

Det motoriske system:

Det motoriske system innerverer 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. (+ tractus tectospinalis)

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.

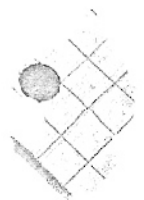
Det motorisk cortex er under indflydelse af basalganglierne og cerebellum, idet de påvirker aktiviteten i den motoriske hjernebark via thalamus' motoriske kerner (VA-VL¹) og dermed medvirker til planlægning og koordinationen af bevægelserne.

- Det perifere motorneuron: Cellelegemet ligger i rygmargens forhorn og hjernestammens somatomotoriske kerner og afgiver myelinerede axonale udløbere², 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 nerve³- og muskelfiberen.

¹ Nucleus ventralis anterior og nuclei ventralis laterales.

² Primært store A-fibre.

³ A-neuron til motorisk endeplade og γ -neuron til muskeltenen.



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

Tractus pyramidalis⁴:

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 ^{anterior} medialis og de sidste 5 % innerverer diaphragma.

Forløb (neuronernes og axonernes placering):

● 1. neuron:

- Cellelegeme: Primært primær somatomotorisk cortex i gyrus precentralisrimær, dog supplement fra somatosensorisk cortex og præmotorisk og supplementær motorisk cortex⁵.

- Udløber: Crus posterior af capsula interna⁶ → Crus cerebri i mesencephalon⁷ → Pars anterior i pons → Pyramis i den ventrale del af medulla oblongata⁸:

1) 75 % krydser i decussatio pyramidum → Fortsætter som tractus corticospinalis lateralis⁹ ned i funiculus lateralis, hvis terminale forgreninger hovedsageligt synapser i lateralt orienterede motorneuroner i rygmargens 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

⁴ Se figur 12.4, side 174 i B.

⁵ 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.

⁶ De lægger sig somatotopisk, således at fibre til ansigtet ligger anteriort for de kortikospinale fibre til over- og underekstremiteten.

⁷ Fibrene til ansigtet ligger mest mediant, mens fibre til underekstremiteten ligger mest lateralt.

⁸ Fibrene til underekstremiteten ligger fortil og lateralt for fibre til overekstremiteten.

⁹ Fibrene er anordnet somatotopisk, således at fibre til underekstremiteten ligger lateralt for de fibre, som forsyner overekstremiteten.

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 parese¹⁰: 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 parese¹¹, 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 atrofier og fremtræder mindre spændt, ligesom der forekommer arefleksi pga. læsionens sæde direkte i refleksbuen.

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 atrofierer. Ligeledes er reflekser og muskelspændingen bevaret, men hyperaktive pga. tab af den overordnede regulation af refleksbuens 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.

¹⁰ Se tabel 12.2, side 177 i B.

¹¹ Først slapp parese, siden hen kan D2 og D3 overtage vha. genoptræning, dog bliver finmotorikken aldrig intakt igen.

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 lateralhornet, 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: Forstrengen¹².

Krydsning: Mest ipsilateralt.

Forløb (neuronernes og axonernes placering):

●1. neuron:

- Cellelegeme: Cortiske organ.

●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-motorneuron¹³.

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.

¹² Fortsættelse af fasciculus longitudinalis medialis (FLM).

¹³ Medialis kan dog kun følges i halsdelen af 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 hjernenervekerner.

Klinik:

● De somatomotoriske kranienerver kan også rammes af såvel perifer som central parese: Alle kranienerverne, som fører somatomotoriske fibre¹⁴ 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 cortex¹⁵, hvorfor tegn på central parese sjældent ses her, da det kræver dobbeltsidig hjernelæsion.

- Nervus facialis (VII)¹⁶: 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.

¹⁴ III, IV, V, VI, VII, IX, X, XI og XII.

¹⁵ III, IV, V, VI og øverste del af VII.

¹⁶ Se figur 12.7, side 178 i B.

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 refleksbucens efferente led, mens de centrale descenderende motoriske baner udøver en væsentlig regulatorisk indflydelse på aktiviteten i refleksbuen¹⁷.

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 refleksbucens anatomiske komponenter, mens hyperaktive reflekser eller fremkomst af abnorm refleksaktivitet, som Babinskis tegn, er tegn på en skade i de centrale motoriske baner.

Pareselokalisationen afslører ofte læsionsstedets placering i nervesystemet¹⁸: 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 tværsnitlæsioner, som afficerer den nedre del af rygmærven, vil medføre bilateral spastisk lammelse af underekstremiteten, hvorimod højere tværsnitlæsioner 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 halvsidig 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.

¹⁷ Se figur 12.6, side 176 i B.

¹⁸ Se tabel 12.2, side 177 og figur 12.8, side 178 i B.

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

DESCENDERENDE PROJEKTIONS BANER

INTRO
DESCENDERENDE BANER
KLINIK

INTRO → commissur, association, projection

↓
↔
descenderende baner kan inddeles i:
tractus pyramidalis og de ekstrapyramidale baner
Thalamus, basalganglier, hjernestammen + cerebellum
meget vigtig i koordineringen af signaler sydpå.
cortex, lag 3-5

DESCENDERENDE BANER

Ide → basalganglier

→ tractus pyramidalis, nucl. pontinus

} VL (basal)
VL (cerebellum) } motorisk cortex
area 4+6

TRACTUS PYRAMIDALIS (pyramidale system)

NB. Nucl. pontinus!!

→ corticospinalis, corticopontine - cerebellare

↓
ant. + lat.

↓
grossmotorisk
krydser segmentet

↓
finkmotorisk

Krydser decussatio pyramidalis i medulla oblongata

corticonuclearis
hjernenerver

bilateral for VII sup. for per
central lesion of VII

1. neuron fra cortex → somatotopisk i capsula int.

2. neuron fra forhornet α -motor el. β -motor

EKSTRA-PYRAMIDALE SYSTEM

NB. olivaris inf.!!

Tractus rubrospinalis

funiculus lateralis ~ finkmotorisk

1. neuron - spinocerebellum (vermis) → nucl. ruber, pedunculus sup.

2. → krydser i decussatio tegmenti

3. forhorn

Tractus reticulospinalis

funiculus ant.

refleksystem → til forhorn + baghorn (smerteinhiberende)

Tractus vestibulospinalis medialis + lateralis

koordination af ligevægt må formidles med visuel input, proprioception

fra ^{4. sk} vestibulær kerne medialis → hoved + hals

lateralis → postural, ekstensor-muskulatur

funiculus ant.

ipsilateral

1. neuron (cortikale organer) → 2. neuron (nucl. vestibularis) → 3+4 forhorn

tractus tectospinalis

Drejning af hovedet ved lys + lyd input

KLINIK

Halvsidig læsion af rygmarv
Hjernestamme → samtidig pro krydser
capsula int
homunculus