

De anatomische en fysiologische basis van acupunctuur en moxibustie

Dr.Olivier Cuignet, november 2009

(vertaling uit het Frans door Dr.Vera Machtelinckx)

Inhoudsopgave

I.Inleiding

II.Het centraal en perifeer zenuwstelsel aan de basis van het effect van acupunctuur en moxibustie

1.Ectoderm, embryologische gemeenschappelijke oorsprong met de huid en het neurologisch systeem

2.De periferische receptoren en acupunctuur

3..De afferente perifere zenuwbanen

A.Types

B.Ganglions van de wervelzuil

4.Het ruggemerg

A.Anatomie van het ruggemerg

B.Biochemie van de spinale acupunctuurtransmissie

C.Evidentie van de reflexen gerelateerd met de metamerisatie

5.De hersenstam

A.De substantia reticularis en de kernen

B.Het mesencefalon en de grijze periaqueductale substantie

C.De pons en de kernen van de locus coeruleus en de raphe magnus

D.De bulbus en de nuclei dorsalis graciles

E.Het sensitieve trigemini complex als equivalent van de spinale wegen voor hoofd en schedel.

6.Diencefalon en cortex

- A.Thalamus en integratie van de sensoriele en emotionele informatie
- B.Hypothalamus en neuro-humorale effecten
- C.Het limbisch systeem , dopaminerge paden en stimulerende circuits van genot en emoties
- D.Cortex die gespecialiseerd is en specifieke acupunctuurpunten

7.Conclusies

III.Grote concepten van de acupunctuur herbelicht door de westerse research

1.Acupunctuurpunten en meridianen

- A.Primaire hypersensibilisatie en theorie van de zenuwvezels
- B.Elektro-magnetische switch-off buttons en elektromagnetische theorie
- C.Mechanische transductors en theorie van de transegrity « une tension intégrale et intégrée »

2.Qi

- A. Onderzoek door de Volksrepubliek China
- B. Multiforme concepten

3.Een nieuw model dat de zenuw- mechanische en elektronische theorie met elkaar verenigt :het systeem van groeicontrôle.

- A.Het systeem van groeicontrôle
- B.Acupunctuurpunt en model van groeicontrôle
- C.Meridianen en model van groeicontrôle

4.De Yin en de Yang en de para- en orthosympatische systemen

- A.Functionele somatische syndromen
- B.Psycho-neurologische immuniteit

1) Inleiding

Vanaf het invoeren van acupunctuur in Frankrijk door Soulié de Morant in 1927 hebben de leden van Kruispunt van Cos steeds geprobeerd om het fenomeen wetenschappelijk te verklaren(1).

Onder impuls van deze kleine cirkel van artsen wordt acupunctuur in het hospitaal toegepast maar ook onderwezen en wordt er onderzoek gelanceerd.

In het licht van de gekende anatomisch-fysiologische concepten van die tijd probeert men de meridianen en de punten te vinden alsook de werkingsmechanismen te ontrafelen. In de jaren 60 introduceren de drs. Chamfrault en Nguyen Van Nghi concepten van TCM zoals de 5 elementen en de pathologische schema's verbonden aan de Zang Fu(volle en holle organen)

Deze traditionalisten spreken de erfgenamen van Soulié de Morant tegen en beschuldigen hen de acupunctuur terug te schroeven tot enkele punt-recepten en tot westerse reflexologie.

Deze tegenkanting kadert in een politieke context waar de Volksrepubliek China zijn identiteit tracht te bevestigen. Wat Chamfrault en Van Nghi terugbrengen zijn gereorganiseerde noties, geformatteerd volgens westerse normen vertrekkende vanuit het culturele erfgoed van China om hun nationale fierheid op te krikken. De opvolgers van Dr. de Morant zijn wantrouwig voor deze manipulatie die de acupunctuur schade kunnen berokkenen. Volgens die nieuwe garde moet elk gegeven experimenteel onderzocht worden en niet als een dogma verkondigd worden al was het door een Aziatische dokter.

Niboyet realiseert alzo een thesis waar het acupunctuurpunt een punt van de minste resistentie is (2). Hij wordt gevolgd door Prof. Bossy, wiens werkzaamheden overeenkomsten tonen tussen de acupunctuur en de reflexotherapie (3).

Ondertussen vermenigvuldigen zich de onderzoeken over de basismechanismen van acupunctuur in de Volksrepubliek China en in de ex-USSR. Deze studies worden iet gedeeld met het Westen door gebrek aan belangstelling maar ook omdat deze studies niet in het Engels zijn. Enkel vanaf het midden van de jaren 70 begint het Westen zich te interesseren voor acupunctuur, toen men veronderstelde dat de endorfines het basismechanisme zou zijn voor de werking van acupunctuur (4).

De dag van vandaag wil de geneeskunde bewijzen, onontbeerlijk om nieuwe therapieën te ontwikkelen. DE onderzoekers organiseren zich om deze noodzakelijkheid tegemoet te komen.

De "International Society of Complementary Medecine Research" werd opgericht in London in 2003.

Vaak vindt men ook artikels over acupunctuur in gerenommeerde tijdschriften zoals Science, Lancet, New England, Journal of Medecine. Deze wetenschappelijke studies zijn van 2 soorten : enerzijds probeert men de werkingsmechanismen te doorgronden, anderzijds wil men de effectiviteit van acupunctuur bewijzen.

In 2004 wordt het tijdschrift "Evidence Based Complementary and Alternative Medecine" dat beschikbaar was online via internet gecreëerd in London (5). Dit tijdschrift heeft dezelfde criteria en dezelfde kwaliteitseisen als de klassieke medische tijdschriften. Klinische studies, gerandomiseerd en dubbel blind, vermenigvuldigen zich en brengen indicaties aan het licht die erkend worden door gerenommeerde instituten.

In 1997 erkent de NIH(National Institute of Health) in Amerika de acupunctuur als effectief in enkele indicaties zoals nausea tijdens de zwangerschap of post-operatorioir of na chemotherapie, migraines, pijn, dysmenorroe, astma, drugsverslaving en gevolgen van een CVA (6).

De mechanisme-studies beantwoorden aan de paradigma's van alle perioden. In de jaren 50 tonen de werken van Niboyet aan dat een acupunctuurpunt een verminderde elektrische weerstand heeft (2).

In de jaren 60 worden de geëvoqueerde potentialen en de elektrofysiologie gebruikt om de relatie van de acupunctuurpunten met de supra-spinale centra op dewelke ze inwerken aan te tonen (7).

In de jaren 70 bewijzen de onderzoeken welke stoffen door acupunctuur in de hersenen geactiveerd worden met onder andere de secretie van endogene opioïden (4). In de jaren 80 en 90 worden de effecten van acupunctuur bewezen op verschillende neuromediators van het van het perifere en centrale zenuwstelsel(8). Tenslotte zien de jaren 2000 het resultaat van een aantal onderzoeken met dynamische beeldvormingstechnieken, werkelijke films die in real time bewijzen welke weg een acupunctuurstimulatie in het hele centrale zenuwstelsel aflegt(9).

Dit document heeft niet als doel al deze studies te evalueren. Wij willen eerder een synthese maken om wetenschappelijk uit te leggen in het begin van de 21ste eeuw, welke de effecten zijn van een geneeskunde die zeker 5000 jaar oud is. Eerst zullen we de anatomische en fysiologische structuren vastleggen die de effecten van acupunctuur of van moxa op de zenuwcentra vastleggen. Nadien zullen we zien hoe de traditionele Chinese geneeskunde, waar acupunctuur deel van uitmaakt aantrekkelijk is. De harmonie en het evenwicht behouden van de energie die verantwoordelijk is voor een goede gezondheid is zeer aantrekkelijk. De harmonie en het evenwicht behouden van de energie die verantwoordelijk is voor een goede gezondheid is niet alleen aantrekkelijk maar ook rationeel en logisch, zelfs al zijn de theorieën waar acupunctuur zich bij schaart een echt obstakel vormen voor onze wetenschappelijke gemeenschap. De benadering van de traditionele Chinese geneeskunde blijft heel sterk verschillend van de medische westerse geneeskunde : voor de chinezen moet niet alles tot het kleinste detail uitgepluisd worden en moet de fysiologie niet tot in de puntjes uitgelegd worden; voor hen zijn de functionele relaties tussen de verschillende organen belangrijk en de globale werking van de verschillende systemen.

Nochtans kan het vergelijken van de 2 systemen kan fysiologische mechanismes aantonen en een bron van inspiratie worden voor nieuwe onderzoeken die tot nieuwe inzichten kan leiden. In het Westen wordt de neurofysiologische hypothese het meeste aanvaard maar sommigen schuiven primitievere mechanismen naar voren. De mechanische transductie tussen de naald en de DNA van de cellen via de conjunctieve weefsels en de biologische stromen die alle levende wezens produceren zouden de acupunctuurpunten en hun meridianen kunnen verklaren.

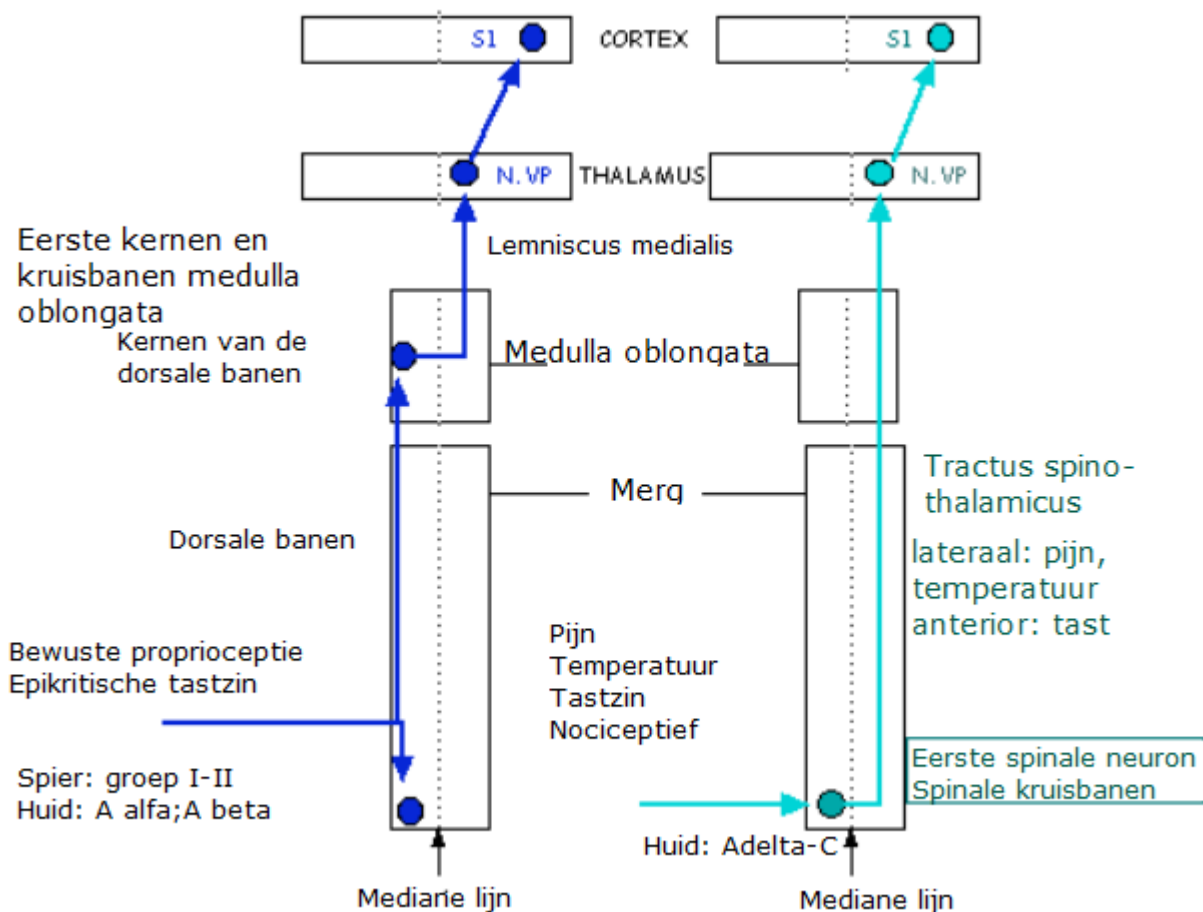
Wij zullen deze verschillende systemen belichten en vooral een interessant model voorstellen om ze te verbinden : het controlesysteem van de groei.

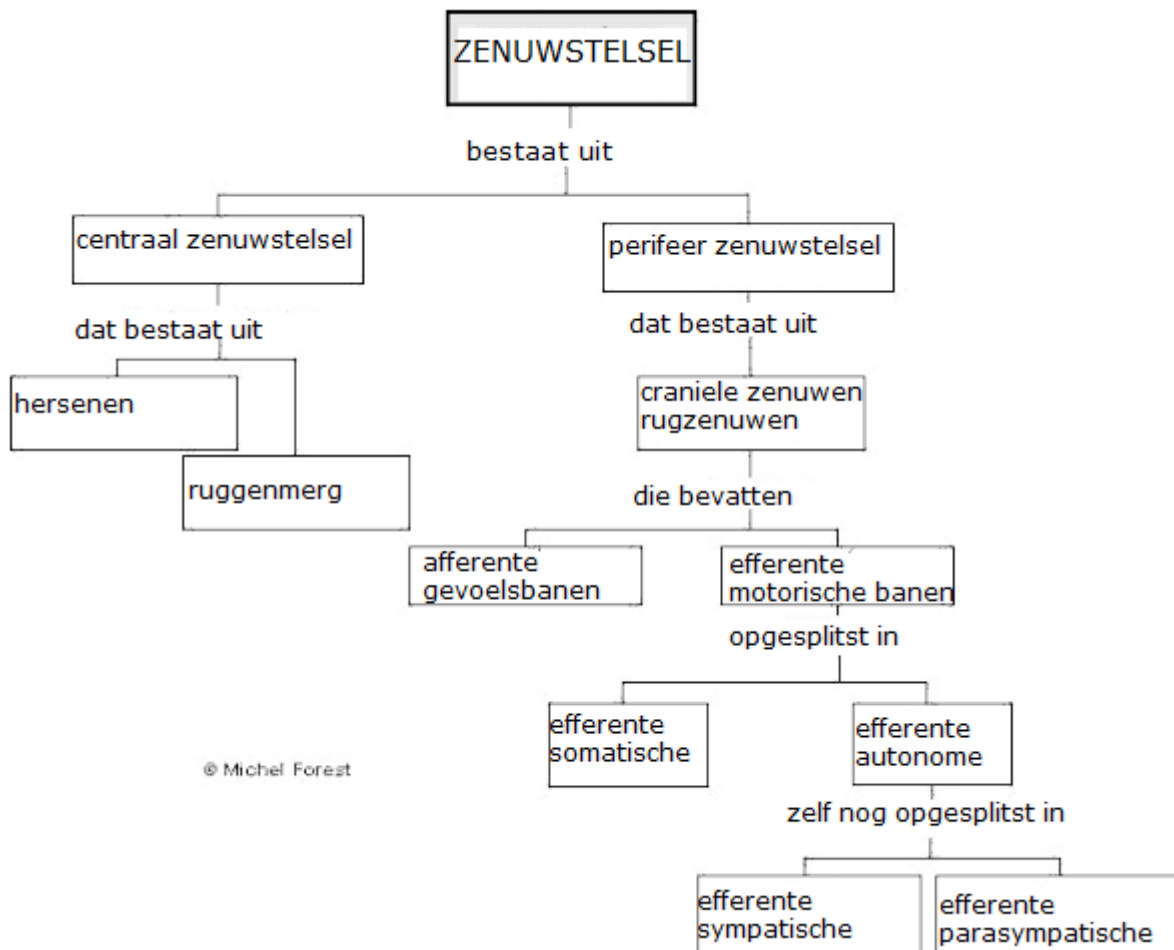
Behalve de groeiende erkenning van de impact van omgevingsfactoren op het lichaam en de gezondheid zullen we tenslotte zien hoe fundamentele begrippen zoals Yin en Yang zich illustreren in het antagonisme tussen het para- en orthosympatische systeem om zo te komen tot nieuwe theorieën zoals de psycho-neuro-immunologie.

2) Het centrale zenuwstelsel en het perifere zenuwstelsel aan de basis van de effecten van acupunctuur en moxibustie

Om de effecten van acupunctuur te begrijpen moet men het lichaam beschouwen als een open thermodynamisch systeem dat de invloeden van zijn omgeving kan transformeren en alzo de functie van zijn systemen kan veranderen. Acupunctuur werkt zoals een invloedrijk systeem en kan functioneel en/of morfologisch herstel teweegbrengen van het dynamisch evenwicht van de somatische, viscerale en emotionele systemen van het lichaam. Alle auteurs zijn het erover eens dat het zenuwstelsel deze regulatie als een orkestdirigent beheerst. Het zenuwstelsel is alomtegenwoordig en is met de buitenwereld verbonden door de zintuigen en met alle interne systemen van het organisme door zijn vele afferenten. Het zenuwstelsel werkt dus in op alle efferenten (figuur 1). Acupunctuur en moxibustie interageren met het zenuwstelsel door hun effecten op de periferie : de cutane structuren, de subcutane en de musculo-tendineuze structuren.

Figuur 1: Afferente en efferente banen van het CZS





De oorsprong van deze interacties liggen in de embryologische gemeenschappelijke oorsprong van de periferie en het zenuwstelsel. Het acupunctuureffect doorloopt verschillende niveaus van het zenuwstelsel en ook kruispunten van reflextypen tussen de somatische, viscerale en emotionele systemen van elk van deze niveaus.

1) Ectoderm, embryologisch gemeenschappelijk met huid en zenuwstelsel

In het begin van de derde levensweek bestaat het embryo uit 3 lagen : het ectoderm, mesoderm en endoderm. Vanaf de 22ste dag gaan zenuwstelsel en epitheel zich differentiëren vanuit het ectoderm waarvan sommige cellen zich verdikken tot een neurale plaat. Deze plaat gaat instulpen en zich op zichzelf sluiten en zodanig de neurale buis vormen in de verticale as van het embryo. Wanneer de neurale buis zich scheidt van de rest van het ectoderm gaat deze individuele cellen meeslepen in neurale cristae, die parallel liggen aan de neurale buis. Deze neurale cristae zijn de oorsprong van het perifere zenuwstelsel die verbinding maken met de centra van de toekomstige hersenen enerzijds en met het epithelium, de onderhuidse, de musculo-skeletale, de vasculaire en de viscerale structuren anderzijds.

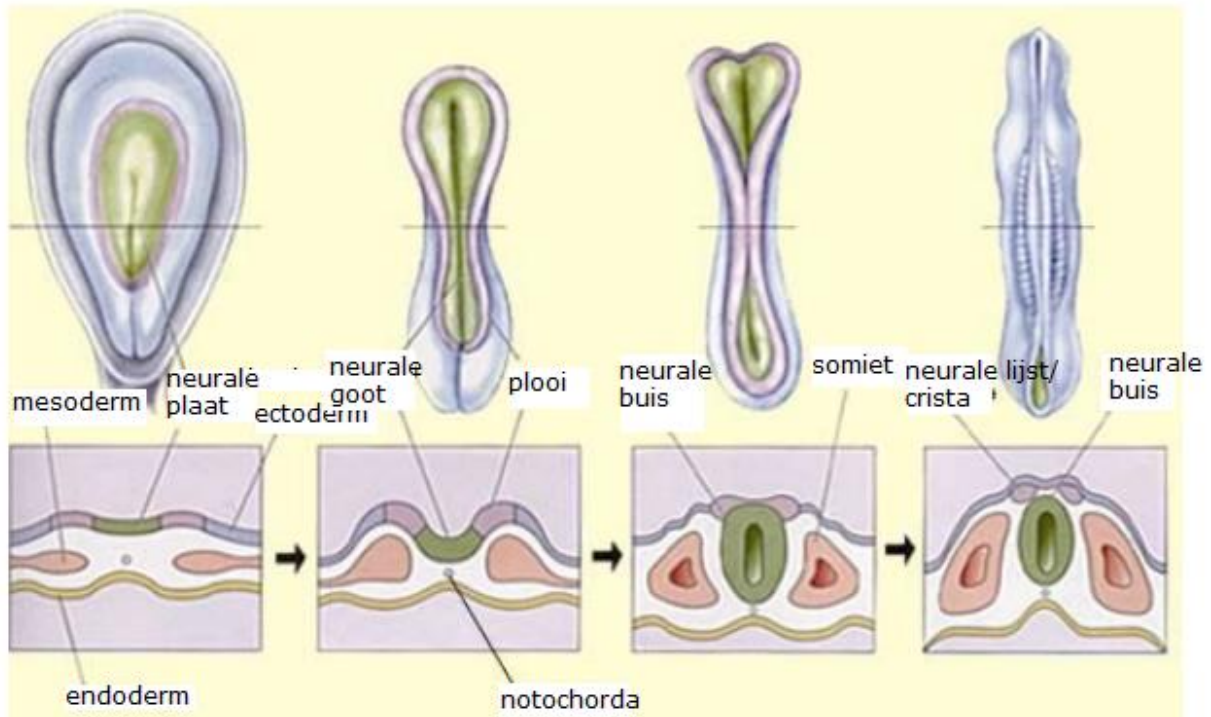
De cristae neurales zijn dus de embryologische oorsprong van een groot deel van de effecten van de acupunctuur op het organisme (figuur 2) . Vanuit deze cristae neurales ontstaan een heleboel cellen :

- neuronen en glia van de sensorische ganglia (cranieel en spinaal)
- neuronen en glia van de autonome ganglia (sympatische, parasymptische)
- de medulla van de ganglia surrenalis
- de melanocyten

- de neuro-endocriene cellen van de gastro-intestinale tractus en de ademhaling
- de para-folliculaire cellen van de thyroïd die calcitonine secreteren
- de type I cellen van sinus caroticus

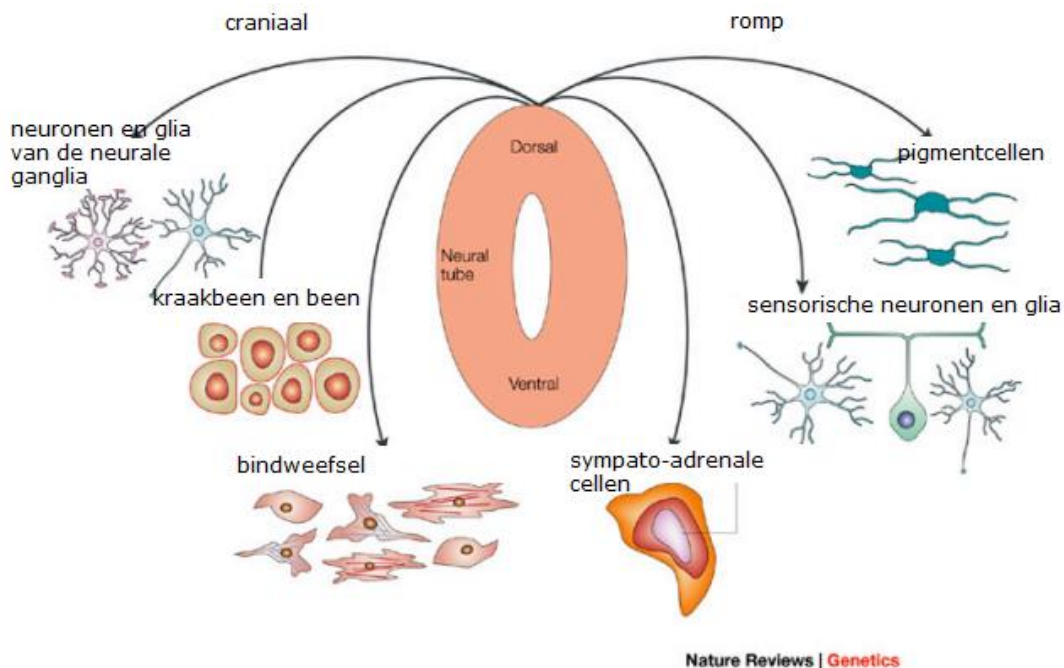
Figuur 2: embryologie gemeenschappelijk voor het zenuwstelsel en het lichaam

1. Selectieve differentiatie van het zenuwstelsel



(Van http://lecerveau.mcgill.ca/flash/i/i_09/i_09_cr/i_09_cr_dev/i_09_cr_dev_2a.jpg)

2. Cellen afkomstig van de neurale platen (cristae neurales)



(Van <http://www.nature.com/nrg/journal/v3/n6/images/nrg819-i1.jpg>)

2) De perifere receptoren en het acupunctuurpunt

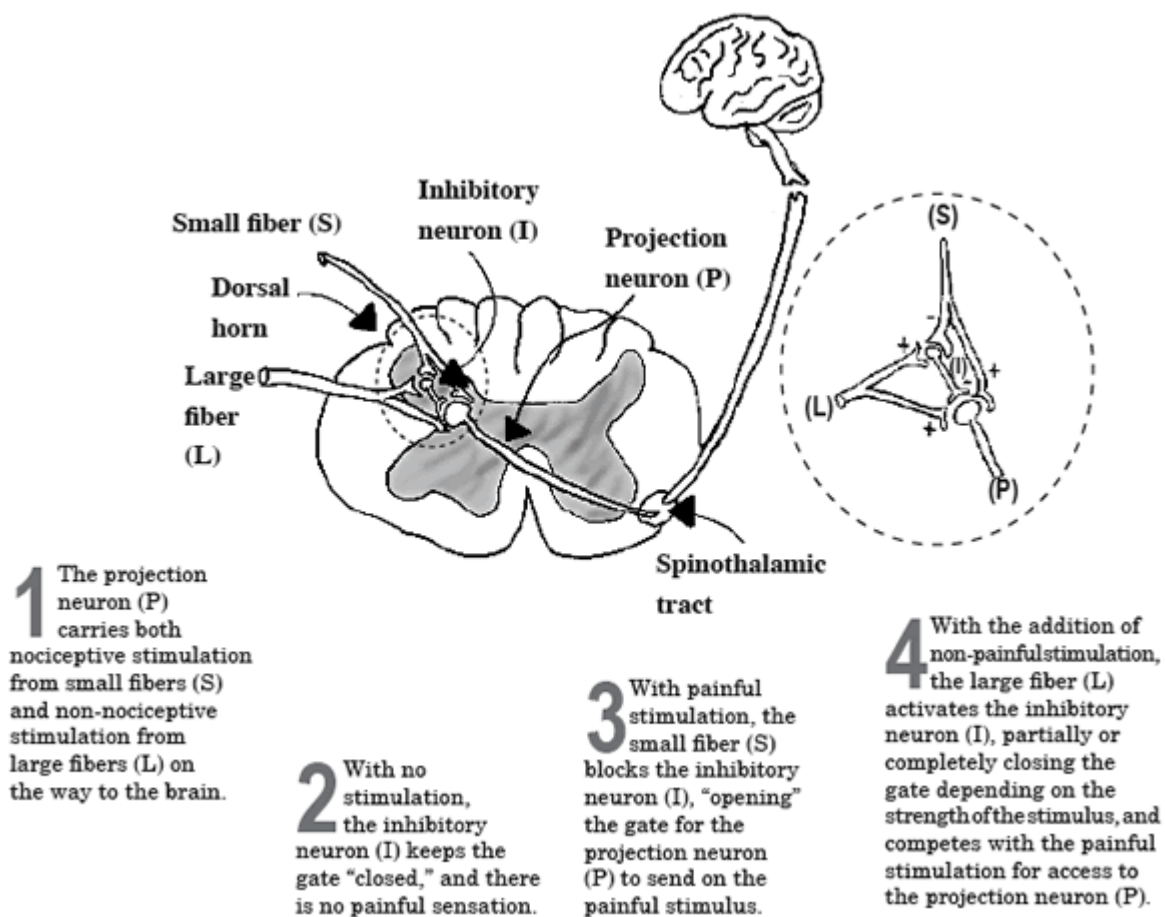
De identificatie van de receptoren die de acupunctuur activeert in het zenuwstelsel is belangrijk in de beschrijving van de anatomofysiologische mechanismen van acupunctuur.

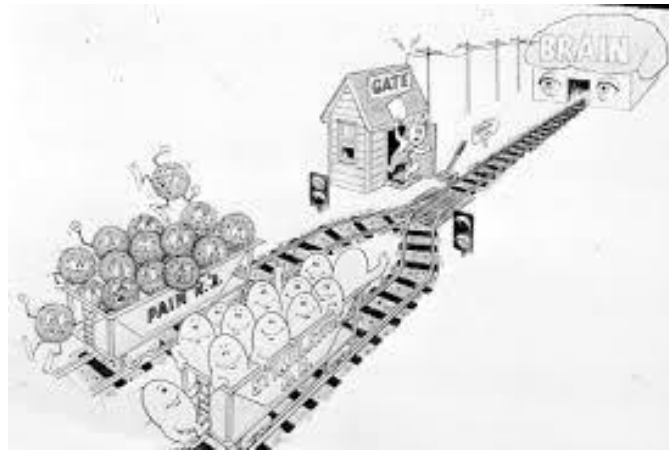
Sinds de opzoekingen van Bossy (3) weet men dat de acupunctuurpunten verband houden met een neurologisch, vasculair of neuro- vasculair element.

Historisch gezien zijn het de mechanoreceptoren die verbonden zijn met de dikke vezels A β en A γ die verantwoordelijk zouden zijn voor de stimulatie in acupunctuur. Deze A β en A γ vezels die ze activeren zijn verantwoordelijk voor de "gate control" ter hoogte van de dorsale hoorn van het ruggemerg. De theorie van de gate control was een elegante uitleg voor de analgetische effecten van de acupunctuur (11).

De lange gemyeliniseerde vezels die verbonden zijn aan de mechanoreceptoren activeren een inhiberend interneuron van de nociceptieve transmissie in de achterhoorn van het ruggemerg. Dit interneuron wordt geïnhibeerd indien enkel de kleine vezels de pijninformatie op een langzamer manier transporteren. Indien de 2 soorten vezels samen gestimuleerd worden zullen de dikke, snelle vezels het interneuron van de achterhoorn activeren en zo de toegang tot de langzame, nociceptieve informatie sluiten. (figuur 3)

Figuur 3 .Gate control theory (Melzack & Wall, 1967)



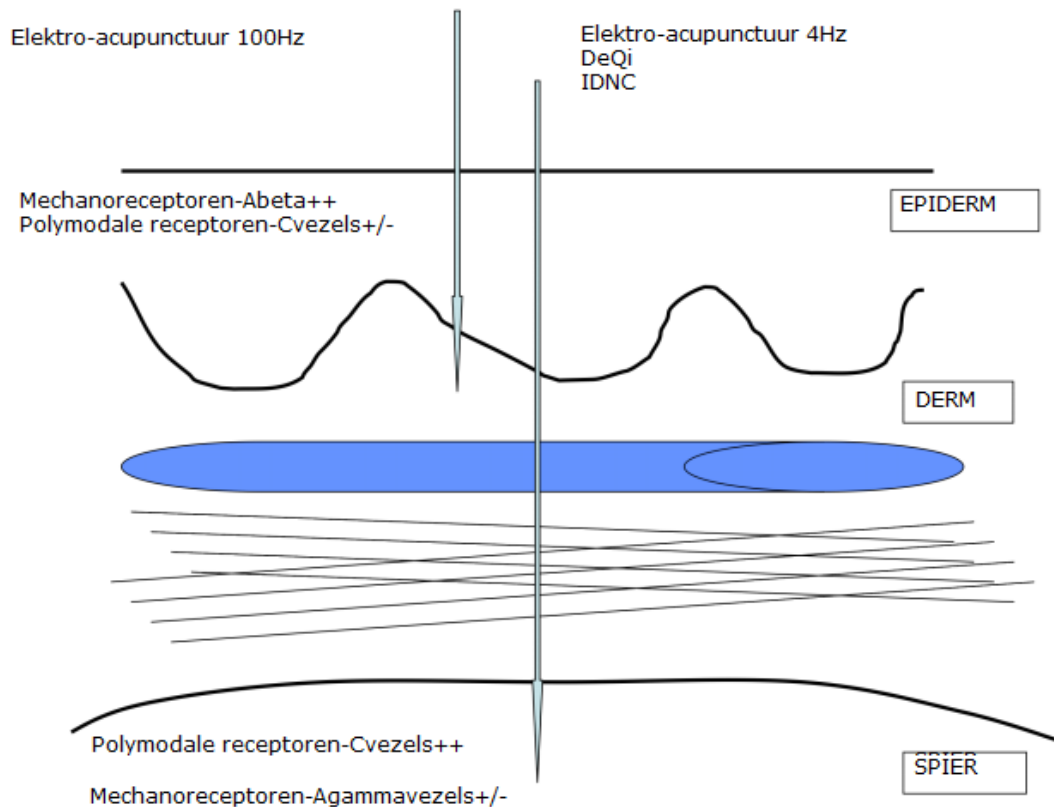


(Van www.nursece.com/onlinecourses/imagesPain/Fig2.gif)

Maar acupunctuur werkt niet alleen met analgetische effecten en de mechanoreceptoren die verbonden zijn met de $A\beta$ en $A\gamma$ vezels — worden niet geactiveerd door moxibustie die historisch gezien voor de acupunctuur zou zijn gekomen in de ontwikkeling van de Traditionele Chinese Geneeskunde (12). De specifieke receptoren die verbonden zijn aan de “gate control” en hun dikke afferenten zijn slechts ten dele verantwoordelijk voor de effecten van acupunctuur.

In een originele studie hebben de Japanners de rol van de **polymodale receptoren verbonden met $A\delta$ en C vezels** naar voren gebracht in de stimulatie door acupunctuur. Hun afferenten zijn verantwoordelijk voor de De qi gewaarwording bij de acupunctuur en bij de moxibustie(13). De De Qi is een stompe gewaarwording van stijfheid, van spanning, van koude en warmte, moeilijk door de patiënt te definiëren. De De Qi is specifiek aan het acupunctuurpunt. De acupuncturist probeert de De Qi op te wekken want ze is een garantie van de werking, van een goede stimulatie. De polymodale receptoren zijn de ionische kanalen die zich op de uiteinden van de vrije zenuwen bevinden. Ze worden gestimuleerd door mechanische, chemische of thermische stimuli. Ze worden gesensibiliseerd door de aanwezigheid van factoren die gebonden zijn aan de inflammatoire reactie zoals bradykinine, prostaglandines of histamine . Dit zou uitleggen waarom een acupunctuurpunt gevoelig wordt bij een lokaal probleem. Deze receptoren zijn in staat neuropeptiden te secreteren zoals P substantie, calcitonin gene-related peptide, de somatostatine of de vaso-actieve intestinale peptide. Deze neuropeptiden induceren inflammatoire reacties en werken op de receptoren in de vasculo-nerveuze eenheden die overeenkomen met acupunctuurpunten. Dit zou verklaren waarom we een rode papel zien verschijnen op het acupunctuurpunt en ook de rode lijnen op het traject van de meridiaan die men soms kan gewaarworden. Deze inflammatoire reactie heeft tijd nodig om zich te verspreiden wat zou verklaren waarom men verlengde werking heeft na de stimulatie. De polymodale receptoren zijn niet gespecialiseerde receptoren en worden ook in de huid, subcutaan, in de spieren en de organen van het hele lichaam teruggevonden. Het zijn goede kandidaten om het inhiberende diffuse nociceptieve controle-effect(IDNC)voorgesteld door Le Bars te verklaren. Deze IDNC refereert zich naar de inhibitie van de activiteit van de sensitieve convergerende neuronen -spinaal of supraspinaal-die we verder zullen beschrijven door niet-specifieke stimuli in alle delen van het lichaam, soms heel erg verwijderd van de plaats van de pijn verbonden aan deze neuronen(14). Voor al deze redenen zijn de polymodale receptoren goede kandidaten voor de eerste effectoren geactiveerd door acupunctuur en moxibustie.

Figuur 3b. Soorten receptoren die worden gestimuleerd door verschillende types (electro)acupunctuur.



De oppervlakkige acupunctuur zou vooral de mechanoreceptoren die aan de snelle $A\beta$ verbonden zijn activeren, de diepere acupunctuur zou vooral de polymodale receptoren activeren die verbonden zijn aan de langzame $A\delta$ en C vezels. Verder zullen we zien dat dit een betekenisvolle impact heeft op de TYPE van elektro-acupuncturale stimulatie, op het type endogene opioïden die worden gesecreteerd en op de effecten op korte en lange termijn (figuur 3b hierboven).

3) De perifere afferente zenuwvezels

A. SOORTEN AFFERENTEN

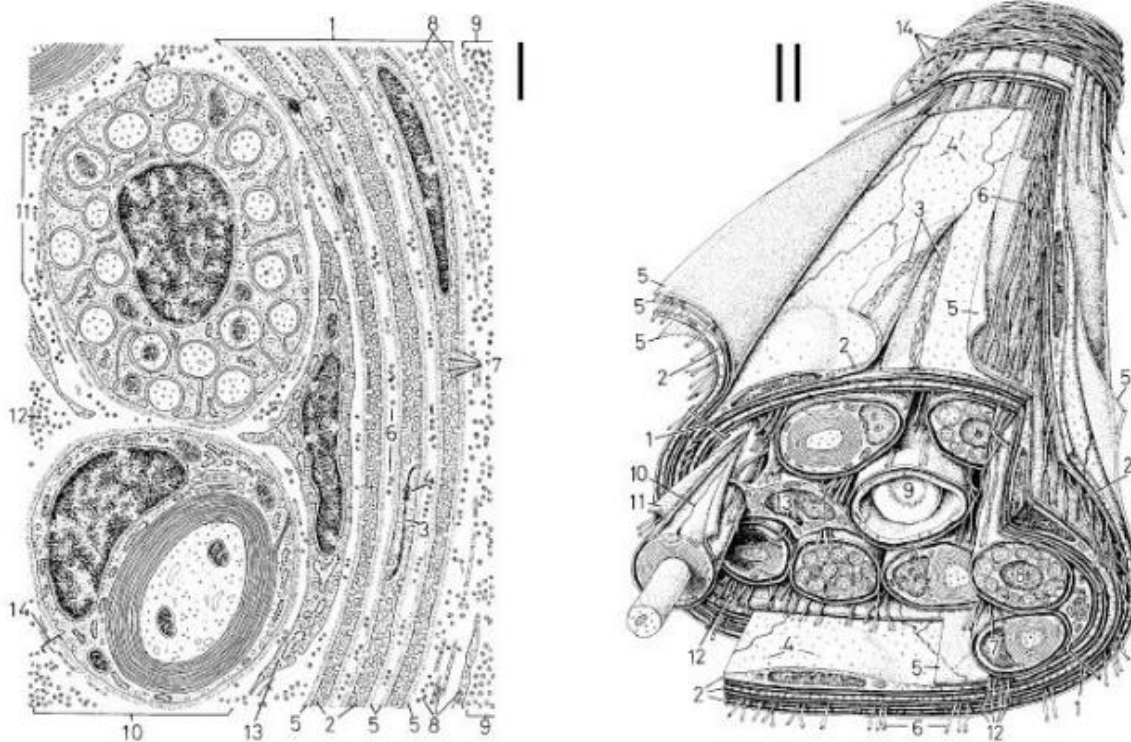
De actie van acupunctuur en moxibustie kan alle type vezels activeren : gevoelszenuwen en afferente somatische vezels $A\alpha$, $A\beta$, $A\gamma$, $A\delta$ en C.

Al deze vezels vindt men terug in één perifere zenuw, zelfs al is de zenuwinflux verschillend van snelheid volgens de afferentie die zij draagt (figuur 4)

Onderzoeken in de elektro-acupunctuur hebben aangetoond dat de dikke gemyeliniseerde vezels verantwoordelijk zijn voor de acupunctuurstimulaties van meer dan 100Hz, terwijl stimulaties van 4Hz selectief de niet gemyeliniseerde C vezels activeert (figuur 3b en 15).

De autonome afferenten hebben enkel C vezels en kunnen dus op deze frequentie gestimuleerd worden.

Figuur 4: gemende zenuwvezel (II) met C vezels zonder myeline (I bovenaan) en gemyeliniseerde A β , A γ en A δ vezels (I onderaan)



(Van <http://homepage.mac.com/danielbalas/HISTOLOGIE/HISTGENE/histgen1/histgen7/histgen7.htm>)

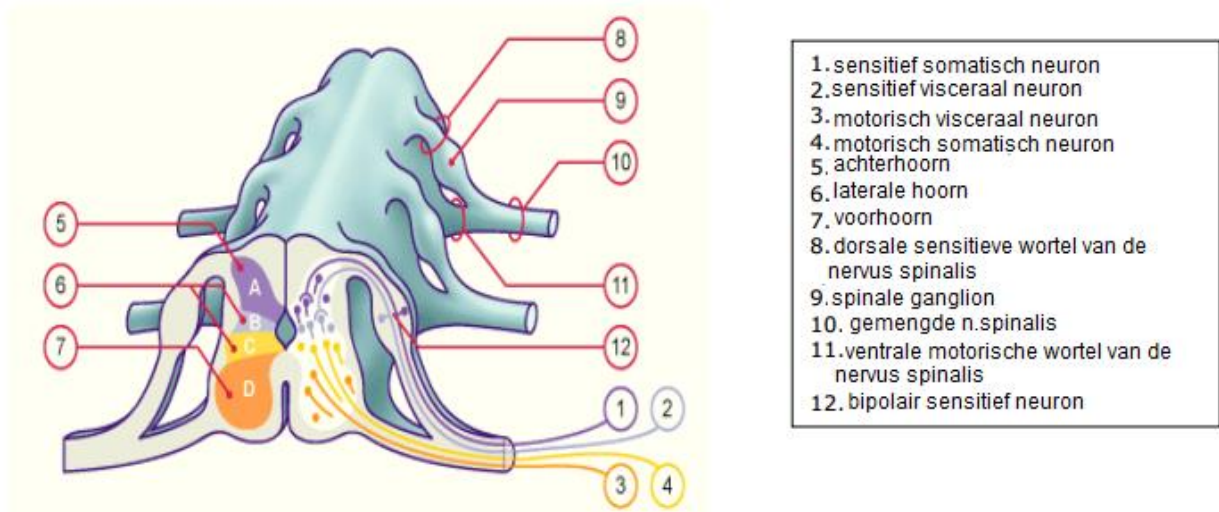
Ze zijn verantwoordelijk voor de onbewuste regulatie van de functies van het organisme, maar worden pas gevoelig bij pathologie. Nochtans is hun rol in de acupunctuur voor de acupunctuurtransmissie niet te versmaden wat Bossy al dacht wanneer hij de autonome vezels van de perivasculaire plexussen verantwoordelijk achtte voor de sensatie van geleiding of voor de vasodilaterende effecten van acupunctuur(3). Ze zouden langs de zenuwen of de bloedvaten (nervi vasorum of nervorum) voortschrijden. We kunnen niet vermijden te spreken van de Qi(energie) en Xue (bloed) welke 2 aspecten zijn van eenzelfde gegeven dat getransporteerd wordt door de meridianen met dewelke de acupunctuur en de moxibustie gaan interfereren (16).)

Functionele classificatie		Classificatie van Lloyd	Classificatie van ERLANGER-GASSER	Kaliber	Snelheid
Sensitieve systemen	Modaliteiten				
Spino-cerebellair systeem	Onbewuste proprioceptieve sensibiliteit	N.M.Bundels : Ia Organen NT : Ib	A α	++++ 20 μ	70 m/s
Lemnisciaal systeem	Epicritische tastzin+ bewuste proprioceptieve sensibiliteit	II	A β	+++	30
Extra-lemnisciaal systeem	Protopatische tastzin	II	A γ	++	30
	Thermische sensibiliteit Nociceptieve sensibiliteit	III	A δ	+	5
	----- Thermische sensibiliteit Nociceptieve sensibiliteit	----- IV	----- C	----- +/-	----- 0,5
Vegetatief zenuwstelsel	Preganglionaire gemyeliniseerde vezels		B		
	----- Postganglionaire niet gemyeliniseerde vezels		----- C		

B. DORSALE GANGLIA

De autonome en somatische afferenten zijn de sensitieve voortlopers van neuronen in de spinale ganglia (figuur 5). Deze neuronen hebben zich ontwikkeld vanaf cellen van de embryonale cristae neurales. Zij zijn de eerste stations van alle viscerale en somatische informatie (inbegrepen de autonome verbonden met de talgklieren en haarzakjes of met de nervi vasorum).

Figuur 5: Verschillende zenuwvezels ter hoogte van het ruggenmerg



Van http://www.embryology.ch/images/vnervous/v05moelle/v5g_organismoelle.gif

In deze ganglia hebben we dus een eerste uitwisseling van somatische en autonome informatie. Geen enkele anatomische interactie werd in de literatuur tussen de ganglionaire neuronen beschreven maar veranderingen in de ionische status bij het passeren van informatie met een of andere gevoeligheid beïnvloeden de refractaire perioden van de andere neuronen in de buurt.

De stimulatie van een acupunctuurpunt dat van een somatisch ganglionair neuron afhangt waar ook het neuron zit verantwoordelijk voor de nociceptieve transmissie van een orgaan kan interfereren met de informatie van deze laatste. Deze interacties bieden op indirecte wijze een andere verklaring voor de effecten van acupunctuur en moxibustie op de somatische en viscerale symptomen.

Ter hoogte van het hoofd zijn het de craniële zenuwen die de functie van spinaal ganglion waarnemen en zij verbinden de sensitive informatie in de ganglia van Gasser (V), geniculatus (VII) of van het bovenliggende ganglion (IX of X).

4) Het ruggenmerg

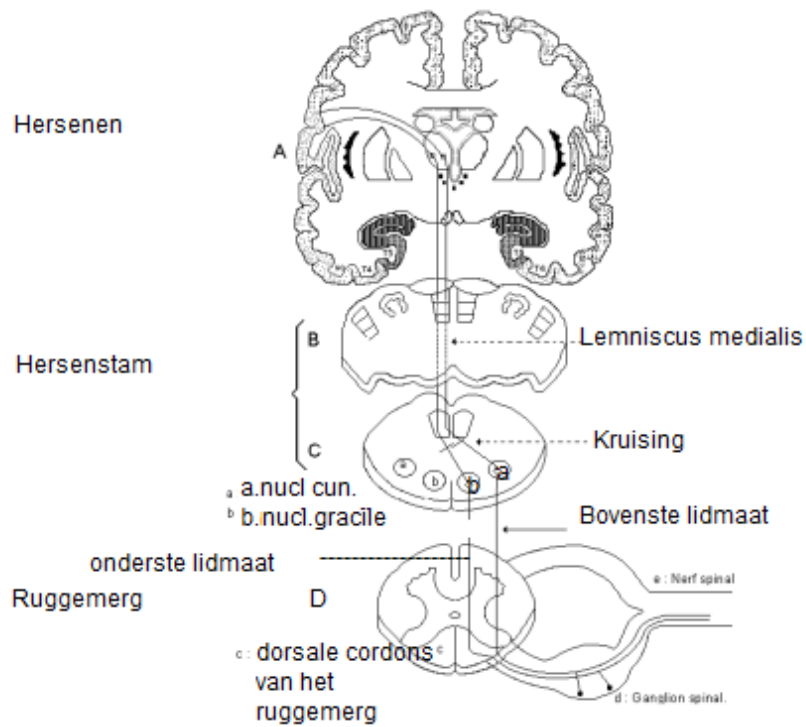
In het spinale segment zal het effect van acupunctuur voor het eerst het centraal zenuwstelsel binnendringen. In dit eerste segment kan een precieze afferente zich amplificeren in de aangrenzende segmenten. In dit eerste segment kunnen de wegen van de somatische en viscerale sensibiteit elkaar beïnvloeden. In dit eerste segment kunnen de twee types afferenten hun efferenten beïnvloeden en vice versa.

Deze interacties kunnen anatomisch en biochemisch verklaard worden en worden geïllustreerd door reflexen die voortspruiten uit metamerisatie en zijn dus een verklaring voor de effecten van de acupunctuurpunten: lokale en/of regionale effecten en effecten op de sensitive en of functionele aspecten van somatische of viscerale aard.

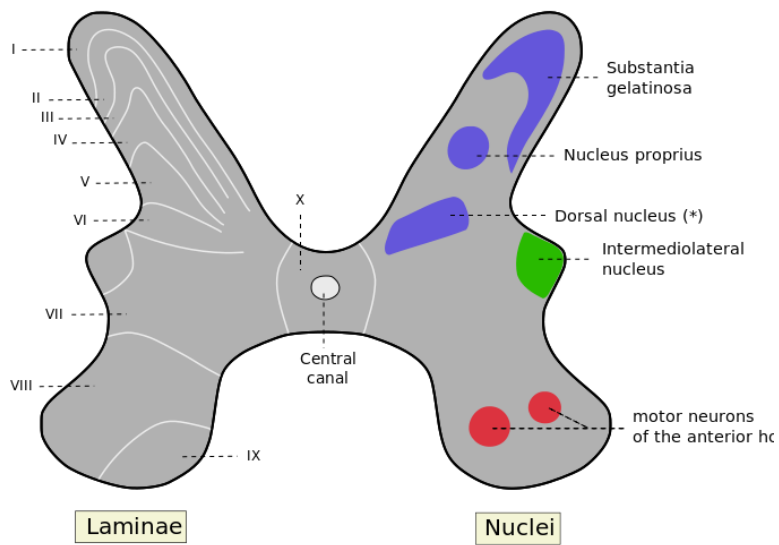
A. ANATOMIE VAN HET RUGGEMERG

De lemniscale (verticale) banen komen naar de posterieure zenuwbanen. Zij vervoeren de tastzin en de proprioceptie zonder ander neurale junctie naar de hersenstam, naar de nuclei graciles (onderste lid-been) en cuneiformes (bovenste lid-arm). Ze zenden collateralen naar de interneuronen van de lagen 2 en 3 van Rexed (gelatineuse substantie van Rolando). Deze collateralen zijn de oorsprong van de *gate control*. De onbewuste proprioceptie wordt langs deze weg naar de kleine hersenen gebracht en ze liggen aan de basis van reflexen van de spieren (figuur 6).

Figuur 6. Lemniscale banen, lamina van Rexed, myostatische reflex

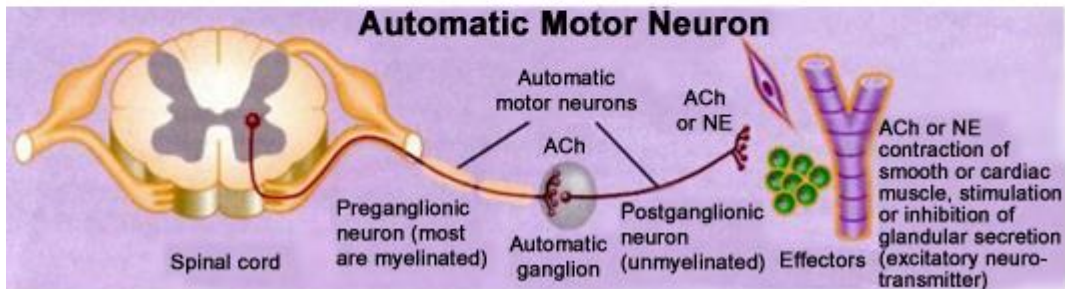
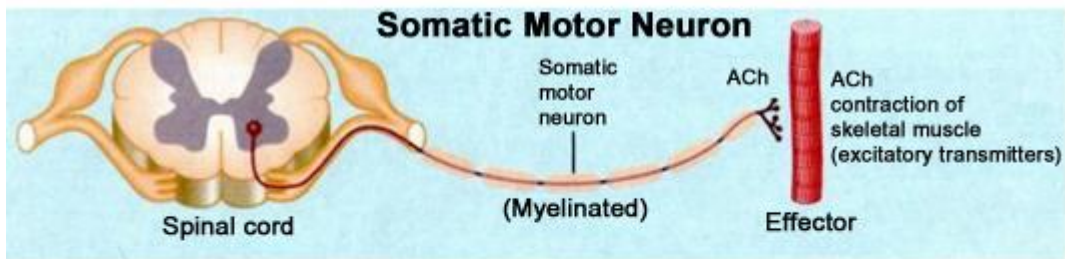


Figuur 7. De lamina van Rexed



* Posterior thoracic nucleus or Column of Clarke

(van : Wikipedia)



De extra-lemniscale banen nemen het over van lamina 2 en 3 van Rexed (figuur 7). Na interneuronale connecties zullen ze de thermische sensibiteit, de nociceptie en het protopatische tastzin naar de hersenstam brengen via bundels die in de laterale cordons van het ruggemerg liggen.

Zij sturen collateralen naar lamina 1 van Rexed van het boven- en onderliggende niveau via de tractus van Lissauer. Dit laat toe de informatie die door een stimulatie gegeven wordt (vb. door acupunctuur) uit te breiden op bovenliggende en onderliggende niveaus. Dit verklaart de regionale werking van een acupunctuurpunt of de actie van verschillende acupunctuurpunten op eenzelfde niveau.

De lamina 2 en 3 van Rexed worden de gelatineuze lagen van Orlando genoemd. Hier gebeurt de gate control en de inhibitie of activering van bundels die naar beneden komen van de hogere centra langs dewelke acupunctuur kan werken.

De interneuronen van lamina 4 krijgen poly-synaptische connecties van lamina 2 en 3 van de C-vezels en geven de paleo-spinothalamische bundel. De interneuronen van lamina 5 krijgen direct de afferenten van de A δ vezels (dat is : zonder poly-synaptische connecties in de laminae 2 en 3) en geven de neo-spinothalamische bundel.

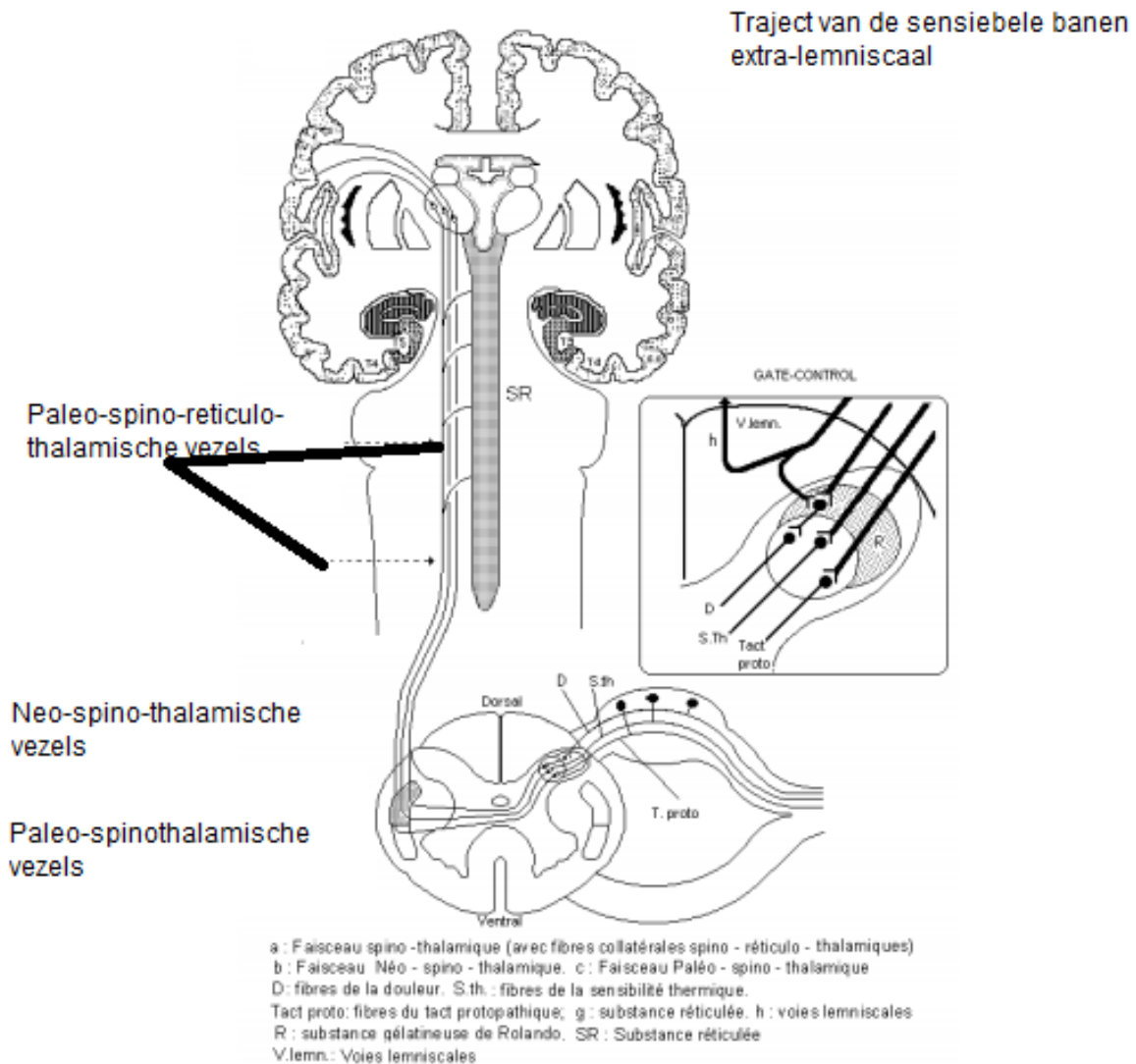
Na de mediaan te hebben gekruist gaan deze 2 bundels hun informatie overbrengen naar de hogere kernen. De neo-spinothalamische bundel geeft zijn info direkt door naar de posterieure kernen van de thalamus terwijl de paleo-spinothalamische bundel zijn informatie naar de kernen van de hersenstam doorgeeft.

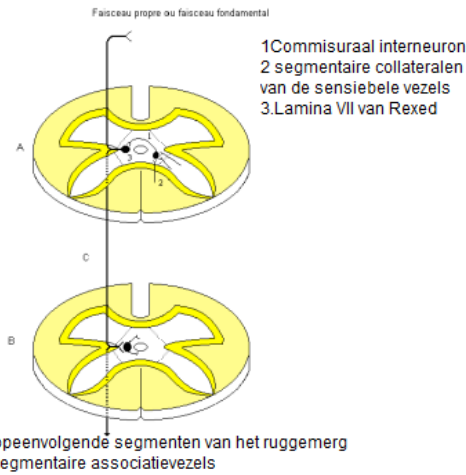
Van lamina 7 vertrekt de ascendente spino-reticulaire bundel die homolateraal blijft en connecties maakt op elk niveau tijdens zijn weg naar de kernen van de hersenstam. Op ieder niveau krijgt hij afferenten van lamina 2 en 3 van Rexed. Daarom wordt deze bundel soms de ascendente kern genoemd. De boodschap is traag en diffuus omdat hij zich meer en meer integreert in andere informatie naarmate hij naar boven stijgt. Maar deze boodschap kan ook de hogere kernen beïnvloeden. Dit verschil in connecties kan misschien verklaren waarom een acupunctuurpunt op een meridiaan van het onderste lidmaat ten opzichte van een acupunctuurpunt van het bovenste lidmaat meer invloed heeft (vb. Ga41 en DW5 op temporale hoofdpijn). De nabijheid van de ascenderende spino-reticulaire bundel met de autonome banen zou ook de invloed van acupunctuurpunten op de ingewanden kunnen verklaren.

De autonome afferenten zijn een homolaterale baan poly-synaptisch, die langs de commissura posterior van het ruggemerg naar boven stijgt. Ter hoogte van de hersenstam communiceren ze met de nucleus solitarius en dorsalis van de vagus.

De somatische efferenten zijn gelegen in het ventrale en laterale deel van het ruggemerg (lamina 8 en 9 van Rexed). Op elk segmentair niveau gaan de motoneuronen waarmee ze connecteren naar de periferie om de afferenten te vervoegen uit de zenuwen die komen uit de ruggemergwortels die ermee overeenkomen. Sommigen worden geïmpliceerd in min of meer ingewikkelde reflexen die de contractie/decontractie van homo- of heterolaterale spiergroepen realiseert.

Figuur 7. Extralemniscale wegen thv het ruggemerg

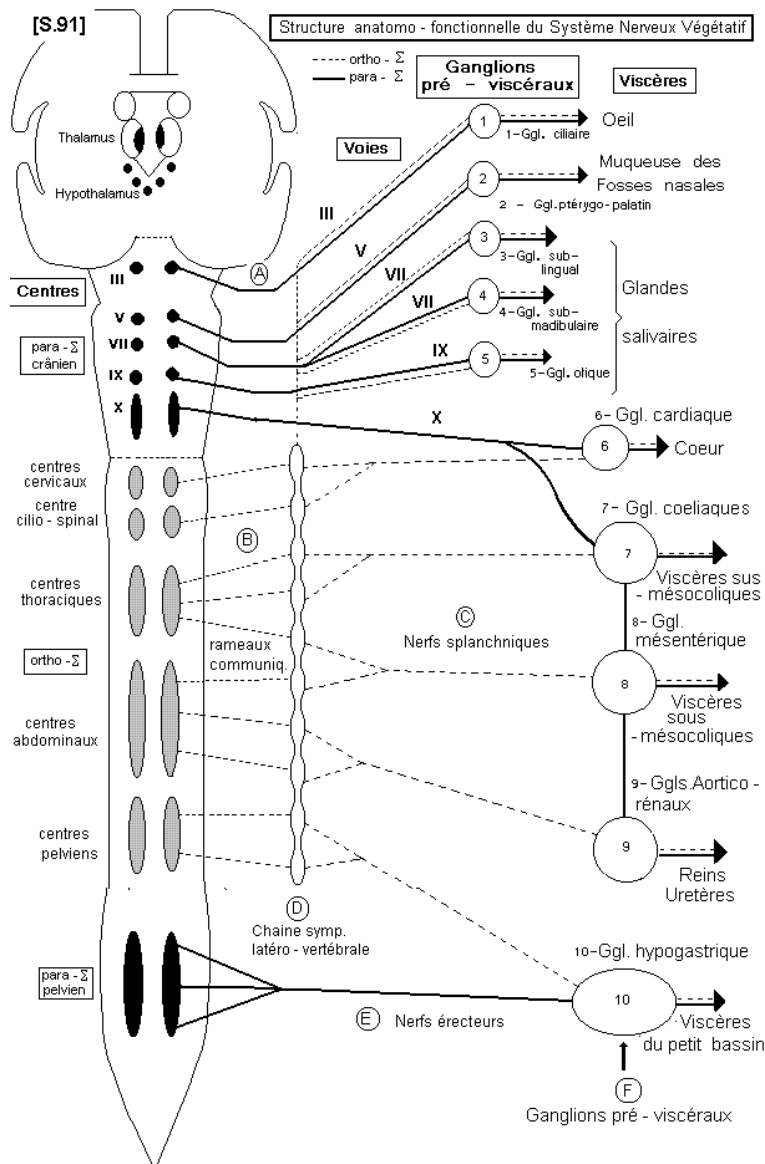




(van <http://www.anatomie-humaine.com/IMG/gif>)

De autonome efferenten hebben een ingewikkelder traject dat aandacht verdient want er zijn interacties die door acupunctuur kunnen beïnvloed worden (figuur 8).

Figuur 8: de autonome banen



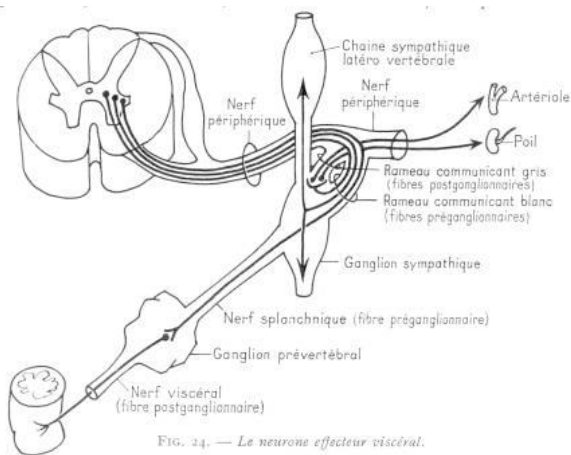
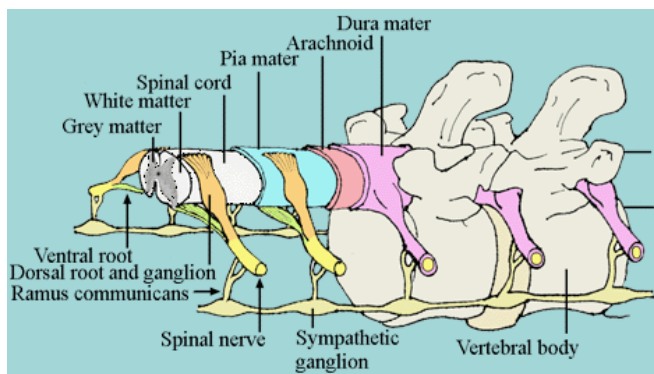
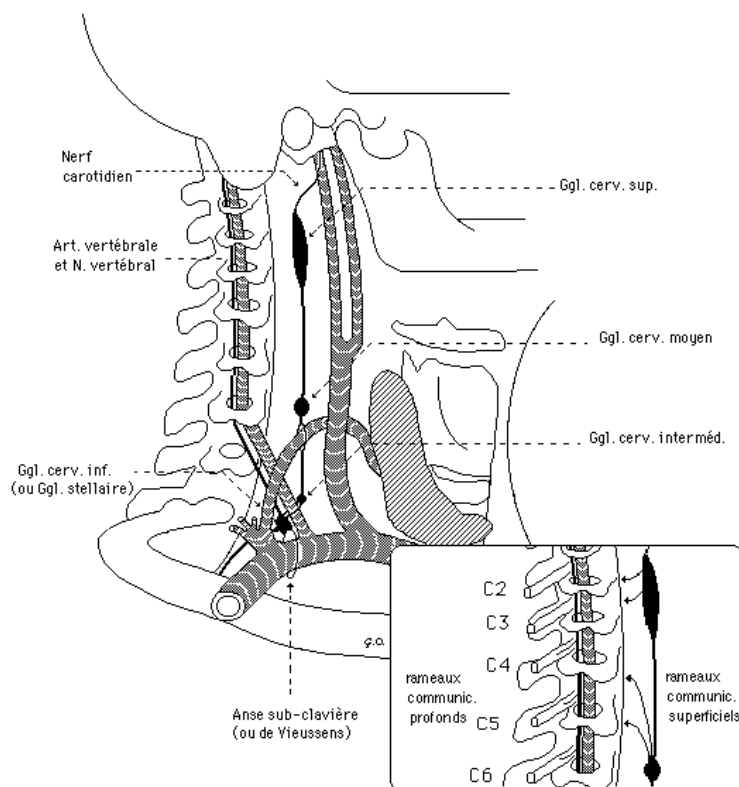


FIG. 24. — Le neurone effecteur viscéral.

[S.96]

Chaîne sympathique cervicale



(Van <http://www.anatomie-humaine.com>)

Deze vezels verdelen zich in 2 categorieën die ofwel de vluchtreactie en de mobilisatie van het organisme (orthosympatisch) verzekert ofwel de rust en het herstel van de grote functies van het lichaam (parasympatisch).

Deze 2 categorieën van effecten hebben aparte banen die onderhevig zijn aan verschillende stimulaties door acupunctuur.

Enkel de orthosympatische efferenten zijn metamerisch want ze dalen in het intermedio-laterale deel van het ruggenmerg (lamina 10 van Rexed) waar ze op ieder niveau een verbinding maken met een effector neuron, van Th1 tot L2. Deze neuronen sturen vezels die een communicerende witte streng vormen naar een ganglion. Deze ganglions vormen de latero-vertebrale sympathische keten.

Zij bevatten andere effector neuronen die hun vezels via de grijze communicerende tak (figuur 8) zenden naar :

- de dorsale wortels om zich te voegen bij de perifere zenuwen en de innervatie van de zweetklieren, de pilo-erectie en de vasculaire tonus in het bijhorende metameer
- de pre-viscerale ganglia en plexi en het bijhorende buikorgaan bezenuwen
- de posterieure dorsale wortels en de bloedvaten, spieren en gewrichtsstructuren van de bijhorende wervels
- de bovenliggende en onderliggende ganglia van de keten

De nabijheid ter hoogte van elke segment van de orthosympatische effector banen met de somatische afferenten laat reeds toe het verband te begrijpen tussen stimulatie met acupunctuur en effecten op de perifere bloedsomloop, het zweten of de functie van een buikorgaan.

De orthosympatische keten gaat voort via de nek door de stellaire, midden cervicaal en superior cervicaal ganglia. Deze gaat ook naar beneden via de keten van de lumbo-sacrale ganglia. Sommige acupunctuurpunten kunnen werken omdat ze dicht bij bepaalde ganglia liggen zoals Ga21 op het stellaire ganglion. De parasympatische efferenten worden voor het bovenste en het middenste deel van het lichaam gedragen door de nervus vagus. Deze zijn dus supra-spinaal wat verklaart dat voor eenzelfde buikorgaan het parasympatische aspect volgens andere mechanismen zal gestimuleerd worden dan het orthosympatische met de acupunctuur. Enkele het onderste deel van het lichaam en de pelvische organen krijgen parasympatische efferenten die metamerisch uit het intermedio-laterale deel van het sacrale ruggemerk komt.

B. BIOCHEMIE VAN DE SPINALE ACUPUNCTUURTRANSMISSIE

In 1976 kan Pommeranz aantonen dat de effecten van acupunctuur tenietgedaan kunnen worden door naltrexone(17). Sindsdien heeft men de endogene opioïden ontdekt (enkefalines, dynorfine,endorfine,...) en hun vele receptoren (μ , κ , δ) zowel spinaal als supra-spinaal. Han en zijn collega's hebben aangetoond dat een deel van de spinale effecten van de acupunctuur uitgelegd worden door deze substanties. Maar, het toedienen van selectieve antilichamen tegen een zeker endogeen opioïd(18), het gebruiken van verschillende frequenties en intensiteiten in elektro-acupunctuur (19) tonen dat ze niet de enige familie van neuropeptiden zijn die verantwoordelijk zijn voor de analgesie door acupunctuur. De hogere centra, zoals we verder zullen zien, gaan inhiberende bundels van de pijntransmissie sturen door productie van serotonine en van noradrenaline.

Bossy had reeds de grote principes van de acupunctuur modulatie geschetst betreffende de sensitieve transmissie op het spinale niveau. De boodschap op spinaal niveau kan dus beïnvloed worden door een actie op de verbinding, dus de synaps, tussen 2 neuronen of op het lichaam van het neuron zelf.

Han en collega's hebben aangetoond dat stimulatie met acupunctuur van de gemyeliniseerde vezels van het lemniscale systeem THE GATE CONTROL activeren door secretie van endogene opioïden op niveau van de synaps. Actueel denkt men dat deze endogenen opioïden gesecreteerd worden thv de hersenstam en dat ze de stimulatie van de inhiberende descenderende banen teweegbrengen onafhankelijk van de opioïden. De inhiberende descenderende banen verbinden serotonine en noradrenaline aan pre-synaptische receptoren aan de oppervlakte van de nociceptieve interneuronen. Deze laatste zijn verbonden met C-vezels door synapsen die geactiveerd worden door de P substantie (somatische C vezels) of door de *vasoactive intestinal peptide*(viscerale C vezels) in de gelatineuse secties van Rolando (laag 2 en 3 van Rexed).De modulatie verbonden aan de gate-control zou in dezelfde regio van Orlando gebeuren door

post-synaptische verbindingen. Interneuronen van de laag 5 van Rexed, geactiveerd door de $A\delta$, gaan collateralen sturen die enkefalines secreteren zich zich fixeren op de post-synaptische receptoren aan het oppervlak van de nociceptieve interneuronen. Op dezelfde manier gaan collateralen die komen uit de $A\beta$ lemniscale vezels interneuronen stimuleren die GABA (aminobutiric acid) secreteren. GABA gaat post-synaptische receptoren bezetten aan het oppervlak van nociceptieve interneuronen (20).

De modulatie van de spinale transmissie door de actie op het lichaam van een interneuron is gespecialiseerd of specifiek, naargelang het stimulerend of inhiberend is of beiden, naargelang de omstandigheden.

Een gespecialiseerd neuron zal zijn stimulerende of inhiberende actie uitoefenen vanaf het moment dat er een voldoende aantal receptoren gelokaliseerd zijn op zijn membraan door specifieke thermische, chemische of mechanische stimuli.

Een specifiek neuron zal een stimulerende of inhiberende werking hebben naargelang de receptoren hiervoor statistisch in het meeste aantal aanwezig zijn.

De meeste specifieke neuronen worden convergerend genoemd (Wild Dynamic range, WDR) want ze worden geactiveerd door mechanische, chemische, thermische of elektrische stimuli.

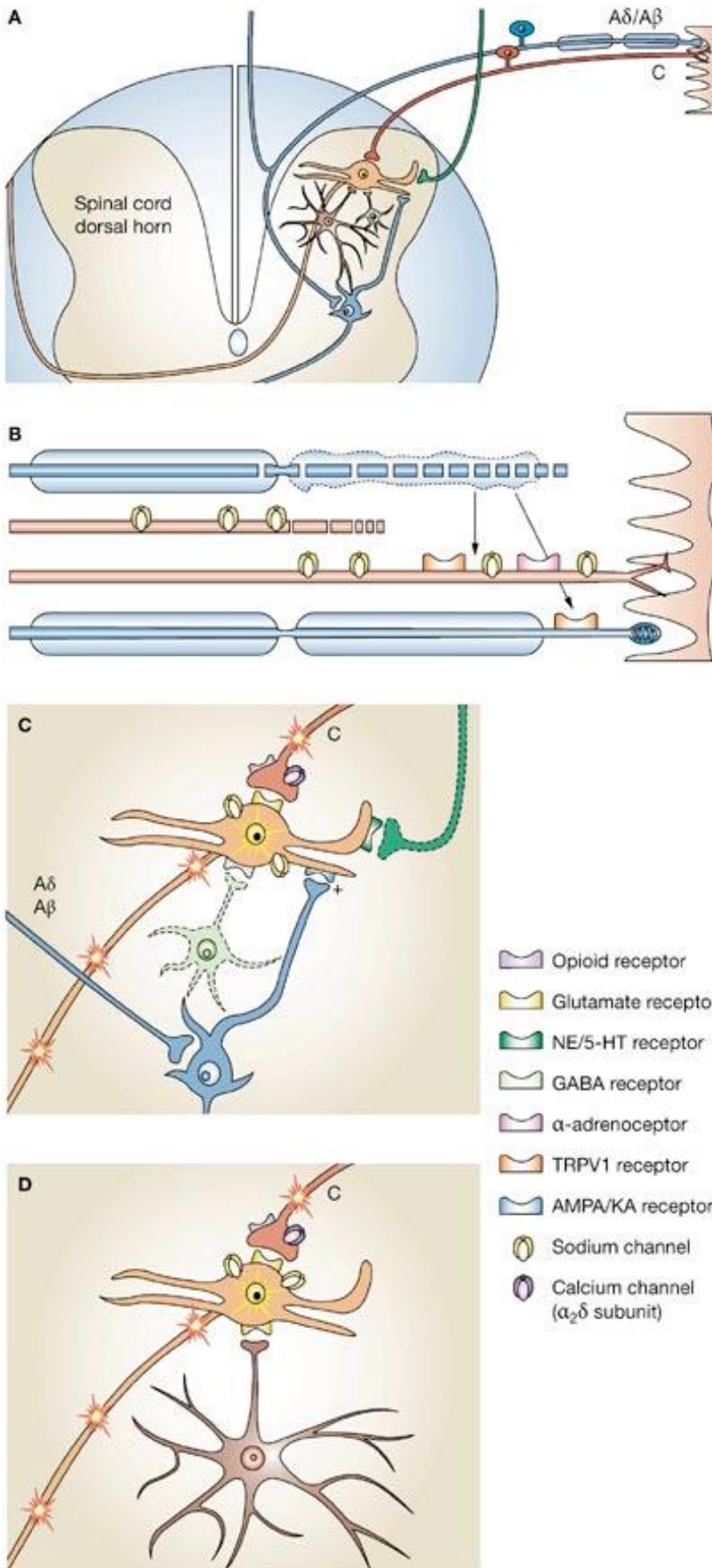
Ze worden nogal veel bestudeerd tegenwoordig omdat ze geïmpliceerd zijn in het fenomeen van de neurale plasticiteit (figuur 9). Deze neurale plasticiteit legt uit hoe het zenuwstelsel zich aanpast en functioneel evolueert naargelang de stimuli die van buitenaf op hem afkomen.

Bij het chronisch worden van een perifere pijn gaan repetitieve stimuli van de C-vezels receptoren op hun membraan activeren die normaal geen receptoren zijn, zoals NMDA of AMPA/KA receptoren. Zij verminderen de drempel voor stimulatie van de WDR. Zij gaan de boodschap die werd verzonden door de receptoren van de initiële pijn (NMDA) amplificeren maar ook de boodschap verzonden door andere wegen van de sensibiliteit verhogen.

Ter hoogte van de synaps tussen de C vezels en de WDR zullen ook de pre- en postsynaptische inhibities plaatsvinden.

De C vezels verzenden een nociceptieve somatische boodschap maar ook een afferente viscerale. Zij worden geactiveerd door de polymodale perifere receptoren op dewelke acupunctuur en moxibustie invloed hebben. Hun actie op de WDR geeft dus een bijkomende manier om de effecten van acupunctuur te assimileren. Naargelang waar de WDR gesitueerd zijn is er een inhiberende of stimulerend effect op de afferente spinale banen. Zo zullen de WDR in lamina 5 van Rexed de nociceptie amplificeren terwijl degene die zich bevinden in de gealtineuze massa van Rolando ze inhiberen. De localisatie van deze neuronen bepaalt dus de verschillende functionaliteiten, soms tegenover elkaar staand, wat overeen kan komen met tonificatie en dispersie van eenzelfde punt naargelang men het verschillend stimuleert.

Figuur 9: biochemie van de acupunctuurtransmissie



Mechanisms of peripheral and central sensitization in neuropathic pain (A) Primary afferent pathways and their connections in the spinal cord dorsal horn. Nociceptive C-fibers (red) terminate at spinothalamic projection neurons in upper laminae (orange neuron), whereas non-nociceptive myelinated A-fibers (blue) project to deeper laminae. The second-order projection neuron is of the wide dynamic range (WDR) type, that is, it receives direct synaptic input from nociceptive terminals and also multisynaptic input from myelinated A-fibers (non-noxious information, blue neuron system). Gamma-aminobutyric acid (GABA)-releasing interneurons (green neuron) normally exert inhibitory synaptic input on the WDR neuron. Furthermore, descending modulatory systems synapse at the WDR neuron (the green descending terminal represents an inhibitory projection). Spinal cord glial cells (brown cell) also communicate with the WDR neuron. (B) Peripheral changes at primary afferent neurons (nociceptive C-fibers, red; non-nociceptive myelinated A-fibers, blue) after partial nerve lesion, leading to peripheral sensitization. Some axons are damaged and degenerate (upper two axons), whereas others (lower two axons) are still intact and connected with the peripheral end organ (skin). The lesion triggers the expression of sodium channels on damaged C-fibers. Furthermore, products such as nerve growth factor that are associated with Wallerian degeneration are released in the vicinity of spared fibers (arrows), triggering channel and receptor expression (sodium channels, TRPV1 receptors, adrenoceptors) on uninjured fibers. (C) Spontaneous activity in C-nociceptors induces secondary changes in central sensory processing, leading to spinal cord hyperexcitability (central sensitization of second-order WDR neurons, indicated by star in orange neuron). This causes input from mechanoreceptive A-fibers (light touch and punctate stimuli; blue neuron system) to be perceived as pain (dynamic and punctate mechanical allodynia; '+' indicates gating at synapse via AMPA/KA [-amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazole propionic acid and kainate] receptors). Several presynaptic (opioid receptors, calcium channels) and postsynaptic molecular structures (glutamate receptors, NE [norepinephrine] receptors, 5-HT [serotonin] receptors, GABA receptors, sodium channels) are involved in central sensitization. Inhibitory interneurons and descending modulatory control systems (green neurons) are dysfunctional after nerve lesions, leading to disinhibition or facilitation of spinal cord dorsal horn neurons and to further central sensitization. (D) Peripheral nerve injury activates spinal cord non-neural glial cells (brown cell), which further enhances excitability in WDR neurons by releasing cytokines and increasing glutamate levels. 5-HT, 5-hydroxytryptamine (serotonin); GABA, gamma-aminobutyric acid; NE, norepinephrine.

C. HET AANTONEN VAN REFLEXEN GEBONDEN AAN DE METAMERISATIE

Metamerisatie wil zeggen segmentaire basisorganisatie van het ruggemerg (figuur 10).

Elk spinaal niveau bestaat uit 2 symmetrische helften met elk een perifere zenuw die verbonden is met een motorische wortel anterior en een sensitieve wortel posterior.

Deze zenuw bevat alle soorten zenuwen : sensitieve, motorische en autonome.

De zenuw splitst zich op in een aantal takken voor de verschillende elementen : het dermatoom(cutis en subcutis), het sclerotoom(osteotendineuze stelsel) en het myelotoom (musculo-skeletaal). Het autonome zenuwstelsel bindt schematisch aan ieder metameer een latero-vertebraal ganglion dat bestemd is voor het somatische en een previsceraal ganglion bestemd voor het visceraal. De metamerisatie voor het dermatoom, sclerotoom en myelotoom is constant maar voor het viscerotoom is dat veel minder het geval. Dit komt door het feit dat de verbindingen worden gemaakt tussen de 6de en 9de week van de embryonale ontwikkeling en dat de relaties van het zenuwstelsel(ectoderm) directer zijn met de externe laag in wording(ectoderm) dan met spieren, pezen, ligamenten en skelet(mesoderm) of met viscera(endoderm). Zoals vroeger beschreven in deze tekst heeft ieder spinaal segment een sensitief nerveus centrum in de dorsale hoorn, een somatisch motorisch centrum voor de gestreepte spieren in de ventrale hoorn en een autonoom centrum gelegen in de intermedio-laterale zone. Deze centra worden verbonden door interneuronen.

De metamerisatie van het ruggemerg is dus de basis van een reflexorganisatie, die gunstig is volgens de evolutie van DARWIN. Het organisme kan namelijk onmiddellijk reageren op potentieel nocieve stimuli, zonder de hogere centra te moeten aanspreken. Vele experimenten hebben deze reflexen aangetoond. Auteurs hebben de spieren, pezen of ligamenten geïnjecteerd met hypertoonisch serum. Zij konden de metameren isoleren waarvan deze myotomen en sclerotomen afhingen door de dermatomen aan te duiden waar de pijn zich manifesteerde(22). Naast deze somato-somatische reflexen bestaan de viscerosomatische reflexen. Deze worden herkend door stimulatie van het colon descendens met barium, wat een bleekheid teweegbrengt van de cutis in de corresponderende dermatomen met dezelfde wortels van Th12 tot Th9. Adrenaline injecteren in de maagmucosa, mucosa van de blaas of in de fascia van de milt geeft een flush in de dermatomen met dezelfde metameren Th10 tot Th6(22). Deze viscerosomatische reflexen liggen aan de basis van geprojecteerde pijn. De pijn van de galblaas wordt geprojecteerd naar de rechterschouder terwijl de pijn van maagulcera overeenkomt met pijn thv de Th11. Indien viscera pijn lijden wordt dat vertaald in de huidregio die met deze metameer overeenkomt. Dit werd gesystematiseerd door Jarricot en Head die pijnlijke huidregio's beschreven als gevolg van de pathologie van bepaalde viscera (figuur10).

Figuur 10. Huidreflexzones van Jarricot, de zones van Head, somatoviscerale reflexologie, SHU en MO punten.

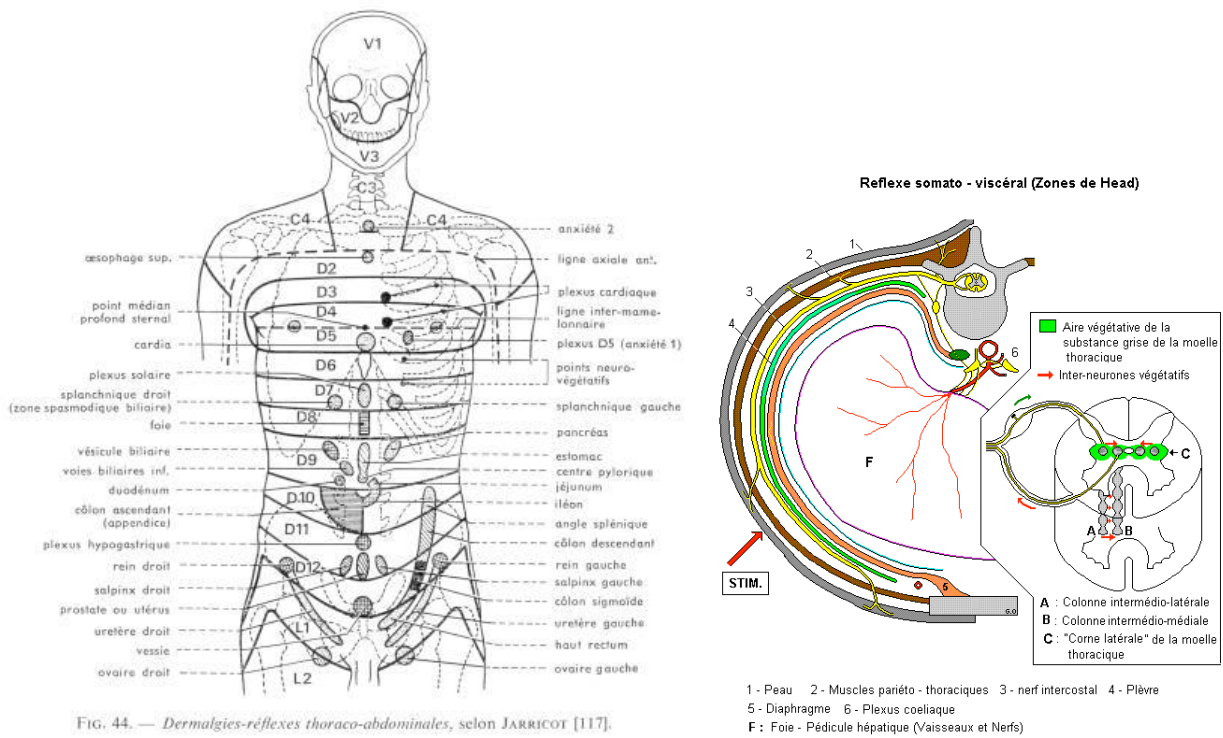
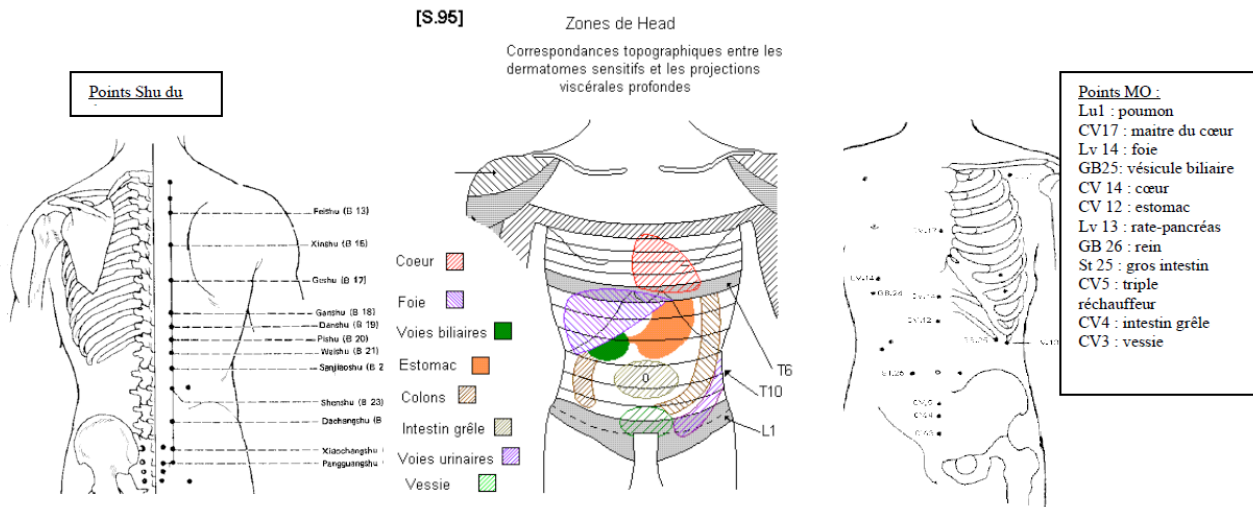


FIG. 44. — Dermalgies-réflexes thoraco-abdominales, selon JARRICOT [117].



(van <http://www.anatomie-humaine.com>)

Omgekeerd kunnen we bedenken dat de irritatie van een huidregio de overeenkomende organen via metamerisatie kan beïnvloeden. De elektro-stimulatie van punt DiD18 bilateraal geeft een analgesie die de uitvoering van een thyroidectomie bevordert omdat ze beiden afhangen van de metameer thv C3(21).

Deze reflexen worden doorgegeven door de orthosympatische gangliaketen waarop acupunctuur kan inwerken via de metamerische reflex door de somatische. Afferenten die eraan verbonden zijn.

De directe of indirecte stimulatie van het autonome ganglion verbonden met een metameer is een andere bron van somato-viscerale reflex. De algodystrofieën van het bovenste lidmaat die intense pijn veroorzaken en autonome veranderingen teweegbrengen zoals zweten, vasodilatatie en warmteopwelling zijn hiervan een illustratie. Net zoals ganglioplegica (ismeline, reserpine) of blokkade van het stellaire ganglion gang men Ga21 aanpakken (dicht bij het stellaire ganglion)(23).

Deze fenomenen van viscerosomatische convergentie liggen aan de basis van het gebruik van de SHU en MU punten in de TCG. MU punten zijn alarmpunten van het orgaan waarmee de meridiaan verbonden is. Ze situeren zich in de gesystematiseerde zones door Head en Jaricot (figuur 10). SHU punten bevinden zich op de rug thv de interne tak van de Blaasmeridiaan en regelen de energie van het orgaan dat bij een meridiaan hoort. Ze communiceren ook met dit orgaan in het metameer.

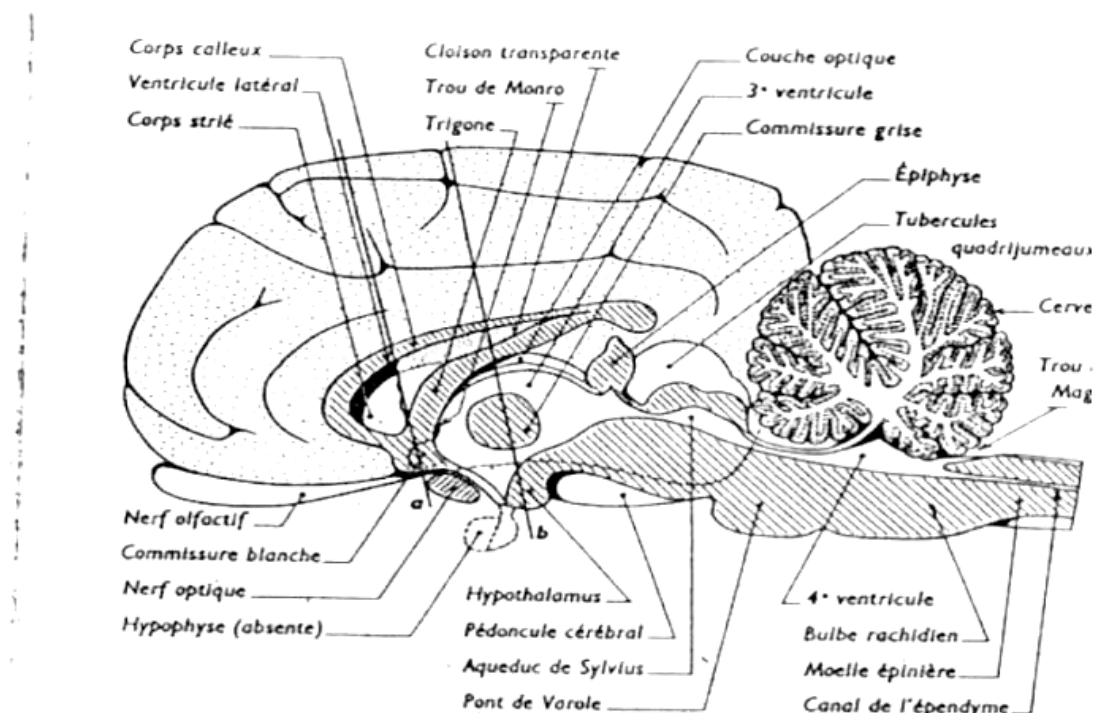
5) Hersenstam

A. Substantia reticularis en zijn kernen

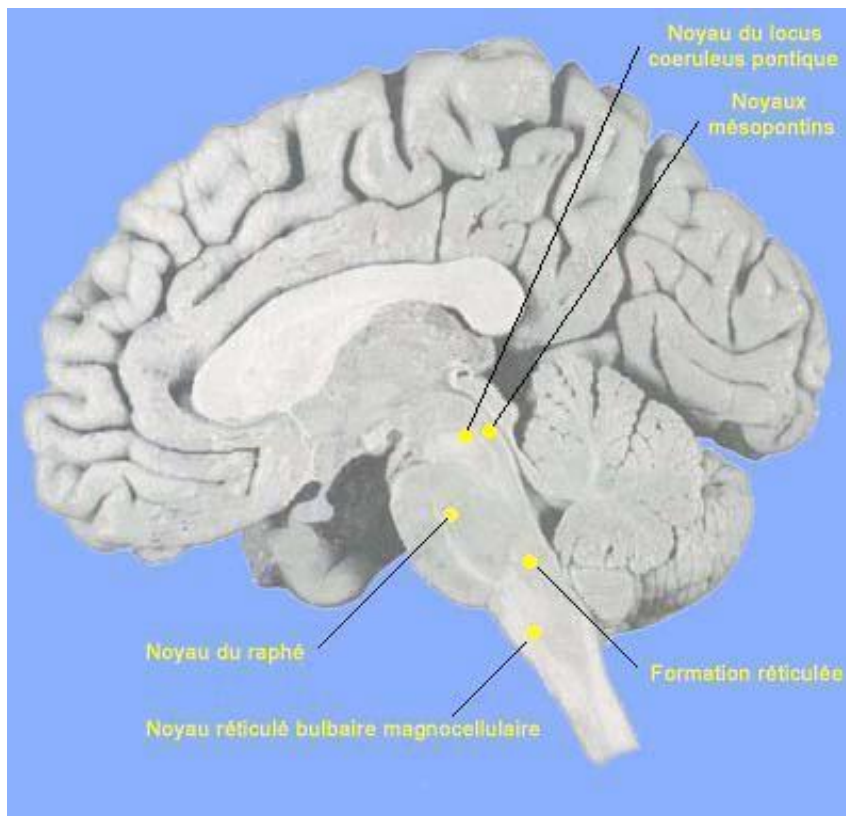
Bossy beschreef de hersenstam als een geleidingscentrum, omdat hij vele neuronen en kernen groepeerd (3). De hersenstam is het centrum van integratie want hij krijgt somatische, viscerale en sensorische afferenten van het hoofd en van de rest van het lichaam, evenals corticale en thalamische efferenten. Hij is het centrum van de regulatie van informatie en werkt in op de ademhaling, cardiovasculair, op de waakzaamheid, de thalamus, het limbisch systeem en de hypofyse.

De bulbus en de pons reguleren de activiteiten van deze onderliggende centra door enerzijds met de dorsale hoorn van het ruggemerg te interageren en anderzijds met de tractus solitarius (vegetatieve afferenten). De acupunctuurpunten thv het hoofd en de auriculotherapie hebben algemene effecten, waarvan we gemakkelijker het werkingsmechanisme zullen verstaan. Recent onderzoek heeft toegelaten de rol van bepaalde kernen beter te bepalen. Dit onderzoek gebruikt technieken zoals elektrofysiologische mapping met isotopische axonale tracers en specifieke antilichamen voor endogene neuropeptiden of genetisch gemodificeerde knaagdieren.

Figuur 11 . Hersenstam en zijn kernen



2. — Coupe longitudinale de l'encéphale du Mouton.
Les traits a et b correspondent aux deux demi-coupes de la fig. 3.



B. Het mesencephalon en de periaqueductale grijze stof

Sinds het onderzoek van Han(19) weten we dat de endogene opioïden een familie zijn van verschillende peptiden en dat ze op verschillende niveaus van de spinothalamische banen inwerken.

De endogene opioïden worden oa aangemaakt in de grijze stof rond de aquaductus van Sylvius (PAG,periaqueducal gray) tussen de vierde ventrikel en het diencephalon (de thalamus, de hypothalamus, de hypofyse, de epifyse) worden tot het diencephalon gerekend en de tussenhersenen (**diencephalon**) spelen een belangrijke rol bij emoties, motivatie en het geheugen (het limbisch systeem).

De lemniscale baan die uit de posterieure streng van het ruggemerg komt staat in verbinding met de bulbaire kernen nl.nucleus gracilis en cuneiformis. Na de middellijn te hebben gekruisd gaat hij via het lint van Reil(nucleus van de laterale lemniscus) door tot de posterieure kernen van de thalamus.

Van dit lint van Reil gaan collateralen de productie van opioïden stimuleren thv de PAG. Op frequenties van 100Hz heeft men secretie van β -endorphines en enképhalines kunnen registreren door elektro-acupunctuur (figuur12). Specifieke antilichamen van de β -endorphine en de enképhaline blokkeren de analgesie die door elektro-acupunctuur uitgelokt wordt.

Het fenomeen van tolerantie bij herhaling van de acupunctuur wordt uitgelegd door de productie van cholecystokinine(CCK) in de PAG, zoals bij het herhaaldelijk toedienen van morfine.

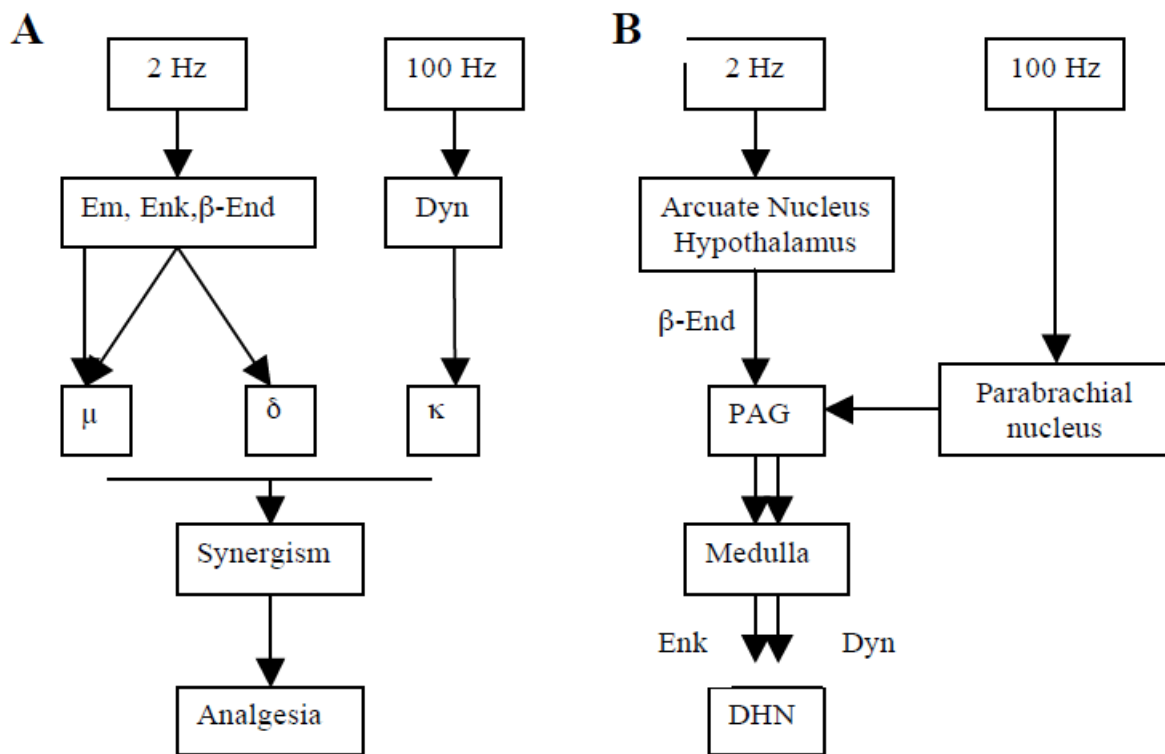
De intra-ventriculaire injectie van CCK bij de ratten doet de productie van endogene opioïden verdwijnen zoals in het geval van injectie van morfine. Injectie van CCK bij ratten doet de productie van endogene opioïden verdwijnen in de PAG wanneer elektro-acupunctuur wordt toegepast(24).

Dit fenomeen zou ook aan de basis liggen van de responders en non-responders op acupunctuur.

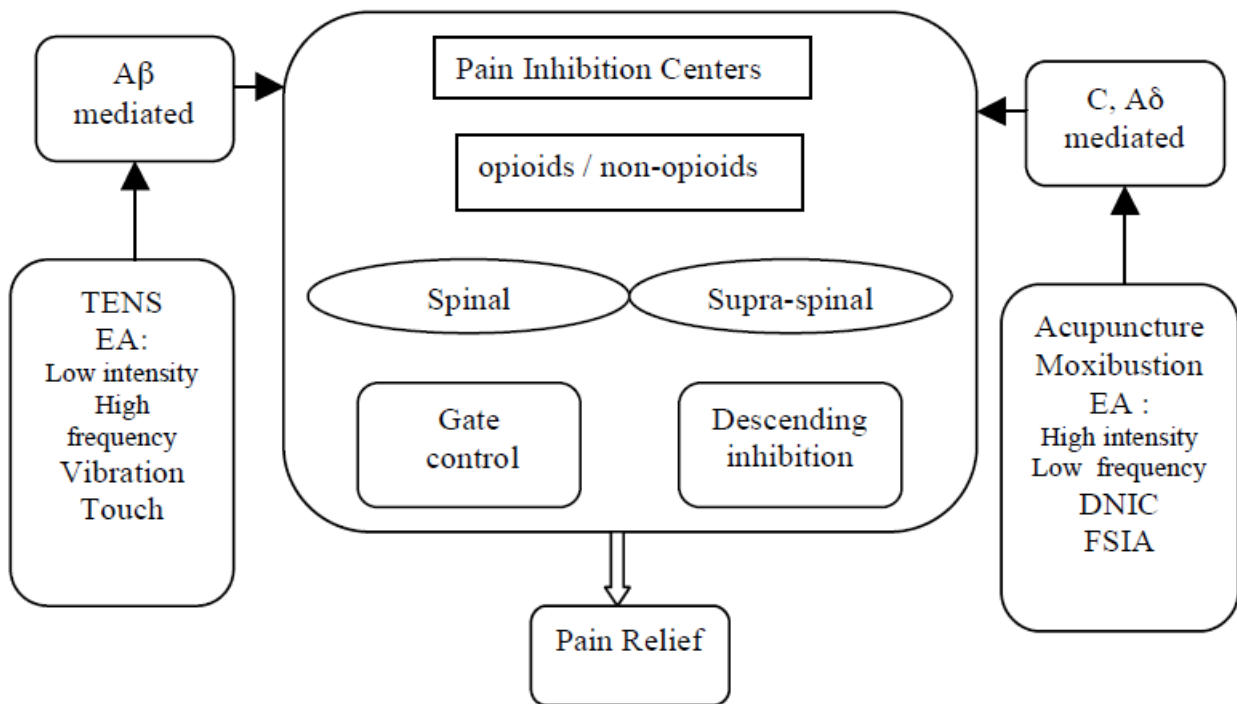
Non-responder ratten die een intra-ventriculaire injectie van antilichamen tegen CCK krijgen worden responders (25). Volgens de frequentie en de intensiteit der stimulaties kunnen verschillende structuren van de hypothalamus en de thalamische kernen de productie van opioïden in de PAG stimuleren (figuur 12).

De effecten van acupunctuur in het algemeen en van analgesie in het bijzonder beperken zich niet tot actie van endogene opioïden thv het ruggemerg of het mesencefalon. Ook in andere kernen worden andere verschillende peptiden geproduceerd en gesecreteerd.

Figuur 12 : Rol van endogene opioïde peptiden in de elektro-acupuncturale analgesie: A. elektro-acupunctuur, B. centrale banen analgesie in de hersenen



Electro-Acupuncture Analgesia mediated by different opioids and receptors and their central nervous mechanisms. Two different frequencies of EA (2 Hz and 100 Hz) induce different analgesic actions via four different endogenous opioids and three receptor subtypes (A). The central pathways for analgesic action in the brain (B). Em: endomorphine, Dyn: dynorphin, Enk: enkephalin, β-End: β-endorphin, PAG: periaqueductal grey matter, DHN: dorsal horn neuron. (from ref. 13)



Schematic illustration of two afferent inputs for the activation of the pain inhibition center. Both thin (A-delta and C fibers) and thick (A-beta fibers) afferents induce analgesic effects via different endogenous pain inhibitory systems. EA: electroacupuncture; DNIC: diffuse noxious inhibitory controls; FSIA: foot shock-induced analgesia; TENS: transcutaneous electrical nerve stimulation (from ref. 13).

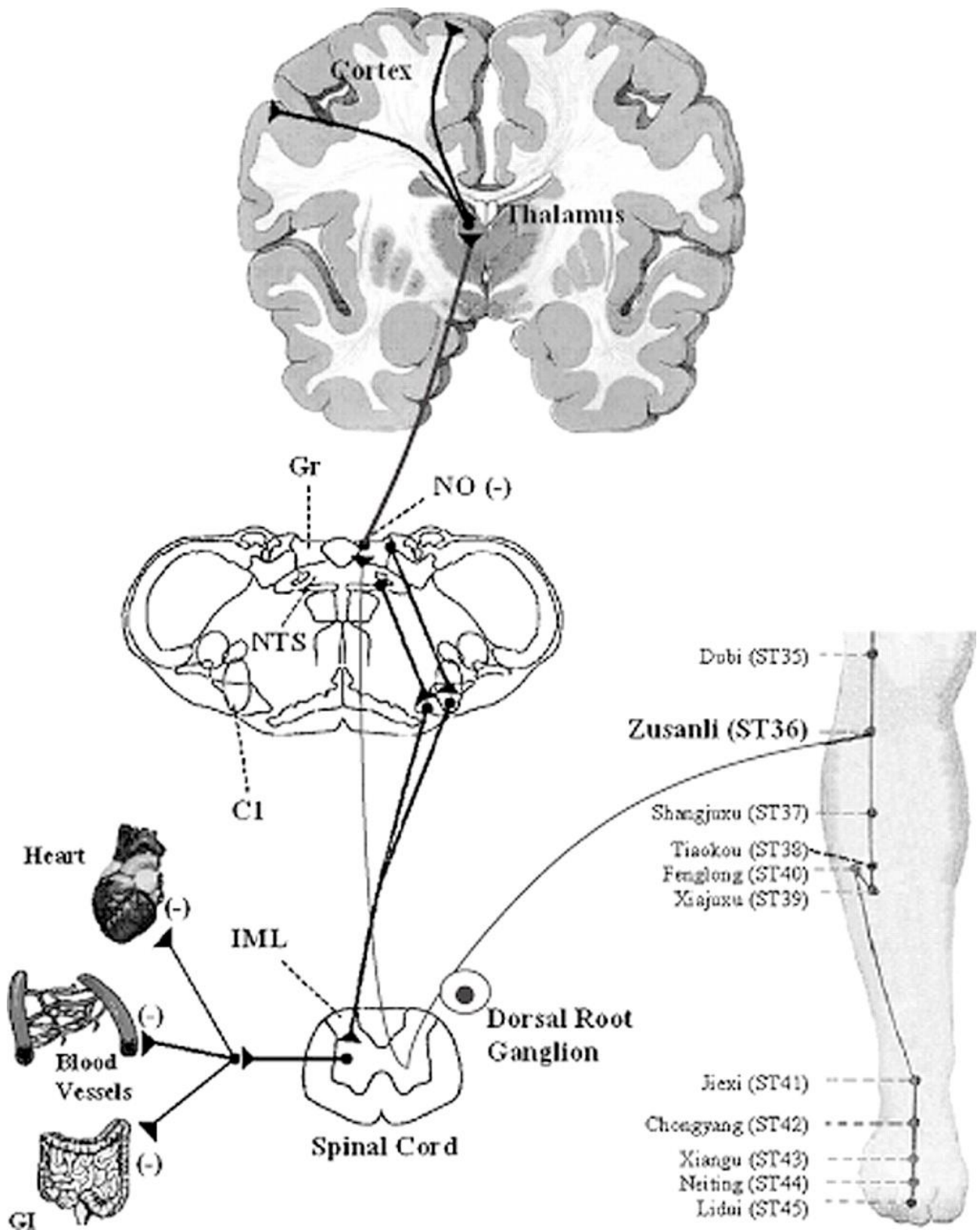
C. De pons en zijn kernen : locus caeruleus en raphe magus

Alle auteurs zijn het er over eens dat er 2 wegen zijn om de analgesie door acupunctuur uit te leggen, los van de endogene opioïden. We hebben de inhiberende descenderende banen die bestaan uit kernen zoals de raphe magnus en nucleus coeruleus (figuur 11).

De kernen van de raphe magnus zijn de hoofdbron van descenderende serotonine inhiberende banen naar de dorsale hoorn van het ruggmerg (lagen 2 en 3 van Rexed). De kernen van de locus coeruleus vormen de basis van de noadrenerge banen. ZE vormen de opvolging van de magnocellulaire of gigantocellulaire kernen van de pons, zonder catecholamines, maar die de inhiberende descenderende stimulatie teweegbrengen door de kernen van de coeruleus te activeren.

Men heeft aangetoond dat de medullaire neuronen die door elektro-acupunctuur worden geactiveerd aan de hogere centra informatie afleveren die de inhiberende descenderende banen activeert. ZE inhiberen de expressie van het c-FOS gen in de lagen 1 en 2 van Rexed(8). Het c-FOS gen vindt expressie bij chronische pijn of pijn bij amputatie.

Figuur 13: Bulbo-thalamische banen (NO)



D. De medulla oblongata en de dorsale gracilis kernen

Recente studies hebben uitgewezen dat elektro-acupunctuur op BL64 en BL65 bij de rat de secretie stimuleert van het enzym dat de neurale nitrietoxide synthetiseert (n-NOS) in de nucleus gracilis thv de medulla oblongata. Met isotopische tracers zien we een bundel die van de nucleus gracilis naar de thalamus gaat. De nitrietoxide geeft dus een deel van de effecten van acupunctuur door van de medulla oblongata naar de thalamus door een specifieke baan(8). Deze baan is verantwoordelijk voor de orthosympatische effecten die blijven duren na de stimulatie. De nucleus gracilis is een integrerende kern van viscerale en somatische sensaties, waar hij de afferenten van ontvangt(26).

In figuur 13 zien we dat de cutane stimulatie van Ma36 hoofdzakelijk geprojecteerd wordt in de nucleus gracilis van de medulla oblongata en er de productie van NO activeert die op zijn beurt de kernen van de thalamus activeert die gelinkt zijn met de algemene orthosympatische tonus(para-ventriculaire en medio-dorsale kern). Dit geeft een verlengde inhibitie van de reflexen van hypertensie en cardiaal ritme als gevolg van pijn of andere vormen van stress..

E. Het sensitieve trigeminus complex als vergelijking met een spinaal niveau thv het hoofd

De acupunctuurpunten van het hoofd (gelaat, schedel en nek) liggen meestal in het cutane gebied van de nervus trigeminus en soms in het gebied van de eerste cervicale wervels (figuur 14).

DE informatie van de acupunctuur volgt dus de sensitieve banen van deze zenuwen. Het eerste station is het ganglion van Gasser en daarna komt de boodschap in het trigeminus gevoelscomplex.

dat gaat van het mesencefalon tot aan het cervicale merg. Dit complex is voorzien van een hoofdkern en een subkern die bestaat uit een oraal, intermediair en caudaal deel. Dit complex is te vergelijken met de dorsale hoorn van het ruggemerg om sensitieve eigenschappen te onderscheiden, hun onderlinge interactie en de controle van de hoger gelegen centra op de expressie van de sensibiliteiten(27).

De proprioceptieve info en de fijne tastzin(A β) gaan via de hoofdkern en het intermediaire deel van de subkern naar de mediale lint van Reil die deze informatie naar de thalamus brengt uit alle gebieden van het lichaam. De A δ vezels transporteren fijne pijn en het warmtegevoel via interneuronen in het midden van de subkern en wel het caudale gedeelte. Deze vezels vervoegen de neo-spino-thalamische bundel die similaire info van de rest van het lichaam doorgeeft.

De C-vezels transporteren de noci-ceptieve informatie naar de interneuronen in de periferie van de caudale subkern. Deze spelen de rol van laag 2 en 3 van Rexed in de dorsale hoorn van het ruggemerg. Na polysynaptische connecties komt deze informatie naar de neuronen van de orale subkern (laag IV van Rexed) en gaat naar de paleo-spinothalamische baan.

DE inhibitie van hogerhand komen toe in de caudale subkern en zien we de convergerende fenomenen die te vergelijken zijn met de Gate Control. WE hebben hier neuronen met NMDA(WDR) receptoren die de passage van de informatie gaan moduleren volgens een inflammatoire context of volgens een repetitieve stimulatie dwz alle fenomenen onder de term Wind-up.

Vooraf na de passage in het trigeminuscomplex wordt de sensitieve informatie van het hele hoofd naar de thalamische centra verzonden(discriminatie), naar de substantia reticularis (integratie), naar de kernen van de tractus solitarius en de dorsale kern van de vagus(parasympatische afferenten en efferenten) en naar het limbisch systeem (emoties).

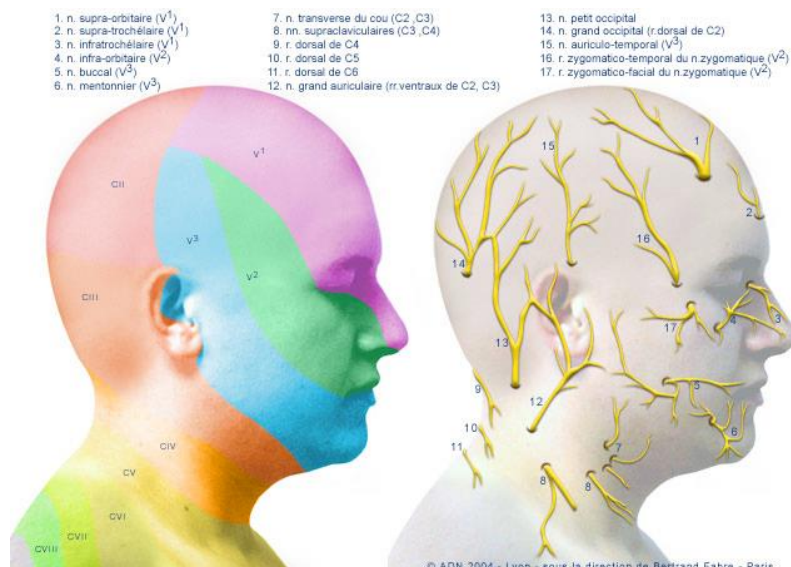
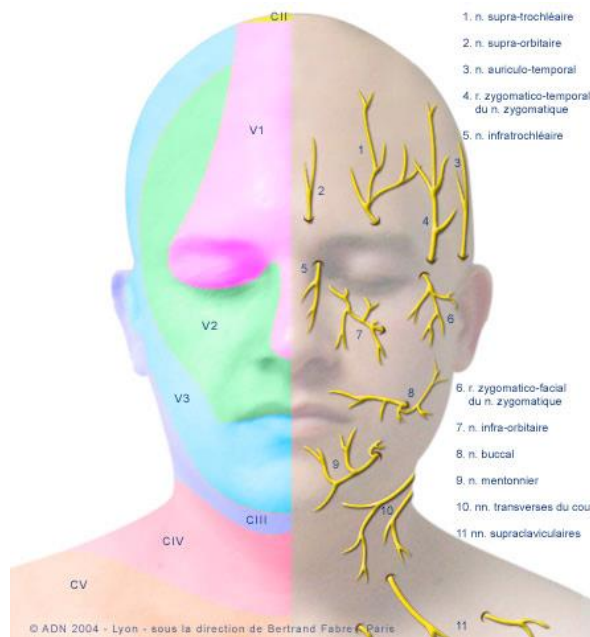
Men begrijpt waarom de acupunctuurpunten van het hoofd belangrijk zijn want ze liggen in het somato-vegetatieve centrum van het hoofd en de rest van het lichaam (figuur 13).

Door ze te stimuleren , gaat men ook een parasymptisch visceraal effect uitlokken omdat ze interageren met de tractus solitarius en de dorsale kern van de vagus.

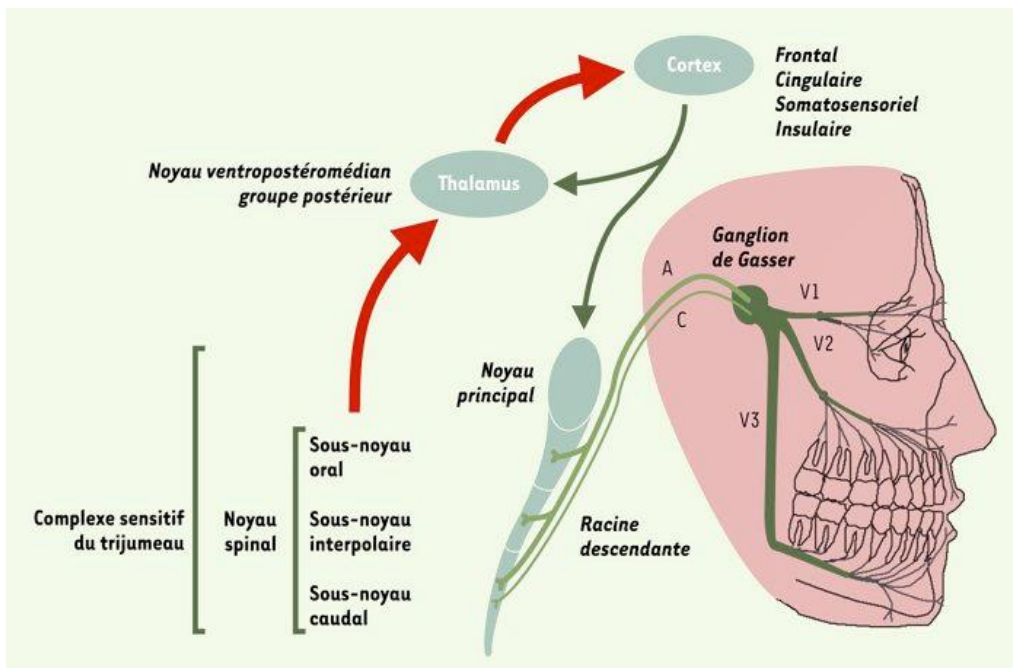
De orthosympatische informatie gaat via de orthosympatische ganglia th c C1 en zal door andere punten gestimuleerd worden. De complementariteit tussen Yin en Yang kan gezien worden als ortho- en parasymptisch .

Indien we enkel een parasymptisch effect hebben begrijpen we waarom we allemaal YANG punten hebben thv het hoofd.

Figuur 14: het sensitief trigeminus complex



(van : <http://www.anatomie-humaine.com/Nerf-trijumeau-V.html>)



van <http://www.erudit.org/revue/MS/2003/v19/n5/006626ar.html>

6) Diencephalon en Cortex

Ter hoogte van het diencephalon wordt de acupuncturale influx getransporteerd door de perifere afferenten die aan de thalamus toekomen. De thalamus integreert en verdeelt deze informatie aan de structuren van het diencephalon en aan de corticale structuren aan dewelke hij verbonden is.

Zo wordt de acupunctuur boodschap aan de cognitieve en de emotionele eigenschap van de hersenen gekoppeld (associatieve cortex en limbisch systeem. Zo begrijpen we beter de werking van acupunctuur op de vasculaire tonus, de vegetatieve reacties, op het metabolisme in het algemeen, op het humeur, op verslavingen en op stress.

Recente vooruitgang met functionele imaging laten toe het traject van deze influx te volgen in de verschillende structuren van het diencephalon en van de cortex van het menselijk lichaam.

Spijtig genoeg is de complexiteit van de processen die uitgelokt worden op dit niveau door de stimulus, de interferenties van een verwachting van een behandeling of het placebo effect laten niet toe het mechanisme volledig te ontrafelen.

DE detectie van hormonale factoren, van hormonen, van proteïnen door dieren gesecreteerd door het aanpakken van een acupunctuurpunt of door moxibustie laten toe op indirecte wijze de anatomische zones in kaart te brengen die hier geïmpliceerd in worden.

Dit werk probeert nogmaals deze verschillende standpunten te synthetiseren om het anatomische en fysiologische substraat van de acupunctuur te doorgronden.

A. THALAMUS ET INTEGRATIE VAN SENSORIELE EN EMOTIONELE INFORMATIE

De thalamus is een complexe structuur die alle afferenten, sensorieel en sensitief (behalve de reuk) integreert alvorens ze te transfereren naar de cortex (figuur 15). De thalamus heeft ook invloed op de motorische functie (via de afferenten van de kleine hersenen en de basis ganglia) en op de cognitieve functies. Al deze functies zijn nog niet goed ontrafeld Spijts zijn belangrijke rol. Enkel de functies die falen in geval van pathologie zijn goed gekend.

De viseule influx van de optische banen hebben een verbinding in het ganglion lateralis geniculi alvorens naar de cortex occipitalis te gaan. De auditieve influxen van elk oor die komen uit de lemniscus lateralis maken verbinding in het ganglion geniculi medialis van de 2 delen van de thalamus want hun transformatie wordt bilateraal doorgegeven. De somatische afferenten afkomstig van het lemniscale systeem komen terecht in de ventro-postero-laterale kern; de somatische afferenten afkomstig van het extra-lemniscale systeem komen terecht in de ventro-postero-mediale kern.

De afferenten van de kleine hersenen en van de basale ganglia komen uit in de anterieure en de laterale ventrale kernen. Beschadiging geeft ataxie en akinesie.

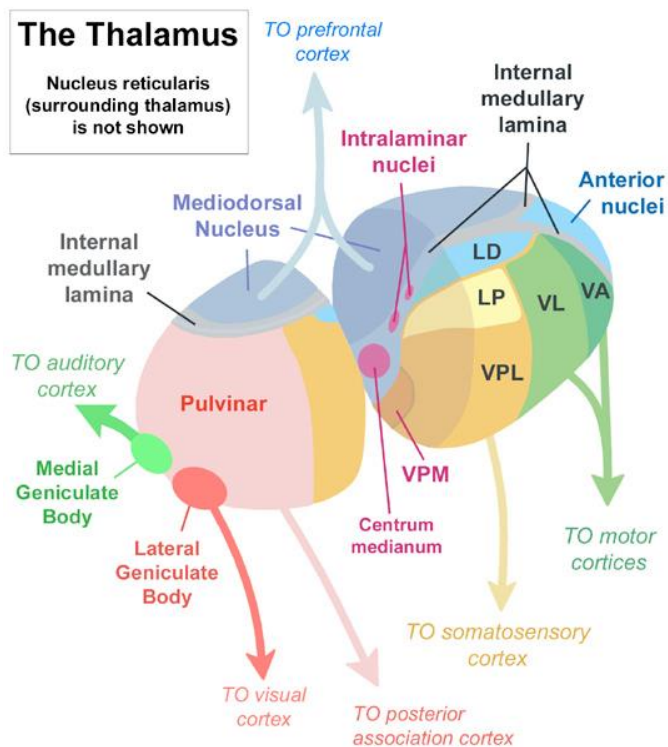
De intralaminaire kernen zijn extensies van de substantia reticularis en dragen bij tot de waakzaamheid. Door hun relatie met de amygdala en de corpora mamillaria, de dorso-mediale en de anterieure kernen nemen allen deel aan de circuits van het geheugen. De respectievelijke verbindingen van de thalamus met de cortex komen tussen voor de taal, de aandacht, het ruimtelijk zicht onder andere.

De effecten van de acupunctuur op de thalamus gaan langs de zenuwvezels, hetgeen onmiddellijk kan gemeten worden in de thalamische kernen, of langs humorale weg, via klieren of bloed wanneer de informatie doorgegeven wordt naar de hypothalamus.

De werken van Chang hebben aangetoond dat stimulatie van acupunctuurpunten met lage frequentie (van Ma36) bij het konijn of de rat typische ontladingen geeft in de centro-mediale thalamische kern hetgeen de transmissie van de nociceptieve influxen in de para- en infra-fasciculaire kernen, verbonden met de extra-lemniscale banen, vermindert(28).

Een andere studie bij patiënten met chronische pijn hemi-lateraal toonden een asymmetrie aan van de bloedcirculatie thv de thalamus. Deze studie heeft ook aangetoond dat een behandeling met acupunctuur deze asymmetrie bijstelt (29).

Figuur 15: Thalamus



(Van <http://medinfo.ufl.edu/year2/neuro/review/dienc.html>)

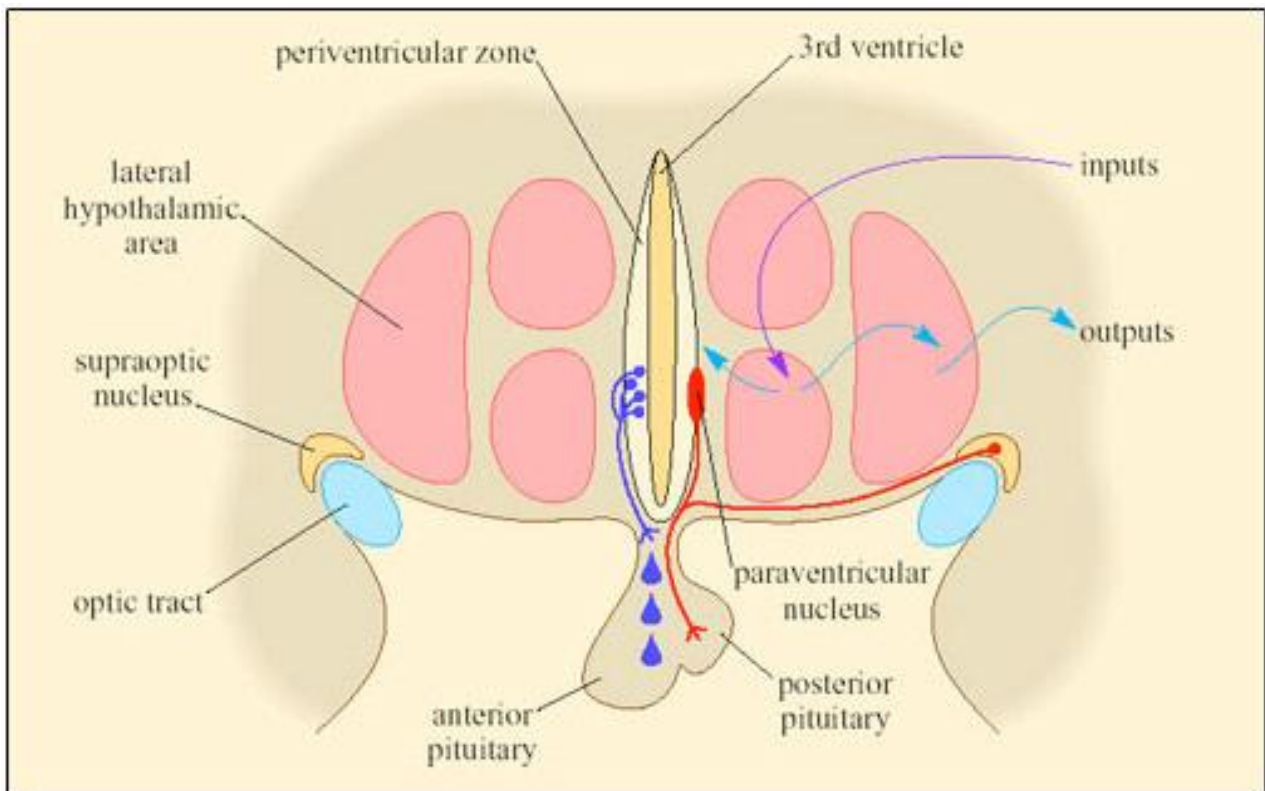
B. HYPOTHALAMUS EN NEUROHUMORALE EFFECTEN

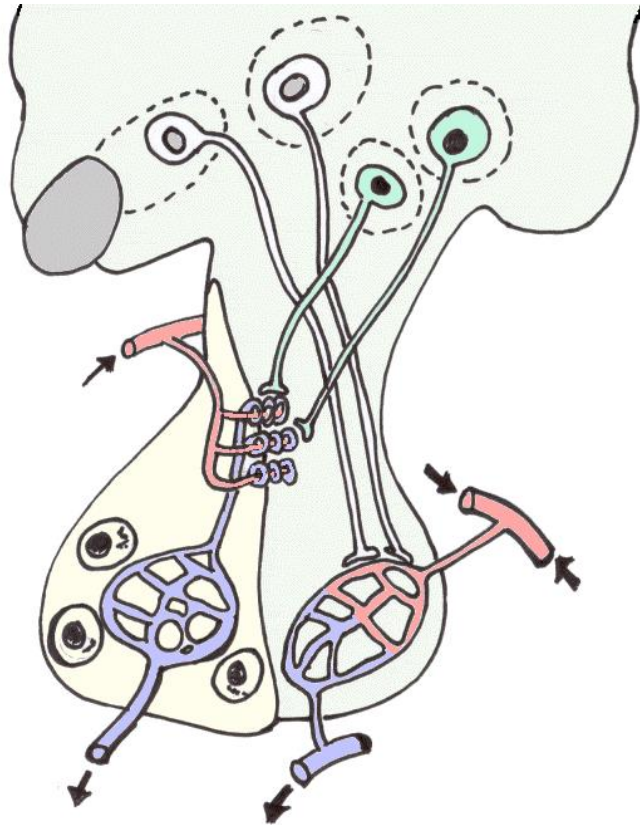
De hypothalamus is verbonden met ongeveer alle andere zones van de hersenen en krijgt neuronale signalen vanuit de verschillende regio's van het lichaam (bijv. de viscera). Dankzij deze band met het geheel van het lichaam beheerst de hypothalamus de functies zoals dorst, honger, de regulatie van de interne temperatuur (door zweten en rillen), de ademhaling en de cardiale functie (hartritme en de constrictie van de bloedvaten).

De verbindingen die bestaan tussen de hypothalamus, de cortex cerebralis (de grijze stof in de hersenen) en het limbisch systeem (regio dat een rol speelt in de regulatie en de functie van de viscera alsook in de emoties) laten de hypothalamus toe invloed te hebben op delen van de hersenen die verantwoordelijk zijn voor de veranderingen van emoties en gemoed.

De hypothalamus secreteert verschillende hormonen die de hypofyse iets kunnen opdragen, in het bijzonder aan het anterieure deel van de hypofyse (de antehypofyse), door tussenkomst van de hypofysesteel (steel die de hypofyse aan de hypothalamus verbindt waarlangs de boodschappen circuleren). Het gaat over het CRF (corticotrop releasing factor), waardoor de cortisol zal secretieren vanuit de cortico-surrenale, het GH-RH of het GH-RIF die inwerken op de secretie of de inhibitie van het groeihormoon, de TRH die de secretie van thyroidhormoon stimuleert, dopamine die de secretie van prolactine en van catecholamines (adrenaline-noradrenaline) controleert en er de precursor van is, de GNRH en de LH-RH die interageren op de sexuele hormonen. De hormonen die door de hypothalamus worden gesecreteerd, behalve dopamine worden onderworpen aan een retrocontrole die uitgevoerd worden door de corresponderende hypofysehormonen. Deze retrocontrole getuigt van een doorgaan in het CZS van substanties die komen van klieren met een eigen secretie. Deze overdracht gebeurt door een specifieke bloedcirculatie waarvan de tentakels in nauw verband liggen met de neuronen: het poortsysteem dat de hypofyse aan de hypothalamus bindt (figuur 16).

Figuur 16: Hypothalamus en hypothalamo-hypofysaire as





De effecten van acupunctuur op de hypothalamus vertalen zich door snelle en punctuele veranderingen wanneer deze het gevolg zijn van een neuronale actie, zoals de vrijlating van catecholamines van hun orthosympatische uiteinden of van de medullosurrenalis en door vertraagde veranderingen maar van lange duur wanneer deze het resultaat zijn van een hormonale secretie.

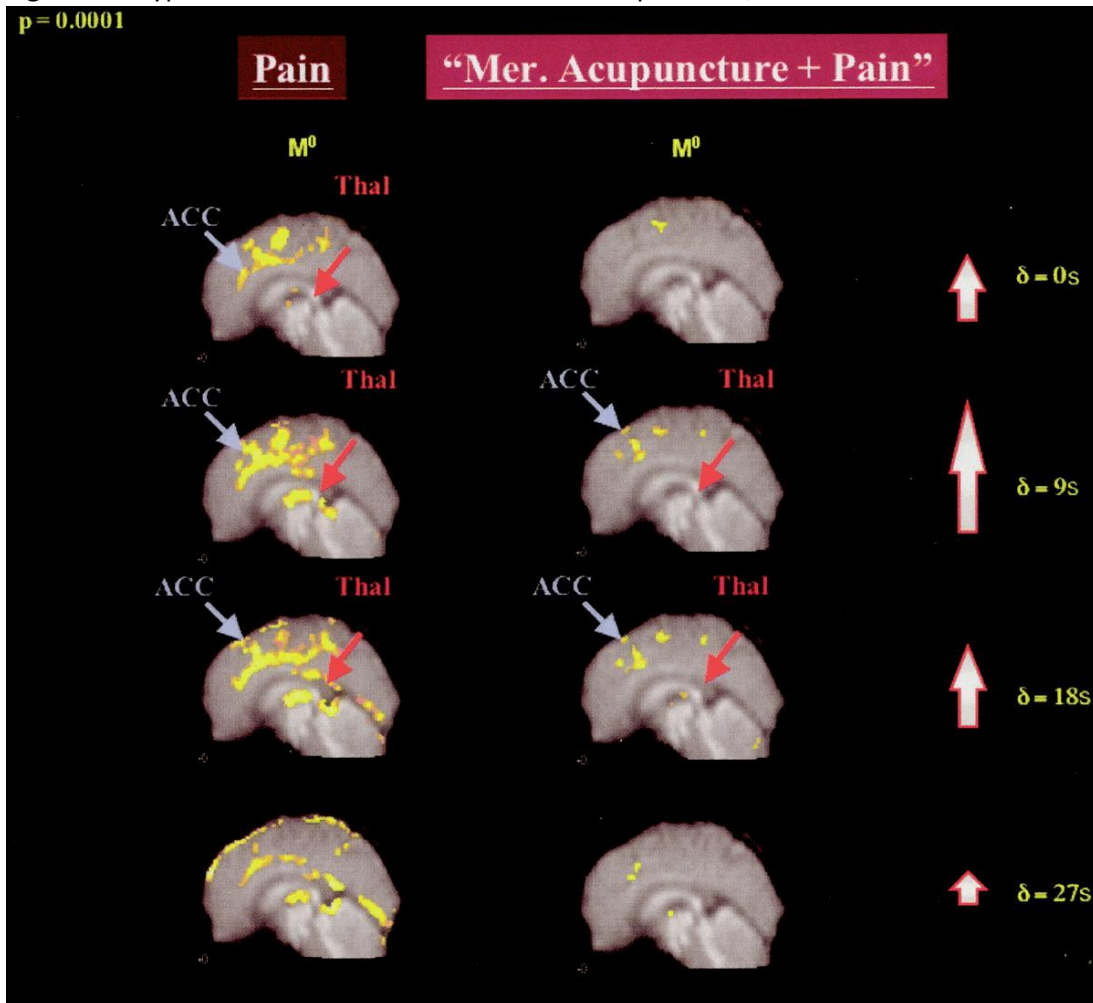
Dit laat toe te begrijpen waarom de stimulatie van sommige punten een langetermijnwerking uitlokt. De analgetische en anti-inflammatoire effecten van de acupunctuur worden dus ten dele uitgelegd door de stimulatie van de hypothalamus via de productie van β -endorfines en van ACTH. De interacties van de hypothalamus met het limbisch systeem liggen ook aan de basis van een analgetische reactie van de acupunctuur via de verminderde invloed van emoties van de pijn(30).

Dit wordt geïllustreerd door dynamische studies zoals de functionele magnetische resonantie Imaging (fMRI) en de petScan (positronen-emissie-scan)

In figuur 17 wordt geïllustreerd hoe de corticale desactivatie gebeurt via de stimulatie van Le3, waar een pijnprikkel wordt gegeven aan een gezond individu.

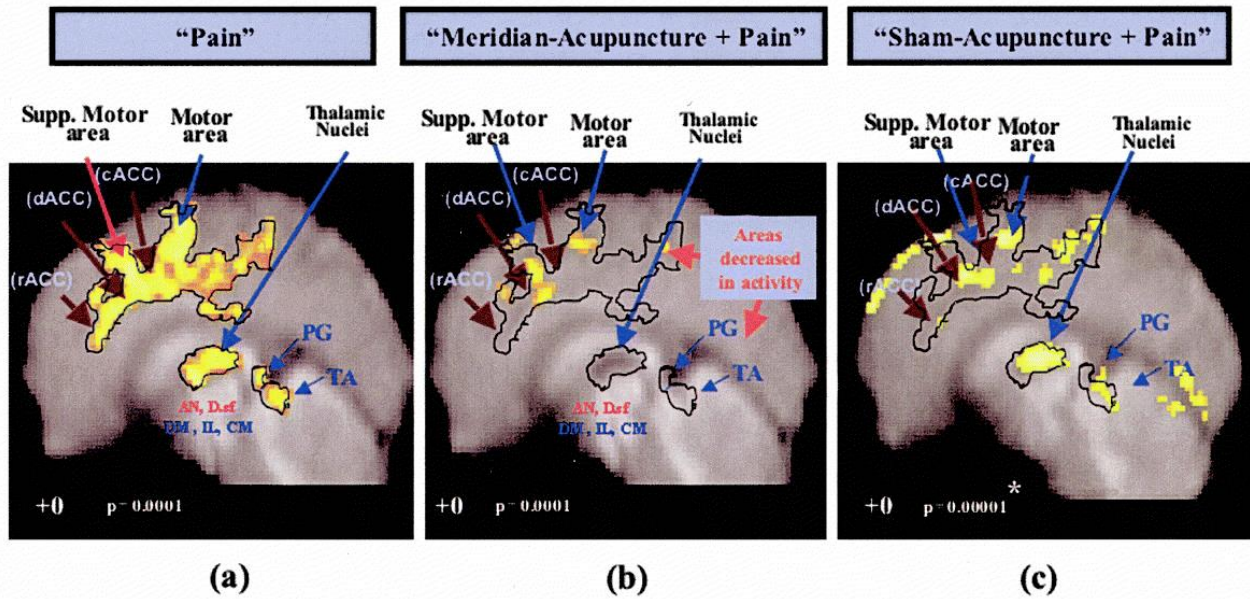
De hypothalamus-hypofyse-as komt tussenbeide in vele functies van het organisme; de interactie met de macrocosmos door begrippen zoals de chronobiologie en zijn stoornissen in het kader van chronische stress worden meer en meer erkend. In het tweede deel zullen we de weldoende actie van de acupunctuur op deze stoornissen bespreken.

Figuur 17. Hypothalamo-limbische activatie door acupunctuur, via fMRI



Side-by-side comparison of two cortical activations (visualized with functional magnetic resonance imaging) seen at the midline sagittal view caused by pain (*left column*) and pain with LI 3 meridian acupuncture (*right column*). ACC = anterior cingulate cortex; δ = response time; M0 = center of midsagittal view slice; Thal = thalamus. From reference 29.

Comparison of “Pain”, “Meridian-Acupuncture + Pain”, and “Sham-Acupuncture + Pain”, Experiments.



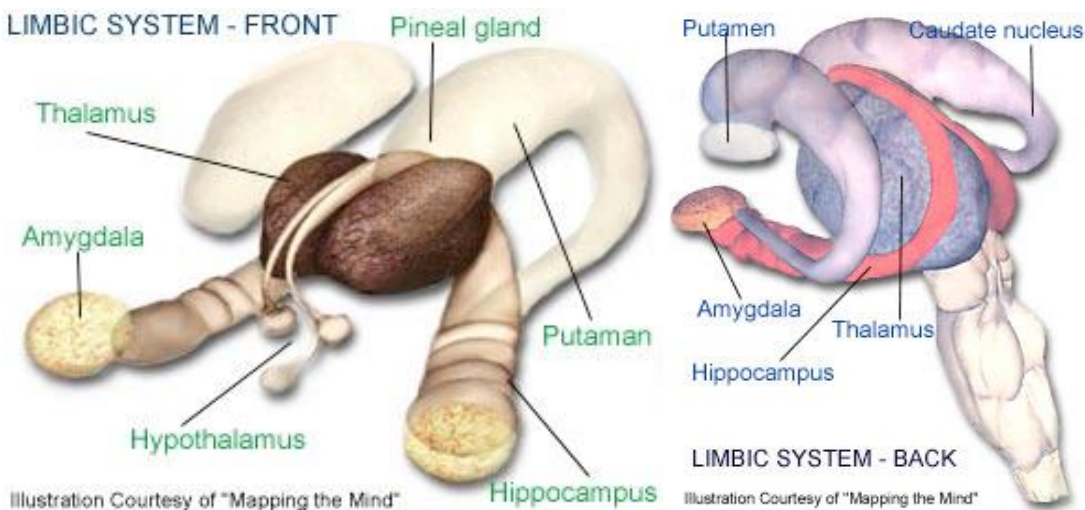
* Different normalization

Functional magnetic resonance imaging demonstrating a correlation between activation of specific areas of the brain and corresponding acupoint stimulation predicted by ancient acupuncture literature. A = anterior nucleus; cADD = caudal anterior cingulate cortex; CM = centromedian nucleus; dACC = dorsal anterior cingulate cortex; DM = dosomedial nucleus; DsF = dorsal superficial nucleus; IL = intralaminar nuclei; PG = caudal inferior parietal lobule, area 7a; rACC = rostral anterior cingulate cortex; TA = tectal area. From reference 30

C. HET LIMBISCH SYSTEEM, DE DOPAMINERGE BANEN EN DE CIRCUITS VOOR VERSTERKEN VAN GENOT EN VAN EMOTIES

De structuren die zich onder het corpus callosum bevinden vormen het limbisch systeem (figuur 18).

Figuur 18: Het limbisch systeem



Het limbisch systeem bepaalt sterk onze levenservaring want het limbisch systeem is sterk verbonden met de bewuste cortex en voedt haar constant met informatie. Het limbisch systeem genereert onze emoties en de juiste reacties om te overleven.

De amygdala omvat de angst en ook andere negatieve emoties zoals verdriet of wrok. In de amygdala zitten ook alle onbewuste herinneringen van trauma's in het verleden. De nucleus caudalis bevat het instinct, het genetische geheugen. De hippocampus bevat het langetermijngeheugen. Hij identificeert de sensitieve informatie die de moeite zijn opgenomen te worden in het geheugen.

De functie van de pijnappelklier is nog niet ontrafeld. Zij regelt de functie van alle endocriene klieren door de melatonine die ze secreteert. Vaak werd ze bestempeld als derde oog of de brug tussen de fysieke en de spirituele realiteit. Sommige denken dat ze verantwoordelijk is voor de mentale telepathie maar voor Descartes huisde er het bewustzijn en de ziel. De nucleus van het putamen zou het geheugen bevatten voor procedures zoals het rijden met de fiets.

Acupunctuur wordt sinds eeuwen gebruikt voor mentale disorders en psychosomatische aandoeningen. Studies toonden de efficiëntie van deze behandeling aan evenals van de moxibustie doordat de relaxatie de emotionele toestand bevordert en genotssensaties uitlokt (13).

Bij het dier werden de dopaminerge mesolimbische en mesocorticale circuits van.... en genot kunnen isoleren (figuur 19). Deze circuits ontstaan in de ventrale tegmentale area en projecteren zich in het limbisch systeem dat aan emoties gehecht is (nucleus accumbens, amygdala, septum, prefrontale cortex). De serotonine die daalt wanneer er somatische en psychische stress ontstaat gaat lokaal het gehalte aan dopamine beïnvloeden en reageert met de circuits van versterking.

Experimenten bij ratten hebben aangetoond dat elektro-acupunctuur op Blaas 23 en Maag 36 gunstige effecten heeft op de stress en op het gedrag bij de dieren. De stimulatie van deze punten laat toe de vermindering van concentratie van dopamine en serotonine tegen te houden. Een gelijkaardige proef met moxibustie ter hoogte van deze punten samen met DM20 geeft gelijkaardige resultaten maar na verschillende sessies(31).

De rol van de ervaring van meer genot door acupunctuur zou ook een rol kunnen spelen in het kader van zijn analgetische effecten en van zijn andere therapeutische effecten maar tot hiertoe zijn er nog maar weinig studies in dit verband.

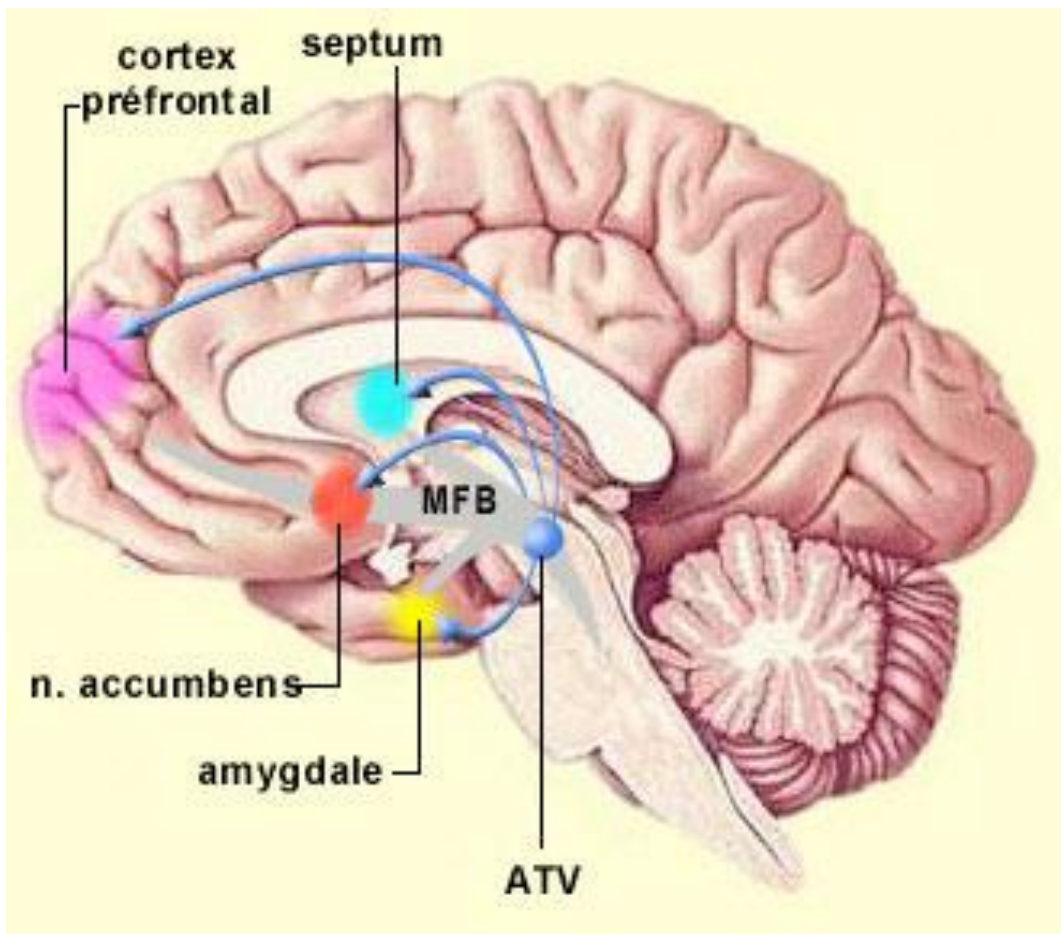
De acupunctuur kan dus helpen in een vermindering van de emotionele belevenis bij chronische pijn maar kan ook helpen bij het afkicken van sommige drugs en van tabak. Zekere zones van de hersenen, gedeactiveerd door acupunctuur worden gestimuleerd bij mensen die cocaïne nemen (32).

De werking van de acupunctuur op het limbisch systeem legt waarschijnlijk bepaalde effecten uit op stress en gedragsveranderingen die hieraan verbonden zijn(33). De stress vermindert de secretie van neurotropische factoren in verschillende gebieden van de hersenen waaronder de hippocampus.

De afwezigheid van deze factoren brengt een grotere cellulaire dood tot stand en een atrofie van de hippocampus. Dit fenomeen vermindert met elektro-acupunctuur op Maag 36 bij een gestresseerde rat in een experimentele opstelling. De stimulatie van bijvoorbeeld Hart 7 of maag 36 vermindert ook de angstuitingen van ratten die volwassen werden na scheiding van hun moeder, met dezelfde actie thv de amygdala. De werking van de acupunctuur op de hormonale secretie, op het immunitair systeem, op het cardiovasculaire systeem en het gastro-intestinale systeem is gedeeltelijk te verklaren door zijn werking op de relaties tussen de limbische cortex en de hypothalamus. De hoeveelheid cortisol en ACTH dalen wanneer Maag 36 en Milt 6 gestimuleerd worden bij door chronische stress gedeprimeerde ratten . De stimulatie van dezelfde punten met RM17,DM20 en PC6 brengt tevens een verminderde circulatie van circulerende catecholamines teweeg, samen met een daling van de bloeddruk en van het hartritme. Het

terug in evenwicht brengen van de functies van het organisme zou gebeuren door de tussenkomst van de balans tussen het ortho- en parasympatisch systeem waarover we het uitgebreider zullen hebben in het tweede gedeelte.

Figuur 19. Dopaminergisch versterkende circuits



D. GESPECIALISEERDE CORTEX EN SPECIFIEKE ACUPUNCTUURPUNTEN

In 1998 toonde een studie aan dat de stimulatie van Bl67, gekend voor het behandelen van oogproblemen, de activiteit van de visuele regio in de hersenstam stimuleerde. DW 5 gaf niet hetzelfde resultaat en het experiment kon herhaald worden door andere onderzoekers. Dezelfde auteur reproduceert zijn experiment met punten waarvan geweten is dat ze werken op de auditieve zone of op de spraak zoals DuD18 en DM15. Een andere studie laat toe aan te tonen hoe efficiënt Pc6 is ingeval van nausea(9).

Maar er zijn beperkingen ; om aan te tonen dat een punt specifiek is voor een actie en de activatie van een hersenzone aan te tonen moet men een ander punt activeren dat deze zone niet treft en dit moet reproduceerbaar zijn. Op dit niveau van de hersenen zijn vele corticale zones geïmpliceerd in elke stimulatie. De veerwachting, de placebo en acupuncturale stimulatie stimuleren allen dezelfde zones maar met een verschillende intensiteit. Het is dus niet mogelijk een evident verband aan te tonen tussen een acupunctuurpunt en een corticale zone. Enkel statistische mapping technieken via computer kunnen dit aantonen, maar ieder heeft zijn methode, met verschillende resultaten als gevolg die moeilijk te vergelijken zijn.

7) Besluit

In dit eerste gedeelte hebben we dus het voortschrijden van de acupuncturale influx gevolgd vanaf de periferie tot de diepste banen van het centraal zenuwstelsel.

De betrokkenheid van elk stadium berust op experimenten met dieren of mensen. Zo kennen we receptoren die door acupunctuur gestimuleerd worden en de moxibustie, de afferenten die gebruikt worden om het ruggenmerg te bereiken.

Men begrijpt een gedeelte van de effecten van de acupunctuur door de metamerisatie en de reflexen die de interacties tussen afferente en efferente somatoviscerale systemen aantonen.

We zien dat de acupunctuur een impact heeft op de neurale plasticiteit door zijn actie op de banen die de pijn beïnvloeden, op de secretie van de endogene opioïden en op de banen van zijn modulatie.

Het verband tussen de perifere stimulatie en de vasculaire en viscerale effecten wordt door deze spinale werking in de metameer en door een meer algemene werking via de substantia reticularis van de hersenstam en de hypothalamo-hypofyse als verklaard.

Het anatomisch verband tussen de punten op het hoofd of in het oor en zekere effecten op afstand van de acupunctuur kan men aantonen door het sensitief trigeminaal complex.

Men begint uiteindelijk de effecten van de acupunctuur op de emoties en de depressie te begrijpen.

Een wetenschappelijke basis van de werking van acupunctuur is dus belicht waardoor we nu de grote begrippen van de traditionele Chinese geneeskunde kunnen benaderen met kennis van de hedendaagse inzichten.

3) GROTE CONCEPTEN VAN DE ACUPUNCTUUR BENADERD MET DE HEDENDAAGSE STUDIES.

a) Acupunctuurpunten en meridianen

Sinds de acupunctuur gekend is in het Westen stelt men zich de vraag of de meridianen echt bestaan? Tot op vandaag is er geen bewijs dat er zulke energetische kanalen bestaan.

Sommige onderzoekers beweerden zulke kanalen gevonden te hebben maar konden hun onderzoeken niet reproduceren.

Damas bijvoorbeeld had radioactieve technetium ingespoten ter hoogte van de acupunctuurpunten van een meridiaan(42). IN de jaren 60 was er een Koreaan, Bonghan, die deeltjes beschreef die metallische kristallen bevatte thv de acupunctuurpunten en onder elkaar verbonden met filiforme intravasculaire structuren. Deze structuren vormden een netwerk zowel oppervlakkig als diep in het organisme. Dit netwerk vergezelt de vasculaire structuren en vervoert een andere materie dan bloed of lymfe die rijk zou zijn aan DNA(35). Geen enkel ander team kon dit reproduceren. Maar andere auteurs hebben wel magnetietkristallen aangetoond thv de acupunctuurpunten. Deze kristallen zijn terug te vinden bij bacteriën en zou de levende wezens toelaten zich te richten in tijd en ruimte(36).

Indien de meridianen zouden bestaan zullen zij toch een functionele rol hebben. Een acupunctuurpunt ligt vaak in de nabijheid van een zenuw, een bloedvat of een neurovasculair knooppunt.

De punctuur en de moxibustie kunnen alle afferenten gelegen in de cutis, subcutis, ligamenten of osteotendineuze structuren stimuleren. Morfologische en elektrofysiologische studies hebben hier grondiger onderzoek hieromtrent uitgevoerd. In de jaren 50 heeft men een grotere elektrische geleiding thv de acupunctuurpunten aangetoond. Deze kan in parallel gezien worden met de veranderingen van de conjunctiva en wordt beïnvloed door de elektrische secretie van de zweetklieren die zelf onder invloed staan van het neuro-vegetatieve systeem.

Alzo zijn er 3 theorieën gerezen omtrent de oorsprong en de betekenis van de acupunctuurpunten en de meridianen.

Een acupunctuurpunt zou een neuromusculair of neurosensorieel complex zijn