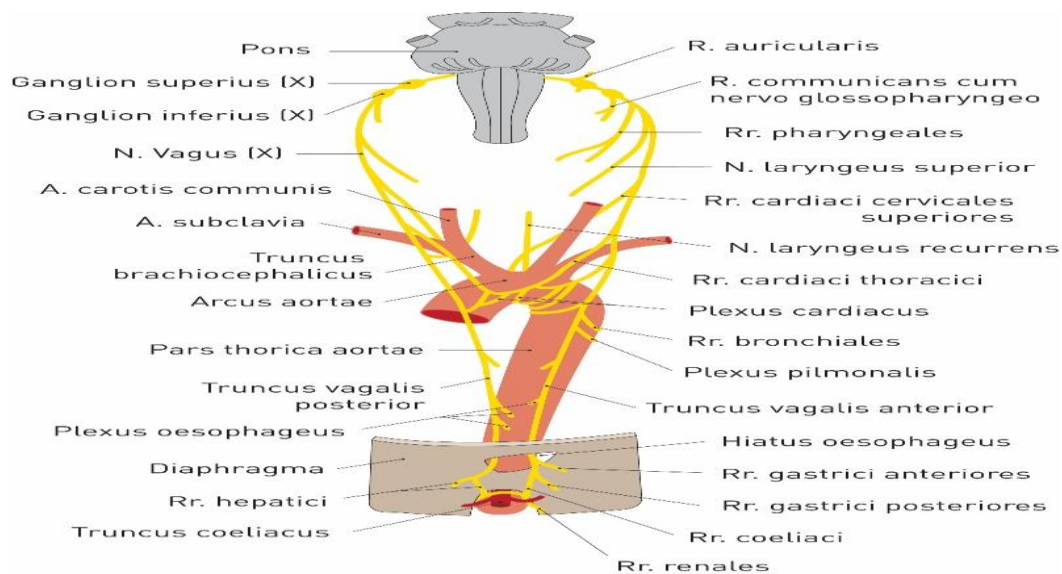




10 Wegetatywny system nerwowy VNS. i psychika

Emocje i stres mogą mieć negatywny wpływ na serce i krążenie oraz prowadzić do chorób. **Nerw błędny**, gałąź wegetatywnego układu nerwowego (patrz ryc. 4), może wywołać psychogenne zatrzymanie krążenia. Nerw błędny jest odpowiedzialny za dostarczanie wewnętrznego przewodu pokarmowego, serca i płuc oraz kontroluje wszystkie inne organy wewnętrzne. Jak to już zostało opisane przez Rüegga, VNS składa się z trzech części, układu współczulnego, jego przeciwnika, układu nerwowego przywspółczulnego (do którego należy nerw błędny) oraz układu nerwowego jelit. Ten ostatni ma ponad 100 milionów komórek nerwowych (neuronów), znacznie więcej niż znajduje się w rdzeniu kręgowym. (Rüegg J C, 2003)

6.1 Nerw błędny (Vagus Nerve)



Rys. 4: **Nerw błędny** Zmodyfikowana wersja przyjęta z gipsu R, Pabst R (2000), str. 274.

Nerw błędny to X. Nie tylko pełni on funkcję wegetatywną, ale jest również zaangażowany w kontrolę motoryczną różnych organów, takich jak krtani, gardła i górnego przełyku. Przekazuje on wrażenia smakowe z podstawy języka i wrażenia dotykowe z gardła, krtani i części kanału słuchowego.

6.2 Autonomiczny układ nerwowy i jego dwa mechanizmy podrzędne

Należą do nich układ współczulny, układ nerwowy przywspółczulny i nerw błędny.

Krótki opis anatomiczny

Układ **współczulny** wywodzi się z rdzenia kręgowego w okolicy klatki piersiowej i lędźwiowej i kontynuuje się wzdłuż kręgosłupa. Uaktywnia ciało w celu uzyskania maksymalnej wydajności. Jak wyjaśnia Rüegg, w przypadku wzrostu aktywności współczulnej i wzrostu ciśnienia krwi puls wzrasta nawet pięciokrotnie.

Natomiast przywspółczulny układ nerwowy, przeciwnik układu współczulnego, może ze względu na swoją funkcję spowodować zatrzymanie akcji serca. Tylko poprzez harmonizację współczulnego i przywspółczulnego układu nerwowego można osiągnąć regularne tempo pulsu i ogólnie pozytywne funkcje narządów. (Rüegg J C, 2003)

Autonomiczny układ nerwowy jest również znany jako układ autonomiczny, ponieważ jego kontrola jest mimowolna i nieprzytomna. Typowym przykładem jest stres psychiczny podczas egzaminu ustnego. Współczujący układ nerwowy działa bez naszej woli. Hormon stresu jest zwiększony i blokuje obszary pamięci w mózgu. Prowadzi to do tymczasowego przerwania pamięci ("black-out"), a także do krótkotrwałego zaburzenia krążenia mięśnia sercowego (przejściowe niedokrwienie mięśnia sercowego). Ma to miejsce na przykład w przypadku zwężenia naczyń wieńcowych w tętnicach, co może prowadzić do zawału serca.

Emocje takie jak złość, radość, strach, złość itp. kojarzą się z emocjami i przejawiają się w gestach, mimice twarzy, postawie i głosie, a także są kontrolowane przez VNS. Nawet krążenie krwi w skórze jest emocjonalnie regulowane przez współczucie, błądź w przypadku szoku lub zaczerwienienia w furii ilustrują ten proces.

Arbitralne lub mimowolne ruchy, jak również napięcie lub rozluźnienie mięśni powstają, jak już opisano przez Rüegga, poprzez aktywację współczulnego lub przywspółczulnego układu

nerwowego i wyzwalają częstotliwość impulsów elektrycznych (potencjały czynnościowe). (Rüegg J C, 2003)

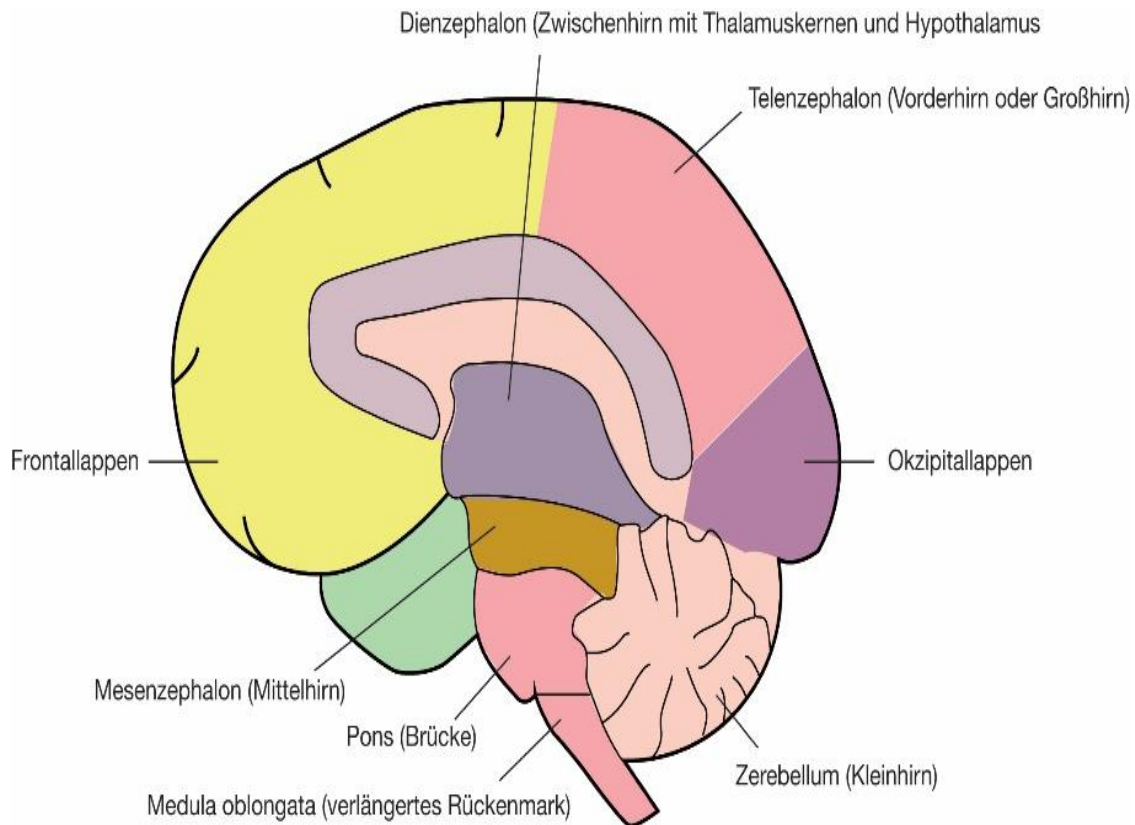
Są one przenoszone w salvos z komórek nerwów współczulnych wzdłuż włókien nerwów współczulnych do mięśni gładkich naczyń krwionośnych lub do serca i mięśni serca. W ten sposób noradrenalina jest uwalniana przez włókna nerwowe współczulne. Częstotliwość wynosi 2-8 volley'ów na sekundę. Nadmierne reakcje układu współczulnego rzucają swego rodzaju lustrzane odbicie aktywności mięśni. Ponadto wszystkie ruchy rąk, nawet te, które mają miejsce tylko w myślach, są aktywowane przez układ współczulny. W eksperymencie (Vissing i Hjortso, 1996) trucizna nerwowa została wstrzyknięta do przedramienia, aby sparaliżować mięsień. Niemniej jednak aktywacja współczulnego układu nerwowego nastąpiła podczas napięcia mięśniowego. Udowodniono, że aktywność ta jest wywoływana przez mózg, a nie przez napięcie mięśni. Dla naszych przodków ta zautomatyzowana reakcja była zaletą. Byli więc dobrze przygotowani do walki i lotu. Dla porównania, ludzie żyją dziś w znacznie mniejszej liczbie sytuacji związanych z walką i ucieczką. Nieprzetworzony stres ma negatywny wpływ na układ krążenia.

Szwajcarski laureat Nagrody Nobla Walter R. Hess ukuty termin "reakcja obronna". Udowodnił on poprzez eksperyment na zwierzętach - słabe wstrząsy elektryczne w podwzgórzu, w dolnej części diencephalonu, zostały przeniesione na obudzonego kota - że kot wykazywał gniew i zachowanie obronne oraz nastąpił wzrost ciśnienia krwi.

Jak wyjaśnia Rüegg, niektóre mimowolne i wegetatywne funkcje ciała, takie jak temperatura ciała, są kontrolowane przez **podwzgórze** (por. rys. 5). Kompleks amygdaloid, korpus amygdaloidea, który jest połączony z przednim mózgiem przez drogi nerwowe, monitoruje zadania podwzgórza. Jest również częścią układu limbicznego i leży nad diencefalonem. (Rüegg J C, 2003)

Ciało amygdaloidea to miejsce, z którego wywołują się emocje. Ocenia i ukierunkowuje komunikaty pochodzące z organów zmysłów, dotyczące ich charakteru, np. w sytuacjach niebezpiecznych, bardzo szybko, nawet przed uświadomieniem sobie niebezpieczeństwa. Stres psychospołeczny, który jest związany z emocjami takimi jak strach, złość i wściekłość, aktywuje reakcję obronną u ludzi. Jest to inicjowane przez układ współczulny i podwzgórze.

6.2.1 Podział mózgu na główne sekcje



Rys. 5: Podział mózgu na główne sekcje

Lewe i prawe półkule mózgu są otoczone przez opon mózgowych, w ich wnętrzu zawierają prawą i lewą komorę mózgu wypełnioną płynem mózgowo-rdzeniowym. Zmodyfikowany pobrany z: Rüegg J C, 2003, str. 3.

6.2.2 Układ współczulny i jego przeciwnik układ przywspółczulny układ nerwowy

Współczujący układ nerwowy jest aktywowany przez nieświadome reakcje emocjonalne podczas walki i reakcji obronnych, podczas wysiłku fizycznego, gniewu i strachu.

U ludzi, współczujący układ nerwowy mobilizuje rezerwy energii w celu osiągnięcia wyjątkowej wydajności. To również aktywuje układ krążenia. Wszystkie narządy znajdujące się pod wpływem układu współczulnego czynią to jednocześnie pod wpływem przeciwnika, układu nerwowego przywspółczulnego. Pochodzi on ze szpiku krzyżowego, dociera stamtąd do organów miednicy i biegnie przez szpik kostny do pnia mózgu. Najważniejszym

czaszkowym nerwem przywspółczulnym jest wagus, "wędrowiec", który kontroluje nie tylko serce, ale cały przewód pokarmowy.

Jak sugeruje termin "przeciwnik", pasożytniczy układ nerwowy, w przeciwieństwie do współczulnego układu nerwowego, prowadzi do fazy regeneracji w organizmie. Obniża to tętno i ciśnienie krwi.

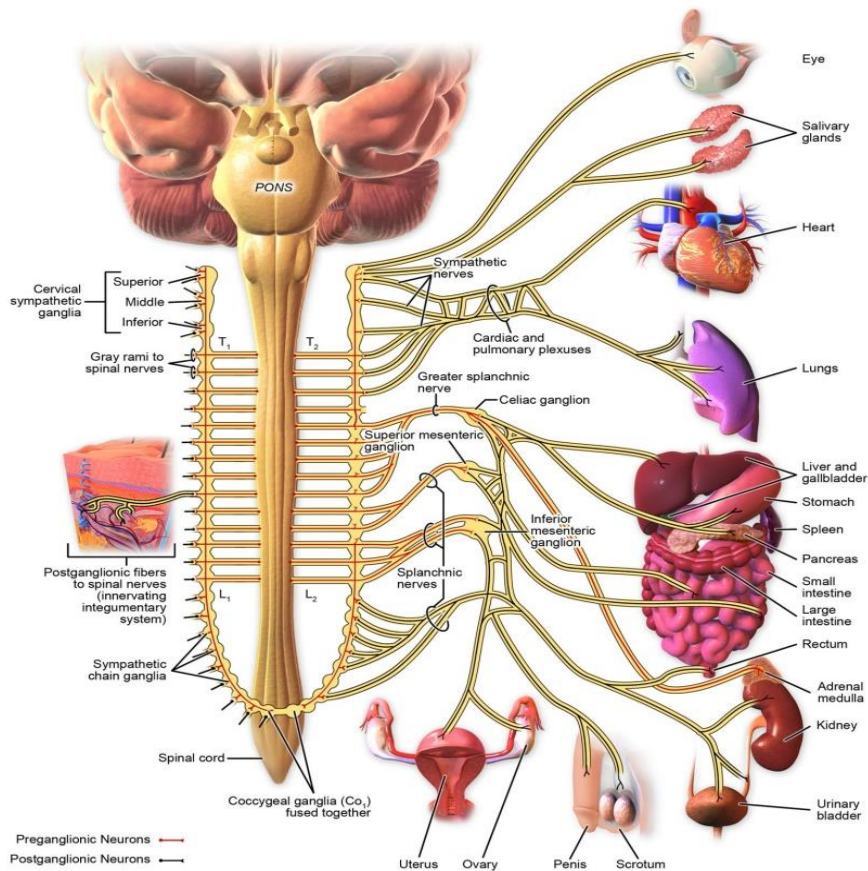
W harmonii między współczulnym i przywspółczulnym układem nerwowym autonomiczny układ nerwowy jest w stanie równowagi. U osób niestabilnych, które cierpią na dystonię wegetatywną, występuje nadmiar reakcji przywspółczulnych lub współczujących. W przypadku wyraźnie współczującego tonusu przeważa nerwowość. Natomiast, jak już wspomniał Rüegg, nadmiar aktywności parasympatycznej prowadzi do przewlekłego zmęczenia (Chronic Fatigue Syndrome). Pasożytniczy układ nerwowy wzmacnia aktywność jelitową, gdy zakłóca ją nadmierna ilość tonusu współczulnego. Jeśli gniew zostanie stłumiony, układ nerwowy przywspółczulny może zostać zahamowany. To może prowadzić do zapać.

(Tamże.) .

układ współczulny

Układ współczulny składa się ze 100 milionów neuronów (zdecydowanie więcej niż w rdzeniu kręgowym) i jest aktywowany przez instynktowne, emocjonalne reakcje. (Rüegg 2003). Podczas wegetatywnej kontroli emocji takich jak niepokój, stres i złość, bufory hormonu stresu bardziej koncentrują się we krwi, powodując nadkwaśność, która ma wpływ na zaburzenia funkcjonowania układów neuroprzekaźników. Może to więc być przyczyną chorób psychicznych. Współczujący układ nerwowy działa jako mobilizacja równowagi energetycznej w celu zapewnienia nadzwyczajnych osiągnięć, np. w sporcie lub również w zachowaniach bojowych i ucieczkowych. W ten sposób układ krążenia jest stymulowany wszystkimi organami fizycznymi.

Znieczulenie współczujące



Sympathetic Innervation

6.2.3 System trajektorii piramidy i trajektorii pozapiramidowej jako część wegetatywnego układu nerwowego (VNS)

Przez rdzeń kręgowy przebiegają dwa przewody nerwowe: są to **przewód piramidalny** (przewód opadający, por. rys. 6) oraz **przewód pozapiramidowy** (przewód wznoszący) VNS.

Jak wyjaśnia Rüegg, komórki nerwowe gałęzi współczulnej, które leżą w rdzeniu kręgowym, są pobudzane przez neurony w rdzeniu podłużnym (część pnia mózgu) przez przewód piramidalny. Na ten ostatni z kolei wpływ mają hierarchicznie nadrzędne ośrodki mózgowie. Tor piramidalny jest główną częścią systemu piramidalnego (PS). W dolnej części rdzenia podłużnego włókna przebiegają po obu stronach rdzenia kręgowego.

Między rdzeniem kręgowym i mózgiem krzyżuje się 70-90% neurytów na drugą stronę (piramida przecinająca piramidum Decussatio).

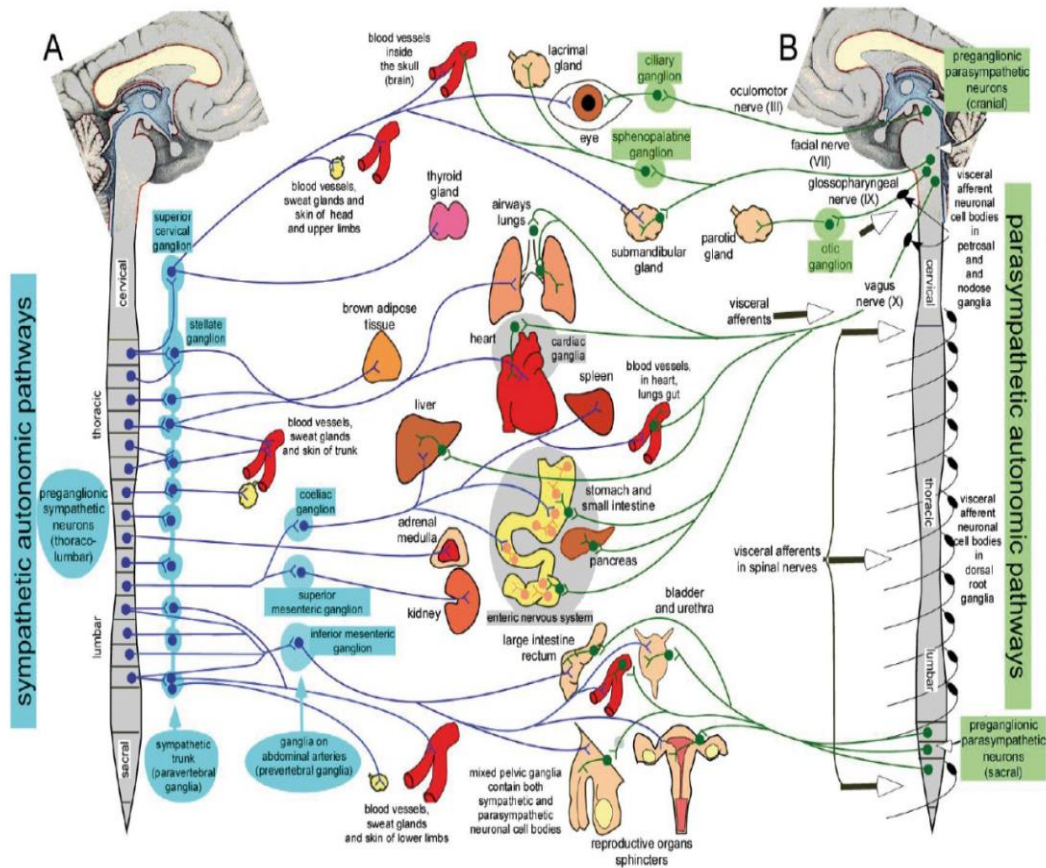
Pozostałe neurity (Tractus corticospinalis anterior paramedian) biegną w przednim paśmie rdzenia kręgowego i krzyżują się w drugą stronę rdzenia kręgowego. Reszta pozostaje nieskrzyżowana i ipsilateralna.

interneurony w rdzeniu kręgowym są ciągnięte przez PS i kontrolowane przez komórki rogowe silnika przedniego. Niektóre włókna tworzą połączenia bezpośrednie, tzw. połączenia monosynaptyczne (tamże).

Układ nerwowy przywspółczulny

Pasożytniczy układ nerwowy jest odpowiedzialny za swoje pasożytnicze neurony oraz ich wzajemne połączenia przed- i postganglioniczne. Połączenie przed- i postzwojenne odbywa się w zwoju przywspółczulnym w małej formie. Proces ten jest zlokalizowany w pobliżu zasilania organów przez inwercję wegetatywną. Sygnalizacja jest wytwarzana przez acetylocholinę. W porównaniu z unerwieniem współczulnym, neuroprzekaźniki są uwalniane z układu nerwowego przywspółczulnego w narządach.

Schematyczna reprezentacja parasympatycznego układu nerwowego

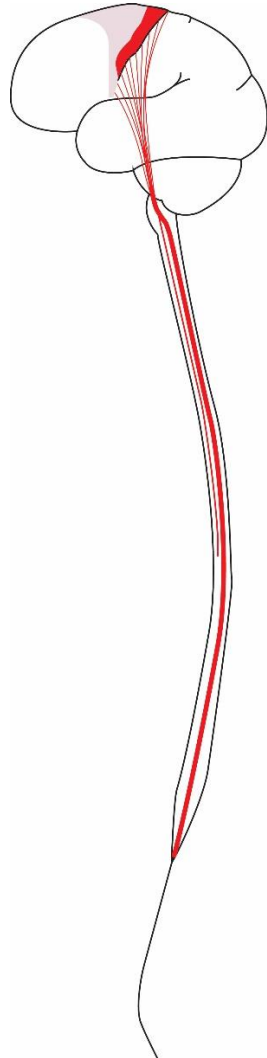


Ryc. 13: Parasympatyczny i współczulny układ nerwowy w różnych organach

Źródło: <https://>

Korelacja między mózgiem a układem odpornościowym wpływa na komórki odpornościowe z ich interleukinami poprzez pochwę aferentną. Z drugiej strony, mózg reaguje stymulując układ odpornościowy reakcją osi kory nadnerczy, podwzgórza i przysadki mózgowej. Zabieg ten prowadzi do powstania mechanizmów zwrotnych nadmiernej reakcji immunologicznej. Pozwala to na wyleczenie lub osłabienie stanów zapalnych. Jeśli wartość PH koncentratu kortyzolu jest nadmuchiwna do krwioobiegu, reakcja immunologiczna jest przesadzona, dlatego koncentrat kortyzolu jest dodawany do chorób autoimmunologicznych w terapii (Rüegg 2001).

Rdzeń kręgowy z systemem ścieżek piramidalnych i systemem ścieżek pozapiramidowych jako część wegetatywnego układu nerwowego VNS



Rys. 6: Układ orbity piramidy (orbita opadająca) jako część wegetatywnego układu nerwowego

Zmodyfikowana zaczerpnięta z Kahle W, Leonhardt H, Platzer W, (1979), s. 283.

6.2.5 Autonomiczny układ nerwowy przekazuje sygnały

Jak opisuje Rüegg, neurony rdzenia kręgowego przekazują komunikaty otrzymane z mózgu przez aksony (projekcje nerwowe) do tzw. zwojów współczulnych, które leżą poza rdzeniem kręgowym.

(patrz rys. 7).

Obwodowy układ współczulny, wspólna ostateczna odległość od rdzenia kręgowego do organu docelowego, składa się z łańcuchów dwóch komórek nerwowych każda, **neuronów współczulnych przed- i postzwojennych**. Są one połączone synapsami (kontakty neuronalne), które składają się z dwóch błon komórkowych dotykających neuronów i submikroskopowo wąskiej szczeliny synaptycznej.

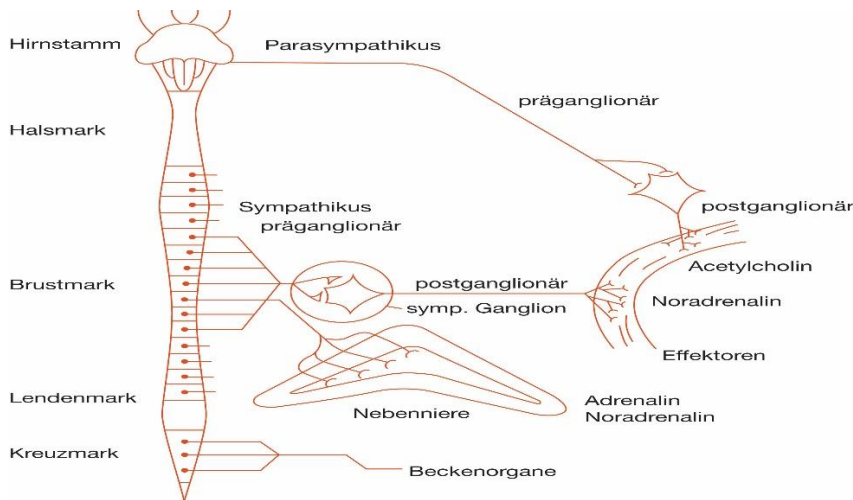
Membrana przed rozszczepem nazywana jest **presynaptyczną**, druga **postsynaptyczną**. W synapsie substancje chemiczne są synaptycznie przenoszone z komórek nerwowych przedzwojennych do komórek nerwowych zwojowych. Substancja chemiczna, znana jako acetylocholina, jest przekazywana i uwalniana przez impulsy elektryczne (potencjały czynnościowe), gdy jest pobudzana przez zakończenia nerwowe neuronów przedzwojennych.

Po przejściu cząsteczek acetylocholiny przez presynaptyczną błonę komórkową, rozprzestrzeniają się one na przeciwną stronę rozszczepu synaptycznego i docierają do błony komórkowej współczulnego neuronu postganglionicznego w ciągu tysięcznej sekundy. Tam powstaje specyficzny związek z cząsteczkami białka błony komórkowej posynaptycznej, dzięki czemu receptory acetylocholiny przystosowują się do tych cząsteczek. Jeśli receptory są zajęte przez cząsteczki acetylocholiny, cząsteczki receptora są aktywowane i tym samym neurony poanglioniczne są pod wpływem "depolaryzacji". W spoczynku błony komórkowe tych neuronów są spolaryzowane, tj. są naładowane dodatnio po ich zewnętrznej stronie i naładowane ujemnie elektrycznie po ich wewnętrznej stronie (Rüegg J C, 2003).

Neurony współczulne zwojowe są elektrycznie rozładowywane pod wpływem acetylocholiny i potencjałów czynnościowych. Są one przekazywane z ciała komórkowego neuronu w zwoju współczulnym z prędkością jednego metra na sekundę do zakończeń nerwowych w sympatycznie unerwionych narządach docelowych. Noradrenalina jest uwalniana, co, jak wyjaśnia Rüegg, jest związane z receptorami adrenergicznymi lub noradrenergicznymi docelowych organów i wywołuje reakcję organów noradrenergicznych, na przykład zwężenie naczyń, które występuje również wtedy, gdy noradrenalina dociera do mięśni naczyń przez układ krwionośny.

Układ współczulny i przywspółczulny układu nerwowego składają się z dwukomórkowych łańcuchów neuronalnych (por. ryc. 7). W zwojach przywspółczulnych dochodzi do połączenia przed- i postzwojskowych neuronów przywspółczulnych. (Rüegg J C, 2003)

6.3 Obwodowy układ nerwowy



Rys. 7: Obwodowy układ nerwowy

Schematyczne przedstawienie obwodowego układu nerwowego.

Po prawej: dwukomórkowy łańcuch neuronalny w przywspółczulnym nerwie błędnym.

Środek: Schematyczne przedstawienie przebiegu przedzwojowego neuronu układu współczulnego od rdzenia kręgowego do rdzenia nadnerczy i do neuronu zwojowego, który unerwia docelowy narząd (np. serce lub naczynie krwionośne). Układy przywspółczulne i współczulne wpływają na narządy docelowe (efektory) poprzez uwalnianie neuroprzebieżników (noradrenaliny lub acetylocholin). Rdzeń nadnerczy uwalnia 80% adrenaliny i 20% noradrenaliny do krwi.

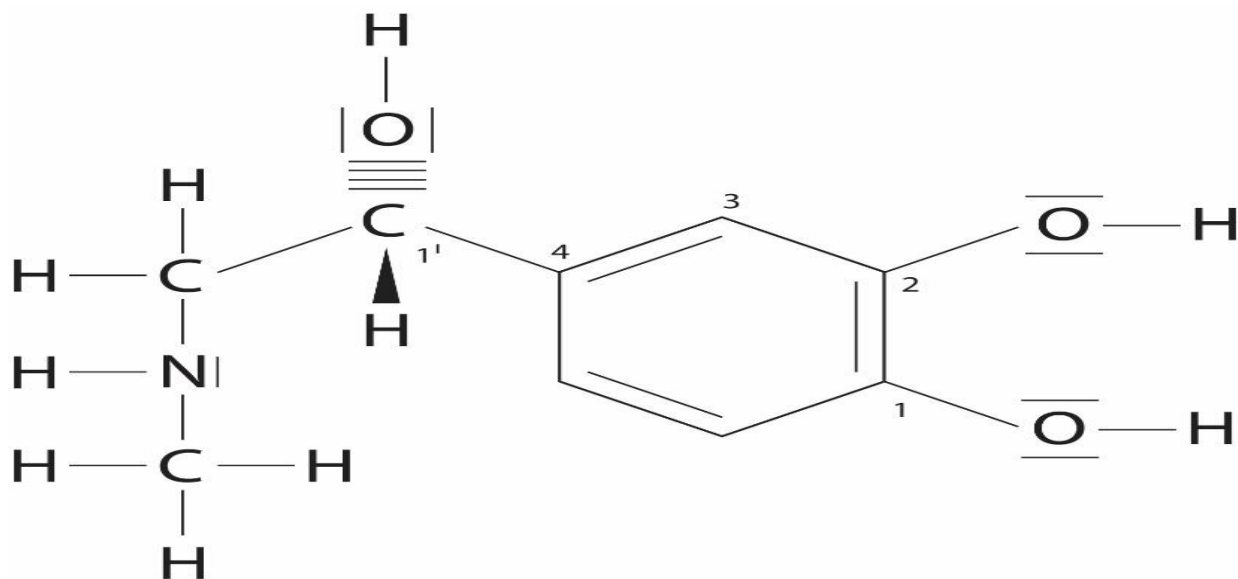
W lewo: Rdzeń mózgowy i rdzeń kręgowy z obszarami pochodzenia układu współczulnego (lędźwiowego i piersiowego) i przywspółczulnego (krzyżowego i pnia mózgu). Zmodyfikowany pobrany z: Rüegg J C, 2003, s. 59.

Podobnie jak w zwojach współczulnych, **acetylocholina** jest odpowiedzialna za transmisję sygnału. W przeciwieństwie do współczulnego układu nerwowego, ten neuroprzekaźnik jest również uwalniany przez zakończenia nerwów przywspółczulnych po zwoju w udanych narządach.

Jak już wyjaśnił Rüegg, reakcja acetylocholiny na narządy sukcesu oraz w zwojach przywspółczulnych i współczulnych zachodzi w przypadku dwóch typów receptorów acetylocholiny, które dzielą się odpowiednio na receptory **nikotynergiczne** i **muskaryngi**. Nikotyna i toksyna grzybicza muskaryna są odpowiedzialne za te nazwy, ponieważ są one odpowiedzialne za specyficzne pobudzenie receptorów acetylocholiny i dlatego mogą być różnicowane farmakologicznie. Receptory acetylocholiny nikotynowej są szeroko rozproszone w całym organizmie, zarówno w zwojach przywspółczulnych i współczulnych, jak i w mięśniach arbitralnych oraz w mózgu. Tam pośredniczą w stymulującym działaniu nikotyny.

Receptory muskarynowe znajdują się głównie na błonach komórek mięśni gładkich narządów przywspółczulnych. Pasożytnicze przeniesienie neuronów zwojowych do organów docelowych lub efektorowych (np. źrenicy) jest całkowicie zablokowane przez atropinę. Ten toksyczny, tropanowy alkaloid wiąże się z receptorami acetylocholiny muskarynowej i zmniejsza efekt parasympatycznego nośnika acetylocholiny. W miarę zmniejszania się wpływu układu nerwowego przywspółczulnego, wzrasta znaczenie układu współczulnego. Co dziwne, atropina nie hamuje wazodylatacyjnego działania układu nerwowego przywspółczulnego w męskim organie płciowym. Przyjmuje się zatem, że należy uwzględnić również inne nosiciele przywspółczulne, przypuszczalnie **peptyd neuropeptydowo-jelitowy** (VIP) oraz gaz NO (tlenek azotu). Viagra zwiększa relaksujące działanie NO na mięśnie gładkie ciała jamistego i tym samym wzmacnia erekcję kończyny męskiej. (Rüegg J C, 2003)

6.3.1 Rdzeń nadnerczy wyrzuca adrenalinę.



Rys. 8: **L-adrenalina:** skład chemiczny L-adrenaliny.

Zmieniona przyjęta przez Löffler G, 2001, str. 481.

Tworzenie adrenaliny i noradrenaliny ma miejsce w rdzeniu nadnerczy. Oba są ważnymi hormonami stresu. Adrenalina jest również produkowana w niektórych komórkach nerwowych, tzw. zwoje współczulne. W przypadku uwolnienia adrenaliny noradrenalina jest również uwalniana w 4-krotnie mniejszej ilości. Adrenalina jest jednym z najważniejszych hormonów neuroprzekaźników i należy również do grupy amin katecholowych. Dopamina i noradrenalina również należą do tej grupy i mają podobny efekt. W razie niebezpieczeństwa przesyłają sygnały. Gniew i strach aktywują układ współczulny, a poziom adrenaliny wzrasta do 10 razy. Aktywuje to procesy metaboliczne i zwiększa poziom cukru we krwi. Ciśnienie krwi również zmienia się w czasie wraz z pulsem i wzrasta do najwyższej wartości przy każdym uderzeniu serca (ciśnienie skurczowe). Odpowiada to w przybliżeniu ciśnieniu w kolumnie z rtęcią o wysokości 120 mm. W końcu wartość ta spada i osiąga najniższy punkt (rozkurczowe ciśnienie krwi, ok. 80 mm Hg). Patologiczne ciśnienie krwi (nadciśnienie tętnicze) występuje wtedy, gdy skurczowe i rozkurczowe wartości ciśnienia krwi przekraczają 90-140 mm Hg w fazie spoczynku (wyjątek: 95-160 mm Hg u osób starszych).

(Andrawis A, 2011)

Leki, które działają hamująco na adrenalinę i noradrenalinę, prowadzą do obniżenia ciśnienia krwi.

6.3.2 Stres i wysokie ciśnienie krwi

W przypadku niebezpieczeństwa lub zagrożenia, sygnał i reakcja awaryjna aktywuje układ współczulny. Nadnercza reagują uwalniając adrenalinę do krwi. W rezultacie ilość krwi wypływającej z serca (rzut serca) i skurczowe ciśnienie krwi wzrasta. Jak już wyjaśnił Rüegg, dzieje się to poprzez zwiększenie tonu współczulnego, ponieważ opór przepływu w układzie krążenia zwiększa się w wyniku zwężenia naczyń krwionośnych. W przypadku wysokiego ciśnienia neurogenicznego w włóknach nerwowych współczulnych występuje zwiększona częstotliwość impulsów neuronalnych. U osób zestresowanych poziom noradrenaliny jest zwiększony, a wynikiem tego jest zwężenie naczyń krwionośnych.

Powodem jest silna reakcja mięśni naczyniowych na noradrenalinę. (Rüegg J C, 2003)

Jakie mechanizmy fizjologiczne i molekularne komórek powodują lepsze przekazywanie sygnału synaps noradrenergicznych pomiędzy zakończeniami nerwowymi i naczyniami krwionośnymi w przypadku nadmiernej aktywacji układu współczulnego?

Jak to już zostało opisane przez Rüegga, kolejność impulsów (potencjały czynnościowe) we włóknach nerwowych zwojowych jest ważna dla uwolnienia nadajnika. Z tego powodu wpływ współczulnego układu nerwowego zwiększa opór przepływu w naczyniu, co zwiększa ciśnienie krwionośne. (Rüegg J C, 2003)

Liczba pęcherzyków magazynowych w zakończeniach nerwowych ma duże znaczenie dla transmisji sygnału. Jak szybko wymieniane są neuroprzekaźniki i uzupełniana pamięć odgrywa ważną rolę. Tylko 80% noradrenaliny może być uwalniane i pompowane z powrotem do pęcherzyków magazynowych. Pozostałe 20% zostanie zastąpione nową produkcją syntetyczną. Disharmonie spowodowane stresem pomiędzy aktywacją poziomu noradrenaliny a produkcją nadajnika za pośrednictwem włókien współczulnych powoduje zmianę w osoczu krwi. (Rüegg J C, 2003)

Jak wyjaśnia Rüegg, **neuropeptyd Y (NPY)** (acetylocholina i przekaźniki peptydowe KO) jest uwalniany w zakończeniach nerwów przedzwojowych. Neuropeptyd Y powoduje zwiększone tworzenie **cyklicznego monofosforanu adenozy (cAMP)**, wewnątrzkomórkowej substancji pośredniczącej w neuronach postganglionowych. Prowadzi to do aktywacji kinazy białkowej, enzymu, który przenosi grupę fosforanową z

adenozynotrifosforanu (ATP) do cząsteczki hydroksylazy tyrozynowej. ATP powoduje proces fosforylacji. Wynikiem jest optymalna regulacja syntezy noradrenaliny i dostosowanie zawartości dostępnego przekaźnika do zmieniających się warunków aktywności neuronalnej. (Rüegg J C, 2003)

Ten mechanizm regulacyjny ma miejsce nie tylko w neuronach adrenergicznych ośrodkowego układu nerwowego (OUN), ale także w zwojach współczulnych. W rezultacie, mózgowa transmisja adrenergiczna sygnałów podczas stresu i reaktywność hydroksylowa tyrozyny w mózgu jest zwiększona w dłuższej perspektywie czasowej. Komunikator cAMP nie tylko zwiększa aktywność enzymatyczną hydroksylowej reaktywności tyrozyny, ale także ekspresję czynnika dziedzicznego genu hydroksylazy w jądrze komórkowym, który jest odpowiedzialny za produkcję enzymu, w przypadku stresu i chronicznie zwiększonego tonu współczulnego.

Zwiększa to liczbę cząsteczek enzymatycznych w komórkach nerwowych, a zawartość noradrenaliny w pęcherzykach przechowalniczych neuronów zwojowych wzrasta. Stan ten jest utrzymywany przez kilka dni.

Następczy efekt stresu utrzymuje się przez długi czas. W ten sposób z każdym impulsem nerwowym uwalnia się więcej noradrenaliny na końcach nerwów współczulnych niż kiedykolwiek wcześniej, a transmisja sygnału z układu współczulnego do mięśni gładkich ulega poprawie. Ciśnienie wzrasta. W neuronach współczulnych zwojowych zmiany zależne od aktywności mają wpływ na plastyczność neuronalną OUN lub układu współczulnego.

Ekspresja (synteza) hydroksylazy tyrozynowej zwiększa się również w mózgu podczas stresu. (Tamże.).

Prof. Dr. Andrawis