**DIERENFYSIOLOGIE HOOFDSTUK 2: Zenuwstelsel**

1. Communicatie

* Communicatie
  + Lichaam heeft miljarden cellen
    - => communicatie tssn cellen is noodzakelijk
  + Functie zenuwstelsel & endocrien (hormonaal) stelsel:
    - = communicatie mogelijk maken om gecoordineerd functies te ku uitoefenen
    - = ze reguleren functies in het lichaam
* Zenuwstelsel
  + Staat in voor vlugge acties
  + Zorgt voor een continue evaluatie en bijsturing vd lichaamsfuncties
    - => Bijsturen vd prikkels via zintuigen
    - => Bijsturen: hartslag verhogen of verlagen
  + Zorgt voor geheugen, opslaan informatie, leerprocessen
  + Communiceert via neurotransmissie
    - = doorgeven van elektrisch signalen
* Endocrien stelsel
  + Staat in voor tragere reacties
  + Communiceert via hormonen

2. Structurele organisatie van het zenuwstelsel

* Zenuwstelsel structurele organisatie
* Functionele eenheid zenuwstelsel: neuron of zenuwcel
  + Opbouw neuron
    - 1) Dendrieten
      * = boomachtige structuur
      * = sterk vertakte structuur
      * Functie: signaalcaptatie / het ontvangen van signalen
        + Ontvangen signalen afkomstig van andere neuronen
    - 2) Soma
      * = cellichaam met celkern en er komen dendrieten op uit
      * Functie: signaalverwerking
    - 3) Axon
      * = zenuwuitloper van een neuron
      * Elk neuron heeft 1 axon
      * Axonen kunnen vertakken
      * Functie: signaalgeleiding van elektrische impulsen
        + 1) Axon start aan soma = de axonheuvel = de verbreding vanboven
        + 2) Axon loopt naar beneden en splitst vertakt
        + 3) Vertakkingen maken verbindingen met spiercellen

= neuromusculaire junctie

* + - * Neuromusculaire junctie
        + = de verbinding tussen neuron (axonuiteinde) en spiercel
        + Functie: signaaloverdracht

Signalen komen binnen via dendrieten of via soma => doorgegeven aan axonheuvel => doorheen de axon naar de volgende cel via de neuromusculaire junctie

* Neuraal netwerk
  + = netwerk gevormd door verbindingen/ synapsen
  + = groep van verbonden neuronen
    - => Neuronen zijn verbonden met elkaar tot vorming van neuraal netwerk
  + Filmpje: belang vd verbindingen in onze hersenen & het aantal verbindingen
    - => zo begrijpen we hoe het komt dat we een complex geheugen hebben
* Zenuwstelsel
  + Centraal zenuwstelsel (CNS)
    - Hersenen, ruggenmerg, interneuronen
    - Interneuronen = schakelneuronen
      * = maken schakeling tssn neuronen die binnenkomen en neuronen die buitenkomen
      * = ze zijn verbonden aan beide einden met andere zenuwcellen
      * Functie: informatieoverdracht dmv actiepotentiaal
  + Perifeer zenuwstelsel (PNS)
    - Bevat neuronen die binnenkomen en neuronen die buiten komen
    - Afferente / sensorische neuronen
      * = verbonden met receptoren / zintuigen
      * = neuronen die toekomen in centraal zenuwstelsel vanuit het perifeer zenuwstelsel
      * => Brengen zintuigelijke prikkels uit de periferie naar centraal zenuwstelsel => prikkel verwerkt in hersenen => dan vb signaal terug naar de periferie om iets te secreteren via efferente neuronen
    - Efferente / motorneuronen
      * = neuronen die vanuit centraal zenuwstelsel gaan naar perifeerzenuwstelsel
      * = verbonden met effectoren (spieren, klieren)
        + Effector = orgaanstructuren die een effect ku veroorzaken
  + Zenuwbundels: axons
    - Functie: axon beschermen tegen schade
    - = een bundeling van voornamelijk axonen
      * Axonen liggen samen in een zenuwbundel
      * Axonen omgeven door bindweefsel & myelineschede
        + In bindweefsel zitten bloedvaten

Reden: zenuwvezels hebben EN nodig => via bloedvaten

* + - * + Functie: bescherming axon
      * Gemyeliniseerd axon
        + = 1 axon omwikkelt door veel laagjes Schwann cellen
        + Functie: vormt isolatie van axon => hierdoor is axon efficiënter in doorgeven prikkels => snellere prikkelgeleiding
      * Niet-gemyeliniseerd axon
        + = meerdere axonen omgeven samen door 1 laag Schwan cel

≠ geen omwikkelingen

* + - * + Nadeel: prikkelgeleiding gaat trager want niet geïsoleerd
  + Cellichaam/ soma: soma
    - Cellichamen van neuronen liggen
      * in het centraal zenuwstelsel CNS
      * of in ganglia
        + = zenuwknoop
        + = ophopingen van cellichamen van neuronen gelegen buiten het CNS
  + Myelineschede
    - Samenstelling myelineschede:
      * Veel laagjes membranen
        + Membranen bestaan uit lipiden

=> dus isolatie bestaande uit lipiden

=> isolatie voor snellere prikkeloverdracht

* + - * Weinig cytoplasma in myelineschede
        + Reden: strakke omwikkeling
    - Ontwikkelen van de omwikkelingen
      * In kindertijd => Schwann cellen maken omwikkelingen rond axonen => bouwen myelineschede op (zie ppt)
        + Gevolg: prikkelgeleiding w efficiënter in kindertijd
  + Gliacellen
    - = andere cellen in zenuwstelsel die bestaan naast neuronen
    - Gliacellen kunnen zich delen ⬄ neuronen
    - In vertebraten veel meer gliacellen dan neuronen (10:1 verhouding)
    - Functie: ondersteunen/ verzorgen de neuronen (zie soorten)
    - Soorten
      * Schwanncellen en oligodendrocieten
        + Functie: Myelineschede vormen

Functie myelineschede

isolatie vh axon & hogere geleidingssnelheid

schede vormt meerdere membraanlaagjes

Swchanncellen vormen myelineschede in het PNS

Oligodendrocieten vormen myelineschede in CNS

* + - * Astrocyten
        + = stervormige gliacellen
        + Functie: voorzien neuronen van nutriënten & ionen
        + Functie: vormen een ‘mall’ voor de ontwikkeling van neuronen tijdens kindertijd (bescherming, versteviging)
      * Microgliacellen
        + Functie: fagocytose

= opruimen van cellen wanneer er schade is

= vernietiging van schadelijke stoffen in lichaam dmv insluiting

3. Neurotransmissie: de zenuwactiepotentiaal

2.1 Zenuwactiepotentiaal

* De zenuwactiepotentiaal
  + = elke prikkel dat wordt doorgegeven door de neuronen en toelaat om andere cellen aan te sturen
  + = een zenuwsignaal
  + = elektrochemisch signaal
    - Gebaseerd op verplaatsing van ionen => elektrisch op basis van chemie
    - Door verplaatsing van ionen => verandering van de membraanpotentiaal
      * Piek = wijziging in membraanpotentiaal
  + Gelijkaardig in alle dieren en alle neuronen: hetzelfde patroon
  + Alles of niets
    - Een halve actiepotentiaal bestaat niet
    - Ofwel gaat de actiepotentiaal door, ofwel gaat ze niet door
  + Frequentie
    - Neuronen hebben taal nodig
      * ≠ kleine of grote actiepotentialen
        + Reden: want alle actiepotentialen zijn gelijk in dieren en neuronen (zie hiervoor)
      * = de frequentie waarmee ze actiepotentialen afvuren veranderen
    - Foto boven: lage frequentie = stil geluid
    - Foto onder: frequentie neemt toe = sterker geluid
    - => toename frequentie is manier van neuronen om door te geven dat geluid sterker is geworden
    - => neuronen kunnen de frequentie waarmee ze actiepotentialen afvuren variëren
      * Hoe groter frequentie, hoe groter het level van afvuren van actiepot
      * Frequentie kan variëren, tot 1000 per seconde
* Rustmembraanpotentiaal
  + = het startpunt in de axon = -70mV
  + Na+/K+ ATPase: zal de iongradiënten in stand houden
    - Extracellulair:
      * Positief, Hoge [Na+], Lage [K+]
    - Intracellulair:
      * Negatief, lage [Na+], hoge [K+]
  + Intra en extracellulair: negatieve en positieve ionen
    - In cel: positieve [K+] & negatieve eiwitten
      * Eiwitten = grote impermeabele anionen => ku niet doorheen membraan
    - Uit cel: positieve [Na+] & negatieve [Cl-]
    - => neg en pos ionen houden elkaar in balans => netto neutraal geladen (lading 0)
    - => hieruit wordt een rustmembraanpotentiaal opgebouwd
  + Opbouw rustmembraanpotentiaal zie H1
* Zenuwactiepotentiaal
  + = een snelle voortbewegende wijziging in membraanpotentiaal
  + = een snelle en korte depolarisatie vh membraan vd zenuwvezel waarbij de negatieve membraanpotentiaal tijdelijk positief wordt (depolarisatie)
    - => hiermee wordt een signaal doorgegeven naar andere cellen
      * Actiepotentiaal plant zichzelf voort doorheen de zenuwcel
      * Van axonheuvel tot terminaal einde => actiepotentiaal doorgeven
  + Verloop actiepotentiaal
    - 1) snelle korte depolarisatie
      * = membraanpotentiaal verandert van rust (-70mV) naar positieve membraanpot van 35mV
      * = omkeren membraanpotentiaal
      * Gevolg:
        + Intracellulair: positief
        + Extracellulair: negatief
    - 2) Actiepotentiaal wordt doorgegeven
    - 3) Repolarisatie
      * Als actiepotentiaal verder beweegt => membraanpotentiaal verandert van 35mV naar rustmembraanpotentiaal -70mV
      * => klaar om nieuw signaal te geleiden
  + Ontstaan actiepotentiaal / oorzaak verandering membraanpotentiaal
    - Na+ kanalen = voltage gated
      * Reageren op spanningswisselingen
    - 1) depolarisatie
      * Wanneer actiepotentiaal aankomt => verandering in membraanpotentiaal => Na+ kanalen gaan open (Na+ uit cel veel groter) => Na+ stroomt volgens de concentratiegradient in de cel => => membraanpotentiaal wordt positiever
    - 2) repolarisatie
      * Bij 35mV gaan de Na kanalen sluiten & K Kanalen openen => veel meer K in cel => K gaat via concentratiegradient naar buiten stromen => cel binnen wordt negatiever
  + Doorgeven actiepotentiaal
    - Als actiepotentiaal start aan axonheuvel => vanzelf doorgegeven door de axon = verloopt als een lopend vuurtje
      * Reden: Na ionen die binnenkomen diffunderen naar het volgend stukje in de axon & veroorzaken daar een volgende actiepotentiaal
        + Dit gebeurt bij gemyeliniseerde axons
* Gedetailleerd verloop actiepotentiaal slide 17
  + 1) start met stimulus die binnenkomt => door stimulus gaan Na kanalen open => Na stroomt naar binnen => membraanpotentiaal wordt positiever
    - => depolarisatie
    - = stijging in membraanpotentiaal van -70mV (rust) tot +35mV
    - Extra: een drempel bij -55mV
      * Reden: niet elke stimulus geeft aanleiding tot een zenuwactiepotentiaal => voldoende stimulus nodig!
      * Na kanalen gevoeligheid
        + = normaal verdeelde curve/ Gauss curve
        + Gevoeligheid = bij welke spanningswijziging/ stimulus ze gaan opengaan
        + Meeste Na kanalen hebben gemiddelde gevoeligheid
        + Sommige Na kanalen hebben lage of hoge gevoeligheid
      * Als stimulus binnenkomt => eerst de heel hoge gevoelige kanalen opengaan => hoe meer Na naar binnen, hoe meer volgende kanalen opengaan => dus stillaan lage gevoelige kanalen ook open
        + Resultaat: alle kanalen open
      * Conclusie: drempel wil zeggen dat stimulus groot gng moet zijn om ALLE kanalen open te maken
        + Dwz als membraanpotentiaal over drempel stijgt = alle kanalen open => krijgen we een actiepotentiaal
        + Dwz als membraanpotentiaal onder drempel blijft = niet alle kanalen open => geen actiepotentiaal
      * Voordeel: zonder drempel reageren we op elke prikkel (overprikk)
        + Door drempel enkel reageren op belangrijke signalen
  + 2) Repolarisatie
    - Bij 35mV gaan gated Na+ kanalen sluiten => K kanalen open => K naar buiten => hierdoor wordt membraanpot terug negatief (in cel neg)
      * => repolarisatie
  + 3) Na+ K+ ATPasen
    - MAAR K kanalen blijven iets te lang open => te veel K cel uit => membraanpotentiaal is nog negatiever dan rustpotentiaal = -90mV
      * => hyperpolarisatie
    - Uiteindelijk door Na+ K+ ATPasen cel terug naar rustmembraanpotentiaal -70mV
* Samenvatting
  + Depolarisatie
    - = wijziging in membraanpotentiaal (drempelwaarde) opent voltage gated Na+ kanalen (minder dan 1ms lang)
    - => Na+ stroomt snel in cel
    - => intracellulair milieu w positief geladen
  + Repolarisatie
    - => depolarisatie opent voltage gated K+ kanalen
    - => Na+ kanalen sluiten
    - => hyperpolarisatie
    - => rustmembraan wordt hersteld

3.2 De refractaire periode

* De refractaire periode (zie slide 20)
  + = periode waarin voor het stukje axon waar actiepotentiaal plaatsvindt het moeilijk is om een nieuwe actiepotentiaal op te wekken
  + Lengte: 1-2ms (wachttijd)
  + Treedt op onmiddellijk na de actiepotentiaal
  + Absolute refractaire periode
    - = geen ontwikkeling van nieuwe actiepotentiaal door inactivatie Na+ kanalen
    - = onmogelijk om een nieuwe actiepotentiaal op te wekken
    - Loopt vanaf de piek (actiepot) tot hyperpolarisatie
    - Hoe komt het dat het onmogelijk is?
      * Omdat Na kanalen inactief zijn, ze zijn net gesloten door sterke stijging in membraanpot => ku niet terug geactiveerd worden tijdens depolarisatie => dus gesloten => onmogelijk om nieuwe actiepot op te wekken
  + Relatieve refractaire periode
    - = mogelijk om nieuwe actiepotentiaal op te wekken, maar moeilijk
    - = verlaagde gevoeligheid door hyperpolarisatie
    - Loopt vanaf de hyperpolarisatie tot de rustmembraanpotentiaal
    - Hoe komt dat het moeilijk is, maar wel mogelijk?
      * Hyperpolarisatie zorgt ervoor dat het moeilijker is om de drempelwaarde te bereiken => meer kanalen moeten opengaan om tot -55mV te geraken om nieuwe actiepot op te wekken
    - Refractaire periode consequentie / Fysiologische betekenis
      * De actiepotentiaal kan nooit teruglopen in de axon waaruit net een actiepotentiaal is doorgegaan
      * => actiepotentiaal kan enkel vooruitbewegen
        + Reden: stukje axon dat net actiepotentiaal heeft uitgevoerd kan die niet opnieuw uitvoeren => er is altijd een wachttijd => hierdoor kan er geen actiepotentiaal teruglopen
    - Conclusie: zenuwactiepotentiaal beweegt in 1 richting (vooruit

3.3 Snelheid van prikkelgeleiding

* Snelheid van prikkelgeleiding
  + Snelheid van geleiding varieert in dierenrijk
    - Vb: anemoon veel trager dan zoogdieren
  + Myelineschede
    - Functie: isolatie axon => snelheid prikkelgeleiding neemt toe
    - Oorzaak snelle prikkelgeleiding:
    - Links: ongemyeliniseerd neuron (s21)
      * Actiepotentiaal beweegt continu voort
        + => constant een nieuwe actiepot oproepen doorheen axon
        + => op **elk** stukje vh axon een actiepot opwekken => veel actiepotentialen die w opgewekt => loopt door
      * Conclusie: tragere geleidingssnelheid
    - Rechts: gemyeliniseerd neuron
      * Knopen van Ranvier
        + = openingen tussen de myelineschedes
        + = uitsparingen waar axon blootligt
      * Actiepotentiaal vindt enkel plaats in de knopen van Ranvier
        + Actiepotentiaal ontwikkelt enkel in de knopen

In knopen vindt dus enkel depolarisatie plaats

De myelineschede verhindert depolarisatie

* + - * + Hierdoor sprongsgewijze overdracht signaal

Actiepotentiaal in axonheuvel opgewekt => dan gaan ionen voort diffunderen naar volgende knoop => daar ook actiepotentiaal opgewekt

* + - * Gevolg: Geleidingssnelheid veel hoger
        + Tov ongemyeliniseerd neuron waar op elke plaats actiepot moet worden opgewekt
      * Limiet op systeem: lengte vd myelineschede
        + Na+ ionen die binnenkomen => w geisoleerd & diffunderen naar volgende knoop van Ranvier

Maar lekken ook ionen naar buiten

Maar op einde vd myelineschede moet impuls wel nog even groot zijn

* + - * + Dus daarom is myelineschede telkens niet super lang
        + => Balans lengte tov uitdoven signaal
* Factoren die snelheid prikkelgeleiding beïnvloeden
  + Myelineschede bij vertebraten (zie hierboven)
    - Sprongsgewijze overdracht van signaal
      * Knoop van ranvier
    - => Geleidingssnelheid veel hoger
    - => Sommige invertebraten (garnalen & insecten) hebben iets gelijkaardigs
  + Diameter
    - Hoe groter de diameter = hoe dikker axon
      * = hoe sneller de prikkelgeleiding
      * Reden: weerstand is lager
    - Invertebraten hebben dikke axonen => snelle respons
    - Inktvissen en regenwormen: reuzenaxonen => snelle respons
  + Temperatuur
    - Endotherm: lichaamsT blijft stabiel
      * De prikkelgeleiding gaat altijd even snel
      * Vb: mens
    - Exotherm: lichaamsT varieert met de omgeving
      * LichaamsT is bepalend voor de snelheid vd prikkelgeleiding
      * Warme T zorgt voor een snellere prikkeloverdracht
      * vb: vlinders in zon => vleugels opwarmen & neuronen opwarmen => snellere prikkeloverdracht
* Slide 23: verschillende types van zenuwvezels met verschillende snelheden (bij de mens)
  + Bovenaan: snelste zenuwvezels & onderaan: traagste zenuwvezels
  + Waarnemingen:
    - 1) Bijna alles gemyeliniseerd buiten de onderste
      * Onderste = basis overlevingsfuncties => hebben trage zenuwvezels
    - 2) Gemyeliniseerde afhankelijk vd diameter => sneller/trager
    - 3) Snelste = de motorische eenheden die spieren moeten aansturen
  + Waarom niet in heel het lichaam gemyeliniseerde vezels?
    - Doorheen de evolutie zijn de vezels die snel MOETEN zijn, snel geworden & de vezels die minder belangrijk zijn zijn traag gebleven => hierdoor variatie

4. Neurotransmissie: synapsen

* Hoe wordt een prikkel doorgegeven van cel op cel? Prikkeloverdracht?
  + => door synapsen of juncties
* Synapsen
  + = junctie tussen 2 neuronen (pre en post synaptische neuronen)
  + = of een junctie tussen een neuron en een effector (spiercel, kliercel)
    - Neuromusculaire junctie = spiercel die aansluit op een neuron
  + Functie: overdracht van prikkels van een neuron naar volgende cel
    - Meeste neuronen ontvangen synapsen van vele neuronen
  + 2 types
    - Excitatorische synapsen: zorgt dat het volgend neuron makkelijker een zenuwactiepotentiaal gaat ontwikkelen
    - Inhibitorische synpasen: zorgen dat volgend neuron minder makkelijk een zenuwactiepotentiaal gaat ontwikkelen
    - => door interactie tussen veel neuronen tegelijk via excitatie en inhibitie
      * => complexe functies krijgen
  + Gevolgen:
    - Synapsen laten informatieverwerking en -evaluatie toe
    - Geheugen & leerprocessen gaan gepaard met veranderingen in synapsen
      * vb: muziek instrument leren => meer oefenen => zit in de handen
        + dit door aanmaken van nieuwe synapsen/ verbindingen in hersenen
  + 2 soorten
    - Elektrische synaps
      * Direct contact tussen de cellen (geen spleet)
      * Elektrisch signaal wordt doorgegeven
      * Zeer snel
        + want geen spleet & direct contact
    - Chemische synaps
      * Gebruikelijker bij vertebraten
      * Via neurotransmitters
      * Elektrochemisch signaal/zenuwactiepotentiaal w doorgegeven
* Chemische synaps
  + Gebruikelijker bij vertebraten
  + Structuur
    - Chemische synaps bevatten vesikels met neurotransmitters
    - 2 soorten neuronen
      * Presynaptische neuronen
        + = neuronen die actiepot. naar de chemische synaps brengen
        + = geeft signaal door
        + Bevat de vesikels met neurotransmitters
        + Bevat mitochondrion (s26)

Reden: neuronen hebben EN nodig om pompen aan te drijven (Na K ATPase)

* + - * Postsynaptische neuronen
        + = neuronen die actiepot. weg vd chemische synaps brengen
    - Synaptische spleet
      * = heel dun
      * Reden: diffusieproces: neurotransmitters vrij in spleet
        + = snelheid afhankelijk van:

1) concentratiegradient: groter dan snellere diffusie

2) afstand die molecule aflegt: korter => snellere diff

Dus spleet moet dun zijn voor snelle diffusie van neurotransmitters (overgang)

* + Werking chemische synaps / prikkeloverdracht (s29)
    - vb: neurotransmitter acetylcholine
      * = een neuromusculaire synaps
        + Links: neuron, rechts spiercel
      * Opmerking: eerst stijging, dan daling = verkeerd!
    - 1) presynaptische actiepotentiaal arriveert aan het einde vd axon (aan de synaps)
    - 2) Actiepotentiaal zorgt dat Ca+ kanalen opengaan = voltage gated kanalen
      * Hierdoor Ca+ flux naar binnen via de Ca+ voltage gated kanalen (conc lager in cel) => conc Ca+ in cel stijgt
    - 3) Ca+ in cel induceert exocytose van de vesikels met neurotransmitters (acetylcholine) => vrijstelling neurotransmitters (acetylcholine) uit vesikel => acetylcholine diffundeert naar spleet
    - 4) Acetylcholine bindt receptor op dendriet/ soma in het postsynaptische membraan
      * Receptor = ook een gated ion kanaal
      * => bij binding acetylcholine & receptor => ionkanalen (Na+) open => ionen stromen door de kanalen => zorgt voor spanningsverschil in postsynaptisch membraan (post synaptische excitatory potential)
    - 5) Indien er genoeg neurotransmitters in de spleet zijn & dus binden met receptors => dus genoeg kanalen open => dan drempelwaarde bereikt => opwekken postsynaptische actiepotentiaal
      * Indien genoeg stimuli/ signalen => drempelwaarde => opwekking actiepotentiaal!
    - 6) acetylcholine terug los van receptor in spleet => acetylcholinesterase enzym in spleet zal acetylcholine afbreken
    - 7) afgebroken componenten wordt opgenomen & gesynthetiseerd naar acetylcholine & terug opgeslagen in nieuwe vesikels
    - Algemeen: ontvangen signalen gebeurt zowel op dendrieten als op soma
* Integratie van signalen
  + Combineren van signalen
    - inhibitorische & excitatorische synapsen
  + Voorbeeld: soma van post synaptische neuronen => paar verbindingen
    - rood = inhiberend I & groen = exciterend E1 en EZ
      * => allebei verbindingen met neuron
    - Geval 1:
      * Het 1ste geexciteerd neuron gaat 1 actiepotentiaal sturen naar post synaptisch neuron => stijging in potentiaal
        + Potentiaal daalt telkens => drempel w niet bereikt
      * Conclusie: post synaptisch neuron wekt geen actiepot op
    - Geval 2:
      * Geexciteerd neuron gaat sneller na elkaar actiepotentialen afvuren => kunnen optelsom maken van versch vd excitatiepotentialen => hierdoor wel over drempel => ontstaan actiepot in post synaptisch neuron
    - Geval 3:
      * 2 geexcitereerde neuronen vuren tegelijk actiepotentialen af => ook optelsom => hierdoor over drempel => ontstaan actiepot in post synaptisch neuron
    - Geval 4:
      * 1 exciterend neuron & 1 inhiberend neuron
        + => gaan allebei actiepot afvuren
      * Het exciterend neuron zorgt voor potentiaal stijging in de post synaptische cel
      * Het inhiberend neuron zorgt voor potentiaal daling => zorgt dat er meer negatieve lading in cel komt => gaat het bereiken vd drempel tegenwerken
      * Conclusie: optelsom zorgt dat er geen overschrijding is van de drempel => geen signaal
* Neurotransmitters
  + Soorten
    - Cholinerge neurotransmitters = acetylcholine
    - Adrenerge neurotransmitters = adrenaline & epinefrine
    - Serotonerge neurotransmitters = serotonine
    - Op examen aantal neurotransm ku opsommen, geen structuren!
* Receptoren
  + Acetycholinereceptoren ingedeeld in 2 groepen
    - 1) Nicotine-acetylcholinereceptor
      * = nicotine gevoelige acetylcholine receptoren
      * Nicotine kan binden op de receptor => activeren receptor
        + 1) hierdoor door nicotine een alerter gevoel => sneller reageren
        + 2) zorgt ook voor meer dopamine vrijstelling => dopamine activeert beloningscentrum => krijgen zalig gevoel hierdoor

Dopamine vrijstelling zorgt voor verslavind nicotine

* + - 2) Muscarine-acetylcholinereceptor
      * = muscarine gevoelige acetylcholine receptoren
      * Muscarine in vliegenzwam kan binden op de receptor => muscarine blijft gebonden & wordt niet afgebroken!!
        + = gevaarlijk => spieren w onafgebroken gestimuleerd

Kan leiden tot stuiptrekkingen of verlamming

* + - Acetylcholinesterase = enzym voor afbraak van acetylcholine
* Toepassingen van ingrepen rechtstreeks op zenuwstelsel
  + Botulinetoxine
    - = neurotoxisch gif => het meest potente gif dat gekend is
    - Synthese door bacterie botulinum
    - Besmet voedsel (door de bacterie) => kan botulisme veroorzaken
      * Botulisme = voedselvergiftiging waarna verlamming kan optreden
    - Functie: blokkeert de vrijstelling van acetylcholine in synaptische spleet
      * => geen vrijstelling => spieren ku verlamt geraken
      * => als dit in heel het lichaam gebeurt => dodelijk
      * Vb: ademhalingsspieren verlamd
  + Botox
    - = botulinetoxine dat wordt ingespoten net onder de huid => zorgt dat spieren die rimpels veroorzaken verlamd w => rimpels verdwijnen
    - = toepassing van botulinetoxine gif
  + Organofosfaatinsecticiden
    - = pesticiden
    - Gaan acetylcholinesterase inhiberen => hierdoor blijft acetylcholine gebonden op de receptor (~ muscarine) => spieren blijven gestimuleerd worden => verlamming, dood
      * = mechanisme om insecten te doden
    - Ook voor ons toxisch: kunnen bij ons ook acetylcholinesterase inhiberen

5. Extra

* Catecholamines: Dopamine
  + = een belangrijke neurotransmitter die rol speelt in
    - In beloningscentrum
      * Activatie centrum door dopamine => geeft een geluksgevoel
    - In emoties, motoriek,…
  + Bij parkinson ziekte
    - = een degeneratieve ziekte vh zenuwstelsel die vooral motorische functies aantast
      * Trillende handen, traagheid, moeilijk wandelen
    - Oorzaak: door afsterven cellen die dopamine produceren
      * => te kort aan dopamine
    - Hoe ingrijpen op systeem zodat er toch meer dopamine w geproduceerd?
      * Zie slide 35 rechts
      * 1) L-dopa toevoegen = precursor voor dopamine waardoor meer dopamine w geproduceerd
      * 2) Inhibitor COMT = enzym dat L-dopa kan afbreken => indien we COMT inhiberen => meer dopamine produceren
  + Dingen die ingrijpen op systeem van dopamine: drugs
    - Alcohol, nicotine
      * Zorgen voor verhoogde vrijstelling dopamine => zorgen voor activatie beloningscentrum => geluksgevoel => hierdoor alcohol, nicotine verslavend
    - Cocaine
      * Blokkeert de recyclage van dopamine => hierdoor hogere concentratie dopamine in synaps
    - Conclusie: drugs werken verslavend
  + Niet dopamine zelf toevoegen
    - Reden: dopamine kan niet door de hersenbarriere => kan enkel het perifeer stelsel behandelen
      * Maar bij Parkinson moet ook het centraal stelsel behandeld w
      * Oplossing: L-dopa kan wel door bloed-hersenbarrière
        + => dus L-dopa toevoegen voor behandeling van het centraal zenuwstelsel (Parkinson
        + => L dopa wordt in de hersenen omgezet naar dopamine
  + Catecholamines: gebruikt als geneesmiddel of drug
* Cocaine (s48)
  + Normale situatie
    - pre synaptisch neuron stelt dopamine vrij in spleet en bindt op post synaptisch neuron
    - Dopamine wordt dan terug opgenomen door een heropname transporter
    - In cel word dopamine afgebroken door enzym MAO = oxidase
  + Cocaine
    - Als cocaine aanwezig in spleet => cocaine gaat heropname dopamine blokkeren => dus hogere conc dopamine in synaptische spleet => beloningscentrum actiever => geluksgevoel => verslaving
* Heroine
* Opioïden
  + ~ pijnstillers
  + 1) Endogene opioïde peptiden
    - = de lichaamseigen pijnstillers / stoffen => zelf produceren
    - Produceren gebeurt in hypothalamus/ hypofyse systeem
    - Vb: endorfines
  + 2) Plantaardige opioïden
    - = opioïden die we moeten opnemen
    - Vb: Morfine
      * = prototypisch plantaardig opioïd in melksap (opium) van de slaapbol
  + 2) Synthetische opioïden
    - = opioïden die we moeten opnemen
    - Vb: Codeïne, Heroïne,….
      * Worden door enzyme cypD26 omgezet tot morfine in lichaam
    - Codeïne
      * Bij sommige mensen functioneert cypD26 niet
        + Gevolg: hierbij werkt codeine niet
        + Vb: dafalgan met codeine in => codeine kan niet omgezet worden tot morfine want enzym functioneert niet => dafalgan werkt niet
    - Heroine
      * Oorsprong: Op bep moment morfine tegen hoest gebruiken
        + = gevaarlijk, want morfine was heel verslavend
        + Gevolg: farmaceutisch bedrijf wou alternatief bieden

=> heroine ontwikkelt als minder verslavend alternatief => mislukt

* Amfetamine
  + = speed = drugs
  + Amfetamine beïnvloedt neurotransmitters

6. Vertebraat: centraal zenuwstelsel

6.1 Inleiding

* Vertebraat zenuwstelsel (s44)
  + Centraal zenuwstelsel CNS
    - = concentratie van zenuw cellichamen
    - Centrale dorsale zenuwstreng = ruggenmerg
      * => Beschermd in wervelkolom
      * => eindigt vooraan in grote ganglionaire massa = hersenen
        + Verbonden aan hersenen via medulla = hersenstam
    - Ganglionaire massa = hersenen
      * = opeenstapeling van heel veel celkernen van neuronen
      * => beschermd in schedel
  + Encefalisatie
    - = proces waarbij doorheen de evolutie we een ontwikkeling zagen in de hersenen
      * => Hersenen werden groter, beter ontwikkeld & meer in staat in complexe functies
    - = de enorme ontwikkeling vh cerebrum (grote hersenen)
    - Gevolg encefalisatie: hoge capaciteit van:
      * 1) hoge snelheid van informatieverwerking
      * 2) snelle reactietijd
      * 3) informatie opslag
      * 4) complex gedrag
      * 5) associatie maken tussen verleden, heden en toekomst (als mens)

6.2 Ruggenmerg

* Ruggenmerg
  + Bestaat uit 2 structuren:
    - Cellichamen = de grijze massa
    - Dendrieten & axonen met myelineschede = de witte massa
      * => rond de grijze massa zit de witte massa
      * => samen met spinaal kanaal vormt dit de ruggengraat (spinal cord)
  + Rond ruggenmerg: meninges
    - = 3 lagen/membranen/vliezen
    - Functie: bescherming vh ruggenmerg
  + Rond ruggenmerg: wervels
    - Functie: extra bescherming vh ruggenmerg
    - Tussen elke set van wervels komen zenuwen binnen & buiten
      * = segmentale zenuwen
  + In tegenstelling tot invertebraten
    - Segmentale zenuwen
      * Dorsale zenuwstreng
        + = zenuwen die binnenkomen
        + = zenuwen die prikkels binnenbrengen in CNS vanuit de periferie
        + Structuur: er zit een ganglion bij met celkern
        + Functie: sensorisch
      * Ventrale zenuwstreng
        + = motorische zenuw
        + = zenuw die het ruggenmerg (CNS) verlaat naar de periferie
        + Functie: motorisch
    - => komen samen in 1 ruggenmergzenuw

6.3 Reflexboog

* Reflexboog
  + Een reflex
    - = een mechanisme dat ‘automatisch’ een bepaalde lichaamsfunctie regelt
    - = iets dat je niet onder controle hebt
    - = een ONwillekeurige gebeurtenis = niet bestuurbaar met de wil
      * ⬄ willekeurig = met de wil bestuurbaar
  + Soorten reflexbogen
    - A) eenvoudige reflexboog
      * Vb: knie pees reflex
      * 1 sensorisch neuron & 1 motorisch neuron
      * Zonder interneuronen
    - B) Multisynaptische reflexboog
      * Vb: prik van een punaise
      * Met interneuronen
        + = liggen volledig in CNS en zorgen voor schakelingen tussen sensorische en motorische neuronen
      * Coordinatie van spierresponsen
  + Vb: knie pees reflex
    - Experiment: testen door hamer onder knie te kloppen
    - => resultaat: pees wordt uitgerokkken
    - => de **stretch receptor** gaat meten dat er een uitrekking is => een **afferent sensorisch neuron** (dorsale/ afferente zenuw) stuurt de zenuwimpuls naar naar ruggenmerg / CNS
      * Ruggenmerg heeft een rechtstreekse schakeling met een **efferent motorisch neuron** => brengt zenuwimpuls naar de **effector** (vb spier) => spier gaat samentrekken = onderbeen omhoog
      * **= de knie pees reflex**
    - Waarom?
      * Spier moet beschermd worden tegen overstretchen / overstrekking
        + => vanaf spier uitrekt => reflex voor spiercontractie terug
        + => dit is de knie pees reflex
  + Vb: prik met punaise
    - Experiment: Prik in voet met punaise
    - => Resultaat: reflexmatig voet terug trekken (gebeurt automatisch)
    - => afferent sensorisch neuron stuurt zenuwimpuls naar ruggenmerg / CNS
      * In ruggenmerg zijn interneuronen die zenuwimpuls doorgeven aan verschillende motor neuronen
        + ⬄ niet 1 motorneuron zoals hiervoor
    - Waarom naar versch motor neuronen?
      * Enerzijds voet terug trekken = spierbeweging
      * Anderzijds evenwicht niet verliezen
      * => we hebben veel spieren nodig

6.4 Hersenen

* Evolutie van de vertebrate hersenen
  + Prik evolutie
    - = een primitieve kaakloze vis
    - => prik, haai, kabeljauw, kikker, alligator, gans, paard
    - ruggenmerg start met de medulla: geen groot verschil in evolutie
    - hersenen: in begin vd evolutie heel klein => worden groter
      * => encefalisatie: enorme ontwikkeling vh cerebrum
  + Conclusie
    - Ruggenmerg: weinig evolutie
    - Hersenen: dramatische evolutie (s51)
  + Structuren hersenen
    - Cerebrum (paars op s52)
      * = telencephalon
      * = de grote hersenen
      * => regelt de bewuste/ willekeurige zaken
      * Evolutie
        + Sterke volumetoename

Gevolg: cerebrum heeft sterke cognitieve functie

* + - * Functie
        + Verwerking sensorische stimuli

Zal de binnenkomende sensorische stimuli / wat met zintuigen w opgemerkt omzetten in iets bewust

* + - * + Cognitieve en emotionele processen
        + Motoriek

Willekeurige (beslisbare) spierbewegingen

Aansturen skeletspieren

* + - * Bevat de sensorische cortex
    - Cerebellum
      * = de kleine hersenen
      * => Regelt de onbewuste/ onwillekeurige/ automatische zaken
      * Evolutie: Milde volumetoename, wel groter
        + Sterks ontwikkeld bij vissen, vogels, zoogdieren
      * Functie: balans, motoriek (het onbewust bewegen vd spieren),
      * Voorkomen: gelegen op basis vd schedel onder het cerebrum
  + Bouw vertebrate hersenen (evolutie)
    - Primitief: Hersenen vd eerste vertebraten (embryo)
      * Prosencephalon = voorste deel => voor reukzin
      * Mesencephalon = middenste deel => voor zicht
      * Rhombencephalon = achterste deel => voor gehoor en balans
      * => zien we ook bij de ontwikkeling van elke vertebraat
    - Adult: Componenten in adulte hersenen (tabel KE opbouw & functie s55)
      * Cerebrum: zie hiervoor
      * Cerebellum: zie hiervoor
      * Hersenstam/medulla
        + Functie: reguleert hartslag, snelheid ademhalinig, vitale functies
        + Onwillekeurig, automatisch
      * Optisch deel
        + Functie: Krijgt visuele info binnen
      * Hypothalamus
        + Functie: belangrijk voor homeostase
      * …. Zie tabel s55 & s56 ondersteunt de tabel (rechtsbovenaan NK, linksonderaan foto wel KE)
        + => link ku leggen tssn structuur, plaats & functie
  + Neocortex
    - = cerebrale cortex
    - = het buitenste stuk vd hersenen
    - Evolutie: wordt heel groot bij de mens
    - Functie: de bewuste functies
    - Bestaat uit 3 gebieden
      * Motorische gebieden: Controle bewuste spierbewegingen
      * Sensorische gebieden: Bewuste perceptie van prikkels
      * Associatiegebieden: Integrerende functies: geheugen, oordeel, redeneren
  + Kenmerk: linker en rechterhelft cerebrum
    - Linkerhelft functie:
      * beweging vh rechterhelft vh lichaam
      * voor rationele zaken: taal, wiskunde, schrijven
    - Rechterhelft functie:
      * beweging vd rechterhelft vh lichaam
      * voor artistieke zaken: muziek, emotionele, inbeelden van dingen
    - Schade aan hersenen
      * => heb je problemen met de andere helft vh lichaam te bewegen
      * => kan wel dat andere helft de functies overneemt (flexibiliteit)
* NMR beeldvorming
  + = instrument voor de structurele en functionele analyse te doen vd hersenen
  + Methode: de flow vh bloed in de hersenen w gemonitord => daar waar meer bloedflow is in hersenen => in dat hersendeel meer activiteit
  + Studie: mensen lezen iets => geslachtsspecifieke verschillen zoeken
    - Verschillende delen lichten op bij mannen en vrouwen
    - Waarneming: vrouwen in linker & rechterhelft activiteit, mannen niet
      * Conclusie: de respons bij vrouwen is complexer => er zijn associaties bij vrouwen tssn de hersenhelften

7. Het vertebraat perifeer zenuwstelsel

* Vertebraat zenuwstelsel
  + Perifeer zenuwstelsel PNS
    - = bestaat uit de zenuwen die vanuit het centraal zenuwstelsel vertrekken
    - = communicatienetwerk naar alle delen van het lichaam
    - Functie: zorgt dat alles in de periferie kan interageren met het centraal zenuwstelsel
    - Structuur: gesegmenteerde structuur
      * Tussen elke set van 2 wervels => een zenuw die centraal zenuwstelsel verlaat & terugkomt
* Bouw perifeer zenuwstelsel (s61)
  + CNS:
    - 1) hersenen & ruggenmerg
      * Functie: Communiceert met perifeer stelsel
  + PNS:
    - 1) sensorisch systeem
      * = afferent systeem (sensorisch)
      * = sensorische zenuwvezels gaan naar het CNS
    - 2) somatisch motorisch systeem
      * = efferent systeem (motorisch)
      * = motorische zenuwvezels gaan weg vh CNS om spieren aan te sturen
      * Kenmerken
        + controle skeletspieren
        + synaps: 1 zenuwvezel met spiercel, gestimuleerd
      * => bewuste, willekeurige bewegingen met skeletspieren
    - 3) autonomisch motorisch systeem
      * = efferent systeem (motorisch)
      * = motorische zenuwvezels gaan weg vh CNS om klieren, hart, gladde spieren aan te sturen
      * Kenmerken
        + Controle gladde spieren (beweging darmkanaal, bloedvaten, urineblaas, iris), hartspier en klieren
      * => onbewust, automatisch, autonoom
      * Bestaat uit 2 delen
        + Sympathetisch zenuwsysteem

= actief in stressituaties

=> zorgt voor stressresponsen

* + - * + Parasympathetisch zenuwsysteem

= actief in rustsituaties

=> zorgt dat rust bewaard blijft

* + - * + => werken elkaar tegen => lichaam in balans
* Parasympathetic en sympathetic zenuwsysteem (s63,64)
  + Kenmerk
    - => elk orgaan heeft zowel een para als symp zenuw
    - Functie: dient om evenwicht te bewaren (stress vs rust)
    - vb: longen, hart, nieren etc
  + Sympathetic
    - Vertrekt toracaal (borsthoogte) & lumbaal (ruggenmerg hoogte)
    - Kenmerk: actief in stresssituaties
    - Vb: fight or flight respons
      * Sympa aangeschakeld/ actief als iemand in levensbedreigende situatie komt => beslissing maken fight or flight => deze extreme stressrespons is gereguleerd door sym
    - Functie: Stress => sympa actief => dan gaan responsen volgen om lichaam klaar te maken om met stress om te gaan:
      * Vb predators => pupillen groter maken voor groot visueel
      * Vb: activiteit verlagen spijsverteringsstelsel inclusief speekselklieren (want zijn niet belangrijk)
      * Vb: verlagen van secretie van maagsap in de maag
      * Vb: verlagen van motoriteit darm
      * Vb: vertragen ledigen blaas en colon
      * Vb: dilatatie bronchiolen => veel O2 binnenkrijgen => O2 bij spieren en hersenen
      * Vb: Hartslag gaat omhoog
      * Vb: Bijniermerg gaat adrenaline produceren
        + Adrenaline zorgt voor stress respons
        + => Symp reageert heel snel op stress situatie, maar gaat zelf het hormonaal systeem bijnier activeren => produceert adrenaline => zorgt voor verlenging vd stress respons!!
        + Conclusie: stress respons w door adrenaline verlengt => adrenaline neemt alles over
  + Parasympathetic
    - Vertrekt craniaal (hersenhoogte) & sacraal (staartbeen hoogte)
    - Kenmerk: actief in rustsituaties
    - Functie: rust => parasympa gaat alle zaken van bij sympa omgekeerd doen
      * Vb: pupillen nauwer => niet veel visueel zicht nodig
      * Vb: speeksel meer secreteren
      * Vb: bronchiolen nauwer => niet veel O2 nodig
      * Vb: hartslag trager want in rust
      * Vb: spijsverteringstelsel actiever
        + Meer motoriteit vd darmen
        + Colon & blaas ku geledigd worden
      * ….