



International College for Research
on Equine Osteopathy

Segmentale symptomen van de huid en het onderhuids bindweefsel bij het paard

Een literatuurstudie met een vertaling naar de osteopatische praktijk

Thesis aangeboden door Annemarijn Laan

Voor het behalen van het Diploma Osteopathie bij dieren

Promotor: Hans Posthuma

April 2011

Segmentale symptomen van de huid en het onderhuids bindweefsel bij het paard

Een literatuurstudie met een vertaling naar de osteopatische praktijk.

Voorwoord

Voor u ligt anderhalf jaar denk-, schrijf- en onderzoekswerk, ik ben dolblij dat de klus geklaard is en trots op het resultaat!

Door het volgen van de opleiding van ICREO hoop ik van mijn passie mijn beroep te maken, en hierbij mijn talenten en interesses optimaal te benutten. Deze scriptie is daarvan het levende bewijs: het onderwerp 'segmentale symptomen' fascineert mij al sinds mijn studietijd, en ik vond het heerlijk om mij goed in dit onderwerp te kunnen gaan verdiepen.

Het ordenen van mijn gedachten om tot een afgebakend onderwerp te komen, en dit goed op papier te zetten was niet gemakkelijk voor mij. Tijdens de zwangerschap, en de eerste maanden na de geboorte, van mijn dochter kon je veel van me vragen, behalve om helder na te denken! Een mooi voorbeeld van hoe de natuur zijn zaakjes regelt: zo zorgt je lichaam voor focus op één onderwerp: je kind.

Die focus enigszins loslaten was geen sinecure en daarbij was de hulp van een aantal personen heel belangrijk voor mij.

Deze personen wil ik dan ook graag met name noemen om ze te bedanken!

Ten eerste: mijn dochter Sarah en mijn man Jasper. Zij stimuleerden mij door dik en dun om hard te werken om zo mijn droom te kunnen verwezenlijken; namelijk door middel van een nieuwe carrière maximale vreugde en energie uit mijn leven te halen!

Ten tweede: de opa's en oma's, en dan vooral mijn moeder, zonder wiens vele oppashulp het onmogelijk zou zijn geweest om met een baby in huis te studeren en aan mijn thesis te werken.

Vervolgens wil ik mijn promotor Hans Posthuma, human osteopaat, bedanken. Zijn begeleiding was zowel kritisch als positief, en ik ben hem heel dankbaar voor al zijn geïnvesteerde tijd, bemoedigende woorden, feedback en deadlines!

Frank en Stefan dank ik zeer omdat hun visie op 'osteopatisch denken' mij enorm heeft geïnspireerd en mijn werkende leven verrijkt.

Mijn broer Silvan wil ik bedanken voor zijn hulp met de lay-out en het inscannen van afbeeldingen.

Tenslotte bedank ik mijn klasgenoten/collega's Chantal, Wieteke en Ruth voor hun morele steun, luisterend oor, kritisch doorlezen van mijn tekst en het aangename gezelschap en vriendschap tijdens en buiten de opleiding!

Amsterdam, april 2011

Annemarijn Laan

Inhoudsopgave

Inleiding	1
Hoofdstuk 1 Anatomie van de huid en het onderhuids bindweefsel	3
1.1 Bindweefsel	3
1.1.1 Embryologie	3
1.1.2 Collageen	5
1.1.3 Matrix en grondsubstantie	7
1.1.4 Water	8
1.2 Opbouw van de huid en diepere huidlagen	8
1.2.1 Epidermis	9
1.2.2 Dermis	11
1.2.2.1 Gespecialiseerde epidermale structuren in de dermis	12
1.2.3 Hypodermis	13
Hoofdstuk 2. Fysiologie	14
2.1 Doorbloeding huid en onderhuids bindweefsel	14
2.2 Het lymfsysteem in dermis en hypodermis	17
2.3 Functies van dermis en hypodermis	18
2.4 Contractiliteit fasciae	20
Hoofdstuk 3 Neurologie	23
3.1 Somatische innervatie van de huid	23
3.1.1 Sensibiliteit	23
3.1.1.1 Tastzin	25
3.1.1.2 Temperatuurszin	27
3.1.1.3 Pijn	28
3.2 Prikkelgeleiding	31
3.2.1 Routes voor prikkelgeleiding	32
3.2.1.1 De weg van de prikkel op segmentaal niveau	33
3.2.1.2 De weg van de prikkel op longitudinaal niveau	34
3.3 Segmentatie	35
3.3.1 Embryologie	35
3.3.2 Segmentale opbouw	38
3.3.3 Segmentale autonome innervatie	41

3.4	De wisselwerking tussen somatisch en autonoom zenuwstelsel.....	42
3.4.1	Somatisch zenuwstelsel	42
3.4.2	Autonoom zenuwstelsel.....	43
3.4.2.1	Parasympatisch zenuwstelsel	44
3.4.2.2	Sympatisch zenuwstelsel	44
3.4.2.3	Efferentie autonoom zenuwstelsel.....	47
3.4.2.4	Afferente routes vanuit viscera	48
3.4.2.5	Projectie van autonome segmentale symptomen.....	49
3.5	Unisegmentale reflexen.....	50
	Hoofdstuk 4 Segmentale diagnostiek.....	52
4.1	Het ontstaan van segmentale symptomen	52
4.2	Segmentale symptomen.....	54
4.2.1	Viscerale pijn	54
4.2.2	Hypertonie	56
4.2.3	Sympatische symptomen	56
4.3	Lokalisatie sympatische symptomen	60
4.3.1	De Seitenregel.....	60
4.3.2	De Segmentregel	61
	Hoofdstuk 5 Segmentaal onderzoek.....	62
5.1	Inspectie	63
5.1.2	Aandachtspunten inspectie	63
5.2	Huidtesten	64
5.2.1	Drie minuten-test.....	64
5.2.2	Aanvullende tests	65
5.3	Aandachtspunten bij het onderzoek	67
5.4	Richtlijn segmenten en hun innervatiegebieden.....	69
	Conclusie	72
	Samenvatting.....	74
	Abstract.....	76
	Bibliografie	77
	Lijst met afbeeldingen	79

Inleiding

Segmentale symptomen, een spannend onderwerp. Al sinds mijn opleiding fysiotherapie, midden jaren '90, heeft dit onderwerp een enorme aantrekkingskracht op mij gehad. Het idee dat er binnen het lichaam sprake is van verregaande onderlinge relaties, die zich kunnen manifesteren aan de oppervlakte, werd wel belicht tijdens de opleiding fysiotherapie, maar de vertaalslag naar de praktijk leek niet te kunnen worden gemaakt. Dan verzandden we weer in het gepriegel op de vierkante centimeter, met de focus op lokale stoornissen.

Het blééf aan mij knagen dat het nooit lukte om klachten in een breder perspectief te behandelen, terwijl ik wist dat er méér moest zijn. Het ontbrak mij simpelweg aan kennis en 'gereedschap'. Gereedschap dat ik eindelijk vond, reeds tijdens de eerste modules van de opleiding van ICREO. Segmentaal denken is immers osteopathie ten voeten uit. Mijn drijfveer om deze thesis te schrijven zit dan ook diep: ik wil graag eens precies weten hoe het allemaal zit en ermee aan de slag gaan!

“Mijn paard zit niet lekker in z'n vel”: een opmerking die een osteopaat voor paarden vaak te horen krijgt van de eigenaren die de hulp van een osteopaat inroepen. En deze uitdrukking impliceert veel. Want inderdaad is er veel aan het exterieur van een paard af te lezen; het is een weerspiegeling van processen die binnenin het lichaam plaatsvinden, positief én negatief.

In deze thesis wordt dieper ingaan op de theorie achter segmentale symptomen van de huid en het onderhuids bindweefsel. In deze context heb ik voor de termen 'huid en onderhuids bindweefsel' gekozen en niet voor de algemene term 'fasciae', zoals binnen de osteopathie de gangbare benaming voor bindweefsel is. Dit heb ik bewust gedaan omdat het op deze manier makkelijker is om te beschrijven welke specifieke bindweefselstructuren en huidlagen bedoeld worden. De bestudeerde literatuur bleek niet eenduidig het gebruik van deze verschillende termen.

Om het principe van segmentale symptomen, en de uitwerking hiervan op de huid en het onderhuids bindweefsel, te kunnen begrijpen en toe te kunnen passen, is het belangrijk om goed inzicht te hebben in de anatomie en fysiologie van de huid en het onderhuids bindweefsel. Dit wordt in de eerste twee hoofdstukken beschreven,

waarbij ik wil opmerken dat ik bij het schrijven van deze thesis ben uitgegaan van enige osteopatische basiskennis bij de lezer.

In hoofdstuk drie worden de neurologische achtergronden van de somatische en autonome innervatie van de huid en het onderhuids bindweefsel beschreven om vervolgens in hoofdstuk vier de stap te kunnen zetten naar de wisselwerking tussen het somatisch en autonoom zenuwstelsel, wat zich vertaalt in segmentale relaties binnen het gehele lichaam en eventueel in segmentale symptomen. In hoofdstuk vijf worden mogelijke testen besproken die te gebruiken zijn in het osteopatisch onderzoek en tevens heb ik een globale richtlijn samengesteld voor segmenten en hun relaties.

Tijdens het literatuuronderzoek voor deze thesis bleek dat er niet veel recente onderzoeken beschikbaar zijn over segmentale relaties en -symptomen. De gevonden literatuur hieromtrent was ook vrijwel allemaal humaan, echter ik heb zo goed mogelijk getracht de algemene principes te vertalen naar het paard, hierbij rekening houdend met de specifieke verschillen tussen mens en paard.

De hoofdvraag tijdens het schrijven van deze thesis was: **Hoe kun je segmentale symptomen van de huid en het onderhuids bindweefsel optimaal benutten in het osteopatisch onderzoek?**

Met het schrijven van deze thesis heb ik geprobeerd een overzichtelijke leidraad en naslagwerk voor collega-osteopaten op te stellen waarin de complexe en moeilijk af te bakenen materie van segmentale relaties en -symptomen gebundeld is.

De inhoud van deze thesis is gericht op het verkrijgen van beter inzicht in segmentale symptomen, en deze kennis praktisch toe te kunnen passen in het osteopatisch onderzoek. Juist omdat het zulke complexe materie betreft heb ik getracht een aantal parameters te benoemen om mee aan de slag te kunnen in de osteopatische praktijk. Er worden verder geen behandelmogelijkheden beschreven.

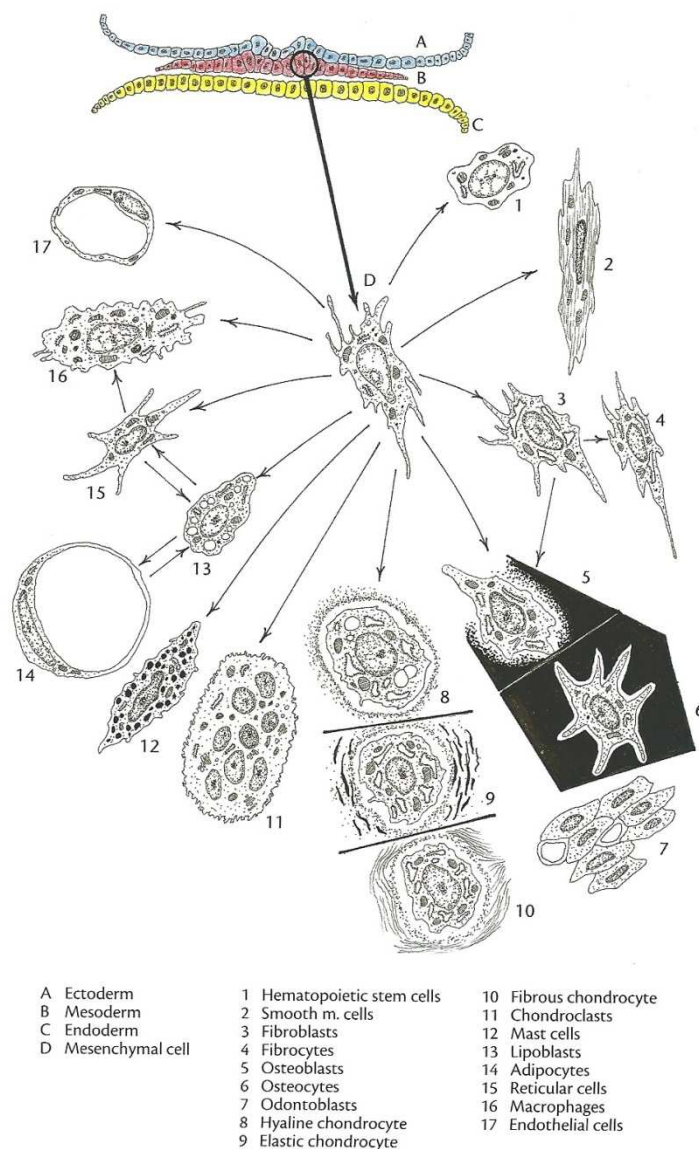
Tot mijn spijt heb ik mij bij het schrijven van deze thesis moeten beperken tot een literatuurstudie omdat mijn onderzoeksgroep van behandelde paarden wegens tijdgebrek simpelweg te klein was om te kunnen spreken van een gedocumenteerde praktijkstudie. Persoonlijk zie ik deze thesis dan ook als een pilotstudy voor een praktijkonderzoek in de toekomst.

Hoofdstuk 1 Anatomie van de huid en het onderhuids bindweefsel

1.1 Bindweefsel

1.1.1 Embryologie

De definitie van bindweefsel is: een hoeveelheid in gel gerangschikte vezels en de cellen die voor de productie hiervan zorg dragen. (1)



Figuur 1: Oorsprong van bindweefsel (The Fasciae, S. Paoletti, Eastland Press, 2006)

Het grondplan is voor alle typen bindweefsel gelijk, het is embryonaal uit dezelfde cellen ontstaan. Vanuit ongedifferentieerde mesenchymale cellen in het mesoderm of het middelste kiemblad, ontspringen het skelet, het spierstelsel, bindweefsel en huid, bloedvaten en lymfatisch weefsel. Deze zijn multipotent. (2)

Embryonaal mesoderm is zeer los georganiseerd, het is in dit vroege stadium nog niet zinvol om er veel structuur in aan te brengen. (Zie figuur 1). In hoofdstuk 3.3.1. wordt er meer uitgelegd over de opbouw in de embryologische fase.

Het intercellulaire water is vol proteoglycanen en dit vormt samen een gel: de grondsubstantie. Deze gel stabiliseert de cellen, maar geeft ook vrijheid. Wanneer de foetus verder gaat groeien, stijgt de vraag naar stabiliserende componenten tussen bijvoorbeeld organen en botstukken.

De natuur kan alleen dán goed functionerend weefsel maken indien er al in een vroeg stadium de juiste functie van wordt gevraagd. Deze natuurwet blijft van kracht voor de totale levensduur van elk organisme. Bij belasting van het weefsel worden nieuwe en sterkere vezels aangelegd in de juiste vezelrichting.

De aanmaak van bindweefsel vindt plaats onder leiding van fibroblasten. Deze fibroblasten produceren de voorstadia van collageen en elastine, en zorgen voor de productie van proteoglycanen, het hoofdbestanddeel van de grondsubstantie (ook wel genoemd amorfe matrix of interstitiële gel).

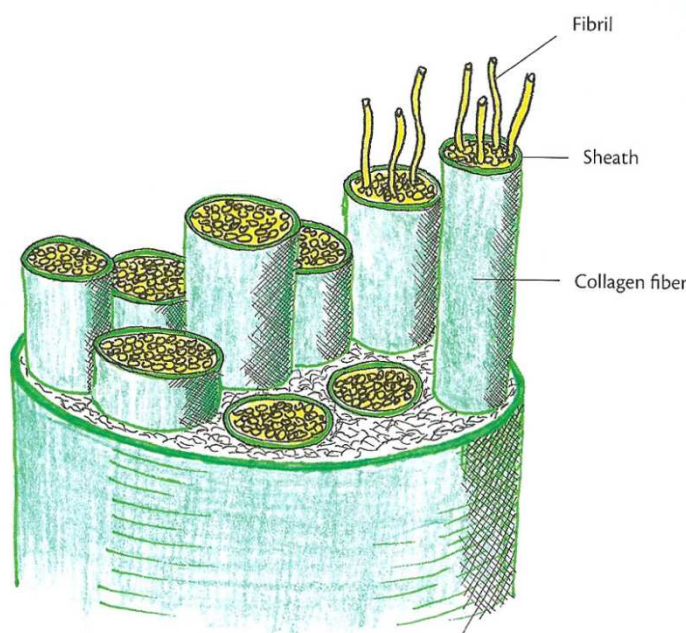
Bij weefselbeschadigingen worden de fibroblasten mobiel, zij 'kruipen' over collageen vezels naar het beschadigde gebied om daar nieuw bindweefsel te produceren. Op de fibroblastmembraan zitten speciale receptoren voor fibronectine, waar de fibroblasten zich aan binden, zo schuiven zij steeds een stukje op over de collageen vezel. Dit voortbewegen is mogelijk doordat de fibroblast actine- en myosinemoleculen bezit, net zoals in skelet- en glad spierweefsel.

Tevens is onderzocht dat in subcutaan bindweefsel myofibroblasten aanwezig zijn. Deze hebben contractiele eigenschappen, (3) In hoofdstuk 2.4 wordt hier meer over uitgelegd.

1.1.2 Collageen

Collageen is het meest voorkomende eiwit in het lichaam. In huid en pezen vormt collageen zeventig procent van het droge gewicht. In het gehele lichaam vormt collageen dertig procent van de aanwezige eiwitten. In de evolutie is de opbouw van collageen zó succesvol gebleken dat bij de meest uiteenlopende diersoorten de opbouw van het eiwit vrijwel gelijk is.

Een op zich staande collageenvezel is niet zo sterk, daarom zijn zij altijd gebundeld in collageene fibrillen, en deze verenigen zich weer in collageene bundels.



Figuur 2: Schematische doorsnede van een collageene bundel, met daarin collageene vezels, opgebouwd uit fibrillen (The Fasciae, S. Paoletti, Eastland Press, 2006)

In losmazig bindweefsel, zoals het onderhuids bindweefsel, hebben deze bundels een diameter van 1-10 micrometer.

De bundels lopen in allerlei richtingen en hebben een golvend verloop. Op deze manier kan het weefsel zich zo goed mogelijk aanpassen aan rek in allerlei richtingen. (Zie figuur 3). Bij rek gaan de bundels parallel lopen, bij maximale rek (collageen is maar enkele procenten rekbaar) zullen er scheurtjes optreden in de collageene vezels en moeten andere weefsels, zoals bloedvaten, deze rek opvangen. Deze structuren zijn hier niet op berekend en zo ontstaan er kleine bloedingen en hematomen.



Figuur 3: Elektronenmicroscopische opname van collagene vezels, waarbij goed is te zien dat deze uit vele fibrillen zijn opgebouwd (Dynamiek van het menselijk bindweefsel, JJ de Morree, Bohn Stafleu Van Loghum, 1993)

Weefsel waarop veel rek-belasting staat, zoals bot, pees, huid, ligamenten, fasciae en bloedvaten, bestaat voornamelijk uit collageen type I. Weefsel waarop veel compressie staat, zoals kraakbeen, bestaat voornamelijk uit collageen type II.

Type III collageen is te vinden in huid, synoviale membranen en bloedvaten, type IV collageen is te vinden in basale membranen.

Indien collageen eenmaal functioneel is neergelegd in weefsel heeft het een lange levensduur. De turnover voor collageen in bijvoorbeeld gewrichtskapsels is 300-500 dagen. Voor collageen in kraakbeen is dit vele jaren. Vitamine C speelt een grote rol bij de synthese van collageen.

Op latere leeftijd, als het lichaam is gevormd en niet meer aan zoveel veranderingen onderhevig is, wordt er minder collageen gevormd. De aanmaak van proteoglycanen blijft echter continu doorgaan. Na trauma is collageen echter wel afbreekbaar, wat belangrijk is bij wondherstel. Weefselmacrofagen bezitten hiervoor het enzym collagenase.

Collageen is zoals eerder genoemd maar enkele procenten rekbaar, het eiwit elastine is echter honderdvijftig procent rekbaar. Elastine kleurt het weefsel geel en is niet in ieder weefsel aanwezig. Elastine heeft op latere leeftijd het risico op neerslag van calciumfosfaat. Deze verkalking doet de elasticiteit van het weefsel afnemen. (1)

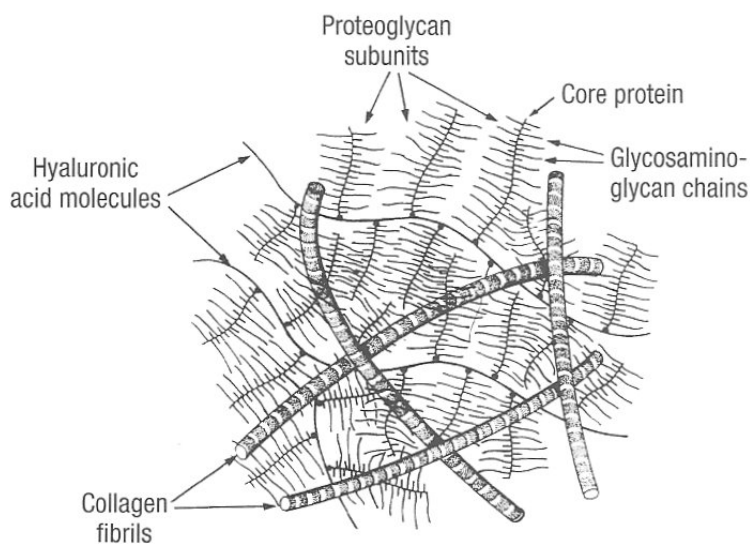
1.1.3 Matrix en grondsubstantie

De extracellulaire matrix bevat:

- Grondsubstantie
- Collagene vezels
- Weefselvloeistof

De samenstelling hiervan varieert tussen verschillende types bindweefsel.

Grondsubstantie heeft een hoge viscositeit en vormt daardoor een barrière voor micro-organismen. (2)



Figuur 4: Opbouw grondsubstantie met onder andere collagene vezels en proteoglycanen (Concise Histology, D.W Fawcett & R.P. Jensch, Arnold 2002)

Proteoglycanen in de grondsubstantie hebben voornamelijk door hun negatieve elektrische lading een invloed op de structuur van de grondsubstantie, dit zorgt voor binding van zowel water als binding van collagene vezels. (Zie figuur 4).

Belasting heeft invloed op de rangschikking van collageen in de grondsubstantie, omgekeerd heeft immobilisatie dit effect ook. Onderzoek heeft aangetoond dat langdurige immobilisatie het onbelaste bindweefsel zwakker en fysisch slapper maakt. Het vervormt en breekt sneller.

Het grootste effect bij immobilisatie is dat er aanzienlijk minder proteoglycanen aanwezig zijn in de grondsubstantie en als gevolg daarvan wordt collageen niet

voldoende gestabiliseerd en gestuurd. Tevens is er minder water aanwezig in het bindweefsel.

Ook in vitro experimenten toonden aan dat voornamelijk de samenstelling en concentratie van proteoglycanen zorg dragen voor het tempo en de wijze van rangschikken van collageen.

De fibroblast heeft in bindweefsel de mogelijkheid om, via een aangepaste productie van verschillende proteoglycanen, het rangschikken van collageen te regelen al naar gelang de eisen die aan het weefsel worden gesteld. (1)

1.1.4 Water

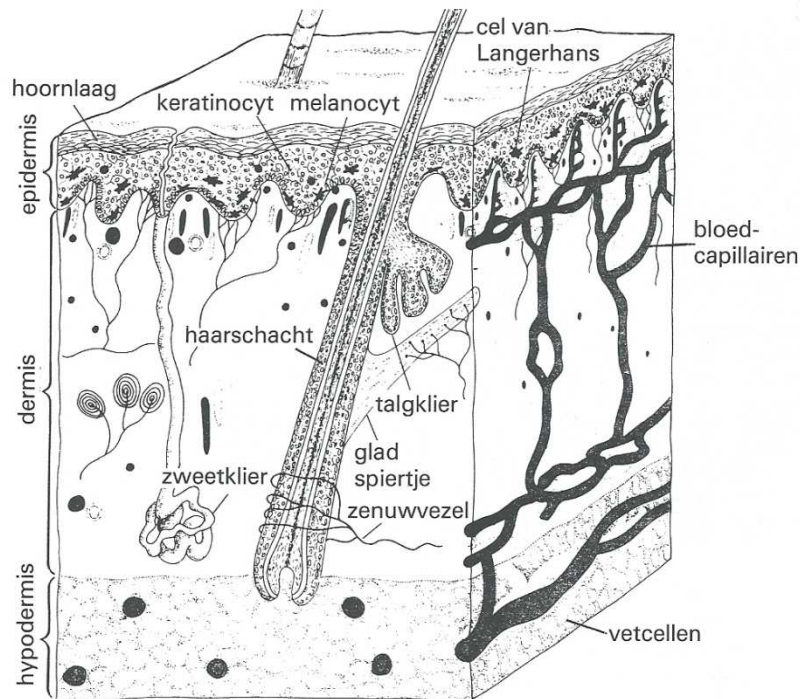
Water is een belangrijke extracellulaire component van bindweefsel.

Proteoglycanen hebben een grote waterbindende capaciteit en vormen samen een gel, waardoor water zich niet, onder invloed van druk of zwaartekracht, vrijelijk door het weefsel gaat verplaatsen. Het watergehalte van bindweefsel wordt naast hormonale sturing bepaald door de concentratie matrixmoleculen zoals proteoglycanen, en ook door de werking van het bloed- en lymfestelsel. (1)

1.2 Opbouw van de huid en diepere huidlagen

Er worden anatomisch drie lagen onderscheiden in de huid.

1. Epidermis (opperhuid)
2. Dermis (lederhuid)
3. Hypodermis (onderhuids bindweefsel)



Figuur 5 Opbouw van de huid (Dynamiek van het menselijk bindweefsel, JJ de Morree, Bohn Stafleu Van Loghum 1993)

1.2.1 Epidermis

De epidermis is strikt genomen geen bindweefsel want het heeft een andere embryologische oorsprong, namelijk het ectoderm.

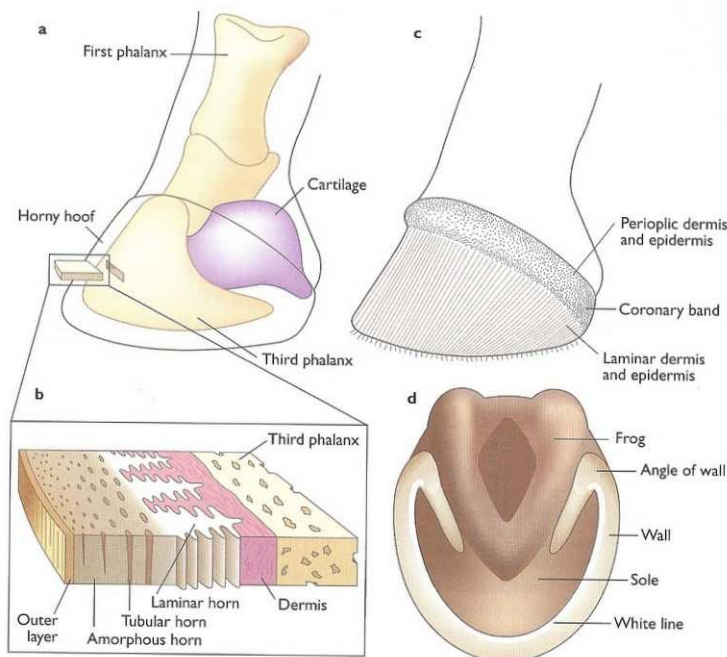
Het bestaat uit verhoornd meerlagig plaveiselepitheel, dit bevat de volgende populatie van cellen:

- Keratinocyten, deze eiwitten vormen het grootste deel van de opbouw van de huid en beperken de permeabiliteit van de huid voor water.
- Melanocyten, deze produceren het pigment melanine wat zorgt voor bescherming van het cel-DNA tegen UV-straling.
- Cellen van Langerhans, deze zijn belangrijk voor het immuunsysteem van de huid. (2)

Hoeven en zwilwratten zijn verhoornde delen van keratine vanuit de dermis. Dit is nodig op plaatsen waar extra veel slijtage of belasting van de dermis plaatsvindt. Recent gevormde hoorn wordt richting de zool geduwd terwijl er steeds nieuw hoorn wordt gevormd. (Zie figuur 6).

De hoefwand bestaat uit drie lagen hoorn:

1. De buitenste dunne en gladde laag hoorn. Deze voorkomt verdamping van vocht en dus uitdroging van de hoef.
2. Een dikke tussenlaag van amorf hoorn en tubulair hoorn ter versteviging
3. Een lamellaire laag. In deze laag vinden we afwisselende lamellen van hoorn ('dood' weefsel), lamellen van epidermis ('levend' weefsel). Dit deel verankert de hoornige hoefschoen aan de derde phalanx.



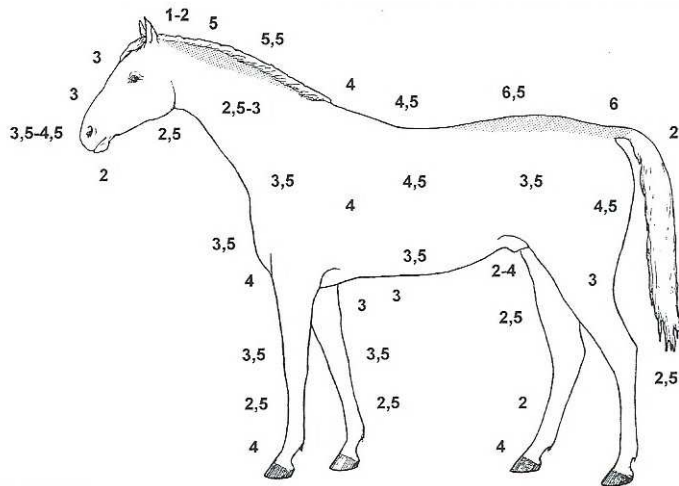
Figuur 6: Opbouw van de hoef vanuit de dermis (Physiology of Domestic Animals, Sjaastad, Hove & Sand, Scandinavian Veterinary Press 2003)

De vorm van de epidermis en dus ook van de hoef, wordt bepaald door de onderliggende dermis.

De epidermis is relatief zacht en sterk wanneer er voldoende water in aanwezig is, en wordt bros en zwak bij dehydratie, dus bij een verslechterde trofiek. (4)

1.2.2 Dermis

De dermis bestaat uit dicht collageen bindweefsel en elastine en is daardoor zeer trekvast maar tevens elastisch. De dermis van een paard bevat relatief veel collageen ten opzichte van de humane dermis en is dikker dan bij een mens. (5) (Zie figuur 7).



Figuur 7: Dikte van de huid van het paard in millimeters (Manuelle Lymphdrainage beim Pferd, D. Berens von Rautenfeld, Schlutersche, 2005)

De dermis kan worden verdeeld in het stratum papillare en het dieper gelegen, dikkere stratum reticulare.

Het stratum papillare is de verbinding tussen dermis en epidermis. Dit is voornamelijk voorzien van type III collageen en rijk gevasculariseerd. Het stratum papillare is zeer reactief doordat het naast fibroblasten ook veel macrofagen, mestcellen, leukocyten en lymfocyten bevat. Hierdoor speelt dit stratum een belangrijke immuniserende rol bij ontstekingsprocessen en overgevoeligheidsreacties.

Het stratum reticulare is een veel dikkere laag van bindweefsel met een grote hoeveelheid vezelmateriaal dat voor vijftig procent uit type I collageen bestaat. (2) (6)

Dit vormt samen een complex van collageene vezelbundels, gerangschikt in de richting waarop de meeste trekkracht wordt uitgeoefend op de huid. Elastine vormt hierbinnen weer zijn eigen netwerk.

Weefsel afgeleid vanuit de epidermis strekt zich uit tot in het stratum reticulare van de dermis en vormt daar gespecialiseerde structuren, zoals haarvormende cellen en kliercellen.

Deze haarvormende- en kliercellen zijn allen van ectodermale oorsprong, maar liggen diep in de dermis verankerd. (1)

1.2.2.1 Gespecialiseerde epidermale structuren in de dermis

Haar

Haar is opgebouwd uit keratine. De haarfollikel is verbonden met een klein glad spiertje, de m. arrector pili (ook wel genoemd m. erector pili). Dit spiertje is sympatisch geïnnerveerd.

Contractie van dit spiertje duwt de haar rechtop, hierdoor wordt de vacht relatief dikker. Dit heeft een isolerende werking ten behoeve van de homeostase van de inwendige temperatuur.

Bij veel diersoorten heeft dit nog een verdere communicatieve functie, denk bijvoorbeeld aan een agressieve hond wiens nekharen overeind staan. Bij het paard speelt dit in mindere mate een rol. (4)

Talg

Talgklieren, of glandulae sabaceae, staan onder hormonale controle en niet onder controle van het centraal zenuwstelsel (CZS). Met de productie van talg zorgen zij voor bescherming van huid en haar, tevens heeft talg een licht antibacteriële werking. (2)

Zweet

Zweetklieren zijn sterk gewonden, tubulaire kliertjes, omgeven door glad, sympatisch geïnnerveerd spierweefsel.

Bij het paard wordt de zweetsecretie geregeld door zowel cholinerge postganglionaire sympatische vezels, als door circulerende epinephrine en norepinephrine, uitgescheiden door het bijniemerg (tijdens inspanning).

De lichaamstemperatuur wordt onder andere gereguleerd door de uitscheiding van zweet. Dit verdampt op de huid door de warmte van de huid en dit proces koelt de huid. (4)

1.2.3 Hypodermis

De hypodermis, ook wel genoemd **subcutis**, bestaat uit losmazig bindweefsel en het onderhuids vetweefsel. De hypodermis vormt de verbinding tussen de dermis en de onderliggende fascia superficialis (1)

Collagene vezels vormen een netwerk rond groepjes vetcellen, dit worden cutane ligamenten genoemd. (7) De losmazige opzet laat een relatief grote mate van verschuifbaarheid toe.

De vetcellen of adipocyten fungeren als een reservedepot van langzaam mobiliseerbare energie, en vormen een isolatielaag doordat de geleiding van warmte door vet zeer traag verloopt ten opzichte van de geleiding door water. De status van deze vetreserves staat voornamelijk onder hormonale controle. (7)

Het paard heeft relatief weinig vetcellen in de hypodermis en deze zijn dicht tegen de dermis aangelegd. Hierdoor is de hypodermale laag bij het paard vrij dun. (5)

Diep in de hypodermis liggen de huidspieren, mm. cutaneï, van het paard. Deze dwarsgestreepte spieren zijn door hun aanhechting op de fascia superficialis nauw verbonden met de huid. Deze spiertjes bewegen de huid lokaal, dit heeft als functie om insecten van de huid te verjagen en, bij het paard in mindere mate, de mimiek. (8)

Doordat het hypodermaal vetweefsel minimaal aanwezig is bij het paard liggen myofasciale structuren relatief zeer oppervlakkig.

Hoofdstuk 2 Fysiologie

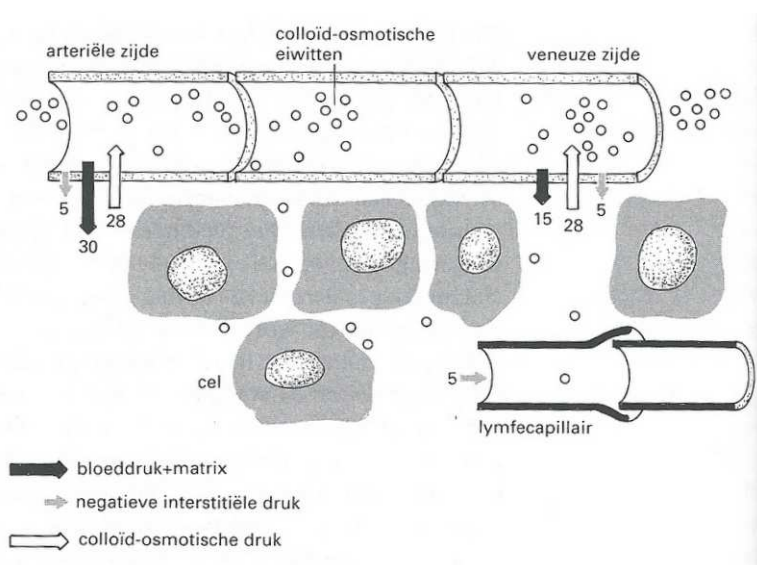
2.1 Doorbloeding huid en onderhuids bindweefsel

Losmazig bindweefsel is de weg waarlangs bloedvaten passeren om andere weefsels te bereiken. In de grondsubstantie vindt diffusie plaats van zuurstof en voedingsstoffen en het water in de grondsubstantie wordt continu ververs.

De bloeddruk transporteert bloed door het capillair bed en door diffusie en filtratie treedt water door openingen in de vaatwand het interstitium binnen.

De matrixmoleculen in het interstitium trekken door osmose water aan. Ongeveer tien procent van het interstitiële vocht en dan in het bijzonder de eiwitten worden vervolgens door het lymfesysteem afgevoerd. Het lymfesysteem veroorzaakt een negatieve interstitiële druk en werkt daardoor in de richting van de veneuze bloeddruk. (zie figuur 8).

In de bloedbaan bevinden zich plasma-eiwitten welke zorgen voor de colloïd-osmotische druk, dit trekt water aan dat op deze manier voor negentig procent uit het weefsel wordt afgevoerd. In gezond weefsel is er een evenwicht tussen de filtratie door bloeddruk en de afvoer van water door middel van de colloïd-osmotische druk en het lymfestelsel. Is deze balans verstoord dan ontstaat oedeem. (1) (Zie figuur 8)



Figuur 8: Vochttransport door de capillaire wand (Dynamiek van het menselijk bindweefsel, JJ de Morree, Bohn Stafleu Van Loghum 1993)

De huid ontvangt zijn bloedvoorziening vanuit de hypodermis. Op dit niveau wordt de fascia superficialis op bepaalde plaatsen geperforeerd door een triade van een zenuw, een arterie en een vene. (Zie figuur 9) (3)



Figuur 9: Triade van zenuw, arterie en vene.
(www.somatics.de)

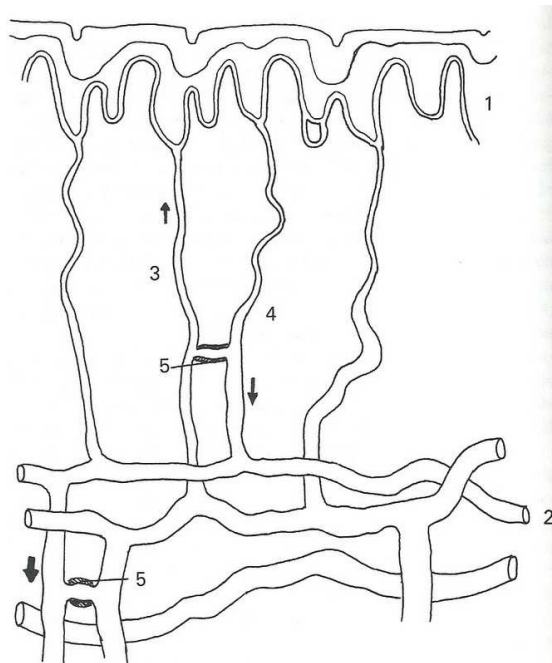
De dermis is rijk gevasculariseerd. Tussen de dermis en hypodermis verzamelen deze bloedvaatjes zich in een plexus, het rete cutaneum.

Vanuit het rete cutaneum dalen takjes af naar het vetweefsel in de hypodermis en vormen opstijgende takjes een nieuwe plexus in de dermis, het rete subpapillare. De takjes hiervan vormen een capillair netwerk rond de papillaire laag in de dermis, rond zweet- en talgklieren en rond de haarfollikel. Deze capillairen draineren in het veneuze deel van het rete subpapillare en vervolgens in het veneuze deel van de rete cutaneum.

Er zijn talrijke arterio-veneuze anastomosen (AVA's), deze zijn van groot fysiologisch belang voor de warmteregulatie van het lichaam doordat zij de bloedstroom naar de huid controleren, en op die manier de mate van warmteverlies aan de omgeving regelen. (Zie figuur 10)

Een AVA wordt gevormd door een precapillaire sfincter, welke de doorbloeding naar de oppervlakkige huid reguleert. Deze sfincter wordt autonoom bezenuwd. (9)

De huid is als gevolg van het uitgebreide capillaire bed zeer goed doorbloed. Voor de voedingsfunctie voor de huid geeft dit een enorme overcapaciteit. Het heeft dan ook voornamelijk de functie van warmteregulatie.



Figuur 10: Schematische weergave van vascularisatie van de dermis. 1 is het rete subpapillare, 2 is het rete cutaneum, 3 is een arterie, 4 is een vene en 5 is een AVA (Dynamiek van het menselijk bindweefsel, JJ de Morree, Bohn Stafleu Van Loghum 1993)

Via het uitgebreide capillaire bed vindt afgifte van lichaamswarmte plaats aan de omgeving, indien het lichaam meer warmte produceert dan voor de kerntemperatuur noodzakelijk is. Wanneer dit niet noodzakelijk, of zelfs onwenselijk is, kan via de AVA's het bloed direct worden afgevoerd zonder het capillaire bed te passeren. Zo vindt er geen onnodig warmteverlies aan de omgeving plaats. (1)

Een voorbeeld van problemen met AVA's is laminitis (hoefbevangenheid). Laminitis kan ontstaan als gevolg van een systeemandoening, bijvoorbeeld bij een voedingsdysbalans, een teveel aan afvalstoffen of vergiftiging, na ziekte, infectie, overbelasting of door hormonale storingen. Maar ook bij een blokkade in de wervelkolom of teveel aan stress kan laminitis optreden.

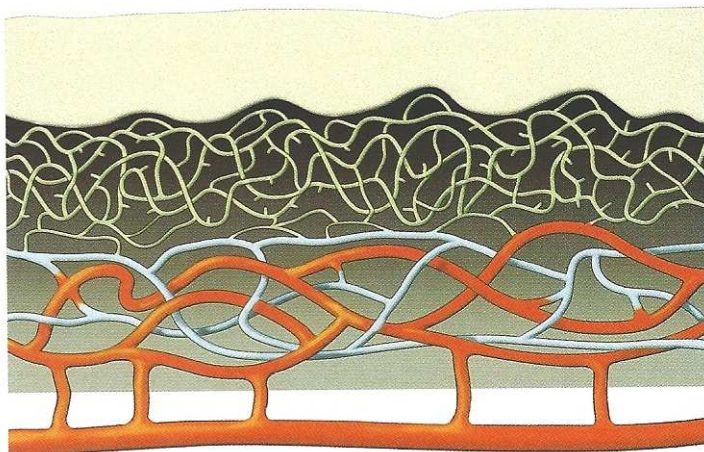
In alle gevallen ontregelt uiteindelijk de sympaticus en treden hierdoor problemen op in de AVA's, welke teveel aanspannen en daardoor te weinig bloed doorlaten naar de capillairen. De doorbloeding van de hoof is zodanig kwetsbaar dat er sneller sprake is van een ernstige ontregeling dan op andere lokalities in het lichaam.

Afsluiting van de AVA's leidt uiteindelijk tot a-vasculaire necrose waardoor de delicate verbinding tussen de laminae in de hoefschoen en het hoefbeen verdwijnt. Als gevolg van de grote tractie die de buigpezen uitoefenen op het hoefbeen kantelt deze, en dan deze op termijn door de hoefwand zakken of dit kan zelfs tot ontschoening leiden. (10) (Zie figuur 6 voor de laminaire opbouw van de hoef)

2.2 Het lymfsysteem in dermis en hypodermis

Het lymfsysteem speelt een zeer belangrijke rol in de immuniteit van het lichaam, en het lymfsysteem is vooral uitgebreid gelegen in delen van het lichaam waar de binnenwereld en de buitenwereld elkaar ontmoeten en er dus veel afweer noodzakelijk is. Denk hierbij aan het darmsysteem, maar vooral ook de huid.

Blind ontspringende lymfcapillairen komen samen in een lymfatische plexus onder de overgang tussen dermis en epidermis.



Figuur 11: Schematische afbeelding van blind ontspringende lymfcapillairen (groen), plexus van pre-collectoren (blauw) en diepere collectoren (rood) (Manuelle Lymphdrainage beim Pferd, D. Berens von Rautenfeld, Schlutersche 2005)

Vanuit deze oppervlakkige plexus dalen takken af naar een diepere lymfatische plexus, gelinkt aan het veneuze rete cutaneum. Vanuit hier volgen grotere lymfvaten met kleppen het verloop van de venen door de subcutis. (Zie figuur 11)

Het bestaan van deze kleppen is van vitaal belang voor de lymfflow aangezien er in dit systeem geen vergelijkbare grote pomp bestaat zoals het hart die functie vervult voor de bloedvoorziening. Grote lymfvaten bezitten enige mate van glad spierweefsel in de wand, hierdoor staat de lymfflow onder autonome controle. (9)

Lymfvaten hebben een aanzienlijk dunnere wand dan bloedvaten van hetzelfde formaat. Bij paarden is de hypodermis zodanig dun dat de lymfatische plexus zeer dicht tegen de dermis aan ligt, in tegenstelling tot humaan waarbij deze collectoren wijd verbreid door de hele hypodermis verspreid lopen. Dat kan consequenties hebben wanneer er schade optreedt aan huid, er zal dan gelijk relatief veel schade ontstaan aan het lymfsysteem. (5)

2.3 Functies van dermis en hypodermis

Barrière

De meest vitale functie van de huid is de beschermende functie. De epidermis vormt een grenslaag door zijn speciale structuur die voorkomt dat lichaamsvocht wegstroomt of verdampt.

De huid vormt een barrière tegen:

- Slijtage (middels versterkte aanmaak van keratine)
- Mechanische invloeden op organen, middels de verschuifbaarheid van de huid.
- Chemische invloeden, middels het beschermende epitheel.
- Schadelijke bacteriën en virussen, door middel van het lymfatische immuunsysteem direct onderhuids.
- UV-straling, door middel van pigmentcellen.
- Ongewenste temperatuursinvloeden, door middel van vetcellen, zweet, haar en een reguleerbaar vaatbed. (1)

Steun

De steunfunctie van bindweefsel wordt hoofdzakelijk uitgeoefend door de collagene vezels, terwijl het systeem van grondsubstantie en vezels ook een barrière opwerpt tegen de verspreiding van micro-organismen en een schokdempende functie heeft.

Immunititeit

Wanneer het epitheel wordt doorbroken en het onderhuids bindweefsel wordt blootgesteld aan invloeden van buitenaf, worden belangrijke afweermechanismen in

werking gezet die worden samengevat in het begrip: 'ontstekingsreactie'. De klassieke tekenen van een ontstekingsreactie zijn rubor (roodheid), tumor (zwellings), calor (warmte) en dolor (pijn).

Het lymfsysteem speelt bij het handhaven van immuniteit een vitale rol.

Herstel

Tijdens een ontstekingsreactie worden processen in het lichaam in werking gezet die tot proliferatie van bindweefselcellen en later tot afzetting van intercellulaire substantie leiden. Wanneer een indringer niet meteen vernietigd kan worden treedt inkapseling door fibroblasten op, en dit vormt een abces.

Bindweefsel heeft een groot regeneratief vermogen, bij een vers defect ontstaat eerst granulatieweefsel en in een volgend stadium littekenweefsel. (1)

Diagnostiek

Als gevolg van segmentatie is er vanaf de embryonale ontwikkeling op ruggenmergniveau een neuronale relatie tussen specifieke delen van de huid en interne organen. Dit noemen we segmentale relaties. Stoornissen in organen maken zich aan het huidoppervlak kenbaar door lokale veranderingen van de huid, dit noemen we segmentale symptomen. Dit heeft een diagnostische functie. (1) Dit wordt uitgebreid beschreven in hoofdstuk 4.

Tevens geven de huid en vacht een indruk van de algemene conditie van het paard.

Sensibiliteit

De huid heeft een sterke waarnemende functie. Vele zenuwuiteinden met karakteristieke sensoren in de dermis sturen informatie terug naar het CZS.

Lichte streling, grote druk, kou, hitte, jeuk en pijn worden door deze verschillende sensoren gedifferentieerd en geregistreerd. Zie hiervoor hoofdstuk 3.1.1.

Opslag

In het losmazig bindweefsel worden vetten, water, elektrolyten en plasma-eiwitten opgeslagen. (9)

Transport

Zie hiervoor hoofdstukken 2.1 en 2.2.

Temperatuurregulatie

Door middel van zweetsecretie en via de AVA's, zie hiervoor hoofdstuk 2.1.

Productie

Er wordt continue nieuwe opperhuid, hoorn, talg, haar en zweet geproduceerd.

Tevens wordt in de huid zonlicht omgezet in vitamine D. (4)

Emotionele/ gedrags-/ communicatieve functie

Zoals al eerder beschreven speelt de huid en vacht geen grote rol in de communicatie van het paard. De conditie van de vacht geeft echter wel een indicatie van de algemene conditie van het paard. Zowel naar ons als therapeuten, eigenaars en ruiters, maar ook tussen paarden onderling of voor roofdieren is dit van belang.

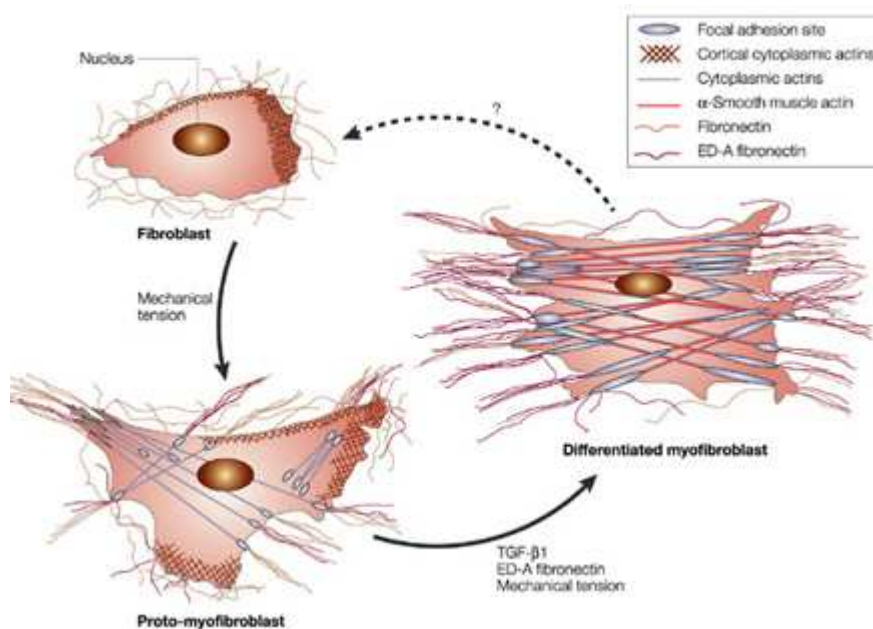
2.4 Contractiliteit fasciae

Binnen de osteopathie worden fasciae gezien als bindweefsel in ruime zin. Met andere woorden: alle varianten van bindweefsel in het lichaam zijn fasciale structuren, maar wisselen in densiteit. Denk hierbij bijvoorbeeld aan verschillen in densiteit tussen losmazig bindweefsel en ligamenten.

Bindweefsels, en dus fasciae, verbinden en scheiden, zorgen voor samenhang tussen alle structuren in het lichaam, beschermen, ondersteunen en vangen schokken op. (10)

Fasciae vormen een doorlopend netwerk van bindweefselstructuren, dat alle verschillende organen en lichaamsdelen verbindt. Anatomische studies hebben aangetoond dat er geen discontinuïteit bestaat tussen de verschillende weefsels, maar dat ze allen aan elkaar gekoppeld zijn om in harmonie te kunnen functioneren. (7)

Fasciae werden in het algemeen beschouwd als passieve structuren, maar literatuur benoemt echter al langer indicaties dat fasciae actief kunnen contraheren door de contractiliteit van intrafasciale cellen, de zogenaamde myofibroblasten. (zie figuur 12)



Figuur 12: de opbouw van een myofibroblast (<http://tuckeypt.com>)

Tijdelijke stijfheid van fasciae heeft een biologisch nut en evolutionair voordeel. In fight/ flight reacties zorgt een grotere stijfheid van fasciae voor bescherming en een betere overdracht van krachten op het lichaam tijdens extreme situaties, zoals grote mechanische of emotionele stress. (11)

Je kunt spreken van chronische weefselcontracturen, waarbij weefsel daadwerkelijk opnieuw gerangschikt wordt, en van kortdurende contracties (gedurende minuten tot uren) door gladde spierweefselcellen, de myofibroblasten. De aanwezigheid van myofibroblasten is gedocumenteerd in fasciae, skeletligamenten, pezen en vooral in viscerale ligamenten en orgaankapsels.

Schleip en Klingler vonden myofibroblasten in al onze weefsels, de dichtheid was groter bij jonge individuen (humaan) en op plaatsen waar collageen in een golvend patroon was gerangschikt.

De hoogste dichtheid contractiele cellen bevond zich in de buurt van bloedvaten, en daarom waarschijnlijk ook dicht in de buurt van zenuwen. Verder vonden zij dat

vooral het perimysium (de fasciale laag rond spiervezelbundels) een grote dichtheid van contractiele cellen bevat. (12)

Spector et al. wezen uit dat fibroblasten, net als chondro- en osteoblasten, bindweefselcellen zijn 'met spieren'. Met andere woorden: ze hebben een capaciteit voor het gen voor alpha-glad-spierweefsel actine (ASMA).

Mechanische stimulatie of specifieke cytokinen triggeren deze ASMA-vezels. Cellen die ASMA bevatten kennen wij als gladde spierweefselcellen, maar ook als fibroblasten met kenmerken van glad spierweefsel: de myofibroblasten.

Myofibroblasten reageren dus op mechanostimulatie

Naast de beschermende functie van een hogere stijfheid van fasciae, heeft de contractiemogelijkheid ook een belangrijk effect op de neuromusculaire coördinatie. Brede fasciale structuren bevatten dezelfde mechanoreceptoren als ligamenten, welke voor sensorische feedback zorgen betreffende spiercoördinatie.

Laagdrempelige mechanoreceptoren beïnvloeden spieractiviteit via het gamma-spierspoeltjessysteem, en hoogdrempelige mechanoreceptoren beïnvloeden direct de snellere alpha-motoneuronen. Een hogere fasciale tonus resulteert dus in vele spierresponsen opgewekt door fasciale mechanoreceptoren, waarbij bij een hogere fasciale tonus een shift optreedt van het langzamere gamma-systeem naar een snellere alpha-motoneuron-reactie.

Dus: tijdelijke fasciale stijfheid verbetert fasciale proprioceptie en vergroot spieractiviteit. Daardoor heeft een dier of persoon met verhoogde fasciale stijfheid het voordeel van verbeterde musculaire coördinatie en reactiesnelheid.

Een chronisch verhoogde fasciale stijfheid geeft echter uiteindelijk metabolische en fysiologische terugval en structurele veranderingen, dit is dus niet wenselijk.

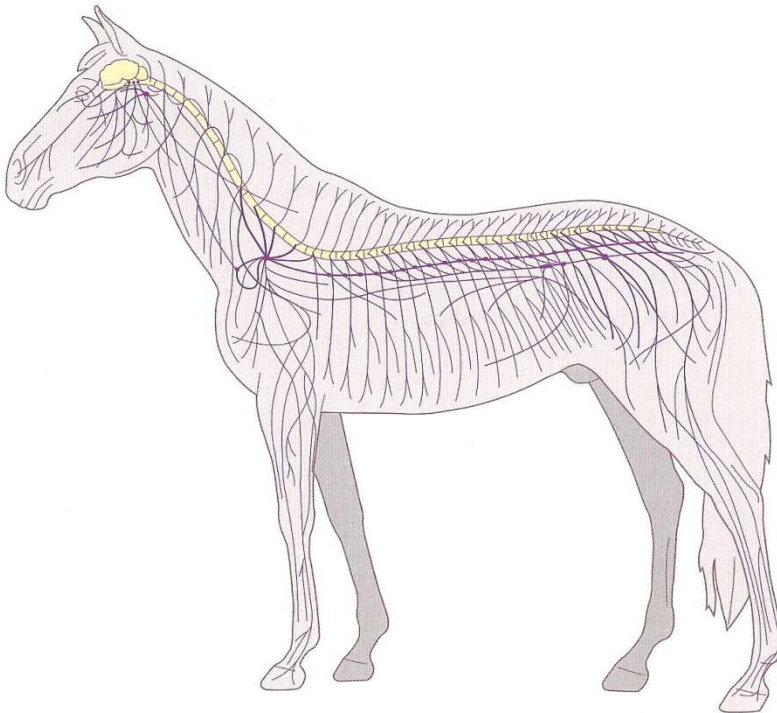
Ondanks dat er nog veel onderzoek noodzakelijk is, is echter voldoende bewezen geacht dat de contractiliteit van fasciae een invloed kan hebben op de biomechanica. (11)

Hoofdstuk 3 Neurologie

3.1 Somatische innervatie van de huid

De huid wordt somatisch geïnnerveerd via huidtakken van perifere zenuwen. De huid aan weerszijden van de wervelkolom wordt geïnnerveerd vanuit de ramus dorsalis van de spinale zenuw, de ramus ventralis innerveert de huid aan de zij- en voorkant van de romp en de extremiteiten. (zie figuur 13)

De huid van het hoofd wordt geïnnerveerd door de n. Trigeminus (V).



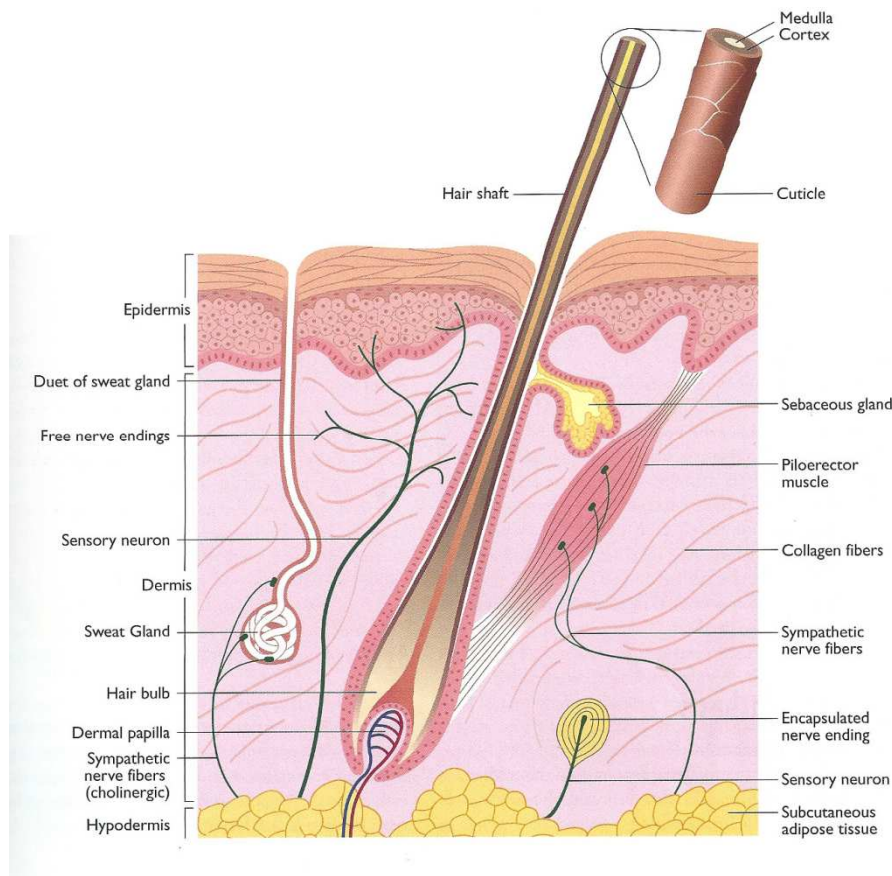
Figuur 13: perifere zenuwstelsel van het paard in paars afgebeeld (Physiology of Domestic Animals, Sjaastad Hove Sand, Scandinavian Veterinary Press, 2003)

3.1.1 Sensibiliteit

De huid heeft als hoogontwikkeld tastorgaan een belangrijke functie bij het ontvangen van prikkels uit de omgeving en is daarom sterk geïnnerveerd. (Zie figuur 14)

De huid is voorzien van mechanoreceptoren (voor de tastzin), thermoreceptoren (voor de thermoregulatie) en nociceptoren (voor het registeren van schadelijke prikkels).

(1) Vrije zenuwuiteinden zijn echter het meest talrijk en zij zijn multimodaal, ze fungeren als nociceptor, thermoreceptor of chemoreceptor, en de meesten werken daarnaast ook als mechanoreceptor. (13) (Zie figuur 15)

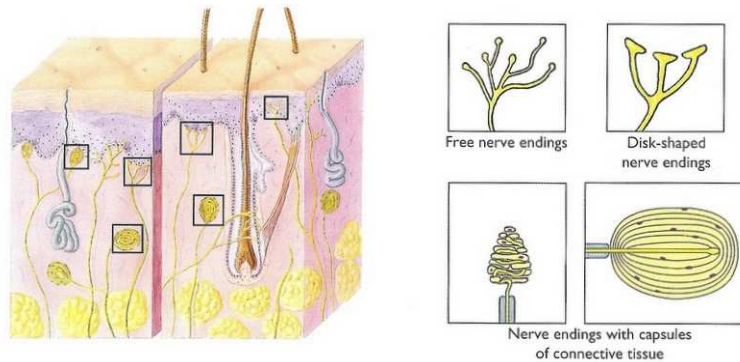


Figuur 14: Opbouw en structuur van de huid (Physiology of Domestic Animals, Sjaastad Hove Sand, Scandinavian Veterinary Press, 2003)

Deze receptoren houden het centraal zenuwstelsel op de hoogte van de toestand van de huid en de invloeden erop via een stroom van afferente informatie.

In de dermis en hypodermis van voornamelijk de onbehaarde huid (lippen, neus en tong van het paard) bevinden zich speciale sensoren voor tastprikkel: de lichaampjes van Meisner en Pacini. Deze lichaampjes worden geïnnerveerd door de zenuwvezels die de oppervlakkige fascia perforeren via de zogenaamde triade. Door Staubesand en Li is in 1997 aangetoond dat de meeste van deze perforerende zenuwvezels ongemyeleiniseerde en autonoom zijn. (3)

In de behaarde huid neemt een dicht netwerk van vrije zenuwuiteinden rond de bindweefselchede van de haarfollikel dit over. Bij aanraking fungeren de haren als een hefboom en registreren op deze manier tactiele prikkels. In het bijzonder de sensoren rond snorharen zijn zeer gevoelig en deze informatie wordt teruggekoppeld naar de cerebrale cortex. (zie verder hoofdstuk 3.2 over prikkelgeleiding)



Figuur 15: Sensibele receptoren in de huid (Physiology of Domestic Animals, Sjaastad Hove Sand, Scandinavian Veterinary Press, 2003)

3.1.1.1 Tastzin

De huid als tactiel zintuig heeft verschillende typen mechanoreceptoren voor de tastzin. (zie figuur 16)

- Ongemyeliniseerde, dus langzame, vrije zenuwuiteinden op de overgang tussen dermis en epidermis.
- Dikke gemyeliniseerde, dus snelle, zenuwen met schijfvormige uiteinden of uiteinden verbonden met haarfollikels of speciale bindweefselcapsules, zoals de lichaampjes van Pacini.

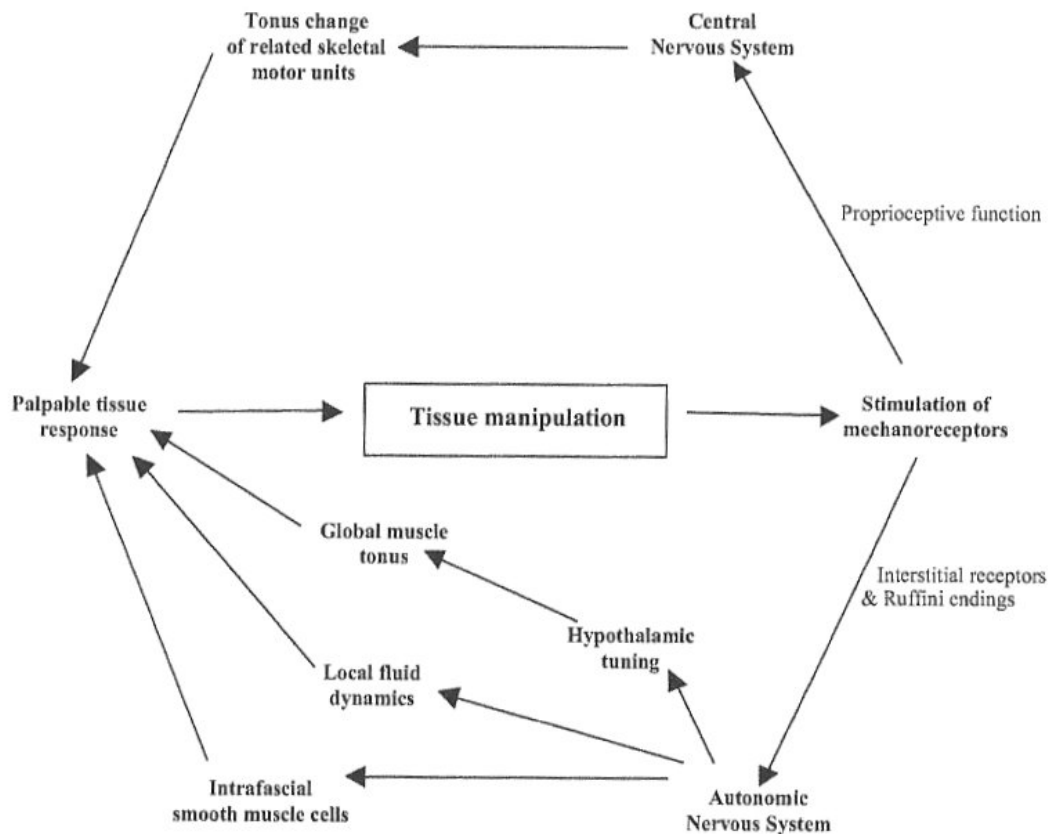
Receptor type	Preferred location	Responsive to	Known results of stimulation
Golgi Type Ib	<ul style="list-style-type: none"> ● Myotendinous junctions ● Attachment areas of aponeuroses ● Ligaments of peripheral joints ● Joint capsules 	<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Golgi tendon organ</i>: to muscular contraction. ● <i>Other Golgi receptors</i>: probably to strong stretch only 	Tonus decrease in related striated motor fibers
Pacini and Paciniform Type II	<ul style="list-style-type: none"> ● Myotendinous junctions ● deep capsular layers ● spinal ligaments ● investing muscular tissues 	Rapid pressure changes and vibrations	Used as proprioceptive feedback for movement control (sense of kinesthesia)
Ruffini Type II	<ul style="list-style-type: none"> ● Ligaments of peripheral joints, ● Dura mater ● outer capsular layers ● and other tissues associated with regular stretching. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Like Pacini, yet also to sustained pressure. ● Specially responsive to tangential forces (lateral stretch) 	Inhibition of sympathetic activity
Interstitial Type III and IV	<ul style="list-style-type: none"> ● Most abundant receptor type. Found almost everywhere, even inside bones ● Highest density in periosteum. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Rapid as well as sustained pressure changes. ● 50% are high-threshold units, and 50% are low-threshold units 	<ul style="list-style-type: none"> ● Changes in vasodilation ● plus apparently in plasma extra-vasation

Figuur 16: Verschillende typen mechanoreceptoren in fascia (Fascial plasticity- a new neurobiological explanation, Part 2, R. Schleip, 2003)

Vanuit het oogpunt van autonome reacties van de huid en het onderhuids bindweefsel zijn vooral de in de fascia superficialis aanwezige lichaampjes van Ruffini van belang (receptor type 2), en de alom aanwezige interstitiële mechanoreceptoren, (type 3 en 4)

Wanneer lichaampjes van Ruffini worden geprikkeld heeft dit volgens van den Berg en Capri een inhibitie van de sympaticus als gevolg. Dit is van groot therapeutisch belang tijdens alle manuele, maar vooral fasciale technieken! (zie figuur 17) De Ruffini-receptoren zijn ongemyeïniseerd en dus langzaam, zij reageren daardoor vooral goed op langduriger druk.

De interstitiële receptoren zijn in vrijwel ieder bindweefsel ruim vertegenwoordigd en vertegenwoordigen de grootste sensorische input vanuit (myo-) fasciaal weefsel. Activatie van deze sensoren triggert het autonoom zenuwstelsel om de lokale druk in arteriolen en capillairen te veranderen en spelen hiermee een grote rol in de regulering van doorbloeding van het weefsel. Sommige van deze interstitiële receptoren hebben volgens Kruger (1987) ook invloed op wat men noemt: plasma-extravasatie. Met andere woorden: het verplaatsen van plasma uit bloedvaten in de interstitiële matrix, wat uiteindelijk de samenstelling van de grondsubstantie wateriger maakt en zo de viscositeit van het weefsel beïnvloedt. (3)



Figuur 17: de invloed van stimulatie van mechanoreceptoren op de tonus van fasciae (Fascial plasticity- a new neurobiological explanation, Part 2, R. Schleip, 2003)

Onderzoek door Chaitow en DeLany in 2000 heeft aangetoond dat sommige interstitiële mechanoreceptoren ook als nociceptoren fungeren. Dit kan in sommige gevallen verklaren waarom pijn soms een chronische vorm aanneemt zonder dat hier directe irritatie van zenuwstructuren aan vooraf gaat. De receptoren worden in dat geval geprikkeld door diverse neuropeptiden en dit leidt tot veranderingen in de sensitiviteit van deze receptoren. Een anders normale prikkel leidt in dit geval tot een heftige reactie van deze receptoren. (14)

3.1.1.2 Temperatuurszin

Direct onder de epidermis bevinden zich sensoren voor hitte en kou. De sensoren voor kou zijn groter in aantal. Deze sensoren zijn van groot belang voor de thermoregulatie van het lichaam. (4)

3.1.1.3 Pijn

Pijn is een reactie op stimuli die (mogelijk) schadelijk zijn voor het lichaam. In het ideale geval geeft iedere schadelijke invloed pijn, en is pijn altijd een signaal voor een schadelijke invloed. Dit geldt niet voor iedere schadelijke invloed, zoals bijvoorbeeld röntgen- of radioactieve straling, of bepaalde chemische stoffen die door het lichaam niet als zijnde schadelijk worden herkend.

Pijn activeert het sympathisch zenuwstelsel, dit resulteert in een automatische terugtrekrespons van het lichaam, waardoor de schade beperkt blijft. In eerste instantie is pijn dus een kortdurend waarschuwingssignaal. In het geval van chronische pijn verandert dit mechanisme.

Nociceptoren zijn vrije zenuwuiteinden die worden geprikkeld door schadelijke stimuli. Wanneer er een schadelijke prikkel wordt waargenomen ontstaat eerst primaire pijn. Primaire pijn is scherp gelokaliseerd via oppervlakkige gemyeliniseerde A-delta vezels. Deze zijn filogenetisch relatief jong. Later ontstaat een diffuse brandende pijn, de secundaire pijn. Dit verloopt via dunne, ongemyeliniseerde, dus langzame C-vezels.

Primaire pijn kan worden gezien als een nauwkeurig en acuut alarm, secundaire pijn is grover en werkt langer door. De pijngewaarwording blijft zo langere tijd in stand zodat het lichaam attent blijft op het letsel. (15)

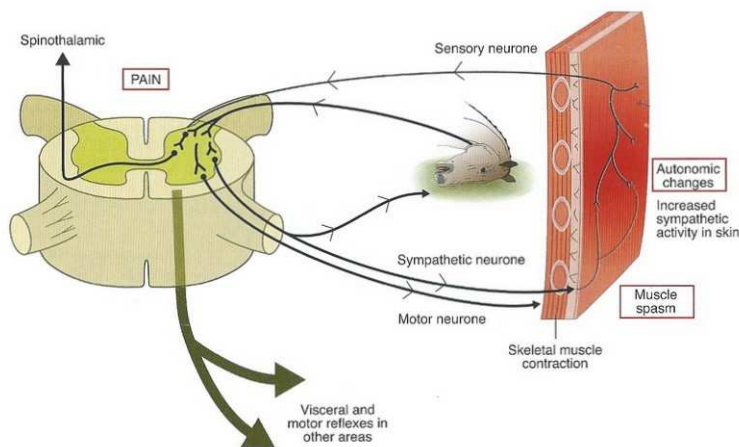
Pijnvezels worden meestal door zowel extreme temperaturen als door sterke chemische of mechanische prikkels gestimuleerd. Activatie vindt echter meestal via een omweg plaats: het beschadigde weefsel produceert chemische stoffen zoals ATP, prostaglandines, histamine, bradykinine en diverse enzymen. De nociceptoren reageren vervolgens op deze stoffen.

De huid reageert op een pijnlijke prikkel met een kenmerkende reactie, de 'triple response van Lewis'(erytheem, zwelling en uitbreiding rode gebied).

Dit werkt als volgt:

- Bleekheid van de huid: als primaire autonome reactie op een pijnlijke stimulus treedt vasoconstrictie op, wat zorgt voor tijdelijke bleekheid .

- Erytheem (roodheid), door stimulatie van mestcellen in de huid. De mestcel stort zijn inhoud van granulae uit in zijn omgeving. Deze bevatten histamine en heparine. Histamine werkt vasodilaterend, dit geeft roodheid, ook wel genoemd: dermografia rubra. Heparine zorgt ervoor dat dit bloed niet stolt.
- Oedeem, door sterke vasodilatatie stromen water en plasma-eiwitten in het omringende bindweefsel.
- Rode hof en hyperalgesie, als gevolg van de neurotransmitter substance P in de ongemyleiniseerde afferenten in de huid. Deze afferenten koppelen de prikkelinformatie terug naar het CZS, tevens wordt substance P afgegeven naar alle omringende zenuwvezels, met vasodilatatie als gevolg. Dit is een zeer lokale kettingreactie in het omringend weefsel, ook wel een axonreflex genoemd. (1)



Figuur 18: de respons op letsel in de vorm van pijn, hypertonie en autonome reacties (Osteopathy and the treatment of horses, Pusey, Brooks & Jenks, Wiley-Blackwell 2010)

Er wordt onderscheid gemaakt tussen nociceptieve pijn en neurogene pijn.

- Nociceptieve pijn wordt veroorzaakt door schadelijke prikkels op nociceptoren, dit wordt vaak weer onderverdeeld in somatische en viscerale pijn en in oppervlakkige en diepe pijn.
- Neurogene pijn wordt veroorzaakt door pijn die geprovoceerd wordt in een deel van het verloop van de zenuwbanen, anders dan de zenuwuiteinden. (4)

Een pijnprikkel, of noxe, leidt tot prikkeling van afferente vezels en de uiteindelijke bewuste verwerking van deze prikkels in het CZS roept pas het fenomeen pijn op. Het zenuwstelsel speelt in zijn geheel een rol in het tot stand komen van de pijnsensatie en de reactie hierop. (16)

Pijn is een gevoel en dus per definitie subjectief. (15) Daarom is het moeilijk om te beschrijven voor een ander individu, laat staan voor een dier. Er zal tevens een groot verschil bestaan per diersoort, bijvoorbeeld speelt het feit of een dier roofdier of prooidier is een grote rol in de manier waarop er met pijn wordt omgegaan en hoe pijn wordt gepresenteerd.

Bij het paard speelt het autonoom zenuwstelsel een veel grotere rol in de reactie op prikkels dan bij de mens. Het paard reageert vooral primair, sensibel en reflexmatig op zijn omgeving, en reageert relatief meer als reactie op zijn afferentie dan dat hij efferent aanstuurt. (10) Hoe pijn precies wordt ervaren door dieren is niet goed bekend want het is lastig te onderzoeken, echter door de grote gelijkenis van het limbisch systeem van alle gedomesticeerde zoogdieren met de mens valt een relatief gelijke pijnbeleving te verwachten. (4)

Op verschillende niveaus (onder andere in de achterhoorn, thalamus en formatio reticularis) wordt beslist of prikkels als 'pijn' worden ervaren. Op vele verschillende niveau's bevinden zich schakelstations (gates) met netwerken van inhiberende en exciterende interneuronen, waar wordt bepaald OF en HOE een prikkel verder wordt geleid. Melzack en Wall noemden dit principe in 1965 de 'gate-control-theorie'.

Inmiddels is gebleken dat hun theorie niet volledig is, aangezien er bijvoorbeeld enkele neurofysiologische details en het cognitieve aspect ontbreken, maar het basisprincipe is nog steeds van kracht, en van groot therapeutisch belang. (15)

Prikkeling van bijvoorbeeld kapsel- en huidreceptoren leidt tot inhibitie van pijn via de snelle gemyeliniseerde vezels. Pas wanneer een bepaalde drempel wordt overschreden, of bijvoorbeeld wanneer er sprake is van een blokkade en er dus geen prikkeling van kapselreceptoren plaatsvindt, wordt het signaal 'pijn' doorgegeven naar de hersenen.

Omdat het niet in het belang van het onderwerp van deze thesis is, wil ik verder niet te diep in gaan op het fenomeen pijn.

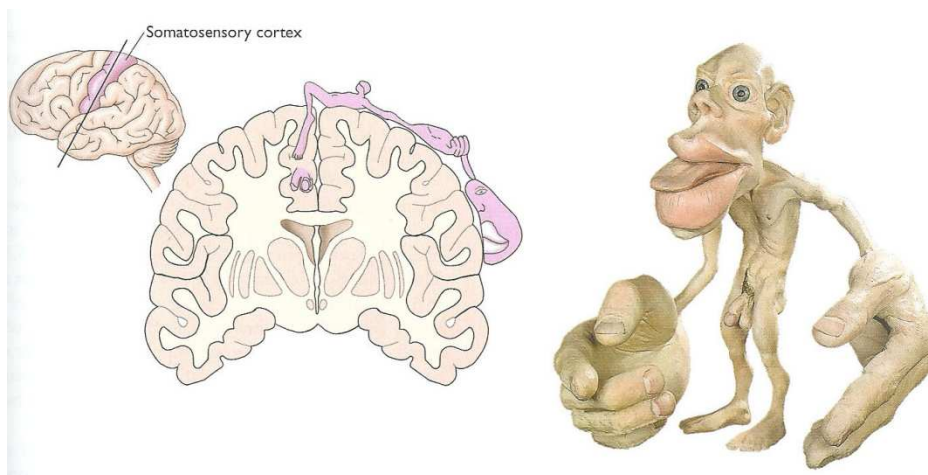
3.2 Prikkelgeleiding

Sensibiliteit wil zeggen: bewuste gewaarwordingen die samenhangen met de zintuiglijke functie van het lichaamsoppervlak en de dieper gelegen structuren.

Functioneel wordt er onderscheid gemaakt tussen vitale en gnostische sensibiliteit.

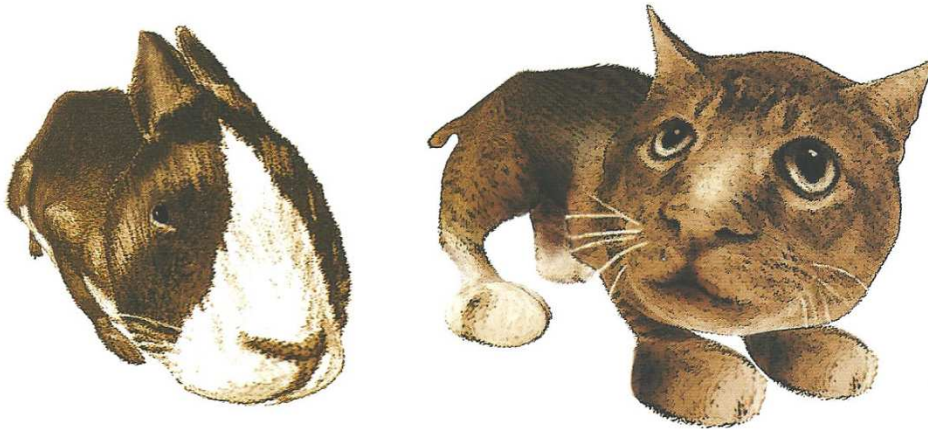
- Vitale sensibiliteit: pijn, temperatuur, grove tast. Dit heeft een waarschuwend karakter en verloopt via de tractus spinothalamicus. Op deze manier worden prikkels snel geregistreerd door het CZS.
- Gnostische sensibiliteit: onder andere fijne tast, houdings- en bewegingszin. Dit heeft vooral een herkenkend karakter. De gnostische sensibiliteit verloopt via het achterstrengsysteem: via de tractus van Goll en de tractus van Burdach.

Na schakeling in de thalamus worden de prikkels geprojecteerd op de hersenschors. Zeer sensibele lichaamsdelen hebben een grotere projectie op de cortex, dit wordt weergegeven door de zogenaamde homunculus. (15)



Figuur 19: de homunculus, projectie van sensibele prikkels op de cortex (Physiology of Domestic Animals, Sjaastad Hove Sand, Scandinavian Veterinary Press, 2003)

Voor een 'paardenhomunculus' zal dit waarschijnlijk betekenen dat de neus, mond, lippen en het hoofd relatief goed vertegenwoordigd zijn op de cortex.



Figuur 20: de 'caninculus' en de 'felinculus', de relatieve representatie van sensibele informatie op de somatosensorische cortex van konijn en kat (Physiology of Domestic Animals, Sjaastad Hove Sand, Scandinavian Veterinary Press, 2003)

3.2.1 Routes voor prikkelgeleiding

De weg van een prikkel verloopt over twee niveaus: segmentaal en longitudinaal. Prikkel worden overigens in het algemeen meer multisegmentaal dan monosegmentaal verwerkt. (17)

Het segmentale niveau kan worden onderverdeeld in:

- Perifeer zenuwgebied
- Plexus
- Achterwortel
- Grijze stof ruggenmerg

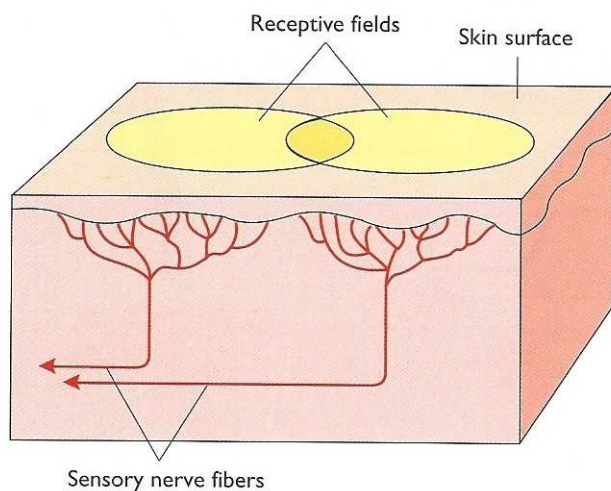
Het longitudinale niveau bevat:

- De tractus spinothalamicus
- Achterstrengsysteem (tractus spinobulbaris, tractus van Goll en Burdach)

3.2.1.1 De weg van de prikkel op segmentaal niveau

De onderverdeling op segmentaal niveau zal ik kort toelichten:

Perifeer zenuwgebied: de innervatiegebieden van perifere zenuwen hebben relatief weinig overlap (10-20%). (Zie figuur 21)



Figuur 21: Overlap van innervatiegebieden van twee sensibele perifere zenuwen (Physiology of Domestic Animals, Sjaastad Hove Sand, Scandinavian Veterinary Press, 2003)

De vitale sensibiliteit overlapt sterker dan de gnostische sensibiliteit. Dit houdt in de praktijk in dat bij een laesie van een perifere zenuw de tastzin meer uitval zal vertonen dan de pijnzin.

Plexus: ter plaatse van de cervicobrachiale of lumbosacrale plexussen vindt hergroepering plaats van afferente vezels. Vezels afkomstig van één perifere zenuw bereiken het ruggenmerg daardoor via verscheidene achterwortels. Één achterwortel bevat vezels vanuit diverse perifere zenuwen.

Achterwortel: door de hergroepering van vezels in de plexus hoort bij 1 achterwortel een ander huidgebied dan bij 1 perifere zenuw. Deze gebieden heten dermatomen. Dermatomen overlappen als regel 50% of meer, vooral op de extremiteiten.

Tastgebieden overlappen meer dan pijngebieden. (dit is dus tegengesteld aan de perifere zenuw!) Bij uitval van één achterwortel is er geen totaal verlies van

sensibiliteit, alleen een vermindering van sensibiliteit in één dermatoom. De tastzin is in een kleiner gebied verstoord dan de pijnzin. Vaak ziet men hyperpathie bij achterwortel-lesies.

Achterhoorn: hier synapteren de perifere neuronen van de vitale sensibiliteit. De achterhoorn (bestaande uit grijze stof) vormt een eerste filterstation voor prikkels vanuit de periferie.

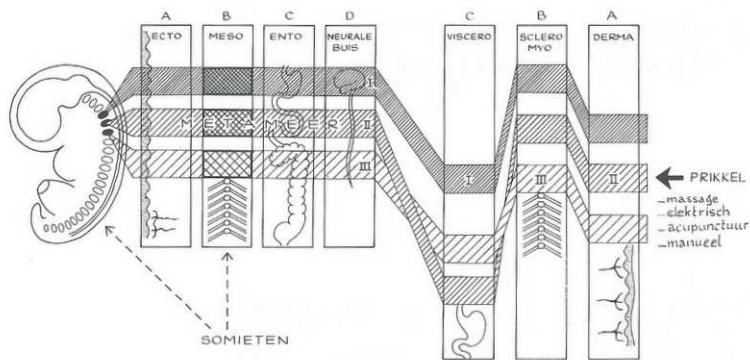
Grijze centrale stof: hier kruist het tweede neuron van de vitale sensibiliteit naar de contralaterale zijde van de tractus spinothalamicus. (15)

3.2.1.2 De weg van de prikkel op longitudinaal niveau

Pijnvezels hebben hun cellichamen in de spinale ganglia in de dorsale wortel van een spinale zenuw. In de achterhoorn van het ruggenmerg worden synapsen gevormd met neuronen die impulsen naar de hersenstam of thalamus zenden. In de hersenstam wordt voornamelijk de formatio reticularis geprikkeld door pijn. Dit zorgt voor een adequate reactie op pijn, ook wanneer het lichaam in slaap is.

Vanuit synapsen in de thalamus vervolgen pijnbanen hun weg naar de cerebrale cortex. Deze gebieden zijn belangrijk voor de bewuste perceptie van pijn. (4)

thoracaal blijft de rangschikking van de zich herhalende segmenten nog duidelijk zichtbaar.

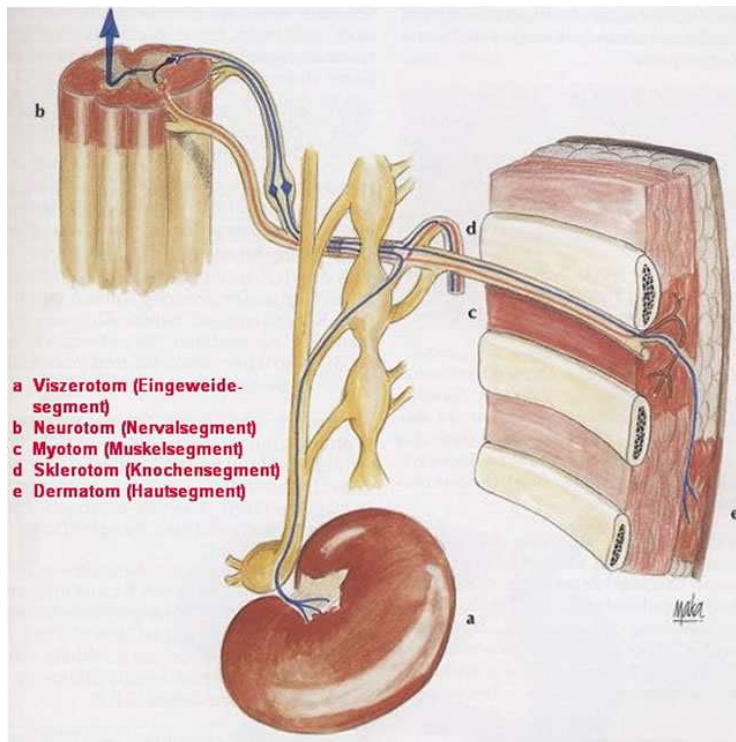


Figuur 23: segmentatie. Links een embryo met somieten, daarnaast de opbouw van het segment/metameer en rechts de anatomische verschuivingen tijdens de verdere embryologische ontwikkeling (Segmentale verschijnselen, B. van Cranenburgh, Bohn Stafleu Van Loghum, 2004)

Het **ectoderm** is een doorlopende bedekkende structuur die alleen door de innervatie gesegmenteerd wordt. Hieruit ontstaat het dermatoom, het oppervlakkige huidgebied dat bij één ruggenmergswortel behoort. (18)

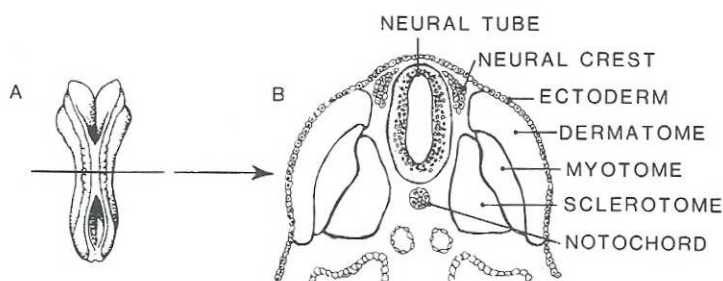
Uit het **mesoderm** van de somieten ontstaat:

- een deel van het dermatoom, namelijk de diepere huidlagen en fasciale structuren die vanuit één ruggenmergswortel worden geïnnerveerd.
- het myotoom: alle motorunits die vanuit één ruggenmergswortel worden geïnnerveerd
- het sclerotoom: kapsels, banden, bindweefselstructuren en botten die vanuit één ruggenmergswortel worden geïnnerveerd (18)



Figuur 24: de verdeling in A viscerotoom, B neurotoom, oftewel het ruggenmergssegment zelf, C het myotoom, D het sclerotoom en E het dermatoom (www.equidocter.de)

Het **entoderm** is in aanleg één langgerekte doorlopende buis van mond naar anus, die anatomisch niet gesegmenteerd is. Segmentatie ontstaat hier doordat een bepaald deel van deze buis door de, op dat moment dichtstbijzijnde, zenuwwortel geïnnerveerd gaat worden. Uit het entoderm ontstaat het viscerotoom: alle ingewandsstructuren die vanuit één ruggenmergswortel worden geïnnerveerd. (Zie figuur 23 en 24)



Figuur 25: de formatie van myotoom, sclerotoom en dermatoom vanuit de somieten in een humaan embryo van 4 weken oud. Hierop is duidelijk te zien dat het ectoderm een doorlopende bedekkende structuur vormt. A is het gehele embryo, B is een doorsnede (Medical Neurosciences, B. Westmoreland et al, Little Brown and Company, 1994)

3.3.2 Segmentale opbouw

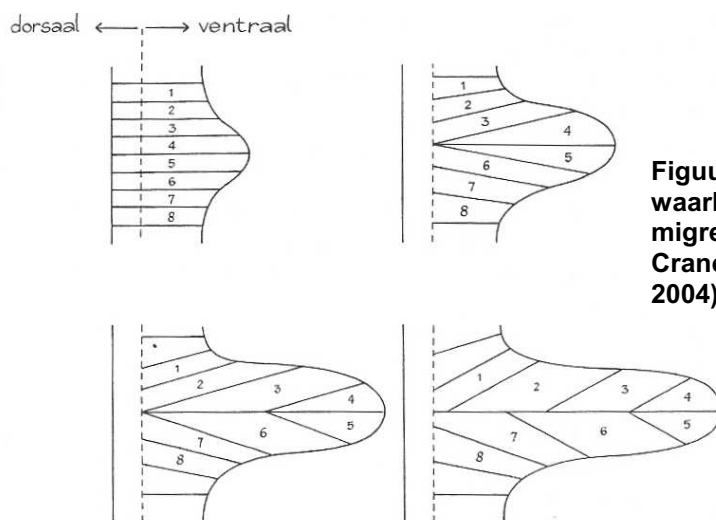
Ento-, meso- en ectoderm gaan in de loop van de embryonale ontwikkeling ten opzichte van elkaar verschuiven. Het ene orgaan verplaatst zich meer in caudale richting dan het andere orgaan.

De wervelkolom groeit sterker in lengterichting dan het ruggenmerg dus er ontstaat in caudale richting een discrepantie tussen het ruggenmergssegment en de bijbehorende wervel. De aanduiding van bijvoorbeeld L5 moet dus eigenlijk aangevuld worden met de termen **segment** L5 of **wervel** L5.

Door alle verschuivingen in de embryonale fase verdwijnt de anatomische samenhang min of meer, de functionele samenhang via zenuwverbindingen blijft echter onveranderd! Een voorbeeld: het hart wordt door T7-T8 geïnnerd en het diafragma door hoger gelegen segmenten, namelijk C5-C7 (nn Phrenici). Het diafragma ligt anatomisch dus lager, maar segmentaal hoger.

In de segmentale opbouw van de extremiteiten wordt dit nog ingewikkelder. Het ventrale deel van een aantal somieten migreert naar distaal. Hierdoor ontbreken aan de ventrale van het lichaam een aantal dermatomen. (18) (15) (Zie figuur 25)

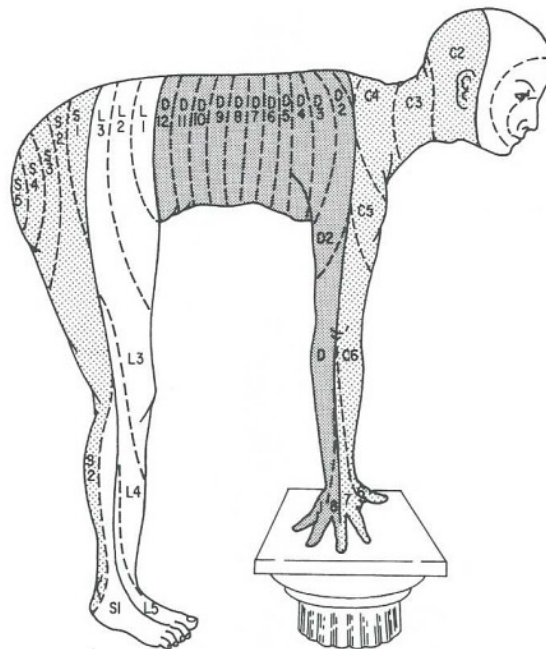
De plexussen voor de innervatie van ledematen ontstaan vanuit ventrale takken van spinale zenuwen. De dorsale takken behouden hun oorspronkelijke verloop. (18) (15)



Figuur 26: het ontstaan van extremiteiten, waarbij een aantal segmenten naar distaal migreren (Segmentale verschijnselen, B. van Cranenburgh, Bohn Stafleu Van Loghum, 2004)

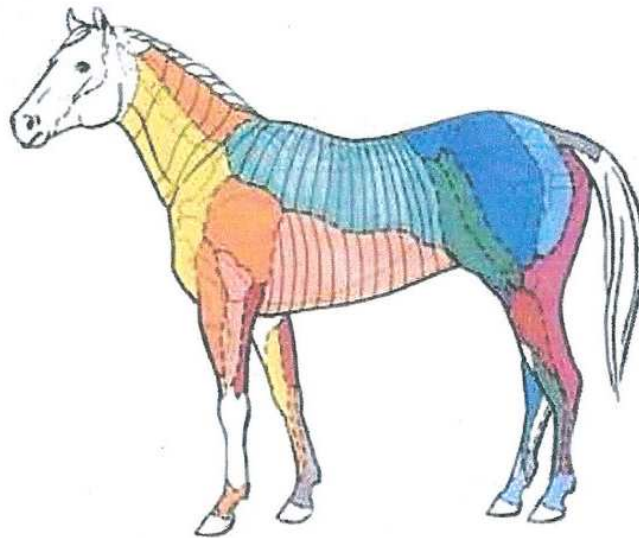
Dermatoomkaarten verschillen per auteur, over de precieze lokalisatie bestaat geen overeenstemming. Dit heeft te maken met de manier waarop de ligging van dermatomen zijn onderzocht, tevens bestaan er tussen ieder individu verschillen in de segmentale innervatie. (Zie figuur 27)

Helaas heb ik maar één dermatoomkaart voor het paard kunnen vinden (zie figuur 28) en kan ik helaas niet vergelijken welke er verschillen er bestaan. Er bestaat niet zoiets als dé enige juiste segmentale verdeling, er bestaat immers grote overlap tussen segmenten onderling. Één orgaan kan door meerdere segmenten worden geïnnerveerd en één segment kan weer meerdere organen bezenuwen.

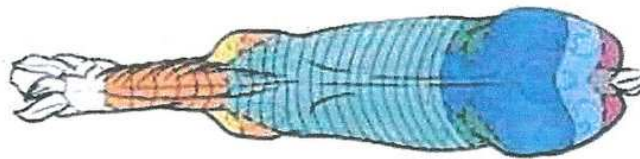


**Figuur 27: voorbeeld van dermatoomverdeling
humaan (Segmentale verschijnselen, B. van
Cranenburgh, Bohn Stafleu Van Loghum, 2004)**

Overlap van dermatomen is afhankelijk van de plaats op het lichaam. Op de extremiteiten vindt maximale overlap plaats, meer dan 50 %. Tevens kan de grootte van een dermatoom veranderen door sprouting-processen, waarbij er vertakking en uitgroei van zenuwuiteinden plaatsvindt, bijvoorbeeld na letsel of een operatie. Segmentale activiteit spreidt zich vaak longitudinaal uit over meerdere segmenten in het ruggenmerg, hierdoor gaat het specifieke segmentale karakter van verschijnselen zoals pijn verloren (18)



Die Dermatome des Pferdes von lateral.



Die Dermatome des Pferdes von dorsal.

Figuur 28: voorbeeld van dermatoomverdeling bij het paard (Neuraltherapie in de veterinarmedizin, Zohmann, A, en Kasper, M., Schlutersche, 1994)

3.3.3 Segmentale autonome innervatie

Doordat de viscera over het algemeen sympatisch én parasympatisch geïnnerveerd worden wordt de segmentatie iets complexer. Hierover kan dan het volgende worden gezegd:

- sympatische innervatie vindt plaats vanuit de zijhoorn van de ruggenmergssegmenten C8-L6 en is segmentaal geordend, hoewel met veel overlap.
- De parasympatische innervatie via de n. Vagus vanuit de hersenstam is niet gesegmenteerd.
- De sacrale parasympatische innervatie vanuit de nn. Splanchnici pelvini is wel enigszins segmentaal geordend.

Structuren in de huid zoals vaten, zweetklieren en haarspiertjes worden alleen sympatisch geïnnerveerd. Deze innervatie is gesegmenteerd, maar ook hier is veel overlap. Je kunt in dit geval spreken van:

- Het angiotoom/ vasotoom, dit zijn **alle** bloedvaten die vanuit één segment geïnnerveerd worden. Dit kan anatomisch uiteenlopende lokalisaties opleveren behorende bij één angiotoom.
- Het sudotoom, alle zweetklieren die sympatisch vanuit één segment geïnnerveerd worden.
- Het pilotoom, alle haarspiertjes die sympatisch vanuit één segment geïnnerveerd worden. (18)

Er is een groot verschil tussen de segmentale innervatie van sympatisch en somatisch geïnnerveerde structuren, als gevolg van de beperkte aanwezigheid van zijhoorn in het ruggenmerg, namelijk alleen van segment C8-L6. Zie hiervoor hoofdstuk 3.4.2.5.

3.4 De wisselwerking tussen somatisch en autonoom zenuwstelsel

Brooks stelde onder andere in 1983:

- Het zenuwstelsel functioneert ten alle tijde als geheel.
- Prikkelers beïnvloeden altijd zowel het autonoom als het somatisch zenuwstelsel.
- Het autonoom zenuwstelsel heeft invloed op alle lichaamsfuncties.
- Er zijn geen 'twee zenuwstelsels'.
- Het autonoom zenuwstelsel heeft een modulerende functie.
- Het autonoom zenuwstelsel speelt een belangrijke rol bij leerprocessen.
- Het autonoom zenuwstelsel speelt een belangrijke rol bij pijn. (17)

Er is een intensieve samenhang en interactie tussen het somatisch en autonoom zenuwstelsel, zowel op hersen- als op segmentaal niveau.

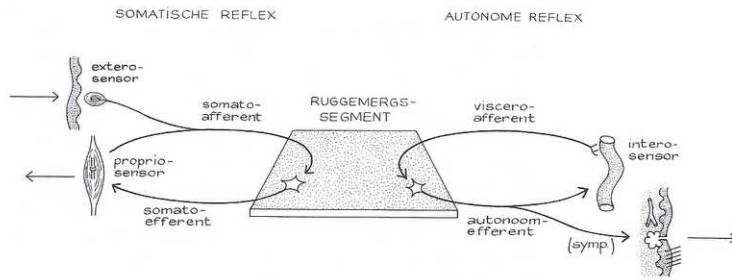
Sommige functies, zoals de ademhaling, kunnen dan ook niet bij één van de twee systemen worden ondergebracht. Veel autonome processen kunnen bewust worden opgeroepen of onderdrukt.

3.4.1 Somatisch zenuwstelsel

Het somatisch zenuwstelsel heeft vooral te maken met de informatie-uitwisseling tussen het organisme en zijn omgeving (motoriek en sensoriek). Deze wisselwerking kan bewust of reflexmatig zijn.

Bij een somatische reflex komt de prikkel vanuit de omgeving via de huid of het bewegingsapparaat binnen (extero- of propriosensoren). Via somato-afferenten bereiken deze prikkels het ruggenmerg of de hersenstam en ze hebben hun reflex via somato-efferenten.

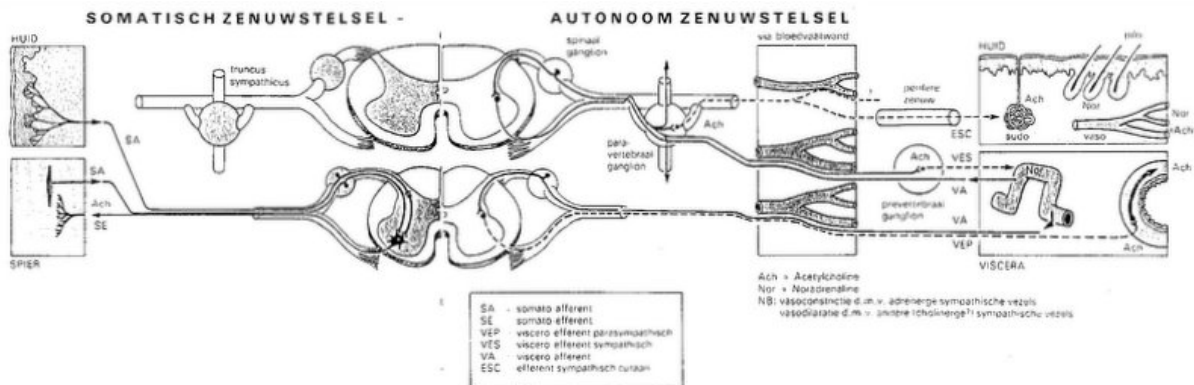
Voorbeelden hiervan zijn de kniepeesreflex en de terugtrekreflex. Deze reflexen gaan niet via de cortex. (17) (18)



Figuur 29: somatische en autonome reflexen (Segmentale verschijnselen, B. van Cranenburgh, Bohn Stafleu Van Loghum, 2004)

3.4.2 Autonoom zenuwstelsel

Het autonoom zenuwstelsel staat voornamelijk ten dienste van de homeostase van het organisme. De centrale sturing van het autonoom zenuwstelsel vindt plaats in de formatio reticularis, de hypothalamus en het limbisch systeem. (17)



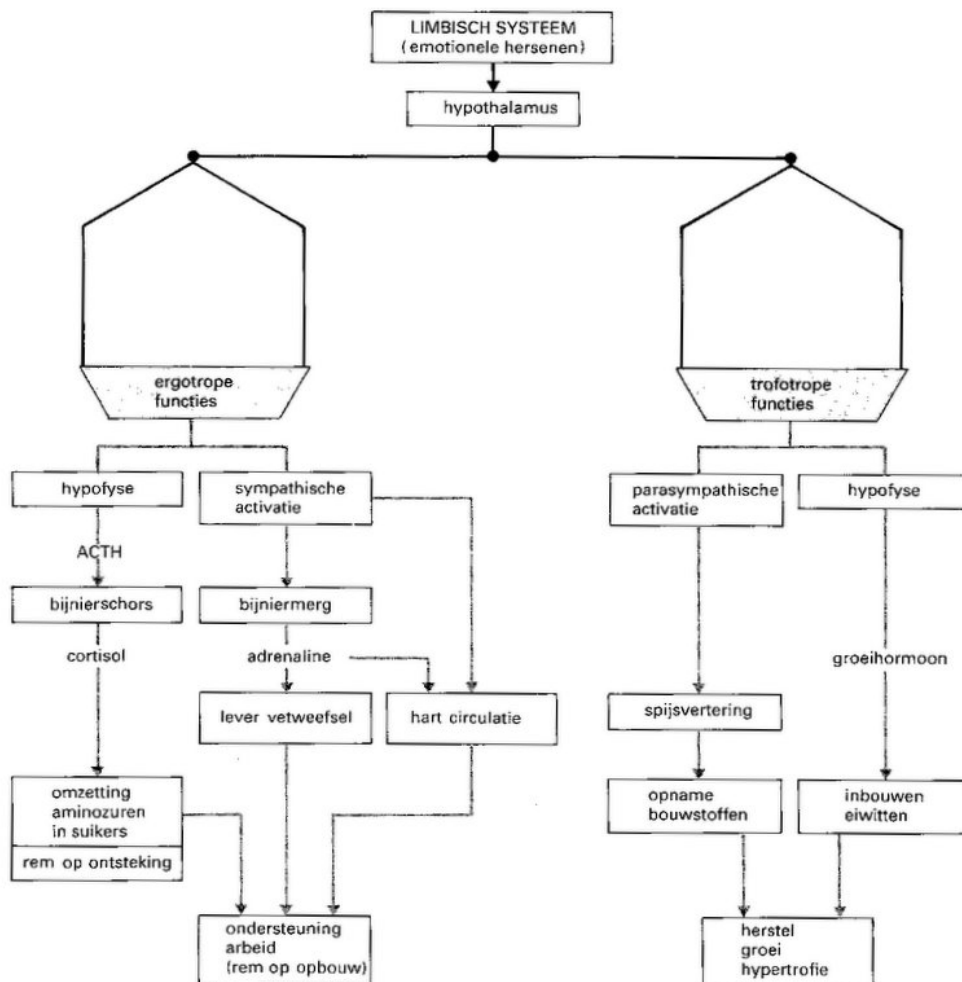
Figuur 30: vezelverloop, schakelplaatsen en transmitters van het somatisch en autonoom zenuwstelsel (Schema's fysiologie, B. van Cranenburgh, de Tijdstroom, 1991)

3.4.2.1 Parasympatisch zenuwstelsel

Het parasympatische deel van het autonoom zenuwstelsel heeft zijn oorsprong in de hersenstam, de nervus Vagus (X) en in de sacrale kernen van het ruggenmerg, en staat ten dienste van trofotrope functies.

3.4.2.2 Sympatisch zenuwstelsel

Het sympatische deel van het autonoom zenuwstelsel ontspringt vanuit de zijhoorn van segment C8-L6 en staat ten dienste van ergotrope functies. (10) (4)

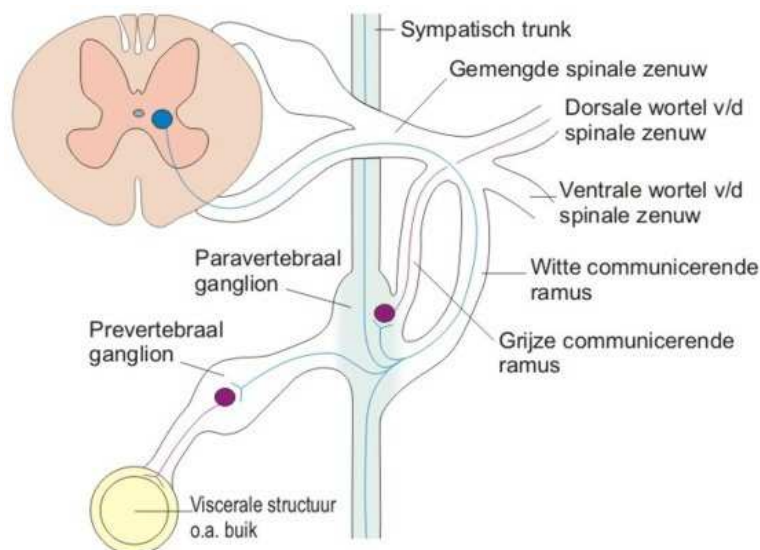


Figuur 31: ergotrope en trofotrope functies van het autonoom zenuwstelsel (Dynamiek van het menselijk bindweefsel, de Morree, J.J., Bohn Stafleu Van Loghum, 1989)

De grensstreng, of truncus sympaticus, is een opeenvolging van ganglia aan de ventrolaterale zijde van de corpora van de wervelzuil.

De cervicale wervelkolom heeft slechts twee paar ganglia: het ganglion cervicale craniale, onder de ala van de atlas gelokaliseerd, en het ganglion stellatum, ventrolateraal van C7-T1 gelokaliseerd.

Verder zijn er zeventien paar ganglia thoracaal, zes paar lumbaal en vier paar sacraal gelokaliseerd. De grensstreng eindigt in het ganglion impar van Walter. Elk grensstreng-ganglion staat in verbinding met een spinale zenuw via een ramus communicans, tevens zijn alle grensstreng-ganglia onderling met elkaar verbonden via rami interganglionares. De ramus interganglionaris cervicales is zeer lang en ligt in nauw contact met de nervus Vagus. (10) (Zie figuur 32)

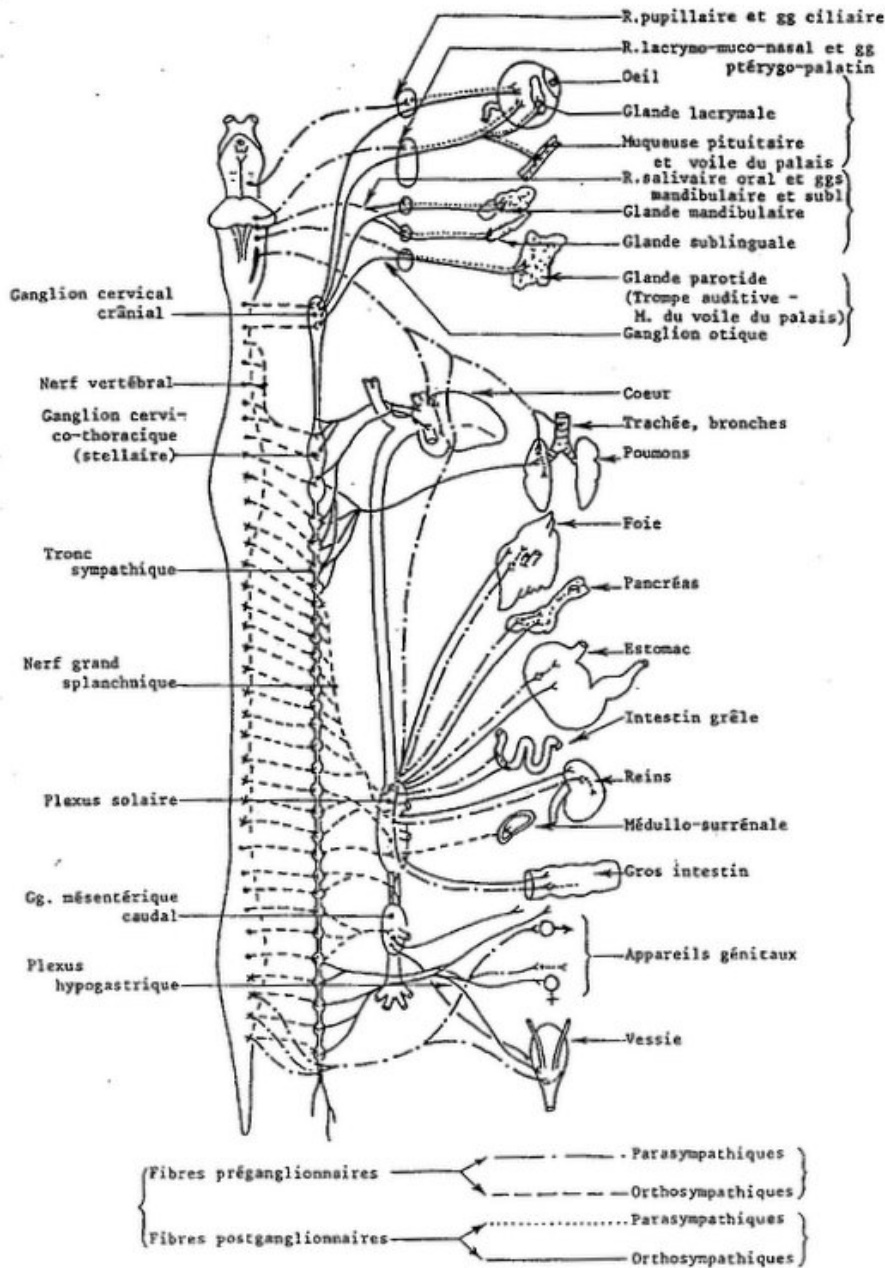


Figuur 32: verloop van het sympatisch zenuwstelsel op segmentaal niveau
(<http://users.telenet.be/zeldzame.ziekten/List.z/Perif-zenuwst.htm>)

De prevertebrale ganglia groeperen zich in de thoracale, lumbale en sacrale regio tot prevertebrale plexussen, in de omgeving van de grote bloedvaten die de organen bevoelen. Er worden sympatische takken afgegeven aan de bloedvaten en aan de organen.

De grootste prevertebrale plexussen in het paard zijn: de plexus pharyngeus, plexus cardiacus, plexus solaris, plexus mesentericus caudalis, plexus hypogastricus. (10)

De nn. Splanchnici zijn sympatische vezels die van de grensstreng naar de prevertebrale (viscerale) plexussen verlopen. (10) (Zie figuur 33)



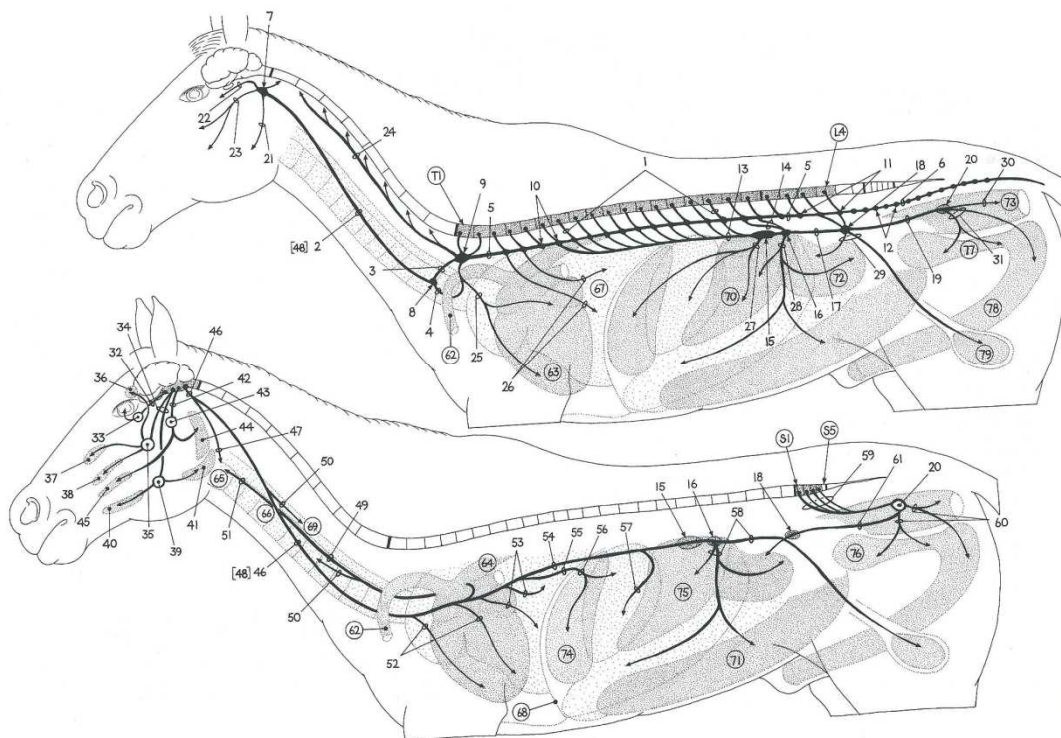
Figuur 33: autonoom zenuwstelsel van het paard (syllabus ICREO)

3.4.2.3 Efferentie autonoom zenuwstelsel

De preganglionaire sympatische vezels verlaten het ruggenmerg via de voorwortel en bereiken de grensstreng. Vervolgens kan vanuit het grensstreng-ganglion een synaps plaatsvinden naar een spinale zenuw of kan er in het grensstreng-ganglion divergentie plaatsvinden naar meerdere grensstreng-ganglia. Hierdoor kun je niet spreken van een strakke autonome segmentale opbouw.

Er vindt in de grensstreng divergentie plaats om dat er niet op ieder niveau zijhoorn beschikbaar is. Naar cervicaal, craniaal en sacraal is divergentie dus noodzakelijk!

Via de nn. Splanchnici verloopt de prikkel verder naar het prevertebrale ganglion en van daaruit naar de intramurale plexus van een orgaan, of naar een andere effector (bijvoorbeeld in de bloedvatwand of in de huid). (10)



Figuur 34: overzicht van het verloop van de autonome efferentie bij het paard. De bovenste afbeelding geeft de sympatische efferentie weer, de onderste afbeelding de parasympatische efferentie. (Horse Anatomy, Goody, P., J.A. Allen, 2001)

Het sympatisch zenuwstelsel bereikt hiermee alle delen van het lichaam.

Het parasympatisch zenuwstelsel bereikt, afgezien van enkele functies in het gelaat, niet de periferie. De huid wordt dus alleen sympatisch geïnnerveerd. (Zie figuur 34)

Bij het spreken over sympatische of parasympatische reacties gaat het alleen over het EFFERENTE deel van het autonoom zenuwstelsel. (18)

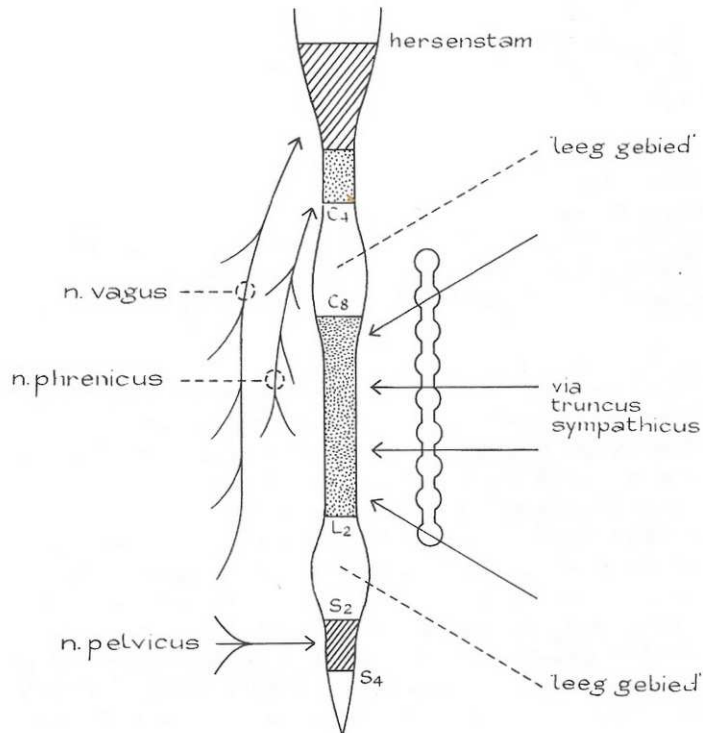
3.4.2.4 Afferente routes vanuit viscera

De afferentie verloopt over meerdere routes, de belangrijkste viscero-afferente routes zijn:

- Afferentie vanuit viscera schakelt eerst in de prevertebrale plexus, vervolgens in diverse grensstreng-ganglia (divergentie) en komt via de rami communicantes terug in de zijhoorn, waarna de prikkels via de afferente banen van het ruggemerk weer terug naar de hersenen worden geleid.
- Via de n. Phrenicus (een spinale zenuw vanuit de plexus brachialis) naar segment C5-C7, deze zenuw vervoert afferente informatie vanuit alle verpakkende bindweefselstructuren van de thorax- en buikholte, zoals het peritoneum, de omenta, het mesenterium en het pericard. Let op, hier vallen de nieren niet onder omdat deze retroperitoneaal gelegen zijn.
- Via de nn. Pelvici naar het sacrale ruggemerk, informatie vanuit bekkeningewanden.
- Via de n. Vagus, informatie vanuit borst- en buikorganen wordt buiten het ruggemerk om direct naar hersenstam teruggeschakeld. Dit geldt voor specifiek viscerale sensaties, zoals honger en dorst.
- De afferentie uit het kopgebied verloopt via de n. Trigemini V, de n. Facialis VII en de n. Glossopharyngeus IX (10) (19) (20)

Prikkels vanuit viscera activeren meestal verschillende afferente wegen tegelijk. Vanuit één orgaan worden dus verschillende (vaak niet aangrenzende) ruggemergssegmenten geactiveerd.

Volgens B. van Cranenburgh levert dit enkele 'lege' dermatomen qua afferentie vanuit viscera op. Deze dermatomen zijn gekoppeld aan de extremiteiten. Dit is de oorzaak van het feit dat er vrijwel geen viscerale projectie is op de extremiteiten, maar alleen op de romp. (18) Zie figuur 35.



Figuur 35: afferente innervatie van de ingewanden (humaan), met daarin aangegeven de 'lege' gebieden in het ruggenmerg, de delen waarop geen viscera projecteren (Segmentale verschijnselen, B. van Cranenburgh, Bohn Stafleu Van Loghum, 2004)

3.4.2.5 Projectie van autonome segmentale symptomen

Segmentale symptomen kunnen dus voorkomen op ver van elkaar verwijderde lokalisaties.

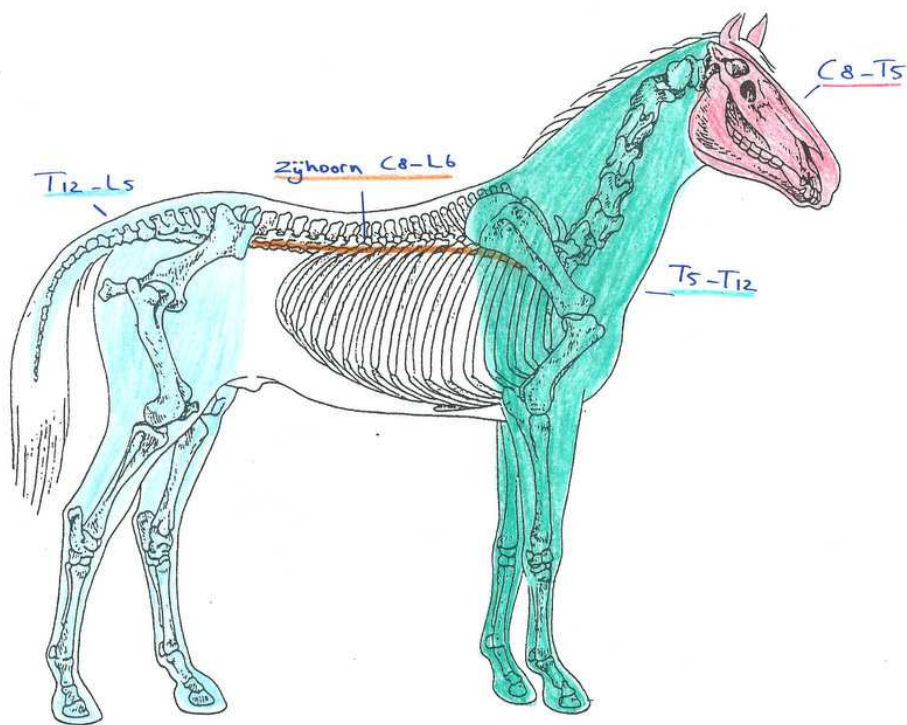
Het is noodzakelijk om te weten hoe de efferente somatische en autonome innervatie verloopt om te kunnen begrijpen waar welk symptoom optreedt. Door hyperactiviteit in bepaalde segmenten zullen de efferente wegen namelijk ook gestimuleerd kunnen worden. (18)

Als gevolg van het ontbreken van zijhoorn in het cervicale en sacrale ruggenmerg ontstaat een aanzienlijk verschil tussen de projectie van de segmentale somatische en autonome innervatie op het lichaam. (Zie figuur 36)

De sympathische bezenuwing van het hoofd komt hierdoor vanuit de segmenten C8-T5.

De sympatische bezenuwing van de cervicale regio en het voorbeen komt vanuit de zijhoorn van de segmenten T5-T12.

De sympatische bezenuwing van de sacrale regio en het achterbeen komt vanuit de thoracolumbale zijhoorn, T12-L5. (10)



Figuur 36 Projectie van sympatische symptomen op het lichaam van het paard.

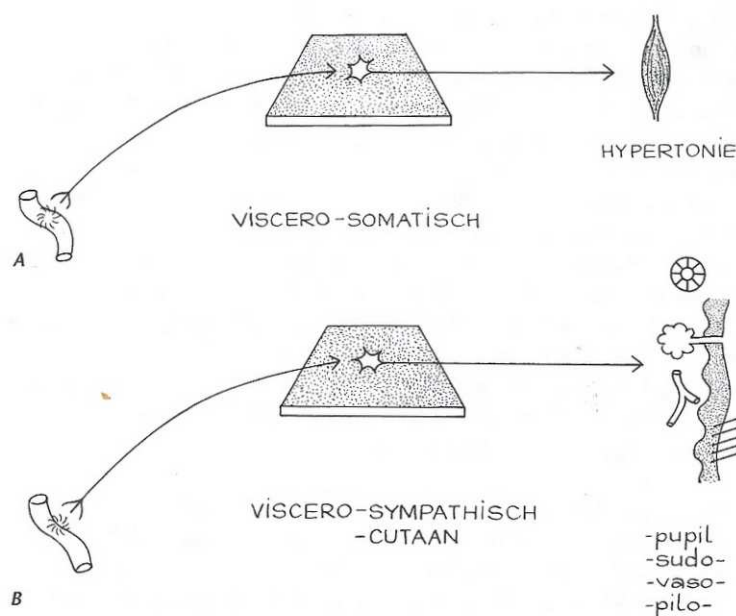
Parasympatische hyperactiviteit komt niet vaak voor. Indien hier sprake van zou zijn dan zal dit geen duidelijke segmentale uitwerking hebben op de huid en het onderhuids bindweefsel aangezien de parasympatische efferentie vrijwel niet gesegmenteerd is. Dit zal verder dan ook niet besproken worden.

3.5 Unisegmentale reflexen

Unisegmentale reflexen, oftewel reflexen die binnen één segment plaatsvinden, zijn een voorbeeld van de wisselwerking tussen autonoom en somatisch zenuwstelsel.

Naast puur autonome en puur somatische reflexen vinden er op ruggenmergsniveau nog drie categorieën reflexen plaats:

- De viscerosomatische reflex (of viscerocutaan) en de viscerosympathische reflex: de toestand van een orgaan weerspiegelt zich aan het lichaamsoppervlak. Segmentale symptomen zoals in hoofdstuk 4.2 beschreven worden vallen hieronder. Dit is voornamelijk van diagnostisch belang. Zie figuur 37.
- De somatosympathische/ cutosympathische reflex: prikkeling van het lichaamsoppervlak heeft invloed op het functioneren van de viscera en het autonoom zenuwstelsel. Dit heeft vooral een therapeutisch belang. Denk aan de invloed van bijvoorbeeld fasciale technieken en massage, maar ook aan het likken van een merrie van haar pasgeboren veulen.
- De visceroviscerale reflexen: orgaanreflexen, in principe betreft dit organen die tot hetzelfde segment behoren. Via reflexketens worden andere organen 'meegesleurd' in een gedwongen afwijkend functioneren. Dit levert diagnostische dwaalsporen op en dit gebeurt buiten het centraal zenuwstelsel om. (15) (17) (18) (21)



Figuur 37: Viscerosomatische en viscerosympathische reflexen (Segmentale verschijnselen, B. van Cranenburgh, Bohn Stafleu Van Loghum, 2004)

Hoofdstuk 4 Segmentale diagnostiek

Hyperactiviteit in een bepaald segment kan zich op allerlei wijzen uiten aan het lichaamsoppervlak. Kleur, temperatuur, consistentie en sensibiliteit van de huid en de onderhuidse fasciae kunnen een weerspiegeling zijn van de toestand van het gehele segment.

Observatie van een aantal symptomen kan leiden tot informatie over het segment. Een enkel segmentaal teken heeft weinig betekenis, het gaat om de combinatie van segmentale symptomen. Je kunt onmogelijk concluderen dat er bijvoorbeeld één orgaan afwijkt, maar slechts stellen dat één of meerdere segmenten hyperactief zijn. Je spreekt daarom van 'segment-diagnose'. En bij één segment kunnen bijvoorbeeld meerdere organen betrokken zijn.

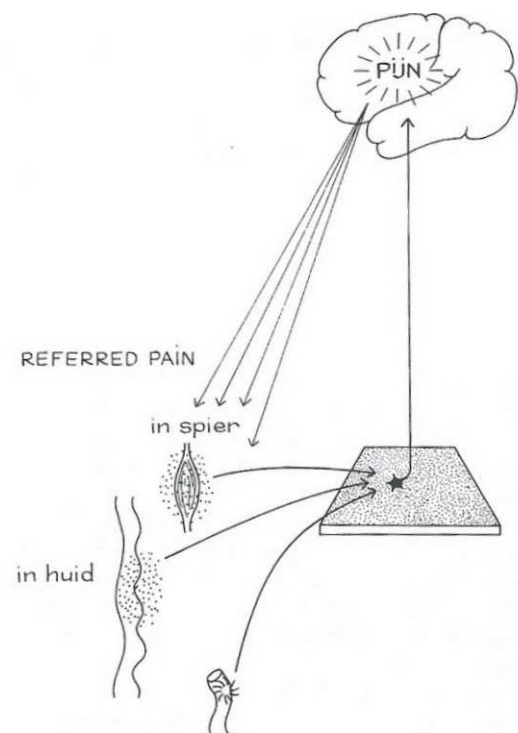
4.1 Het ontstaan van segmentale symptomen

Er zijn meerdere mogelijkheden voor het ontstaan van segmentale symptomen:

A

Prikkels uit viscera interfereren met prikkels die vanuit andere lichaamsdelen in datzelfde segment binnenstromen en convergeren. Dit is de verklaring voor 'referred pain': er wordt pijn ervaren in spier- of huidgebieden die behoren tot het hyperactieve segment, omdat de hersenen de binnenkomende afferentie verkeerd interpreteren en de sensatie 'pijn' projecteren op het bijbehorende dermatoom of myotoom. (Zie figuur 38)

Blijkbaar worden in de achterhoorn en de thalamus impulsen uit viscerο-afferenten en somato-afferenten opgeteld. De viscerο-afferenten convergeren op dezelfde postsynaptische neuronen. (18)



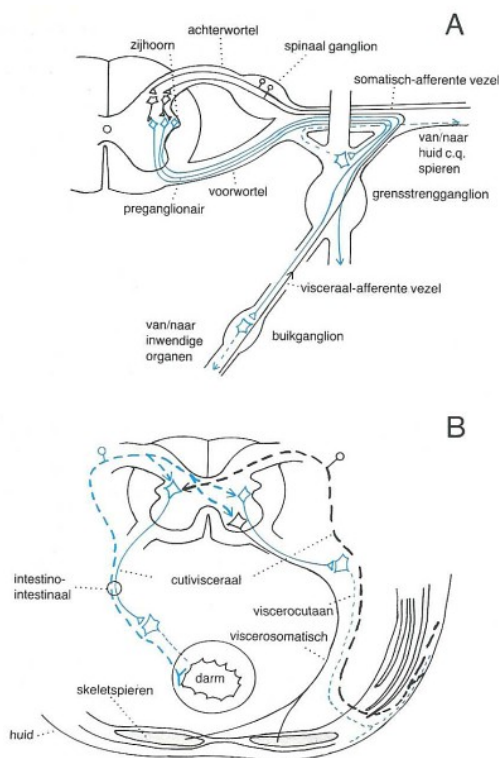
Figuur 38: Referred pain (Segmentale verschijnselen, B. van Cranenburgh, Bohn Stafleu Van Loghum, 2004)

Henry Head beschreef deze zones al rond 1900 en ze worden daarom zones van Head genoemd. Referred pain is een subjectief verschijnsel, maar bij het paard kun je overgevoeligheid wel onderzoeken door middel van huidtesten. Zie hoofdstuk 5 voor meer informatie over het osteopatisch onderzoek.

B

Prikkels uit viscera veroorzaken via het ruggenmerg reflexen

- Viscero-somatisch via motorische voorhoorncellen. Dit resulteert in hypertonie in het myotoom.
- Viscero-sympatisch via sympatische zijhoorncellen. Via de grensstreng en perifere zenuwen of de bloedvatwand bereiken de vezels de periferie en geven daar sympatische symptomen in vasomotoriek, sudomotoriek, pilomotoriek en de trofiek van het weefsel. (18)



Figuur 39: A, de vegetatieve spinale reflexboog en B, segmentale spinale reflexen (Bindweefselmassage, Piet, JFM., Sachs, JJ. en Sachs-Piet, IMA., de Tijdstroom, 1993)

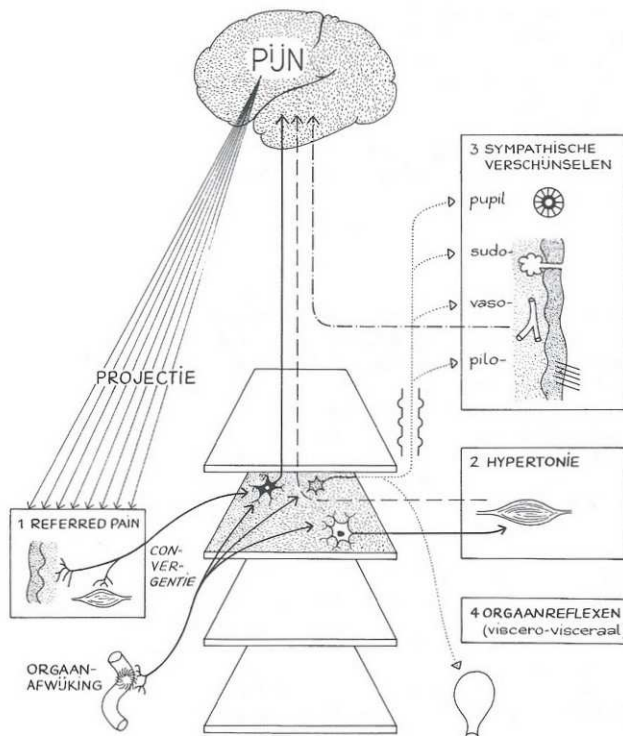
C

Als gevolg van letsel of een blokkade is een bepaald segment hyperactief, wat zijn weerslag heeft op alle structuren die door het dat segment geïnnerveerd worden.

4.2 Segmentale symptomen

Er bestaan drie categorieën in segmentale symptomen:

1. Viscerale pijn/ referred pain/ referred sensations (bijvoorbeeld tintelingen)
2. Hypertonie
3. Sympatische symptomen



Figuur 40: een overzicht van mogelijke segmentale symptomen (Segmentale verschijnselen, B. van Cranenburgh, Bohn Stafleu Van Loghum, 2004)

4.2.1 Viscerale pijn

Ruch (1979) geeft een indeling in viscerale pijn, reffered (viscerale pijn) en quasi-viscerale/ parietale pijn.

- Viscerale pijn is een diepe diffuse pijn, moeilijk te lokaliseren.
- Referred pain zoals eerder beschreven in hoofdstuk 4.1. De pijn projecteert zich dan dus op een ander deel van het lichaam, maar heeft zijn oorsprong in de viscera.

- Parietale pijn heeft zijn oorsprong niet in het orgaan zelf, maar ontstaat door prikkeling van vliezen als pleura of peritoneum.

Pijn bij een viscerale stoornis kan zich op vele diverse lokaties in het lichaam manifesteren, dit wordt bepaald door de afferente innervatie en de geprikkelde structuren. Naast pijn kan ook alleen hyperalgesie (overgevoeligheid) optreden.

Qua lokalisatie van deze zones kunnen verschillende situaties voorkomen:

- De zone verschilt van een perifeer zenuwgebied
- De zone ligt wel binnen de grenzen van het dermatoom, maar vertoont binnen dit dermatoom 'maximaalpunten', dat wil zeggen dat sommige punten binnen het dermatoom meer hyperalgetisch zijn dan anderen. Er is dus variatie in de mate van hyperalgesie binnen één dermatoom.
- De zone kan zich longitudinaal via het ruggenmerg uitbreiden over het lichaam en zich tevens spiegelen in de andere lichaamshelft. (factor tijd) (18)

Het is zeer moeilijk om deze zones bij een paard door middel van onderzoek te definiëren. Pijn is subjectief en een paard kan hierin geen nuances aangeven. Een fenomeen als hyperalgesie is dus al een stuk moeilijker te duiden.

Ik vermijd bewust de term 'triggerpoint' omdat de door mij geraadpleegde literatuur niet eenduidend is over de definitie van een triggerpoint. Zo heb ik niet opgehelderd kunnen krijgen of een triggerpoint alleen een hyperalgetisch punt of juist een zogenaamd maximaalpunt is, of er op die lokatie ook structurele veranderingen aanwezig dienen te zijn, zoals lokale verbindweefseling of hypertonie van musculatuur, of dat een triggerpoint wellicht overeenkomt met een acupunctuurpunt.

In het kader van het onderwerp van deze thesis acht ik het niet van specifiek belang om dit te kunnen benoemen en ik spreek dan ook liever van 'pijnpunten' of van zones met een hogere tonus of een veranderde trofiek.

4.2.2 Hypertonie

Ook al betreft hypertonie niet specifiek de huid en het onderhuids bindweefsel, toch benoem ik dit kort vanwege het feit dat je bij een paard, door de dunne subcutane laag, vrijwel altijd ook de spier mee palpeert.

Hypertonie is, in tegenstelling tot pijn, objectiever waar te nemen. Een hypertone zone noemt men een zone van MacKenzie. Kennspieren zijn spieren die een deel van het myotoom vertegenwoordigen behorende bij een bepaald segment. Humaan wordt, door middel van het uitvoeren van specifieke weerstandstests van kennspieren, getest in welk segment zich een probleem voordoet.

Vooral in een vroeg stadium uit een visceraal probleem zich door een duidelijk afgebakende, zuiver segmentale, hypertonie. Met de factor tijd breidt dit gebied zich longitudinaal uit en vinden er meer structurele veranderingen in het weefsel plaats. Bijvoorbeeld: défense musculaire van de buikspieren. Op dat moment is er nauwelijks nog een segmentale conclusie mogelijk.

Er komen een aantal vicieuze cirkels op gang, bijvoorbeeld: door constante hypertonie treedt als gevolg van vasoconstrictie ischemie op van een spier, dit geeft pijn en deze klachten kunnen uiteindelijk zó ernstig worden dat de oorspronkelijke segmentale klacht hierdoor gemaskeerd wordt. (18)

4.2.3 Sympatische symptomen

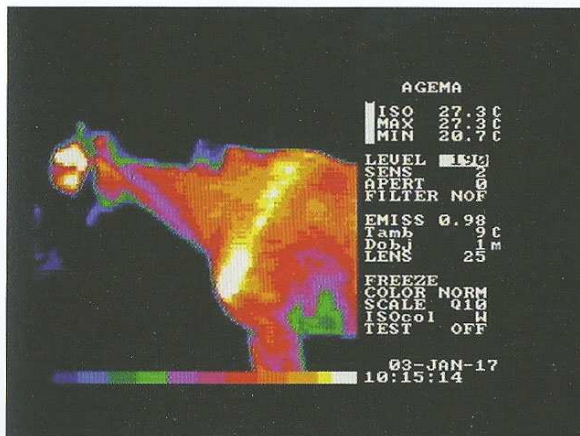
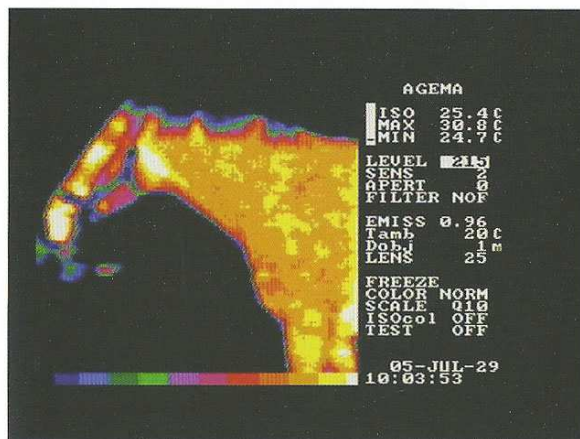
Sympatische zones kunnen ontstaan in hyperactieve segmenten, bijvoorbeeld als gevolg van een blokkade of verstoorde viscerale afferentie. Er kunnen zich veranderingen voordoen in de:

Vasomotoriek

Als gevolg van verhoogde sympatische activiteit vindt vasoconstrictie plaats. De verminderde doorbloeding kan voor een bleke kleur en een temperatuursdaling zorgen in het segment. De bleke kleur is bij een paard alleen duidelijk waar te nemen op onbehaarde delen van het lichaam, zoals het tandvlees. Door middel van thermografie kan men temperatuurszones in kaart brengen. (18) (Zie hiervoor figuren 41 en 42)



Figuur 41: Thermografische opname van een duidelijk verschil in temperatuur tussen beide voorbenen bij een paard. Het rode gedeelte is kouder, wat wijst op vasoconstrictie. (Osteopathy and the treatment of horses, Pusey, a., Brooks, J. en Jenks, A., Wiley-Blackwell, 2010)



Figuur 42: thermografische beelden van een gezonde cervicale regio bij een paard (bovenste afbeelding) en een paard met een hoog-cervicale blokkade (onderste afbeelding), waarbij er als gevolg van vasoconstrictie lokaal een duidelijk lagere temperatuur wordt waargenomen, deze gebieden zijn donkerder gekleurd. (Osteopathy and the treatment of horses, Pusey, a., Brooks, J. en Jenks, A., Wiley-Blackwell, 2010)

Sudomotoriek

Zweetklieren worden sympatisch geïnnerveerd. Bij verhoogde sympatische activiteit in een segment treedt een versterkte zweetsecretie op, waardoor de huid vochtig aanvoelt.

Bij het paard is dit relatief duidelijk waar te nemen aangezien de vacht lokaal vochtig wordt en daardoor vaak wat donkerder kleurt. (Zie figuur 43)



Figuur 43: voorbeeld van segmentaal verstoorde sudomotoriek bij het paard (Vetlearn.com, 2011)

Pilomotoriek

De mm. arrector pili worden sympatisch geïnnerveerd. Bij verhoogde sympatische activiteit in een segment is dit lokaal waar te nemen door een veranderde structuur of stand van de haren ten opzichte van de rest van de vacht.

Door onderliggende verhoogde fasciale spanning kan de stand van de haren lokaal veranderen. Dit hoeft dus niet altijd een verstoorte pilomotoriek als oorzaak te hebben. Kleinere lokale veranderingen in de stand van de vacht zullen eerder een onderliggende fasciale spanning als oorzaak te hebben, grotere gebieden met een veranderde stand van de vacht hebben eerder een sympatische overprikkeling als oorzaak.

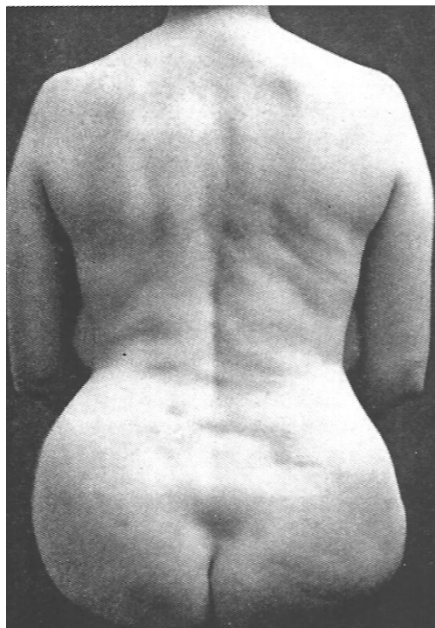
'Kippenvel' is echter meestal niet permanent zichtbaar, terwijl een veranderde stand van de haren door onderliggende fasciale spanning wel continu zichtbaar is.

Trofiek

Hierover is veel beschreven maar er is ook erg veel onduidelijk. Het is echter een empirisch gegeven dat een langdurig verhoogde sympatische activiteit zorgt voor een veranderde consistentie, elasticiteit, immuniteit, kwetsbaarheid en doorbloeding van de huid en de onderliggende lagen.

Hierdoor ontstaan zogenaamde bindweefselzones zoals beschreven door onder andere Sachs-Piet. (21) (Zie figuur 44) Humaan is dit zeer duidelijk zichtbaar, echter door de stevige collageen structuur, de kleine hoeveelheid subcutaan vet, het haarkleed en de strakke fasciale verbindingen is dit bij het paard minder duidelijk zichtbaar.

Palpatoir levert dit vaak stugheid op, soms voelen ernstig gefibroseerde zones zelfs 'hard' aan. Vaak zijn crepitaties voelbaar, of lijkt het of er zand of gruis onder de huid voelbaar is.



Figuur 44: zogenaamde bindweefselzones humaan (Bindweefselmassage, Piet, JFM., Sachs, JJ. en Sachs-Piet, IMA., de Tijdstroom, 1993)

Fasciale hypertonie

Zoals benoemd in hoofdstuk 2.4 staan myofibroblasten in fasciale structuren onder autonome controle. Bij langdurig verhoogde sympatische activiteit in een segment zal dit zorgen voor een chronisch verhoogde fasciale tonus. Dit leidt op termijn tot metabolische en fysiologische terugval en structurele veranderingen en zal hiermee ook bijdragen aan het ontstaan van oppervlakkiger bindweefselzones en diepere fasciale problemen. Doordat fasciae in de diepte overgaan in capsulaire structuren rond facetgewrichten kan langdurige fasciale spanning tot blokkades leiden.

4.3 Lokalisatie sympatische symptomen

Er bestaat zoals al eerder genoemd een discrepantie tussen de somatische en de sympatische innervatie. Dit is te verklaren door de afwezigheid van zijhoorn in het cervicale en sacrale ruggenmerg, waardoor er via de grensstreng divergentie plaatsvindt.

Een sympatisch symptoom kan zich dus op een geheel andere plaats in het lichaam presenteren dan een hypertone zone of een zone van Head.

Het is dus niet juist om alleen in een hyperactief dermatoom of myotoom te zoeken naar sympatische symptomen. (18) Zie hiervoor hoofdstuk 3.4.2.5.

Humaan wordt bij het interpreteren van segmentale symptomen gebruik gemaakt van twee regels: de Seitenregel en de Segmentregel.

4.3.1 De Seitenregel

De Seitenregel is in 1962 geformuleerd door Hansen en Schliack.

Volgens deze regel veroorzaken sommige organen op de linkerzijde van het lichaam segmentale symptomen en sommige organen op de rechterzijde van het lichaam.

Een gestandaardiseerde Seitenregel voor het paard bestaat niet, echter kun je rekening houden met het feit dat de autonome innervatie van de maag via de linkerzijde verloopt, en de lever, pancreas en het caecum vanuit de rechterzijde autonoom bezenuwd worden. (10)

Hansen en Schliack hebben (humaan) per orgaan alle mogelijke segmentale symptomen verzameld en hun uitgebreide beschrijvingen tonen een enorme diversiteit in de uitingsvorm van segmentale symptomen. (18)

4.3.2 De Segmentregel

Bij welk ruggenmergssegment hoort de plaats van de waargenomen symptomen en welke organen passen bij dit segment?

Een optelsom van je kennis en ervaring als osteopaat zorgt ervoor dat je relaties kunt leggen en bij benadering kunt herleiden welke structuren uit hetzelfde segment geïnnerveerd worden.

Zie hiervoor ook de globale richtlijn in hoofdstuk 5.4.

Hoofdstuk 5 Segmentaal onderzoek

Tijdens het interpreteren van segmentale symptomen is het van belang om over een aantal zaken na te denken:

- Hoe betrouwbaar is de waarneming? (subjectiviteit therapeut, intensiteit test, type paard)
- Hoe waren de condities tijdens de waarneming? (temperatuur, weer, paard net gewerkt of bezweet, wintervacht of geschoren, uitgangshouding, belichting?)
- Is het symptoom wel segmentaal, of eerder lokaal of een anatomische variatie?
- Is er sprake van een combinatie van symptomen? Een enkel segmentaal teken heeft niet voldoende diagnostische waarde.

De factor **tijd** is in dit kader van cruciaal belang: naarmate er langere tijd sprake is van een verstoring in een bepaald segment zal deze verstoring zich longitudinaal uitspreiden over meerdere segmenten en gaat het specifiek segmentale karakter verloren. Ook zullen er structurele veranderingen optreden, onder andere als gevolg van een verminderde doorbloeding door vasoconstrictie. (18)

Van belang is ook jezelf tijdens het testen af te vragen WAT je precies aan het testen bent. Test je de trofiek van het bindweefsel, fasciale tractie of bijvoorbeeld de doorbloeding? Voor het interpreteren van je tests is het van groot belang dat je goed inzicht hebt in de efferente en afferente routes van het autonoom zenuwstelsel, en tevens globaal inzicht hebt in de structuren die vanuit een bepaald segment geïnnerveerd worden

In dit hoofdstuk zal ik een aantal testen suggereren en tevens een aantal voorbeelden geven van segmentale relaties in het paard.

5.1 Inspectie

De inspectie van het paard geeft een algemene indruk van de conditie, maar tegelijkertijd kun je attent zijn op lokale veranderingen in het exterieur. Het exterieur wordt immers bepaald door het interieur. Neem de tijd voor de inspectie, dit kan al een ruime indicatie geven van de bestaande problematiek en de lokalisatie hiervan.

Bekijk het paard van voren, achteren, opzij en vanuit een schuine hoek. Vanuit een schuine hoek kun je een goed beeld krijgen van veranderingen aan het haarkleed.

(10)

5.1.2 Aandachtspunten inspectie

Aandachtspunten bij het zoeken naar segmentale symptomen tijdens de inspectie zijn:

- Algehele dofheid van de vacht, of lokale dofheid.
- Lokale pilo-erectie of anderszins veranderde stand van de haren
- Lokale zweetplekken
- Lokale slijtage van de vacht
- Witte haargroei langs de wervelkolom
- Bultjes
- Zwelling (let op, vaak lijken de weerszijden van een intrekking of verkleving op zwellingen maar zijn dit niet)
- Mok
- Schimmel
- Oedeem in de benen
- Hoefkwaliteit, brokkelhoeven, losse wand, hoefringen wijzend op laminitis
- Intrekkingen/ verklevingen/ bindweefselzones
- Contouren musculatuur (atrofie/hypertrofie)
- Schilfertjes
- Kleur van de huid (indien mogelijk)
- Stand van de wervelkolom, opgetrokken buik
- Asymmetrische stand van de benen (bijvoorbeeld leverstand?)

5.2 Huidtesten

Door middel van huidtesten kun je een beter beeld krijgen van fasciale spanning, de trofiek van de huid, hyperalgesie, structuur van de huid, temperatuur, kwaliteit van het haarkleed, vochtigheid/zweten en de tonus van de onderliggende musculatuur. Hiermee geven deze testen een indicatie voor de zone van het letsel.

Aangezien de subcutane laag van het paard zeer dun is, is er bij vrijwel iedere huidtest gelijk sprake van prikkeling van de oppervlakkige fasciale laag, van de direct onderliggende musculatuur en tevens van het periost van de processi spinosi van de wervelkolom. Dit zou verwarrend kunnen zijn, maar geeft gelijk een compleet beeld van de toestand van het segment.

De romp is relatief makkelijk te onderzoeken en beoordelen wegens de duidelijke segmentale ordening.

5.2.1 Drie minuten-test

Na de inspectie testen wij reeds een aantal zaken zoals hierboven beschreven in de drie minuten-test, te weten:

- Temperatuursverschillen
- Tonus
- Provoceren pijnpunten in paravertebrale musculatuur
- Onregelmatigheden in huid en contouren
- Globale indruk van huid- en vacht conditie
- Reactie van paard op palpatie
- Fasciale mobiliteit ventrale ketting/hyoid
- Craniosacrale mobiliteit sphenoid-occiput
- Stand van de ribben (10)

5.2.2 Aanvullende tests

Aanvullend zijn de volgende tests mogelijk, deze dienen voor een volledig beeld links en rechts te worden uitgevoerd om een indicatie te kunnen geven van de segmentale toestand van het weefsel:

- **Fasciale listenings** op lokalisaties waar je een probleem verwacht. Dit kan kortdurend omdat deze listening je alleen een indicatie hoeft te geven.
- **Verschuifbaarheid huidlagen ten opzichte van elkaar**, de **plooimethode** is bij een paard wel mogelijk, maar als gevolg van de strakheid van de huid niet heel makkelijk uit te voeren en zeker niet op alle delen van de wervelkolom. Bij de plooimethode kun je gelijktijdig een beeld krijgen van de hydratatie van de huid door het testen van de turgor. (De turgortest is voor het bepalen van de totale vochtbalans zeer onbetrouwbaar, echter als onderdeel van het bepalen van de lokale bindweefselkwaliteit is deze test een geschikt middel. De huid moet binnen 5 seconden weer zijn teruggeveerd in de originele vorm.)



Figuur 45: De plooimethode, minder goed uit te voeren op de strakke huidlagen op de wervelkolom bij het paard. Tevens een test voor het bepalen van de turgor.

De **schuifmethode** is bij het paard beter uit te voeren, je schuift bij deze test de oppervlakkige huidlaag losjes van caudaal naar craniaal over de diepere huidlagen en beoordeelt hierbij de mate van weerstand en het links-rechts verschil. Dit vergelijk je met andere segmenten. Beoordeel de reactie van het paard, provoceert de test pijn? Hoe is de consistentie van het weefsel, zijn er crepitaties? (21)



Figuur 46: De schuifmethode, waarbij je de oppervlakkige huidlaag losjes van caudaal naar craniaal 'duwt' over de diepere huidlagen.

Ook kun je kiezen voor het **'trekken'** van de vingers van craniaal naar caudaal aan weerszijden van de wervelkolom om verschillen in bindweefselkwaliteit te beoordelen, op dezelfde wijze als wanneer je een huidtest uitvoert om pijnpunten te provoceren en te lokaliseren.

- Vochtigheid huid
- Is er sprake van onderhuidse crepitaties, of voelt het of er zand of gruis onderhuids aanwezig is?
- Consistentie weefsel: voelt het weefsel hard, stug of eerder week of sponsachtig aan?
- Vettigheid haar/talg, of juist schilferige droge huid?
- Structuur: bultjes, wondjes, littekens, fibrose?
- Federungen, om hyperalgesie aan het periost vast te stellen
- N. Phrenicus prikkelpunt, voor meer feedback vanuit viscera
- Motiliteit viscera globaal
- Mobiliteitsonderzoek wervelkolom (10) (22) (23) (7)

5.3 Aandachtspunten bij het onderzoek

Oppervlakkige fasciale spanning is driedimensionaal en gaat in de diepte over in de kapsels van facetgewrichten. Blijf dus niet te oppervlakkig denken. Segmentaal onderzoek is een deel van het geheel, een deel dat richting kan geven aan het onderzoek en je meer informatie kan verschaffen.

Blokkades, maar ook de motiliteit van viscera geven zeer veel informatie over de problematiek in een bepaald segment. Daarom zal het oppervlakkige onderzoek altijd gevolgd dienen te worden door een mobiliteitsonderzoek en een onderzoek naar motiliteit van viscera.

Uitscheidende organen, zoals lever, nieren, caecum en colon geven de meeste negatieve afferentie naar het ruggenmerg.

Bij langdurig gebruik van pijnmedicatie en bij langdurige blokkades vermindert de reactie op prikkels als gevolg van verstoorde afferentie, het is dus belangrijk om meer informatie te hebben over medicijngebruik omdat dit de uitkomst van je onderzoek kan beïnvloeden.

Als gevolg van een slecht passend zadel kun je ook veranderingen in huid en onderhuids bindweefsel terugvinden, dit zijn in eerste instantie geen segmentale verschijnselen, maar een lokaal trauma. Denk hierbij aan onderhuidse zwellingen, bindweefselbobbeltjes en afgebroken haren. De factor tijd kan in deze gevallen een groepsletsel veroorzaken en dit heeft gevolgen voor de trofiek van de huid, in een later stadium kunnen deze klachten dus wel een duidelijker segmentaal karakter krijgen.

Problemen in extremiteiten worden veel vaker veroorzaakt door sympatische hyperactiviteit dan door een plexus-, dus somatisch probleem. (10)

Hoofdpijnzones die bij viscerale stoornissen kunnen voorkomen verdienen ook speciale aandacht bij het paard. Via schakeling in het ganglion stellatum en ganglion cervicale craniale kan referred hoofdpijn optreden (onder andere als gevolg van vasoconstrictie en ischemie in het hoofd). Dit is zeer moeilijk, zo niet onmogelijk te duiden, maar zou wel een punt van overweging moeten zijn wanneer een paard overeenkomstige klachten presenteert.

Sympatische problemen in het hoofd kunnen verder zijn:

- Sinusitis
- Tinnitus
- Oogproblemen
- Speekselproblemen (te stroperig)

Sympatische problemen in de extremiteiten zijn onder andere:

- Laminitis
- Brokkelhoeven
- Oedeem
- Mok
- Spat (10)
- Lage belastbaarheid als gevolg van verminderde doorbloeding

5.4 Richtlijn segmenten en hun innervatiegebieden

De bezenuwing van organen is niet precies segmentaal te benoemen wegens de grote diversiteit tussen individuen onderling. Je zoekt in dit geval de grootste gemene deler en bekijkt de segmentale verdeling in blokken met organen met dezelfde innervatie.

Het volgende schema moet dus gezien worden als een **globale** richtlijn voor welke problemen je zoal kunt verwachten bij een probleem in een bepaald segment.

Segment	Orgaan	Problematiek
C0/C1	PS innervatie via n. Vagus van borst- en buikorganen	<ul style="list-style-type: none"> • OAA • Hyoid • Hoofdpijn • Ganglion cervicale craniale > sympaticus hoofd
C2-C4		<ul style="list-style-type: none"> • Moeilijk aan het bit • Wobbler
C5-C7	Via n. Phrenicus: verpakking organen borst- en buikholte	<ul style="list-style-type: none"> • N. Phrenicus • Diafragma en ademhaling • Somatisch: plexus brachialis • Diafragma
C8	Hart	<ul style="list-style-type: none"> • Conditionele problemen • Slecht herstel na inspanning • Kortademigheid/ dampigheid • Ganglion stellatum > sympaticus bezenuwing hoofd • Singelnijd • Sympatische bezenuwing voorbeen • Somatisch: plexus brachialis
T1	Hart Longen	<ul style="list-style-type: none"> • Sympatische bezenuwing hoofd • Sympatische bezenuwing voorbeen • Somatisch: plexus brachialis
T2	Hart Longen	<ul style="list-style-type: none"> • Sympatische bezenuwing hoofd • Sympatische bezenuwing voorbeen
T3	Hart Longen	<ul style="list-style-type: none"> • Sympatische bezenuwing hoofd • Sympatische bezenuwing voorbeen
T5	Hart Longen	<ul style="list-style-type: none"> • Sympatische problemen voorbeen en cervicaal

T6	Hart Longen	<ul style="list-style-type: none"> • Sympatische problemen voorbeen en cervicaal
T7	Hart Dunne darm Maag	<ul style="list-style-type: none"> • Sympatische problemen voorbeen en cervicaal
T8	Dunne darm Maag Lever	<ul style="list-style-type: none"> • Sympatische problemen voorbeen en cervicaal
T9	Lever Dunne darm Milt Pancreas Maag	<ul style="list-style-type: none"> • Sympatische problemen voorbeen en cervicaal
T10-12	Lever Dunne darm Milt Pancreas Maag	<ul style="list-style-type: none"> • Opgeblazenheid • Luchtzuigen • Diabetes • Leverbultjes
T13-14	Lever Maag Milt Pancreas	<ul style="list-style-type: none"> • Leverbultjes • Opgeblazenheid • Luchtzuigen
T15	Colon Bijnieren	<ul style="list-style-type: none"> • Vegetatieve dysbalans • Overmatig zweten • Nazweten algeheel • Diarree • Flegmatisme
T16	Bijnieren Colon	<ul style="list-style-type: none"> • Verhoogd cortisol/ adrenaline • Vegetatieve dysbalans
T17	Bijnieren Nieren Colon	<ul style="list-style-type: none"> • Verhoogd cortisol/ adrenaline • Vegetatieve dysbalans
T18	Colon Nieren Uterus Blaas	<ul style="list-style-type: none"> • Koliëk • Opgetrokken buik • Karperrug • Afsgeleten haren door schabrak • Donkere urine • Sympatische problemen sacraal
L1	Nieren Uterus Ovaria/ testikels Blaas	<ul style="list-style-type: none"> • Hormonale stoornissen, a. ovarica • Castratielitteken • Karperrug • Afferent verzamelpunt • Kale doffe plekken in de vacht ter hoogte van de nieren • Donkere urine • Sympatische problemen sacraal • Plexus lumbalis somatisch
L2	Nieren	<ul style="list-style-type: none"> • Let op: bij renpaarden en westernpaarden

	Rectum Uterus Ovaria/ testikels Blaas	<p>agv explosieve actie veel L2 problematiek</p> <ul style="list-style-type: none"> • Donkere urine • Sympatische problemen sacraal • Plexus lumbosacralis somatisch • Psoasmusculatuur
L3	Rectum Uterus Ovaria/ testikels Blaas	<ul style="list-style-type: none"> • Diarree • Koliek • Mest stinkt • Patellaproblemen via n. Femoralis • Plexus lumbalis somatisch • Psoasmusculatuur
L4	Rectum Uterus Ovaria/ testikels Blaas	<ul style="list-style-type: none"> • Lumbago/ ischias • Plexus lumbalis somatisch
L5	Blaas Ovaria/ testikels	<ul style="list-style-type: none"> • Lumbago/ ischias • Plexus lumbalis somatisch
L6	Blaas Uterus	<ul style="list-style-type: none"> • Baarmoederontsteking • Let op naar achteren geplaatste achterbenen • Plexus lumbalis somatisch
Sacraal	Rectum PS Uterus PS Genitaliën PS Blaas PS	<ul style="list-style-type: none"> • Via psoasmusculatuur sacrale problemen: check L1-L2 • Incontinentie • Plexus sacralis somatisch • Parasympatische innervatie bekkenorganen

(10) (24) (25) (26) (27)

Conclusie

Tijdens het schrijven van deze thesis bleek dat de segmentale onderverdeling van het lichaam niet zo eenvoudig is te interpreteren als ik in eerste instantie dacht.

Met name de discrepantie tussen de autonome en de somatische projectie op het lichaam, de grote divergentie, overlap en de individuele verschillen in segmentale innervatie maken het lastig, zo niet onmogelijk, om slechts op basis hiervan bindende conclusies te kunnen trekken in het osteopatisch onderzoek.

Tevens speelt de factor tijd een zeer grote rol in de mate van zuiver segmentale projectie van onderliggende stoornissen op het lichaamsoppervlak.

Wanneer je tijdens het osteopatisch onderzoek een bevinding doet ten aanzien van de toestand van de huid of het onderhuids bindweefsel dan kun je in eerste instantie niet zeggen of dit een lokaal of een segmentaal verschijnsel is; pas de **combinatie** van verschillende bevindingen zorgt ervoor dat je kunt spreken van segmentale symptomen.

De combinatie van gevonden segmentale symptomen in de huid en het onderhuids bindweefsel, samen met de bevindingen uit het bewegingsonderzoek van de wervelkolom, het craniosacrale onderzoek, en het onderzoek naar de motiliteit van viscera, zorgen ervoor dat je beter en wellicht sneller een conclusie zult kunnen trekken over de aard en lokalisatie van de problematiek. Segmentaal onderzoek fungeert als leidraad tijdens het onderzoek, helpt bij het scherp stellen van de osteopatische diagnose en is een middel om sneller relaties te kunnen leggen.

Een gedegen kennis van anatomie, fysiologie, neurologie en osteopatische relaties in het lichaam is een voorwaarde om deze verschijnselen te kunnen interpreteren en deze in een groter kader te kunnen plaatsen. Tevens is het van belang dat de onderzoeker ervaring heeft in het interpreteren van hetgeen hij of zij palpeert en test; een zeker 'fingerspitzen-gefühl' heeft ontwikkeld voor het speuren naar kleine veranderingen in structuur of spanning van de huid. Een vakgebied waar osteopaten bij uitstek in getraind worden tijdens hun opleiding.

De grote waarde van het enorme diagnostische middel dat de huid, het onderhuids bindweefsel en de overige fasciae vormen is mij nog veel meer duidelijk geworden.

De vraagstelling tijdens het schrijven van deze thesis was:

Hoe kun je segmentale symptomen van de huid en het onderhuids bindweefsel optimaal benutten in het osteopatisch onderzoek?

Het antwoord op mijn vraagstelling luidt dat het uitvoeren van een segmentaal onderzoek van de huid en het onderhuids bindweefsel een **aanvullende** waarde heeft tijdens het osteopatisch onderzoek, doordat er tijdens de inspectie en het testen van de huid en het onderhuids bindweefsel al een duidelijker en completer beeld gevormd kan worden van eventuele segmentale problematiek.

Mijn overige doelstellingen waren om mijzelf en de lezer meer inzicht te kunnen bieden in segmentale relaties in het lichaam en het ontstaan van segmentale symptomen, en deze informatie te bundelen tot een overzichtelijke 'handleiding'.

Ik denk dat ik in deze opzet geslaagd ben, echter is het onderwerp van een zodanig complexe aard dat het geen eer zou doen aan de materie indien dit te bondig zou zijn samengevat. Juist het geheel aan informatie biedt inzicht, maakt dat je kunt 'spelen' met segmentale relaties en deze praktisch toe kunt passen in het osteopatisch onderzoek.

Het schrijven van deze thesis riep weer veel nieuwe vragen bij mij op. Bijvoorbeeld: "hoe herstelt de conditie van huid en onderhuids bindweefsel zich na een osteopatische behandeling?"

Het is in het belang van het afbakenen van het onderwerp geweest om hier niet op in te gaan, wellicht prikkelt deze thesis iemand anders om in de toekomst een follow-up te doen om te zien op welke manier segmentale symptomen van de huid en het onderhuids bindweefsel reageren op een osteopatische behandeling.

Deze thesis is voor mijzelf een opzet geweest om meer inzicht en kennis te verzamelen zodat ik hier in de praktijk mee aan de slag kan gaan!

Samenvatting

“Mijn paard zit niet lekker in zijn vel”, een opmerking die veel paardeneigenaars maken en die veel impliceert. Het exterieur weerspiegelt immers het interieur van het paard en de conditie van de huid en het onderhuids bindweefsel biedt ons veel informatie die we kunnen gebruiken in de osteopatische diagnostiek.

Segmentatie heeft zijn oorsprong vroeg in de embryologische ontwikkeling, wanneer het mesoderm zich segmenteert in somieten. Een somiet bestaat uit een segment van de neurale buis, en bij ieder segment hoort een deel van de huid (het dermatoom), het skelet (het sclerotoom), een deel van het spierweefsel (het myotoom) en een deel van de viscera (het viscerotoom). Elke somiet is via een eigen zenuwwortel verbonden met het embryonale ruggenmerg. Deze verbinding blijft gedurende het hele verdere leven ongewijzigd, hoewel de meeste organen nog ingrijpend van plaats zullen veranderen tijdens de verdere embryologische ontwikkeling.

Via segmentale reflexen vindt er uitwisseling plaats van informatie binnen één segment, met een wisselwerking tussen het autonoom en het somatisch zenuwstelsel, waardoor het mogelijk is dat negatieve afferentie vanuit een deel van dat segment zorgt voor hyperactiviteit binnen het gehele segment.

Hierdoor kunnen inwendige problemen zich manifesteren op het lichaamsoppervlak. Dit kan symptomen opleveren zoals pijn, hypertonie, een veranderde trofiek van de huid en sympatische symptomen zoals een verstoorde sudomotoriek, vasomotoriek, pilomotoriek en een verhoogde fasciale tonus. De huid en het onderhuids bindweefsel weerspiegelen hierdoor de toestand van het gehele segment en dit kan veel informatie opleveren.

Het is belangrijk om goed inzicht te hebben in het verloop van de somatische en autonome innervatie om segmentale symptomen te kunnen interpreteren. De discrepantie tussen de autonome en de somatische projectie op het lichaam, de grote divergentie, overlap en de individuele verschillen in segmentale innervatie maken het te complex om alleen op basis van deze symptomen een uitspraak te kunnen doen over een bepaald segment. Een enkele bevinding heeft geen

diagnostische waarde; de combinatie van een aantal symptomen is een voorwaarde om te kunnen spreken van segmentale diagnostiek.

Segmentaal onderzoek van de huid en het onderhuids bindweefsel kan worden benut als leidraad tijdens het osteopatisch onderzoek, in aanvulling op het bewegingsonderzoek van de wervelkolom, het craniosacrale onderzoek, en het onderzoek naar de viscerale motiliteit.

Abstract

The exterior of the horse reflects the interior, and the appearance of the horse offers us a lot of information which we can use for osteopathic diagnostics.

Segmentation has its origin in the early embryological development, when the mesoderm segments itself into somites. A somite exists of a segment of the neural tube, and to each segment belongs a part of the skin (the dermatome), a part of the muscular tissue (the myotome), a part of the skeleton (the sclerotome) and a part of the viscera (the viscerotome). Each somite is connected to the embryological spinal cord through its own spinal nerve root. This connection stays unaltered throughout further life, although most organs will change their position radically during further embryological development.

Throughout segmental reflexes an exchange of information takes place within one segment, with interaction between the autonomous and somatic nervous system, thus enabling negative afference from one part of the segment to cause hyperactivity within the whole segment.

This way internal problems can become manifest at the surface of the body, causing symptoms such as pain, hypertonia, decreased skin nutrition and sympathetic symptoms, such as a disturbed sudomotion, vasomotion, pilomotion and increased fascial tonicity. The skin and the subcutaneous connective tissue reflect the condition of the whole segment and this provides us a lot of information.

It is essential to comprehend the somatic and autonomic innervation of the body to be able to interpret segmental symptoms. The discrepancy between the autonomic and somatic projection on the surface of the body, the great divergence, overlap and individual differences in segmental innervation cause too much complexity to be able to judge the condition of a segment based on a single symptom.

A single finding has no real diagnostic value; only the combination of several symptoms enables us to speak of segmental diagnostics. Segmental examination of the skin and the subcutaneous connective tissue can be used as a guideline during the osteopathic examination, in addition to the examination of mobility of the spine, the craniosacral examination and the examination of visceral motility.

Bibliografie

1. **Morree, J.J. de.** *Dynamiek van het menselijk bindweefsel. Functie, beschadiging en herstel.* Houten : Bohn Stafleu Van Loghum, 1989.
2. **Junqueira, L.C., J., Carneiro en Kelley, R.O.** *Functionele histologie.* Maarsse : Elsevier, 2000.
3. *Fascial plasticity - a new neurobiological explanation Part 2.* **Schleip, R.** 2003, Journal of bodywork and movement therapies, pp. 104-116.
4. **Sjaastad, O., K., Hove en O., Sand.** *Physiology of domestic animals.* Oslo : Scandinavian Veterinary Press, 2003.
5. **Rautenfeld, D.B. von en Fedele, C.** *Manuelle Lymphdrainage beim Pferd.* Hannover : Schlutersche, 2005.
6. **Lohmann, AHM.** *Vorm en beweging.* Houten : Bohn Stafleu Van Loghum, 1995.
7. **Paoletti, S.** *The fascia, Anatomy, Dysfunction & Treatment.* Seattle : Eastland Press, 2006.
8. **Langen, B. en Schulte Wien, B.** *Osteopathie für Pferde: Grundlagen und Praxis .* Stuttgart : Georg Thieme Verlag, 2008.
9. **Fawcett, D.W. en Jensch, R.P.** *Concise histology.* London : Arnold, 2002.
10. **Alen, S. en Dirckx, F.** Syllabi ICREO.
11. *Active fascial contractility.* **Schleip, R., Klingler, W. en Lehmann-Horn, F.** 9 Maart 2005, Medical hypotheses, pp. 273-277.
12. **Findley, Th.W. en Schleip, R.** *Fascia research.* Munchen : Elsevier, 2007, pp. 76-77.
13. *Die Bedeutung der Faszien in der manuellen Therapie.* **Schleip, R.** 2004, DO-Deutsche Zeitschrift für Osteopathie, pp. 10-16.
14. *Fascial plasticity - a new neurobiological explanation: Part 1.* **Schleip, R.** 2003, Journal of bodywork and movement therapies, pp. 11-19.
15. **Cranenburgh, B. van.** *Schema's fysiologie.* Lochem : De Tijdstroom, 1991.
16. **Silbernagl, S. en Despopoulos, A.** *Sesam atlas van de fysiologie.* Baarn : Sesam/HB, 2008.
17. **Cranenburgh, B. van.** *Inleiding in de toegepaste neurowetenschappen, deel 1 Neurofilosofie.* Lochem : De Tijdstroom, 1989.

18. **Cranenburgh, B. van.** *Segmentale verschijnselen, een bijdrage aan diagnostiek en therapie.* Houten : Bohn Stafleu Van Loghum, 2004.
19. **Furr, M. en Reed, S.** *Equine neurology.* Oxford : Blackwell, 2008.
20. *The autonomic nervous system.* **Weyns, prof.** sl : ICREO, 2010. p. 55.
Presentatie tijdens herhalingsweekend 2010.
21. **Piet, JFM, Sachs, JJ en Sachs-Piet, IMA.** *Bindweefselmassage.* Utrecht : De Tijdstroom, 1993.
22. **Haussler, KK. DVM, DC, PhD.** Review of the examination and treatment of back and pelvic disorders. *IVIS.* [Online] 2007. <http://www.ivis.org/home.asp>.
23. **Pascucci, J.** *Equine structural integration.* Longmont : Sane systems press, 2007.
24. **Budras, KD. en Rock, S.** *Anatomie van het paard.* Amersfoort : Bloemendal, 2005.
25. **Goody, P.** *Horse anatomy.* Londen : J.A. Allen, 2000.
26. **Pusey, A., Brooks, J. en Jenks, A.** *Osteopathy and the treatment of horses.* Chichester : Wiley-Blackwell, 2010.
27. **Salomon, B en Salomon, W.** *Pferde-Osteopathie.* Stuttgart : Sonntag, 2009.
28. **Pischinger, A.** *The extracellular Matrix and Ground Regulation.* Berkeley : North Atlantic Books, 2007.
29. **Kahle, W.** *Sesam atlas van de anatomie deel 3, zenuwstelsel en zintuigen.* Baarn : Bosch en Keuning, 1982.
30. **Giniaux, D.** *Osteopathie beim pferd.* Stuttgart : Enke Verlag, 2002.
31. **Coelho.** *Zakwoordenboek der geneeskunde.* Arnhem : Elsevier, 1997.
32. **Westmoreland, BF. et al.** *Medical neurosciences.* Boston : Little, Brown and Company, 1994.
33. **Louis Schultz, R. en Feitis, R.** *The endless web, fascial anatomy and physical rality.* Berkeley : North Atlantic Books, 1996.
34. **McMillin, D.** *Early American Manual Therapy, version 6.0.* Virginia beach, Virginia, Verenigde Staten : sn, 2010.
35. **Vis, AJJ.** Spanning, tonus of verdichting van de huid. *Wikifysio.* [Online] 9 maart 2011. [Citaat van: 13 maart 2011.] www.wikifysio.nl.

36. **Moorman, V.** Transient localized sweating in a horse..... *Compendium, continuing education for veterinarians*. [Online] februari 2011. [Citaat van: 13 april 2011.] www.vetlearn.com.

37. **Zohmann, A. , Kasper, M.** *Neuraltherapie in der Veterinärmedizin: Grundlagen, Diagnose, Therapie*. Hannover : Schlutersche, 1994.

Lijst met afbeeldingen

FIGUUR 1: OORSPRONG VAN BINDWEEFSEL (THE FASCIAE, S. PAOLETTI, EASTLAND PRESS, 2006).....	3
FIGUUR 2: SCHEMATISCHE DOORSNEDE VAN EEN COLLAGENE BUNDEL, MET DAARBINNEN COLLAGENE VEZELS, OPGEBOUWD UIT FIBRILLEN (THE FASCIAE, S. PAOLETTI, EASTLAND PRESS, 2006).....	5
FIGUUR 3: ELEKTRONENMICROSCOPISCHE OPNAME VAN COLLAGENE VEZELS, WAARBIJ GOED IS TE ZIEN DAT DEZE UIT VELE FIBRILLEN ZIJN OPGEBOUWD (DYNAMIEK VAN HET MENSELIJK BINDWEEFSEL, JJ DE MORREE, BOHN STAFLEU VAN LOGHUM, 1993)	6
FIGUUR 4: OPBOUW GRONDSUBSTANTIE MET ONDER ANDERE COLLAGENE VEZELS EN PROTEOGLYCANEN (CONCISE HISTOLOGY, D.W FAWCETT & R.P. JENSH, ARNOLD 2002).....	7
FIGUUR 5: OPBOUW VAN DE HUID (DYNAMIEK VAN HET MENSELIJK BINDWEEFSEL, JJ DE MORREE, BOHN STAFLEU VAN LOGHUM 1993).....	9
FIGUUR 6: OPBOUW VAN DE HOEF VANUIT DE DERMIS (PHYSIOLOGY OF DOMESTIC ANIMALS, SJAASTAD, HOVE & SAND, SCANDINAVIAN VETERINARY PRESS 2003).....	10
FIGUUR 7: DIKTE VAN DE HUID VAN HET PAARD IN MILLIMETERS (MANUELLE LYMPHDRAINAGE BEIM PFERD, D. BERENS VON RAUTENFELD, SCHLUTERSCHE, 2005).....	11
FIGUUR 8: VOCHTTRANSPORT DOOR DE CAPILLAIRE WAND (DYNAMIEK VAN HET MENSELIJK BINDWEEFSEL, JJ DE MORREE, BOHN STAFLEU VAN LOGHUM 1993).....	14
FIGUUR 9: TRIADE VAN ZENUW, ARTERIE EN VENE. (WWW.SOMATICS.DE)	15
FIGUUR 10: SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN VASCULARISATIE VAN DE DERMIS. 1 IS HET RETE SUBPAPILLARE, 2 IS HET RETE CUTANEUM, 3 IS EEN ARTERIE, 4 IS EEN VENE EN 5 IS EEN AVA (DYNAMIEK VAN HET MENSELIJK BINDWEEFSEL, JJ DE MORREE, BOHN STAFLEU VAN LOGHUM 1993)	16
FIGUUR 11: SCHEMATISCHE AFBEELDING VAN BLIND ONTSPRINGENDE LYMFECAPILLAIREN (GROEN), PLEXUS VAN PRE-COLLECTOREN (BLAUW) EN DIEPERE COLLECTOREN (ROOD) (MANUELLE LYMPHDRAINAGE BEIM PFERD, D. BERENS VON RAUTENFELD, SCHLUTERSCHE 2005)	17
FIGUUR 12: DE OPBOUW VAN EEN MYOFIBROBLAST (HTTP://TUCKEYPT.COM).....	21
FIGUUR 13: PERIFERE ZENUWSTELSEL VAN HET PAARD IN PAARS AFGEBEELD (PHYSIOLOGY OF DOMESTIC ANIMALS, SJAASTAD HOVE SAND, SCANDINAVIAN VETERINARY PRESS, 2003).....	23

FIGUUR 14: OPBOUW EN STRUCTUUR VAN DE HUID (PHYSIOLOGY OF DOMESTIC ANIMALS, SJAASTAD HOVE SAND, SCANDINAVIAN VETERINARY PRESS, 2003).....	24
FIGUUR 15: SENSIBELE RECEPTOREN IN DE HUID (PHYSIOLOGY OF DOMESTIC ANIMALS, SJAASTAD HOVE SAND, SCANDINAVIAN VETERINARY PRESS, 2003).....	25
FIGUUR 16: VERSCHILLENDE TYPEN MECHANORECEPTOREN IN FASCIA (FASCIAL PLASTICITY- A NEW NEUROBIOLOGICAL EXPLANATION, PART 2, R. SCHLEIP, 2003).....	26
FIGUUR 17: DE INVLOED VAN STIMULATIE VAN MECHANORECEPTOREN OP DE TONUS VAN FASCIAE (FASCIAL PLASTICITY- A NEW NEUROBIOLOGICAL EXPLANATION, PART 2, R. SCHLEIP, 2003)	27
FIGUUR 18: DE RESPONS OP LETSEL IN DE VORM VAN PIJN, HYPERTONIE EN AUTONOME REACTIES (OSTEOPATHY AND THE TREATMENT OF HORSES, PUSEY, BROOKS & JENKS, WILEY-BLACKWELL 2010).....	29
FIGUUR 19: DE HOMUNCULUS, PROJECTIE VAN SENSIBELE PRIKKELS OP DE CORTEX (PHYSIOLOGY OF DOMESTIC ANIMALS, SJAASTAD HOVE SAND, SCANDINAVIAN VETERINARY PRESS, 2003).....	31
FIGUUR 20: DE 'CANINCULUS' EN DE 'FELINCULUS', DE RELATIEVE REPRESENTATIE VAN SENSIBELE INFORMATIE OP DE SOMATOSENSORISCHE CORTEX VAN KONIJN EN KAT (PHYSIOLOGY OF DOMESTIC ANIMALS, SJAASTAD HOVE SAND, SCANDINAVIAN VETERINARY PRESS, 2003).....	32
FIGUUR 21: OVERLAP VAN INNERVATIEGEBIEDEN VAN TWEE SENSIBELE PERIFERE ZENUWEN (PHYSIOLOGY OF DOMESTIC ANIMALS, SJAASTAD HOVE SAND, SCANDINAVIAN VETERINARY PRESS, 2003).....	33
FIGUUR 22: HET ONTSTAAN VAN SOMIETEN NA HET SLUITEN VAN DE NEURALE BUIJ. DE LINKER AFBEELDING IS EEN HUMAAN EMBRYO VAN 23 DAGEN OUD, DE RECHTER AFBEELDING IS EEN EMBRYO VAN 32 DAGEN OUD (SEGMENTALE VERSCHIJNSELEN, B. VAN CRANENBURGH, BOHN STAFLEU VAN LOGHUM, 2004).....	35
FIGUUR 23: SEGMENTATIE. LINKS EEN EMBRYO MET SOMIETEN, DAARNAAST DE OPBOUW VAN HET SEGMENT/METAMEER EN RECHTS DE ANATOMISCHE VERSCHUIVINGEN TIJDENS DE VERDERE EMBRYOLOGISCHE ONTWIKKELING (SEGMENTALE VERSCHIJNSELEN, B. VAN CRANENBURGH, BOHN STAFLEU VAN LOGHUM, 2004)	36
FIGUUR 24: DE VERDELING IN A VISCEROTOOM, B NEUROTOOM. OFTEWEL HET RUGGENMERGSSEGMENT ZELF, C HET MYOTOOM, D HET SCLEROTOOM EN E HET DERMATOOM (WWW.EQUIDOCTER.DE)	37
FIGUUR 25: DE FORMATIE VAN MYOTOOM, SCLEROTOOM EN DERMATOOM VANUIT DE SOMIETEN IN EEN HUMAAN EMBRYO VAN 4 WEKEN OUD. HIEROP IS DUIDELIJK TE ZIEN DAT HET ECTODERM EEN DOORLOPENDE BEDEKKENDE STRUCTUUR VORMT. A IS HET GEHELE EMBRYO, B IS EEN DOORSNEDE (MEDICAL NEUROSCIENCES, B. WESTMORELAND ET AL, LITTLE BROWN AND COMPANY, 1994).....	37
FIGUUR 26: HET ONTSTAAN VAN EXTREMITETEN, WAARBIJ EEN AANTAL SEGMENTEN NAAR DISTAAL MIGREREN (SEGMENTALE VERSCHIJNSELEN, B. VAN CRANENBURGH, BOHN STAFLEU VAN LOGHUM, 2004)	38
FIGUUR 27: VOORBEELD VAN DERMATOOMVERDELING HUMAAN (SEGMENTALE VERSCHIJNSELEN, B. VAN CRANENBURGH, BOHN STAFLEU VAN LOGHUM, 2004)	39

FIGUUR 28: VOORBEELD VAN DERMATOOMVERDELING BIJ HET PAARD (NEURALTHERAPIE IN DE VETERINARMEDIZIN, ZOHMANN, A, EN KASPER, M. , SCHLUTERSCHE, 1994)	40
FIGUUR 29: SOMATISCHE EN AUTONOME REFLEXEN (SEGMENTALE VERSCHIJNSELEN, B. VAN CRANENBURGH, BOHN STAFLEU VAN LOGHUM, 2004)	43
FIGUUR 30: VEZELVERLOOP, SCHAKELPLAATSEN EN TRANSMITTERS VAN HET SOMATISCH EN AUTONOOM ZENUWSTELSEL (SCHEMA'S FYSIOLOGIE, B. VAN CRANENBURGH, DE TIJDSTROOM, 1991)	43
FIGUUR 31: ERGOTROPE EN TROFOTROPE FUNCTIES VAN HET AUTONOOM ZENUWSTELSEL (DYNAMIEK VAN HET MENSELIJK BINDWEEFSEL, DE MORREE, J.J., BOHN STAFLEU VAN LOGHUM, 1989)	44
FIGUUR 32: VERLOOP VAN HET SYMPATISCH ZENUWSTELSEL OP SEGMENTAAL NIVEAU (HTTP://USERS.TELENET.BE/ZELDZAME.ZIEKTEN/LIST.Z/PERIF-ZENUWST.HTM).....	45
FIGUUR 33: AUTONOOM ZENUWSTELSEL VAN HET PAARD (SYLLABUS ICREO).....	46
FIGUUR 34: OVERZICHT VAN HET VERLOOP VAN DE AUTONOME EFFERENTIE BIJ HET PAARD. DE BOVENSTE AFBEELDING GEEFT DE SYMPATISCHE EFFERENTIE WEER, DE ONDERSTE AFBEELDING DE PARASYMPATISCHE EFFERENTIE. (HORSE ANATOMY, GOODY, P., J.A. ALLEN, 2001).....	47
FIGUUR 35: AFFERENTE INNERVATIE VAN DE INGEWANDEN (HUMAAN), MET DAARIN AANGEGEVEN DE 'LEGE' GEBIEDEN IN HET RUGGENMERG, DE DELEN WAAROP GEEN VISCERA PROJECTEREN (SEGMENTALE VERSCHIJNSELEN, B. VAN CRANENBURGH, BOHN STAFLEU VAN LOGHUM, 2004)	49
FIGUUR 36: PROJECTIE VAN SYMPATISCHE SYMPTOMEN OP HET LICHAAM VAN HET PAARD. 50	
FIGUUR 37: VISCERO-SOMATISCHE EN VISCERO-SYMPATISCHE REFLEXEN (SEGMENTALE VERSCHIJNSELEN, B. VAN CRANENBURGH, BOHN STAFLEU VAN LOGHUM, 2004)	51
FIGUUR 38: REFERRED PAIN (SEGMENTALE VERSCHIJNSELEN, B. VAN CRANENBURGH, BOHN STAFLEU VAN LOGHUM, 2004).....	52
FIGUUR 39: A, DE VEGETATIEVE SPINALE REFLEXBOOG EN B, SEGMENTALE SPINALE REFLEXEN (BINDWEEFSELMASSAGE, PIET, JFM., SACHS, JJ. EN SACHS-PIET, IMA., DE TIJDSTROOM, 1993)	53
FIGUUR 40: EEN OVERZICHT VAN MOGELIJKE SEGMENTALE SYMPTOMEN (SEGMENTALE VERSCHIJNSELEN, B. VAN CRANENBURGH, BOHN STAFLEU VAN LOGHUM, 2004)	54
FIGUUR 41: THERMOGRAFISCHE OPNAME VAN EEN DUIDELIJK VERSCHIL IN TEMPERATUUR TUSSEN BEIDE VOORBENEN BIJ EEN PAARD. HET RODE GEDEELTE IS KOUDER, WAT WIJST OP VASOCONSTRICTIE. (OSTEOPATHY AND THE TREATMENT OF HORSES, PUSEY, A., BROOKS, J. EN JENKS, A., WILEY-BLACKWELL, 2010)	57
FIGUUR 42: THERMOGRAFISCHE BEELDEN VAN EEN GEZONDE CERVICALE REGIO BIJ EEN PAARD (BOVENSTE AFBEELDING) EN EEN PAARD MET EEN HOOG-CERVICALE BLOKKADE (ONDERSTE AFBEELDING), WAARBIJ ER ALS GEVOLG VAN VASOCONSTRICTIE LOKAAL EEN DUIDELIJK LAGERE TEMPERATUUR WORDT WAARGENOMEN, DEZE GEBIEDEN ZIJN DONKERDER GEKLEURD. (OSTEOPATHY AND THE TREATMENT OF HORSES, PUSEY, A., BROOKS, J. EN JENKS, A., WILEY-BLACKWELL, 2010)	57
FIGUUR 43: VOORBEELD VAN SEGMENTAAL VERSTOORDE SUDOMOTORIEK BIJ HET PAARD (VETLEARN.COM, 2011).....	58

FIGUUR 44: ZOGENAAMDE BINDWEEFSELZONES HUMAAN (BINDWEEFSELMASSAGE, PIET, JFM., SACHS, JJ. EN SACHS-PIET, IMA., DE TIJDSTROOM, 1993).....	59
FIGUUR 45: DE PLOOIMETHODE, MINDER GOED UIT TE VOEREN OP DE STRAKKE HUIDLAGEN OP DE WERVELKOLOM BIJ HET PAARD. TEVENS EEN TEST VOOR HET BEPALEN VAN DE TURGOR.....	65
FIGUUR 46: DE SCHUIFMETHODE, WAARBIJ JE DE OPPERVLAKKIGE HUIDLAAG LOSJES VAN CAUDAAL NAAR CRANIAAL 'DUWT' OVER DE DIEPERE HUIDLAGEN.	66

