

Hovedspørgsmål: Ledningsbaner i CNS.

NB → klatrefibre fra olivaris inf

Le Gjerum.

alle kerner i pars dorsalis i hj.st.!!

Det sensoriske system:

Det sensoriske system omfatter de perifere sansereceptorer, som registrerer de forskellige sansemodaliteter¹ 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 sanseindtrykkene².

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 rygmarvs- 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.

Ascenderende baner:

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

- Bagstrengsbanerne. 1
- Anterolaterale system. 2
- Spinocerebellare baner. 3

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 postcentralis³. 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 Smerte- og temperatursanseindtryk via tractus spinothalamicus og tryk-, berørings- og proprioceptive sanseindtryk via bagstrengs-lemniscus medialis-systemet.

² Se figur 11.1, side 157 i B.

³ Se figur 11.3, side 162 og 11.4, side 164 i B.

●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 tykkest og ligger mest mediant i radix dorsalis (A α -fibre for proprioception, A β -fibre for tryk og berøring (deskriptiv) og A δ -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).

Funktion: Proprioception⁴, 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

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

C G G C

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 midtlinjen 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 (Brodmann 3, 1, 2).

Klinik:

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

Ansigtets taktile og proprioceptive sans¹⁰:

→ 2 forskellige systemer

●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.

●Proprioception:

1. neuron: Perifere 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 nerveender⁵.

⁵ For smertesansens vedkommende også kaldet nociceptorer.

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 midtlinien 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 termanæstesi.
- Brown-Sequards syndrom⁶: En halvsidig tværsnitlæsion af medulla spinalis vil som følge af det forskellige overkrydsningsniveau for rygmargens 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.

Navn: Tractus spinoreticularis (A3).

Funktion: Dump og langvarig smerte.

Beliggenhed i medulla spinalis: 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: Baghornet af medulla spinalis.

⁶ Se figur 11.7, side 168 i B.

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

●3. neuron:

Flere synapser i formatio reticularis.

●4. neuron: Nuclei intralaminares 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.

*Nederst
N. trigemini til hjernestammen*

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 rygmarven 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:

- Cellelegeme⁷: Celler i relation til rygmarvens 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).

⁷ Primært lamina spinalis V-VII.

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

Beliggenhed i medulla spinalis: Sidestrengen.

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

Forløb (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. *til cerebellum*

●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 rygmærvens forhorn krydser midtlinjen 2 gange. Den første overkrydsning sker i mesencephalon, hvor fibrene fra pontocerebellum krydser midtlinjen svarende til decussatio pedunculorum cerebellarium superiorum, mens den anden overkrydsning 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 hørebaner 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.

NB corticospinalis
- II - nucleolaris

Det motoriske system:

Det motoriske system innoverer kroppens muskulatur og kirtler samt varetager også i samspil med resten af nervesystemet de betydelige koordinative og integrative funktioner, som bevirker, at vores bevægelser og kirtelfunktioner bliver hensigtsmæssige og tjener til organismens opretholdelse på bedste måde.

Det opdeles i det somatomotoriske system, som er ansvarligt for innervationen af den tværstribede skeletmuskulatur og for udførelsen af viljestyrede bevægelser, og det autonome visceromotoriske system, der er ansvarligt for innervationen af glat muskulatur og kirtler.

Descenderende baner:

Inddeling: De centrale motorneuroners cellelegemer er lokaliseret i højereliggende centre i hjernestamme og motorisk cortex. Herfra afgives axonale udløbere, som indgår i de centrale descenderende motoriske baner, der ender i tæt relation til de perifere motorneuroner.

- Tractus corticospinalis og corticonuclearis.
- Tractus reticulospinalis, tractus rubrospinalis og tractus vestibulospinalis.

Generelt for alle banerne: Det er kendetegnet ved, at det udgøres af en perifer og en central motoroneuron.

- Det centrale motorneuron: De centrale motorneuroner ligger i den præmotoriske cortex og kerneområder i hjernestammen, og descenderer via de motoriske baner.

Det motorisk cortex er under indflydelse af basalganglierne og cerebellum, idet de påvirker aktiviteten i den motoriske hjernebark via thalamus' motoriske kerner (VA-VI.⁸) og dermed medvirker til planlægning og koordinationen af bevægelserne.

- Det perifere motorneuron: Cellelegemet ligger i rygmargens forhorn og hjernestammens somatomotoriske kerner og afgiver myelinerede axonale udløbere⁹, som forlader rygmargens ventrale overflade som fila radicularia, der ved sammenløb danner radix anterior. De somatomotoriske fibre fortsætter hernæst ubrudt igennem spinalnerven og de heraf afledte perifere nerver, indtil de når den tværstribede muskulatur. Her vil den enkelte somatomotoriske nervefiber dele sig i en række endegrene, som mister deres myelinering og via motoriske endeplader formidler kontakten mellem nerve¹⁰- og muskelfiberen.

De perifere motorneuroner, som udgår fra hjernestammens somatomotoriske kerner, formidler på tilsvarende måde via de somatomotoriske kranienerver kontakt til deres respektive tværstribede muskulatur.

Tractus pyramidalis¹¹:

Navn: Tractus corticospinalis lateralis og anterior (D1).

Funktion: Voluntær bevægelse af skeletmuskler. Tractus corticospinalis anterior innerverer axiale muskler (grovmotorik), mens tractus corticospinalis lateralis innerverer mere distale muskler (finmotorik).

Beliggenhed i medulla spinalis: Henholdsvis sidestreg og forstreg.

Krydset i medulla spinalis: 75 % krydser og bliver til tractus corticospinalis lateralis, mens de resterende 25 % forbliver ukrydsede, hvoraf 20 % udgør tractus corticospinalis medialis og de sidste 5 % innerverer diaphragma.

Forløb (neuronernes og axonernes placering):

- 1. neuron:

⁸ Nucleus ventralis anterior og nuclei ventralis laterales.

⁹ Primært store A-fibre.

¹⁰ A-neuron til motorisk endeplade og γ -neuron til muskeltenen.

¹¹ Se figur 12.4, side 174 i B.

- Cellelegeme: Primært primær somatomotorisk cortex i gyrus precentralis¹², dog supplement fra somatosensorisk cortex og præmotorisk og supplementær motorisk cortex¹².

- Udløber: Crus posterior af capsula interna¹³ → Crus cerebri i mesencephalon¹⁴ → Pars anterior i pons → Pyramis i den ventrale del af medulla oblongata¹⁵:

1) 75 % krydser i decussatio pyramidum → Fortsætter som tractus corticospinalis lateralis¹⁶ ned i funiculus lateralis, hvis terminale forgreninger hovedsageligt synapser i lateralt orienterede motorneuroner i rygmarvens forhorn, som innerverer den distale ekstremitetsmuskulatur og hermed får stor betydning for vores finmotorik.

2) 20 % ukrydsede → Fortsætter som tractus corticospinalis anterior ned i funiculus anterior. Herfra innerverer den hovedsageligt forhornets mediale orienterede perifere motorneuroner, som primært er ansvarlige for innervationen af den aksiale muskulatur og dermed af betydning for vores grovmotorik.

3) 5 % forbliver ukrydsede → Innerverer som n. phrenicus diaphragma.

●2. neuron: Alfa-motorneuron og gamma-motorneuron for hændernes og føddernes muskler, interneuroner for mange funktioner, bl.a. stimulation af alfa- og gamma-motorneuroner for axial og proximal muskulatur, modulering af de spinale reflekser.

Klinik:

●Perifer og central parese¹⁷: Pareser kan optræde ved en læsion i såvel de perifere motorneuroner, der innerverer den tværstribede muskulatur, som i de centrale motorneuroner, der danner pyramidebanen.

En læsion af det perifere motorneuron vil medføre en tilstand, som betegnes en perifer/slapp parese¹⁸, mens en læsion i de centrale motorneuroner, der danner pyramidebanen, resulterer i en central/spastisk parese.

En perifer parese er kendetegnet ved lammelse af musklen, samt ved at muskeltvævet pga. manglende stimulation atrofierer og fremtræder mindre spændt, ligesom der forekommer arefleksi pga. læsionens sæde direkte i refleksbuen.

¹² De to sidstnævnte, som ligger umiddelbart foran gyrus precentralis, har betydning for planlægning af bevægelser, ligesom disse områder sammen med det primære somatosensoriske hjernebarkområde også er sæde for neuroner, hvis fibre indgår i tractus pyramidalis.

¹³ De lægger sig somatotopisk, således at fibre til ansigtet ligger anteriort for de kortikospinale fibre til over- og underekstremiteten.

¹⁴ Fibrene til ansigtet ligger mest medialt, mens fibre til underekstremiteten ligger mest lateralt.

¹⁵ Fibrene til underekstremiteten ligger fortil og lateralt for fibre til overekstremiteten.

¹⁶ Fibrene er anordnet somatotopisk, således at fibre til underekstremiteten ligger lateralt for de fibre, som forsyner overekstremiteten.

¹⁷ Se tabel 12.2, side 177 i B.

¹⁸ Først slapp parese, siden hen kan D2 og D3 overtage vha. genoptræning, dog bliver finmotorikken aldrig intakt igen.

Den centrale parese er derimod kendetegnet ved, at det er den overordnede kontrol af motorikken, som er læderet, hvorfor viljestyrede bevægelser ikke kan fremkaldes, hvorimod reflektoriske bevægelser pga. intakt refleksbue kan udløses. Den perifere innervation af musklerne er således intakt, hvilket betyder, at de ramte muskelgrupper ikke atrofiere. Ligeledes er reflekser og muskelspændingen bevaret, men hyperaktive pga. tab af den overordnede regulation af refleksbuen centrum. Tabet af den overordnede refleksregulation bevirker tilsvarende, at abnorme reflekser som Babinskis refleks kan udløses.

●Klassisk pyramidelæsion: Øvre motorneuron-læsion, mange andre baner afficeres også, og det er derfor, at billedet er meget anderledes og værre ved denne læsion i forhold til den rene.

Navn: Tractus rubrospinalis (D2).

Funktion: Via dens relation til perifere motorneuroner i den laterale del af forhornet får den primært indflydelse på den distale ekstremitetsmuskulatur, dvs. finmotorikken.

Beliggenhed: Sidestrengen.

Krydsning: Ja.

Forløb (neuronernes og axonernes placering):

●1. neuron:

- Cellelegeme: Spinocerebellum, cortex m.m.
- Udløber: Descenderer til hjernestammen.

●2. neuron:

- Cellelegeme: Nucleus ruber.
- Udløber: Danner nu tractus rubrospinalis, som krydser umiddelbart efter dannelsen i decussationes tegmenti, og descenderer herefter til sidestrengen i medulla spinalis

●3. neuron:

- Cellelegeme: Alfa- og gamma-motorneuron eller interneuron.

Navn: Tractus reticulospinalis (D3).

Funktion:

●Ekstrapyramidale bevægelser: Hæmmende virkning på de motoriske forhornsceller via regulation af aktiviteten i interneuroner.

●Komplicerede refleksagtige bevægelser: Efferente impulser til cellerne i lateralthornet, som har betydning for en række autonome funktioner som hjerteslag, tonus i blodkar, vejrtrækning, pupilkontraktion, fordøjelse m.m.

●Smerteinhiberende.

Beliggenhed: Forstreng.

Krydsning: De fleste fibre løber ipsilateralt.

Forløb (neuronernes og axonernes placering):

●1. neuron:

- Cellelegeme: Cortex, nucleus ruber m.m.

- Udløber: Descenderer til hjernestammen i bilaterale projektioner.

●2. neuron:

- Cellelegeme: Formatio reticularis.

- Udløber: Danner nu tractus reticulospinalis, som primært løber ipsilateralt, og descenderer herefter til forstrengen i medulla spinalis.

●3. neuron:

- Cellelegeme: Interneuroner i medulla spinalis.

●4. neuron:

- Cellelegeme: Alfa- og gamma-motorneuron.

Navn: Tractus vestibulospinales medialis og lateralis (D4).

Funktion: Vestibularkerner er ansvarlige for ligevægtsrefleksen samt at integrere de indkommende ligevægtsimpulser med proprioceptive, visuelle og cerebellare input, således at vores øjenbevægelser og motoriske funktion i det hele taget er tilpasset vores position i rummet.

●Medialis: Innerverer motoriske forhornsceller i hals- og thorakalsegmenterne, hvilket er af betydning for bevægelse af hovedet og stabiliserer hovedets position i forhold til øjnene, således at de holdes vandrette.

●Lateralis: Opretholdelse af legemets posturale (opretstående) position gennem innervation af motoriske forhornsceller til ekstensormuskulaturen gennem hele medulla spinalis. Af samme grund er denne bane refleksmæssig aktiv ved faldbevægelser, hvor kontraktion af ekstensormusklerne skal afbøde et fald.

Beliggenhed: Forstrengen¹⁹.

¹⁹ Fortsættelse af fasciculus longitudinalis medialis (FLM).

Krydsning: Mest ipsilateralt.

Førløb (neuronernes og axonernes placering):

● 1. neuron:

- Cellelegeme: Cortiske organ. *Ganglion vestibulare*

● 2. neuron:

- Cellelegeme: Nucleus vestibularis medialis og lateralis.

- Udløber: Danner nu henholdsvis tractus vestibulospinalis medialis og lateralis, som primært løber ipsilateralt, og descenderer herefter til forstrengen i medulla spinalis.

● 3. neuron:

- Cellelegeme: Interneuroner i medulla spinalis.

● 4. neuron:

- Cellelegeme: Alfa- og gamma-motorneuron²⁰.

Navn: Tractus corticonuclearis ((D1)).

Funktion: Fører impulser fra den kontralaterale cortex cerebri ned til de motoriske hjernenerver, hvilket resulterer i voluntær bevægelse af hjernenervemuskler.

Beliggenhed i medulla spinalis: Findes ikke i medulla spinalis.

Krydset i hjernestammen: Krydser ud for den motoriske kerne, som den skal innervere. Adskillige hjernenerver har dog også nogen samsidig innervation.

● Bilateralt: Nucleus motorius n. trigemini, nucleus n. facialis (superiort for øjenspalten), nucleus ambiguus og lidt af nucleus n. hypoglossi.

● Kontralateralt: Nucleus n. facialis (inferiort for øjenspalten) og det meste af nucleus n. hypoglossi.

● Diffust: Øjenmuskelkerne, dog regnes nucleus n. abducentis for at være kontralateralt kortikalt innerveret.

Førløb (neuronernes og axonernes placering):

● 1. neuron:

- Cellelegeme: Primær somatomotorisk cortex i gyrus precentralis med supplement fra primær somatosensorisk cortex samt præmotorisk og supplementær motorisk cortex.

- Udløber: Ligger tæt på tractus corticospinalis, men træder ind i hjernestammen ud for den pågældende kerne.

● 2. neuron: Motoriske hjernenervekerne.

²⁰ Medialis kan dog kun følges i halsdelen af medulla spinalis.

Klinik:

• De somatomotoriske kranienerver kan også rammes af såvel perifer som central parese: Alle kranienerverne, som fører somatomotoriske fibre²¹ er ligeledes innerveret af centrale motorneuroner fra motorisk cortex via de kortikonukleære fibre, som løber i tractus pyramidalis. Dog er mange af kernerne innerveret fra både den ipsilaterale og den kontralaterale cortex²², hvorfor tegn på central parese sjældent ses her, da det kræver dobbeltsidig hjernelæsion.

- Nervus facialis (VII)²³: Læsion af selve den perifere nerve eller dennes cellelegemer vil medføre en perifer parese af den mimiske ansigtsmuskulatur svarende til samme ansigtshalvdel som læsionsstedet. En central læsion vil derimod ødelægge den centrale innervation af den nedre del af nucleus n. VII, hvilket vil vise sig ved en spastisk lammelse af den modsidige nedre del af ansigtets mimiske muskulatur. En sådan lammelse vil manifestere sig ved, at patienten får hængende mundvig og har svært ved at smile, mens der ikke er problemer med at lukke øjet og rynke panden, da de perifere motorneuroner til disse muskler også modtager central innervation fra den samsidige motorcortex.

Navn: Tractus tectobulbaris /tectospinalis.

Funktion: Spontan drejning af øjne og hoved ved lysindtryk.

Det motoriske systems betydning for reflekser og refleksregulation: Det motoriske system har stor betydning for adækvat refleksfunktion, idet de perifere motorneuroner udgør refleksbuens efferente led, mens de centrale descenderende motoriske baner udøver en væsentlig regulatorisk indflydelse på aktiviteten i refleksbuen²⁴.

Læsion af det perifere motorneuron fører således til ophævet refleksaktivitet, arefleksi, mens skade på de centrale descenderende motoriske baner fører til et hyperaktivt refleksrespons, hyperrefleksi, idet den overordnede regulation af den i øvrigt intakte refleksbue evt. går tabt.

En væsentlig del af den neurologiske undersøgelse består således i at undersøge patientens refleksforhold, idet fravær af en normal refleksfunktion kan være udtryk for læsion i refleksbuens anatomiske komponenter, mens hyperaktive reflekser eller fremkomst af abnorm refleksaktivitet, som Babinskis tegn, er tegn på en skade i de centrale motoriske baner.

²¹ III, IV, V, VI, VII, IX, X, XI og XII.

²² III, IV, V, VI og øverste del af VII.

²³ Se figur 12.7, side 178 i B.

²⁴ Se figur 12.6, side 176 i B.

Pareselokalisationen afslører ofte læsionsstedets placering i nervesystemet²⁵: Ofte fremtræder en given lammelse med en helt specifik lokalisation, som sammenholdt med undersøgelse for symptomerne kan sikre en korrekt klinisk diagnose af læsionsstedets placering i nervesystemet.

Således vil en læsion af en perifer nerve ofte kun medføre slap parese af enkelte ekstremitetsmuskler eller muskelgrupper, hvorimod læsion af hele perifere nerveplekser vil medføre slap parese i en enkelt ekstremitet.

Centrale tværslæsnioner, som afficerer den nedre del af rygmærven, vil medføre bilateral spastisk lammelse af underekstremiteten, hvorimod højere tværslæsnioner i den cervikale del af rygmærven yderligere vil medføre lammelse af begge overekstremiteter.

Halvsidige læsioner i hjernestammen vil medføre samsidigt kranienerveudfald, men kontralateralt halvsidigt spastisk lammelse svarende til truncus og ekstremiteter, da hovedparten af de involverede kortikospinale fibre i tractus pyramidalis krydser midtlinjen svarende til decussatio pyramidum, mens læsioner i capsula interna vil medføre en kontralateral halvsidigt spastisk lammelse, som også inddrager tungen, svælget og den nedre del af mimiske ansigtsmuskulatur pga. tab af de centrale kortikonukleære baner til nucleus n. IX, X og XII samt til den nedre del af facialiskernen, nucleus n. VII.

Endelig vil læsioner i motorisk cortex ofte kun inddrage en mindre del af den motoriske hjernebark, hvilket resulterer i modsidigt spastisk lammelse af dennes respektive kropsområde svarende til homunculus.

Motorisk CNS:

Via forhornscellerne til motoriske endeplader.

Automatiske bevægelser: Primitive reflekser i medulla spinalis eller via formatio reticularis. Grundprogrammet for gangbevægelser, suttebevægelsen, vejtrækning, synkebevægelsen m.m.

Den voluntære bevægelse: Gentagelsen og brugen fører til perfektion. ”Indlæring af en lang række kompleks refleks”.

Når bevægelsen skal startes:

- 1) Ideen opstår i hjernebarken (fortrinsvis i pandelappen).
- 2) Den sendes herfra i en kort slynge til hjernens basale kerner. Dette medfører øget aktivitet i motorisk cortex.

²⁵ Se tabel 12.2, side 177 og figur 12.8, side 178 i B.

- 3) Samtidig aktiveres en lang slynge til lillehjernen, hvor "programmet" for bevægelsen er lagret, samt holde rede på legemets stilling, bevægelser og inert, og som ud fra dette kan modificere den planlagte (slynge 1).
- 4) Fra cerebellum sendes information til motorisk cortex, hvor der opreguleres/nedreguleres for aktiviteten i de store pyramideceller.

Når alt dette er på plads, ca. 800 ms., afsendes den endelige kommando via descenderende baner.

Når bevægelsen "kører": Den centrale mønstergenerator, der danner gangbevægelsen (gentagelsesbevægelser) er lokaliseret i rygmarven. Når man går, tænker man ikke over at man går.

Når der skal korrigeres for fejl eller man ønsker ændringer:

- Proprioception fra muskel/sene → (Medulla spinalis) → Spinocerebellum → 2. slynge.
- Viljændring (cortex) → Direkte til medulla spinalis / 2. slynge.
- Programstyring (cerebellum) / vilje (cortex) / ligevægtsorgan → Ruber → Direkte til medulla spinalis / 2. slynge.
- Alle dele af højere CNS → Formatio reticularis (direkte / 2. slynge).

På medulla spinalis-niveau er der to måder at styre/modulere på:

- Excitatorisk, som fremmer lokale reflekser.
- Inhibitorisk, som hæmmer lokale reflekser via indskudsneuroner.

1. slynge - Planlægning af bevægelser: Cortex (alle dele) → Capsula interna → Pars anterior i pons → Synapse i nucleus pontes → Krydsning ved fibrae transversae pontes → Pedunculus cerebellaris medius → Pontocerebellum's cortex → Nucleus dentatus → Pedunculus cerebellaris superior → Mesencephalon → Krydsning ved decussatio pedunculorum cerebellarium superiorum → VL i thalamus → Capsula interna → Motorisk og associativ cortex.

2. slynge - Korrektion af bevægelser der er i gang: Medulla spinalis → Tractus spinocerebellaris anterior og posterior → Pedunculus cerebellaris inferior og superior → Spinocerebellum → Cerebellare kerner → Pedunculus cerebellaris superior → Mesencephalon → Krydsning ved decussatio pedunculorum cerebellarium superiorum → Flere muligheder →

1. Nucleus ruber → Tractus ruberspinalis → Medulla spinalis.

→ VL i thalamus → Capsula interna → Cortex.

→ Formatio reticularis → Tractus reticulospinalis → Medulla spinalis.

2. VL i thalamus

→ Præmotorisk cortex → Medulla spinalis.

3. slynge: - Basalgangliedreksløbet: Basalganglierne deltager i planlægning og initiering af bevægelser ved at samordne og bearbejde informationer fra hjernebarken og thalamus, hvorefter basalganglierne via deres output fra globus pallidus pars interna til den motoriske del af thalamus (VA-VL) påvirker aktiviteten i den motoriske cortex, som er ansvarlig for viljestyrede bevægelser eller via deres output fra substantia nigra pars reticularis påvirker aktiviteten i hjernestammecentre af betydning for den mere refleksaktive tilpasning af motorikken. Basalganglierne får herved en vigtig regulerende og modificerende indflydelse på den motoriske hjernebark og de motoriske centre i hjernestammen og dermed på vores motorik.

• Basalgangliernes interne kredsløb²⁶: Fra striatum sender GABAerge inhibitoriske nerveceller nerveimpulser videre til globus pallidus og substantia nigra pars reticularis via 2 baner:

- Den direkte bane: Går uden afbrydelser fra striatum til globus pallidus pars interna og substantia nigra pars reticularis.

- Den indirekte bane: Går fra striatum til globus pallidus pars externa, hvorfra GABAerge nerveceller sender inhibitoriske nervefibre videre til den glutamaterge og dermed excitatoriske nucleus subthalamicus, som slutteligt projicerer til globus pallidus pars interna og substantia nigra pars reticularis.

• Basalgangliedreksløbets efferente output²⁷: Afgår fra globus pallidus pars interna og substantia nigra pars reticularis. De GABAerge celler i globus pallidus pars interna projicerer via 2 fiberbundter, fasciculus lenticularis og ansa lenticularis, til VA-VL i thalamus, der via sine glutamaterge forbindelser faciliterer aktiviteten i den motoriske hjernebark. Substantia nigra pars reticularis afgiver derimod primært GABAerge forbindelser til motoriske centre i hjernestammen, hvorved basalganglierne også kan udøve en betydelig kontrol over den mere refleksagtige tilpasning af vores motorik.

Basalgangliedreksløbets funktion: Ved normal dopaminerg transmission fra substantia nigra pars compacta til striatum vil førstnævnte via en stimulerende effekt på den direkte bane og en

²⁶ Se figur 8.4B, side 124 i B.

²⁷ Se figur 8.4C, side 124 i B.

hæmmende effekt på den indirekte bane mindske det samlede inhibitoriske output fra globus pallidus pars interna og substantia nigra pars reticularis, hvorved de glutamaterge celler i VA-VL kan facilitere hjernebarkens motoriske aktivitet i passende grad.

Et stort tab af dopaminerge celler i substantia nigra pars compacta, vil resultere i, at den stimulerende effekt på den direkte bane og den hæmmende effekt på den indirekte bane ophører. Herved ændres balancen i basalgangliekredsløbet, hvilket resulterer i et øget inhibitorisk output fra globus pallidus pars interna og substantia nigra pars reticularis og dermed i en hæmning af VA-VL, hvorved motorisk aktivitet i hjernebarken ikke faciliteres. Dette resulterer i Parkinsons sygdom.