



## 10 Le système nerveux végétatif VNS. et le psychisme

Les émotions et le stress peuvent avoir un effet négatif sur le cœur et la circulation et entraîner des maladies. Le nerf vague, une branche du système nerveux autonome (voir Fig. 4), peut déclencher un arrêt cardiaque psychogène. Le nerf vague est responsable de l'alimentation du tube digestif interne, du cœur et des poumons et contrôle tous les autres organes internes. Comme Rüegg l'a déjà décrit, le VNS se compose de trois parties, le système nerveux sympathique, son adversaire le système nerveux parasympathique (auquel appartient le nerf vague) et le système nerveux intestinal. Ce dernier possède plus de 100 millions de cellules nerveuses (neurones), beaucoup plus que ce qui se trouve dans la moelle épinière. (Rüegg J C, 2003)

### 6.1 Le nerf vague

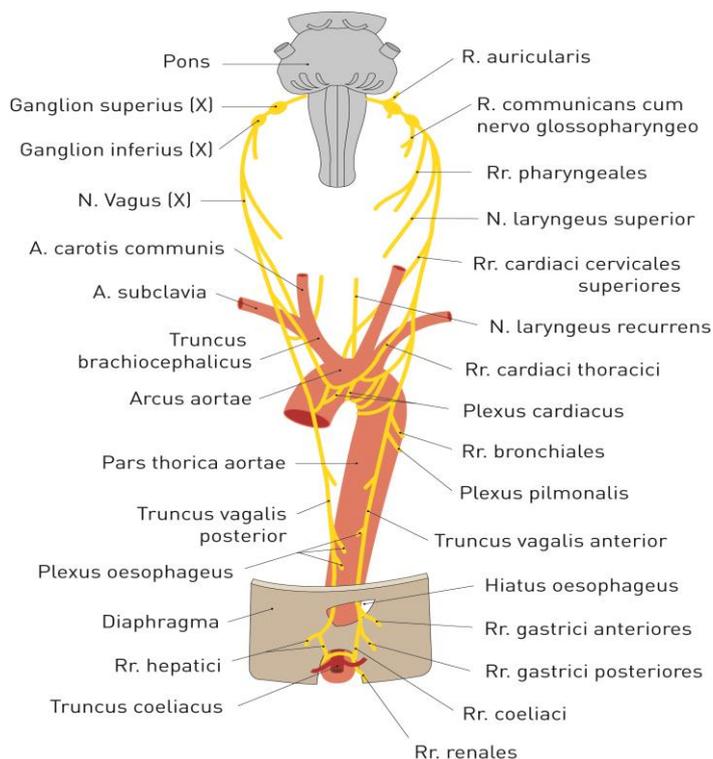


Fig. 4 : Nerf vagal

Modifié d'après Plaster R, Pabst R (2000), p. 274.

Le nerf vague est le X. Il n'a pas seulement une fonction végétative, il est aussi impliqué dans le contrôle moteur de divers organes tels que le larynx, le pharynx et la partie supérieure de l'œsophage. Il transmet les sensations gustatives de la base de la langue et les sensations tactiles de la gorge, du larynx et d'une partie du conduit auditif.

## **6.2 Le système nerveux végétatif et ses deux mécanismes subordonnés**

Il s'agit notamment du système nerveux sympathique, du système nerveux parasympathique et du nerf vague.

Brève description anatomique

Le système nerveux sympathique provient de la moelle épinière dans la région thoracique et lombaire et se poursuit le long de la colonne. Il active le corps pour une performance maximale. Comme l'explique Rüegg, si l'activité sympathique augmente, le pouls est multiplié par cinq et la tension artérielle augmente.

En revanche, le système nerveux parasympathique, l'adversaire du système nerveux sympathique, peut provoquer un arrêt cardiaque en raison de sa fonction. Ce n'est qu'en harmonisant les systèmes nerveux sympathique et parasympathique que l'on peut obtenir un pouls régulier et des fonctions organiques généralement positives. (Rüegg J C, 2003)

Le système nerveux autonome est aussi connu sous le nom de système autonome parce que son contrôle est involontaire et inconscient. Un exemple typique est le stress mental pendant un examen oral. Le système nerveux sympathique fonctionne sans notre volonté. L'hormone du stress augmente et bloque les zones de mémoire dans le cerveau. Elle entraîne une interruption temporaire de la mémoire ("black-out") ainsi qu'un trouble circulatoire à court terme du muscle cardiaque (ischémie transitoire du myocarde). C'est le cas, par exemple, du rétrécissement artériosclérotique des artères coronaires, qui peut entraîner une crise cardiaque.

Les émotions, telles que la colère, la joie, la peur, la colère, etc., sont associées aux émotions et s'expriment par des gestes, des expressions faciales, la posture et la voix et sont également contrôlées par le VNS. Même la circulation sanguine de la peau est régulée

émotionnellement par le tonus sympathique, la pâleur en cas de peur ou la rougeur dans la rage illustrent ce processus.

Des mouvements arbitraires ou involontaires ainsi que des tensions ou des relâchements musculaires, comme l'a déjà décrit Rüegg, surviennent par activation du système nerveux sympathique ou parasympathique et déclenchent une fréquence des impulsions électriques (potentiels d'action). (Rüegg J C, 2003)

Celles-ci sont transférées dans les salves des cellules nerveuses sympathiques le long des fibres nerveuses sympathiques vers la musculature lisse des vaisseaux sanguins ou vers le cœur et les muscles cardiaques. De cette façon, la noradrénaline est libérée par les fibres nerveuses sympathiques. Le taux de fréquence est de 2 à 8 volées par seconde. Les réactions excessives du système nerveux sympathique donnent une sorte d'image miroir de l'activité musculaire. De plus, tous les mouvements de la main, même ceux qui n'ont lieu qu'en pensée, sont activés par le système nerveux sympathique. Dans une expérience (Vissing et Hjortso, 1996), on a injecté du poison nerveux dans un avant-bras pour paralyser le muscle. Néanmoins, lorsque le muscle était tendu, le système nerveux sympathique était activé. Il a donc été prouvé que cette activité était déclenchée par le cerveau et non par la tension musculaire. Pour nos ancêtres, cette réaction automatisée était avantageuse. Ils étaient bien préparés au combat et à la fuite. En comparaison, les gens vivent aujourd'hui avec beaucoup moins de situations de combat et d'évasion. Le stress non traité a un effet négatif sur le système cardiovasculaire.

Le prix Nobel suisse Walter R. Hess a inventé le terme "réaction de défense". Il a prouvé par une expérience animale - de faibles chocs électriques dans l'hypothalamus, dans la partie inférieure du diencephale, ont été transférés à un chat éveillé - que le chat montrait une colère et un comportement défensif et que sa tension artérielle augmentait.

Comme Rüegg l'a déjà expliqué, certaines fonctions corporelles involontaires et végétatives, comme la température corporelle, sont contrôlées par l'hypothalamus (cf. Fig. 5). Le complexe amygdaloïde, le corps amygdaloïde, qui est relié au cerveau frontal par des voies nerveuses, surveille les tâches de l'hypothalamus. Elle fait également partie du système limbique et se trouve au-dessus du diencephale. (Rüegg J C, 2003)

Le corpora amygdaloidea est le lieu d'origine des émotions. Il évalue et transmet très rapidement les messages provenant des organes sensoriels, concernant leur caractère, par exemple dans une situation dangereuse, avant même de prendre conscience du danger. Le

stress psychosocial, qui est associé à des émotions comme la peur, la colère et la rage, active la réaction défensive chez les humains. Ceci est initié par le système nerveux sympathique et l'hypothalamus.

### 6.2.1 Division du cerveau en sections principales

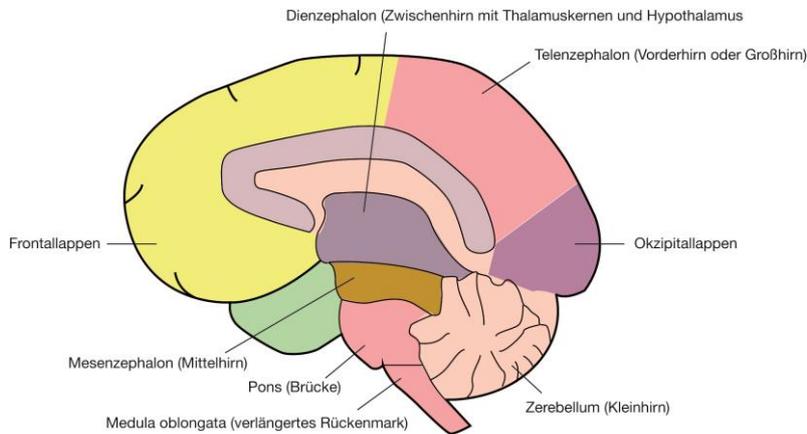


Fig. 5: Division du cerveau en ses principales sections

Les hémisphères cérébraux gauche et droit du cerveau sont enveloppés par les méninges, à l'intérieur ils contiennent les ventricules cérébraux droit et gauche remplis de liquide céphalorachidien. Modifié extrait de: Rüegg J C, 2003, p. 3.

### 6.2.2 Le système nerveux sympathique

et son adversaire le système nerveux parasympathique

Le système nerveux sympathique est activé par des réactions émotionnelles inconscientes pendant les combats et des réactions défensives, pendant l'effort physique, la colère et la peur.

Chez l'homme, le système nerveux sympathique mobilise les réserves d'énergie pour permettre des performances extraordinaires. Cela active également le système cardiovasculaire. Tous les organes qui sont sous l'influence du système nerveux sympathique le font aussi simultanément sous l'influence de son adversaire, le système nerveux parasympathique. Celle-ci prend sa source dans la moelle croisée, atteint les organes pelviens à partir de là et traverse la moelle épinière jusqu'au tronc cérébral. Le nerf crânien parasympathique le plus important est le vague, le "vagabond", qui contrôle non seulement le cœur mais tout le tube digestif.

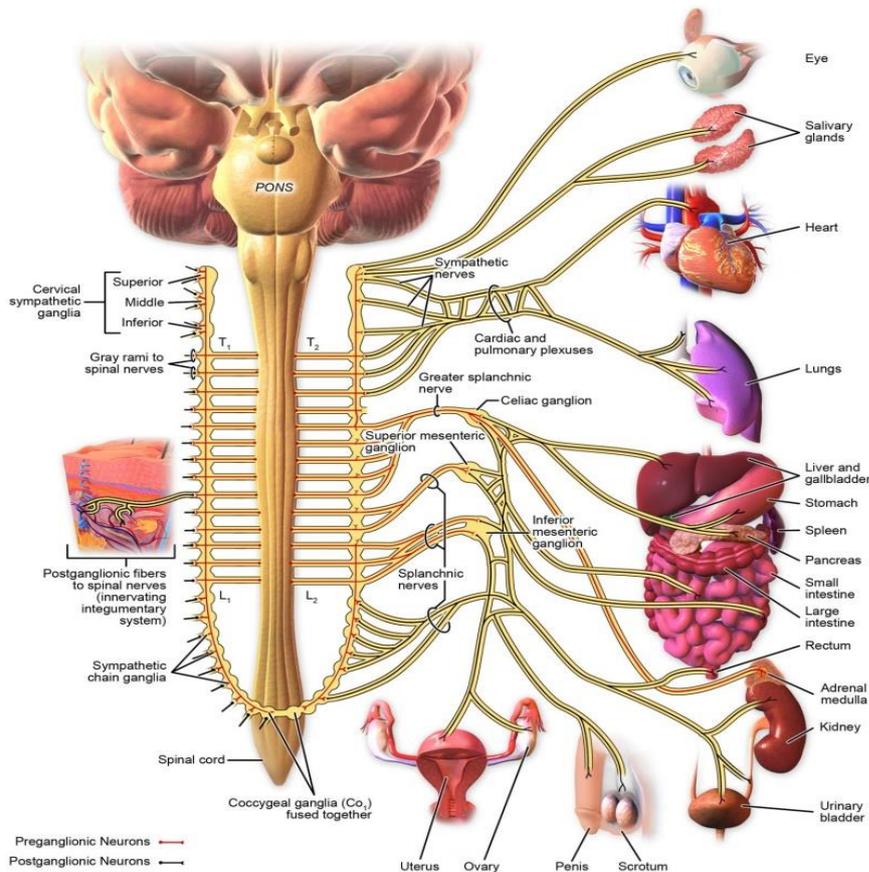
Comme le terme "adversaire" l'implique, le système nerveux parasympathique, contrairement au système nerveux sympathique, mène à une phase de récupération dans l'organisme. Cela réduit la fréquence cardiaque et la tension artérielle.

Lorsque les systèmes nerveux sympathique et parasympathique sont en harmonie, le système nerveux autonome est en équilibre. Chez les personnes instables qui souffrent de dystonie végétative, il y a un excès de réactions parasympathiques ou sympathiques. Dans le cas d'un ton sympathique prononcé, la nervosité prévaut. En revanche, comme Rüegg l'a déjà mentionné, un excès d'activité parasympathique entraîne une fatigue chronique (syndrome de fatigue chronique). Le système nerveux parasympathique augmente l'activité intestinale s'il est perturbé par le tonus sympathique surdimensionné. Si la colère est supprimée, le système nerveux parasympathique peut être inhibé. Cela peut entraîner de la constipation( *ibid.*) .

### **Système nerveux sympathique**

Le système nerveux sympathique se compose de 100 millions de neurones (plus que dans la moelle épinière) et est activé par des réactions instinctives et émotionnelles. (Rüegg 2003). Pendant le contrôle végétatif des émotions telles que l'anxiété, le stress et la colère, l'hormone du stress se concentre davantage dans le sang, entraînant une hyperacidité qui a une influence sur le dysfonctionnement des systèmes neurotransmetteurs. Cela peut donc être un déclencheur de la maladie mentale. Le système nerveux sympathique agit comme une mobilisation de l'équilibre énergétique afin de pouvoir fournir une performance extraordinaire, par exemple pendant le sport ou aussi pendant le combat et le comportement de fuite. Ainsi le système circulatoire est stimulé avec tous les organes physiques.

## innervation sympathique



## Sympathetic Innervation

### 6.2.3 Système de trajectoires pyramidale

et système de trajectoires extrapyramidales dans le cadre du système nerveux végétatif (VNS)

Deux cordes nerveuses traversent la moelle épinière : il s'agit du tractus pyramidal (voie descendante, cf. Fig. 6) et du tractus extrapyramidal (voie ascendante) du VNS.

Comme Rüegg l'a déjà expliqué, les cellules nerveuses de la branche sympathique, qui se trouvent dans la moelle épinière, sont excitées par les neurones du bulbe rachidien (une partie du tronc cérébral) via le tractus pyramidal. Cette dernière est à son tour influencée par les centres hiérarchiquement supérieurs du cerveau. L'orbite pyramidale est la partie principale du système pyramidal (PS). Sur la face inférieure du bulbe rachidien, les fibres s'étendent des deux côtés de la moelle épinière.

Entre la moelle épinière et le cerveau postérieur, 70 à 90 % des neurites se croisent de l'autre côté (pyramide traversant Decussatio pyramidum).

Les autres neurites (Tractus corticospinalis anterior paramedian) s'étendent dans le brin antérieur de la moelle épinière et se croisent sur le côté controlatéral de la moelle épinière. Le reste reste non croisé et ipsilatéral.

Les neurones internes de la moelle épinière sont tirés par le PS et contrôlés par les cellules motrices de la corne antérieure. Certaines fibres forment des liaisons directes, les liaisons dites monosynaptiques (ibid.).

### **Système nerveux parasympathique**

Le système nerveux parasympathique est responsable de ses neurones parasympathiques et de leur interconnexion pré et postganglionnaire. L'interconnexion pré- et postganglionnaire a lieu dans le ganglion parasympathique sous une petite forme. Ce processus est situé près de l'alimentation des organes par innervation végétative. La signalisation est assurée par l'acétylcholine. En comparaison avec l'innervation sympathique, les neurotransmetteurs sont libérés par le système nerveux parasympathique postganglionique dans les organes.

## Représentation schématique du système nerveux parasympathique

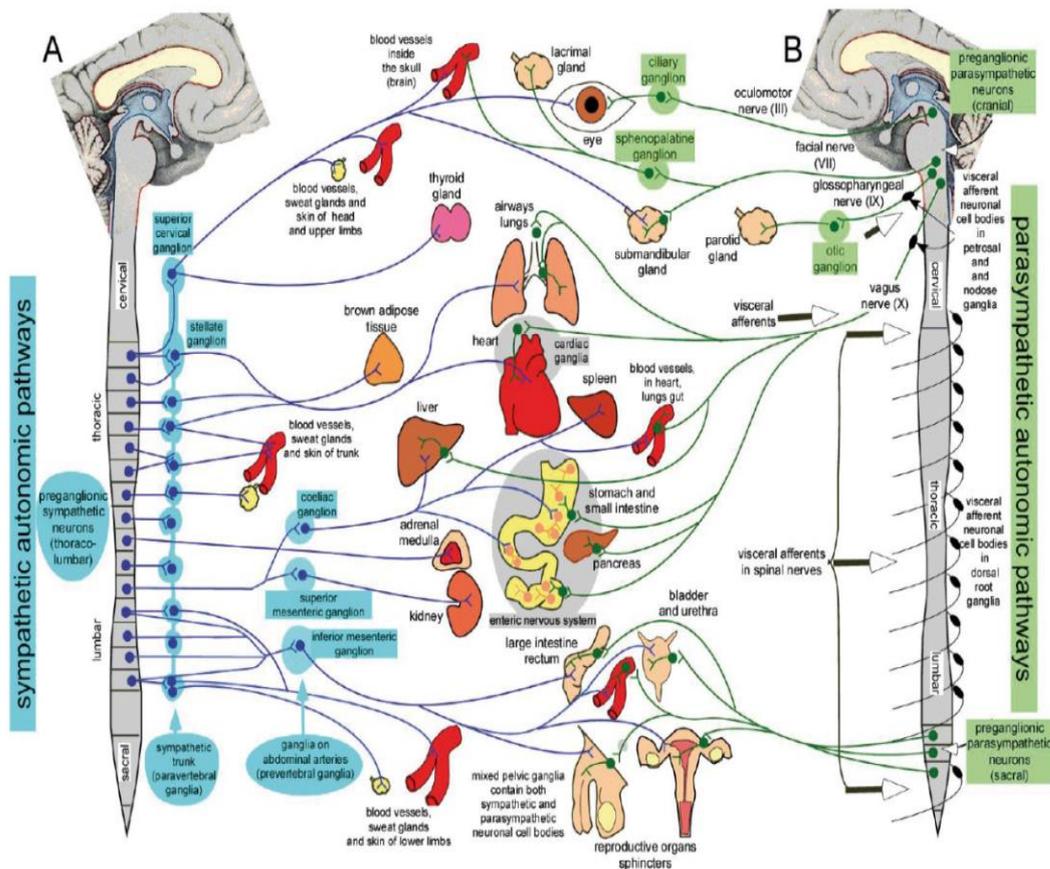


Fig. 13 : Système nerveux parasympathique et sympathique dans différents organes

Source : <https://bit.ly/2HxjHuv>

La corrélation entre le cerveau et le système immunitaire influence les cellules immunitaires avec leurs interleukines via le vagus afférent. D'autre part, le cerveau réagit en stimulant le système immunitaire par une réaction de l'axe du cortex surrénalien, de l'hypothalamus et de la glande pituitaire. Cette procédure entraîne des mécanismes de rétroaction d'une réaction immunitaire excessive. Les inflammations peuvent ainsi être guéries ou atténuées. Si la valeur PH du concentré de cortisol est insufflée bas dans le sang, la réaction immunitaire est exagérée, c'est pourquoi le concentré de cortisol est ajouté aux maladies auto-immunes dans les traitements (Rüegg 2001).

Moelle épinière avec système pyramidal et système extrapyramidal faisant partie du système nerveux végétatif VNS

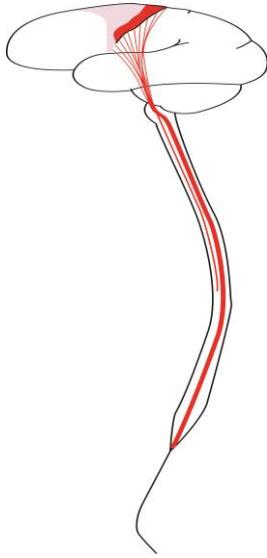


Fig 6 : Système orbital pyramidal (orbite descendante) faisant partie du système nerveux végétatif

Modifié d'après Kahle W, Leonhardt H, Platzer W, (1979), p. 283.

### 6.2.5 Le système nerveux autonome transmet des signaux

Comme le décrit Rüegg, les neurones de la moelle épinière transmettent les messages reçus du cerveau par l'intermédiaire des axones (projections des nerfs) aux ganglions dits sympathiques, qui se trouvent en dehors de la moelle épinière.

(voir Fig. 7).

Le système nerveux sympathique périphérique, la distance finale commune entre la moelle épinière et l'organe cible, se compose de chaînes de deux cellules nerveuses chacune, les cellules sympathiques pré et post-ganglionnaires. Ceux-ci sont reliés par des synapses (contacts neuronaux), qui se composent des deux membranes cellulaires des neurones en contact et de l'espace synaptique submicroscopiquement étroit.

La membrane devant la fente est appelée présynaptique, l'autre postsynaptique. Dans la synapse, les substances chimiques sont transférées synaptiquement des cellules nerveuses pré-ganglionnaires aux cellules post-ganglionnaires. La substance chimique, connue sous le nom d'acétylcholine, est transférée et libérée par des impulsions électriques (potentiels

d'action) lorsqu'elle est excitée par les terminaisons nerveuses des neurones préganglionnaires.

Une fois que les molécules d'acétylcholine ont traversé la membrane cellulaire présynaptique, elles se propagent du côté opposé de la fente synaptique et atteignent la membrane cellulaire d'un neurone sympathique postganglionnaire en un millième de seconde. C'est là qu'une liaison spécifique aux molécules protéiques de la membrane cellulaire postsynaptique se forme, les récepteurs de l'acétylcholine s'adaptant à ces molécules. Lorsque les molécules d'acétylcholine occupent les récepteurs, les molécules réceptrices sont activées et les neurones postganglionnaires sont influencés par la dépolarisation. Au repos, les membranes cellulaires de ces neurones sont polarisées, c'est-à-dire qu'elles sont chargées positivement sur leur face externe et négativement électriquement sur leur face interne (Rüegg J C, 2003).

Les neurones sympathiques postganglionnaires sont déchargés électriquement par l'influence de l'acétylcholine et déclenchent ensuite des potentiels d'action. Ceux-ci sont transmis du corps cellulaire du neurone dans le ganglion sympathique à une vitesse d'un mètre par seconde aux terminaisons nerveuses des organes cibles innervés sympathiquement. La libération de noradrénaline se produit qui, comme Rüegg l'a déjà expliqué, est liée aux récepteurs adrénergiques ou noradrénergiques des organes cibles et déclenche une réaction des organes noradrénergiques, par exemple une constriction vasculaire, qui se produit également lorsque la noradrénaline atteint les muscles vasculaires via le sang.

Le système nerveux sympathique et le système nerveux parasympathique sont constitués de chaînes neuronales à deux cellules (cf. Fig. 7). Dans les ganglions parasympathiques, les neurones parasympathiques pré et postganglionnaires sont interconnectés. (Rüegg J C, 2003)

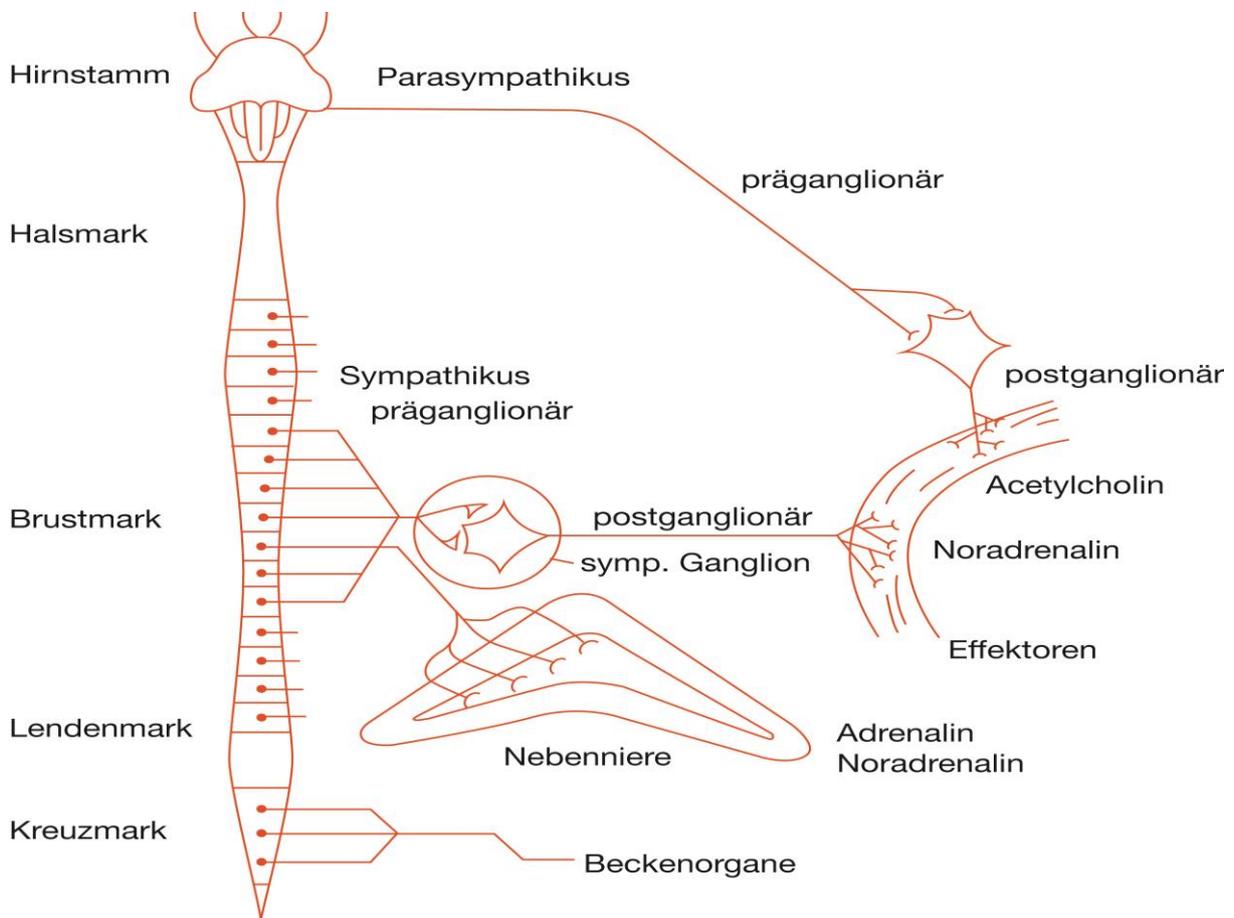


Fig. 7: Le système nerveux végétatif périphérique

Représentation schématisée du système nerveux périphérique.

Droite: Chaîne neuronale à deux cellules dans le nerf vague parasympathique.

Milieu: Représentation schématisée de l'évolution d'un neurone préganglionnaire du nerf sympathique de la moelle épinière à la moelle épinière et au neurone postganglionnaire, qui innerve l'organe cible (par exemple, le cœur ou le vaisseau sanguin). Les nerfs parasympathiques et sympathiques influencent les organes cibles (effecteurs) en libérant les

neurotransmetteurs (norépinéphrine ou acétylcholine). La moelle surrénale libère 80% d'adrénaline et 20% de noradrénaline dans le sang.

Gauche : Tige cérébrale et moelle épinière avec les régions d'origine du système nerveux sympathique (moelle lombaire et moelle mammaire) et du système nerveux parasympathique (moelle croisée et tronc cérébral). Modifié extrait de : Rüegg J C, 2003, p. 59.

Comme dans les ganglions sympathiques, l'acétylcholine est responsable de la transmission du signal. Contrairement au système nerveux sympathique, ce neurotransmetteur est également libéré par les terminaisons nerveuses parasympathiques postganglionnaires des organes à succès.

Comme Rüegg l'a déjà expliqué, la réaction de l'acétylcholine aux organes de succès et dans les ganglions parasympathiques et sympathiques se produit avec deux types de récepteurs de l'acétylcholine, qui se distinguent respectivement en nicotinergerg et muscarinergerg. La nicotine et la toxine fongique muscarine sont responsables de ces noms car elles sont responsables de l'excitation spécifique des récepteurs de l'acétylcholine et peuvent donc être différenciées pharmacologiquement. Les récepteurs nicotiniqes de l'acétylcholine sont largement dispersés dans tout le corps, à la fois dans les ganglions parasympathiques et sympathiques, ainsi que dans les muscles arbitraires et aussi dans le cerveau. C'est là qu'ils agissent comme médiateurs de l'effet stimulant de la nicotine.

Les récepteurs muscariniques sont principalement situés sur les membranes des cellules musculaires lisses des organes innervés parasympathiques. Le transfert parasympathique des neurones postganglionnaires vers les organes cibles ou effecteurs (par exemple la pupille) est complètement bloqué par l'atropine. Cet alcaloïde tropane toxique se lie aux récepteurs muscariniques de l'acétylcholine et réduit l'effet de l'acétylcholine porteuse parasympathique. Lorsque l'influence du système nerveux parasympathique diminue, le système nerveux sympathique gagne en importance. Curieusement, l'atropine n'inhibe pas l'effet vasodilatateur du système nerveux parasympathique dans l'organe sexuel masculin. On suppose donc que d'autres porteurs parasympathiques doivent également être inclus, probablement le neuropeptide peptide vaso-intestinal (VIP) ainsi que le gaz NO (oxyde nitrique). Viagra augmente l'effet relaxant du NO sur les muscles lisses du corps caverneux et renforce ainsi l'érection du membre masculin. (Rüegg J C, 2003)

### 6.3.1 La moelle surrénale éjecte l'adrénaline

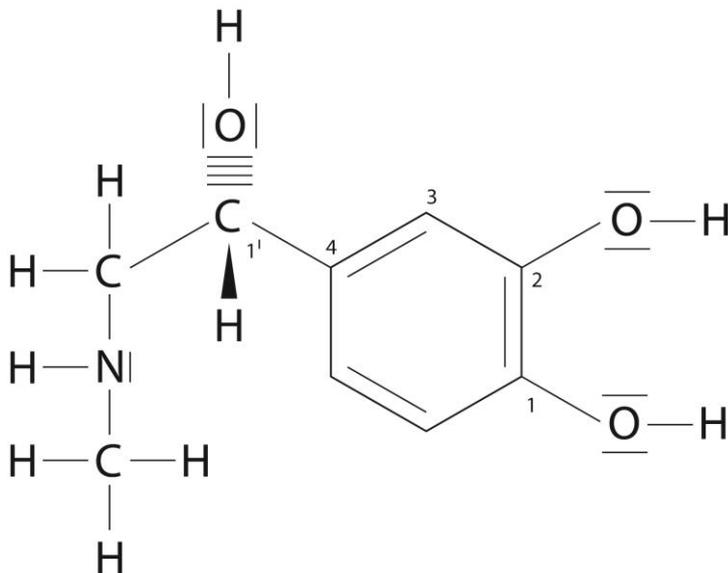


Fig. 8: L-adrénaline : composition chimique de la L-adrénaline.

Modifié d'après Löffler G, 2001, p. 481.

La formation d'adrénaline et de noradrénaline a lieu dans la moelle surrénale. Les deux sont d'importantes hormones du stress. L'adrénaline est également produite dans certaines cellules nerveuses, les ganglions dits sympathiques. Dans le cas d'une libération d'adrénaline, la noradrénaline est également libérée en 4 fois moins grandes quantités. L'adrénaline est l'une des hormones les plus importantes des neurotransmetteurs et appartient également au groupe des catécholamines. La dopamine et la norépinéphrine appartiennent également à ce groupe et ont un effet similaire. En cas de danger, ils envoient des signaux. La colère et la peur activent le système nerveux sympathique et le niveau d'adrénaline augmente jusqu'à 10 fois. Cela active les processus métaboliques et augmente le taux de sucre dans le sang. La tension artérielle fluctue également en fonction du pouls et atteint sa valeur la plus élevée à chaque battement cardiaque (tension artérielle systolique). Cela correspond approximativement à la pression d'une colonne de mercure de 120 mm de haut. Enfin, la valeur diminue et atteint son point le plus bas (tension artérielle diastolique, environ 80 mm Hg). La tension artérielle pathologique (hypertension) survient lorsque les valeurs de tension artérielle systolique et

diastolique dépassent 90 à 140 mm Hg pendant la phase de repos (exception : 95 à 160 mm Hg chez les personnes âgées) (Andrawis A, 2011).

Les médicaments qui ont un effet inhibiteur sur l'adrénaline et la noradrénaline entraînent une baisse de la tension artérielle.

### **6.3.2 Stress et hypertension artérielle**

En cas de danger ou de menace, un signal et une réaction d'urgence activent le système nerveux sympathique. Les glandes surrénales réagissent en libérant de l'adrénaline dans le sang. Par conséquent, la quantité de sang qui s'écoule du cœur (débit cardiaque) et la tension artérielle systolique augmentent. Comme Rüegg l'a déjà expliqué, cela se produit en augmentant le tonus sympathique, car un rétrécissement des vaisseaux sanguins augmente la résistance au flux dans le système circulatoire. Dans le cas d'une haute pression neurogène, une fréquence accrue d'impulsions neuronales se produit dans les fibres nerveuses sympathiques. Chez les personnes stressées, le taux de norépinéphrine augmente et il en résulte une constriction des vaisseaux sanguins.

La raison en est la forte réaction des muscles vasculaires à la noradrénaline. (Rüegg J C, 2003)

Quels sont les mécanismes physiologiques et moléculaires cellulaires qui permettent une meilleure transmission du signal des synapses noradrénergiques entre les terminaisons nerveuses et les vaisseaux sanguins en cas de suractivation du système nerveux sympathique ?

Comme Rüegg l'a déjà décrit, la séquence des impulsions (potentiels d'action) dans les fibres nerveuses postganglionnaires est importante pour la libération de l'émetteur. Pour cette raison, l'influence du système nerveux sympathique entraîne une augmentation de la résistance à l'écoulement dans le vaisseau, ce qui augmente la tension artérielle. (Rüegg J C, 2003)

Le nombre de vésicules de stockage dans les terminaisons nerveuses est d'une grande importance pour la transmission du signal. La rapidité avec laquelle les neurotransmetteurs sont remplacés et la mémoire reconstituée joue un rôle important. Seulement 80 % de norépinéphrine peut être libérée et pompée dans les vésicules de stockage. Les 20% restants seront remplacés par une nouvelle production synthétique. Une discordance induite par le stress entre l'activation des niveaux de noradrénaline et la production d'émetteurs par les fibres sympathiques altère le plasma sanguin. (Rüegg J C, 2003)

Comme l'explique Rüegg, le neuropeptide Y (NPY) (acétylcholine et transmetteurs peptidiques KO) est libéré dans les terminaisons nerveuses préganglionnaires. Le neuropeptide Y provoque la formation accrue d'adénosine monophosphate cyclique (AMPc), une substance messagère intracellulaire dans les neurones postganglionnaires. Ceci conduit à l'activation de la protéine kinase, une enzyme qui transfère un groupe phosphate de l'adénosine triphosphate (ATP) à la molécule de tyrosine hydroxylase. L'ATP provoque le processus de phosphorylation. Le résultat est une régulation optimale de la synthèse de noradrénaline et une adaptation du contenu de l'émetteur disponible aux conditions changeantes de l'activité neuronale. (Rüegg J C, 2003)

Ce mécanisme de régulation se produit non seulement dans les neurones adrénérgiques du système nerveux central (SNC), mais aussi dans les ganglions sympathiques. En conséquence, la transmission adrénérgique cérébrale des signaux pendant le stress et la réactivité de l'hydroxyle de tyrosine dans le cerveau est augmentée à long terme. La substance messagère cAMP augmente non seulement l'activité enzymatique de la réactivité hydroxyle de la tyrosine dans les cas de stress avec une augmentation chronique du tonus sympathique, mais aussi l'expression d'un facteur génétique du gène hydroxylase dans le noyau cellulaire, qui est responsable de la production de l'enzyme.

Cela augmente le nombre de molécules d'enzymes dans les cellules nerveuses et la teneur en noradrénaline dans les vésicules de stockage des neurones postganglionnaires augmente. Cet état est maintenu pendant quelques jours.

Les séquelles du stress durent longtemps. Ainsi, à chaque impulsion nerveuse aux terminaisons nerveuses sympathiques, la noradrénaline est libérée plus que jamais et la transmission du signal du système nerveux sympathique aux muscles lisses est améliorée. La tension artérielle augmente. Dans les neurones sympathiques postganglionnaires, les changements dépendant de l'activité ont des effets sur la plasticité neuronale du SNC ou du système nerveux sympathique.

L'expression (synthèse) de la tyrosine hydroxylase augmente également dans le cerveau pendant le stress. (ibid.).

**Prof. Dr. Andrawis**