

Spinale mekanismer for motorisk funktion

Disposition:

- Spinale reflekser:
 - Proprioceptive reflekser: 1) Ia-afferenter → muskeltene.
 - 2) Golgi sensorer → Ib-afferenter.
- Exteroceptive reflekser: stimulus som påvirker os udefra:
 - Flexor reflekse
 - Krydset extensorrefleks (reciprocal inhibition af antagonistiske muskler).

Spinale motoriske program: gang → kan gå selvom rygmarv er skåret over så der ikke er forbindelse til hjernen.

- Supraspinale descendende baner: motoriske ledningsbanesystemer.
 - Man vil udføre en bevægelse og afhængig af information fra Ia-afferenterne kan disse baner regulere reflekserne. (Ekstensoregler → Extensor reticulospinalis)

START:

- Når vi skal udføre en bevægelse aktiveres pyramidebanen, hvori der indgår 2 neuroner:
 - 1. "øvre centrale" motoneuron har trofisk centrum i motorisk cortex eller hjernestamme.
 - 2. "nære perifer" motoneuron har trofisk centrum i forhornet i MS¹ → danner radix anterior → løber via spinalnerven ud og til muskulaturen hvor den splittes op i motoriske enheder, der så kan innervere den tværsribede muskulatur.

Motorisk kontrol kan således opdeles i 2 dele.

- Rygmarvens kontrol med koordineret muskelkontraktion.
- Hjernens kontrol med programmerne i rygmarven.

⇒ Jeg vil kun tale om den spinale kontrol. → dis. nede motoneuron

Det nede motoneuron kan inddeles i 2 kategorier:

- Alpha (α) motoneuron → det egentlige motoneuron, der er ansvarlig for kontraktionen.
 - Gamma (γ) motoneuron → kontrollerer følsomhed for muskeltene.
 - Plexus brachialis dannes fra C3-T1.
 - Plexus lumbosacralis dannes fra L1-S3.

Alpha (α) motoneuronet:

- Alpha (α) motoneuronet kontrollerer kontraktionen vha. acetylcholin, der secernerer for den motoriske endeplade, hvorved eksitation-kontraktionskoblingen starter.
 - 1. Ach binder til nicotinerge receptorer og et EPSP udløses.
 - 2. Aktionspotentialt propagerer i musklen (sarcolemma og ned i T-tubuli, hvor der sidder en spændingsafhængig Ca²⁺-kanal).
 - 3. Ca²⁺ frigives fra SR og binder til troponin i myosin-molekylerne.
 - 4. Myosin-enderstrukturet sættes af aktinfilamenter karbinde til myosin.
 - 5. Myosin-aktin-interaktion finder sted under ATP-forbrug → musklen kontraheres idet sarcomeret forkortes.

FX. maner v. at
tåbe en bogmer
gaber den
muskul strækkes
→ tilbage til
udgangspkt.
for myosin
for myosin eller Ca²⁺ reception

¹ MS: medulla spinalis.

Ei EPSP (excitatorisk postsynaptisk potential/endepladepotential) er altid stort nok til at udløse et respons i musklen.

- Høj frekvens af EPSP → vedholdende kontraktion
- Kroppen kan kontrollere kontraktionsstyrken ved at:
 - Øge EPSP-frekvensen. Summation
 - Rekruttere flere motoriske enheder.

En motorisk enhed: består af 1 α-motoneuron og alle de muske fibre som den innerveter.

- Størrelsen på en motorisk enhed varierer fra 3-1000 fibre pr. α-motoneuron.
- Små muskler der skal udføre fine bevægelser har små motoriske enheder.
- Generelt kan muskler med mange små motoriske enheder kontrolleres meget mere præcist.
- De fleste muskler indeholder motoriske enheder med mange forskellige størrelser, de rekrutteres altid i rækkefølgen; først de mindste og så de største.

Der findes 2 typer af muskelfibre.

- Røde: langsomme, mange mitochondrier (aerobe) → mindre α-motoneuroner.
- Hvide: hurtige, få mitochondrier (anaerobe) → store α-motoneuroner.

Begge typer muskelfibre eksisterer i en muskel, men en motorisk enhed indholder altid kun en type fibre.

α-motoneuroner modtager input fra 3 steder:

- Fra Ia-afferenter der sender info fra muskeltene om muskellængden.
- Fra øvre motoneuroner i cortex og hjernestammen (der er ansvarlig for initiering og kontrol).
- Fra interneuroner i rygmarven – kan være inhibitorisk/excitatorisk som en del af motorprogrammerne.

Den spinale kontrol af bevægelser:

Proprioceptive reflekser:

- Muskeltene: Musklene er specialiserede intrafasale fibre der er omgivet af en fibros kapsel. Kapslen er fortykket på midten hvor omkring Ia-afferenterne snor sig. Ia-afferenterne optager ændringer i muskellængden og sender så besked til α-motoneuroner og interneuroner i rygmarven som de synapser med Ia-afferenterne indgår i den myotatiske refleks.

Den myotatiske refleks = den monosynaptiske strækrefleks:

- Når musklen belastes og derfor forlænges, strækkes muskellen → herved depolariseres Ia-afferenterne. → Ia-afferenterne synapser med og depolariserer α-motoneuronet → musklen kontraheres og forkortes → (vender tilbage til udgangspunktet).

Ia-afferenten og α-motoneuronet danner herved den monosynaptiske refleksbue.

Den monosynaptiske strækrefleks kompenserer for belastningsændringer.

Tegning af fig 13.16 i Expl. S. 453 + arm m. bog fra Forelæsningen Motorisk funktion 1:

Muskeltet: Ia, parallel (dumme), muskellængde.

γ-motor: justerer tensen i musklen i det muskeltens længde. Størrelsen

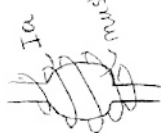
4 + 4 = 8 under strek/sumering

Spinale mekanismer for motorisk funktion 2 af 6

γ-motor: giver stærke signal via synapserne

Golgi-Sensoren: i serier i det muskel/nerve. lige i omgivelserne

Inhibitorisk: → inhibitorisk interaktion + excitatorisk interaktion



1-1111

4. Myosin-enderstrukturet sættes af aktinfilamenter karbinde til myosin

Gamma (γ) motoneuroner → kontrollerer følsomhed for muskeltene.

- De ekstrafasale muskelfibre innerveres af α-motoneuronet.
- De intrafasale muskelfibre i muskeltenen innerveres af γ-motoneuronet.
- Når man ønsker at kontrahere en muskel sender det øvre motoneuron besked til det nedre α-motoneuron, der så kontraherer de ekstrafasale fibre, således at musklen forkortes.
- Samtidig aktiveres også γ-motoneuronerne:
 - de innervere de intrafasale fibre i muskeltenen to ender.
 - herved kontraheres muskeltenen så dens længde "passer" til den forkortede muskel.
 - herved holdes Ia-afferente aktive; hvis der ikke skete denne aktivering af γ-motoneuronerne ville muskeltenen blive slap og Ia-afferente ville ikke længere være i stand til at sørge for input om muskellængden.

The gamma (γ)-loop:

- Den monosynaptiske refleksbue kan altså betragtes som et feedbackloop hvor:
 - Setpoint: er den ønskede muskellængde.
 - ⇒ afvigelse herfra opfanges af Ia-afferente, der sender besked til α-motoneuron der via. påvirkningen af de ekstrafasale muskelfibre får muskellængden tilbage til det ønskede.
 - Dette kredsløb: γ-motoneuron → intrafasale muskelfibre → Ia-afferent → α-motoneuron → ekstrafasale muskelfibre - kaldes "the gamma (γ)-loop".

Fig. 13.19 i Expl. S. 455:



- 1) muskeltene
- 2) Golgi sensorer
- 3) ledreceptorer

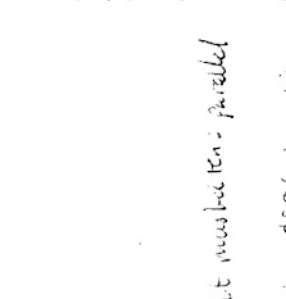
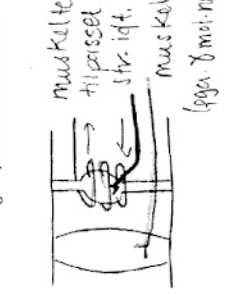
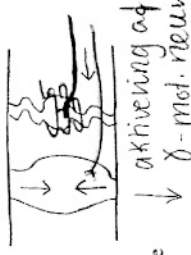
Golgi-seneorganet:

- Regulerer muskeltension (spænding) og kraften af kontraktionen.
- Golgi-seneorganet er lokaliseret mellem muskel og sene og innerveres af Ib-afferenter. - det er en sensor og Ia
- Ib-afferente løber fra Golgi-seneorganet til rygmarven hvor de synapser med interneuroner i forhornet.
- ⇒ nogle af disse interneuroner danner inhibitoriske synapser med α-motoneuroner, der innervere den samme muskel. → dette danner basis for den reverse myotatiske refleks.
- Den reverse myotatiske refleks' funktion:
 - beskytte musklen ved ekstrem belastning.
 - Regulere muskeltonus, så den passer til det der skal gøre (fx holde et ag/løfte en tung bog).

Tegning af fig 13.22 i Expl. s. 457:

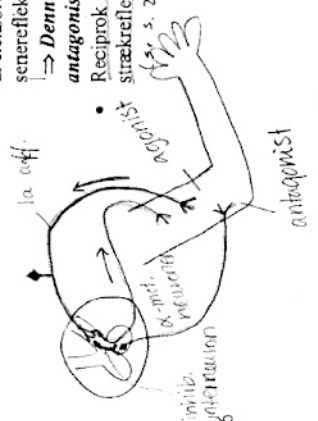
Proprioseption i led: sidde i lektur

fyger ved deining: vinkel, retning og hastighed af leter



Reciprok inhibition:

- Interneuroner deltager i myotatiske reflekser (= senerreflekser) ved at inhibere antagonistien til de aktiverede muskler.
- Virkemåde: Ved belastning/forlængning af fx fleksorerne, skal der ske en kontraktion af fleksorerne (så muskellængden kommer tilbage til normal) → dette sker via senerreflekser, men det kræver at antagonistierne (ekstensorerne) samtidig afslappes.
- ⇒ Denne samtidige kontraktion af et sæt muskler og afslapning af deres antagonist kaldes for reciprok inhibition.
- Reciprok inhibitorforhindrer hos raske mennesker at antagonistierne aktiveres af strækreflekser under viljemæssige bevægelser.



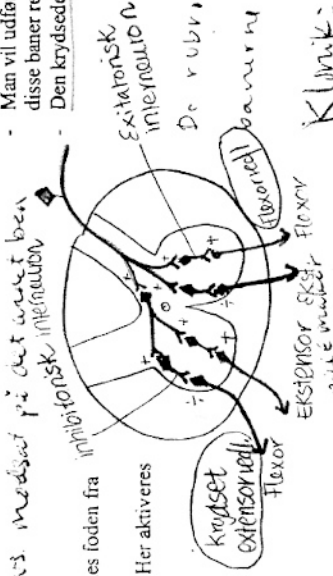
Flexor-refleksen:

- Heri indgår en excitatorisk interneuron.
- **Virkemåde:** en person træder på en tegnestift → smertestimuli går via smertecafferenter til rygmargen og aktiverer interneuroner.
- → interneuroner exciterer et α-motoneuron, der aktiverer flexormusklerne på det ben der har trådt på tegnestiften → man bøjer benet.
- ⇒ samtidig sker der en inhibition af antagonisterne (dvs. ekstensorerne) så benet nemmere bøjes. (reciprok inhibition)
- For at undgå at falde aktiveres også den krydsede ekstensor-refleks. dvs. medens det ene ben bøjes, medens det andet ben strammes på det andet ben.

Krydset ekstensor-refleks:

- Der sker en aktivering af flexormusklerne på det ene ben – herved fjernes føden fra tegnestiften.
- Samtidig sker der en inhibition af flexormusklerne på det uskadede ben. Her aktiveres ekstensor-musklerne så man ikke taber balancen.

Tegning af fig. 13.24 i Expl. s. 459:



Det spinale motoriske program:

- Den krydsede ekstensor-refleks lader til at danne grundlag for vores evne til at bevæge os, idet at man netop "går" ved skiftevis at flekere og ekstendere i benene.
- ⇒ det virker derfor sandsynligt at kredsløbet for koordineret gang ligger i rygmargen. da man ved overstrømning af rygmarven i thorakalt niveau afbrydes kredsløbet og man står på plad.
- Kredsløbet der giver ophav til rytmisk motorisk aktivitet betegnes for centrale gang-generatorer.

De simpleste menstre-generatore er neuroner med cellemembraner der giver dem pacemaker-egenskaber.

- **Grillner** har vist at aktivering af NMDA-receptorer der sidder på spinale interneuroner kan generere rytmisk aktivitet.
- ⇒ denne rytmiske aktivitet og synaptiske interaktioner kunne således producere gangrytmen.

Dvs. gentagne akt. i m. P.G. rytmisk motorisk aktivitet, al den væsentligste del af gangcyklusen.

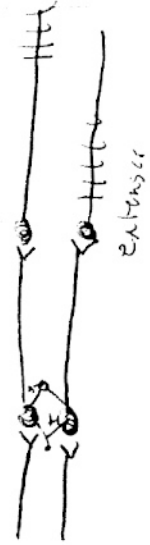
Tegning af fig. 13.27 i Expl. s. 462. (Så vi kan gå, men bøjrer rygmarven = pacemaker)

Ex. med kørt om går selvom det er på det kørt på stovet → virgønde i RM

- Ifølge ovenstående model initieres gang når vedvarende input exciterer 2 interneuroner der forbinder 2 motoneuroner, der kontrollerer hhv. flexorer og ekstensorer.

- ⇒ Interneuronerne reagerer på inputtet, men de 2 interneuroners aktivitet ændres fordi de inhiberer hinanden via andre interneuroner.
- ⇒ Således vil aktivitet i én interneuron kraftigt hæmme aktiviteten i den anden interneuron.

SE S. 448



Supraspinale descendierende baner:

- Motoriske ledningsbanesystemer.
- Man vil udføre en bevægelse og afhængig af information fra la-afferenterne kan disse baner regulere reflekserne.
- Den krydsede ekstensorrefleks styres af den retikulospinale bane. (formatio reticularis → syn. RM i dominant → syn. → grovmotorisk → særligt ekstensorer) De rubrospinale baner kan overtage for pyramiderne

(formatio reticularis)

Klinik: Babinski - Jensenius manœuvre

hyperreflexi / Areflexi

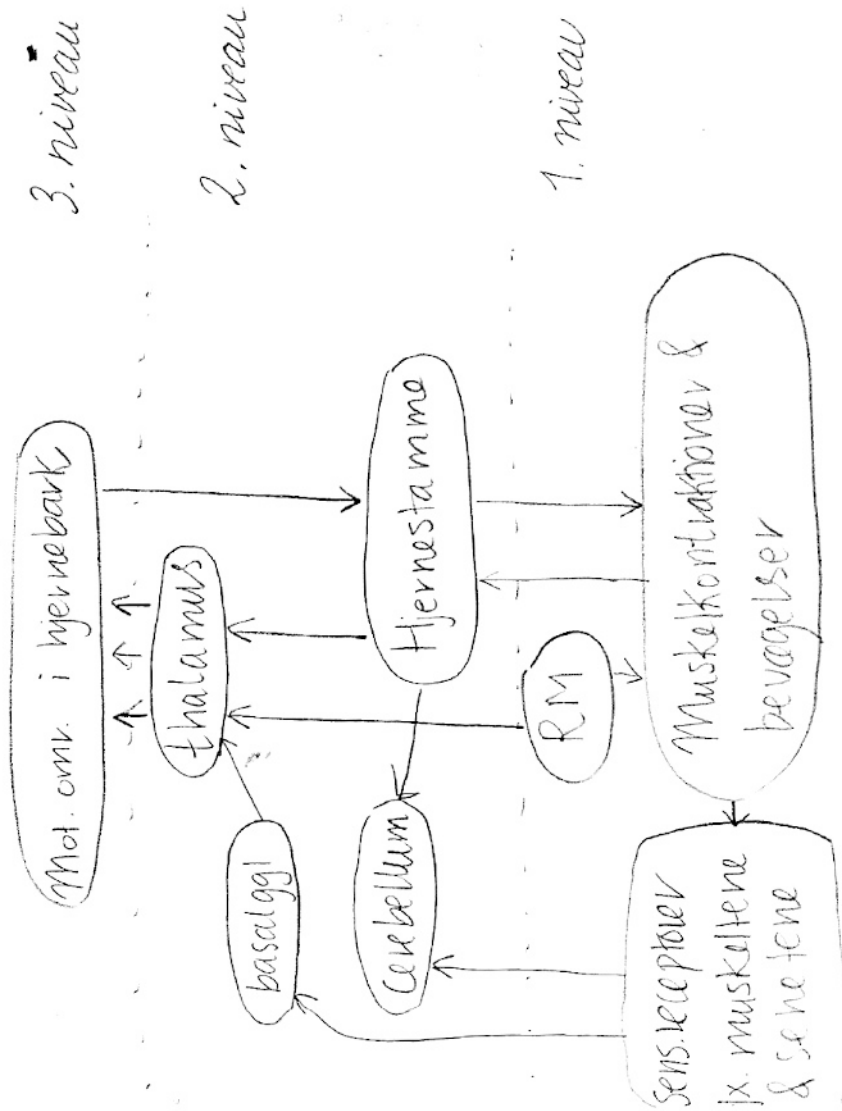
hyporeflexi

F2-tilvækst

Fluxor motor neuron

Extensor

Sensomot. system.



Spinale mekanismer for mot. dkt.

- ① - Generelt
- ② - Proprioceptive vegl.
 - Ia aff. → muskelterse
 - golgi → Ib aff.
 - ledrecept. i ledkapsel
- ③ - Exteroceptive vegl.
 - flexor vegl.
 - krydset ext. vegl.
- ④ - Spinale mot. program
 - pacemaker eller kat "RM" går → gang progr.
- ⑤ - Supraspinale desc. baner

①

- Øvre mot. neuron → troj. centr. i mot. cortex / HS
- Nedre mot. neuron → kaudal ant.

- Mot. kontrol

- RM m. Koord. muskl. kontraktion
- Hjernens kontrol

- Fokus på spinale dvs. nedre mot. neuroner

- Nedre mot. neuroner:

- α -mot. neuron → kontraktion

- γ -mot. neuron → følsomhed for muskelterse

- α -mot. neuron:

- Kontrollerer kontraktion vha. acetylcholin

- Kontraktionssyst.

- rekrittering
- summation

 ⇒ kontr. styrke ↑

- mot. enhed = α -mot. neuron inkl. musk. fibre den inn.

- Små mot. enheder til små musk. → fx. øjet

- Muskel fibre:

- hvide → langsomme

- røde → hurtige

- modtager input fra:

- Ia aff.

- Øvre mot. neuroner

- interneuroner

② - Muskelene:



- Intradusalt fibre, fibros kapsel, 1a omkr.
- ligger i parallel - inn. ad δ -mot. neuron
- reagerer på ændr. i muskl. længde \rightarrow justerer helved tenens længde
- indgår i myotatisk ledl.:
 - Stræk i muskl. \Rightarrow muskelten stræk \rightarrow depol. 1a \rightarrow 1a synaps. m. α -mot. \Rightarrow muskl. kontraheres (og tilbage til start) = monosyn. ledl. bue
- Golgi senseorg:
 - ml. serie & muskl. - regulerer musk. spænding + kontraktion.
 - i serie
 - 1b add. \rightarrow inhibi. interneuron + excit. antagonis.
- δ -mot. neuroner kontrollerer dølsomhed for musk. tene \rightarrow sørger for at dens længde passer til muskl.
- δ -loop = monosyn. ledl. bue \Rightarrow reg. ønsk. muskl. længde
- Revers myotatisk ledl. gkt:
 - beskytte musk. mod belastn.
 - regulerer muskl. tonus
 - musk. spænd. $\uparrow \Rightarrow$ kontrakt. \downarrow og omvendt
 - vigtig når man holder på noget stærbeligt

③ - Exteroceptive reflekser:

- ydre stimulus påvirker
- Spinal interneuroner \rightarrow input fra:
 - 1a + 1b
 - desc. axoner
 - kollaterale fra nedre mot. neuroner (α -mot.)

- Reciprok inhibition:

- interneuroner hamner antagonist
- Samsidig kontraktion af musk. + afslapn. af antagonist \Rightarrow recipr. inhibi.
- hindrer at strækled. udløses hos antagonist

- Flexorrefleks:

- exc. interneuron
- smertestimuli \Rightarrow flexorer aktiveres \rightarrow ben bøjer samtidig m. inhi. af extensorer
- indgår også krydset ext. ledl.
 - omvendt her dvs. ext. aktiveres & flex. hæmmes for at undgå fald \rightarrow tegn!

③ - Spinale mot. progr.

- evt. krydset ext. ledl. \rightarrow led i at det at gå
- kredsløb \Rightarrow mot. tylm. aktivitet = centrale mønstre regulerer
- evt. "pacemaker celler"
- Ex. er NMDA receptorer (glut. gatede ionkan.)
 - \rightarrow v. aktivering \Rightarrow tytmusk aktivitet \Rightarrow gangrytme
- Ex. kat m. overskæren AM gav.
- Fig. s. 448

④ - Supraspinale desc. baner:

- Kryds. ext. ledl. \rightarrow tr. retikulospinalis

⑤ - KLINIK

- Babinski
- Areflexi
- Hyperreflexi

7. Spinale mekanismer for motorisk kontrol

α -motorneuronet

Muskeltenen og Golgi sencorgan/Senetenen

Den myotatiske refleks, reciprok inhibition og γ -refleksen

Invers myotatisk refleks

Fleksorrefleksen

Proprioception i led

Centrale program

Klinik

En inddeling af NS i en sensorisk og motorisk del er delvis fejlvisende. Ved stor integration mellem de to systemer er det mere korrekt at tale om et sensori-motorisk system.

Den spinale kontrol af motorik omhandler i store træk to ting. De forskellige refleksbuer (mono- eller polysynaptiske) og centrale program så som den for gang. *Graderet muskl.kontrakt.kontrol af α -mot.neuronet: NS kan kontrollere graden af muskl.kontrakt.på to måder; - varierer fyringsraten af motorneuroner - erhverve sig yderligere synergistiske mot.enheder*

α -motorneuronet

= the final common pathway.

Motorneuronet = Motorenhed: en motornerve sammen med de muskelfibre den innerverer. Kan have stort antal α -mot.neuronet (alle) muskelfibre per nerve – grovmotorik, f.eks. til m. Gluteus Maximus – eller få antal fibre per nerve – f.eks. øjenmusklerne. *som inn. en muskel.*

- Motornerven fører impulser til kontraktion af muskelfibre
- Innoveres af refleksbuer perifert fra samt via descenderende baner fra hjernen.
- Muskelens kontraktion øges enten ved rekruttering af flere motorenheder eller ved at øge stimulering af den enkelte nerve og derved øge dens fyringsfrekvens.

Muskel- og senetenen

Muskeltenen:

Findes inde i muskler (parallellkopbled i forhold til muskelen) opbygget som en kapsel omkring nogen intrafusale muskelfibre. "Omskedes" af afferente nervetråde (Ia-fibre). Disses ender har stræksensitive kationkanaler som åbner ved stræk. Herved videresender information om tenens spænding. Højere frekvens ved kraftigere spænding. Primær betydning for at registrere ændring af muskelens længde. Modtager efferente tråde (γ -fibre) som stimulerer de intrafusale muskelfibre → kan derved passe sin længde.

Golgi sencorgan/Senetenen:

Golgi sencorgan (italiensk, udtales golji og ikke golgi) findes i muskelsener og er opbygget som en kapsel med intrafusale kollagene fibre. Hver tene modtager en afferent nerve (Ib-fibre) som sender impulser om tenens spænding. Primær funktion: at registrere muskelens aktuelle spænding. Da de sidder i muskelsenerne er de seriekoblede i fht. muskeln. Ellers samme mekanisme for signalering som muskeltene. Modtager ingen efferent nervetråde

Den myotatiske refleks og γ -refleksen

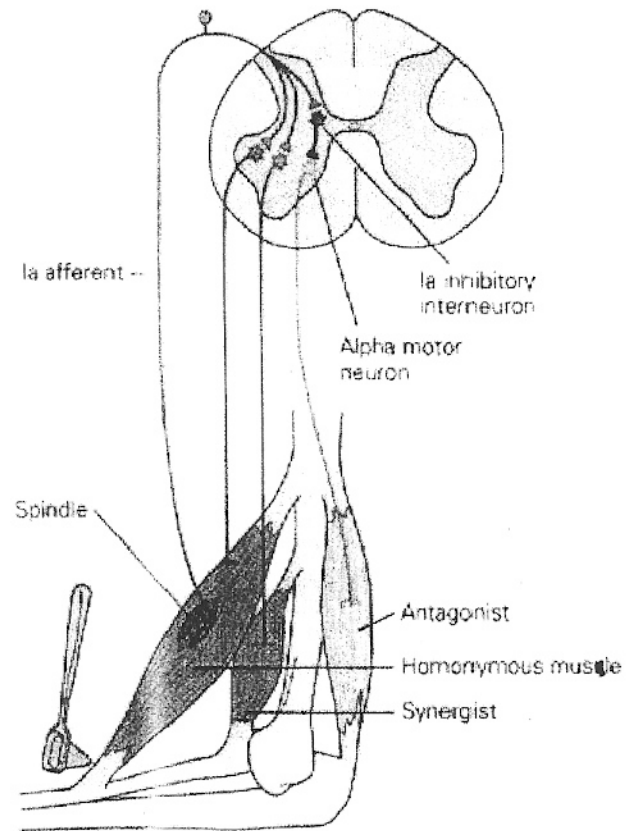
En refleks består af flere ting: stimulus, receptor, afferente fibre, efferente fibre, effektorgan samt effekt.

Den myotatiske refleks, også kendt som strækrefleksen, udløses når en muskel forlænges pludseligt af ydre stimuli og derefter kompensatorisk forkorter sig. Den er monosynaptisk, hvilket gør den rimeligt hurtig. Foregår som følger:

Muskeltene registrerer forlængelse af de intrafusale muskelfibre → nervimpulser sendes via myeliniserede, hurtige Ia-fibre ind til medulla spinalis (nervecellelegeme i ggl. spinale) via dorsalhornet → anterior i forhornet synapses der med et α -motorneuron. Via denne sendes impulser ud til selve muskelen (samt eventuelle agonister) som kontraheres i grad alt efter hvor stor strækning var.

Samtidig med at denne muskel forkortes sker en disynaptisk reciprok inhibering af antagonisten. Ia-afferenterne synapses i medulla spinalis også med en Ia inhibitorisk interneuron. Denne sender inhiberende fibre til α -motorneuronet som styr antagonisten, hvorved denne afslappes og bevægelsen kan forløbe uden større modstand. Denne mekanisme sker altid når en muskel reflektorisk skal kontraheres. Undtagelsen er ved ko-kontraktion (balletdanseren som står på tærne). Da vil den reciprokke inhibition inhiberes/stoppes.

B, Stretch reflex



Derudover sker også en tredje ting. Lad os nu sige at det har været tale om en kraft strækning i muskeltenen. Det vil medføre en kraftig kontraktion i muskeln, hvis denne er fulstændig, dvs. muskelen kan ikke blive kortere, vil muskeltenen jo blive slap og ikke være i stand til at registrere nye små strækninger. Denne mekanisme modvirkes ved γ -refleksen: Den myotatiske refleks vil også stimulere γ -motorneuroner som fører fibre til de intrafusale muskelfibre i muskeltenen. Disse vil så forkortes (alt efter hvor stor stimuleringen er) og tenen vil blive stram igen.

Det er vigtigt at forstå at disse tre ting "altid" sker samtidigt med hinanden. Dvs. når en muskel ubevidst forkortes vil det medføre alle disse tre ting: kontraktion af musklen, afslapning af antagonisten samt stramning af muskeltenen. Man taler om en α - γ -samaktivering, sådan at tenen hele tiden er optimalt spændt.

Invers myotatisk refleks

Er når en sene ved kraftig/langvarig muskelkontraktion risikerer skade pga. overtræk, får muskelen til at mindske/stoppe kontraktionen.

Ved en invers myotatisk refleks er receptorn Golgi seneorgan, også kaldet senetenen. Findes som sagt i muskelsen (seriekoblet) og signalerer ved risiko for overtræk af denne. Signalerne løber via

Ib-afferenter (nervfibre) til interneuron i medulla spinalis' forhorn. Her inhiberer interneuronet α -motorneuroner som løber til muskeln. Herved mindsker/stopper Golgi seneorgan kontraktionen i muskelen.

Procesen kaldes en autogen hæmning, organet hæmmer sin egen udstrækning.

Ved gang virker den derimod som autogent exciterende (mindre spænding \rightarrow mindre inhibition).

NB. er at Golgi seneorgan ikke modtager nogen efferente tråde. Dvs. den kan ikke anpasse sig efter trækket i senen. Dette indebærer at den registrerer aktuel spænding i muskelen/muskelsen og ikke ændring som muskeltænen gør.

Fleksorrefleksen (med krydsed extensorrefleks)

Polysynaptisk. Tilbagetræk af ekstremitet ved fare for vævsskade. Stimuleringen kan være f.eks. smerte.

Eks: En smertereceptor registrerer kraftig smerte, da højre fod har trampet på en tegnestift \rightarrow impulser sendes via $A\delta$ -fibre (δ = lille delta) til interneuron i samsidige forhorn i medulla spinalis som synapses med flere motorneuroner. Her vil der ske fire ting. Dels skal ekstremitet fjernes, derved løftes det højre ben.

Højre/samme side:

1. Der synapses med α -motorneuroner til underextremitetens **flexorer** og disse **stimuleres** til kontraktion.
2. Der synapses med α -motorneuroner til underextremitetens **extensorer** og disse **inhiberes**.

Da højre ben løftes bliver det andet ben tvunget til at tage over som støtteben.

Venstre/ modsatte side

3. Der synapses med α -motorneuroner til underextremitetens **extensorer** og disse **stimuleres** til kontraktion
4. Der synapses med α -motorneuroner til underextremitetens **flexorer** og disse **inhiberes**.

Kaldes derfor for fleksorrefleks med krydsende extensorrefleks.

Proprioception i led

(For feinschmeckeren eller, som vore kære Jørgen Jenssen vil have udtrykt det, som "dessert").

I de fleste af kroppens agte led findes proprioceptive receptorer som virker lidt som muskeltæne. De måler et leds bevægelse og sender impulser bl.a. til cerebellum. Denne information tros være vigtig for koordinationen af muskelbevægelser, specielt fine bevægelser som dem i fingrenes led.

Centrale program

Er en gruppe neuroner som funktionelt og anatomisk er sammenkoblede til at kontrollere en vis bevægelse. De aktiverer forskellige muskler i den rækkefølge som kræves for udførelsen af bevægelsen.

En type er Central Pattern Generators (CPG) som styrer f.eks. vejtrækning, tygning og lokomotion/gang. Et simpelt eksempel vil være et neuron som i sin membran har en "pacemaker". Denne depolariserer og hyperpolariserer cyklisk membranen hvorved cellen i intervaller sender AP'er. Hvis dette er koblet til en muskel vil rytmiske kontraktioner ses.

Et andet eksempel er et netværk af neuroner som bidrager med reziprok inhibition. Dvs. når højre side stimuleres inhiberes venstre.

Et CPG for gang findes i rygmarven. Den anvender mange af de mekanismer som er blevet redegjort for i dette eksamensspørgsmål. F.eks. Højre hoft strækkes, der sendes impulser ind til rygmarven om dette og refleksbuer stimulerer underextremitetens (UE) extensorer til at

kontrahere, benet løftes og føres frem. Herefter sker det samme på venstre side og cyklen kører videre. Dette sker altså helt uden styring fra hjernen.

I princippet indebærer dette at et menneske med fuldstændig læsion langt op i medulla spinalis skulle kunne lære sig at gå. Men nej. Problem 1 er at systemet ikke kan startes uden central styring dette sker i en motorregion i mesencephalon. Problem 2 er at der ikke vil kunne ske en bearbejdning af sensoriske indtryk, dvs. ingen korrigerende af gangen. Problem 3 er at balanceorganerne ikke vil kunne videregive information om hvordan kroppen står i forhold til tyngdekraften. Problem 4 er at der ikke vil kunne tages hensyn til hindringer i vejen. Dvs. uden hjernen vil man i princippet blot kunne svinge lidt med benene. Mange forskere virker meget begejstrede over det her, jeg ser ikke pointen.

Eller jo måske hvis læsionen ligger i et specifikt sted sådan at og arm-, ryg-, thorax- og brystmuskulatur virker som de skal. Så vil personen, udrustet med en rollator og en "knap" koblet til gangens CPG, kunne trykke på denne knap, derved starte systemet og måske langsomt gå ind til et andet værelse og trykke på stop-knappen og derved holde op med at gå. Hvad ved jeg?

Klinik

Der var vel en del klinik der i det sidste afsnit. Men der kan også nævnes hyporefleksi, dvs. mangel på eller mindre refleksi. Dette vil primært tyde på en læsion i refleksbuen og derved mindre stimulering af α -motorneuroner (hvis vi taler strækrefleks). (Hyperrefleksi ses ved læsion på descenderende baner som kontrollerer refleksbuen).

Derudover kan man også tale om de forskellige tester hvorved refleksbuer testes, alt fra patellarrefleks og haserefleks til Babinsky og Jendrassiks manøvre.

- Duchennes muskel dystrofi (s. 437)

- ⑥ → Synapser i forholdet m. 3 interneuroner:
- Det ene afkædler standbenet
 - Det andet inhiberer ekstensoren på standbenet (lat. inhibition)
 - Det tredje knytter & sørger for ekstension på det andet ben (+ agonist, - antagonist)
- ⇒ Vægt overføres til det andet ben

- ① RM indeholder visse "mot. programmer" for produktion af koordineret bevægelse. Disse er modificeret af descendende kommandoer fra hjernen.
- Mot. kontrol kan inddeles i;
 - RM's kommando & kontrol af koordineret muskl. kontrakt.
 - Hjernens — " — af mot. progr. i RM.

- Det som. mot. syst.

- Glad muskl. → beklæder org.
 - autonome NS
 - kontrollerer BT & flow
- Hjertermuskl. → kontraherer rytm.
 - autonome NS
- Skeletmuskl. → bevæger knogler (ekstr. muskl.)
 - mange muskl. fibre
 - CNS
 - somit derivet (?) ⇒ som. mot. syst. (m. viljel)
- Flexion / Ekstension
- Muskl. som arb. sam. = synergister
- Flexorer & Ekstensorer → virker modsat = antagonist (for hinanden)
- Aksialmuskl. → bevæger trunk
- Proximal muskl. → bevæger knæ, albue...
- Distal muskl. → bevæger hænder, fødder
- The lower motor neuron:

- Som. muskl. er inn. af som. mot. neuroner i ventralhorn (RM) ⇒ "lower mot. neuroner" → for at skelne dem fra "upper mot. neurons"
- "lower mot. neurons" axoner samles for at forme ventr. rod
 - disse samles m. en dorsal rod via spinalnerven, som træder ud gen. "the notches" ml. vertebrae.
- Blandede spinalnervener → både mot. & sens.
- Der er et "større" ventralhorn udfor cervical & lumbal del = intumescentia cervicalis / lumbosacralis (fortykkelser af RM udfor extremitetterne.)

Input til α -mot. neuroner:

- α -mot. neuroner exciterer skeletmuskler
- "lower mot. neuroner" er kontrolleret af synapt. input i ventralhorn
 - input fra spinal interneuroner (største input)
 - sens. input fra muskeltænder
 - input fra "upper mot. neurons" i hjernen

3) 1p. af motorneuroner: (s. 430)

- hurtige, hurtigt mættende hvide fibre \rightarrow α -mot. neu. generelt større & har større diameter, hurtigere ledende axoner.
- langsomme røde, langsomt mættede fibre \rightarrow α -mot. neu. har mindre diameter, mere langsomt ledende axoner
- hurtige mot. neuroner \rightarrow 30-60 imp/sek.
- langsomme mot. neuroner \rightarrow 10-20 imp/sek.

Excitation-kontraktionskobling:

- Muskel fiber struktur
- Excitation \rightarrow kontraktion \rightarrow Relaxation (s. 436)

Spinalkontrol af mot. enheder:

- Muskeltene:
 - strækreceptorer \rightarrow "reagerer" på proprioception (som sens. sys.)
 - befinder sig i skelet muskl., ligger parallelt
 - sensitive for ændr. i stræk
 - Ia axoner er de største & tykkeste
 \Rightarrow leder AP hurtig(st) \rightarrow de indtræder RM via de dorsale rødder \rightarrow former excitatoriske synaps m. interneuronet samt α -mot. neuroner (ventralhorn)
- Muskeltenen indeholder modificerede skelet muskel fibre indeni dens fibrose kapsel. Disse fibre = intradusale fibre, for at skelne dem fra de mere adskillelige ekstradusale fibre som ligger udenpå tenen og former "the bulk" af muskler.
- Forsk. ml. de to \rightarrow den ekstradusale fiber er inn. af α -mot. neuronet. Intradusale fibre modtager deres mot. inn. af en anden tp. \rightarrow γ -mot. neuroner (i enderne)
- aktivering af $\alpha \Rightarrow$ Ia aktivitet \downarrow
- aktivering af $\gamma \Rightarrow$ Ia aktivitet \uparrow
- principper feedback syst:
 - muskel længde
 - sensor \rightarrow Ia axon ender
 - effector syst. (α mot. neuroner & ekstradusale muskel fibre)



Gammløop:

- γ mot. neuron \rightarrow intradusale muskel fiber \rightarrow Ia afferent axon \rightarrow α mot. neuron \rightarrow ekstradusale fiber
- α og γ er aktiverede af desc. kommander fra hjernen \rightarrow γ -loop stabiliserer kontrakt. af α mot. neuroner

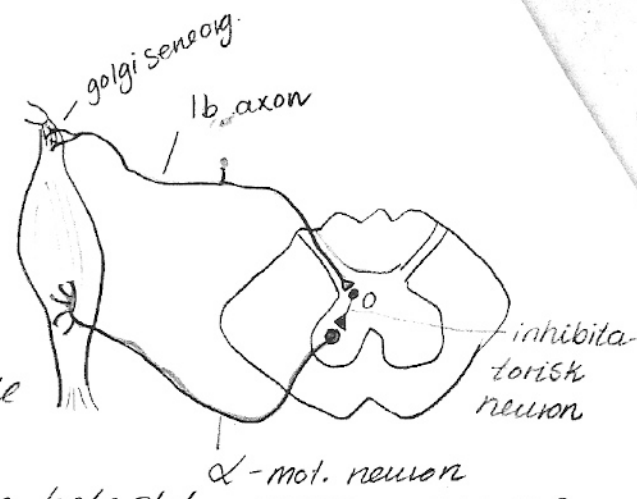
(N)

Golgisensorg.

- måler muskeltension el. kontraktionskraft
- findes i muskulære junctions + sener
- innervet af 1b sens. axoner
- ligger i serier

Revers myotatisk refleks:

- 1b → RM → synapse m. interneuroner i ventralhorn
- nogle interneuroner former inhibitoriske forb. m. α-mot. neuroner → innervende den sam. muskel



- beskytter musklen fra at blive belastet. (ekstreme tilfælde)
- normal dkt. er at regulere muskeltension indenfor optimal range.

- Når muskeltension ↑ ⇒ inhibition af α-mot. neuroner
 gør muskelkontraktion langsommere

- Når musk. tension ↓ ⇒ inhib. af α-mot. neuroner ↓ ⇒
 muskelkontraktion ↑

proprioception fra led:

- forsk. proprioceptive axoner i led, spec. ledkapsler + ligamenter
- vinkel/retning/bevægelsehastighed i led.
- ser ud til at "ledreceptorer" er kombinerede m. det fra muskeltene & golgi sensorer.

Spinale interneuroner:

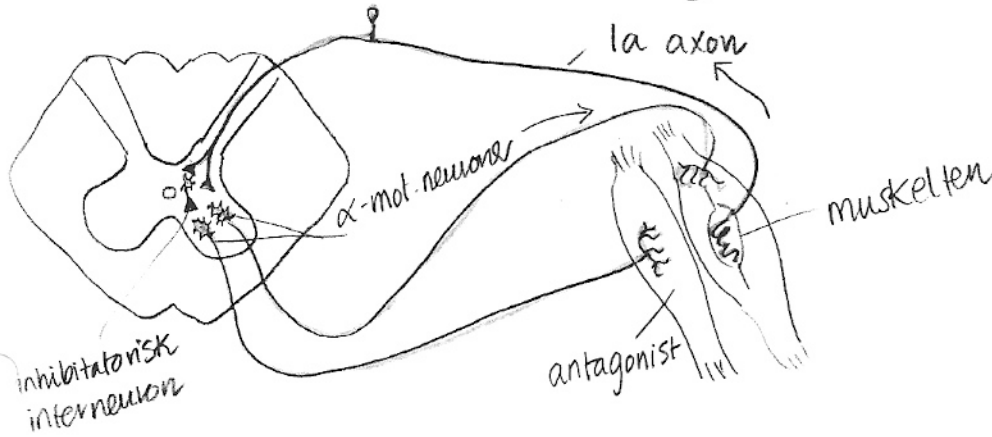
- Revers myotatisk refleks → polysynaptisk → aktioner af 1b inputs fra golgisensorg. på α-motneuroner er helt polysyn. → medierede af intervingning spinale interneuroner
- Fleste input til α-mot. neuron kommer fra interneuroner (RM)
- Spinale interneuroner modtager syn. input fra primære sens. axoner, descendende axoner fra hjernen & kollateraler af "lower mot. neuroner axoner"
- Interneuroner er i netværk ⇒ koordinerede mot. progr. Kan produceres som svar på de mange input.

5 - Reciprok inhibition:

- indebærer f.lg. ex.;

- fleksjon af a.l. bvelod → fleksorierne kontraheres og ekstensorierne forlænges / adslappes.

→ dvs. kontraktion af et sæt muskler, inkl. relaxation af antagonist musklerne.



- det la som aktiverer α-mot. neuronet til fleksorierne, aktiverer også interneuronet til inhibition af antagonist.

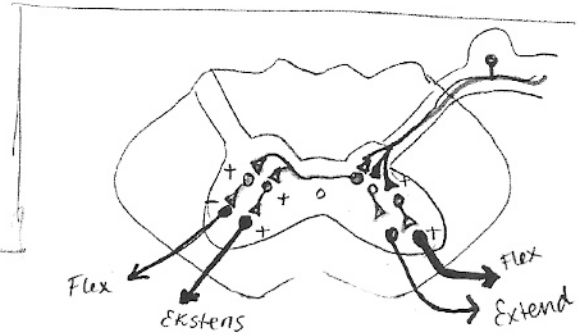
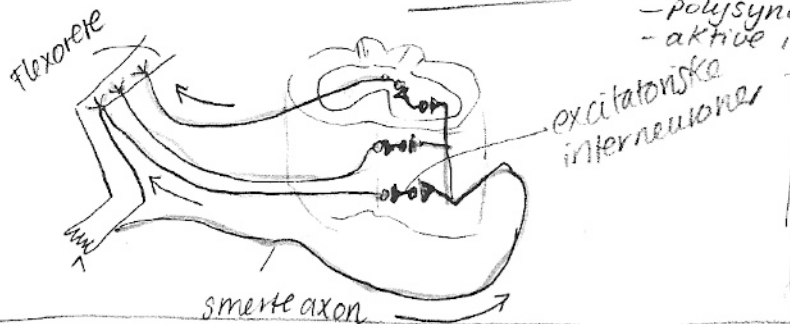
- Er også brugt af descenderende pathways to overcome the powerfull myotatic reflex.

Flexorrefleksen: (tilbagevækn.refleksen)

- Ex. på at interneuroner kan være excitatoriske.

- "Del at man gjetter foder, hvis man træder på noget." - langsommere end myotatiske reflex → indikerer at et antal ^{spidst.} interneuroner intervere m. sens. stimulus & koord. muskl. virkn.

- polysynaptisk!
- aktive interneuroner på forst. spinal segment



Krydset extensorefleks:

- Kompenserer for extra vægt som kommer på det v. skadede ben.

- En slags reciprok inhibition → aktivering af flexorer på en side af RM sam. m. inhibition af flexorer på modsatte side.