

Det sensoriske system:

Det sensoriske system omfatter de perifere sansereceptorer, som registrerer de forskellige sansemodaliteter<sup>1</sup> samt de sensoriske nervefibre, som leder de afledte nerveimpulser ind til CNS. Her når nerveimpulserne via de centrale sensoriske baner de sensoriske kerner, nucleus ventralis posterolateralis (VPL) i thalamus, hvorfra de integrerede sanseimpulser ledes videre til den primære somatosensoriske cortex, der er ansvarlig for den bevidste erkendelse og højere bearbejdning af sanseindtrykkene<sup>2</sup>.

Selvom hjernebarken er essentiel for bevidst erkendelse af sanseindtrykkene, foregår der en betydelig interaktion mellem de indkommende sanseindtryk og lavere niveauer i CNS, idet de afferente nerveimpulser indgår i en lang række rygmærvs- og hjernestammereflekser, ligesom der foregår en betydelig integration af de sensoriske nerveimpulser i thalamus.

Det autonome nervesystem rummer også sensoriske fibre (viscerosensoriske fibre), som videregiver information fra kroppens indre organer samt fra specialiserede kemo- og baroreceptorer i relation til de store kar.

**Perifere sansereceptorer og de forskellige sansemodaliteter:** En lang række sansereceptorer er i stand til at registrere og omsætte fysiske og kemiske forhold i vores omgivelser eller indre miljø til nerveimpulser:

Sansemodalitet:	Adækvate stimulus:	Sansereceptor:
Lugtesans.	Lugt (kemiske lugtstoffer).	Næseslimhindens olfaktoriske celler.
Synssans.	Lysets fotoner.	Tappe og stave i retina.
Høresans.	Lyd (trykbølger).	Hårceller i Cortis organ.
Ligevægtssans.	Stillingsændringer af hovedet.	Hårcellerne i utriculus, sacculus og ducti semicirculares.
Smagssans.	Smag (kemiske smagsstoffer).	Smagsløg i tunge og svælg.
Smertesans.	Vævsskadelige påvirkninger.	Frie nerveender.
Temperatursans.	Termiske påvirkninger.	Frie nerveender.

<sup>1</sup> Smerte- og temperatursanseindtryk via tractus spinothalamicus og tryk-, berørings- og proprioceptive sanseindtryk via bagstrengs-lemniscus medialis-systemet.

<sup>2</sup> Se figur 11.1, side 157 i B.

Tryk- og berøringssans.	Hudberøring og -tryk.	Merkelske celler og Meissners-korpuskler.
Vibrationssans.	Vibrationer appliceret på huden.	Paccini-korpuskler.
Led og stillingssans (proprioception).	Bevægelse af kroppens muskler, sener og led.	Muskeltene, senetene og frie nerveender.

Fælles for alle sansereceptorer er, at de er særligt følsomme over for en bestemt fysisk-kemisk påvirkning/sansemodalitet, som betegnes det adækvate stimulus.

Stimuleres sansereceptoren, vil den danne et receptorpotentiale, som er graderet, dvs. at det er summen af receptorpotentialerne og den tidsmæssige relation mellem receptorpotentialerne, som bestemmer, om der slutteligt dannes et aktionspotentiale i den afferente sensoriske nervefiber, og dermed om der dannes sensoriske nerveimpulser, som når ind til CNS.

Den samme sensoriske nervefiber har ofte relation til flere sansereceptorer af samme type og dækker herved et givet område for den pågældende sansemodalitet.

En sensorisk enhed betegner således én sensorisk nervefiber og alle dens tilknyttede sansereceptorer. Små og tætliggende sensoriske enheder ses ofte i områder, hvor der kræves en stor diskriminationsevne såsom fingerspidserne.

Sansereceptorerne er især gode til at opfange forskelle i stimulusintensitet, dvs. fra ingen stimulus til påbegyndelsen af stimulation, ophør af stimulation eller ændring i stimulusstyrke, hvorimod mange receptorer ved konstant jævn stimulation efterhånden ophører med at generere receptorpotentialer, således at man efterhånden vender sig til et givent stimulus, adaptation.

Næseslimhindens olfaktoriske celler og hårcellerne i det indre øre er gode eksempler på sansereceptorer, som undergår hurtig adaptation, mens de fleste smertereceptorer og proprioceptive receptorer kun udviser langsom adaptation, idet konstant opmærksomhed på disse stimuli er af største betydning for individets overlevelse og motorik.

#### Ascenderende baner:

**Inddeling:** Smerte og temperatur samt tryk, berøring, vibration og proprioception indgår i det somatosensoriske system.

- Bagstrengsbanerne.
- Anterolaterale system.

- Spinocerebellare baner.

**Generelt for alle banerne:** Det er kendetegnet ved, at der indgår 3 neuroner med hvert deres trofiske centrum (deres cellelegeme) i de somatosensoriske baner, samt at alle somatosensoriske baner krydser midtlinjen og ultimativt ender i primær somatosensorisk cortex, gyrus postcentralis<sup>3</sup>.

Endvidere afgiver alle de somatosensoriske baner undervejs i deres forløb op gennem rygmarven og hjernestammen talrige sidegrene, ligesom nogle af disse sidegrene også når hypothalamus, hvorved de indkommende sensoriske input kan igangsætte vigtige forsvars- og refleksreaktioner udgående fra disse lavere niveauer i CNS.

- 1. neuron: Pseudounipolar.

- Perifer udløber kommer fra forskellige receptorer eller ender frit.

- Cellelegeme: Ganglion sensorium n. spinalis.

- Central udløber løber gennem radix posteriores n. spinalis og danner før eller siden synapse med 2. neuron (afgiver desuden almindeligvis mange kollateraler til andre dele af medulla spinalis).

Udløbere repræsenterende tryk, berøring og proprioception er tykke og ligger mest medialt i radix dorsalis (A $\alpha$ -fibre for proprioception, A $\beta$ -fibre for tryk og berøring (deskriptiv) og A $\delta$ -fibre for tryk og berøring (ikke deskriptiv) og smerte og temperatur). Smerte/temperatur (c-fibre) er omvendt tyndest og ligger mest lateralt.

- 2. neuron: Almindelig multipolar.

Cellelegemet ligger i baghornet (eller forlængelsen af dette i medulla oblongata). Dennes udløber krydser (hvis banen overhovedet skal krydse). Løber op gennem hjernestammen til diencephalon.

- 3. neuron: Cellelegemet ligger i VPL og VPM i thalamus (VPL og VPM), og udløberen passerer gennem capsula interna og videre til cortex (og dermed bevidstgøres).

Cerebellum's hemisfærer repræsenterer samme side af kroppen, banerne hertil er således ukrydsede, og hvis de krydser, krydser de før eller siden tilbage igen. Telencephalon's hemisfærer repræsenterer derimod modsatte kropshalvdel (med enkelte undtagelser), af hvilken grund banerne hertil krydser (2. neurons udløber).

### Bagstrengsbanerne:

**Navn:** Fasciculus gracilis og cuneatus (A1).

<sup>3</sup> Se figur 11.3, side 162 og 11.4, side 164 i B.

**Funktion:** Proprioception<sup>4</sup>, diskriminativ tryk og berøring, ciffersans, gnostisk sans og vibration. Desuden integreres de indkommende proprioceptive input med ligevægts- og synssansen for at give hjernen et fuldstændigt sanseindtryk af kroppens position i rummet.

**Beliggenhed i medulla spinalis:** Bagstrengen.

**Krydset i medulla spinalis:** Nej.

**Forløb (neuronernes og axonernes placering):**

●1. neuron:

- Cellelegeme: Ganglion sensorium n. spinalis.

- Udløber: Rami posteriores n. spinalis krydser ikke. Fortsætter direkte over i bagstrengen og ascenderer – uden at danne synapse – til medulla oblongata. Fasciculus cuneatus dannes først ved T6; fasciculus gracilis indeholder således axoner fra segmenter kaudalt for T6, fasciculus cuneatus derimod indeholder axoner fra C1-T6.

●2. neuron:

- Cellelegeme: Nucleus gracilis og nucleus cuneatus.

- Udløber: Krydser midtlinien med det samme i decussatio lemniscorum medialis. Ascenderer gennem hjernestammen til diencephalon – hedder her lemniscus medialis.

●3. neuron:

- Cellelegeme: VPL i thalamus.

- Udløber: Gennem genu i capsula interna til primær somatosensorisk cortex (S1) i gyrus postcentralis (Brodman 3, 1, 2).

**Klinik:**

●Sclerose, vitamin B12-mangel mv.: Ophævet ledstillingssans, ciffersans, gnostisk sans og vibrationssans. Rombergs prøve er positiv.

**Ansigtets taktile og proprioceptive sans<sup>10</sup>:**

●Tryk og berøring:

1. neuron: Perifere udløbere fra somatosensoriske nervefibre i n. trigeminus med trofisk centrum i ganglion trigeminale og central udløber til nucleus pontinus n. trigemini.

2. neuron: Fra nucleus pontinus n. trigemini afgår den centrale bane, som krydser midtlinjen og dernæst ascenderer op gennem hjernestammen i lemniscus trigeminalis i tæt relation til de ascenderende somatosensoriske baner fra rygmarven for at ende i VPM.

<sup>4</sup> Omfatter kroppens stillingssans, som formidles via positions- og strækreceptorer i muskler, sener og led, også kaldet mekano- og proprioceptorer.

- **Proprioception:**

1. neuron: Perifer udløbere fra n. trigeminus med trofisk centrum i den mesencefale trigeminuskerne, nucleus mesencephalicus n. trigemini. Den centrale udløber krydser midtlinjen og ascenderer til VPM.

2. neuron: VPM i thalamus.

**Anterolaterale system:**

**Navn:** Tractus spinothalamicus (A2).

**Funktion:** Ikke-diskriminativ tryk og berøring, temperatursans og den skarpe, umiddelbare og hurtigt forsvindende smerte vil blive registreret af somatosensoriske frie nerveender<sup>5</sup>.

**Beliggenhed i medulla spinalis:** Lateralis ligger i sidestrengen, mens ventralis ligger i forstrengen.

**Krydset i medulla spinalis:** Ja.

**Førløb (neuronernes og axonernes placering):**

- 1. neuron:

- Cellelegeme: Ganglion sensorium n. spinalis.

- Udløber: Rami posteriores n. spinalis.

- 2. neuron:

- Cellelegeme: Cornu posteriores (primært lamina I-IV) af medulla spinalis.

- Udløber: Krydser midtlinjen i commissura alba. Ascenderer gennem hele medulla spinalis til hjernestammen – skifter navn til lemniscus spinalis, fortsætter til diencephalon.

- 3. neuron:

- Cellelegeme: VPL i thalamus.

- Udløber: Gennem genu af capsula interna til primær somatosensorisk cortex (S1) i gyrus postcentralis (Brodmann 3, 1, 2).

**Klinik:**

- Syringomyeli: Analgesi og termæstesi.

- Brown-Sequards syndrom<sup>6</sup>: En halvsidig tværsnitlæsion af medulla spinalis vil som følge af det forskellige overkrydsningsniveau for rygmarvens ascenderende somatosensoriske baner resultere i tab af taktil og proprioceptiv sans kaudalt for læsionsniveauet på samme side som læsionen, mens smerte- og temperatursansen er tabt kaudalt for læsionsniveauet på den kontralaterale kropshalvdel.

<sup>5</sup> For smertesansens vedkommende også kaldet nociceptorer.

<sup>6</sup> Se figur 11.7, side 168 i B.

**Navn:** Tractus spinoreticularis (A3).

**Funktion:** Dump og langvarig smerte.

**Beliggenhed i medulla spinalis:** Forstrengen.

**Krydset i medulla spinalis:** Ja.

**Forløb (neuronernes og axonernes placering):**

●1. neuron:

- Cellelegeme: Ganglion sensorium n. spinalis.

- Udløber: Rami posteriores n. spinalis.

●2. neuron:

- Cellelegeme: Baghornet af medulla spinalis.

- Udløber: Krydser midtlinien og ascenderer til formatio reticularis i hjernestammen.

●3. neuron:

Flere synapser i formatio reticularis.

●4. neuron: Nuclei intralaminare i thalamus og videre via genu i capsula interna til cortex (diffust, men primært gyrus postcentralis).

**Ansigtets smerte- og temperatursans:**

1. neuron: De perifere smerte- og temperaturførende fibre har deres trofiske centrum i ganglion trigeminale, hvorfra den centrale udløber træder ind i hjernestammen via tractus spinalis n. trigemini.

2. neuron: Synapser i nucleus spinalis n. trigemini, hvorfra der afgår der en central bane, lemniscus trigeminalis, hvis fibre krydser midtlinjen og dernæst ascenderer op gennem hjernestammen i tæt relation til de ascenderende somatosensoriske baner fra rygmærven for at ende i VPM.

**Spinocerebellare baner:**

**Navn:** Tractus spinocerebellaris posterior (A4).

**Funktion:** Proprioception og motorisk information fra medulla spinalis til spinocerebellum til korrektion af bevægelser.

**Beliggenhed i medulla spinalis:** Sidestrengen.

**Krydset i medulla spinalis:** Nej.

**Forløb (neuronernes og axonernes placering):**

●1. neuron:

- Cellelegeme: Ganglion sensorium n. spinalis.
- Udløber: Rami posteriores n. spinalis.
- 2. neuron:
  - Cellelegeme<sup>7</sup>: Celler i relation til rygmargens baghorn
  - Udløber: Mosfibre. Krydser ikke, ascenderer til medulla oblongata, og løber gennem pedunculus cerebellaris inferior ind i cerebellum.
- 3. neuron: Cortex i spinocerebellum.

**Navn:** Tractus spinocerebellaris anterior (A4).

**Funktion:** Proprioceptiv og motorisk information om den igangværende motoriske aktivitet i rygmargen til spinocerebellum.

**Beliggenhed i medulla spinalis:** Sidestrengen.

**Krydset i medulla spinalis:** Delvist, men de krydsede fibre krydser tilbage igen ved ankomsten til cerebellum.

**Førløb (neuronernes og axonernes placering):**

- 1. neuron:
  - Cellelegeme: Ganglion sensorium n. spinalis.
  - Udløber: Rami posteriores n. spinalis.
- 2. neuron:
  - Cellelegeme: Celler i relation til baghornet.
  - Udløber: Mosfibre. Krydser i nogle tilfælde. Ascenderer til medulla oblongata og kommer til cerebellum gennem pedunculus cerebellaris superior og inferior, evt. krydsede fibre krydser tilbage igen.
- 3. neuron: Cortex i spinocerebellum.

**Klinik:**

●Cerebellare læsioner giver symptomer på samme side: Ataksi, dysmetri og intentionstremor viser sig på samme side som den cerebellare sygdomsproces. Det skyldes, at forbindelserne fra cerebellum og ned til de motoriske celler i rygmargens forhorn krydser midtlinjen 2 gange. Den første overkrydsning sker i mesencephalon, hvor fibre fra pontocerebellum krydser midtlinjen svarende til decussatio pedunculorum cerebellarium superiorum, mens den anden overkrydsning

---

<sup>7</sup> Primært lamina spinalis V-VII.

foregår svarende til decussatio pyramidum, hvor tractus pyramidalis krydser midtlinjen eller rostralt i hjernestammen, hvor tractus rubrospinalis krydser.

**Sensoriske thalamokortale forbindelser og sensorisk cortex:** De thalamiske kerner er ansvarlige for en vis bearbejdning og integration af de indkommende sanseimpulser. Imidlertid fordrer bevidst erkendelse og højere bearbejdning af de indkommende sanseindtryk, at disse ledes til hjernebarken.

- Synsimpulser vil via tractus opticus nå corpus geniculatum laterale og herfra via radiatio optica blive videresendt til den primære synsbark.

- Høreimpulserne vil via de centrale hørebåner nå corpus geniculatum mediale og herfra via radiatio acustica videresendes til auditorisk cortex.

- På samme måde vil kroppens og ansigtets somatosensoriske nerveimpulser nå henholdsvis VPL og VPM og herfra videresendt til gyrus postcentralis, som udgør primær somatosensorisk cortex (S1), samt til et kortikalt område langs den bageste øvre del af insula og fossa lateralis cerebri, som benævnes sekundær somatosensorisk cortex (S2).

Den primære somatosensoriske cortex kan inddeles i områder, som har relation til bestemte kropsdele og danner herved en sensorisk homunculus. Denne inddeling er imidlertid ikke vægtet efter de enkelte kropsdeles størrelse, men efter deres betydning for følesansen og det antal sensoriske enheder, som er allokeret til de enkelte kropsdele. De hjerneområder, der beskæftiger sig med sensoriske input fra fingre og læber, som rummer et meget stort antal sensoriske enheder, fylder således betydeligt mere end det kortikale område, der er afsat til at servicere de sensoriske input fra ryggens færre og mere spredte sensoriske enheder.

Den primære somatosensoriske cortex muliggør en bevidst erkendelse og præcis lokalisation af en given sansepåvirkning, mens evnen til at skelne mellem en et- eller topunktsberøring formentlig også inddrager relaterede barkområder i den bagvedliggende del af parietallappen, ligesom områder inddrages ved højere bearbejdning af sanseimpulser som genkendelse af ting ud fra deres form alene ved brug af følesansen, stereognosis.