Lit. 8)

### 1.2.3 Ademhaling

Zodra het diafragma totaal ontwikkeld is zal het onregelmatig gaan contraheren. Het lijkt aanvankelijk op de hik maar wordt krachtiger en frequenter. Aangenomen wordt dat het diafragma zichzelf oefent voor het moment dat de luchtademhaling begint. Net als bij sommige andere functies in het lichaam is nog onduidelijk welke prikkel deze contracties veroorzaakt.

Het diafragma vlakt af bij inhalatie. Hierdoor neemt de intrathoracale druk af door volume toename van de thoracale holte en daarmee de intrapulmonaire ruimte. De stembanden zijn gescheiden waardoor lucht onder atmosferische druk de longen in stroomt. Het diafragma is normaal gesproken het belangrijkste ademhalingsorgaan. Andere krachtige dwarsgestreepte musculatuur welke het diafragma assisteren situeren zich in de cervicale en thoracale regio (inclusief intercostaal musculatuur) en zijn deels verbonden met de schedel, wervelkolom en voorbenen. (zie ook hoofdstuk 3.4) Inspiratie is dus een krachtige contractie van musculatuur terwijl expiratie voor het grootste deel een passieve actie is, veroorzaakt door het terugkomen van de uitgerekte weefsels van de thoraxwand en longen.

Het diafragma is onderhevig aan mogelijke defecten tijdens de ontwikkeling. Hierdoor kan hernatie van abdominale viscera in de thorax het gevolg zijn. De meest voorkomende aangeboren hernia volgens Sadler (2000) is die van een ontwikkelingsdefect van de linker pleuroperitoneale vouw.

### 1.2.4 Pleura en mediastinum

De longen ontwikkelen zich veel later dan het hart. Ze zijn klein vergeleken met het relatief grote hart en ontwikkelen zich van dorsaal naar ventraal aan beide zijden van het hart. De pleurale holten openen zich voordat de longen zich verder ontwikkelen zodat ze alvast klaar zijn om de longen zich hier binnen te laten ontwikkelen.

Tegen de achtste week zijn de longen groter dan het hart en omgeven deze bijna volledig. De pleurale holten vullen nu beide zijden van de thoracale holte. Alle andere thoracale viscera, inclusief het hart, de grote bloedvaten, de oesophagus en aanverwant bindweefsel bevinden zich nu tussen de pleurale holten en tussen de wervelkolom en het sternum.

Dit brede tussenschot (septum) van viscera en bindweefsel wordt het mediastinum genoemd. Zodra de longen zich verlengen tot de ontwikkeling van de trachea en bronchi worden ze omgeven door mesothelium wat uiteindelijk de viscerale pleura zal worden. Voordat de pleuropericardiale plooien de trachea vormen uit het pericardiale coelom, vormt de wand van de thoracale subdivisies bekleed door mesothelium, één continuïteit.

(Lit. 8, 23, 32)

## 2. Anatomie en topografie

In dit hoofdstuk wordt de anatomie van het diafragma besproken. Het diafragma staat zowel onder invloed van het willekeurige als het onwillekeurige zenuwstelsel. Hierdoor wordt ten onrechte in sommige literatuur beweerd dat het diafragma uit glad spierweefsel bestaat. Behalve het centrum tendineum bestaat het diafragma uit dwarsgestreept spierweefsel. Voor gedetailleerde uitleg van de myologie verwijs ik naar de relevante literatuur. In dit hoofdstuk zal alleen beschreven worden wat nodig is om tot een beter begrip te komen van de osteopathische relaties van het diafragma met structuren in de thorax, hoofd- en halsregio.

Het diafragma wordt als belangrijke speler in het lymfesysteem beschouwd. Het lymfesysteem wordt ook beperkt besproken.

Tenslotte vindt u informatie over enkele craniaal gelegen structuren hetgeen tevens bijdraagt aan de beeldvorming ter voorbereiding op het hoofdstuk 'Osteopathische visie'.

### 2.1 Myologie

Spiere werken als hefboomen waardoor beweging van verschillende lichaamsdelen of het gehele lichaam mogelijk is. Ook dragen spieren een deel van het lichaamsgewicht, ze helpen bij het vormen van de lichaamswand van de thoracale en abdominale holte en ondersteunen activiteit van de interne organen zoals bijvoorbeeld de respiratoire musculatuur en het diafragma.

Spiervezels differentiëren zich in drie soorten, we onderscheiden de gladde spiervezels, hartspiervezels en dwarsgestreepte spiervezels. (Lit. 20, 21)

#### 2.1.1 Gladde spiervezels

Gladde spiervezels zijn spoelvormig uitgerekte cellen, die gemiddeld 0,2 millimeter lang zijn. Ze hebben een kern en bevatten in hun sarcoplasma zeer dunne myofibrillen die homogeen van structuur zijn. Gladde spiervezels zijn te vinden in de wanden van organen en bloedvaten.

Deze spiervezels worden geïnnerveerd door vezels van het autonome zenuwstelsel en zijn niet door de wil te beïnvloeden, ook wel onwillekeurige spiervezels genoemd.

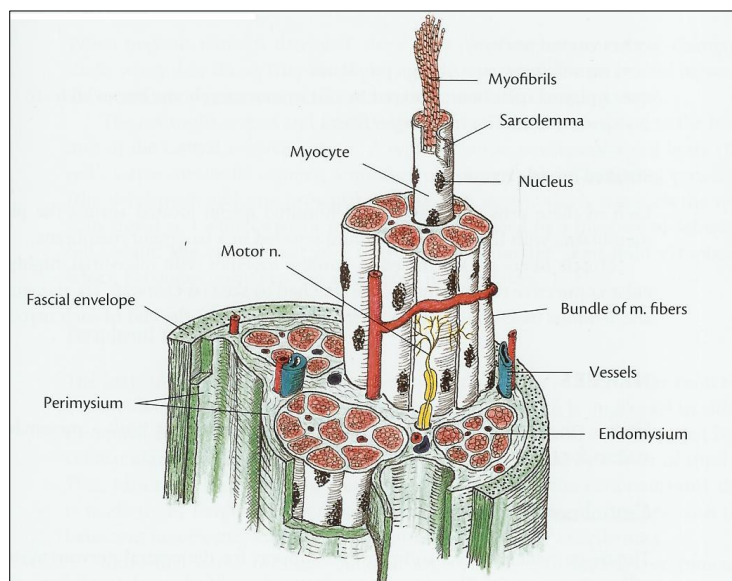
#### 2.1.2 Hartspiervezels

Hartspiervezels hebben ongeveer dezelfde bouw als gladde spiervezels maar de myofibrillen in het sarcoplasma vertonen een dwarse streping.

Evenals de gladde spiervezels worden deze geïnnerveerd door het autonome zenuwstelsel en staan ook niet onder invloed van onze wil.

#### 2.1.3 Dwarsgestreepte vezels

Dwarsgestreepte spieren, ook wel skeletspieren, zijn door pezen of peesbladen verbonden met de bewegende delen van het lichaam. In de meeste spieren



Figuur 2.1 Dwarsgestreepte musculatuur



lopen spiervezels van pees tot pees. De vezels zijn altijd in fasciculi gelegen en verschillende fasciculi vormen de spierbuik en zijn omgeven door het epimysium, ook wel de spierfascie. In het inwendige van de spierbuik bevindt zich bindweefsel tussen de fasciculi, het perimysium en tussen de vezels van de fasciculi bevindt zich het endomysium. Het epimysium, perimysium en endomysium zorgen ervoor dat de fasciculi ten opzichte van elkaar kunnen verschuiven. Het bindweefsel in de spierbuik hangt samen met het epimysium en omgeeft en geleidt de bloedvaten en zenuwen die de spier van buiten af betreden.

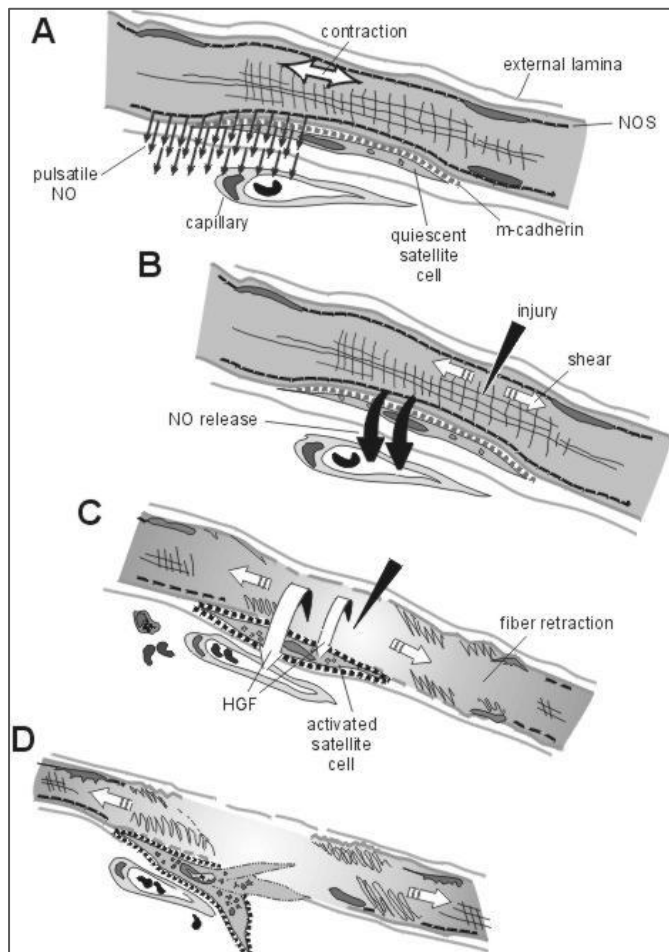
#### 2.1.4 Ontwikkeling, degeneratie, regeneratie en adaptatie van spiervezels

Somieten uit de middelste kiemlaag differentiëren zich in mesenchyme stamcellen, en kenmerken zo het begin van spiercellen. De mesenchyme stamcellen differentiëren zich verder in premyoblasten en vervolgens in contractiele myoblasten. Myoblasten bevatten proteïnen, de myosine en actine filamenten. De myosine en actine filamenten zijn verantwoordelijk voor de contractiliteit van de cel. Deze proteïnen zijn in het cytoplasma specifiek gerangschikt naar spiervezeltype en veroorzaken een typische streping. Aangrenzende cellen fuseren samen en vormen een lange, cilindrische en multinucleaire cellen, de spiervezels. Bij een volwassen dier kunnen deze spiervezels tot 10 cm lang zijn en 100 µm in doorsnede.

Een aantal stamcellen ontwikkelen zich niet verder maar blijven satellietcellen en spelen een belangrijke rol in de regeneratie van spierweefsel. (figuur 2.2) Degeneratie van spierweefsel kan ontstaan door verschillende factoren. Bijvoorbeeld: lokale ischaemie, neurogene atrofie, beschadiging door druk of beschadiging door toxines waardoor lokale degeneratie van spierweefsel kan ontstaan.

De regeneratie is afhankelijk van de activiteit en het aantal onbeschadigde satellietcellen. De kracht van spieren en het percentage spierweefsel is bijna geheel afhankelijk van het trainingsniveau. Immobiliteit, gebrek aan activiteit en verstoring van de zenuwinnervatie kunnen leiden tot atrofie als gevolg van verminderde doorbloeding.

Vermeerdering van spierweefsel ontstaat door het versterken van bindweefsel, toename van de vezeldikte en een toename van de bloeddorstrooming. Dit alles kan bereikt worden door regelmatig oefening en het aanspreken van de bijbehorende fysiologische systemen. (Lit. 20)



Figuur 2.2 Regeneratie door activatie satellietcel

## 2.2 Opbouw diafragma

Het diafragma bestaat uit een:

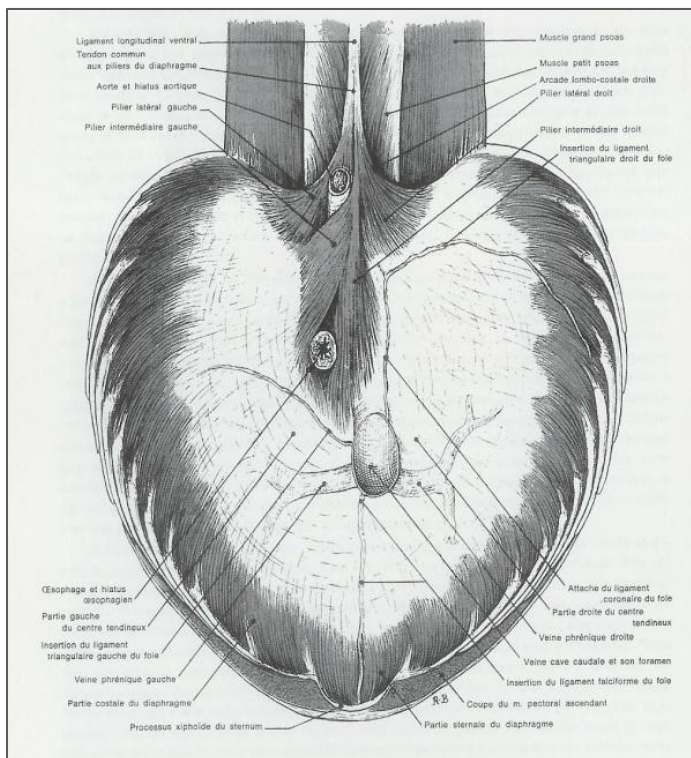
- pars sternalis
  - pars costalis
  - pars lumbalis
- } musculair
- centrum tendineum

Het diafragma is een koepelvormige musculotendineuze plaat welke de thoracale en abdominale holte van elkaar separeert en is bij alle zoogdieren aanwezig. De convexe craniale zijde van het diafragma reikt tot ver in de thoracale holte. Het punt waar de convexiteit maximaal is noemen we het hoekpunt, oftewel cupula diaphragmatis. Het musculaire deel van het diafragma bekleedt de laatste twaalf ribben en reikt tot aan de lumbale wervelkolom (L2-4 Nickel, 2005).

Aan thoracale zijde is het diafragma bekleed met de fascia endothoracica en de pleura parietalis. Een dubbele laag sereus weefsel (membrana serosa) reikt tussen het thoracale oppervlak en het hart en de longen, dit is het mediastinum. Aan de abdominale zijde is het bekleed door de fascia transversalis en het peritoneum parietalis. Deze is in contact met lever, milt, nieren en verschillende delen van het colon. De directe en indirecte viscerale relaties aan de abdominale zijde van het diafragma worden in deze thesis niet besproken. We beperken ons slechts tot de craniale structuren.

Een aantal structuren passeren het diafragma op drie plaatsen net ventraal van de lumbale wervelkolom bijna in het mediane vlak:

- De hiatus aorticus met de aorta, vena azygos en ductus thoracicus.
- De hiatus oesophagus met de oesophagus en de twee nervi vagi.
- Het foramen vena cava waar alleen de vena cava caudalis door loopt.



*Figuur 2.3  
Caudaal zicht diafragma paard*

## 2.2.1 Musculair weefsel

Het musculaire deel bestaat uit de pars lumbalis, pars costalis en pars sternalis. (figuur 2.3)

### 2.2.1.1 Pars lumbalis

De pars lumbalis van het diafragma wordt gevormd door het crus sinister en crus dexter. Zij hebben hun oorsprong aan de ventrale zijde van de derde of vierde lumbale wervel en verlopen in cranioventrale richting. De twee crura vormen de hiatus aorticus met daarin de aorta, vena azygos en ductus thoracicus.

De pars lumbalis is in direct contact met het peritoneum en de pleura parietalis aan de dorsolaterale rand van het diafragma, juist ventraal van de psoasmusculatuur. Deze regio heet de arcus lumbocostalis, ook wel de psoas arcade genoemd.

#### *Crus dexter*

Het crus dexter is groter dan het crus sinister en waaiert uit om zich te scheiden in een lateraal deel, welke doorloopt aan de rechter zijde van het diafragma naar het centrum tendineum en twee ventrale delen.

De twee ventrale delen zijn zeer sterke musculaire strengen welke cranioventraal tot diep in het centrum tendineum verlopen. Ze vormen een gleuf waar de oesophagus en de twee nervi vagi doorheen lopen. Dit is de hiatus oesophagus.

#### *Crus sinister*

Het crus sinister is niet onderverdeeld bij gezelschapsdieren, behalve bij carnivoren waar het bestaat uit een laterale en intermediale tak.

Het crus sinister verloopt van de dorsale rand van het diafragma aan de linker zijde naar het centrum tendineum.

Het crus dexter en crus sinister vormen de psoas arcade. Onder deze arcade passeren de m. psoas major, m. psoas minor, de grensstreng en de nn. splanchnici.

### 2.2.1.2 Pars costalis

De pars costalis bestaat uit een serie spierbundels welke hun origo hebben aan de binnenzijde van de laatste tien costae aan beide zijden van de thorax en buigt ventraal af langs de costochondrale verbindingen naar de achtste rib en het xyphoideum. De pars costalis insereert radiaalsgewijs in het centrum tendineum, alternerend met de koppen van de m. transversus abdominis.

### 2.2.1.3 Pars sternalis

De spiervezels van de pars sternalis ontspringen aan de cartilagine van het xyphoideum en strekken zich dorsaal uit naar het centrum tendineum.

## 2.2.2 Tendineus weefsel

Pezen of peesbladen verbinden de musculatuur met het skelet, de fasciën, gewrichtskapsel en soms ook met de huid. Ze bestaan uit parallel verlopende collagene vezels die in bundels gerangschikt zijn. Zij worden omgeven door het peritendineum (losmazig bindweefsel) dat zich tussen de bundels voortzet.

Bij de overgang van spierweefsel naar tendineus weefsel bestaat een nauwe relatie tussen de beiden structuren. Het epimysium zet zich voort in het peritendineum en de collagene vezels van de pees liggen ingebed in vingervormige instulpingen van het uiteinde van de spiervezel. De myofibrillen lopen echter niet door in de fibrillen van de peesvezels. Hiertussen is altijd sarcolemma aanwezig.

De pezen die een aanhechting hebben aan bot lopen voor het grootste deel door in het botweefsel. Hierbij vindt een geleidelijke overgang plaats van vezelig bindweefsel in vezelig kraakbeen, vervolgens in verkalkt kraakbeen en tenslotte in botweefsel. Op deze manier is

de aanhechting goed bestand tegen druk- en trekkrachten die de musculatuur op het lichaam uitoefent. Slechts een klein deel van het peesweefsel loopt uit in het periost. (Lit. 21)

#### 2.2.2.1 Centrum tendineum

Het deel van het centrum tendineum dat het meest craniaal gelegen is vormt de vertex van het diafragma, de cupula diafragmatis.

Het centrum tendineum bestaat uit twee lagen van tendineuze vezels welke vanuit het musculaire deel van het diafragma ontspringen. Waar de vezels van de abdominale laag van het centrum tendineum in een radiaal patroon zijn gerangschikt, liggen de vezels van de thoracale laag in een circulair netwerk. De beide lagen zijn met elkaar verbonden door een ongestructureerde tussenlaag van tendineus weefsel.

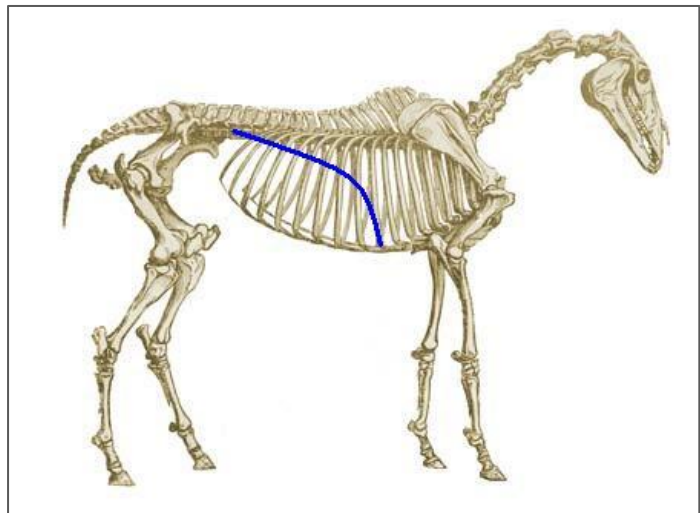
Het centrum tendineum kan verdeeld worden in een ventraal deel en twee uitlopers welke dorsaal parallel aan de crura lopen. Ze reiken tot aan de dorsale rand van het diafragma waar ze de pars lumbalis en pars sternalis van elkaar scheiden.

De apex van de cupula diafragmatica wordt gevormd door het foramen venae cavae waarmee de vena cava caudalis stevig is verbonden. De positie van het foramen vena cava is dus relatief constant.

In de neutrale positie - tussen volledige inspiratie en volledige expiratie – reikt de cupula diafragmatica tot aan de ventrale zijde van de zesde rib en bij de hond de zesde intercostale ruimte. Het foramen venae cavae verplaatst zich één intercostale ruimte caudoventraal tijdens inspiratie en één intercostale ruimte craniodorsaal tijdens expiratie. De apex van de cupula diafragmatica blijft consequent ter hoogte van de zevende intercostale ruimte bij herkauwers en het varken en tussen de zevende en achtste intercostale ruimte bij carnivoren en het paard. (Lit. 20)

Het diafragma van het paard is schuin gepositioneerd terwijl bij huisdieren het diafragma meer verticaal is gepositioneerd. Zij verloopt craniaal naar het sternum en loopt uit in platte bogen lateraal en dorsaal om te insereren in de thoracale wand en de wervelkolom.

Bij inspiratie wordt het centrum tendineum opgespannen door contractie van de omliggende musculatuur welke zorgen voor een meer conische vorm van het diafragma. De laterale abdominale wand wordt naar buiten bewogen en de viscera worden naar caudaal verplaatst. De thoracale holte wordt dus vergroot en de longen zetten zich passief uit.



*Figuur 2.4 Situering diafragma*

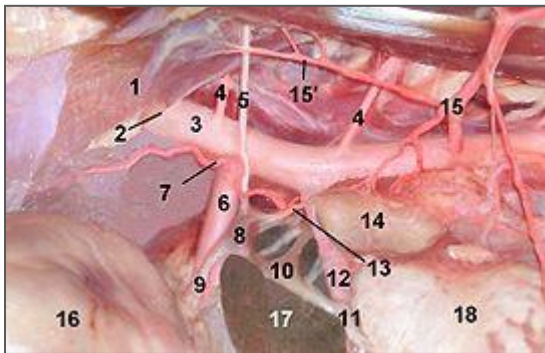
Bij expiratie ontspant de musculatuur van het diafragma zich en verplaatsen de viscera zich weer naar craniaal, geassisteerd door de abdominale musculatuur. De thoracale holte wordt weer kleiner en de longen worden gecompriëerd.

## 2.3 Angiologie

### 2.3.1 Arteriën

Het diafragma is rijkelijk gevasculariseerd. Uit de aorta descendens pars thoracica net craniaal van de hiatus aorticus ontspringen de aa.phrenicae cranialis en caudaal van de hiatus aorticus de a. phrenica caudalis. (Lit. 1)

Tevens wordt het diafragma gevasculariseerd vanuit de a.subclavia, a. thoracica interna en a.musculophrenica en a.pericardiacophrenica. (Lit. 9) De a. thoracica interna ontspringt op de onderzijde van het eerste deel van de a. subclavia en daalt tegen de binnenzijde van de ribkraakbeenderen in de thorax af. Zij geeft takjes af voor mediastinum, sternum, thymus, bronchi, voorste intercostaalruimten en bij de mens tevens aan de borstklier. Zij splitst in de a. epigastrica cranialis en a. musculophrenica. (Figuur 2.6) (Lit. 19)



Figuur 2.5

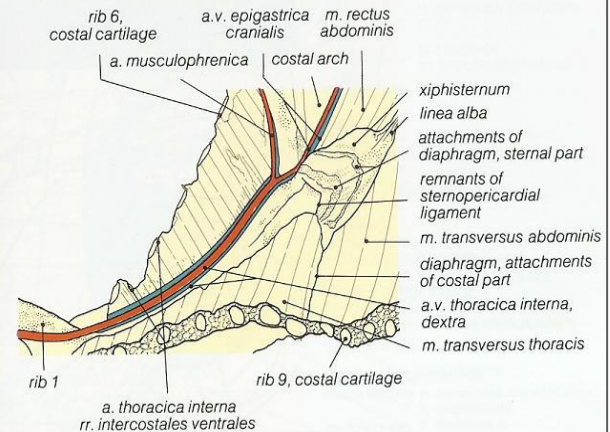
Linkerzijde kat ter illustratie; aorta, ganglion coeliacum, ganglion mesentericum craniale en vascularisatie diafragma

- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Crus sinister van het diafragma | 10. Ganglion mesentericum craniale |
| 2. Hiatus aorticus                 | 11. Plexus mesentericus craniale   |
| 3. Aorta descendens                | 12. a. mesenterica cranialis       |
| 4. a. lumbalis                     | 13. n. splanchnicus minor          |
| 5. n. splanchnicus major           | 14. Glandula adrenalis (bijnier)   |
| 6. a. coeliaca                     | 15. a. abdominalis cranialis       |
| 7. a. phrenica caudalis            | 16. Gaster (maag)                  |
| 8. Ganglion coeliacus              | 17. Hepar (lever)                  |
| 9. Plexus coeliacus                | 18. Ren sinister (nier)            |

Fig.4.30 The thoracic floor: left dorsolateral view.



After removal of the thoracic viscera and diaphragm, the right transverse thoracic muscle has been dissected to show the course of the internal thoracic vessels. The left internal thoracic vessels, running ventral to the transverse thoracic and abdominal muscles, have not been exposed.

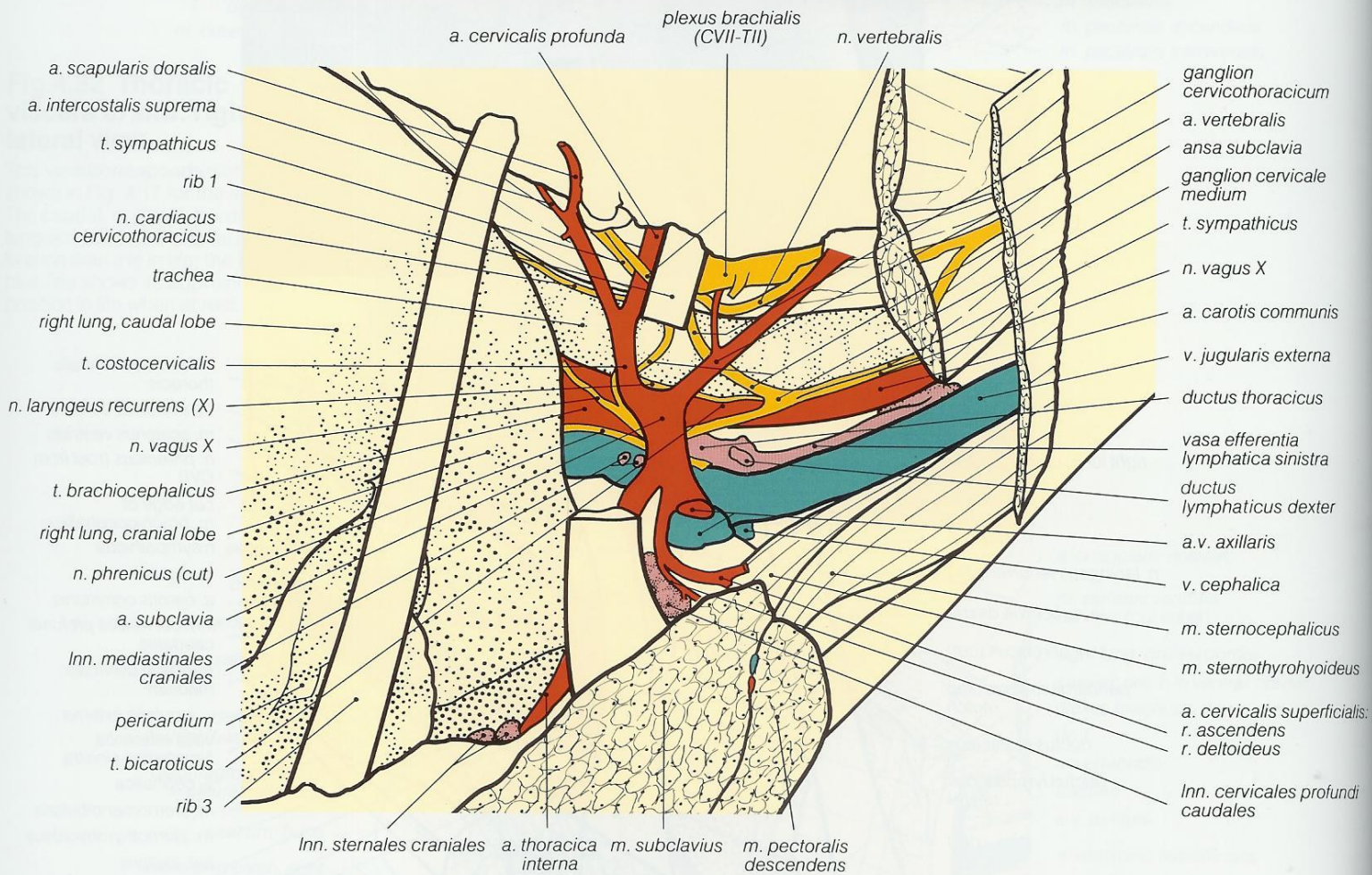


Figuur 2.6 Situering van de a. thoracica interna en de a. en v. epigastrica cranialis bij het paard



**Fig.4.35 Nerves and vessels of the cranial mediastinum: right lateral view.**

The first rib has been partially resected to show the recurrent laryngeal nerve looping round the right costocervical trunk. The most dorsal part of the first rib remains covering the cervicothoracic (stellate) ganglion and obscuring its connections with other nerves.



**Figuur 2.7** Situering van de *a. thoracica interna* onder de 1<sup>e</sup> rib bij het paard



### 2.3.2 Venen

De venen van het diafragma volgen de arteriën en draineren in de vena cava cranialis en caudalis. (Figuur 2.6)

De venen uit het diafragma zijn de vv.musculophrenicae, vv.pericardiacophrenicae welke naar de v.brachiocephalica verlopen en de vv.phrenicae craniales welke in de v.azygos uitmondt.De vena azygos mondt op haar beurt uit in het caudale deel van de vena cava cranialis.

König (2009) merkt op dat in embryologisch stadium zowel een linker als rechter vena azygos te zien is. Deze ontwikkelen zich bij het paard, de hond en de kat tot slechts één rechter vena azygos. König beschrijft tevens dat bij het varken een linker vena azygos blijft bestaan en soms beiden net als bij de mens. (Lit. 1, 20)

### 2.4 Innervatie

Innervatie van het diafragma komt uit de ventrale takken van C5-7 (kat C4-7) en vormen de nn. phrenici welke caudaal in het mediastinum verlopen. Tevens wordt het diafragma geïnnerveerd door de intercostale zenuwen. (Lit. 13) Vasomotorische innervatie van het diafragma komt uit de plexus coeliacus. (Figuur 2.5)



*Figuur 2.8 Het verloop van de n. phrenicus aan de linkerzijde van het paard*

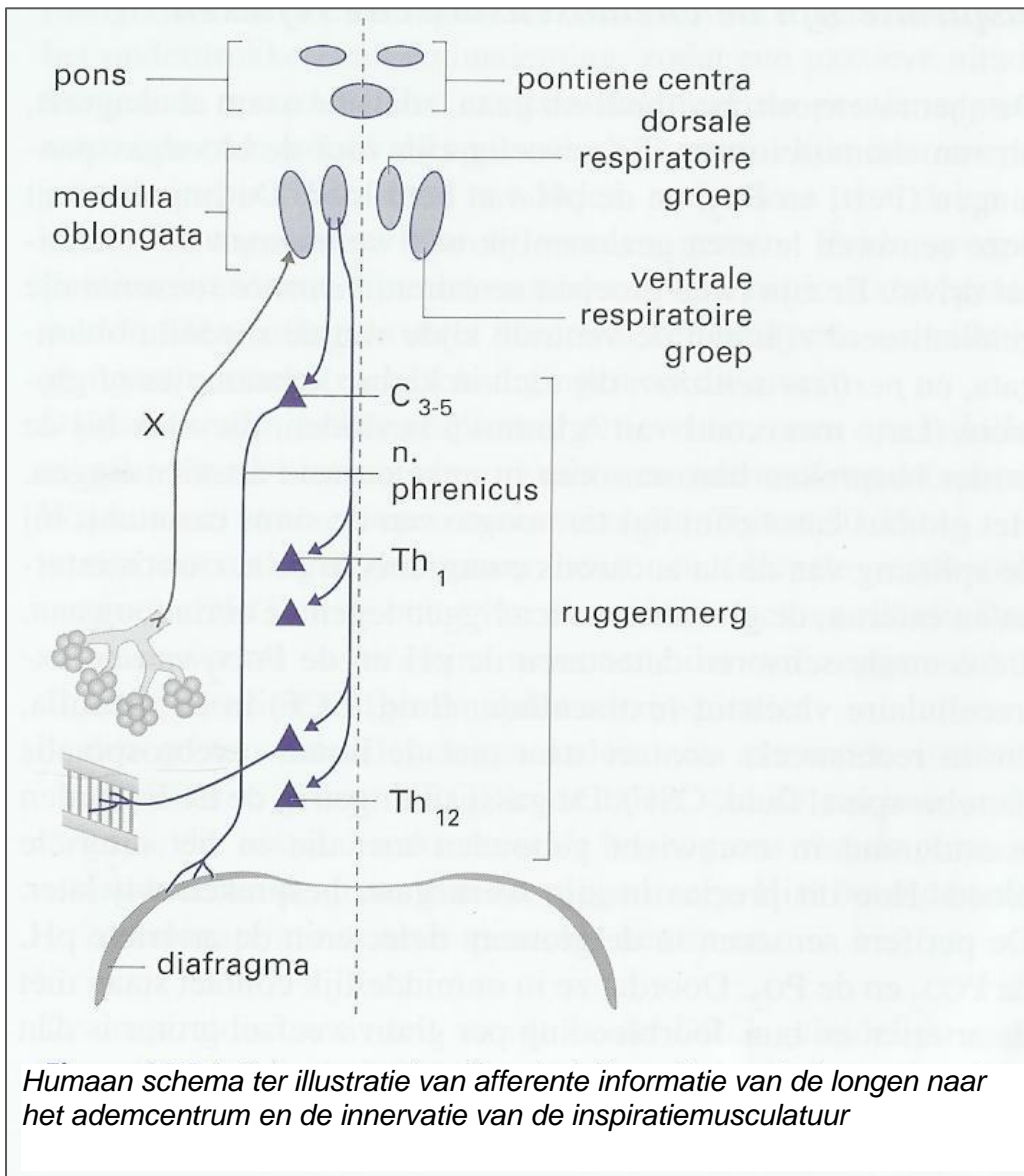
#### 2.4.1 Motorische innervatie

De ademhalingspijlen zijn skeletspieren en dus dwarsgestreept. Ze worden geïnnerveerd vanuit het ruggenmerg. De interne en externe intercostale musculatuur worden verzorgd door  $\alpha$ -motorische neuronen van de intercostale zenuwen; dit zijn aftakkingen van de spinale zenuwen afkomstig uit de thoracale segmenten Th1-17/18. Het diafragma wordt geïnnerveerd vanuit de cervicale segmenten C5-7 door  $\alpha$ -motorische neuronen van de n.

phrenicus en de eerste intercostale zenuwen.

Het diafragma heeft een andere motorische innervatie dan de andere skeletspieren. Op het pars lumbalis na heeft het diafragma namelijk geen spierspoeltjes en geen  $\gamma$ -motorische innervatie. De intercostale musculatuur heeft wel spierspoeltjes en wel  $\gamma$ -motorische innervatie. In de humane literatuur wordt deze differentiatie toegeschreven aan de mogelijke rol bij de houding van het lichaam. In de veterinaire literatuur werd dit evenwel niet terug gevonden.

De motorische voorhoornen van de ademhalingmusculatuur ontvangen hun impulsen hoofdzakelijk via de tractus reticulospinalis afkomstig uit de formatio reticularis van de hersenstam, het deel van het centraal zenuwstelsel (CZS) tussen diencephalon (thalamus en hypothalamus) en het begin van het ruggenmerg. Daar bevinden zich grote groepen respiratoir actieve neuronen die een complex netwerk vormen van waaruit de impulsen voor de adembeweging worden afgegeven. (Figuur 2.9) Deze vertonen een ritmische activiteit, synchroon met de in- en expiratie. (Lit. 5)



Figuur 2.9



## 2.4.2 Sensibele innervatie

De n. phrenicus bevat ook sensibele vezels voor onder andere het craniale deel van het diafragma, het pericard en pleura via de ramus pericardiacus en de aan het diafragma grenzende peritoneum via de rami phrenicoabdominalis. In geval van pleurale of peritoneale prikkeling kan in het gebied corresponderend met C5-7 waaruit de n. phrenicus ontspringt hyperesthesie ontstaan. (Lit. 1, 19) Het diafragma wordt sensibel ook door de nn. Intercostales geïnnerveerd. (Lit. 8)

De heer L. Vochten zegt over de sensibele bezenuwing van de n.phrenicus in zijn thesis “*De nervus phrenicus en zijn punt bij het paard*” (2007):

“*De sensibele bezenuwing van de nervus phrenicus volgens Kunert W.*

We baseren ons voor de opsomming van de organen die door de nervus phrenicus bezenuwd worden op de tabel van Kunert W. We vullen de tabel wel aan met de nier omdat de meeste auteurs in hoofdstuk II geschreven hebben dat de kapsel van de bijnier eveneens door de nervus phrenicus bezenuwd wordt.”

	sympathicus, pelvicus	phrenicus
hart, aorta asc.	Th1 - Th4 (Th5)	(C,) C3, C4 (C5)
bronchiën, long	(Th1) Th2 - Th5 (Th4 - Th9)	(C2) C3, C4 (C5)
oesofagus	Th4, Th5 (Th4)	
maag	(Th5) Th4 Th9	(C2) C3, C4 (C5)
lever, gaiblaas	(Th7) Th8, Th9, Th10, Th11	(C2) C3, C4 (C5)
nier	Th10-L1	

Tabel 1: Schematisch overzicht van de sensibele verzorging van de viscera naar Foerster in het boek van Kunert

N.B. Bovenstaand schematisch overzicht komt uit de humane literatuur.

## 2.4.3 Mobiliteit en motiliteit van het diafragma

Met mobiliteit van het diafragma wordt bedoeld: de beweging van het diafragma tijdens ademhaling. De contractie en relaxatie van het diafragma.

De mobiliteit van het diafragma is mede afhankelijk van de algehele conditie van de organen die in zowel direct als indirect contact staan met het diafragma.

De motiliteit van het diafragma werd niet gevonden in de bestudeerde literatuur. Aangezien het diafragma tot het skeletspierstelsel behoort en niet tot de organen mag verwacht worden dat het diafragma geen eigen motiliteit heeft zoals de lever dit bijvoorbeeld wel heeft.

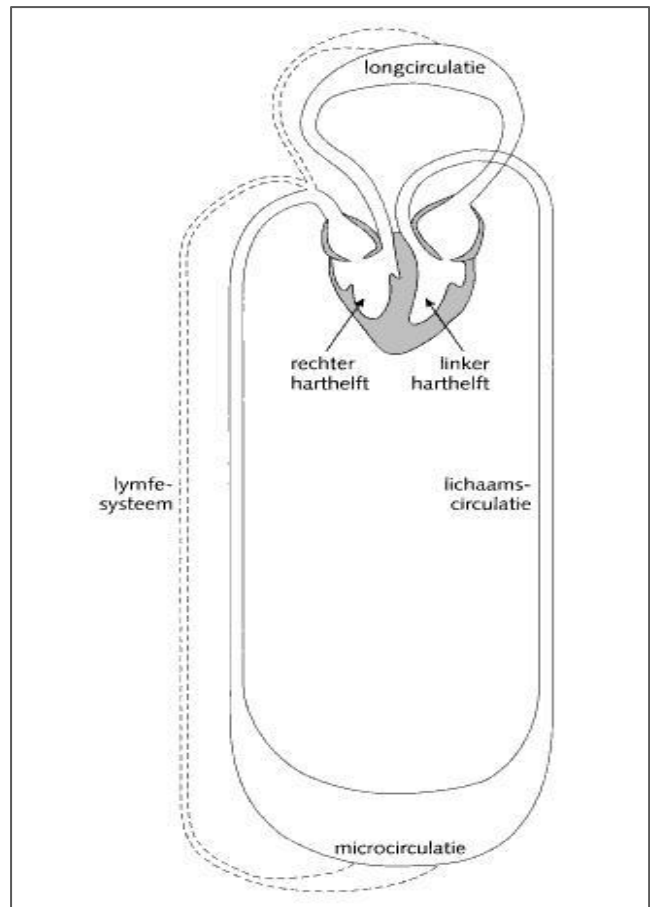
## 2.5 Het lymfesysteem

Doordat het lymfetransport mede afhankelijk is van ritmische pulsaties uit de omgeving, dus ook het diafragma, wordt het lymfesysteem besproken in deze thesis.

Het lymfesysteem is onderdeel van de totale circulatie. (Figuur 2.10) Dit systeem is parallel geschakeld aan het veneuze deel van de bloedsomloop. Via het lymfesysteem bereikt ongeveer tien procent van het weefselvocht het veneuze deel van de bloedbaan. Het lymfesysteem bestaat uit lymfevaten en lymfeknopen.

### 2.5.1 Het lymfesysteem als onderdeel van de circulatie

Behalve in een hoge- en een lagedruksysteem kan de circulatie ook worden onderverdeeld in de macrocirculatie en microcirculatie. De laatste genoemde omvat de kleinste vertakkingen van het circulatiesysteem die de interactie van bloed, interstitiële vloeistof en lymfe met het weefsel op cellulair niveau verzorgt. Tot de microcirculatie worden gerekend: de kleinere arteriolen, de capillairen, de voorkeurskanalen, de venulen en de kleinere venen. Het arteriële deel van de microcirculatie omvat de arteriolen en het aansluitende deel van de capillairen; het veneuze deel begint met het vervolg van de capillairen en de daarop aangesloten venulen en kleinere venen.



Figuur 2.10 Het totale circulatiesysteem

#### 2.5.1.1 Veneuze afvoer

Het vocht, wat bestaat uit water en kleinere opgeloste stoffen, dat door de hoge bloeddruk in de arteriële zijde van de microcirculatie naar buiten is geperst, wordt in het veneuze deel van de microcirculatie voor negentig procent weer opgenomen. De eiwitten samen met tien procent van het vocht uit de weefsels, worden opgenomen en afgevoerd door het lymfesysteem.

#### 2.5.1.2 Doorstroming van weefsel

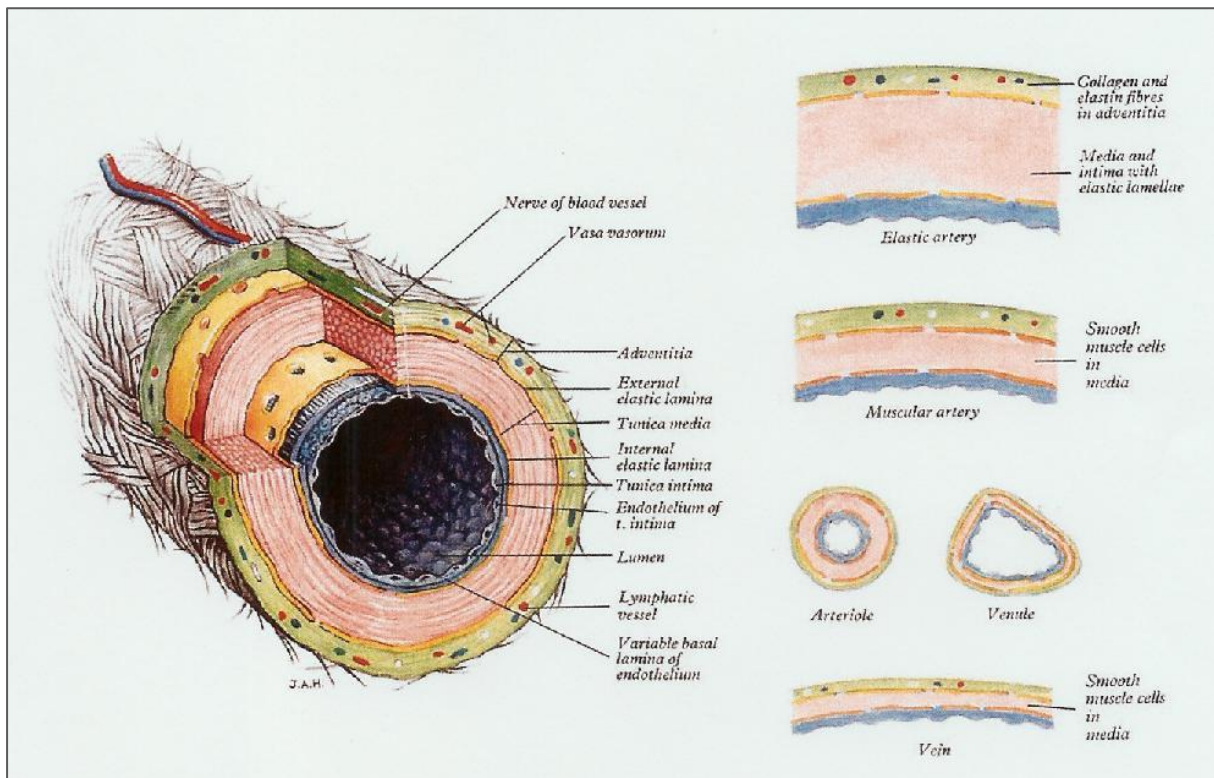
De doorstroming van weefsel omvat het totaal aan circulatie door het weefsel. De totale circulatie door het weefsel omvat de bloedsomloop, de vloeistofstroom door het interstitium en de afvoer via het lymfesysteem. Er bestaat een continue vloeistofstroom in het interstitium met steeds verse aanvoer. In het interstitium bewegen ook leukocyten en monoccyten, ook wel macrofagen genoemd, die zorg dragen voor fagocytose en afvoer van vreemde deeltjes en micro-organismen.

## 2.5.2 Opbouw lymfesysteem

Het lymfesysteem is opgebouwd uit vasa lymphatica en nodi lymphatici (lymfeknopen of lymfeklieren). De nodi lymphatici spelen een rol als filter, opslagplaats, afweerstation en regulator van de eiwitconcentratie in de lymfe. De filterfunctie geldt speciaal voor grotere partikels, cellen en celcomplexen en wordt door de macrofagen uitgeoefend. Niet afbreekbare deeltjes zoals zandkorrels kunnen zeer lang in macrofagen binnen de lymfeknoop aanwezig blijven. De opslagfunctie varieert met de druk in de lymfeknoop.

De afweerfunctie van lymfeknopen is zeer belangrijk. Lymfocyten blijven niet statisch in de lymfeknopen zitten maar circuleren frequent kortdurend in de bloedsomloop alwaar activatie door een antigeen plaats kan vinden. Lymfocyten die door een antigeen geactiveerd zijn, activeren weer andere lymfocyten in de lymfeknoop waardoor een immunreactie op gang gezet kan worden.

De lymfecapillairen zijn blindbeginnde buisjes welke uit slechts één laag van endotheelcellen is opgebouwd. Deze endotheelcellen lijken op die van de bloedvaten. Lymfecapillairen hebben echter een basale membraan die soms ontbreekt of onderbroken is middels grote vensters waardoor het transport van vocht met eiwitten en kleine deeltjes uit het interstitium makkelijker getransporteerd kan worden. De capillairen verenigen zich tot grotere vaten met gladde spiervezels waardoor zij kunnen contraheren. Deze grotere vaten verenigen zich tot nog grotere vaten met een wand welke bestaat uit drie lagen, te weten: de tunica intima, tunica media en tunica adventitia. In deze grotere vaten bevinden zich kleppen die zorgen voor een centripetale (middelpuntzoekende) stroomrichting. (Lit. 1)



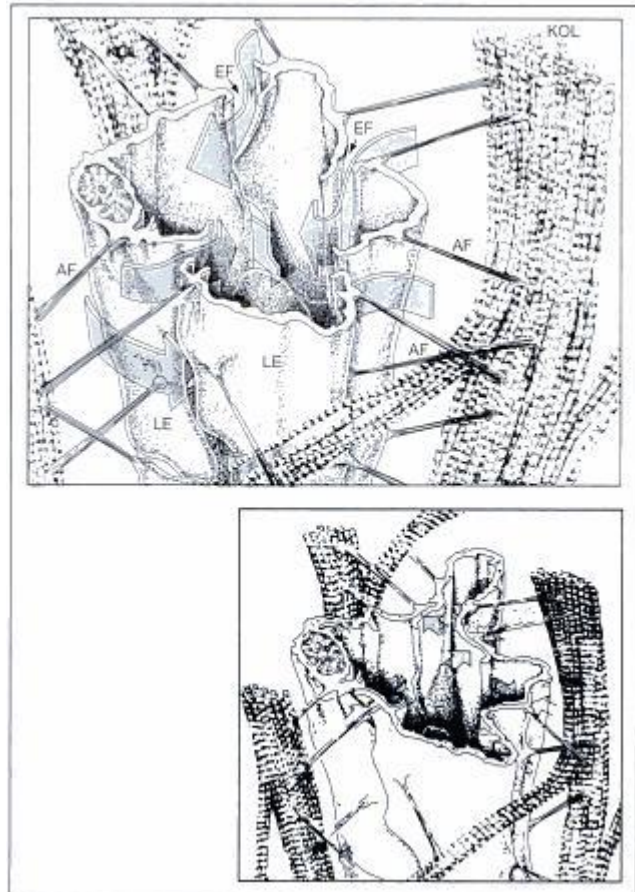
Figuur 2.11 Dwarsdoorsnede bloedvat

### 2.5.2.1 Lymfevaten

De lymfevaten zijn te onderscheiden in afferente vaten welke de lymfe naar de lymfeknopen voeren. De afferente lymfevaten zijn de lymfecapillairen, precollectoren en collectoren. Na passage door de lymfeknoop voeren de efferente lymfevaten de lymfe van de lymfeknoop af. De efferente lymfevaten voegen zich samen tot grotere lymfevaten en vormen de uiteindelijke trunci lymphatici (lymfestammen).

Een lymfecapillair begint, in tegenstelling tot een bloedcapillair, als een blind eindigend vaatje, ook wel een 'gesloten' begin of uitstulping genoemd. Figuur 2.12 laat een doorsnede zien van een lymfecapillair, het gesloten deel wordt niet getoond. Wel is duidelijk te zien dat de lymfe uit de omgeving via de poriën (zie pijlen) van de lymfecapillair binnen komt. Een bloedcapillair heeft deze permeabele eigenschappen niet.

Het endotheel van de lymfecapillairen bevat geen actief pompmechanisme waardoor het vloeistoftransport dus passief is. Het transport vindt plaats via ritmische pulsaties uit de omgeving zoals arteriën, arteriolen, de bewegingen veroorzaakt door de ademhaling, musculaire contracties van skeletmusculatuur en door een lagere druk in de aansluitende vaten.



Figuur 2.12

EF = 'open junctions'

LE = endotheelcellen van een lymfecapillair

AF = verankeringsvezels

### 2.5.3 Lymfeafvoer diafragma

Het lymfesysteem laat de soortspecifieke bijzonderheid zien dat veel lymfeknopen tot lymfepakketten samengevoegd zijn.

De lymfeafvoer vanuit de regionale lymfeknopen van de maag, milt, lever, pancreas en diafragma vindt plaats via de nodi lymphatici die rond de truncus coeliacus liggen. Vanuit de lymfeklieren rondom de truncus coeliacus zijn er verbindingen (trunci intestinales, trunci lumbales) met de cisterna chyli. De cisterna chyli is een verwijding in de ductus thoracicus en dient als bufferruimte voor extra aanvoer van lipoproteïnen uit de dunne darm.

De ductus thoracicus is onparig aangelegd en ontspringt uit de cisterna chyli. Bij het passeren van het diafragma door de hiatus aorticus bevat hij de lymfe uit de beide achterbenen, het bekken, het caudale deel van de rug en een groot deel van de buikwand en de buikorganen, de longen, andere structuren in het mediastinum en uit de borstwand. Als de ductus thoracicus ter hoogte van het hart is gekomen, buigt hij naar ventraal en wat naar links, zodat hij de oesophagus en de trachea links kruist. Hij mondt tenslotte uit in een van de grote venen vlak bij de borstingang, de vena cava cranialis. (Lit. 6, 11, 15, 37)

In de humane literatuur werd gevonden dat de nodi lymphatici phrenici superiores via de truncus bronchomediastinalis de lymfe van het diafragma, pericard, caudale deel van de oesophagus, longen en de lever afvoert. Tevens werd gesproken over de nodi lymphatici inferiores welke in de buikholte gelegen zijn en de lymfe afvoert van de onderste longkwabben en tevens het diafragma. (Lit. 12)

## **2.6 Individuele bespreking van enkele anatomische structuren in de thorax, hoofd- en halsregio van het paard**

Voor de algemene beeldvorming is het van belang om enkele structuren in de thorax, hoofd- en halsregio van het paard nader te bespreken. Dit geeft een beter begrip van de topografische ligging van structuren en maakt het makkelijker om anatomische relaties te kunnen leggen. Hieronder een selectie:

### **2.6.1 Fascia**

De fascia is een ononderbroken driedimensionaal web van bindweefsel welke zich uitstrekt naar alle zijden van het lichaam en worden geïnnerveerd door  $\gamma$ -motoneuronen. Het bestaat uit drie lagen: de oppervlakkige fascia, de diepe fascia en de viscerale fascia. De fasciae verbinden het gehele lichaam. Het geeft vorm aan het lichaam, het geeft steun en fungeert als schokbreker. De fasciae spelen een belangrijke rol in de hemodynamica en biochemische processen. Het is een tweede lijn van defensie tegen negatieve invloeden van buitenaf van het lichaam na de huid.

Fascia is een viscoelastisch weefsel en gevoelig voor stress in al zijn vormen en reageert bij verhoogde prikkeling van de  $\gamma$ -motoneuronen middels contractie. Zorn (2007) zegt: *[“...Viscoelasticity is a form of “plastoelasticity”, meaning a mixture of plasticity and elasticity...”]*

Het door de fascia bedekte orgaan kan als gevolg van verhoogde gamma activatie (contractie fascia) beperkt worden in de motiliteit en/of mobiliteit. Deze contractie is reversibel. Door haar elasticiteit heeft fascia een groot adaptief vermogen. De viscerale fascia is echter minder rekbaar dan de oppervlakkige fasciae door haar ondersteunende rol voor de organen. De diepere fasciae zijn avasculair en bevat vele receptoren; nociceptoren, proprioceptoren, mechanoreceptoren, chemoreceptoren en thermoreceptoren. De mechanoreceptoren bevatten het vermogen om de fasciaspanning te verlagen. (Lit. 1, 25, 39)

#### *Fascia endothoracica*

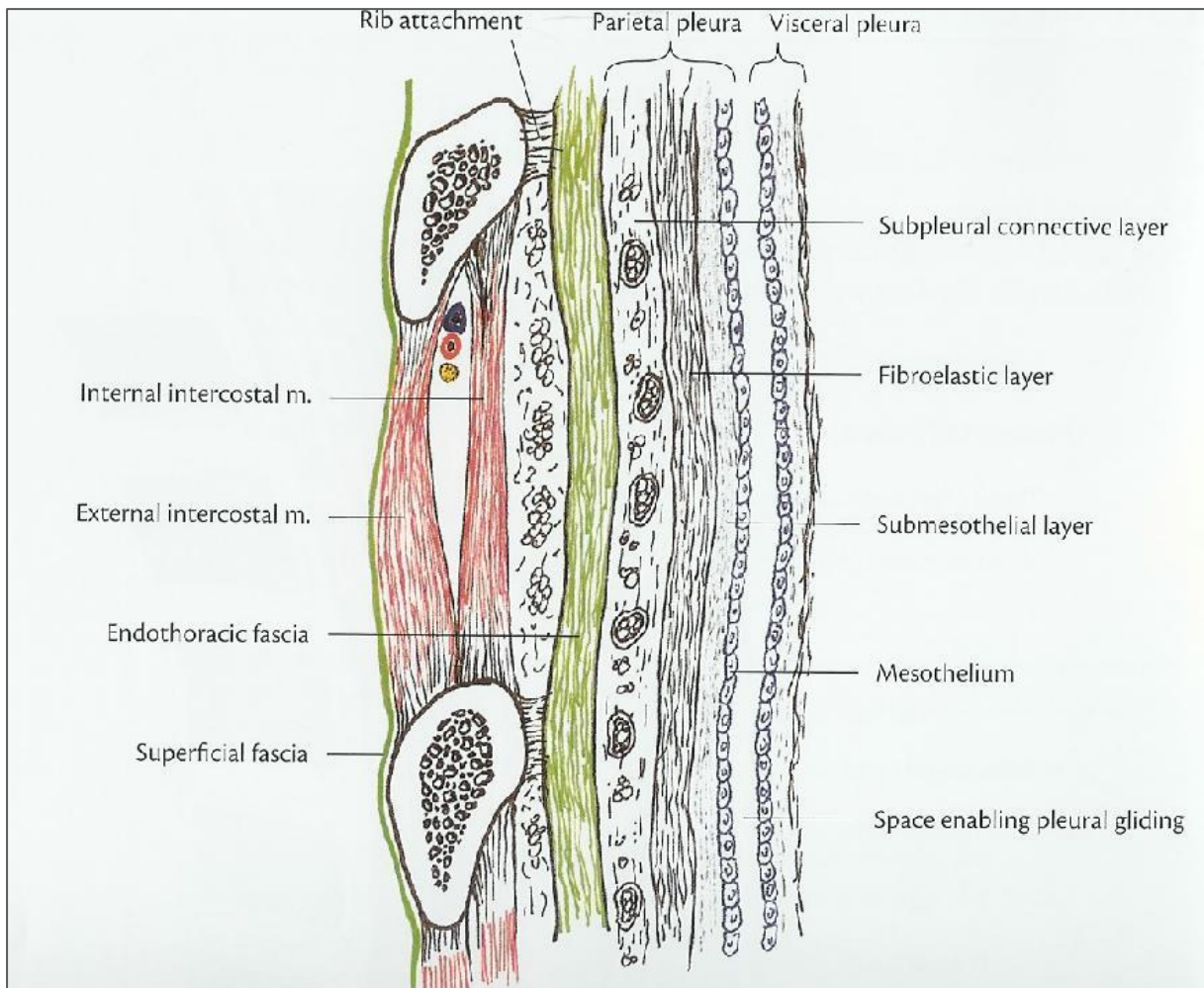
De fascia endothoracica bekleedt de binnenzijde van de thoracale holte en ligt tegen de mediale zijde van de ribben en is via fibreus weefsel verbonden met de intercostale musculatuur. (Figuur 2.13) De fascia is met de wervelkolom verbonden via kleine ligamentaire structuren.

Het bedekt de pleura aan craniale zijde en is verbonden met het periost van de eerste rib. In de humane literatuur heeft de fascia endothoracica een verbinding met de bekleding van de a. subclavia en vormt zo een relatie met de fascia cervicalis. Ter hoogte van de a. subclavia verdikt de fascia endothoracica zich en vormt een fibreus septum transversum. Bij de mens vertakt deze zich in drie ligamenten en dienen ter ophanging van de pleura:

- Lig. costopleurale
- Lig. transversus cupularis
- Lig. pleurovertebrale
- 

In de veterinaire literatuur werden deze fasciale relaties niet gevonden. Dit wil niet zeggen dat deze niet bestaan. Voor deze thesis wordt uitgegaan van het bestaan van een relatie met de fascia cervicalis.





Figuur 2.13 Fascia endothoracica

### Fascia cervicalis

Deze bestaat uit drie lagen (Figuur 2.14):

- Fascia cervicalis superficialis
- Lamina pretrachealis (fascia cervicalis media)
- Lamina prevertebralis (fascia cervicalis profunda)

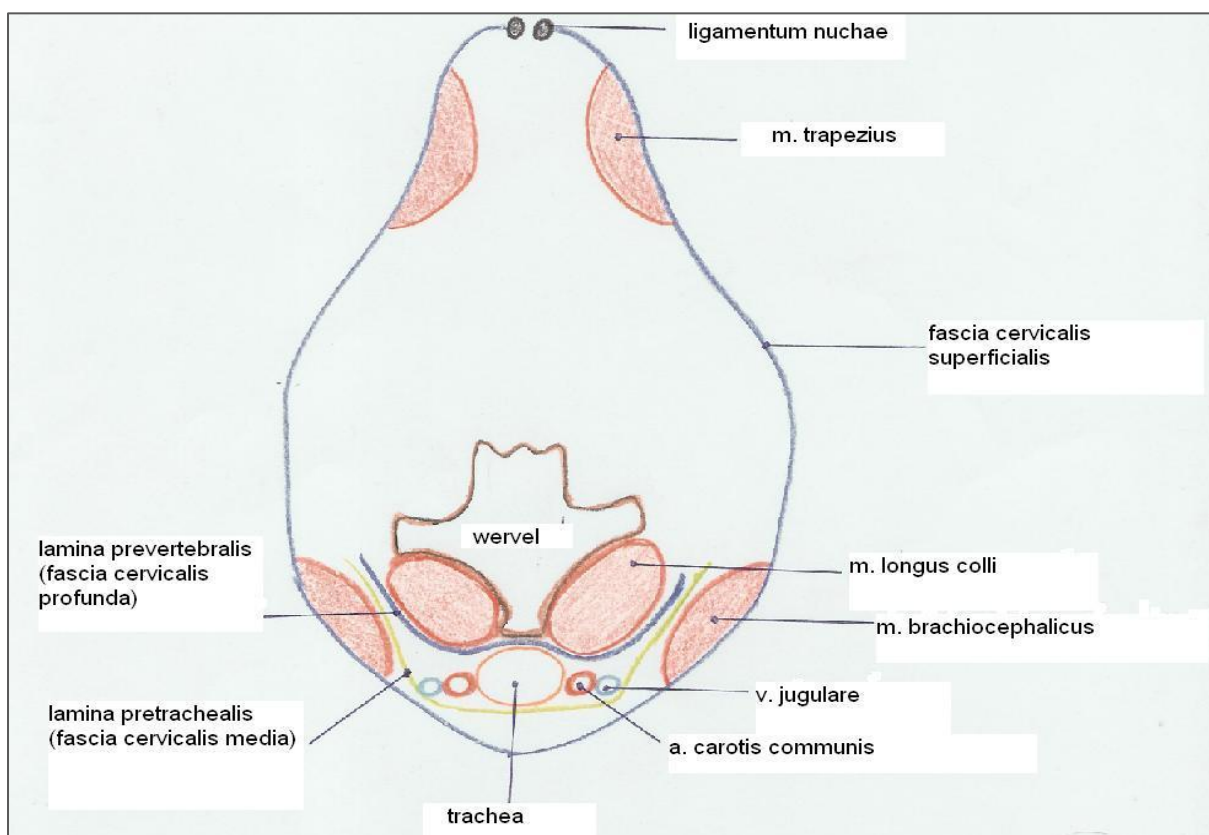
De fascia superficialis komt dorsaal van het ligamentum nuchae en bekleedt de gehele nek tot aan de ventrale middenlijn. De m. trapezius en m. brachiocephalicus worden apart omkleed door deze fascia. De origo van de fascia cervicalis superficialis is het occiput en de fascia masseterica. Bij de cervicothoracale overgang continueert de fascia zich in de oppervlakkige fascia van de thorax en schouder.

De lamina pretrachealis komt van de alae van de atlas, de processus transversus van de cervicale wervelkolom en van de laterale zijde van de m. longus capitis en mm. scaleni en gaat direct naar dieper gelegen structuren om daar de laterale en ventrale zijde van de oesophagus en trachea te bekleden. De lamina pretrachealis splitst zich bij het paard en de

mens om het thyroïd heen en insereert craniaal op het basishyoid. Het deel tussen het thyroïd en hyoid wordt ook wel de membrana thyro-hyoidea genoemd. Caudaal volgt het de oesophagus en trachea om in de thoracale holte samen te vloeien met het pericardium en bereikt zo het diafragma.

De lamina prevertebralis komt van het tuberculum musculare van het os sphenoidale en heeft een tendineuze structuur welke de ventrale zijde van de m. longus colli, m. longus capitis en de laterale zijde in het caudale cervicale deel van de mm. scaleni bekleedt. In de thoracale holte gaat de lamina prevertebralis op in de fascia endothoracica en het ligamentum longitudinale ventrale.

De lamina pretrachealis en prevertebralis vormen samen de vagina carotis. Deze bevat de truncus sympathicus, n. recurrens laryngeus en de a. carotis communis. Aangenomen wordt dat deze anatomische opbouw voorkomt dat deze belangrijke structuren aan compressie onderhevig zijn van de omliggende musculatuur. (Lit. 1, 16, 24, 30)



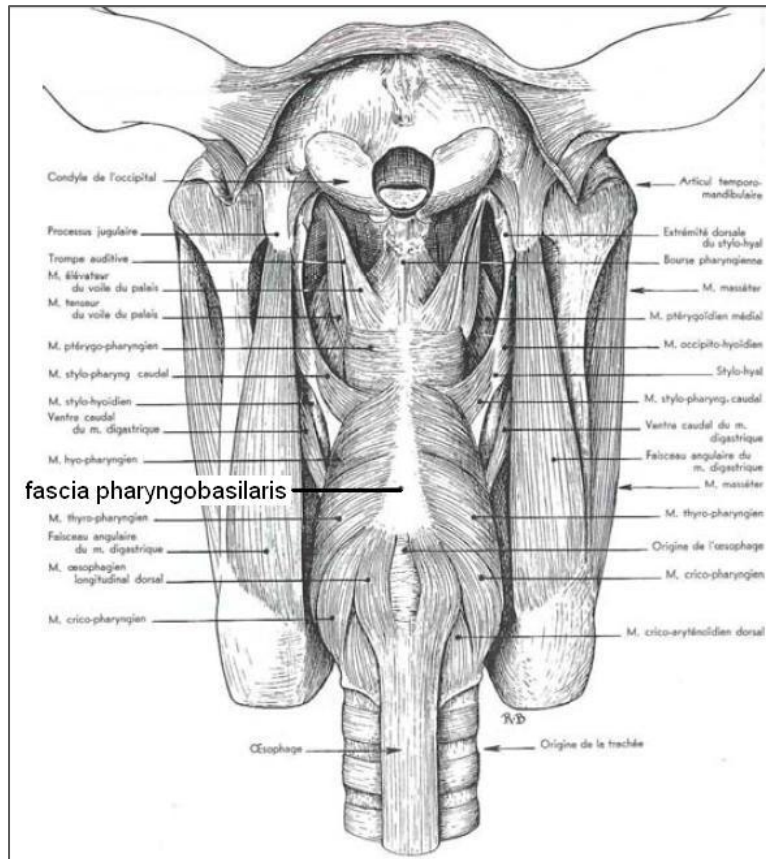
*Figuur 2.14*  
Schematische weergave van een cervicale transversale doorsnede bij het paard met de drie lagen van de fascia cervicalis

#### *Fascia pharyngobasilaris*

De fascia pharyngobasilaris is een sterk fibreus membraan welke de oesophagus en trachea bekleedt. (Figuur 2.15) De fascia pharyngobasilaris is een zeer belangrijke fascia aangezien zij komt vanaf de schedel en via de tong, het hyoïd, thyroïd, truncus brachiocephalicus, mediastinum en pericard uiteindelijk naar het diafragma reikt. In het hoofdstuk osteopathische relaties zal hier verder op ingegaan worden.

## 2.6.2 Pericard

Het pericard is een fibrosereuze zak welke het hart omkleedt. Het bestaat uit een interne sereuze laag en een externe fibreuse laag. Het fibreuse pericardium vormt naar craniaal een continuïteit met de fascia pharyngobasilaris. Naar caudaal is het pericard verbonden met het diafragma middels een dunne laag cellulair weefsel wat het ligamentum phrenicopericardiaca genoemd wordt bij de mens. Dit ligament vormt een continuïteit met de fascia endothoracica. Bij het paard spreekt Barone (1996) over een klein ligamentum phrenicopericardiaca. In andere veterinaire literatuur wordt dit ligament niet besproken bij het paard (zie ook hoofdstuk 4.2). Het pericard vormt bij de mens



Figuur 2.15 Fascia pharyngobasilaris bij het paard

een aantal vertakkingen welke de ligamenten vormen ter ophanging van het hart. (Lit. 30)

Het meest craniale contact bevindt zich ongeveer ter hoogte van de vijfde sternbrae en strekt zich 10 tot 12 cm caudaalwaarts uit tot aan de processus xyphoideus. Bij één derde van de paarden (de zwaardere rassen) is er geen rechtstreeks contact met het sternum en kan één versterkt ligamentum sternopericardiacum terug gevonden worden, dat beiderzijds met pleura is bekleed. (Lit. 3)

## 2.6.3 Pleura

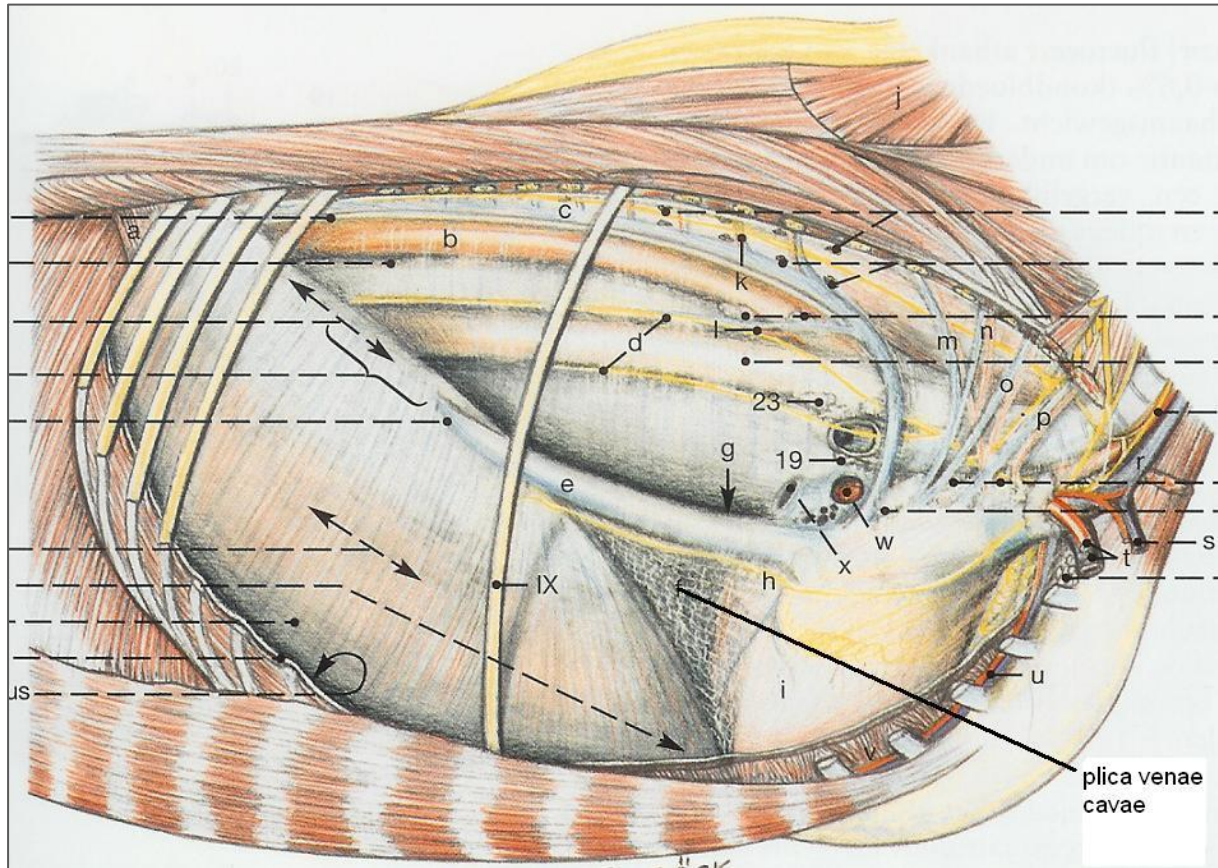
De pleura bestaat enerzijds uit de viscerale pleura (pulmonaire pleura) welke direct om de longen verpakt zit en zeer elastisch is om mee te kunnen bewegen met de expansie van de longen tijdens ademhaling. Anderzijds bestaat de pleura uit pariëtale pleura welke de thoraxholte aan de binnenzijde bekleedt. De pariëtale pleura kan bij de mens onderverdeeld worden in vier regio's:

- Pleura costalis
- Pleura mediastinalis
- Pleura diafragmatica
- Pleura pericardiaca

De pleura diafragmatica grenst aan de fascia endothoracica maar niet volledig want het laat nog ruimte 'open' voor het pericardium welke tevens contact maakt met de fascia endothoracica.



Budras (2004) vertoont in zijn anatomie van de thoraxholte een plica venae cavae welke de driehoek tussen de venae cavae, het diafragma en het pericard bekleedt. Dit is een speciale pleurale goot aan de rechterzijde van het caudale mediastinum waar de vena cava door verloopt samen met de n. phrenicus. Deze plica maakt dus een verbinding tussen het pericard en het diafragma. (Lit. 20)



Figuur 2.16 Plica venae cavae

## 2.6.4 Mediastinum

Het mediastinum is het deel tussen de linker en rechter pleurale zak. Aan caudale zijde is het mediastinum verbonden met de pleura diafragmatica. (Figuur 2.17, 2.27) Het mediastinum is vooral belangrijk omdat het de meeste structuren van de thoracale holte bevat.

Structuren welke zich binnen het mediastinum bevinden zijn:

- Pericard met daarin het hart
- Nn. Phrenici
- Trachea
- Oesophagus
- Ductus thoracicus
- Vena azygos
- Thymus
- Mediastinale lymfeknopen
- De meeste grote bloedvaten welke in en uit het hart komen
- Zenuwen van hart en longen
- Truncus sympathicus

Structuren welke zich **niet** in het mediastinum bevinden zijn:

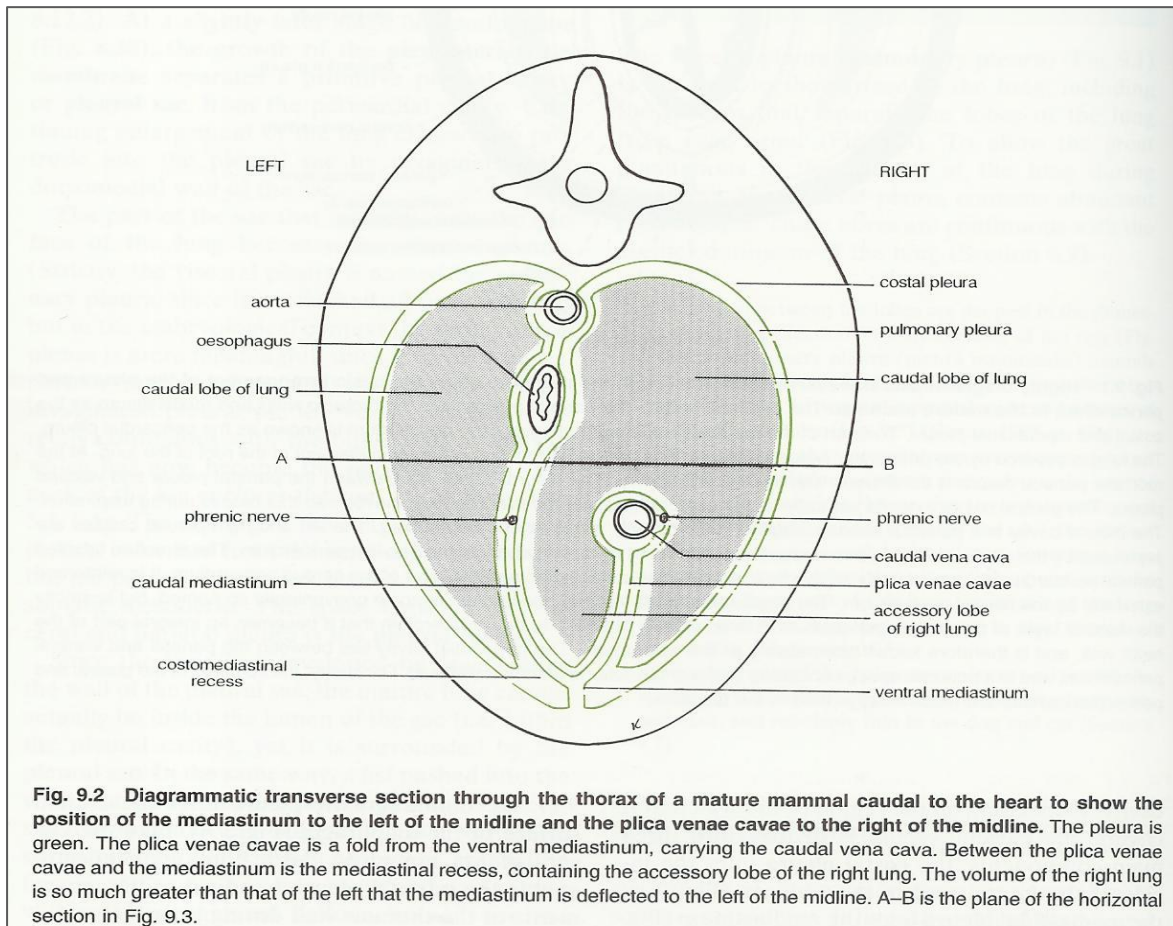
- Longen
- Vena cava caudalis

In de veterinaire literatuur is het verloop van de nn. phrenici niet eensluidend. Vochten (2007) beschrijft een meer gedetailleerde literatuurvergelijking voor het verloop van de nn. phrenici. Voor deze thesis wordt de beschrijving van Constantinescu (2004) gebruikt. Deze toont dat de nn. phrenici ontspringen aan de laag cervicale wervelkolom. Vervolgens verlopen zij aan de linker en rechterzijde van het paard over de m. scalenus ventralis en a. cervicalis superficialis. Daarna duiken zij direct onder de ventrale zijde van de a. axillaris. De n. phrenicus sinistra vervolgt haar weg over het craniale deel van de lobus dextra, gaat verder over de auricula sinistra en uiteindelijk naar het centrum tendineum en pars costalis van het diafragma. De n. phrenicus dextra vervolgt haar weg over de auricula dextra en gaat met de vena cava caudalis mee naar het centrum tendineum en pars costalis van het diafragma.

De definitie van het mediastinum is in de literatuur wisselend. König (2009) zegt [*“...The mediastinum is the space between the left and right layer of the pleura mediastinalis...”*]. Hier wordt duidelijk over een ruimte gesproken. McGeady (2006) benoemt het echter als een structuur en zegt hierover [*“...The mesenchymal tissue which forms a septum separating the pleural cavities is referred to as the mediastinum...”*]. Ook King (1999) beschrijft het mediastinum als zijnde een structuur. Het wordt humaan ook wel beschreven als een deel van de pleura parietalis, zoals reeds beschreven in 2.6.3.

Eric Hebgen (2007) zegt: [*“...The mediastinum is traversed by venous, arterial, lymphatic, sympathetic, and parasympathetic pathways with significance for the abdominal organs. The healthy functioning of these organs therefore depends on the structure “mediastinum” ”....*]. Hebgen stelt ook dat het mediastinum vanuit embryologisch oogpunt een ruimte is welke in functie als fascia beschouwd kan worden. Dit komt omdat het mediastinum gevormd wordt als gevolg van migratie van het hart vanuit de cervicale regio. Het mesoderm dat met het hart mee migreert naar caudaal vormt het eerste deel van de scheiding tussen de abdominale en thoracale holte. Zo vormt het een deel van het mediastinum. (Lit. 14, 18, 20, 32)

In deze thesis wordt er vanuit gegaan dat het mediastinum een ruimte is.



Figuur 2.17 Mediastinum en plica venae cavae

## 2.6.5 Meningen

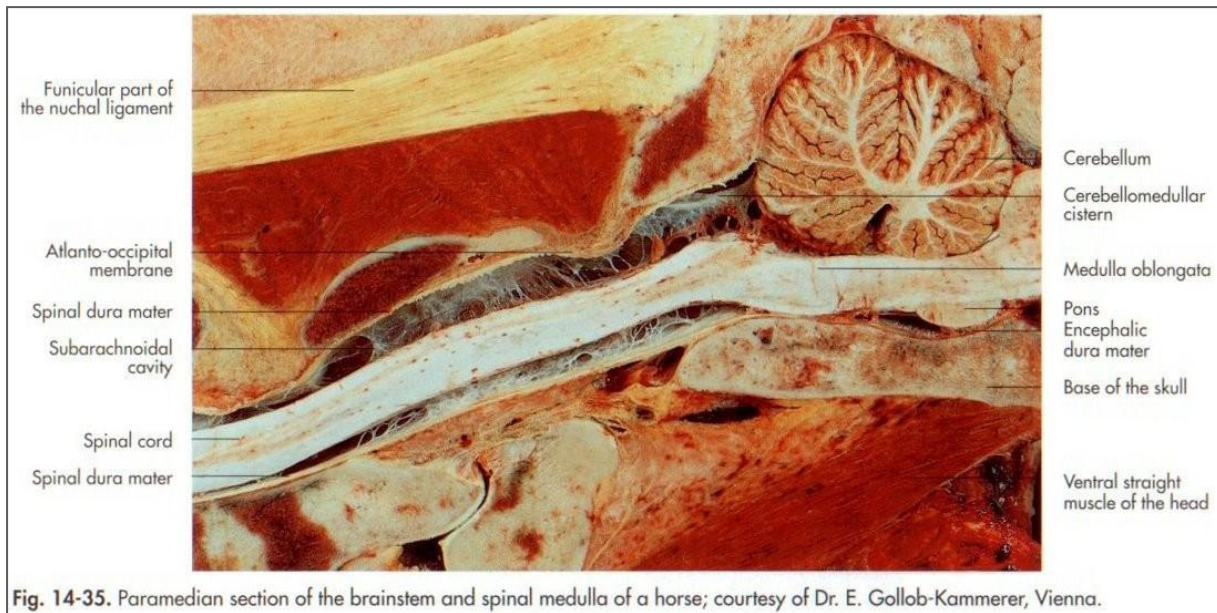
De meningen fixeren de hersenen en het ruggenmerg op een stevige, maar soepele manier in de schedelholte en het ruggenmergkanaal. De drie meningen hebben elk twee gedeeltes, een craniaal gedeelte en een spinaal gedeelte. Ze zijn rijkelijk geïnnerveerd en erg gevoelig voor pijnsensaties in tegenstelling tot de neurogene weefsels welke zij omvatten.

De hersenen en ruggenmerg zijn volledig omgeven door drie concentrische membranen, de meningen.

Van buiten naar binnen zijn dit:

- Dura mater
- Arachnoid membraan
- Pia mater



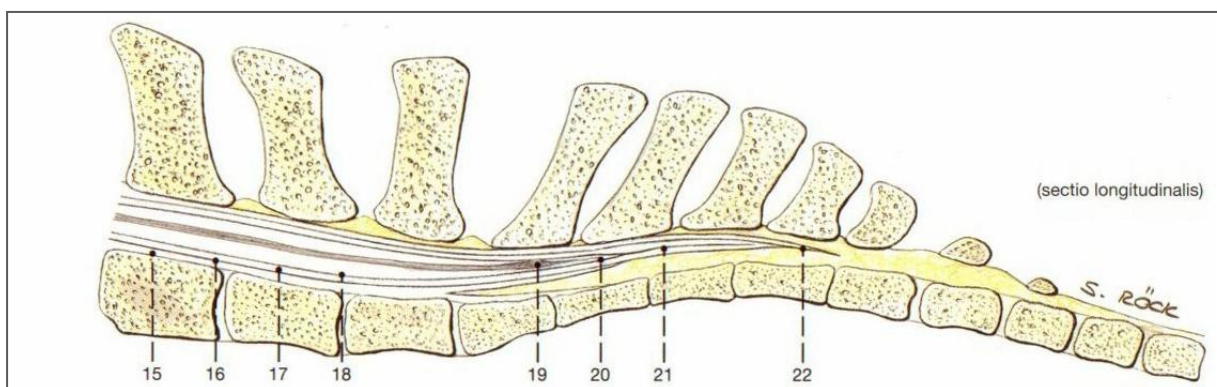


Figuur 2.18 Doorsnede hersenstam en medulla spinalis van een paard

### Dura mater

De dura mater spinalis heeft een veel eenvoudigere structuur dan de dura mater encephalica. Het is een lange fibreuze schede, en is qua structuur vergelijkbaar met fascia. De dura mater bestaat vooral uit collagene vezels en enige elastische vezels.

Dorsaal gezien is de dura mater spinalis het verlengde van de dura mater encephalica. De aanhechting van de dura mater is op de rand van het foramen magnum, C1 en C2 bij het paard. Ter hoogte van de intumescencia (cervicaal en lumbaal) verbreedt de dura mater. Aan zijn caudale uiteinde vormt de dura mater spinalis een durale zak. Hij verenigt zich met de andere meningen en is kegelvormig. Deze zak omhult het filum terminale van het ruggenmerg. Het filum terminale eindigt bij het paard ter hoogte van de derde sacrale wervel. Hierna wordt het filum dura mater spinalis gevormd (ook ligamentum coccygeale genoemd).



Figuur 2.19

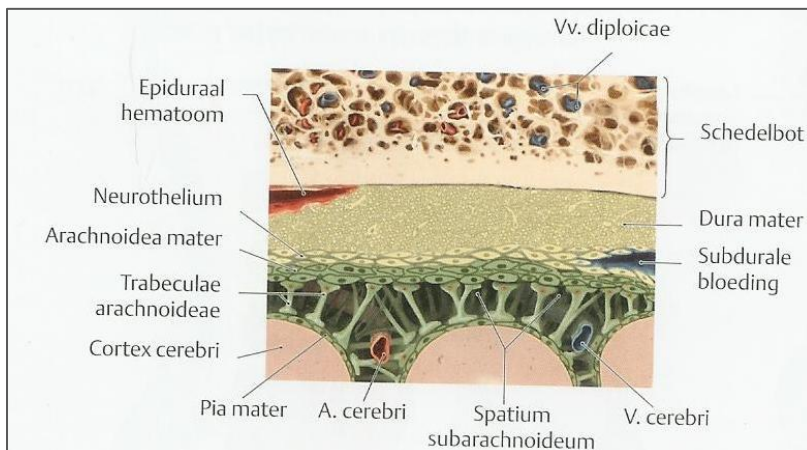
- 16. Dura mater
- 17. Arachnoidea
- 18. Pia mater
- 21. Filum terminale

De dura mater encephalica heeft een complexe structuur. Ze wordt ingedeeld in een periostale laag (buitenste gedeelte) dat nauw verbonden is met het periost van de schedel en de meningeale laag, die is gelegen aan de interne zijde. De *falx cerebri*, *falx cerebelli* en het *tentorium cerebelli* worden door de interne laag gevormd. Deze zorgen voor afscheidingen binnen de hersenen.

### Arachnoid membraan

Het middelste hersenvlies is een dun en zacht membraan. Het is avasculair en voedt zich met het liquor cerebro spinalis (LCS). Zij omgeeft en houdt de zenuwen en de bloedvaten (die van en naar het centraal zenuwstelsel gaan) die hier passeren op hun plaats. De buitenste laag cellen van dit membraan ligt tegen de dura mater maar is er niet aan vastgekleefd. Dit wordt de subdurale ruimte genoemd.

De tweede laag cellen van het arachnoidea ligt tegen de pia mater. De ruimte tussen deze buitenste laag en de pia mater is de subarachnoidale ruimte, het cavum subarachnoidale, en is gevuld met LCS. In deze ruimte bevinden trabeculae en filamenten (verbindingen tussen arachnoidea en pia mater). Hiertussen bevindt zich een uitgebreid capillair netwerk met als bestemming het centraal zenuwstelsel. De subarachnoidale ruimte is op sommige plaatsen vergroot en vormen zo cisternae.



Figuur 2.20 Meningen (humaan)

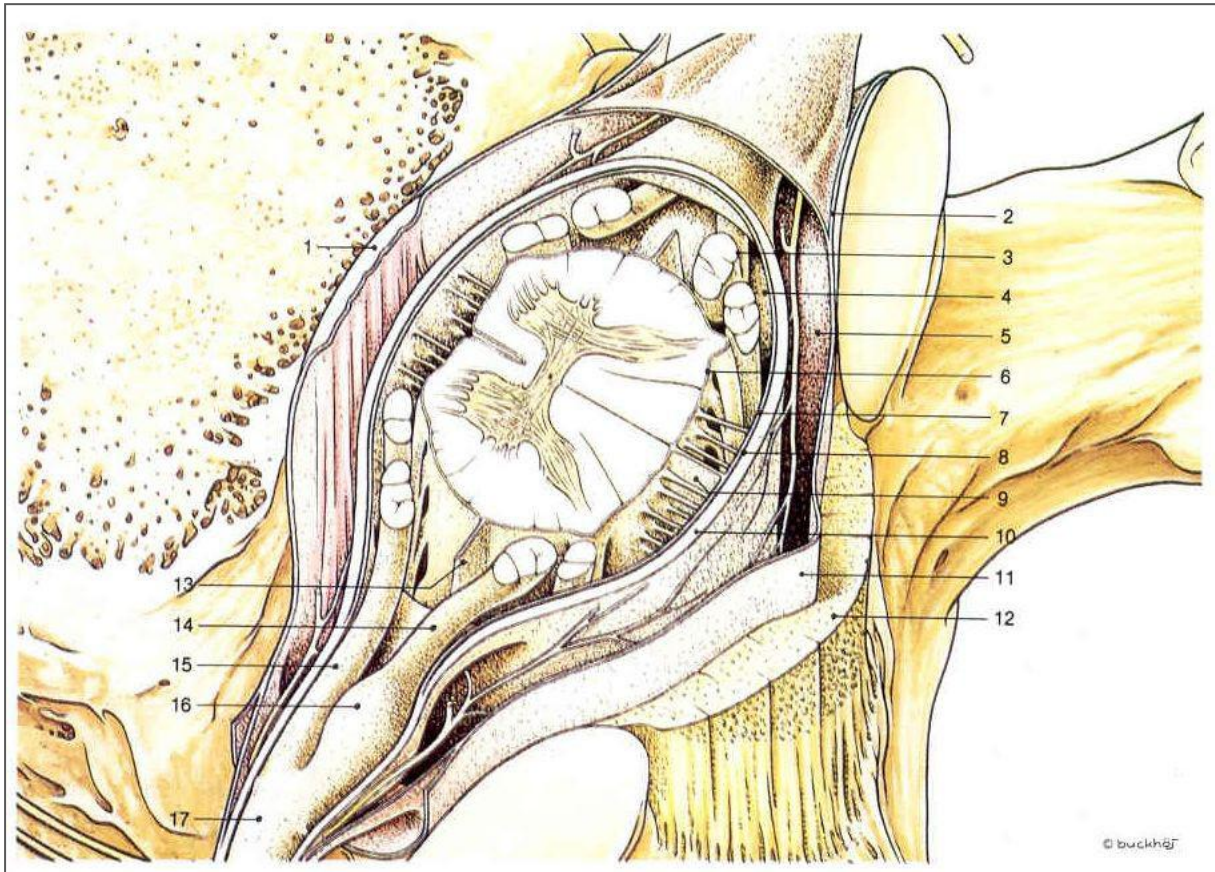
hoogte van de fossa etmoidalis en de fossa hypofysealis. Het arachnoidea zet zich hier vast en wordt onderbroken. De dura mater en de pia mater zijn hier in direct contact.

### Pia mater

De pia mater is een zacht hersenvlies en ruggenmergvlies dat rechtstreeks met de hersenen en het ruggenmerg in contact staat. Het volgt de contouren van de hersenen en het ruggenmerg. De pia mater op zich is avasculair, het voedt zich met LCS. Het bevat wel een uitgebreid arterieel netwerk met als bestemming het centraal zenuwstelsel. De arteriën en de vena van het centraal zenuwstelsel gaan door de pia mater.

De pia mater spinale is veel dikker dan het cerebrale gedeelte. Hier is de pia mater sterk gekleefd aan het ruggenmerg, ze volgt elke groef, ook de fissura ventralis. De pia mater vormt een verbinding met de dura mater via het ligamentum denticulatum. Op deze wijze wordt het ruggenmerg aan de meningen gefixeerd. Het ligamentum denticulatum bevindt zich telkens tussen 2 spinale zenuwen. Elk ligament doorkruist de subarachnoidale ruimte. Hier worden ze ingepakt door een dun laagje arachnoidea. Plooien van de pia mater encephalica vormen de plexus choroideus van de verschillende ventrikels. (Lit. 4, 22, 30)





*Figuur 2.21*

- 6. Pia mater
- 7. Arachnoidea
- 10. Dura mater
- 13. Ligamentum denticulatum
- 14. Radix dorsalis
- 15. Radix ventralis
- 16. Spinaal ganglion

### **2.6.6 Lingua (tong)**

De tong bestaat primair uit skeletmusculatuur. (Figuur 2.22) De tong is verantwoordelijk voor het oplikken van water, grijpen van voedsel en de manipulatie van voedsel in de mond en voor het slikken. Het heeft receptoren voor de smaak, temperatuur en pijn. De tong is van distaal naar perifeer te verdelen in een apex linguae, corpus linguae en radix linguae en bevat mechanische en smaakpapillen.

De musculatuur van de tong is te verdelen in intrinsieke en extrinsieke musculatuur. De intrinsieke m. lingualis proprius bestaat uit een aantal spierbundels met een longitudinaal, verticaal en transversaal verloop en zijn niet verbonden aan het hyoid.

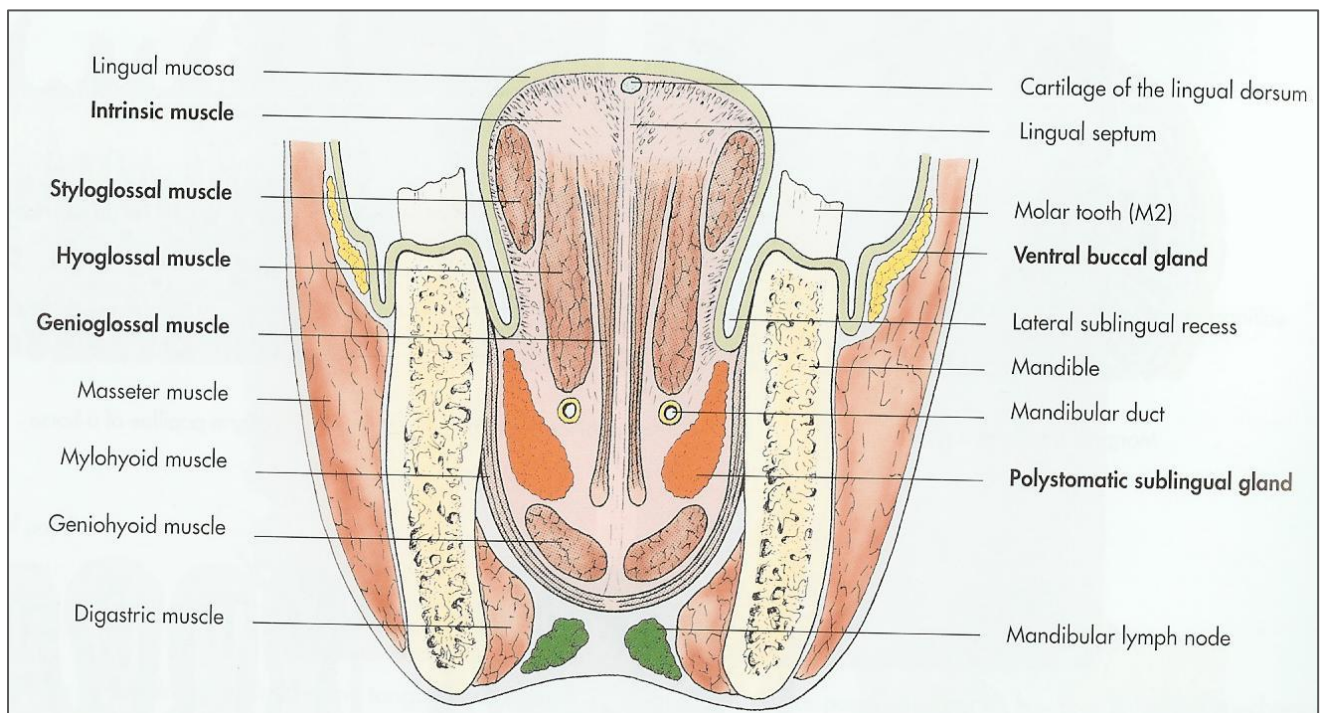
De extrinsieke musculatuur liggen parallel aan elkaar en hebben een osseuse origo en spreiden zich uit in de tong. (Figuur 2.23)

Van lateraal naar mediaal:

- m. styloglossus
- m. hyoglossus
- m. genioglossus



*Figuur 2.22 De tong van het paard*



*Figuur 2.23 Transversale doorsnede mondbodem en tong van het paard*



Vascularisatie van de tong is rijkelijk en komt uit de gepaarde aa. Lingualii en aa. sublingualii welke uit de truncus linguofacialis komen. De v. sublingualis zorgt voor de afvoer van bloed en is goed zichtbaar aan de ventrale zijde van de tong.

Innervatie van de tong is complex en komt van vijf craniale zenuwen. Te weten:

- de n. lingualis van de n. mandibularis uit de n. trigeminus(n.V) geeft informatie over tast en pijn en bevat thermoreceptoren
- de chorda tympani van de n. intermediofaciale (uit n. VII) bevat mechano- en chemoreceptoren
- de n. glossopharyngeus (n. IX) geeft informatie over de smaak
- n. vagus (n. X); deze innerveert de radix linguae
- n. hypoglossus (n. XII); deze bevat somatomotorische vezels

(Lit. 6, 20)

### 2.6.7 Palatum

Het palatum werd door de oude grieken benoemd als 'diafragma van de mond'. Het scheidt de nasale en orale passages van elkaar.

Het palatum is deels osseus en heeft deels een zacht bindweefsel structuur en scheidt de respiratoire en digestieve passages in het hoofd. Het osseuse deel, het palatum durum, wordt gevormd door het processus palatinum van de maxilla en ossa incisivia en het horizontale vlak van het os palatinum. Het zachte deel van het palatum, het palatum molle of velum palatinum, strekt zich caudaal uit van het palatum durum naar de intrapharyngeale opening. Het ventrale vlak van het palatum molle is bedekt door orale mucosa, het dorsale vlak met respiratoire mucosa. De tussenliggende laag bestaat uit dicht op elkaar gelegen speekselklieren, musculatuur (m.palatinum, m. tensor palatinum, m. levator palatinum) en hun aponeurosen. Deze musculatuur is verantwoordelijk voor actieve beweging van het palatum molle.

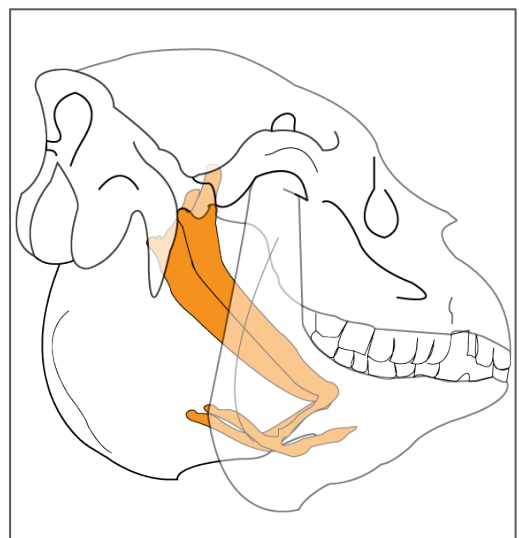
Het mucose membraan van de pharynx worden samen met het palatum molle en haar musculatuur geïnnerveerd door een plexus welke gevormd wordt door de n. vagus (n.X) en deels door de n. glossopharyngeus(n.IX). Alleen de m. tensor palatinum vormt een uitzondering en wordt geïnnerveerd door de n. mandibularis van de n. trigeminus(n.V).

(Lit. 6, 20)

### 2.6.8 Os hyoideum

Het hyoid is gelegen tussen de rami van de mandibula aan de basis van de tong. Het fungeert als ophangmechanisme voor de tong en larynx. Het hyoid is opgebouwd uit verschillende botstukken en kraakbeenverbindingen.

Het basishyoid is het meest ventraal gelegen en vertoont een rostraal gerichte processus lingualis. Caudaal gericht zijn twee uitsteeksels te vinden, het thyrohyoid, welke verbonden zijn met het thyroid. Het ceratohyoid is rostradorsaal gericht en verbonden met het basihyoid. Het epihyoid is de verbinding tussen het ceratohyoid en het stylohyoid. Het grootste deel van het hyoid is het stylohyoid, ongeveer 20cm lang bij het paard en dorsocaudaal gericht. Het stylohyoid vormt een gewricht met het os temporale (processus styloides) via het tympanohyoid. (Lit. 1, 20)

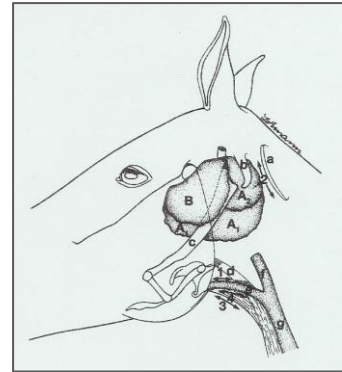


Figuur 2.24 Situering hyoid



### 2.6.9 Diverticulum tubae auditivae

Bij alle paardachtigen is in de neus een klep te vinden welke toegang geeft tot een uitgebreide, met slijmvlies beklede ruimte, die bekend staat als de luchtzakken. (Figuur 2.26) De inhoud is verschillend en zit tussen de 300-600 ml. De luchtzakken bevinden zich tussen schedelbasis, atlas en pharynx en raken elkaar op de middenlijn. Ze bestaan uit een linker en rechter deel maar staan niet in contact met elkaar. De wanden van de luchtzakken raken elkaar en zijn gescheiden door los bindweefsel en de fascia prevertebralis. In het caudale deel worden de luchtzakken gescheiden door de m. longus capitis en m. rectus capitis ventralis. De luchtzakken liggen om het styloid heen en



Figuur 2.25  
A1, A2, B : Luchtzak

kunnen zo in diverse sinussen verdeeld worden. Tussen de recessi welke gelegen zijn in de verschillende sinussen liggen zeer belangrijke structuren zoals de a. carotis interna, n.VII, n. IX t/m XII en de lymfeknopen. (Lit. 1)

### 2.6.10 Oesophagus

De oesophagus bevindt zich tussen de pharynx en de maag. Hij vertrekt dorsaal aan het cartilago cricoidea en eindigt bij de cardia van de maag. Bij zijn origo ligt de oesophagus aan de linkerzijde van de trachea. Eenmaal in de thoracale holte bij het mediastinum aangekomen is de oesophagus dorsaal van de trachea gelegen, achter de bifurcatio tracheae en over de basis van het hart. De oesophagus continueert ventraal naar de aorta ascendens en betreedt de abdominale holte via de hiatus oesophagus van het diafragma samen met de nervi vagi.

Bij paarden vernauwt het lumen van de oesophagus zich wanneer het de thoracale holte betreedt en bij de hiatus oesophagus van het diafragma. Dit is predisponerend voor verstikking op deze plaatsen. (Lit. 12, 16,18, 20)

### 2.6.11 Trachea

De trachea vindt zijn origo bij de cartilago cricoidea en strekt zich uit naar de bifurcatio tracheae en verloopt dan verder in de bronchus principales dexter en bronchus principales sinister. Hiervandaan zijn nog vele vertakkingen van de bronchusboom tot aan het respiratoire gedeelte, de alveoli. De bifurcatie van de trachea situeert zich ter hoogte van de vijfde rib en een tien à twaalf cm onder de zesde thoracale wervel.

De trachea heeft een aantal C-vormige kraakbeenringen welke onderling met ligamentaire structuren zijn verbonden. De kraakbeenringen zorgen ervoor dat de trachea open blijft. Het aantal kraakbeenringen en de vorm is sterk species afhankelijk.

Het aantal kraakbeenringen bij een aantal soorten volgens König (2009):

- Paard : 48-60
- Hond : 42-46
- Kat : 38-43

Aan dorsale zijde zijn de C-vormige kraakbeenringen net niet gesloten. De dorsale zijde wordt gesloten door de m. trachealis welke aan de binnenzijde van de kraakbeenring gelegen is. De gehele trachea wordt bedekt door fasciaal weefsel. (Lit. 12, 16, 18, 20)

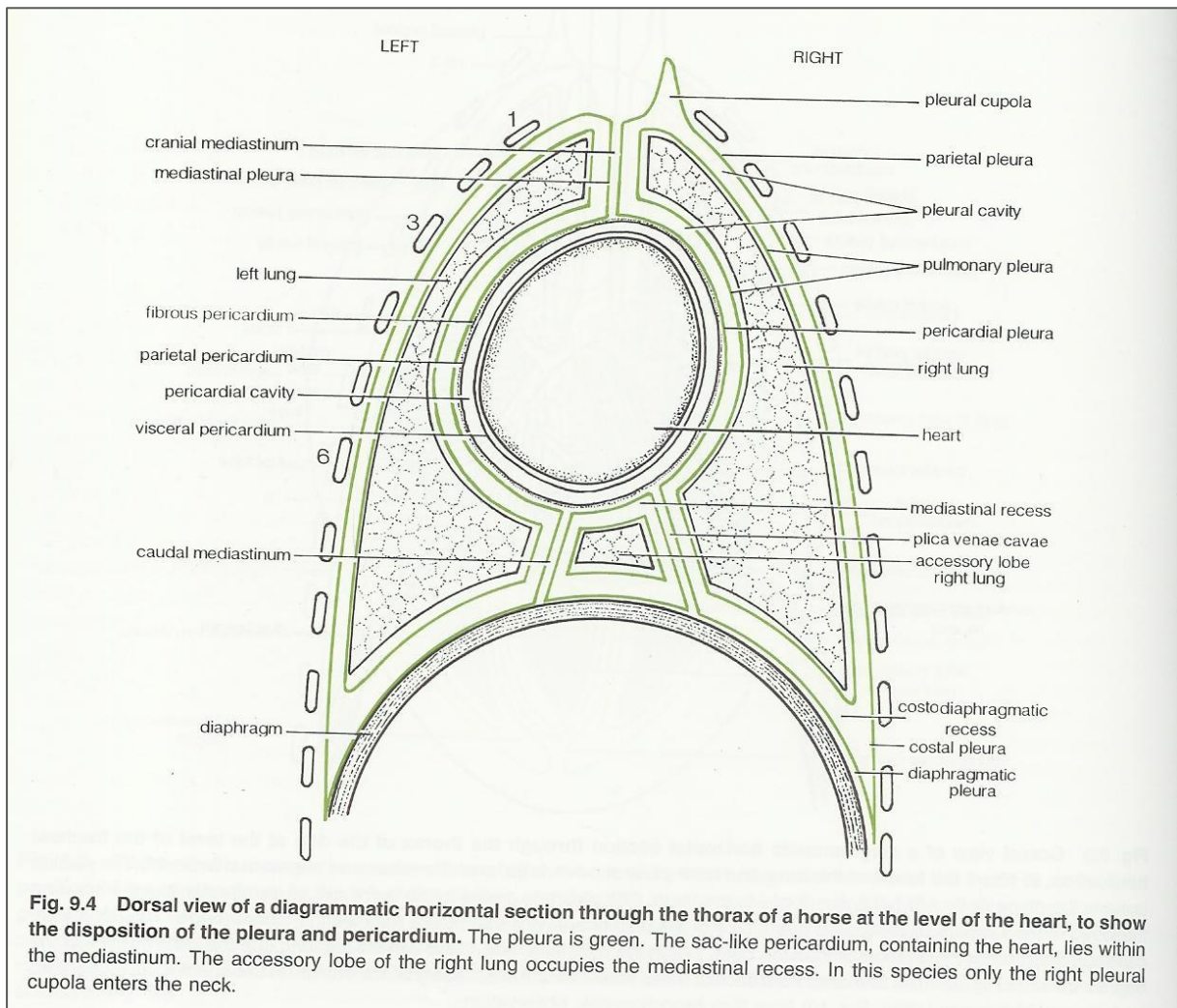
## 2.6.12 Pulmones (longen)

De longen bestaan uit een pulmo sinister en pulmo dexter en zijn door de bifurcatio tracheae met elkaar verbonden. De longen zijn ieder weer te verdelen in een aantal longkwabben. Elke long is omgeven door pleura zoals besproken in 2.6.3.

De longen worden gefixeerd door verbindingen aan de trachea, bloedvaten, het mediastinum, en de pleura, welke de longen middels een pulmonair ligament dorsomediaal verbindt met het mediastinum en het diafragma. (Lit. 20)

## 2.6.13 Cor (hart)

Het hart ligt in het pericard gelegen en ligt in het mediane vlak. (Figuur 2.27) Het grootste deel van het hart ligt aan de linkerzijde van het paard omdat aan de rechterzijde de long meer ruimte inneemt. De precieze locatie van het hart kan verschillen maar is over het algemeen tussen de 3<sup>e</sup> en 6<sup>e</sup> rib. Deze regio is uitwendig bedekt door de m. triceps. Het hart van een paard ligt op het sternum en rust met de apex op het diafragma. (Lit. 18, 35)



Figuur 2.27 Hart, pleura en pericard

#### **2.6.14 Glandula thyroidea**

De glandula thyroidea ligt met haar zijlobben dorsolateraal aan het begin van de trachea. Volgens Budras (2005) zijn de zijlobben incidenteel via een bindweefselig isthmus verbonden met de trachea en omvatten zij de ventrale zijde van de trachea. König (2009) beschrijft echter dat in alle zoogdieren behalve het varken deze verbinding met de trachea bestaat.

De glandulae parathyroideae (bij schildklier) zijn meestal dicht tegen het thyroïd gesitueerd maar kunnen ook rond het hyoid gevonden worden.

Vascularisatie komt van de a. carotis communis. Veneuze afvoer geschiedt via de v. thyroidea cranialis en media welke uitmonden in de v. jugularis externa bij het paard en de v. jugularis interna bij andere zoogdieren.

De hormonen welke door het thyroïd geproduceerd worden controleren het metabolisme, groei, temperatuur, koolhydraatmetabolisme en bloed-calcium peil. De adeno-hypofyse geeft middels het hormoon TSH een signaal af aan het thyroïd of en hoeveel T<sub>3</sub> en T<sub>4</sub> deze secreteert. (Lit. 6, 20)

#### **2.6.15 Thymus**

De thymus is het controle orgaan van het immuun en lymfatisch systeem en is van groot belang bij het juveniele dier. Bij het paard is de thymus tot het eerste levensjaar aanwezig. De thymus situeert zich tegen het sternum, dicht bij het pericard.

De thymus is een heel belangrijk orgaan in de aanmaak van T-lymfocyten. T- en B-lymfocyten worden aangemaakt in het beenmerg en ondergaan onder invloed van de thymus een rijpingsproces. De T-lymfocyten zorgen voornamelijk voor het afweermechanisme van het organisme op het binnendringen van lichaamsvreemde stoffen. (Lit. 16, 20)

### 3. Respiratoir mechanisme

De ademhaling van het paard wordt besproken om het benodigde inzicht te krijgen in de werking van het diafragma. De longen worden niet apart besproken, dit is voor deze thesis niet relevant. Voor een gedetailleerde beschrijving van de gaswisseling in de longen verwijs ik u naar de relevante literatuur.

#### 3.1 Bifasische ademhaling van het paard

De ademhaling (8-14 x per minuut) van het paard wordt wel bifasisch genoemd, dit is anders dan bij meeste andere zoogdieren. In eerste instantie spreekt men van een passieve inspiratie en expiratie, in tweede instantie van een actieve inspiratie en expiratie.

Jeroen Poissonnier (academiejaar 2008-2009) zegt hierover in zijn literatuurstudie "Ademhaling van het paard bij inspanning":

"[Het paard beschikt zowel in rust als tijdens inspanning over een uiterst economisch ademhalingsmechanisme. In rust vertoont het paard tijdens inspiratie en expiratie een bifasische ademhalingsflow (16). Het bifasisch karakter van de inspiratie wordt bekomen omdat bij de vroege inspiratie een deel van de ademhalingsarbeid, geleverd tijdens de late expiratie, wordt gerecycleerd, waarna een actief inspiratie mechanisme in gang wordt gezet. Ook de expiratie is bifasisch, met een passieve expiratiefase waarin inspiratiearbeid wordt gerecycleerd, gevolgd door een actieve expiratiefase. Het passieve deel van de inspiratie en de expiratie is een beweging naar het evenwichtsvolume van de longen toe. Het actieve deel van de inspiratie zorgt ervoor dat het longvolume het evenwichtsvolume overschrijdt en het actieve deel van de expiratie zorgt ervoor dat het longvolume zakt tot onder het evenwichtsvolume. Hieruit kan worden afgeleid dat het paard eerder rond het evenwichtsvolume ademt dan vanaf het evenwichtsvolume, zoals het geval is bij de meeste andere zoogdieren. Hierdoor heeft het paard half zoveel ademhalingsarbeid nodig dan andere zoogdieren.

Bij inspanning neemt het belang van de actieve ademhaling en passieve ademhaling sterk af. Het is vooral de locomotorische ademhaling die dan de drijvende kracht is van de ademhaling....]"

Koterba *et al.* (1988) zegt hier nog over dat de evolutionaire verandering in het ademhalingspatroon van het paard door verschillende factoren is gestimuleerd. Zo is de beweeglijkheid van de long vergelijkbaar met die van andere zoogdieren maar de beweeglijkheid van de thorax is zeer gering. Het wordt aangenomen dat de stijfheid van de thorax bij zo'n groot dier als het paard een voordeel is ter ondersteuning van het locomotorisch apparaat en het stabiliseren van het eind-expiratoire longvolume gedurende veranderingen van houding. De hoeveelheid energie die de inspiratie kost om de stijfheid van de thorax te overwinnen is relatief hoog als de beweeglijkheid zo gering is. Speciaal bij de diepe langzame ademhaling welke zo karakteristiek is voor het paard. De bifasische ademhaling minimaliseert de elastische werking van de structuren betrokken bij de ademhaling.

#### 3.2 Inspiratie middels het diafragma

Het diafragma is het meest belangrijk voor inspiratie bij zoogdieren. In rust genereert het diafragma bijna het gehele rustademvolume (tidal volume = TV). Bij inspanning zorgt het voor ongeveer 70% van het TV.

Hoewel het diafragma de meest dominante inspiratiespier is, is de ademhaling niet volledig afhankelijk van het functioneren van het diafragma. De inspiratoire intercostale musculatuur en hulp-ademhalingsmusculatuur zorgen voor een voortzetting van het TV als het diafragma verlamd zou zijn. Bij inspanning echter zou deze musculatuur substantieel tekort schieten.

Het diafragma contraheert dusdanig dat het centrum tendineum naar caudaal beweegt en de

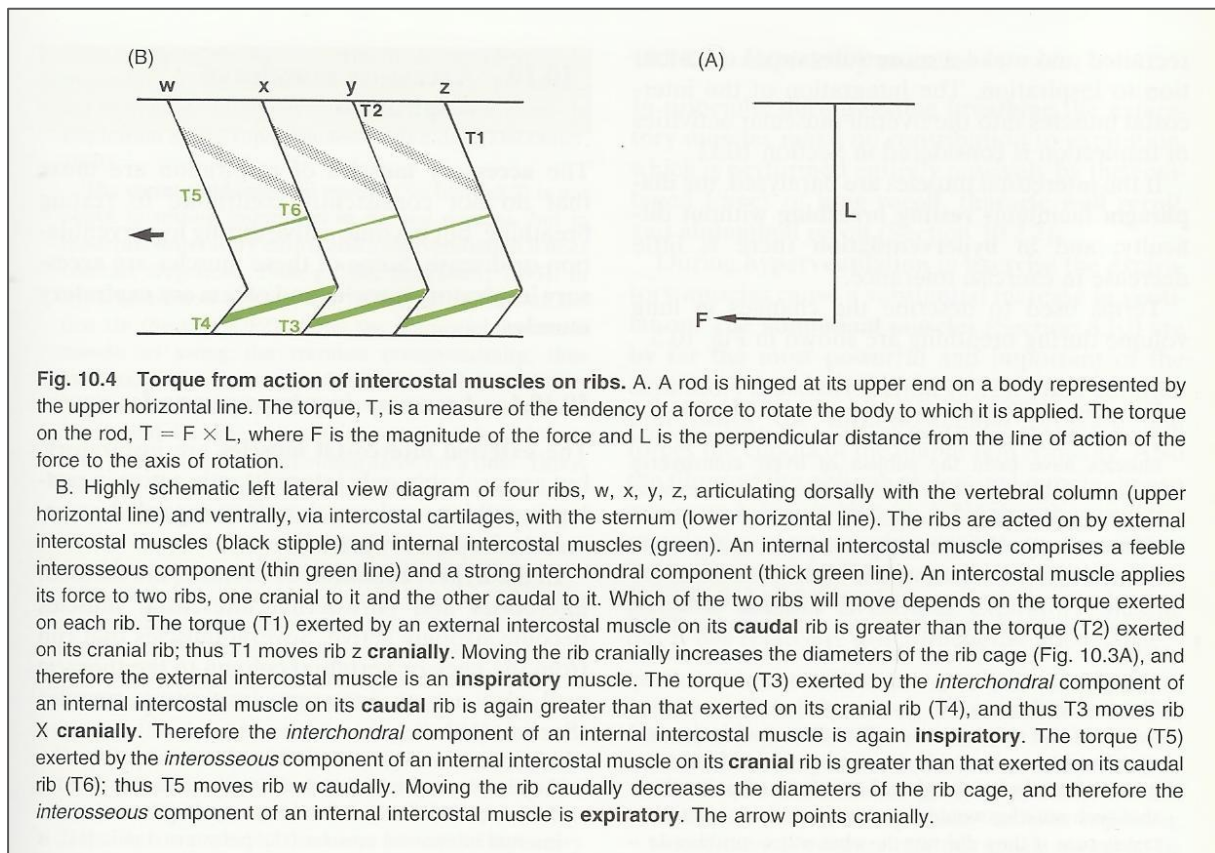
transversale en dorsoventrale diameter aan caudale zijde van de thoracale holte vergroot. Hierdoor vergroot de intra-abdominale druk tot het punt waarbij de cupula diafragma niet verder kan. Het bewegen in caudale richting van de cupula geeft compressie op de abdominale viscera en verhoogt de intra-abdominale druk. Aan de andere kant kan actieve contractie van de abdominale musculatuur er voor zorgen dat de verhoogde intra-abdominale druk aanhoudt.

### 3.3 Inspiratie en expiratie middels de intercostale musculatuur

De externe intercostale musculatuur bevindt zich tussen de ribben maar niet tussen de cartilago costae. Het vezelverloop is caudoventraal. Omdat de externe intercostale musculatuur waarschijnlijk niet continu actief bijdraagt aan de rustademhaling wordt deze tot de hulpademhaling musculatuur gerekend.

De interne intercostale musculatuur bevindt zich tussen de ribben én tussen de ribkraakbeenderen. Het vezelverloop intercostaal is caudodorsaal en hierdoor meer expiratoir in functie. Het vezelverloop tussen de cartilago costae is ook caudodorsaal maar de torsie is groter aan de caudale zijde waardoor ze de cartilago costae meer naar cranial zou bewegen en dus in functie meer inspiratoir zijn. Door torsie-analyse (Figuur 3.1) van de vezels wordt duidelijk hoe het intercostale en interchondrale component van de interne intercostale musculatuur hetzelfde vezelverloop hebben maar een tegenovergestelde werking.

Zowel de externe als de interne intercostale musculatuur wordt geïnnerveerd door de intercostale zenuwen.



Figuur 3.1 Torsie door intercostale musculatuur

### 3.4 Hulpademhaling musculatuur

De hulpademhalingsspieren zijn die spieren die niet consistent bijdragen aan de rustademhaling maar pas actief worden bij inspanning of ziekte. Deze kunnen zowel inspiratoir zijn als expiratoir. Nickel (2004) zegt dat alle musculatuur met een caudoventraal verloop naar de ribben en ribkraakbeen assisteren bij de inspiratie. Bij expiratie zouden alle spieren assisteren welke in cranioventrale richting verlopen en een aanhechting op de ribben en ribkraakbeen hebben.

In principe draagt de expiratoire musculatuur gedurende rustademhaling niet bij aan de expiratie. Deze verloopt volledig passief door het terugkomen van de longen, thoracale wand en abdomen in hun 'normale' positie. Pas bij gemiddelde inspanning gaat deze musculatuur participeren. De abdominale musculatuur is ver uit de meest krachtige en belangrijke expiratoire musculatuur. Zij verhogen de intra-abdominale druk en sturen de cupula diafragma weer naar craniaal.

In tabel 3.1 ziet u een overzicht van hulpademhaling musculatuur van twee auteurs. Houd hierbij in gedachte dat waarschijnlijk meer gekeken is naar het vezelverloop dan naar de werkelijke functie. Zo heeft King de mm. pectoralis niet duidelijk benoemd en heeft Nickel juist enkele spieren weggelaten.

Meer informatie over de musculaire relaties vindt u in hoofdstuk 4.

Indeling naar King (1999)	Indeling naar Nickel (2004)
<p>Inspiratoire hulpademhaling musculatuur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ mm. scalenii</li> <li>▪ m. brachiocephalicus</li> <li>▪ mm. levatores costarum</li> <li>▪ m. serratus dorsalis cranialis</li> <li>▪ m. serratus ventralis thoracis</li> <li>▪ m. latissimus dorsi</li> <li>▪ mm. pectoralis</li> <li>▪ mm. subclavii</li> </ul>	<p>Inspiratoire hulpademhaling musculatuur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ m. seratus dorsalis cranialis</li> <li>▪ mm. intercostalis externi</li> <li>▪ mm. levatores costarum</li> <li>▪ m. rectus thoracis</li>   <li>▪ m. scalenus dorsalis</li> </ul>
<p>Expiratoire hulpademhaling musculatuur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ m. transversus abdominis</li> <li>▪ m. rectus abdominis</li> <li>▪ m. obliquus internus/externus abdominis</li> </ul>	<p>Expiratoire hulpademhaling musculatuur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ m. seratus dorsalis caudalis</li> <li>▪ mm. intercostalis interni</li> <li>▪ mm. subcostalis</li> <li>▪ m. retractor costae</li> <li>▪ m. transversus thoracis</li>   <li>▪ m. iliocostalis</li> <li>▪ buikmusculatuur</li> </ul>

Tabel 3.1



### 3.5 Regulatie van de ademhaling

*“Breathing is truly a strange phenomenon of life, caught midway between the conscious and the unconscious, and peculiarly sensitive to both” Richards (1953)*

Hartspiervezels en ademhalingsmusculatuur contraheren en relaxeren ritmisch. Het hart heeft haar eigen pacemaker maar de respiratoire musculatuur is skeletmusculatuur en daarom afhankelijk van de activatie van motoneuronen. De celkern van deze motoneuronen ligt in het ruggenmerg.

Het zuurstof ( $O_2$ ) en koolstofdioxide ( $CO_2$ ) gehalte in het bloed reguleert het ademhalingspatroon waarbij het gehalte  $CO_2$  de meeste invloed heeft. Dit komt door het acute effect van verzuring in het lichaam wat door  $CO_2$  veroorzaakt wordt.

As een dier zijn adem in houdt neemt het  $P CO_2$  toe. Omdat  $CO_2$  de ademhaling stimuleert zal het dier na korte tijd weer gaan ademen. Dit indiceert dat vrijwillige (bewuste) controle over de ademhaling geen stand kan houden omdat de chemische stimulans (te hoge  $CO_2$ ) te sterk is.

Het ventrolaterale deel van de medulla oblongata –omgeven met LCS- bevat neuronen welke hoog sensitief zijn voor  $CO_2$ . Zij zorgen voor sterke exciterende signalen naar het inspiratoire deel in het respiratoire centrum van de medulla oblongata. Het zorgt dus voor een flinke toename in ademhaling.

Het  $P O_2$  (hoeveelheid zuurstof opgelost in het bloed) kan afnemen tot de helft van de normaalwaarden voordat het ademhalingspatroon verandert. De reden hiervoor is dat bij de normale ademhaling het alveolaire  $P O_2$  substantieel hoger is dan nodig voor de saturatie (hoeveelheid gebonden haemoglobine aan zuurstof). Dit fungeert als een groot vangnet. Het respiratoire centrum in de medulla oblongata wordt niet direct aangesproken in geval van daling van de  $P O_2$  in het arteriële bloed. Maar tussen de helft en een derde van de normaalwaarden (95 mmHg) zullen de perifere arteriële chemoreceptoren een extra snel signaal afgeven aan het respiratoire centrum in de medulla oblongata. (Lit. 18, 31, 34)

#### 3.5.1 Respiratoire centra

Autonome activiteiten worden in zogenaamde centra in de hersenen geregeld, hier worden de afferente en efferente impulsen gecoördineerd. Algemeen gezien vallen deze centra onder het formatio reticularis, het meest primitieve en veelomvattende deel van de hersenen en ruggenmerg.

Ademhaling wordt gecontroleerd door vier respiratoire centra (Figuur 3.2) in het rhombencephalon\*:

- Medullaire respiratoire centrum
- Pneumotactisch centrum (invloed op ademfrequentie)
- Apneustisch centrum (invloed op ademdiepte)
- Centrale chemoreceptor centrum

Deze centra hebben interactie met hun afferente neurale input en met elkaar. Hun gezamenlijke efferente motorische output naar de respiratoire musculatuur zorgt voor een automatisch en ritmische ademhaling die onvrijwillig voort blijft bestaan. Zo regelen zij dat de  $O_2$  en  $CO_2$  waarden op peil blijven bij zowel rust als inspanning.

\* Een gedeelte van het rhombencephalon bestaat uit het myelencephalon met hierin de medulla oblongata met een deel van de 4<sup>e</sup> ventrikel, de craniale nervi IX, X, XI en XII en een deel de n. VIII. Het andere gedeelte, het metencephalon, bevat de pons en het cerebellum met een deel van het vierde ventrikel en de craniale nervi V, VI, VII en een deel van de n. VIII.



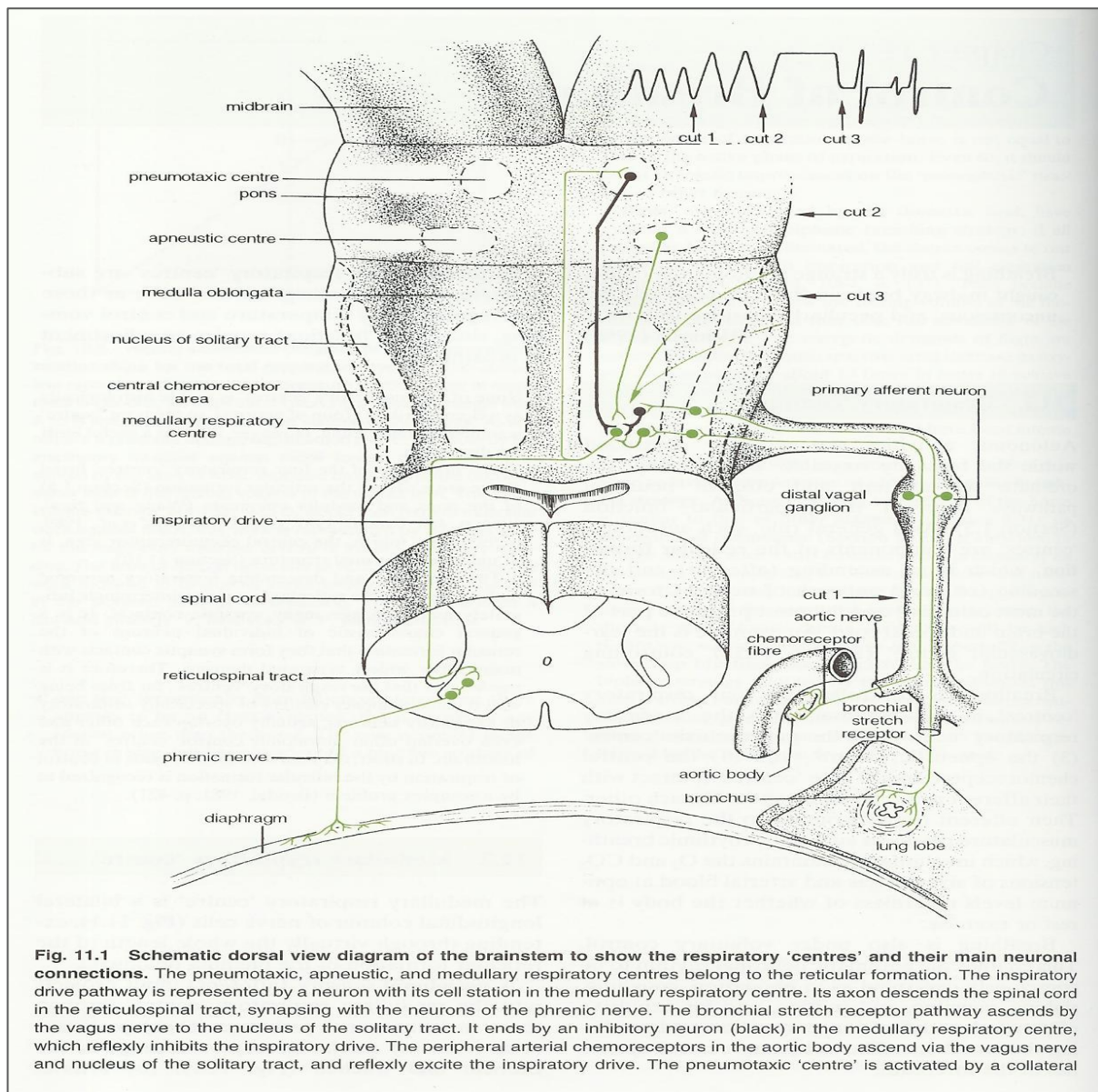
### Perifere feedback

Bij inspiratie worden de reksensoren van de longen geactiveerd. De n. vagus inhibeert de respiratoire delen van de centra. Dit remt de inspiratie af waarna een vloeiende overgang naar de expiratie plaats vindt. Humaan wordt dit ook wel de Hering-Breuer reflex genoemd. Hoe deze reflex zich verhoudt tot de bifasische ademhaling van het paard is onduidelijk.

Perifere chemosensoren in de wand van de arteriën hebben een controlerende functie. Zij controleren de verhouding  $CO_2$  en  $O_2$  om de optimale  $P_{CO_2}$  en  $P_{O_2}$  te behouden.

Ademhaling staat ook onder invloed van de wil. Dit zorgt er voor dat het automatische ritme wordt onderdrukt door acties als hoesten, zuchten en het produceren van geluid, bijvoorbeeld hinniken. Het centrum dat de wil aanstuurt ligt in het cerebrum.

De respiratoire centra zijn ondergeschikt aan een aantal andere centra zoals bijvoorbeeld de regulatie van de lichaamstemperatuur maar ook andere functies welke een aanpassing van het ademhalingspatroon vereisen. (Lit. 18, 34)



Figuur 3.2 Schematische weergave respiratoire centra

In bijlage 1 vindt u een schematisch overzicht van de regulatie van de ademhaling.

## 4. Osteopathische visie

In voorgaande hoofdstukken zijn een groot aantal structuren besproken die zowel direct als indirect een relatie hebben met het diafragma. Begrip van deze relaties is essentieel voor de osteopathie. In dit hoofdstuk vindt u een osteopathische visie van de auteur op het diafragma in relatie tot enkele structuren in de thorax, hoofd- en halsregio van het paard.

Tijdens activiteiten, zoals bewegen, moeten de fascia rondom de inwendige organen ten opzichte van elkaar en hun omgeving (het musculoskeletale systeem) kunnen bewegen en glijden. Deze relatie blijft stabiel, ondanks het feit dat het lichaam een eindeloze variatie aan bewegingen doormaakt. Echter, als een orgaan niet optimaal kan bewegen (ten gevolge van infecties, ontstekingen, verklevingen, zwelling, abnormale spanning of verplaatsing) dan kan het andere organen en lichaamsstructuren ongunstig beïnvloeden. Deze disbalans kan in eerste instantie restricties veroorzaken en op langere termijn ook chronische irritatie in het musculoskeletale systeem creëren. Zo kunnen ook viscerale klachten ontstaan.

Ieder orgaan kent twee soorten beweeglijkheid: mobiliteit en motiliteit. Mobiliteit is een beweging die te beïnvloeden is door manipulatie. Het ademhalingsmechanisme heeft een grote invloed op de abdominale organen, immers het diafragma van het paard maakt zo'n 15.000 bewegingen per dag. Organen die hiermee in verbinding staan, zoals de lever en de maag, gaan mee in deze beweging. Dit wordt ook wel de viscerale mobiliteit van het orgaan genoemd.

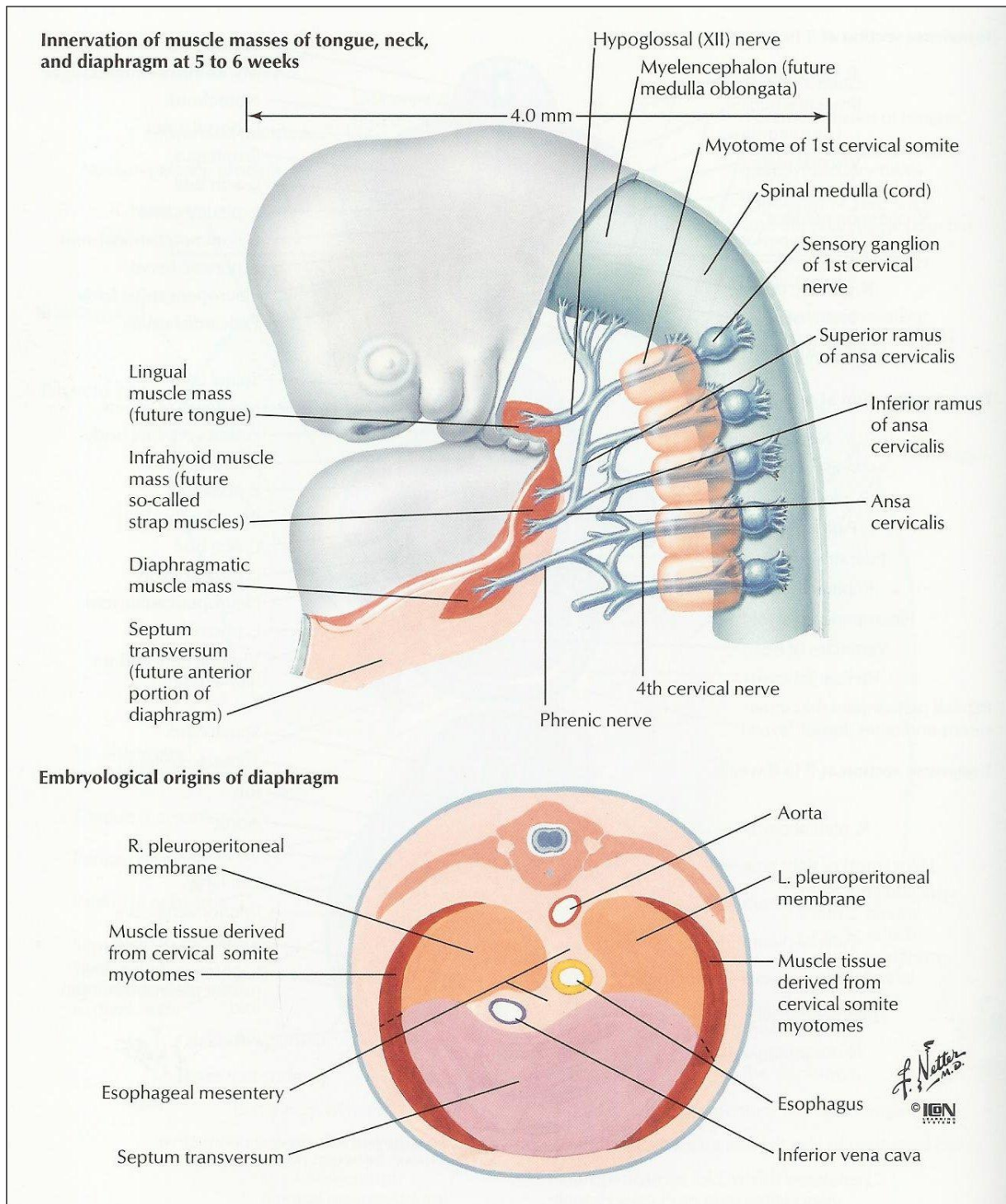
Naast de passieve bewegingen bestaat er nog een zogenaamde eigen beweging van het orgaan die we motiliteit noemen. Het orgaan brengt zich op eigen kracht in beweging. Viscerale motiliteit is de actieve beweeglijkheid van een orgaan, die voortkomt uit het orgaan zelf en eigen is aan zijn specifieke structuur en eigenschappen. Aangenomen wordt dat deze beweging het gevolg is van de verplaatsing die een orgaan doormaakt tijdens het embryologisch ontstaan. Het is een trage beweging met een zwakke, onzichtbare amplitude van ongeveer acht keer per minuut.

### 4.1 Embryologie

Vanuit een embryologische visie kan gesteld worden dat alle structuren met elkaar samenhangen. Vanuit de gefertiliseerde eicel vindt celdeling en differentiatie plaats en krijgen zo alle structuren vorm en functie en een plaats in het lichaam.

Uit het middelste kiemblad, het mesoderm, ontwikkelt zich onder andere de musculatuur en het bindweefsel, waaronder de fasciae. Via de fasciae kan een verbinding tussen diafragma en het cranium gelegd worden. Embryologisch is tevens een verbinding te zien tussen de tong en het diafragma.

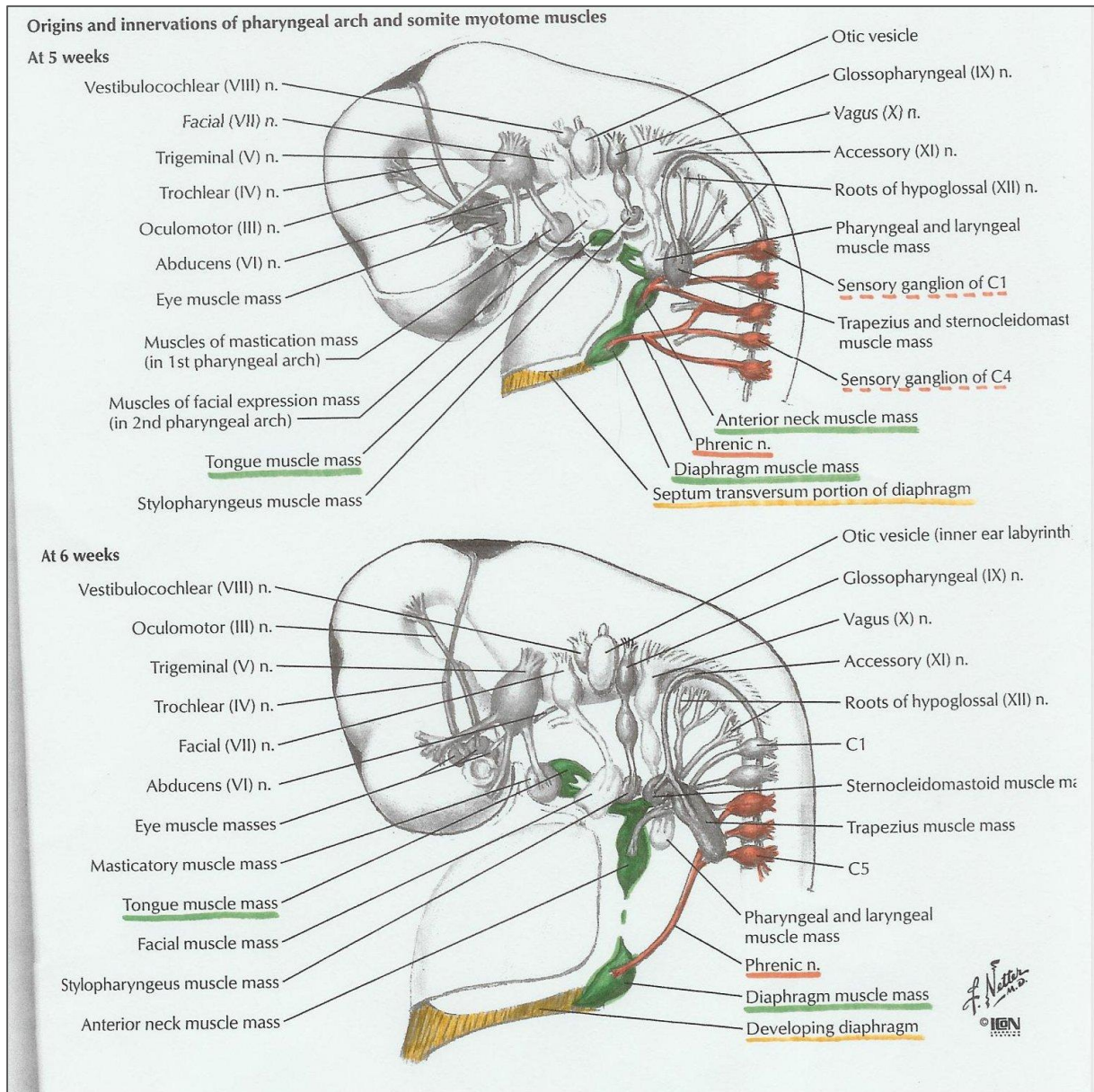
Volgens McGeady (2006), ontwikkelt zich een mediane tongzwelling vanuit de eerste pharyngeale boog, ook wel kieuwboog, gedurende de vierde week van de dracht bij zoogdieren de tong en infrahyoïde musculatuur. Een tweede mediane zwelling ontstaat uit de tweede, derde en deels vierde pharyngeale boog. Netter (2002) laat zien dat de tongmusculatuur zeer nauw verbonden is met de ventrale nekmusculatuur en het musculaire deel van het diafragma. (Figuur 4.1, 4.2) Tijdens de ontwikkeling van de embryo raakt de musculatuur van het diafragma als het ware los van de nekmusculatuur (Figuur 4.2) maar mag aangenomen worden dat er een fasciale verbinding over blijft.



*Figuur 4.1 Embryologische relatie tussen de tong en het diafragma*

Embryologisch gezien kan dus gesteld worden dat de tong en het diafragma een nauwe samenhang hebben. In volledig ontwikkeld stadium –postnataal– is een verbinding nog steeds te vinden, hetzij indirect via de fasciae. Zie ook hoofdstuk 4.5. Hierbij wordt de relatie anatomisch indirect genoemd omdat de tong niet letterlijk aanhecht op het diafragma. Vanuit functioneel oogpunt, en beschouwt men daarbij de fasciale relaties als directe contact tussen structuren, mag gezegd worden dat de tong en het diafragma een directe relatie met elkaar hebben.





Figuur 4.2 Scheiding tussen tong en diafragma

## 4.2 Het pericard

Het hart van een paard is met het pericard verbonden aan het sternum middels het ligamentum sternopericardiaca. De grootte en vorm van dit ligament kan variëren. Nickel (2005) zegt over dit ligament dat het 'vlakvormig' over gaat in de fascia endothoracica. Tevens zou het ligamentum sternopericardiaca van de 4<sup>e</sup>/5<sup>e</sup> ribkraakbeent tot aan het diafragma verlopen. (Lit. 28)

In de humane literatuur werd tevens het ligamentum phrenico-pericardiaca gevonden welke het pericard met het diafragma verbindt. Volgens Barone (1996) zou een klein ligamentum phrenico-pericardiaca bij het paard nog aanwezig zijn. (Lit. 3) Dit ligament is niet terug gevonden in de veterinaire literatuur bij het paard. Bij de hond en kat wordt wel gesproken over de aanwezigheid van het ligamentum phrenico-pericardiacum. (Lit. 2, 20, 23, 28, 33)

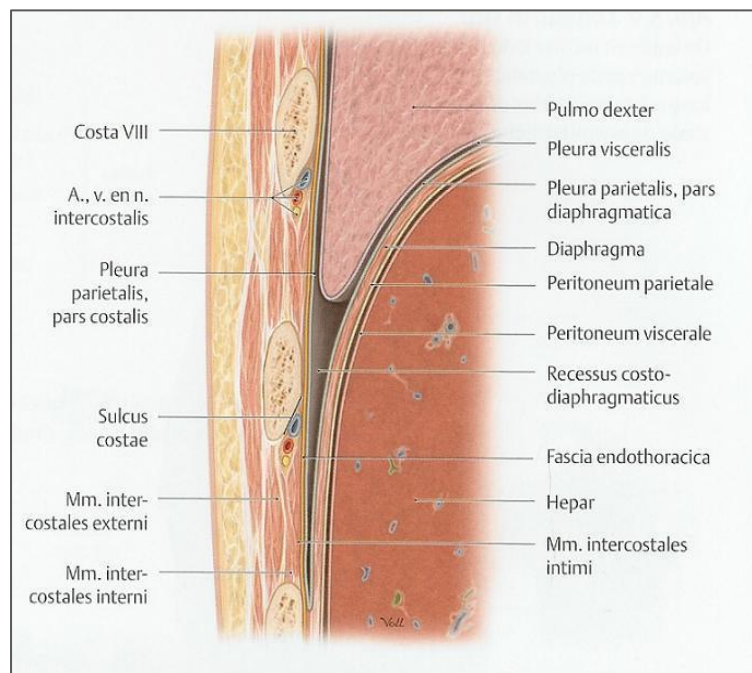
Enige voorzichtigheid is geboden om te stellen dat een directe ligamentaire verbinding tussen pericard en diafragma niet zou bestaan bij het paard. Dat het niet beschreven is in de gebruikte literatuur betekent niet dat het niet bestaat.

Het pericard is wel met het diafragma verbonden via het mediastinum. (Figuur 2.27) Binnen het mediastinum bevinden zich zoals reeds eerder vermeld een aantal belangrijke structuren.

Het lijkt niet waarschijnlijk dat spanning uit het diafragma een directe negatieve invloed heeft op het hart en pericard middels ligamentaire verbindingen. Wel is het aannemelijk dat spanning van het diafragma via het sternum naar het pericard overgedragen kan worden. Deze structuren liggen tenslotte zeer dicht bij elkaar en beiden hebben een aanhechting op het sternum. Een meer directe wijze en logischer zou zijn dat een verhoogde spanning via het mediastinum het pericard en het hart nadelig beïnvloedt. Enkele humaan osteopaten\* zijn van mening dat het diafragma alleen secundair problemen vertoont en meestal niet primair de oorzaak is van klachten. Hiermee bedoelen zij alle klachten die een relatie hebben met het diafragma. Het blijft echter de vraag waar de oorsprong van de klacht ligt. Deze vraag is osteopathisch minder van belang. Voorop staat dat de gehele samenhang van de klacht wordt onderzocht. Indien bij cardiorespiratoire klachten (zoals snelle verzuring) slechts een diafragma listening zou toegepast worden maar de mogelijk bijbehorende wervelblokkades niet weggenomen worden, dan behandelt de osteopaat slechts een deel van de samenhang van de structuren. De osteopaat creëert op deze wijze onvoldoende voorwaarden voor het zelfgenezende vermogen van het lichaam waardoor een deel van de klacht blijft bestaan of terugkomt.

Uitgaande van de hypothetische stelling dat wel een verbinding middels een ligamentum phrenico-pericardiaca bij het paard zou bestaan, zou aangenomen kunnen worden dat het pericard aan veel meer bewegingsuitslag onderhevig zou zijn. Door de relatief grote beweging van het diafragma zou het pericard veel meer cranio-caudaalwaartse beweging vertonen. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat een ligamentaire verbinding stugger is dan de verbinding middels de pleura parietalis.

Tevens zou het mogelijk zijn dat deze cranio-caudaalwaartse verplaatsing meer beweging in het cranium veroorzaakt. Uitgaande van de fasciae beschreven in humane literatuur volgens Paoletti (2006) komt de fascia pharyngobasilaris vanaf het pericard en insereert aan het os occiput. Dit zou betekenen dat het diafragma via het pericard een vrij directe relatie heeft met het occiput en vice versa.

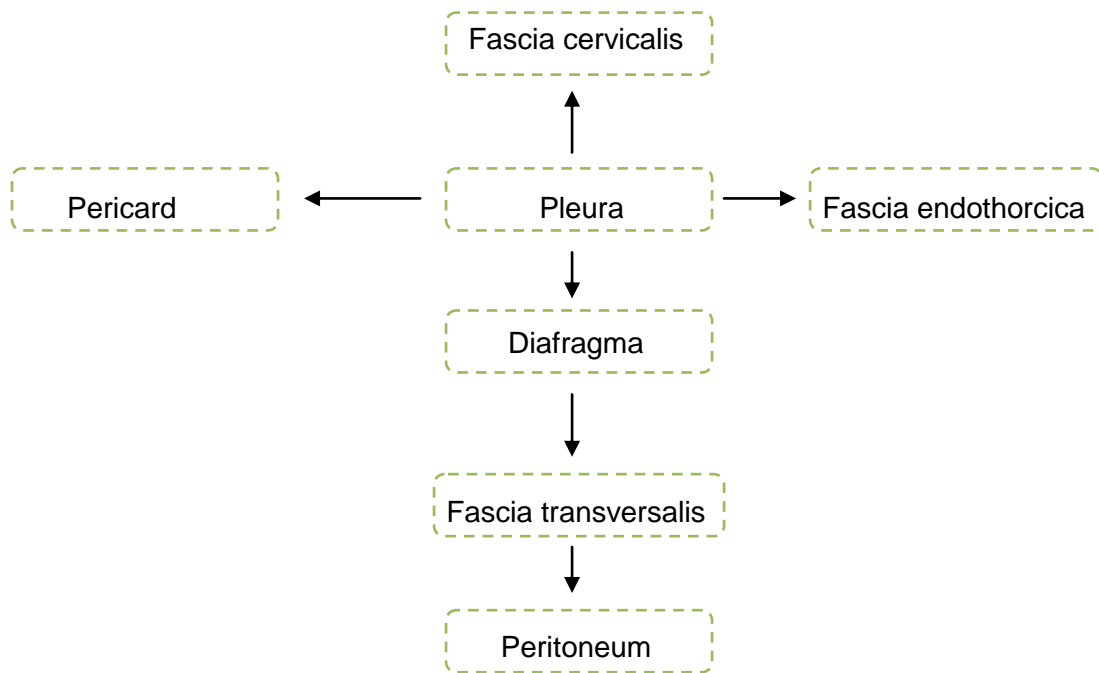


*Figuur 4.3  
Ter illustratie een humane weergave van de pleura en fascia endothoracica*

\* Tijdens een brainstormsessie, voor de totstandkoming van de thesis, met een aantal humaan osteopaten over het diafragma kwam dit standpunt naar voren. In de gebruikte literatuur voor deze thesis is hier niet meer informatie over gevonden.

### 4.3 De pleura

De viscerale pleura loopt in de pariëtale pleura over bij het hilum van de longen. Hier vouwt de viscerale pleura zich terug en vormt dan de pariëtale pleura. De pariëtale pleura is verbonden met de fascia endothoracica en heeft zo een relatie met de ribben en wervelkolom. Blokkade of een bewegingsbeperking van de wervelkolom kan dus een negatieve invloed hebben op de tonus van de fascia endothoracica. Hetzelfde geldt voor de ribben. Humaan is de fascia endothoracica verbonden met het periost van de eerste rib. Zie hoofdstuk 4.5 .



Tabel 4.1 Relaties met de omliggende structuren vanuit de pleura gezien

### 4.4 Het mediastinum

Het binnenste deel van het pariëtale pleura wordt gevormd door het mediastinale pleura welke aan caudale zijde verbonden is met het diafragma. Het is aannemelijk dat bij virale of bacteriële pleuritis via het mediastinum het pericard wordt aangetast, resulterend in een pericarditis. Door de aanhechting van het mediastinale pleura op het diafragma kan spanning doorgegeven worden aan structuren welke zich binnen het mediastinum bevinden. Deze spanning kan negatieve invloed hebben op het cardiorespiratoire stelsel. Hierbij kan gedacht worden aan onvoldoende gaswisseling (CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> verhouding) waardoor eerder verzuring van musculatuur kan ontstaan.



## 4.5 De fasciale verbindingen

De fasciae van het paard worden in de veterinaire literatuur beperkt beschreven. Zoals hierboven beschreven wordt uitgegaan van de fasciale relaties uit de humane literatuur volgens Paoletti (2006).

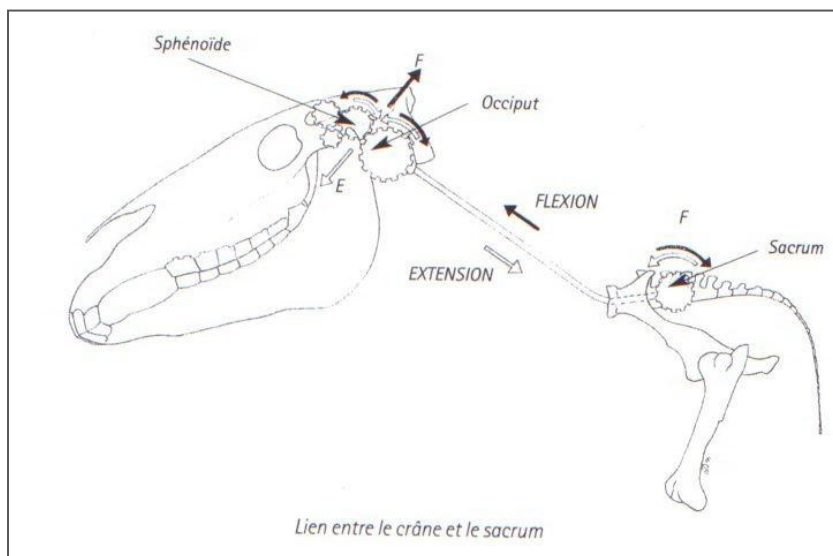
De fascia endothoracica maakt verbinding met het diafragma, de pleura, het pericard en fascia cervicalis. De fascia endothoracica is verbonden met de bekleding van de a. subclavia en vormt hier een relatie met de fascia cervicalis. De cervicale fascia verloopt in haar craniale deel langs het thyroïd en naar het hyoid, occiput en alae van de atlas. Dit houdt in dat fasciale spanning een negatieve invloed kan hebben op alle organen en structuren in de thoraxholte en na verloop van tijd ook in de cervicale wervelkolom. Spanning in het diafragma kan dus via de fasciae naar het cranium doorgegeven worden.

Tevens hecht de fascia endothoracica aan op het periost van de eerste rib. Bij fasciale spanning kan mogelijk een blokkade of bewegingsbeperking van de eerste rib ontstaan en zo een disfunctie van de voorste thoraxopening veroorzaken. Hierbij kan ook gedacht worden aan de mm. scaleni. Spanning op de m. scalenus ventralis geeft spanning op de insertie, C4-6, wat tevens het gebied is waar de n. phrenicus vandaan vertrekt om het diafragma te innervieren en een gedeelte van de bekleding van de abdominale viscera.

Door de aanhechting van de fascia cervicalis media -of lamina pretrachealis- op de alae van de atlas is zij van invloed op het atlanto-occipitale gewricht (OAA). Onder de alae van de atlas bevindt zich het ganglion cervicale craniale (GCC) waarvandaan diverse rami vertrekken. Deze rami innervieren onder andere de aa. cerebri, aa. carotici interna en de aa. hypofysialis. Verhoogde orthosympathische activiteit in dit gebied kan vasoconstrictie van de bloedvaten veroorzaken. Zo kan bijvoorbeeld vasoconstrictie van de aa. hypofysialis voor hormonale disregulatie zorgen. Het transport van de hormonen is mogelijk verstoord waardoor zij een onjuiste boodschap weergeven. Andere rami gaan naar de plexus choroïdeus nabij de kernen van de hypothalamus, de nn. cranialis welke parallel aan de craniale zenuwen verlopen en de nervus jugularis welke gezien wordt als een mogelijke verbinding tussen het ortho- en parasymphatisch zenuwstelsel.

De craniale insertie van de fascia cervicalis media bevindt zich op het basihyoid en is zo ook van invloed op het OAA complex. Het hyoid is met het tympanohyoid aan het os temporale verbonden en musculair met het os occiput. De innervatie van deze musculatuur ligt bij de atlas. Spanning van deze musculatuur geeft spanning op het os occiput. De pars basilaris

van het os occiput en het daaraan grenzende os sphenoidale vormen samen het sphenobasilaire gewricht (SSB). Het SSB heeft een geringe beweeglijkheid in flexie en extensie. Het SSB opent zich bij flexie en sluit zich bij extensie. De beweging van het SSB wordt via de meningen aan het sacrum doorgegeven. (Figuur 4.3) Deze beweging wordt veroorzaakt door het liquor cerebrospinalis (LCS) wat in de plexus choroïdeus in de hersenen

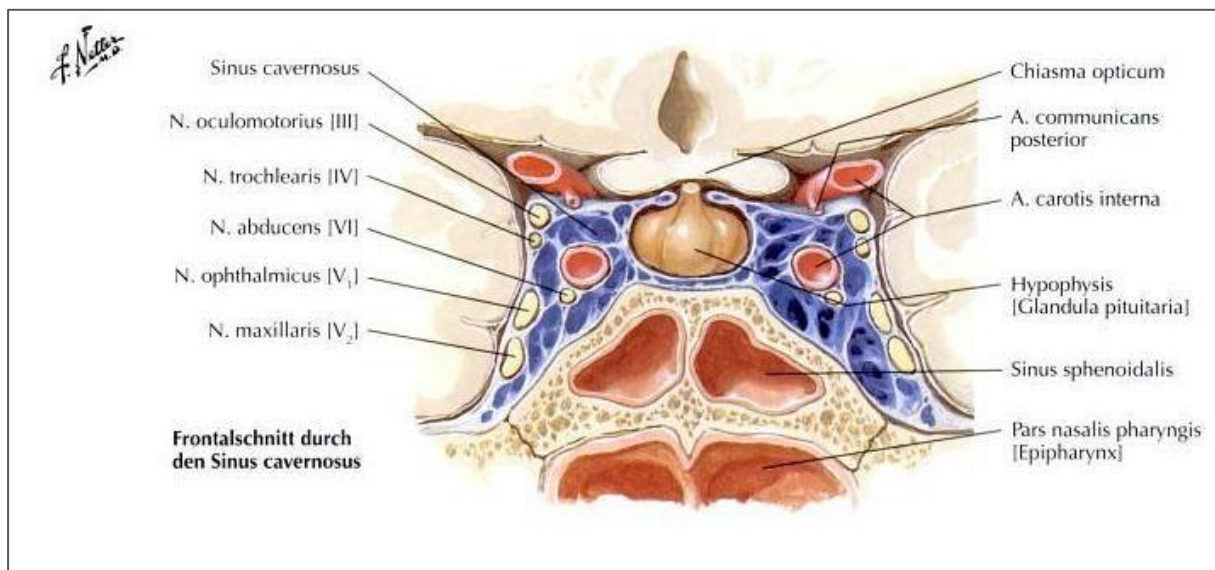


Figuur 4.4 Core link

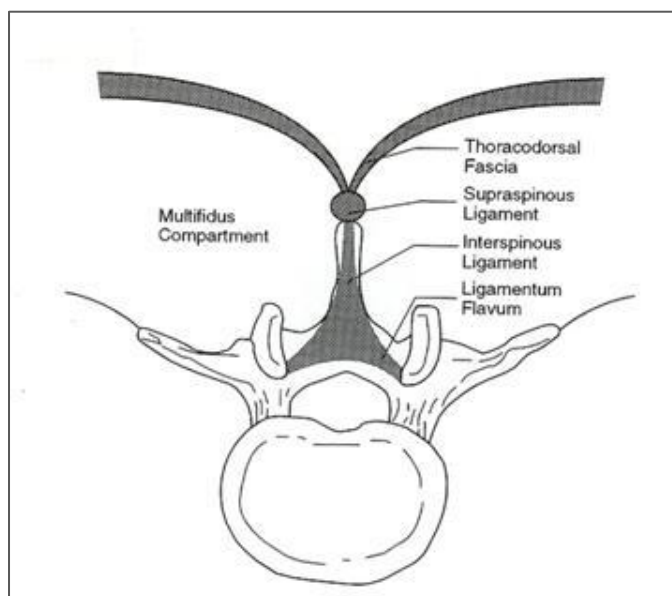


wordt aangemaakt. Ook hier kan een fasciale verstoring vanuit de thorax zorgen voor disfunctie van het GCC via het OAA complex. Dit uit zich bijvoorbeeld in een veranderde productie van LCS waardoor het craniosacrale ritme uit balans raakt. Niet alle restricties van het OAA complex hoeven per definitie problemen te veroorzaken in het GCC en de effectoren die bereikt worden middels de daar uit vertrekkende rami.

In het os sphenoidale bevindt zich de sella turcica met de hypofyse. (Figuur 4.5) Het tentorium cerebelli bedekt de sella turcica met daar in de hypofyse. Dit geheel wordt ook wel de diafragma sellae genoemd. De falx cerebri heeft haar aanhechting op de crista galli aan frontale zijde maar waaiert wel uit richting het diafragma sellae. Dus zowel via de fasciae, meningen en het OAA complex kan het hypothalamus-hypofyse systeem in disbalans raken.



Figuur 4.5 Situering van de hypofyse (humaan)



Figuur 4.6 Overgang fascia thoracolumbalis in het ligamentum supraspinale

Zoals reeds in 2.6.1 genoemd is de fascia pharyngobasilaris door haar verloop een zeer belangrijke fascia. Humaan splitst de fascia pharyngobasilaris zich om het thyroid heen en vindt haar weg naar het hyoid. Verder craniaalwaarts strekt de fascia zich uit langs de m. palatoglossus (de linker en rechter m. palatoglossus vormen samen de arcus palatoglossus) naar de tong. Vanaf de fascia pharyngobasilaris vormt zich tevens een fascia welke de mm. tensor veli palatini en levator veli palatini bekleedt van het palatum molle. Aangenomen mag worden dat het verloop van de fasciae vergelijkbaar is bij het paard.

Een hypothese is dat fasciale restricties van de fascia endothoracica en fascia cervicalis een beperkte caudale beweging van de inspiratie van het diafragma veroorzaken. Echter, het is aannemelijk dat caudaal van het diafragma gelegen viscerale restricties primair een oorzaak zijn van inspiratoire en expiratoire restricties. In deze thesis wordt niet inhoudelijk ingegaan op caudaal van het diafragma gelegen structuren.

In de thoracale regio van het diafragma is tevens de fascia thoracolumbalis gesitueerd welke nauw gerelateerd is aan de massa communis van de m. erector spinae. Deze spiermassa is onderdeel van de dorsale spierketen, zie 4.12.2. De diverse ligamentaire en fasciale structuren mogen niet als losstaande elementen gezien worden. In figuur 4.6 ziet u duidelijk een schematische weergave van de overgang van de fascia thoracolumbalis naar het ligamentum supraspinale, ligamentum interspinale en via het ligamentum flavum naar de facetgewrichten. Bij een thoracale wervelblokkade is het dus aannemelijk dat via de fascia spanning aan het hele lichaam wordt doorgegeven.

Fasciale pathologie kan variëren van een geringe afname van de mobiliteit tot forse inklemming van musculatuur, nervi en vascularisatie. Het is van belang om bij de behandeling rekening te houden met het feit dat fasciale restricties twee kanten op werken. Het kan zijn dat spanning van het diafragma naar craniaal toe een nadelige invloed heeft maar het kan ook zijn dat vanuit craniaal gelegen structuren het diafragma nadelig beïnvloed wordt. Het is dan ook van belang dat bij behandeling van het paard niet alleen het diafragma behandeld wordt maar ook de daar aan gerelateerde structuren welke middels fasciae met elkaar verbonden zijn. Zie bijlage 4 voor de fasciale relaties en de situering van de fascia.

Bij behandeling van het craniosacrale systeem is het van belang om niet alleen het cranium en het sacrum te behandelen maar ook de eventueel daar tussen liggende wervelblokkades. (Figuur 4.7)  
Zie ook hoofdstuk 4.6.



*Figuur 4.7 Om water door de slang te laten lopen zal niet alleen de kraan open gezet moeten worden maar ook het tussenliggende probleem moet worden opgelost.*

## **4.6 De meningen**

De relatie tussen het diafragma en de meningen kan gezocht worden in de fasciale verbindingen. Deze relatie is wellicht niet overduidelijk maar vanuit de osteopathische gedachte dat alle structuren met elkaar verbonden zijn wordt deze hypothese toch opgenomen in de tekst.

### **4.6.1 De meningen en het PAM**

De meningen nemen een zeer belangrijke plaats in het craniosacrale systeem. Het craniosacrale systeem wordt ook wel het primair ademhalingsmechanisme (PAM) genoemd. Dit is de beweging die veroorzaakt wordt door de circulatie van LCS. Humaan heeft deze beweging een amplitude van zes tot twaalf keer per minuut. Bij het paard is de amplitude ongeveer zeven tot tien keer per minuut.

Zoals de naam al doet vermoeden innervieren de rami meningei de meningen. Het arachnoidea en pia mater zijn avasculair en worden voorzien van voedingsstoffen door het LCS. De dura mater wordt wel gevasculariseerd. Bij verhoogde orthosympathische activiteit in een segment kan vascularisatie van de dura mater afnemen als gevolg van vasoconstrictie. Dit geeft spanning op de meningen. Tevens verzorgen de rami meningei de afferentie vanuit het intervertebrale gewrichtskapsel. Indien de facetgewrichten geen beweging meer vertonen gaat verstoorde afferente informatie uit de ramus meningeus via de

radix dorsalis naar de cornu dorsale. Dit geeft via de cornu laterale en ventrale een verstoring in het gehele segment. (Lit. 22)

Zie ook bijlage 2 in verband met de vicieuze cirkel van een segmentale stoornis.

Het diafragma is via het mediastinum en een mogelijk ligamentum phrenicopericardiaca verbonden met het pericard. Het pericard heeft een verbinding met de fascia pharyngobasilaris welke op haar beurt weer via diverse fasciae een connectie heeft met de schedel (os sphenoidale, os occipitale, en os temporale). (Figuur 4.8, 4.9)

#### Wervelblokkade

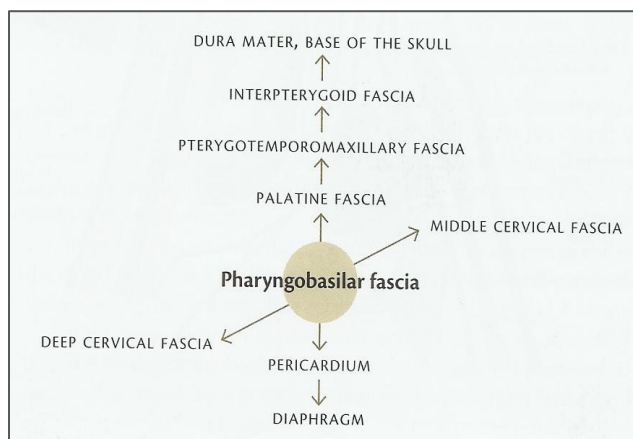
Informatie over beweging komt binnen in de cornu dorsalis via de ramus meningeus, ook wel ramus recurrens. Zoals de naam al doet vermoeden innerveert de ramus meningeus de spinale meningen.

Als gevolg van een wervelblokkade kan er geen beweging in het facetgewricht(en) plaatsvinden. Hier gaat vervolgens de "gate control theory" op; de II en III vezels (proprioceptoren) inhiberen de IV (nociceptoren) vezels. De II en III vezels geven informatie over beweging en de IV vezels geven informatie over pijn. Indien geen beweging meer plaats vindt in een gewricht, zullen de IV vezels niet meer geïnhibeerd worden en krijgt de pijn de kans om zich te manifesteren. Na verloop van tijd zal de uitgaande boodschap via de cornu laterale en cornu ventrale verstoord zijn.

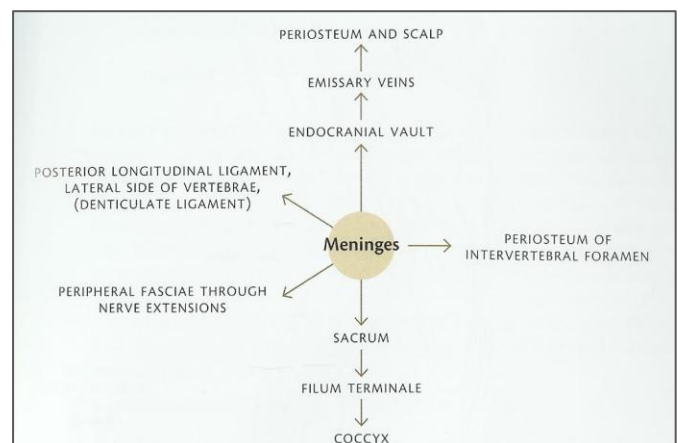
Dit resulteert in:

- Hypertonie van de perifere musculatuur a.g.v. verhoogde  $\gamma$  activiteit
- Hypertonie van de paravertebrale musculatuur
- Pilo-erectie
- Zweetsecretie
- Orthosympathische verstoring van de viscera a.g.v. vasoconstrictie veroorzaakt door disfunctie van de precapillaire sfincters.

Zie ook bijlage 3 !



Figuur 4.8 Relaties volgens Paoletti (humaan)



Figuur 4.9

## 4.7 Het thyroïd

Het thyroïd wordt bekleed door de fascia pharyngobasilaris en fascia cervicalis media. Deze hebben op hun beurt een relatie met het diafragma via de fascia endothoracica. Uit de bestudeerde literatuur is niet duidelijk geworden of fasciale restricties een disfunctie van het thyroïd kunnen veroorzaken.

Het thyroïd wordt gevasculariseerd vanuit de a. thyroidea cranialis en caudalis welke uit de a. carotis communis ontspringen. Bezenuwing van deze arteriën komt vanuit het GCC. De

veneuze afvoer geschiedt via de v. thyroideus cranialis welke via de v. maxillaris in de v. jugularis externa uitmondt.

Het thyroïd wordt orthosympathisch geïnnerveerd door takken uit het GCC. Parasympathisch wordt het thyroïd geïnnerveerd door de n. laryngeus recurrens van de n. vagus.

Zoals in 4.5 besproken kunnen fasciale restricties een negatieve invloed hebben op het OAA complex waar zich onder de alae van de atlas het GCC bevindt. Bij orthosympathische verstoring van dit ganglion kan vasoconstrictie van de bloedvaten van het thyroïd optreden. Hierdoor kan de functie van het thyroïd verstoord worden wat van invloed is op het gehele lichaam. Tevens kan een oorzaak van thyroïd disfunctie via de hypofyse vinden zijn. Zie hiervoor hoofdstuk 4.9.

#### 4.8 Het hyoid

Ook het hyoid heeft een fasciale relatie met het diafragma via de fascia cervicalis media met haar aanhechting op het basishyoid. Behalve de fasciale verbinding van het hyoid met het diafragma kan ook gedacht worden aan de musculaire relatie met het hyoid via de apertura thoracalis cranialis (voorste thoraxopening) aangezien de lage hyoidale musculatuur zoals de m. sternohyoïdeus haar aanhechting vindt op het sternum.

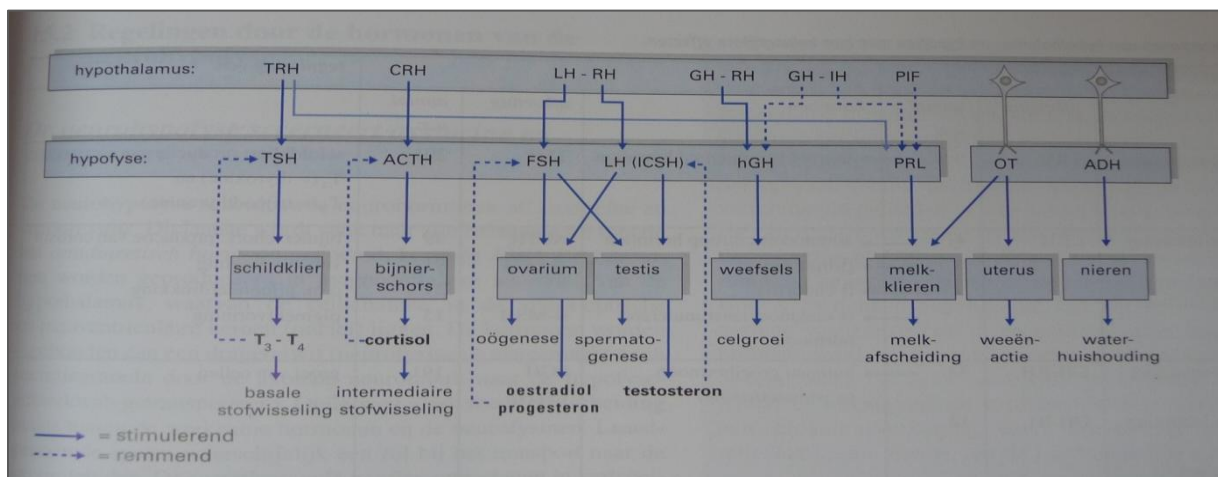
Het sternum maakt logischerwijs deel uit van de voorste thoraxopening. Het diafragma heeft een aanhechting op het caudale deel van het sternum en de m. sternohyoïdeus aan craniale zijde van het sternum op het manubrium sterni. De invloed van het diafragma op het sternum kan hypothetisch musculair doorgegeven worden aan het hyoid via de m. sternohyoïdeus omdat zij insereert op het basishyoid. Vanuit het hyoid zijn relaties te vinden naar het cranium welke in hoofdstuk 4.5 reeds kort besproken zijn.

#### 4.9 De hypofyse

Eén van die oorzaken van hypofysaire disfunctie kan gevonden worden in de fasciale relatie van het diafragma met het cranium. In het cranium kan een beperking optreden waardoor bijvoorbeeld de beweging in het SSB gewricht verminderd is. Door deze verminderde beweeglijkheid is het mogelijk dat de hypofyse negatief beïnvloed wordt aangezien zij in de sella turcica ligt van het os sphenoidale. Deze negatieve invloed kan bestaan uit het onjuist doorgeven van hormonale boodschappen aan het lichaam.

Zoals in 4.5 reeds genoemd kan een verstoring van het GCC mogelijk ook leiden tot hypofysaire disfunctie.

De hypofyse scheidt hormonen uit welke door de hypothalamus geïnitieerd worden. Figuur 4.10 laat zien dat de schildklier, bijnierschors, ovaria, testes, weefsels, melkklieren, uterus en de nieren door de hypofyse worden aangestuurd.



Figuur 4.10 Productie en belangrijkste effecten van de hormonen van de hypothalamus en hypofyse



## 4.10 De wervelkolom

Het diafragma heeft vele fasciale verbindingen, maar aan de relatie tussen het diafragma en de wervelkolom mag zeker niet voorbij gegaan worden.

De wervelkolom van het paard bestaat uit zeven cervicale wervels, achttien thoracale wervels en zes lumbale wervels. De laatste lumbale wervel heeft een articulatie met het sacrum.

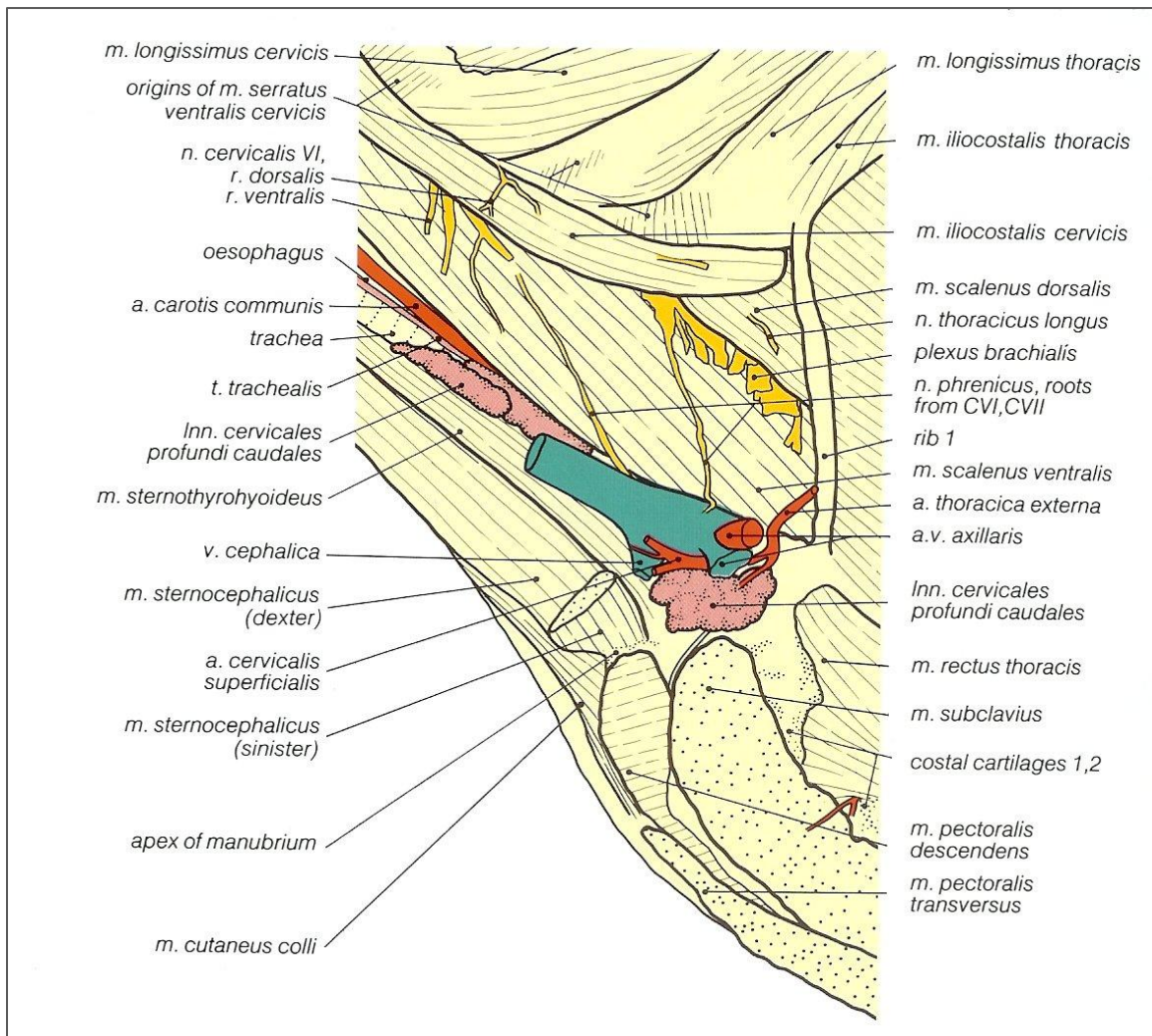
Door de uitgebreide inserties heeft het diafragma een omvangrijke invloed op het lichaam en vice versa. In dit hoofdstuk wordt de relatie tussen het diafragma en de wervelkolom in drie secties besproken. De cervicale, thoracale en lumbale wervelkolom.

### 4.10.1 Cervicale wervelkolom

De laag cervicale wervelkolom heeft een zeer nauwe relatie met het diafragma omdat de nn. phrenici hier ontspringen (C5-7). In de thorax innervieren ze de pleura en het pericard. Via de thorax verlopen de nn. phrenici naar het diafragma om deze motorisch te innervieren. Vervolgens verlopen de nn. phrenici door het diafragma heen om een deel van de viscerale vliezen te innervieren in de abdominale holte.

Verstoorde afferente informatie uit het innervatiegebied van de nn. phrenici kan leiden tot verstoorte motorische efferentie vanuit C5-7. Omdat de nn. phrenici deel uitmaken van de plexus brachialis kan verstoorte motorische efferentie klachten geven in het voorbeen van het paard. Dit kan zich uiten in hypertonie van de uit de plexus brachialis geïnnerveerde musculatuur.

De origo van de mm. scaleni ligt bij C5-7. Het paard heeft een m. scalenus medius en een m. scalenus ventralis (bij de mens m. scalenus medius, m. scalenus posterior en m. scalenus anterior). De m. scalenus medius verloopt van de processus transversus van C7 naar de craniale zijde van de eerste rib. De m. scalenus ventralis verloopt van de processus transversus van C4-6 en tevens naar de craniale zijde van de eerste rib maar dan meer proximaal. Beiden worden geïnnerveerd door de rami ventrales van de laatste cervicale zenuwen. Tussen de m. scalenus medius en m. scalenus ventralis verloopt de plexus brachialis. (Figuur 4.11) Als gevolg van een verstoring in de segmenten C5-7 kan de orthosympathische efferentie vanuit deze segmenten ook verstoord zijn. Verstoorte orthosympathische efferentie uit de segmenten C5-7 kan hypertonie van de mm. scaleni veroorzaken als gevolg van verhoogde alfa en gamma activiteit. De plexus brachialis kan door de anatomische ligging ingeklemd worden en zo ook verstoorte informatie doorgeven wat hypertonie in het voorbeen kan veroorzaken.

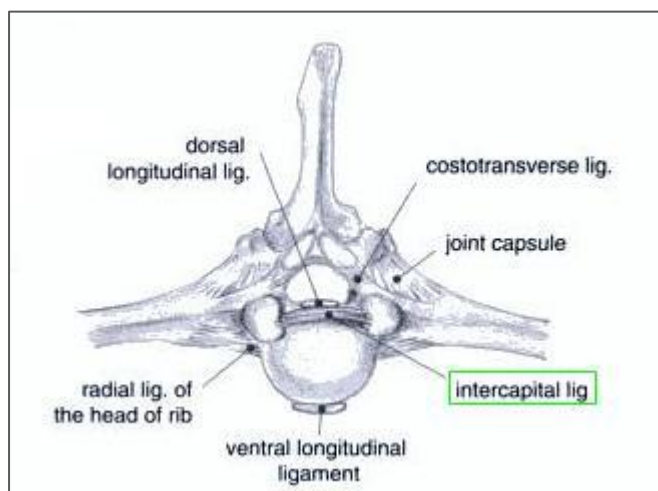


Figuur 4.11

Plexus brachialis tussen de mm. scaleni met duidelijk zichtbaar de n. phrenicus welke uit de plexus ontspringt

#### 4.10.2 Thoracale wervelkolom

Het diafragma is niet direct verbonden met de thoracale wervelkolom zoals bijvoorbeeld de crura aan de lumbale wervelkolom (L3-4) zijn verbonden. Echter, door de aanhechting op de laatste tien costae kan geconcludeerd worden dat er wel sprake is van een intieme band tussen het diafragma en de thoracale wervelkolom. Ook de aanhechting op de costochondrale overgang ter hoogte van de achtste rib aan ventrale zijde geeft een relatie tussen het diafragma en de thoracale wervelkolom. De aanhechting op het xyfoid is ook van invloed aangezien op het sternum de eerste acht costae aanhechten. Als op deze wijze naar het diafragma gekeken wordt, is een relatie te vinden met de gehele thoracale wervelkolom via de costae.



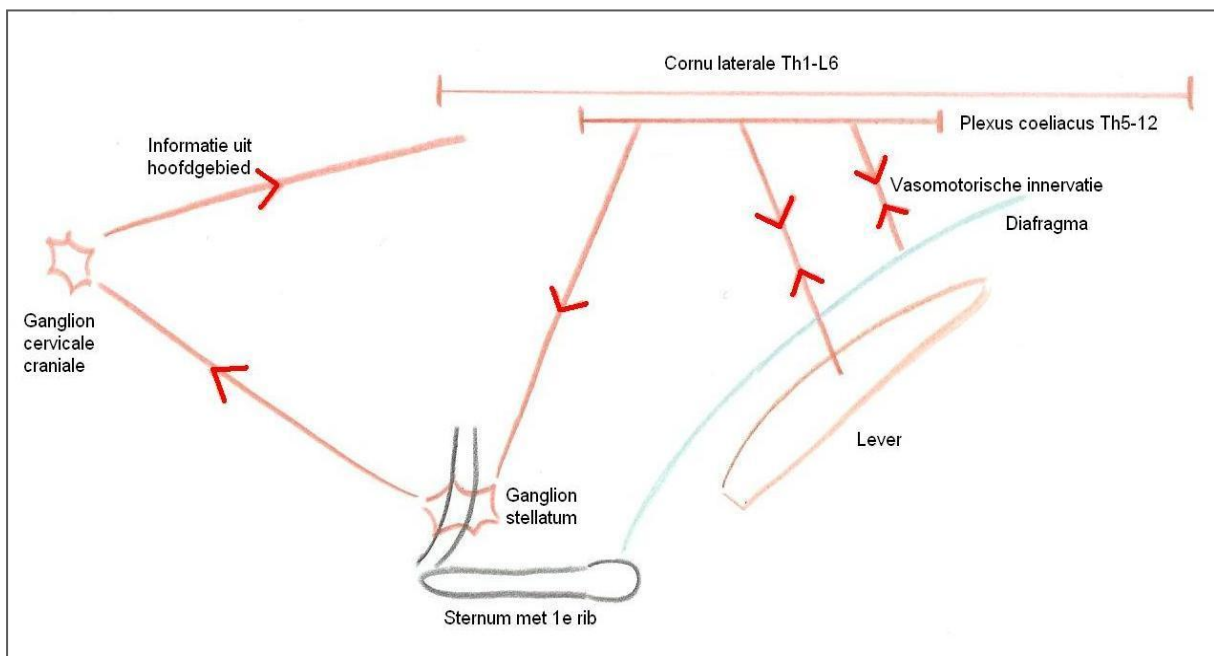
Figuur 4.12 Ligamentum intercapitale bij het paard

De mogelijk opgebouwde spanning van het diafragma door verhoogde prikkeling van de nn. phrenici, zoals besproken in 4.10.1, kan doorgegeven worden aan de costae. Als bijvoorbeeld de n. phrenicus aan de rechterzijde meer geprikkeld wordt (bijvoorbeeld door lever disfunctie) zou het aannemelijk zijn dat bij onderzoek aan de rechterzijde van het paard één of meerdere ribben in inspiratiestand gevonden worden. Vaak is in het zelfde segment aan de andere zijde van het paard ook een rib in inspiratiestand te vinden. Dit is mogelijk door de verbinding tussen beide ribben via het ligamentum intercapitale costae. (Figuur 4.11)

In onderstaande wordt de lever als voorbeeld aangehouden voor mogelijke problemen in het diafragma en thoracale wervelkolom:

De lever ontvangt haar orthosympathische informatie uit de plexus coeliacus welke zich tussen Th5-12\* bevindt. Bij disfunctie van de lever wordt verstoorde afferente informatie teruggekoppeld naar de plexus coeliacus en dus de thoracale segmenten vijf tot twaalf. Verstoorde afferente informatie geeft ook verstoring in het segment zelf. Hierdoor kan lokale hypertonie ontstaan van bijvoorbeeld de paravertebrale musculatuur zoals de m. longissimus thoracis. Het is ook mogelijk dat de musculatuur van de thoraxwand in het zelfde segment hypertoon wordt, zoals de mm. levatores costarum welke door de nn. thoracici (rami dorsalis) worden geïnnerveerd. Hypertonie van onder andere laatstgenoemde musculatuur kan inspiratiestand van één of meerdere ribben als gevolg hebben. Deze hypertonie kan ook spanning doorgeven aan het diafragma. Zie bijlage 3

Vasomotorisch wordt het diafragma geïnnerveerd uit de plexus coeliacus. (Figuur 2.5) Verstoorde efferente informatie uit de bijbehorende thoracale segmenten leidt tot vasoconstrictie van de bloedvaten die het diafragma vasculariseren. (Figuur 4.13) Bij verminderde vascularisatie kan sneller verzuring optreden in de musculatuur. Het is aannemelijk dat dit gegeven zich bij het diafragma (m. phrenicus) uit in hypertonie. Dit kan mogelijk het ademhallingspatroon nadelig beïnvloeden.



Figuur 4.13 Schematische weergave vasomotorische invloed op diafragma vanuit plexus coeliacus



Orthosympathische informatie uit de eerste vijf thoracale segmenten wordt via het ganglion stellatum doorgegeven aan het ganglion cervicale craniale. Door de situering van dit ganglion onder de alae van de atlas kan hypertonie ontstaan van de musculatuur welke geïnnerveerd wordt uit de spinale zenuw van C1. Dit betreft de musculatuur welke insereren op het hyoid (bijvoorbeeld m. sternohyoideus, m. sternothyroideus, m. omohyoideus). Via het hyoid kan onder andere weer een relatie gemaakt worden met het diafragma middels de fasciale keten tussen diafragma en hyoid.

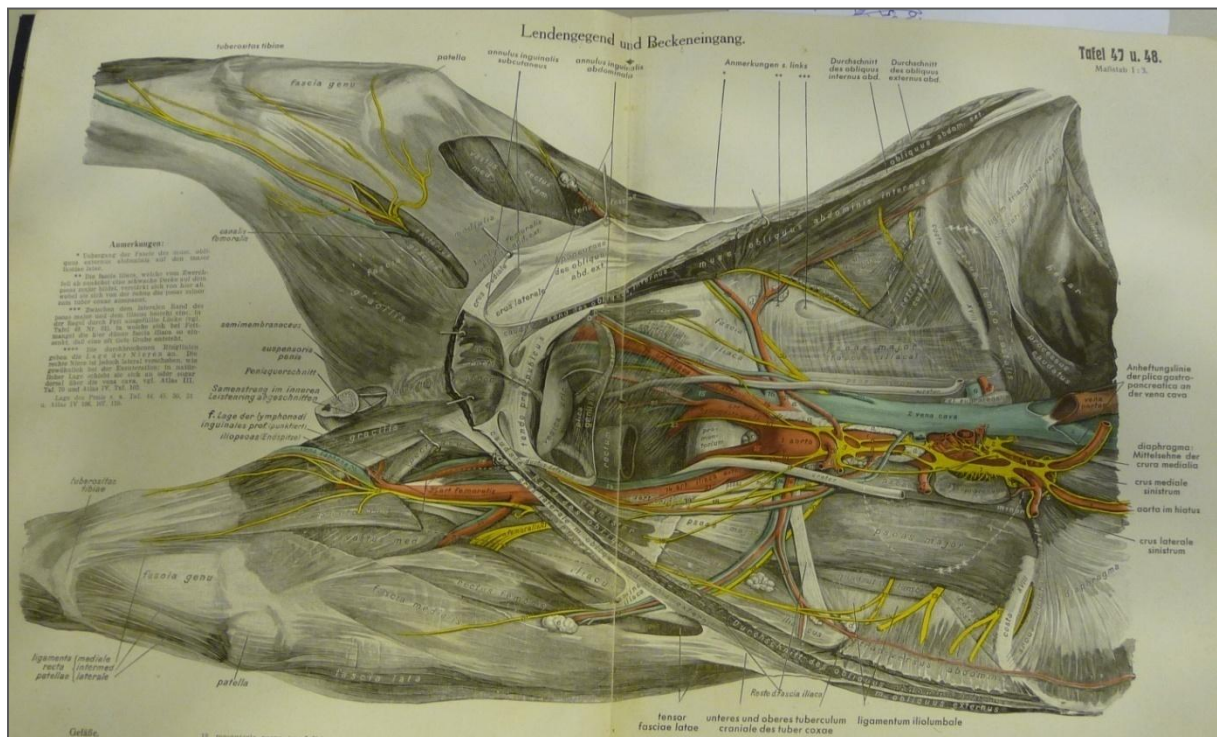
Orthosympathische informatie uit de thoracale segmenten vijf tot twaalf koppelt terug naar het ganglion stellatum. Zo kan bij letsel in het gebied van de plexus coeliacus, behalve respiratoire disfunctie, mogelijk ook klachten in het verzorgingsgebied van het ganglion stellatum waargenomen worden. Bijvoorbeeld de voorste thoraxopening omdat het ganglion stellatum net mediaal van de eerste rib gesitueerd is. Maar ook voorbeenproblematiek kan het gevolg zijn van prikkeling van het ganglion stellatum. Hierbij valt te denken aan hoofproblemen zoals laminitis en/of blokkades van het os pisiforme.

Als gevolg van orthosympathische verstoring in de thoracolumbale segmenten kunnen de m. psoas major en m. psoas minor hypertoon worden. De oorsprong van beide spieren ligt namelijk op de laag thoracale wervels (Th16-18) en ze verlopen door de arcaden psoas van het diafragma. De psoamusculatuur is onderdeel van de ventrale spierketen welke in hoofdstuk 4.12 nader besproken wordt in verband met de relatie naar het cranium.

\* De literatuur is niet eenduidig over de exacte locatie van de plexus coeliacus, waarschijnlijk door de vele species afhankelijke bevindingen. Wel is men het eens dat het innervatiegebied van de plexus coeliacus uit de midthoracale regio komt. Voor deze thesis gaan wij uit van Th5-12.

### 4.10.3 Lumbale wervelkolom

Zoals reeds aangegeven beperken we ons in deze thesis tot de relaties van het diafragma met structuren in de thorax, hoofd- en halsregio van het paard. Evenwel dienen de crura genoemd te worden aangezien zij in direct contact liggen met enerzijds het peritoneum en anderzijds de pleura parietalis.



Figuur 4.14 Situering belangrijke structuren rond crura bij het paard



De pars lumbalis van het diafragma, welke gevormd wordt door de beide crura, heeft zijn oorsprong aan de ventrale zijde van de derde en/of vierde lumbale wervel. Deze plaatsing is zeer belangrijk aangezien hier zeer veel belangrijke structuren gesitueerd zijn. (Figuur 4.14) De twee crura vormen de hiatus aorticus waarin de aorta, vena azygos en ductus thoracicus verlopen. Aan dorsale zijde vormen zij de arcade psoas voor de psoasmusculatuur. (Figuur 2.3)

De pleura parietalis en fascia endothoracica staan met elkaar in verbinding. (Figuur 4.3) De fascia endothoracica gaat over in de cervicale fascia en heeft aanhechtingen op het hyoid alsmede de alae van de atlas. Een wervelblokkade in de derde en/of vierde lumbale wervel kan resulteren in orthosympathische verstoring van de crura waardoor deze hypertoon kunnen worden. Ook de tonus van de fasciae kan toenemen als gevolg van verhoogde orthosympathische activiteit.

De situering van de crura is niet alleen van belang in verband met de vele belangrijke structuren in de directe omgeving ervan maar dus ook de nauwe relatie met de pleura parietalis welke bij spanning zijn weerslag heeft op het cranium. Op deze wijze is wederom een relatie gelegd tussen het diafragma en craniaal gelegen structuren.

#### **4.11 Het ganglion cervicale craniale en het ganglion stellatum**

Het ganglion stellatum ligt ter hoogte van de wervelsegmenten C7 en Th1 aan mediale zijde van het caput van de eerste rib. Het krijgt orthosympathische informatie direct uit de cornu laterale. Via de ramus interganglionaris cervicalis is het ganglion stellatum verbonden met het ganglion cervicale craniale. Het ganglion cervicale craniale ligt onder de alae van de atlas. Deze krijgt de informatie niet rechtstreeks uit de cornu laterale maar via de eerste vier á vijf thoracale segmenten. De cornu laterale verloopt immers vanaf C8-Th2 tot aan L6 bij het paard. Ter vergelijking: de cornu laterale verloopt van C8 tot L2 bij de mens. Orthosympathische informatie voor het hoofd zal altijd eerst via de cornu laterale (meestal Th1-5) en het ganglion stellatum gaan. Van hier wordt de informatie doorgestuurd via de rami interganglionaris cervicalis naar het ganglion cervicale craniale.

Verstoring van het ganglion cervicale craniale en het ganglion stellatum kan verschillende oorzaken hebben. Zo kan de n. phrenicus door viscerale verstoring uit het abdomen mogelijk op termijn een wervelblokkade geven in de segmenten C5-7. Uit deze laag cervicale segmenten vertrekt immers de n. phrenicus. Dit is echter ook de oorsprong van de mm. scaleni welke insereren op de eerste rib en dus in relatie staan met de voorste thoraxopening. Door hypertonie van de mm. scaleni kan inspiratiestand van de eerste rib ontstaan. Dit veroorzaakt spanning op de voorste thoraxopening en mogelijk een belemmering in het ademhalingspatroon. Door spanning op de voorste thoraxopening kan het ganglion stellatum negatief beïnvloed worden. Hierdoor kunnen diverse problemen ontstaan in het verzorgingsgebied van het ganglion stellatum.

Het ganglion stellatum zorgt namelijk voor:

- Orthosympathische innervatie van hart en longen.
- Reguleren van de sudo-, vaso- en pilomotoriek van het voorbeen, de schoft, de borst en de midden- en laagcervicale regio.
- Vasomotorische effecten op arteriën zoals de a. vertebralis en de a. subclavia
- Het geleiden van informatie naar het ganglion cervicale craniale.
- Orthosympathische regulatie van de basistonus in het voorbeen en musculatuur geïnnerveerd uit spinaalzenuw C2 tot Th4.

Wervelblokkades van de eerste thoracale wervelsegmenten kunnen verstoring geven aan beide ganglia. De preganglionaire vezels van het ganglion stellatum komen namelijk uit de

ruggenmergsegmenten Th1-5. Als het ganglion stellatum minder of verstoorde efferente informatie via de ramus interganglionaris cervicalis naar het ganglion cervicale craniale kan doorgeven kan de werking van laatstgenoemde mogelijk verstoord raken. Het ganglion cervicale craniale kan geen directe verstoring van het ganglion stellatum veroorzaken. Wel kan het via fasciale spanning invloed hebben op het ganglion stellatum.

Kenmerkend voor een verhoogde orthosympathische activiteit is de verhoogde activatie van  $\gamma$ -motoneuronen. De fasciae worden geïnnerveerd door  $\gamma$ -motoneuronen. De fasciae zullen dus mogelijk ook meer spanning vertonen. De fasciae verbinden alle structuren met elkaar. Met name via de fascia cervicalis media en fascia cervicalis profunda kan een relatie tussen het diafragma en de beide ganglia gelegd worden. Deze zijn het 'cervicale vervolg' van de fascia endothoracica welke in contact ligt met het diafragma. Door het verloop van deze cervicale fasciën kunnen zij mogelijk spanning door geven aan beide ganglia.

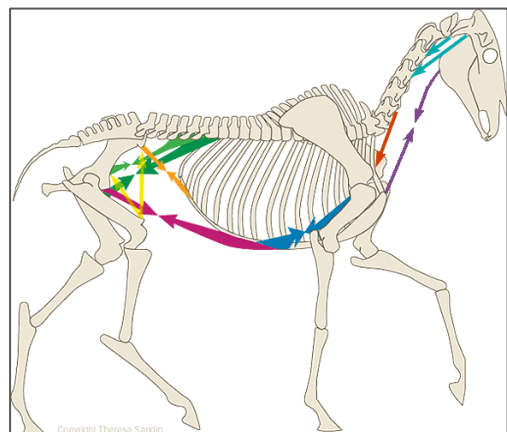
#### 4.12 Musculaire relaties

Vanuit de wervelkolom kan logischerwijs een relatie gelegd worden naar de musculatuur. Zoals in bijlage 3 te zien is worden uit de ramus ventralis en ramus dorsalis respectievelijk de perifere en paravertebrale musculatuur geïnnerveerd. Bij een wervelblokkade kunnen de II en III vezels de IV vezels onvoldoende inhiberen waardoor deze ruim baan krijgen en uitgaande informatie verstoord zal zijn. Als gevolg hiervan ontstaat onder andere hypertonie in de musculatuur behorende bij het segment. In dit hoofdstuk worden een aantal musculaire relaties gelegd welke van belang kunnen zijn voor het functioneren van het diafragma. Hierbij is met name hypertonie van musculatuur het uitgangspunt van spanning welke aan het diafragma doorgegeven kan worden.

De osteopathische benadering houdt in dat de samenhang tussen de verschillende structuren in het lichaam herkend wordt en deze als geheel behandeld wordt. Daarom worden in dit hoofdstuk de spieren niet afzonderlijk tot in detail beschreven maar is gekozen voor een beschrijving van de ventrale en dorsale spierketen in relatie tot het diafragma. Op deze wijze wordt de musculaire samenhang van caudaal naar craniaal, en vice versa, verduidelijkt. In alle andere richtingen kan via myofasciale relaties de samenhang met andere structuren herleid worden naar aanleiding van voorgaande hoofdstukken. Naast de ventrale en dorsale spierketen wordt echter wel een andere musculaire relaties beschreven. Deze heeft als doel de lezer duidelijk te maken dat vanaf het diafragma zelfs een myofasciale relatie gelegd kan worden naar het oor.

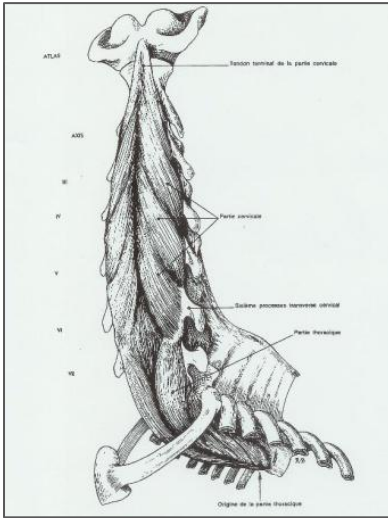
##### 4.12.1 De ventrale spierketen

De ventrale spierketen is van belang bij de ondersteuning van de viscera. Tevens biedt het steun aan de dorsale spierketen. Beiden hebben een onlosmakelijke interactie. Alen (2008) zegt: ["...een ontspanning van de bovenlijn is onontbeerlijk voor een goede werking van de onderlijn en omgekeerd !!!! ..."]. Het is van belang dat tussen de ventrale en dorsale spierketen een evenwicht bestaat voor het evenwichtig, economisch en zo comfortabel mogelijk kunnen bewegen van het lichaam van het paard.



Figuur 4.15 Ventrale spierketen

De ventrale spierketen van het paard start met de flexoren van de cervicale wervelkolom. Hiertoe behoren onder andere de m. rectus capitis ventralis, m. longus capitis, m. longus colli, mm. scaleni, m. sternocephalicus en m. brachiocephalicus. Ter hoogte van de borst gaat de spierketen over in de m. pectoralis ascendens en vervolgens in de buikmusculatuur, met name de m. rectus abdominis. Vanuit de buikmusculatuur verloopt de ventrale spierketen naar de sublumbale musculatuur, dit is de psoasmusculatuur, en vervolgens naar de craniale dijbeenmusculatuur, de m. quadriceps. (Lit. 1)



Figuur 4.16 M. longus colli

Zoals reeds vermeld verloopt de psoasmusculatuur door de arcade van de psoas van het diafragma. Spanning vanuit het diafragma kan dus gemakkelijk aan de psoasmusculatuur doorgegeven worden en vice versa. Ook via het sternum kan diafragmale spanning doorgegeven worden aan het cervicale deel van de ventrale spierketen.

König (2009) zegt dat tevens de infrahyoidale musculatuur beschouwd mogen worden als de craniale voortzetting van de m. rectus abdominis. Dit betreft de m. sternohyoideus en m. omohyoideus. Ook noemt hij de m. sternothyroideus als craniale voortzetting van de m. rectus abdominis. De m.

omohyoideus heeft haar oorsprong op de scapula. Waarom König deze spier als voortzetting van de m. rectus abdominis beschouwt is onduidelijk en lijkt onjuist. Door de craniale voortzetting van de m. rectus abdominis via de infrahyoidale musculatuur kan verhoogde spanning op de buikmusculatuur, in het bijzonder dus de m. rectus abdominis, mogelijk een ventrale en caudale tractie op het hyoid geven. Deze tractie kan via het tympanohyoid negatieve invloed hebben op het os temporale en via de m. occipitohyoideus en m. rectus capitis lateralis dus op het OAA complex.

Musculair kan vanaf het hyoid zelfs nog een relatie gemaakt worden naar de tong via de m. mylohyoideus en m. geniohyoideus.

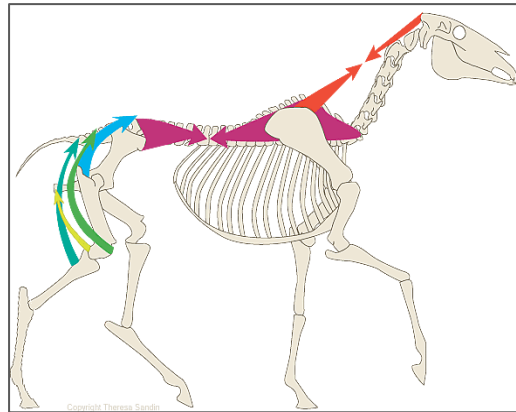
*Voorbeeld van een myofasciale relatie tussen het diafragma en het cervicale deel van de ventrale spierketen middels de m. longus colli:*

De m. longus colli kent een thoracale en cervicale verdeling. Het cervicale deel heeft haar oorsprong aan de ventrale zijde van de processus transversus van C2-7 en insereert op de corpus vertebrae van C1-6. Het thoracale deel vindt haar oorsprong op Th1-5(6) en insereert op de processus transversus van C6. Innervatie vindt plaats via de rami ventrales van de cervicale en eerste thoracale zenuwen. Het cervicale deel heeft een craniomediaal verloop van de spiervezels, het thoracale deel een caudomediaal verloop.

De m. longus colli wordt aan ventrale zijde bekleed door de fascia cervicalis profunda, oftewel lamina prevertebralis. De lamina prevertebralis gaat in de thoracale holte over in de fascia endothoracica en het ligamentum longitudinale ventrale. Via de fascia endothoracica komen we weer uit bij het diafragma.

#### 4.12.2 De dorsale spierketen

De dorsale spierketen start vanaf het os occipitale met het ligamentum nuchae en verloopt in het thoracale deel naar de autochtone rugmusculatuur. Hieronder mag de massa communis van de m. erector spinae gerekend worden alsmede de m. longissimus thoracis et lumborum. Zo wordt het lumbale deel van de dorsale spierketen bereikt waar via het kruis van het paard de bil- en broekmusculatuur bereikt wordt, onder andere de m. gluteus medius en m. gastrocnemius. In het verloop van de dorsale spierketen worden twee grote tusseninserties gevonden, dit zijn de schoft en het bekken.

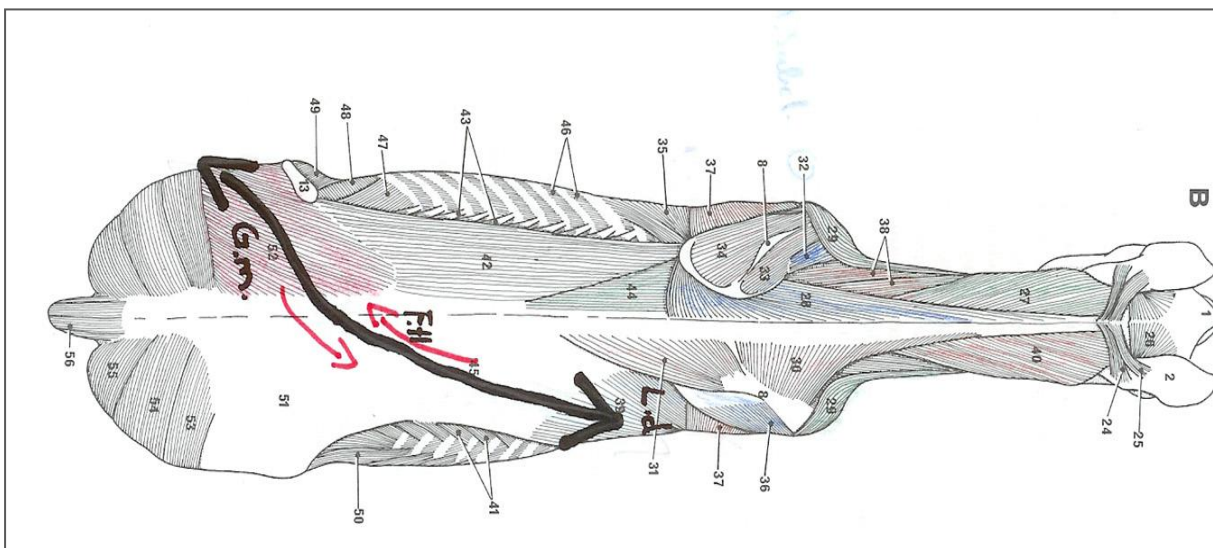


Figuur 4.17 Dorsale spierketen

Functioneel gezien is de dorsale spierketen van belang bij het omhoogkomen van het paard zoals bij steigeren en springen. Het zorgt voor extensie van de rug en nek wat ook te zien is als het paard angstig of plotseling alert is. Dit is de instinctieve vluchtreactie waarbij het paard zich alvast paraat maakt voor mogelijk gevaar.

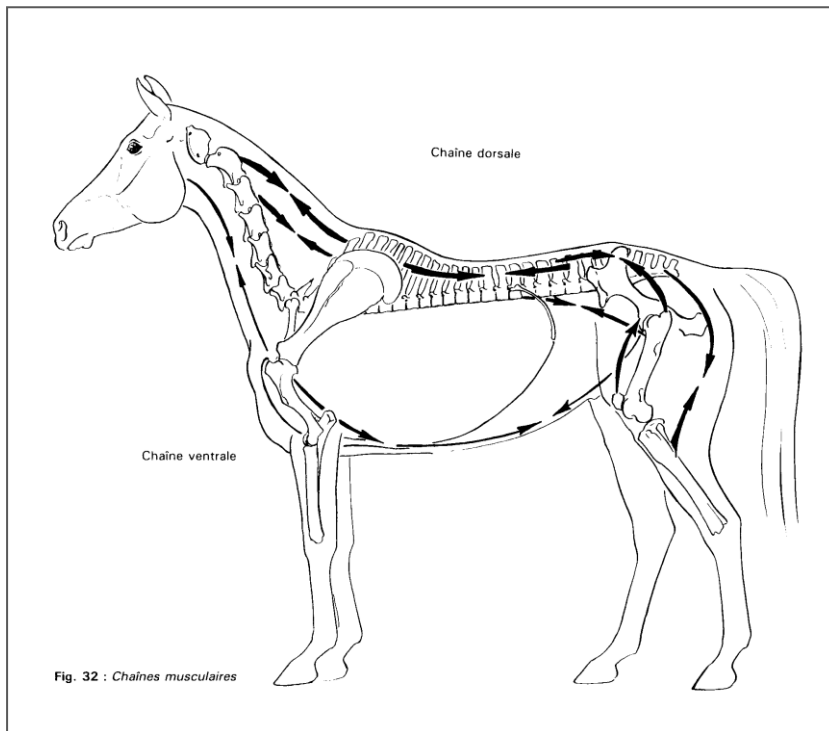
Bij verminderde functie van de dorsale spierketen is de extensie meer geprononceerd aanwezig. Ook zal de voortstuwing vanuit de achterhand naar de voorhand bemoeilijkt worden.

De massa communis van de m. erector spinae wordt overdekt door de fascia thoracolumbalis. Dit is een zeer belangrijke structuur in de overbrenging van kracht van de benen naar de thorax tijdens bewegen en vice versa. (Figuur 4.18)



Figuur 4.18 Werking fascia thoracolumbalis

Door de onlosmakelijke samenwerking tussen de dorsale en ventrale spierketen is het aannemelijk dat hypertonie of hypertrofie van de dorsale spierketen effect zal hebben op de ventrale spierketen. Wederom wordt zo duidelijk dat het paard als geheel behandeld dient te worden. (Figuur 4.19)



*Figuur 4.19 Samenwerking ventrale en dorsale spierketen*

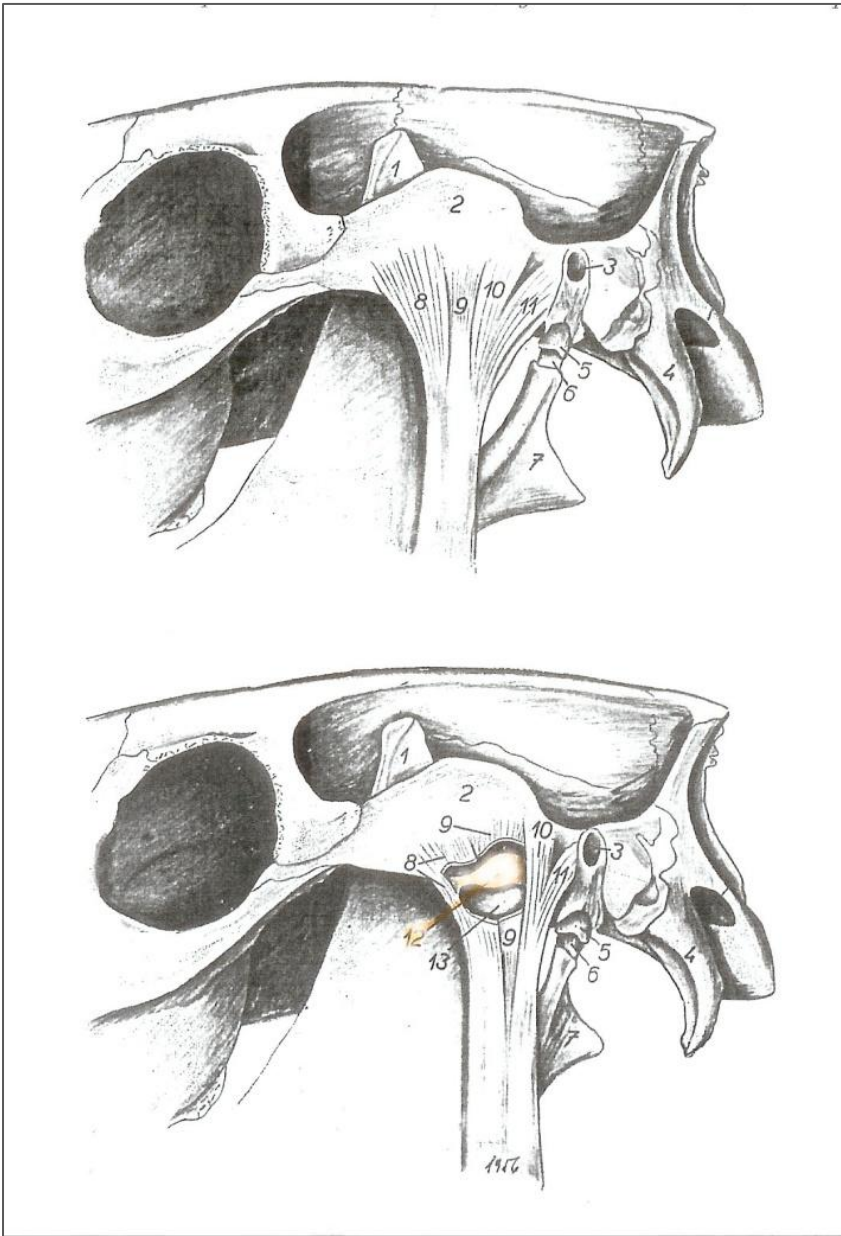
#### **4.12.3 De relatie tussen het diafragma, het palatum en het oor**

De relatie tussen het diafragma het palatum en het oor via een myofasciale verbinding laat zien dat vanuit het diafragma zeer veel relaties te leggen zijn. Zelfs dus een relatie naar het oor en via het palatum naar de tong. In dit hoofdstuk is het niet zozeer van belang in welke mate het palatum, het oor en het diafragma elkaar beïnvloeden maar vooral om te laten zien dát een samenhang bestaat. De relatie tussen het diafragma en het SSB gewricht is reeds in hoofdstuk 4.5 besproken.

Vanaf het diafragma verloopt de fascia endothoracica ter hoogte van de cervicale wervelkolom over in de fascia cervicalis. De drie lagen van de fascia cervicalis hechten onder andere aan op het basishyoid en het tuberculum musculare van het os sphenoidale. Via het hyoid is een articulaire relatie te leggen met het os temporale via het tympanohyoid en musculair naar het occiput. In de pars petrosus van het os temporale bevindt zich het gehoor- en evenwichtorgaan (en het ganglion trigeminale). Figuur 4.21 laat zien dat de porus acusticus (3), het processus styloideus (5) en tympanohyoid (6) een nauw osseuse relatie hebben.

De linker en rechter m. levator veli palatini, die het palatum molle bewegen, ontspringen aan het os temporale en aan de wand van de tubae auditivae. Ze lopen lateraal van de choanae (de openingen welke van de neusholte naar de nasopharyngeale holte verlopen) en waaieren uit in de palatumaponeurose. Aan rostrale zijde van de palatumaponeurose ontspringen de linker en rechter m. palatoglossus welke op hun beurt in de tong uitlopen, specifiek de m. transversus linguae. (Lit. 17)





*Figuur 4.20*  
*Temporomandibulair gewricht van het paard*

## 5. Besluit

Biologisch gezien is het lichaam van het paard (en de mens) één geheel en alle afzonderlijke systemen hebben invloed op elkaar. Alles in het lichaam is beweeglijk, kan bewegen en moet kunnen bewegen. Ieder lichaam heeft een zelfgenezend vermogen en osteopathie creëert omstandigheden voor het lichaam om zichzelf te kunnen genezen.

Van het sternum, langs de ribben tot en met de lumbale wervelkolom verloopt het diafragma, het is dus een grote structuur. Primair is de musculaire rol die het diafragma speelt in het ademhalingsmechanisme. De pompfunctie van het diafragma is tevens belangrijk als onderdeel van het totale circulatiesysteem. In het lymfesysteem zijn ritmische pulsaties uit de omgeving van een lymfocapillair essentieel omdat het geen eigen pompmechanisme heeft.

Het diafragma fungeert als scheiding van de thoracale en abdominale holte maar vormt tevens de verbinding tussen beiden. Ze is een aanhechtingsplaats voor fascia en heeft ligamentaire verbindingen met viscera. Via de fascia cervicalis heeft het diafragma een relatie met het thyroid, hyoid en de schedel van het paard. Spanning in het diafragma wordt mogelijk doorgegeven aan de fasciae en zal deze nadelig beïnvloeden. Hierdoor kunnen ook de structuren welke omkleed worden door de fasciae verhoogde spanning ondervinden.

De fasciale relatie tussen het diafragma en de schedel heeft mogelijk ook invloed op de meningen. Via aanhechtingen op het hyoid en het os sphenoidale heeft het diafragma invloed op de het hypofyse-hypothalamus complex.

Het is niet met zekerheid te zeggen of het diafragma en het pericard een directe ligamentaire verbinding hebben middels het ligamentum phrenicopericardiaca aangezien de literatuur hier niet eenduidig over is. Wel bestaat een verbinding tussen het diafragma en het pericard via de plica venae cavae.

Omdat het diafragma zich zo breed in het lichaam insereert kunnen zowel cervicale als thoracale en lumbale wervelblokkades een nadelige invloed op het diafragma hebben.

De nn. phrenici verzorgen de motorische innervatie van het diafragma en komen vanuit C5-7. Ook de intercostale zenuwen nemen een deel van de motorische innervatie voor hun rekening. Sensibel verzorgen de nn. phrenici een deel van de viscerale vliezen in de thoracale en abdominale holte. Viscerale problematiek heeft zo nadelige invloed op de laag cervicale wervelkolom en dus op het diafragma. De mm. scaleni worden geïnnerveerd door de rami ventrales van de laatste cervicale zenuwen. Hypertonie van de mm. scaleni kan inspiratiestand van de eerste rib veroorzaken en zo mogelijk een disfunctie van de apertura thoracis cranialis.

Via de costale inserties heeft het diafragma verbinding met de thoracale wervelkolom en vice versa. Via de fascia welke aanhecht op het diafragma evenals de thoracale wervelkolom is ook een relatie tussen beiden te leggen. Lumbaal vinden we de crura van het diafragma ter hoogte van L3-4, samen vormen ze aan dorsale zijde de arcaden psoas voor de psoasmusculatuur. Tevens vormen ze de hiatus aorticus voor de doorgang van de aorta, vena azygos en ductus thoracicus. Enerzijds liggen de crura in contact met het peritoneum, anderzijds met de pleura parietalis. Via de pleura parietalis kan een fasciale relatie naar het hoofdgebied gelegd worden.

De relatie van het diafragma met de psoasmusculatuur is van belang in de ventrale en dorsale spierketen. Het diafragma heeft via het sternum ook nog invloed op het cervicale deel van de ventrale spierketen welke op haar beurt weer relaties heeft met het hyoid.

Embryologisch kan gesteld worden dat alle structuren met elkaar verbonden zijn. Alle structuren komen uit dezelfde oorsprong maar krijgen in een later stadium hun vorm en functie en topografische ligging.

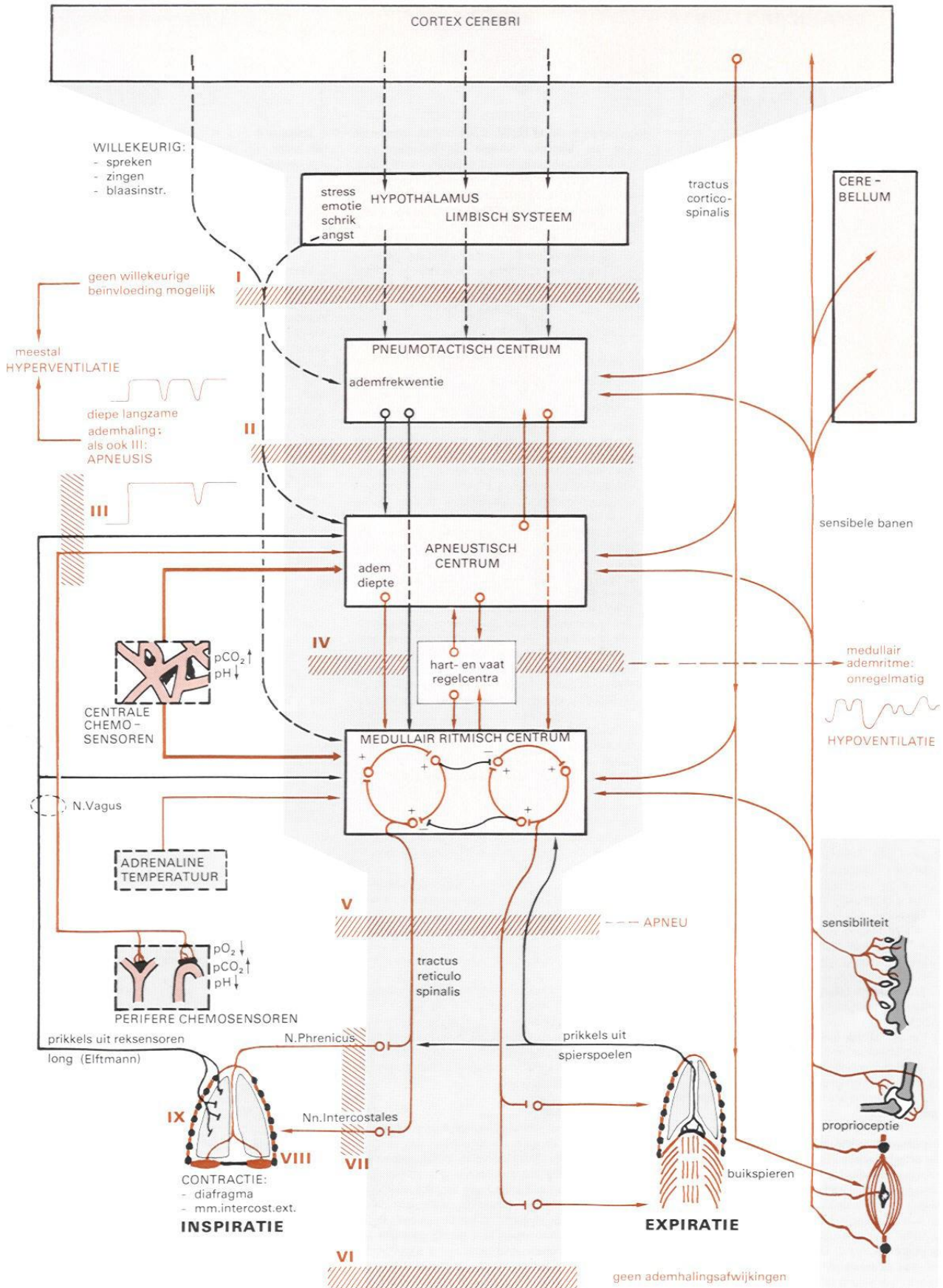
Vele factoren hebben invloed op het diafragma. Een eenduidige conclusie over welke factor een meest verstorende invloed heeft op het diafragma kan niet gemaakt worden. Spanning uit de omgeving van het diafragma lijkt de grootste invloed te hebben op het ademhalingspatroon en kan wellicht de gaswisseling belemmeren. Hierdoor zou sneller verzuring kunnen optreden.

Sommige in deze thesis gemaakte relaties zijn wellicht een brug te ver. Maar in de osteopathische gedachte dat alle structuren van het lichaam met elkaar in verbinding staan, zijn een aantal relaties toch opgenomen in deze thesis.

Als alle in deze thesis genoemde relaties nog eens op een rij gezet worden, wordt in ieder geval duidelijk dat het diafragma meer is dan slechts een ademhalingspier.

# Bijlage 1

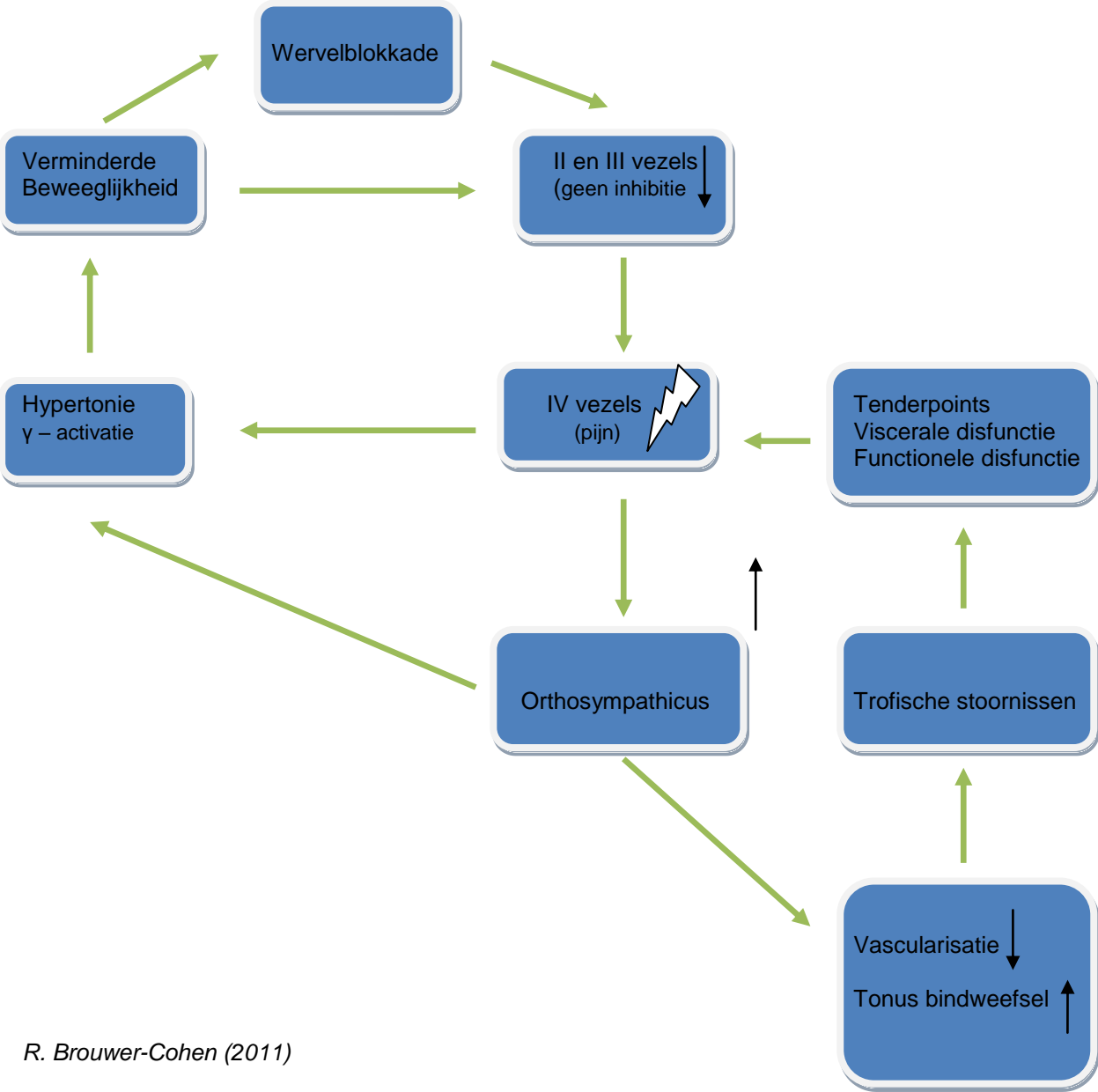
## Regulatie van de ademhaling volgens Van Cranenburgh





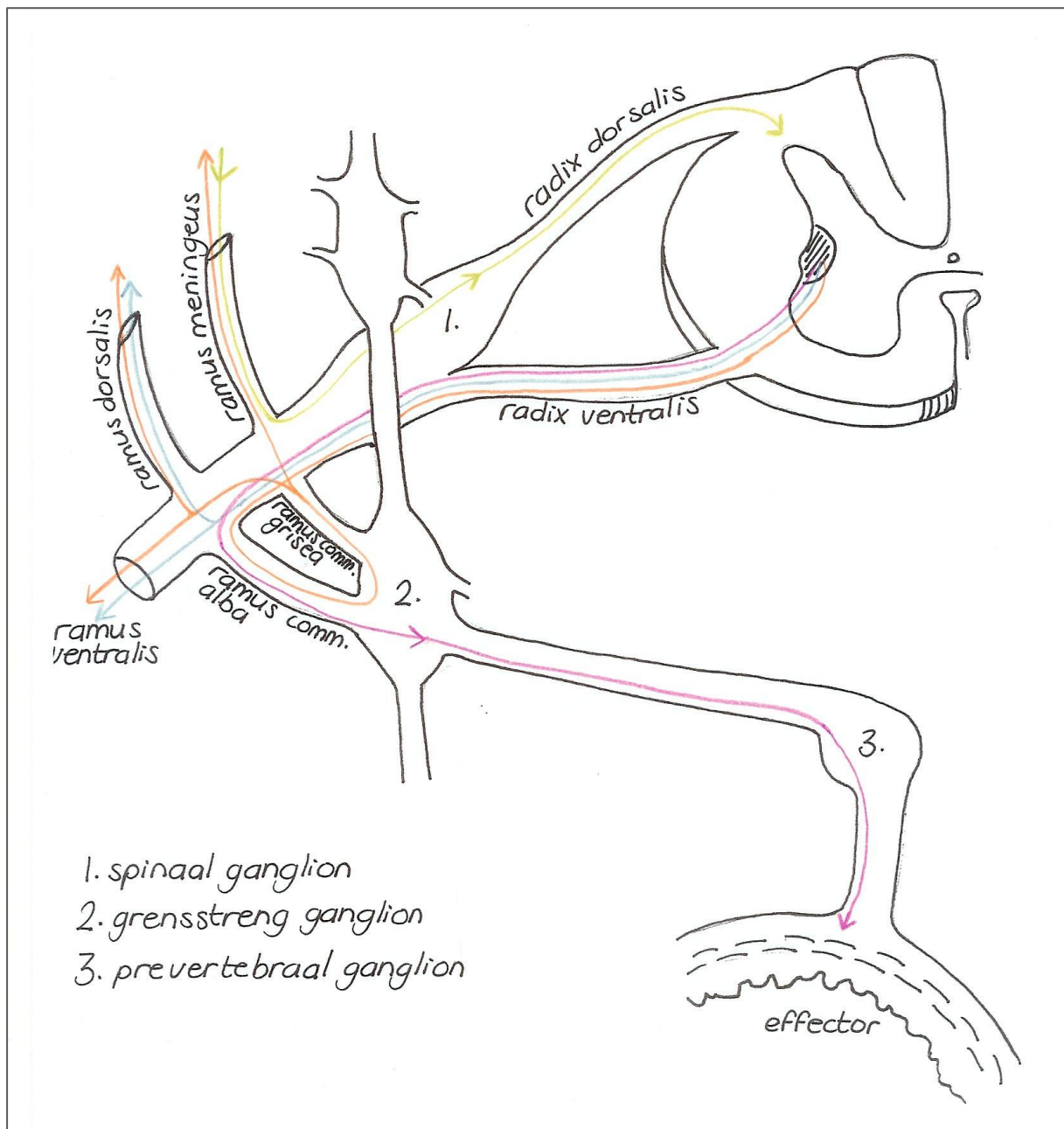
## Bijlage 2

### Vicieuze cirkel segmentale stoornis



R. Brouwer-Cohen (2011)

## Bijlage 3



Wervelblokkade → verlies van beweeglijkheid in facetgewrichten

Groen: Informatie uit het facetgewricht komt binnen via de ramus meningeus (ramus recurrens)

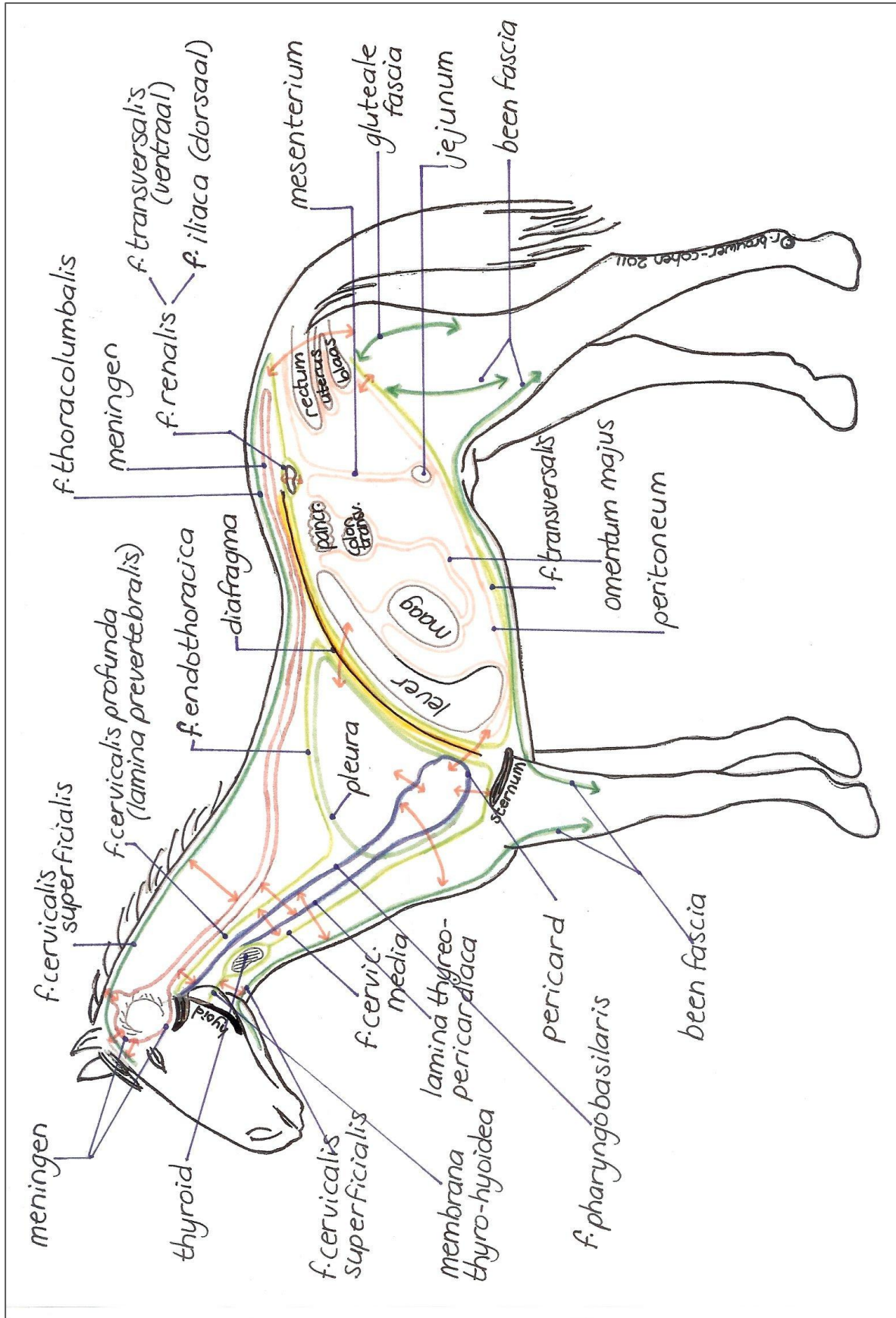
Blauw: Verstoorde uitgaande informatie veroorzaakt hypertonie in perifere en paravertebrale musculatuur, tevens in dermatoom van zelfde segment

Paars: Orthosympathische verstoring bloedvaten en orgaan

Oranje: Werkt o.a. op  $\gamma$  motoneuronen perifere musculatuur. Veroorzaakt zweetsecretie, kou en piloerectie

## Bijlage 4

Fasciae van het paard gebaseerd op Paoletti en Peter Michel



## Literatuurlijst

1. Alen, S., Dirckx, F., Cursus osteopathie voor dieren, ICREO, 2007-2010
2. Ashdown, R.R., Done, S.H., Colour Atlas of Veterinary Anatomy, Vol. Two The Horse, Mosby-Wolfe, 2008
3. Barone R., Anatomie comparée des mammifères domestiques, tome V: Angiology, Editions VIGOT, 1996
4. Barone R., Anatomie comparée des mammifères domestiques, tome VI: Neurology, Editions VIGOT, 1996
5. Bouman, prof. dr. L.N., Bernards, prof. dr. J.A., Medische fysiologie, Bohn Stafleu van Loghum, 2008
6. Budras K-D., Röck S., Anatomie van het paard: atlas en leerboek, Bloemendal, 2005
7. Chaitow, L., Bradley, D., Gilbert, C., Multidisciplinary approaches to breathing disorders, Churchill Livingstone, 2002
8. Cochard, L.R., Netter's Atlas of Human Embryology, Icon Learning Systems, 2002
9. College Sutherland, Opleiding Mesologie, 2009-2011
10. Constantinescu Gheorghe M., Clinical dissection guide for large animals, Mosby, 2004
11. Dyce, K.M., Sack, W.O., Wensing, C.J.G., Textbook of veterinary anatomy, Saunders, 2009
12. Gilroy, A.M., MacPherson, B.R., Ross, L.M., Anatomische Atlas, Gebaseerd op de driedelige Prometheus anatomische atlas, Bohn Stafleu van Loghum, 2009
13. Gray, H., Gray's Anatomy, Random House Value Publishing, 1977
14. Hebgen, E., The mediastinum and intrathoracic fascial release, Deutsche Zeitschrift für Osteopathie (German Journal of Osteopathy), 1/2007
15. Holtman, M., Thesis ICREO: De lever in de paardenosteopathie, 2008
16. Huysentruyt, H., Thesis ICREO: Apertura thoracis cranialis, 2010
17. Kalk, prof. Dr. W., De volledige gebitsprothese in woord en beeld, Bohn Stafleu van Loghum, 2001
18. King, A.S., Foundations of veterinary studies, The cardiorespiratory system, Blackwell Science, 1999
19. Koninklijke Belgische Vereniging voor Stomatologie en Maxillo-Faciale Heelkunde, [www.omfs.be](http://www.omfs.be)
20. König HE., Liebich H-G., Veterinary Anatomy of domestic mammals, Schattauer, 2009



21. Lohman, A.H.M., Vorm en beweging, Bohn Stafleu van Loghum, 2004
22. Mariën, I., Thesis: Anatomie en osteopathisch belang van de meningen, specifiek bij het paard, ICREO, 2008
23. McGeady, T.A., Quinn, P.J., FitzPatrick, E.S., Ryan, M.T., Veterinary Embryology, Blackwell Publishing, 2006
24. Michel, P., Thesis: Anatomie und Funktion der Faszien beim Pferd und Hund, ICREO, 2005
25. Myers, T.W., Anatomy trains, myofascial meridians for manual and movement therapists, Churchill Livingstone, 2009
26. Nickel, R., Schummer, A., Seiferle, E., Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, band I, Bewegungsapparat, Parey Verlag, 2004
27. Nickel, R., Schummer, A., Seiferle, E., Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, band II, Eingeweide, Parey, 2004
28. Nickel, R., Schummer, A., Seiferle, E., Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, band III, Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane, Parey, 2005
29. Nickel, R., Schummer, A., Seiferle, E., Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, band IV, Nervensystem, Sinnesorgane, endokrine drüsen, 2004
30. Paoletti, S., The fasciae, Eastland Press, 2006
31. Poissonnier, J., Ademhaling van het paard bij inspanning, een literatuurstudie, academiejaar 2008-2009
32. Sadler, T.W., Peters, P.W.J., Langman's medische embryologie en teratologie, Bohn Stafleu Van Loghum, 2000
33. Shabetai, R., The Pericardium, Kluwer Academic Publishers, 2003
34. Sjaastad, Hove, Sand, Physiology of domestic animals, Scandinavian Veterinary Press, 2007
35. Teijssen S., Thesis ICREO: Osteopathische visie op het hart, 2007
36. Van Cranenburgh, Schema's fysiologie, Elsevier, 1997
37. Verdonk, H.P.M., Oedeem en oedeemtherapie, Bohn Stafleu Van Loghum, 2006
38. Vochten L., Thesis ICREO: De nervus phrenicus en zijn punt bij het paard, 2007
39. Zorn, A., Physical thoughts about structure: The elasticity of fascia, Structural Integration, www.rolf.org, March 2007

## Figurenlijst

- Figuur 1.1 Sadler, T.W., Peters, P.W.J., Langman's medische embryologie en teratologie, Bohn Stafleu Van Loghum, 2000, pag. 38
- Figuur 1.2 Sadler, T.W., Peters, P.W.J., Langman's medische embryologie en teratologie, Bohn Stafleu Van Loghum, 2000, pag.166
- Figuur 1.3 Sadler, T.W., Peters, P.W.J., Langman's medische embryologie en teratologie, Bohn Stafleu Van Loghum, 2000, pag.170
- Figuur 2.1 Paoletti, S., The fasciae, Eastland Press, 2006, pag. 123
- Figuur 2.2 <http://www.sfn-manitoba.ca/profiles/anderson/>
- Figuur 2.3 Barone R., Anatomie comparée des mammifères domestiques, tome II: Arthrology et myology, Editions VIGOT, 1980, planche 310
- Figuur 2.4 [http://www.newrider.com/Starting\\_Out/The\\_Horse/skeleton.html](http://www.newrider.com/Starting_Out/The_Horse/skeleton.html)
- Figuur 2.5 <http://en.academic.ru/dic.nsf/enwiki/2315241>
- Figuur 2.6 Ashdown, R.R., Done, S.H., Colour Atlas of Veterinary Anatomy, Vol. Two The Horse, Mosby-Wolfe, 2008, pag. 4.21
- Figuur 2.7 Ashdown, R.R., Done, S.H., Colour Atlas of Veterinary Anatomy, Vol. Two The Horse, Mosby-Wolfe, 2008, pag. 4.24
- Figuur 2.8 Eigen collectie faculteit diergeneeskunde Utrecht
- Figuur 2.9 Bouman, prof. dr. L.N., Bernards, prof. dr. J.A., Medische fysiologie, Bohn Stafleu van Loghum, 2008, pag.555
- Figuur 2.10 Verdonk, H.P.M., Oedeem en oedeemtherapie, Bohn Stafleu Van Loghum, 2006, pag. 1
- Figuur 2.11 Alen, S., Dirckx, F., Cursus osteopathie voor dieren, ICREO, 2007-2010, hoofdstuk Arterial Rule
- Figuur 2.12 Verdonk, H.P.M., Oedeem en oedeemtherapie, Bohn Stafleu Van Loghum, 2006, pag.5
- Figuur 2.13 Paoletti, S., The fasciae, Eastland Press, 2006, pag.58
- Figuur 2.14 Brouwer-Cohen, R., 2011, eigen schets
- Figuur 2.15 Teijssen S., Thesis ICREO: Osteopathische visie op het hart, 2007, pag.32
- Figuur 2.16 Budras K-D., Röck S., Anatomie van het paard: atlas en leerboek, Bloemendal, 2005, pag.61

- Figuur 2.17 King, A.S., The cardiorespiratory system, Blackwell Science, 1999, pag. 220
- Figuur 2.18 König HE., Liebich H-G., Veterinary Anatomy of domestic mammals, Schattauer,2009, pag.514
- Figuur 2.19 Budras K-D., Röck S., Anatomie van het paard: atlas en leerboek, Bloemendal, 2005, pag.54
- Figuur 2.20 Gilroy, A.M., MacPherson, B.R., Ross, L.M., Anatomische Atlas, Gebaseerd op de driedelige Prometheus anatomische atlas, Bohn Stafleu van Loghum, 2009, pag. 602
- Figuur 2.21 Alen, S., Dirckx, F., Cursus osteopathie voor dieren, ICREO, 2007-2010, hoofdstuk Workshop Fascia
- Figuur 2.22 König HE., Liebich H-G., Veterinary Anatomy of domestic mammals, Schattauer,2009, pag.302
- Figuur 2.23 König HE., Liebich H-G., Veterinary Anatomy of domestic mammals, Schattauer,2009, pag.308
- Figuur 2.24 <http://cd-paardentandarts.nl/index.php?navid=8&id=24>
- Figuur 2.25 Alen, S., Dirckx, F., Cursus osteopathie voor dieren, ICREO, 2007-2010, hoofdstuk Myologie 1.5, pag. 25
- Figuur 3.1 King, A.S., The cardiorespiratory system, Blackwell Science, 1999, pag.241
- Figuur 3.2 King, A.S., The cardiorespiratory system, Blackwell Science, 1999, pag.252
- Figuur 4.1 Cochard, L.R., Netter's Atlas of Human Embryology, Icon Learning Systems, 2002, pag. 118
- Figuur 4.2 Cochard, L.R., Netter's Atlas of Human Embryology, Icon Learning Systems, 2002, pag. 225
- Figuur 4.3 Gilroy, A.M., MacPherson, B.R., Ross, L.M., Anatomische Atlas, Gebaseerd op de driedelige Prometheus anatomische atlas, Bohn Stafleu van Loghum, 2009, pag.103
- Figuur 4.4 Mariën, I., Thesis: Anatomie en osteopathisch belang van de meningen, specifiek bij het paard, ICREO, 2008, pag.57
- Figuur 4.5 Netter, F., Atlas of human anatomy, Saunders Company, 2006
- Figuur 4.6 Alen, S., Dirckx, F., Cursus osteopathie voor dieren, ICREO, 2007-2010, hoofdstuk Biomechanica 2.4

- Figuur 4.7      Onbekende bron
- Figuur 4.8      Paoletti, S., The fasciae, Eastland Press, 2006, pag. 78
- Figuur 4.9      Paoletti, S., The fasciae, Eastland Press, 2006, pag.111
- Figuur 4.10     Bouman, prof. dr. L.N., Bernards, prof. dr. J.A., Medische fysiologie, Bohn Stafleu van Loghum, 2008, pag.34
- Figuur 4.11     Ashdown, R.R., Done, S.H., Colour Atlas of Veterinary Anatomy, Vol. Two The Horse, Mosby-Wolfe, 2008, pag.2.8
- Figuur 4.12     Constantinescu Gheorghe M., Clinical dissection guide for large animals, Mosby, 2004, pag. 24
- Figuur 4.13     Brouwer-Cohen, R., 2011, eigen schets
- Figuur 4.14     Zweiter Teil, Topografische Myologie, Fünfte Auflage, Berlin 1939, tabel 47 und 48 (collectie faculteit diergeneeskunde Utrecht)
- Figuur 4.15     <http://www.sustainabledressage.net/rollkur/schrijer.php> (met toestemming)
- Figuur 4.16     Alen, S., Dirckx, F., Cursus osteopathie voor dieren, ICREO, 2007-2010, hoofdstuk Myologie 2.3
- Figuur 4.17     <http://www.sustainabledressage.net/rollkur/schrijer.php> (met toestemming)
- Figuur 4.18     Alen, S., Dirckx, F., Cursus osteopathie voor dieren, ICREO, 2007-2010, hoofdstuk Biomechanica 2.4
- Figuur 4.19     Alen, S., Dirckx, F., Cursus osteopathie voor dieren, ICREO, 2007-2010, hoofdstuk Biomechanica 2.4
- Figuur 4.20     Alen, S., Dirckx, F., Cursus osteopathie voor dieren, ICREO, 2007-2010, hoofdstuk Anatomie 1.4
- Bijlage 1        Van Cranenburgh, Schema's fysiologie, Elsevier, 1997, pag. 66
- Bijlage 2        Brouwer-Cohen, R., 2011, eigen schets
- Bijlage 3        Brouwer-Cohen, R., 2011, eigen schets
- Bijlage 4        Brouwer-Cohen, R., 2011, eigen schets



## Samenvatting

In deze thesis wordt primair de relatie van het diafragma met structuren in de thorax, hoofd- en halsregio van het paard onderzocht. Secundair is gezocht naar een factor welke mogelijk het meest verstoring is voor de werking het diafragma.

Het diafragma van het paard is een koepelvormige musculotendineuze plaat. Het bestaat uit het pars sternalis, pars costalis, pars lumbalis en het centrum tendineum. Het diafragma heeft drie openingen waar een aantal doorheen verlopen:

- De hiatus aorticus met de aorta, vena azygos en ductus thoracicus
- De hiatus oesophagus met de oesophagus en twee nervi vagi
- Het foramen vena cava waar alleen de vena cava caudalis door loopt

Het crus dexter en crus sinister van de pars lumbalis vormen de psoas arcaden. Onder deze arcade passeren de m. psoas major, m. psoas minor, de grensstreng en de nn. splanchnici.

Het diafragma wordt geïnnerveerd door de nn. phrenici en de intercostale zenuwen. De vascularisatie van het diafragma komt van de a. thoracica interna.

Autonome activiteiten worden in zogenaamde centra in de hersenen geregeld, hier worden de afferente en efferente impulsen gecoördineerd. Algemeen gezien vallen deze centra onder het formatio reticularis. Daar bevinden zich grote groepen respiratoir neuronen die een complex netwerk vormen van waaruit de impulsen voor de adembeweging worden afgegeven.

Het paard heeft een zogenaamde bifasische ademhaling (8-14x per minuut) waarbij in eerste instantie over een passieve inspiratie en expiratie wordt gesproken en in tweede instantie over een actieve inspiratie en expiratie.

Primair wordt het diafragma geassocieerd met de ademhaling. Behalve de grote functie in de ademhaling heeft het diafragma nog meer functies. Het lymfetransport is voor een deel afhankelijk van ritmische pulsaties uit de omgeving, het diafragma maakt deze beweging. Ook is het diafragma een aanhechtingsplaats voor een aantal fasciae (zoals de fascia endothoracica), heeft het ligamentaire verbindingen met aangrenzende viscera en vormt het de scheiding en tevens verbinding tussen de thoracale en abdominale holte. Via de fascia endothoracica en cervicale fasciae bestaat een verbinding met het pericard, thyroïd, hyoid en OAA-complex. Zelfs via de tong en het oor kan een relatie gelegd worden met het diafragma, hetzij via de fasciae.

Embryologisch ontwikkelen de tong, ventrale nek musculatuur en het musculaire deel van het diafragma zich uit de eerste vier kieuwbogen. Na verloop van tijd, als deze structuren hun vorm, functie en topografische ligging verkrijgen, raakt het diafragma als het ware los van de nek musculatuur. Aangenomen mag worden dat hier de fasciale relatie blijft bestaan.

Via het sternum kan mogelijk spanning op het diafragma doorgegeven worden aan het pericard. Beiden vinden hun aanhechting op het sternum. Sommige auteurs spreken ook van een ligamentum phrenico-pericardiaca welke een meer directe relatie zou zijn. De pleura parietalis is via de fascia endothoracica verbonden met het diafragma. Via fasciale spanning vanuit de cervicale fasciae kan het hyoid onder spanning komen. Deze tractie kan via het tympanohyoid negatieve invloed hebben op het os temporale en via de m. occipitohyoideus en m. rectus capitis lateralis op het OAA complex.

Ook de relatie tussen het diafragma en de meningen kan gezocht worden in de fasciale structuren. Wellicht is deze relatie niet overduidelijk maar vanuit de osteopathische gedachte

dat alle structuren met elkaar verbonden zijn, zou het toch mogelijk kunnen zijn.

Behalve dat de fasciae op hun weg van het diafragma naar het cranium het thyroïd omkleden is het niet duidelijk of fasciale spanning een disfunctie van het thyroïd kan veroorzaken. Aannemelijker lijkt het dat verstoring van de vascularisatie van het thyroïd een grotere factor speelt in disfunctie van het thyroïd. Dit is mogelijk een gevolg van disfunctie van het ganglion cervicale craniale welke zorg draagt voor de bezuivering van de arteriën welke het thyroïd vasculariseren.

Door de uitgebreide inserties heeft het diafragma een omvangrijke invloed op het lichaam en vice versa. Blokkades in de cervicale, thoracale en lumbale wervelkolom kunnen aanleiding zijn tot verminderd functioneren van het diafragma. Hypertonie van de psoasmusculatuur kan spanning geven op het diafragma. Spanning in deze regio kan verstoring van de ventrale spierketen geven. Ook via diafragmaspanning op het sternum kan de ventrale spierketen in het geding raken. Door de onlosmakelijke samenwerking tussen de dorsale en ventrale spierketen is het aannemelijk dat hypertonie of hypertrofie van de dorsale spierketen effect zal hebben op de ventrale spierketen.

Vele factoren hebben invloed op het diafragma. Een eenduidige conclusie over welke factor de meest versturende invloed heeft op het diafragma kan niet gemaakt worden. Spanning uit de omgeving van het diafragma lijkt de grootste invloed te hebben op het ademhalingspatroon en kan wellicht de gaswisseling belemmeren. Hierdoor zou sneller verzuring kunnen optreden.

Sommige in deze thesis gemaakte relaties zijn wellicht een brug te ver. Maar in de osteopathische gedachte dat alle structuren van het lichaam met elkaar in verbinding staan, zijn een aantal relaties toch opgenomen in deze thesis. Het uitzoeken van de relaties van het diafragma met structuren in de thorax, hoofd- en halsregio van het paard is zeer nuttig geweest voor de verdieping in de samenhang tussen structuren.

Als alle in deze thesis genoemde relaties nog eens op een rij gezet worden, wordt in ieder geval duidelijk dat het diafragma meer is dan slechts een ademhalingspomp.

## Summary

Primarily the purpose of this thesis is to explore the connection between the diaphragm and structures in the thoracic cavity, neck- and headregion of the horse. Looking for a most disturbing factor for diaphragm activity is a secondary purpose.

The diaphragm is a dome shaped musculotendinous plate. The diaphragm consists of a central tendon and a muscular part which can be subdivided into the pars sternalis, pars costalis and pars lumbalis. There are three openings in the diaphragm:

- The hiatus aorticus with the aorta, azygos vein and thoracic duct
- The hiatus oesophagus with the oesophagus and the two vagus nerves
- The caval foramen which forms the passage for the caudal vena cava

The crus sinister and crus dexter, formed by the lumbar part of the diaphragm, create an arcade. This is called the lumbocostal arch and here passes the m. psoas major, m. psoas minor, the sympathetic trunk and the splanchnic nerves.

The nn. phrenici and the intercostal nerves take care of the innervation of the diaphragm. Vascularisation comes from the a. thoracica interna.

Autonomic activity is regulated in so called brain centers. Here coordination of afferent and efferent impulses takes place. Overall these centers are referred to as the reticular formation. Here there are groups of respiratory neurones which form a complex network from where breathing impulses are given.

The horse has a so called two-phase breathing mechanism (8-14 x p/min.). The first phase is a passive inspiration and expiration, the second phase an active inspiration and expiration.

The diaphragm is primarily linked to breathing. Except its huge part in the breathing mechanism it has other functions. The transport of lymphatic fluids is partially dependent of rhythmic pulsation from the surrounding structures. The diaphragm initiates these movements. Also the fasciae find their attachments on the diaphragm (e.g. the endothoracic fascia). It has visceral connections through ligaments and separates and relates the thoracic and abdominal cavities to each other. Through the endothoracic and cervical fascia there is a connection with the pericard, thyroid gland, hyoid and OAA complex. Even the tongue and ear can be related to the diaphragm, also through the fascia.

In embryology the tongue, neckmuscles and muscular part of the diaphragm develop from the first four pharyngeal arches. In time, when these structures get their shape, function and topographical situation, the diaphragm as it were comes undone from the neckmuscles. It may be assumed that connection through fascia is formed here.

Through the sternum tension can be given to the pericard. Both find their attachment on the sternum. Some authors believe there is a more direct attachment between the diaphragm and pericard through the phrenicopericard ligament. The parietal pleura is connected with the diaphragm through the endothoracic fascia. As a result of tension in the cervical fascia, the hyoid can experience tension also. This traction can have a negative influence on the temporal bone and through the m. occipitohyoideus and m. rectus capitis lateralis have a negative influence on the OAA complex.

There can also be found a fascial connection between the diaphragm and the meninges. Perhaps this is far-fetched, but from the osteopathic view every structure is connected to each other it might be possible.

It is not clear if fascial tension can cause a disfunction a the thyroid gland. The cervical fascia wraps around the thyroid gland but it is more likely that poor vascularisation is a primary cause of the disfunctioning of the thyroid gland. Poor vascularisation is possible if the cervical cranial ganglion disfunctions and sends out disturbed messages through the nerves which innervates the arteries of the thyroid gland.

Because the diaphragm has so many attachments, it has a major influence on the body and vice versa. If a blockade is found in the cervical, thoracic or lumbar region it can be the cause of a less functioning diaphragm. If hypertonicity of the psoas muscles occurs also the diaphragm can find itself more tense. Tension in the region of the psoas muscles can cause a disturbance of the ventral chain. Because of the close co-operation between the dorsal and ventral chain it is assumed that hypertonicity or hypertrophy from the dorsal chain has its influence on the ventral chain.

Many factors have their influence on the diaphragm. It is not possible to appoint one factor which is most responsible for disfunctioning the diaphragm. Tension from the surrounding structures seems to be the major factor in influencing the breathing pattern. This might cause faster acidation of the body.

Some connections in this thesis may be a bridge too far. But in the osteopathic sphere all structures are connected to each other, a couple of connections, which can be discussed, are treated in this thesis.

If one overviews all the connections as mentioned in this thesis, it is clear that the diaphragm definitively is more than just a breathing muscle.