

H6: zintuigcellen

Zintuiglijke waarneming

***Zintuiglijke waarneming / perceptie**

= proces dat instaat voor registratie van omgevingsprikkel
verwerking
interpretatie

4 types van zintuiglijke waarneming

1. Bijzondere waarneming: zicht, gehoor, evenwicht, geur en smaak
2. Oppervlakkige waarneming: tast, pijn, temperatuur, 2-puntsdiscriminatie
3. Diepe waarneming: proprioceptie, positiezin, diepe spierpijn, vibratiezin
4. Viscerale waarneming: gevoeligheid van de ingewanden

***Zintuigreceptorcellen**

= exciteerbare cellen in de zintuigen die instaan voor de sensaties → omzetting fysische prikkels naar zenuwimpulsen

4 soorten zintuigreceptoren: - elk gevoelig voor een ander soort stimulusenergie
- verbonden met verschillende zintuigmodaliteiten

1. mechanoreceptor:

*= gespecialiseerde neuronen die reageren op mechanische prikkels

*Merkel, Meissner, Ruffini, haarcellen, Vater-Pacini en spierspoeltje

*Verantwoordelijk voor de modaliteiten:

- gehoor
- tastzin
- evenwicht
- proprioceptie (=waarneming van beweging, positie en oriëntatie van lichaam en lichaamsonderdelen)

2. chemoreceptor:

*= worden geactiveerd door bepaalde chemische stoffen

*Vrije zenuwuiteinden

*Staan in voor:

- reukzin
- smaak
- pijn
- jeuk
- irritatie

3. thermoreceptor:

*= reageren op temperatuuresveranderingen

*Ruffini

*Zorgen voor: - waarneming temperatuur

4. fotoreceptor:

*= stimulisenergie is licht

*Staat in voor: -visuele prikkelmodulatie

*Om te komen tot **bewuste waarneming** → zintuiglijke prikkels projecteren naar de hersenen

- Bijzondere zintuigen → signalen langs hersenzenuwen naar centrale zenuwstelsel
- Viscerale waarneming → wordt voortgeleid in de autonome afferente zenuwvezels

↓

Uiteindelijk komen alle zintuiglijke prikkels aan in de *primaire sensorische gebieden* van de grote hersenen (primaire somatosensorische cortex)

auditive

↓

visuele

Daarna schakelen deze prikkels door naar de *associatieve corticale gebieden*

Receptie, transductie, codering

***Zintuig**

- een organisatie van cellen gespecialiseerd in de waarneming van energetische prikkels (licht, geluid, mechanische prikkels, chemische prikkels)
- vertalen de prikkels in zenuwimpulsen → worden in hersenen als betekenisvolle waarnemingen ervaren

*** Zintuigcellen = Sensoriële receptorcellen**

- gespecialiseerde neuronale structuren waarmee het contact met de wereld buiten het lichaam gebeurt

***Sensoriële systeem**

- bestaat uit: receptoren → perifere banen → centrale banen → specifieke doelgebieden in de hersenen

*transformatie van een stimulus in zenuwimpulsen (**stimulustransformatie**): 3 stappen

1. RECEPTIE: stimulusenergie wordt opgevangen door receptor
2. TRANSDUCTIE: omzetting van stimulusenergie in receptorpotentiaal (= verandering membraanpotentiaal)
3. CODERING: potentiaalveranderingen worden omgezet in een code actiepotentialen

PAS OP: receptorcel is iets anders als een receptor op een postsynaptische cel!!!

*voorbeeld van stimulustransformatie: **spierspoeltje** = mechanoreceptor

- Receptie: mechanische uitrekking van pezen of spieren (=mechanische prikkel)
- Transductie:
 - o Receptorpotentiaal met gradueel verloop
→ duur & amplitude stimulus ~ duur & amplitude receptorpotentiaal
- Codering:
 - o In de triggerzone van spierspoeltje: receptorpotentialen (depolariserend of inhiberend) worden geïntegreerd tot actiepotentialen (wnn drempelwaarde overschreden)
- Coderingsfase:
 - o stimulusintensiteit (=amplitude) → frequentie van de gegenereerde actiepotentialen
 - o duur van de stimulus → aantal actiepotentialen
 - o Zo: graduele aard inputsignaal omgezet naar actiepotentiaal
- Outputsignaal: Wnn actiepotentialen het receptoruiteinde bereikt hebben:
 - Vrijstelling van transmitters
 - Aantal actiepotentialen → hoeveelheid neurotransmitters

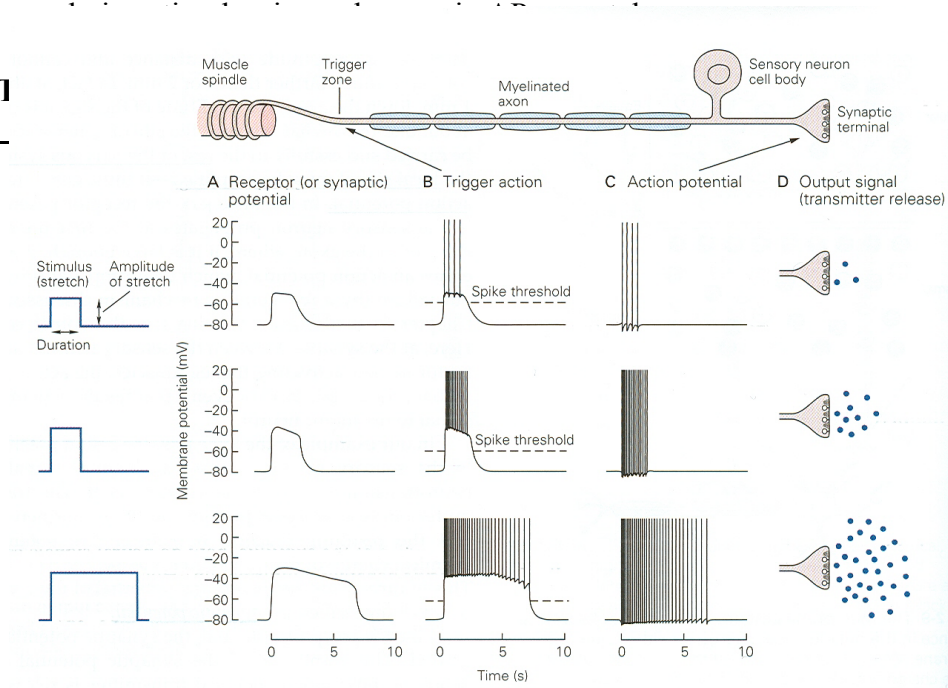
INPUTSIGNAAL → graueel

stimuluseigenschappen: - amplitude (intensiteit)
- duur

RECEPTORPOTENTIAAL (≈EPSP) → graueel in overeenstemming met stimulus
TRIGGERZONE (integratie inputsignaal)

ACTIEPOTENTIALEN: alles of niets

OUTPUT



Transductiemechanismen (= omzetten stimulusenergie → receptorpotentiaal)

Verschillende sensoriële systemen → verschillende transductiemechanismen, gebaseerd op:

- Veranderingen van membraanpotentiaal door stimulusafhankelijke ionenkanalen
- Veranderingen door tussenkomst van *second messenger* (cGMP of cAMP)

↓

Membraanreceptoren (chemoreceptoren of fotoreceptoren), gekoppeld aan G-proteïne, worden geactiveerd door stimulus

↓

Subunit van G-proteïne komt los

↓

G-proteïne zal enzymen activeren

Chemoreceptoren

Enzymen produceren cyclisch AMP



cAMP-afhankelijke ionenkanalen
zullen openen

Ch Fotoreceptor

Geur Licht

Chromofoor

Rei = fotopigment dan een
conformatieverandering
vertoont na

Adenyla

[cGMP]

cGMP-afhankelijke

Openir

Dep **Hyperpolarisatie**

Fotoreceptoren

Enzymen produceren cyclisch GMP



Reageren op licht met afname cGMP



Ionenkanalen sluiten: Hyperpolarisatie



Somatosensorisch systeem

*Somatosensorische waarneming

- zintuigelijke waarneming ter hoogte van het lichaam
- tast, druk, proprioctie, warmte/koude, vibratie, jeuk, pijn

Dus: WEL oppervlakkige, diepe en viscerale waarneming

NIET bijzondere waarneming: gehoor, reuk, smaak, zicht

*Somatosensorische systeem

1. **Somatosensorische receptorcellen** (zintuigreceptoren)

- bevinden zich over het hele lichaam
- 2 soorten → niet specifiek voor een bepaalde sensatie, zeer sterke stimuli kunnen verscheidene sensaties en zelf pijn veroorzaken

1. Exteroreceptoren

- Zijn gevoelig voor prikkels van buiten het lichaam
- Meissnerlichaampjes, Merkelcellen, Ruffini-zenuwuiteinden, lichaampjes van Vater-Pacini, vrije zenuwuiteinden (pijn), ...

2. Proprioceptoren

- Registreren prikkels vanuit het inwendige van het lichaam
- spierspoeltjes, lichaampjes van Vater-Pacini, vrije zenuwuiteinden (pijn), ...

- geven hun impulsen door aan:

2. **Verbindingsneuronen**

- bevinden zich langs het ruggenmerg met cellichamen in dorsale ganglia
- geleiden info verder naar het ruggenmerg

3. 2 Somatosensorische banen (opstijgende zenuwbanen)

- In de ruggenmerg
- Lopen naar de thalamus
- Van daaruit: impulsen naar:

4. somatosensorische corticale gebieden

- in de cortex van de grote hersenen
 1. lemniscale systeem
 - loopt door de dorsale kolommen van het ruggenmerg
 - staat in voor: tast, gewrichtswaarwording, tweepuntsdiscriminatie, vibratiezin
 2. ventrolaterale systeem
 - gebruikt ventrolateraal gelegen spinothalamische baan
 - geleid pijn en temperatuurszin

→ slechts wanneer de prikkels deze gebieden bereiken: Perceptie/Bewuste waarneming

DUS: Informatie-overdracht bij somatosensorische systeem:

- Receptorcellen
- Neuronen v 1ste orde
- Neuronen v 2de orde
 - Lemniscaal
 - Ventrolateraal
- Neuronen v 3de orde
- Primaire somatosensorische cortex (gyrus postcentralis)

Zintuigcellen in de huid

*Huid → staat in voor een belangrijk onderdeel van onze **somatosensorische waarneming**

→ verschillende receptorcellen in de opperhuid (*epidermis*) en lederhuid (*dermis*)

contact

*4 soorten mechanoreceptoren die instaan voor onderscheid

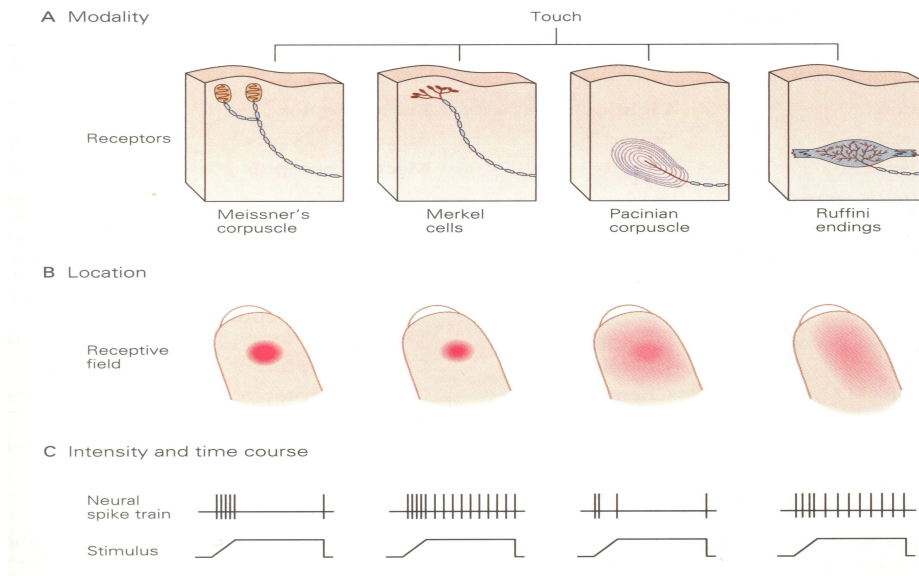
druk

Vibratie

→ Naargelang type van receptor dat geactiveerd wordt: specifieke sensaties

1. Merkelcellen ervaring van aanhoudende druk
2. Ruffini-uiteinden
3. Meissnerlichaampjes gevoel van vibratie, reden: passen zich snel aan en
4. Lichaampjes van Bater-Pacini reageren enkel op begin en eindstimulus

→ Als 4 receptoren vuren: gevoel contact te hebben met een voorwerp



*elk sensorieel systeem ontvangt 4 types van info:

1. MODALITEIT: aard van energie waaruit stimulus bestaat
2. LOCATIE: plaats, welke set van receptoren geactiveerd wordt
3. INTENSITEIT: responsamplitude, met welke amplitude zal receptor reageren
4. TIMING: begin/einde stimulatie receptor, helling



Bij de huidreceptoren:

1. MODALITEIT: mechanische energie
2. LOCATIE: de huid waar de sensorische uiteinden van de receptor (receptieve veld) worden aangeraakt
3. INTENSITEIT: vertaalt zich in frequentie waarmee receptorcel actiepotentialen afvuurt
4. TIMING: bepaalt hoeveel actiepotentialen er precies worden afgevuurd

Mechanoreceptoren

***Mechanoreceptoren** → zetten mechanische prikkels om in zenuwsignalen
→ in huid, spier of pees

*mechanische stimulatie



Vervormt receptormembraan & opent stretch and pressure-gated ionenkanalen in celmembraan



Receptorcel depolariseert bij uitrekking (amplitude receptorpotentiaal ~ intensiteit stimulus)



Reden: sterke druk → meer ionenkanalen open voor lagere periode

*Voorbeeld: **spierspoeltje** = bundel spiervezels

Uitrekking spiervezels (omwonden door zenuwuiteinden)



Zenuwuiteinden reageren



Ionenkanalen openen

- Want: ionenkanalen van de zenuwuiteinden zijn vastgemaakt aan cytoskelet, waardoor ze geopend worden bij mechanische vervorming van het receptormembraan
- mate van depolarisatie ~ snelheid en amplitude uitrekking

Verbindingsneuronen

Stimuli die door de zintuigreceptoren worden geregistreerd → door 3 groepen van lange verbindingsneuronen naar de somatosensorische cortex vervoert

- Neuron van 1ste orde:
 - aanvoer signaal vanuit receptorcellen
 - cellichaam in DRG (*dorsal root ganglion* = ganglion van dorsale wortels) OF in een somatisch-afferent ganglion van de hersenzenuwen
 - Vormt een synaps met:
- Neuron van 2de orde :
 - cellichaam in *neuraxis* (ruggenmerg of hersenstam)
 - Pas op: ruggenmerg witte stof (zenuwbanen en axonen) aan buitenzijde
grijze stof (cellichamen) aan binnenzijde
 - In somatosensorische systeem onderscheiden we 2 subsystemen van opstijgende spinale banen = axonbundels van verbindingsneuronen (neuronen van 2^{de} orde, witte stof)
 - Lemniscale systeem:
Achterstreng ruggenmerg
Tast, positiezin gewrichten, 2puntsdiscriminatie, vibratiezin
 - Ventrolaterale systeem:
Langs ventrale en ventrolaterale banen
Pijn en temperatuur

- Beide: vetrekken vanaf een andere kant, maar passeren beide de thalamus en gaan naar de cortex
- axon kruist de middenlijn en eindigt in thalamus
- Neuron van 3de orde:
 - Cellichaam in de kernen van de thalamus
 - vanuit de thalamus naar de sensorische cortex: projecteren de info naar de primaire somatosensorische cortex

Thalamische gating

Thalamus → sensorische info passeert hier voordat ze naar de cerebrale cortex gaat
 → Prikkels worden pas gepercipieerd vanaf ze de thalamus gepasseert en de cortex bereikt hebben

Thalamische kernen

- gate (poort) tss onbewuste subcorticale sensoriek en bewuste corticale sensoriek
- GABAerge, feed-forward inhiberende neuronen spelen een rol bij deze gating
- poortfunctie mogelijk door uitgebreide wederzijdse connectie tss hersenstam, thalamus en cortex
- Thalamatische gating (= blokkeren of doorlaten prikkels): rol bij selectieve aandacht en modificatie pijnprikkels

↓

Mogelijk door corticothalamische connecties vanuit de associatieve cortex.
 Zij zorgen ervoor dat bepaalde impulsen versterkt worden en anderen onderdrukt

↓

Associatieve cortex beslist dat enkel aan stimulus 2 aandacht wordt besteed

↓

Corticothalamische baan zal een groep van inhiberende thalamische cellen activeren (R1)

Facilitatie van doelprikkel (S1)

R1-neuronen maken een inhiberend contact met een volgende groep van thalamische neuronen (R2)= inhiberend neuron



De remmende werking van R2 op een exciterend thalamisch neuron (R3) wordt opgeheven



Dit neuron zorgt voor een versterking (=facilitatie) van het contact tss een specifieke groep van neuronen van de 2de

Inhibitie van andere prikkel

Via collateralen stuurt R1 een inhiberend contact naar de omringende cellen (=laterale inhibitie)



Via feed-forward inhibitie zal deze verbinding de omringende somatosensorische contacten onderdrukken

delijk zal er zo 1 stimulus selectief worden doorgestuurd naar
primaire sensorische cortex

de

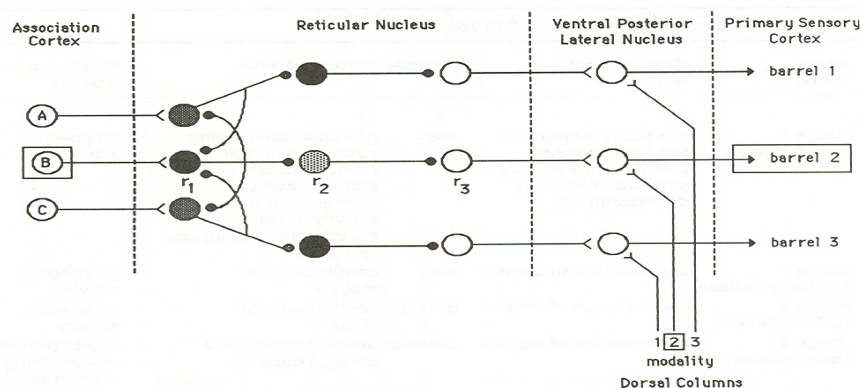
Verschil selectieve aandacht en concentratie:

Bij concentratie sluit men zich volledig af voor externe stimuli, doordat de thalamus alle opstijgende impulsen onderdrukt

e

e

ex



**Pri
mair

sen
sori
sch

cort**

Lemn

iscale en ventrolaterale systeem projecteren via de thalamus op de
primaire somatosensorische cortex

- corticaal gebied, ter hoogte van de gyrus postcentralis, net achter sulcus centralis
- *somatotopisch* georganiseerd
 - = elk deel van het lichaam is afgebeeld op een bepaalde plaats
 - = wnn lichaamsdelen een grotere oppervlakte op deze cortex beslaan zijn ze

gevoeliger. Bv. handen, aangezicht, lippen, mond
= wnn lichaamsdelen een kleiner opp beslaag: minder gevoelig
Bv. rug en romp

- Laterale deel: ontvangt projecties van bovenste lichaamshelft en loopt over in:
- Mediale deel: ontvangt projecties van de onderste lichaamshelft

Pijnreceptoren

Nocireceptoren/pijnreceptoren = vrije zenuwuiteinden die signaleren wanneer lichaamsweefsel wordt beschadigd

Weefselschade



Chemische stoffen zoals *bradykinine* en *prostaglandine* worden vrijgesteld



Deze stoffen openen de ionenkanalen in het membraan van de pijnreceptor



Depolarisatie

Vrijstelling van neuropeptiden substance P & Calcitonin gene-related peptide

Substance P → activeert mestcellen van het afweersysteem die
histamine vrijstellen wat de pijnreceptoren verder
exciteert

Substance P & CGRP → uitzetten bloedvaten & naar buiten drijven
bloedplasma waardoor er *oedeem*
(opstapeling bloesplasma) ontstaat

Receptorpotentiaal → actiepotentiaal



Pijnsignaal wordt naar de hersenen gestuurd

Pijnperceptie

*Het pijnsysteem bestaat uit:

1. Perifere nociceptors: chemoreceptoren
2. Afferente vezels
 - Dikke vezels (snelle pijn): A δ -vezels
 - Dunne vezels (trage pijn): C-vezels
3. Afferente neuronen van 2de orde
 - Cellichamen in de dorsale hoorn van het ruggenmerg → pijnwaarnemingen lichaam
 - *spinale nucleus* van hersenzenuw V (vijf) → pijnwaarnemingen van aangezicht
4. Opstijgende banen naar *thalamus* en *formatio reticularis*
5. Pijn-specifieke neuronen in de thalamus: projecteren naar de primaire somatosensorische cortex

*Soorten pijn:

- Scherpe, snelle pijn:
 - wordt naar de hersenen gevoerd via de *tractus spinothalamicus*
 - loopt meteen over het ruggenmerg naar de thalamus om zo de primaire sensorische cortex te bereiken
- Doffe, vaag gelocaliseerde pijn:
 - naar de hersenen via *spinoreticulothalamisch* systeem
 - bereikt de cortex via de *formatio reticularis* (in de hersenstam)
 - door koppeling naar het *limbische systeem* krijgt het pijnsignaal een negatieve emotionele connotatie

* Pijnsignaal kan geblokkeerd of gemoduleerd worden

- door cellen in de hersenen die neuropeptiden (endorfine) vrijstellen
- door thalamische gating

* Hersenen zijn in staat om pijn van tast te onderscheiden o.b.v specifieke code = pijncode

- bestaat uit: 1 snelle (fast, F) en 2 vertraagde (delayed, D) treinen van actiepotentialen
 - D1-puls: banen passeren via *formatio reticularis* en *thalamus* naar de grote hersenen
 - D2-puls (nog trager) gevolg van *reciproque activiteit* in de thalamische kernen
- zo pijnprikkels naar cortex geprojecteerd

pijnsysteem

Grote

Limbisch

Associatieve

Primaire sensorische

Thalamu

Formatio

Tractus

Dorsale hoorn van het

Perifere