

Motorik

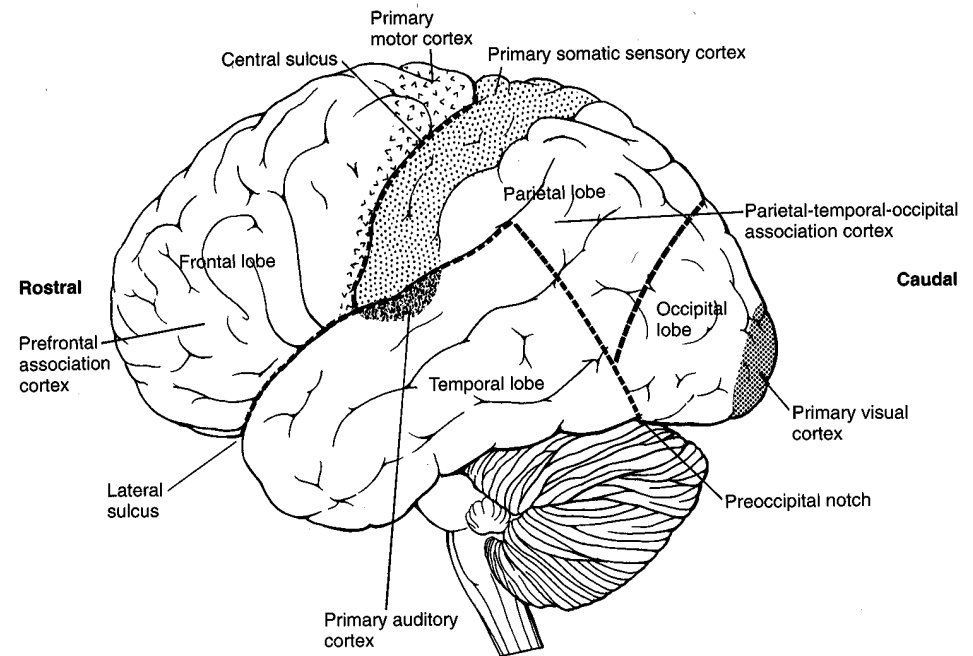
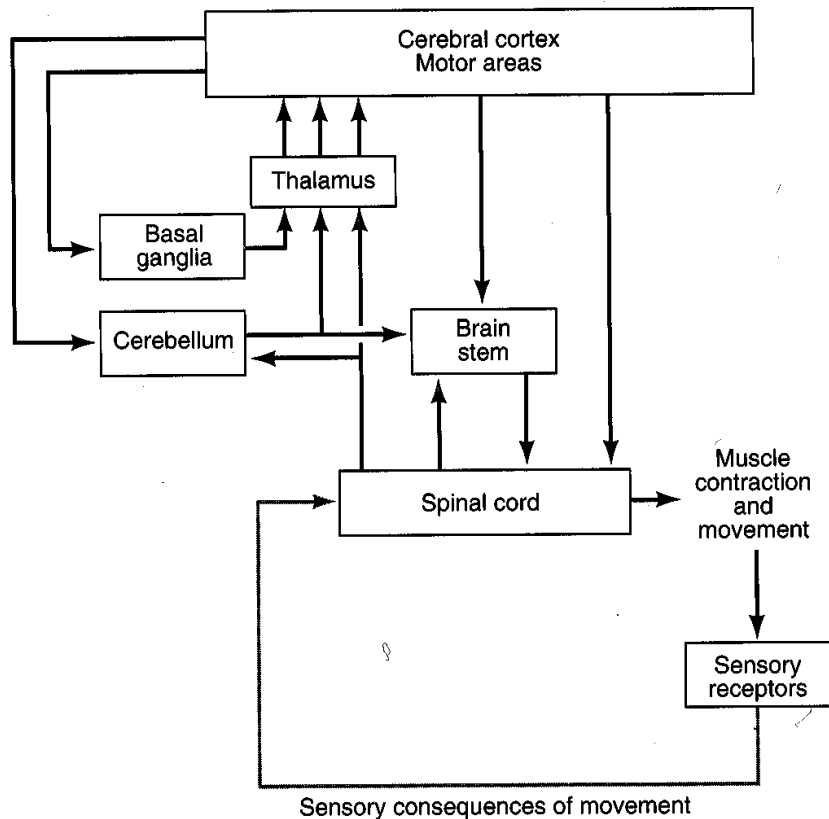


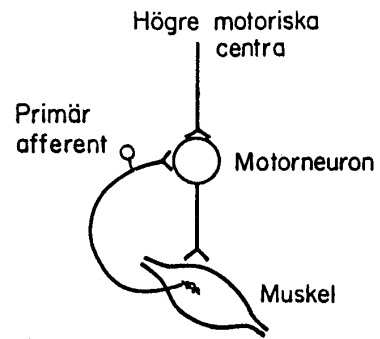
FIGURE 35-3

The motor system consists of three levels of control organized both hierarchically and in parallel. Thus, the motor areas of the cerebral cortex can influence the spinal cord both directly and through the brain stem descending systems. All three levels of the motor systems receive sensory inputs and are also under the influence of two independent subcortical systems: the basal ganglia and the cerebellum. Both the basal ganglia and cerebellum act on the cerebral cortex through relay nuclei in the thalamus.

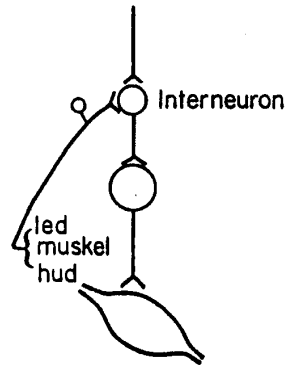
Johan Wessberg HT 2025
 Bear kap. 13-14
 Purves kap. 16-19

Kopplingar mellan celler i ryggmärgen. (se textkompendiet)

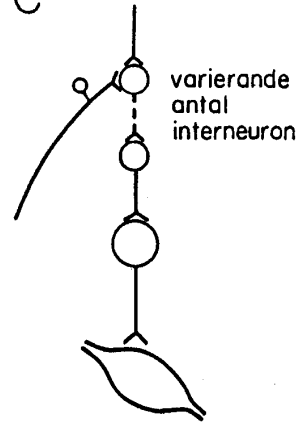
A



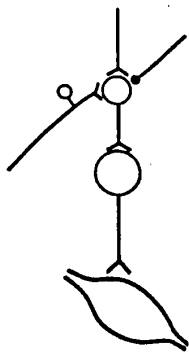
B



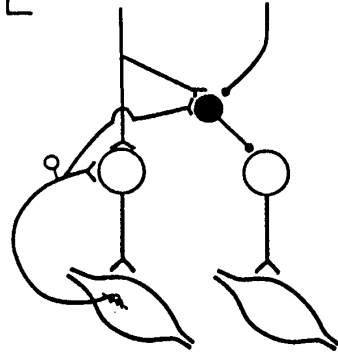
C



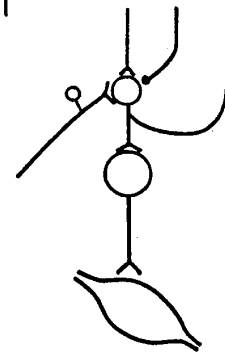
D



E



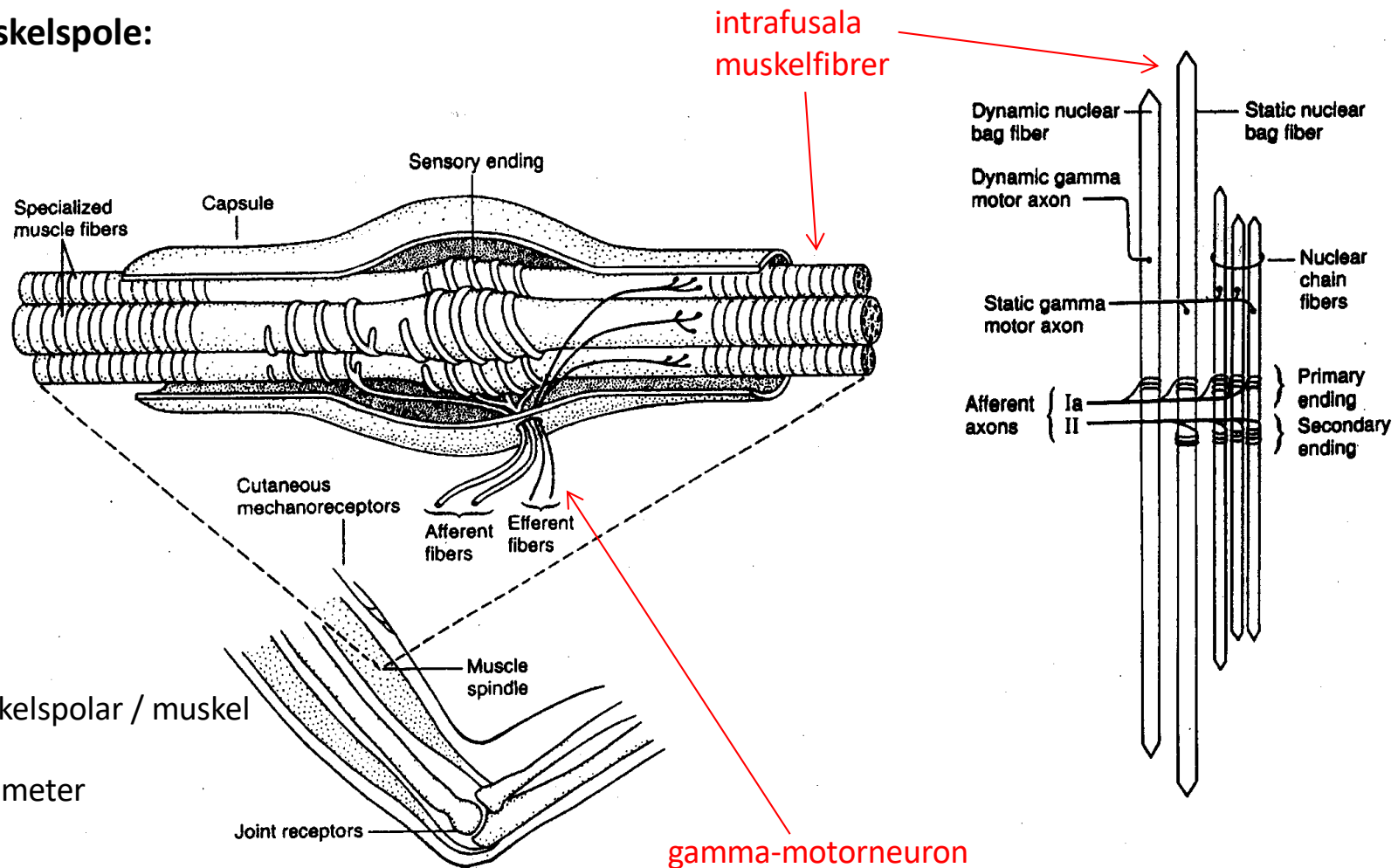
F



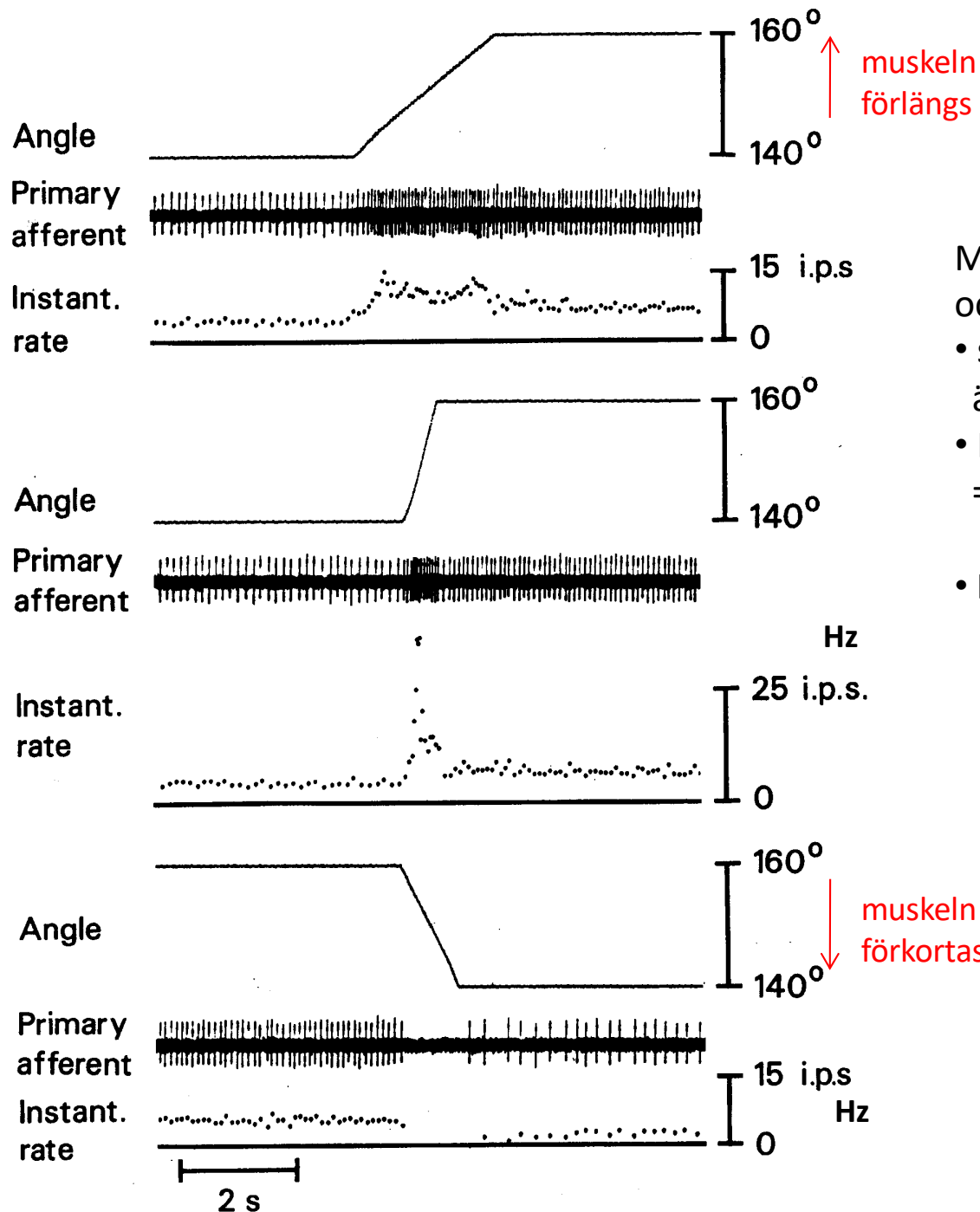
Proprioception:

- Muskelspolar – signalerar musklers längd och längdförändringar
- Golgis senorgan – signalerar musklers kraftutveckling

Muskelspole:



≈ 100-300 muskelspolar / muskel
5-10 mm lång
0.3-0.5 mm diameter

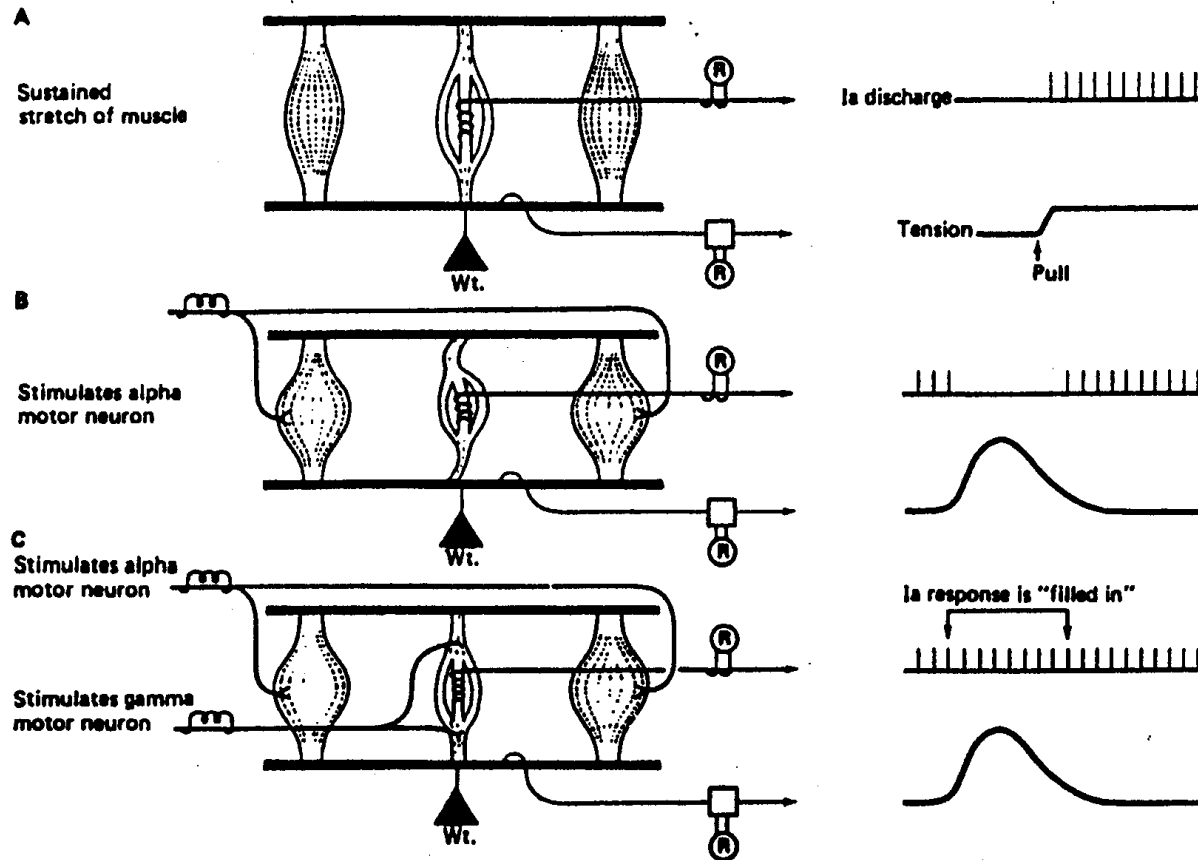


Muskelpolens **Ia-afferent** under förlängning och förkortning av muskeln:

- signalerar muskels längd, även när muskeln är stilla = *statisk känslighet*
- Ia-afferenter är särskilt känsliga för förändringar = hög *dynamisk känslighet*

- **II-afferenter** (inte på bilden) har lägre dynamisk känslighet

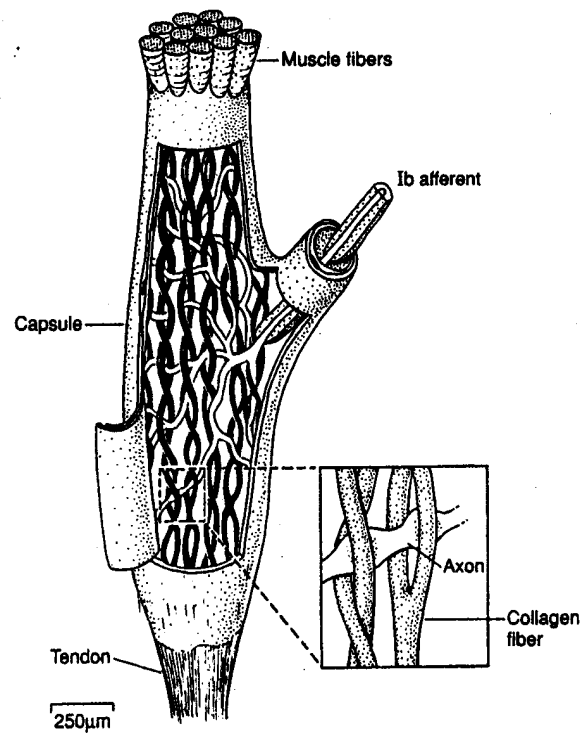
Gammamotorneuronen håller muskelspolen lagom sträckt när muskeln förkortas
 (fler funktioner = ?)



A Ia afferenternas aktivitet vid konstant muskelsträckning. **B** Det uppstår en paus i Ia afferentens aktivitet då de extrafusala fibrerna förkortas vid en selektiv stimulering av α -motorneuronen. **C** När både α - och γ -motorneuronen stimuleras ses ingen väsentlig ändring av Ia afferenternas aktivitet.

Golgi senorgan

- finns utspridda i muskelns övergång till senan
- signalerar muskelns kontraktionskraft



Golgi tendon organs are specialized structures found at the junctions between muscle and tendon. Collagen fibers in the tendon organ attach to the muscle fibers. A single Ib afferent axon enters the capsule and branches into many unmyelinated endings that wrap around and between the collagen fibers. When the tendon organ is stretched (usually because of contraction of the muscle), the afferent axon is compressed by the collagen fibers (see insert at lower right) and increases its rate of firing. (Adapted from Schmidt, 1983; inset adapted from Swett and Schoultz, 1975.)

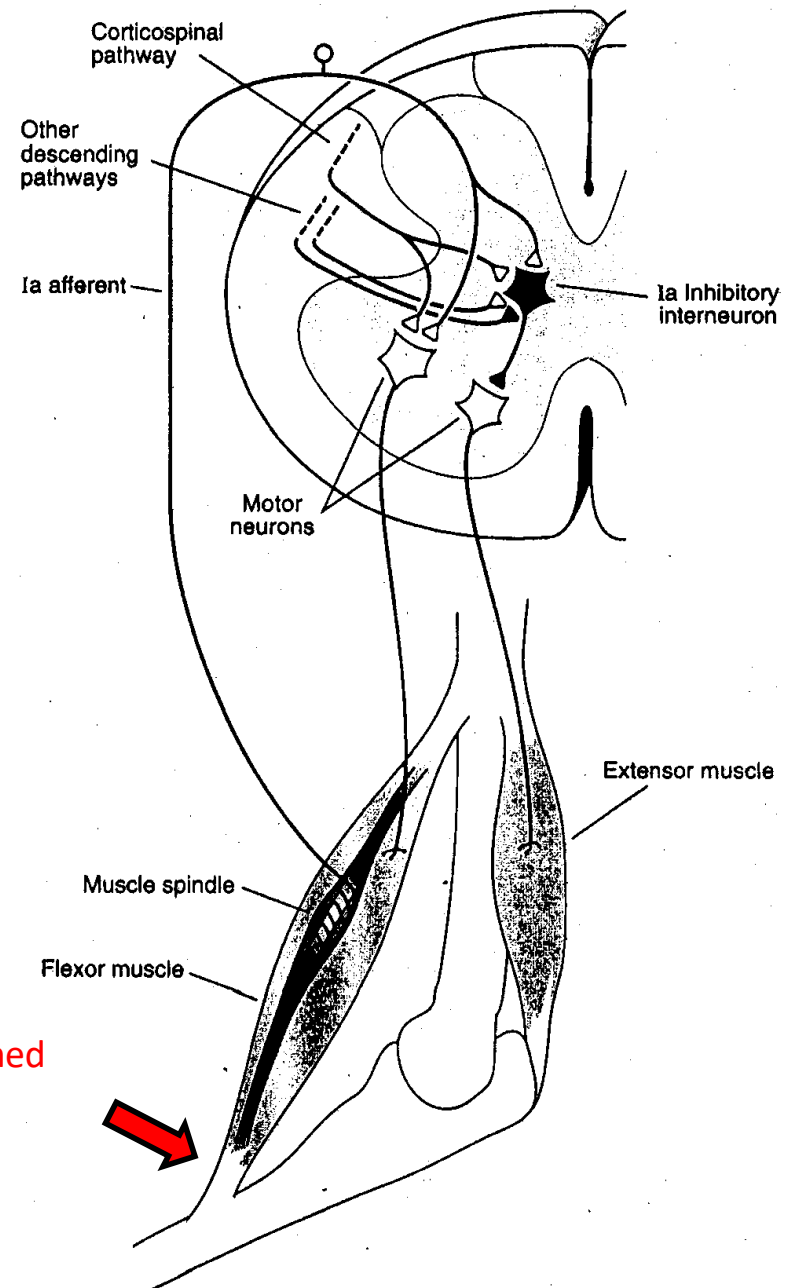
Reflexer

- "ett omedelbart motoriskt svar på retning av ett sinnesorgan"
- stereotyp, utlöses alltid vid tillräcklig retning
- "förprogrammerad"
- det finns många liknande, men inlärd, 'motoriska svar'

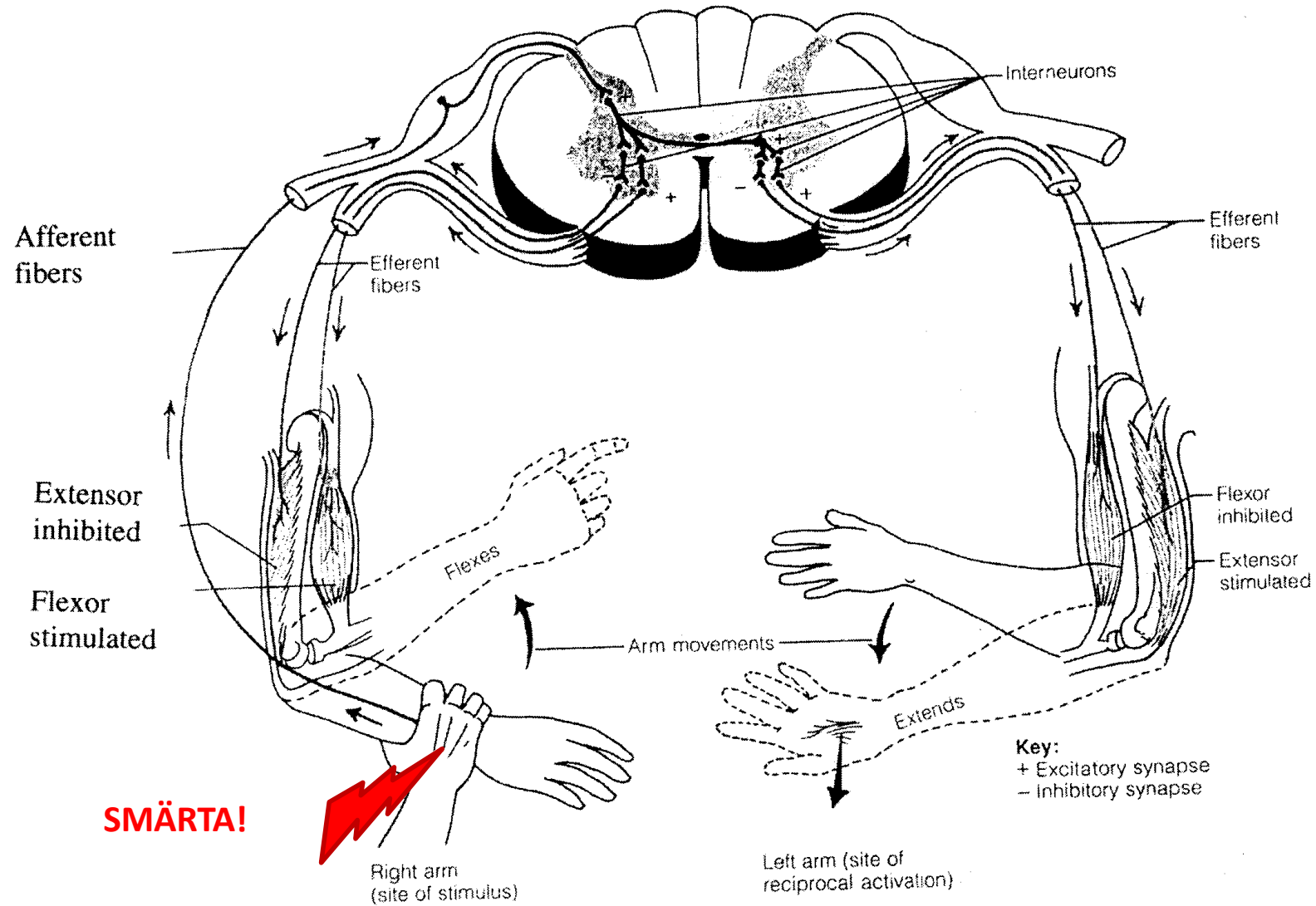
Sträckreflexen

- Mono-synaptisk:
Ia-afferenterna kopplas till samma muskels alfa-motorneuron,
- normalt sett en relativt svag reflex, hjärnan inhiberar via descenderande bansystem
- förstärkta reflexer = spasticitet
- försvagade reflexer:
vanligen en perifer nervskada

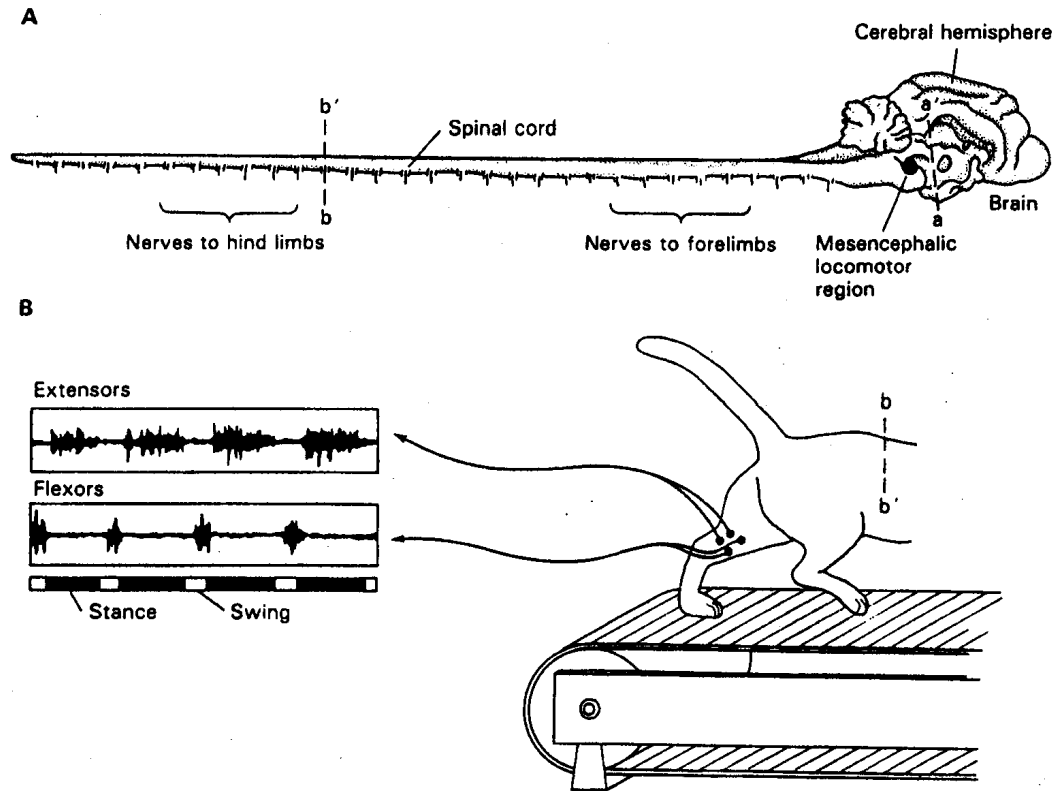
Ulöses av ett slag med reflex-hammare mot senan



Flexorreflex och korsad extensorreflex: exempel på skyddsreflexer



Den spinala gång-generatorn



MLR (i hjärnstammen) styr
 * start/stopp
 * hastighet

In mammals rhythmic locomotor patterns are generated by intrinsic spinal cord circuits that are activated by descending signals from the brain stem. (Adapted from Pearson, 1976.)

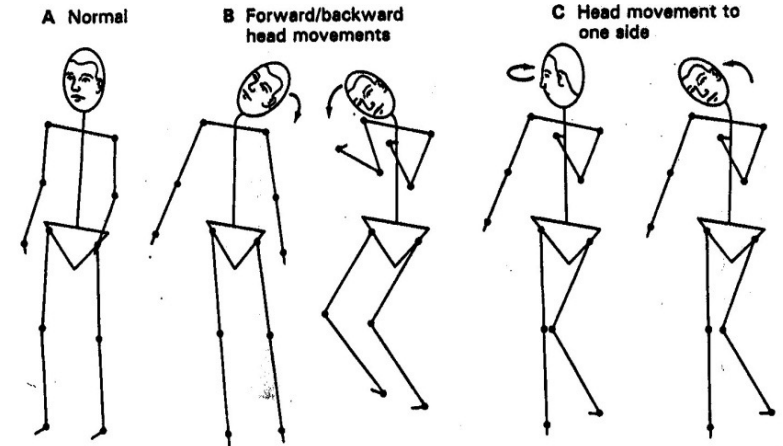
A. Transection of the spinal cord of a cat at the level of b'-b isolates the hindlimb segments of the cord. The hindlimbs are still able to walk on a treadmill after recovery from surgery. Transection at the level a'-a isolates the spinal cord and lower brain stem of the cat from the cerebral hemispheres. Locomotion can be produced in the animal by electrical stimulation of the mesencephalic locomotor region.

B. Locomotion of a cat transected at b'-b as demonstrated on a motorized treadmill. Reciprocal bursts of electrical activity can be recorded from flexors during the swing phase and from extensors during the stance phase of walking.

Toniska nackreflexer



Neck reflexes are readily elicited in newborns and are expressed in adults when posture requires optimal control. (Adapted from Fukuda, 1961.)



The actions of neck reflexes on the limb muscles of standing humans. (Adapted from Tokizane et al., 1951.)

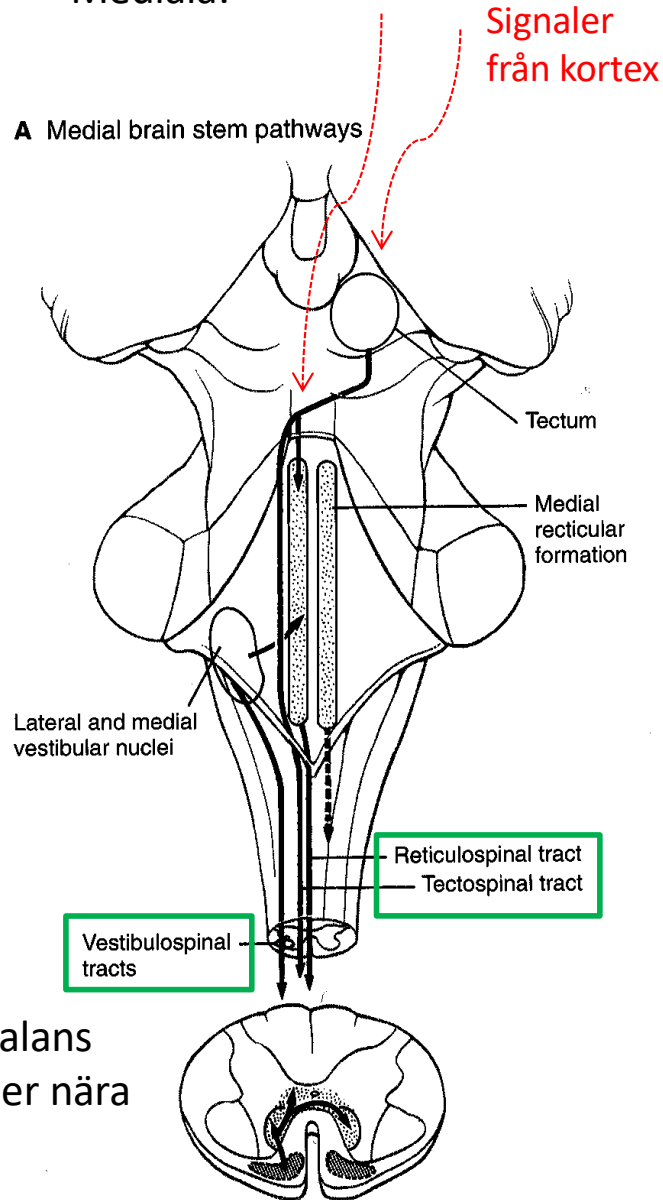
A. Normal posture.

B. Bending the neck backward produces extension of arms and legs, while bending the neck forward produces flexion of arms and legs. It should be noted that in animals, bending the neck backward produces extension of the forelimbs and flexion of the hindlimbs. The reverse occurs with bending the neck forward.

C. Rotating the head to the right or bending it to the right produces extension of the right arm (*extension of the chin limbs*) and leg and flexion of the left (*contralateral*) limbs.

Descenderande bansystem: Hjärnstamsbanor

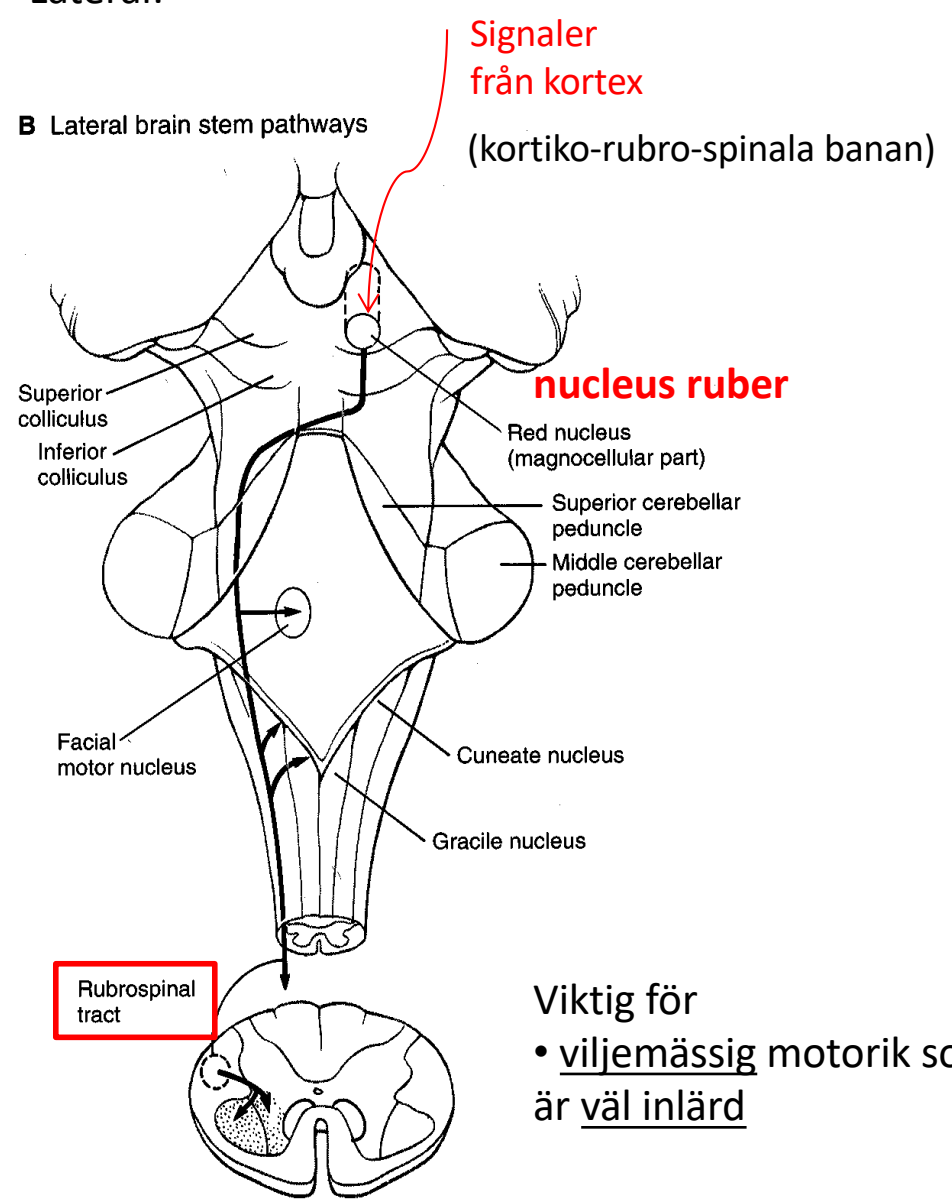
Mediala:



Viktiga för

- kroppshållning, balans
- styrning av muskler nära medellinjen ("axiala" muskler)

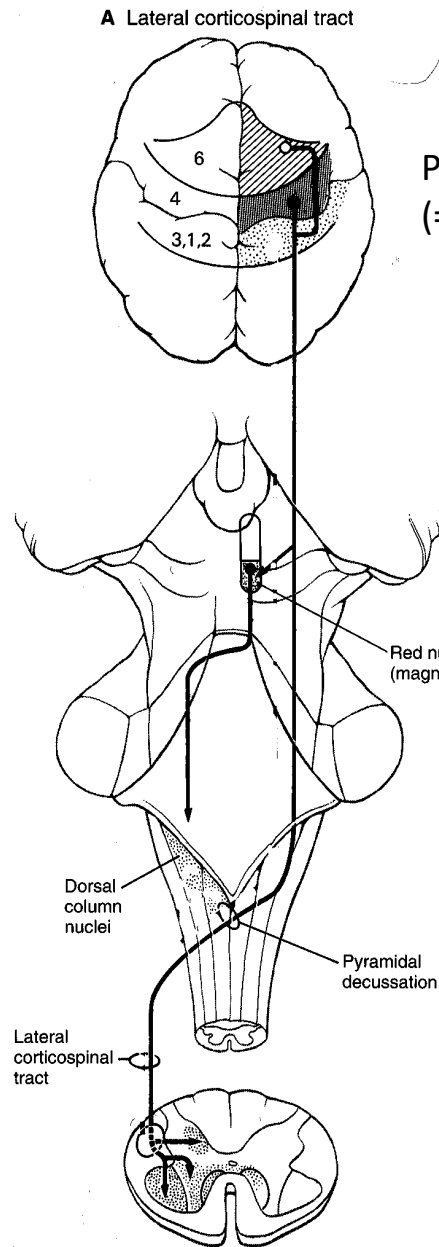
Lateral:



Viktig för

- viljemässig motorik som är väl inlärd

Descenderande bansystem: Kortiko-spinala banan ("Pyramidbanan")



Primär motorkortex
(= M1, area 4)

Viktig för

- ej väl inlärda rörelser
- fraktionerad handmotorik

(Denna bana är känd för sina unika direkta kopplingar från kortex till alfa-motorneuronen, men detta utgör bara någon procent av hela banan!)

Ingen fraktionerad handmotorik efter skada på pyramidbanan

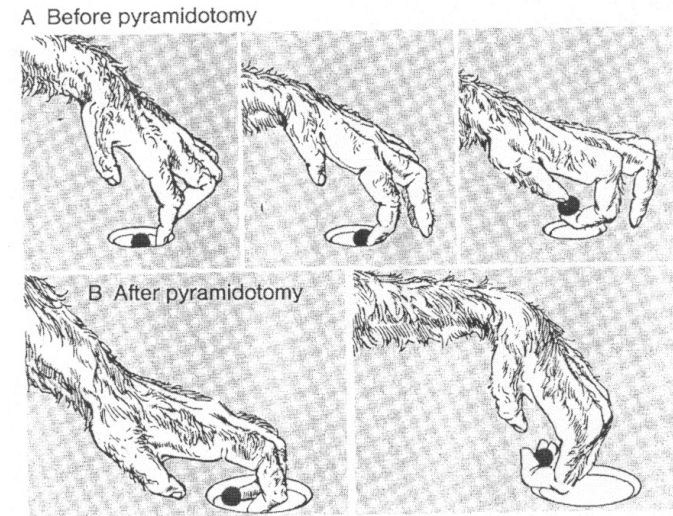
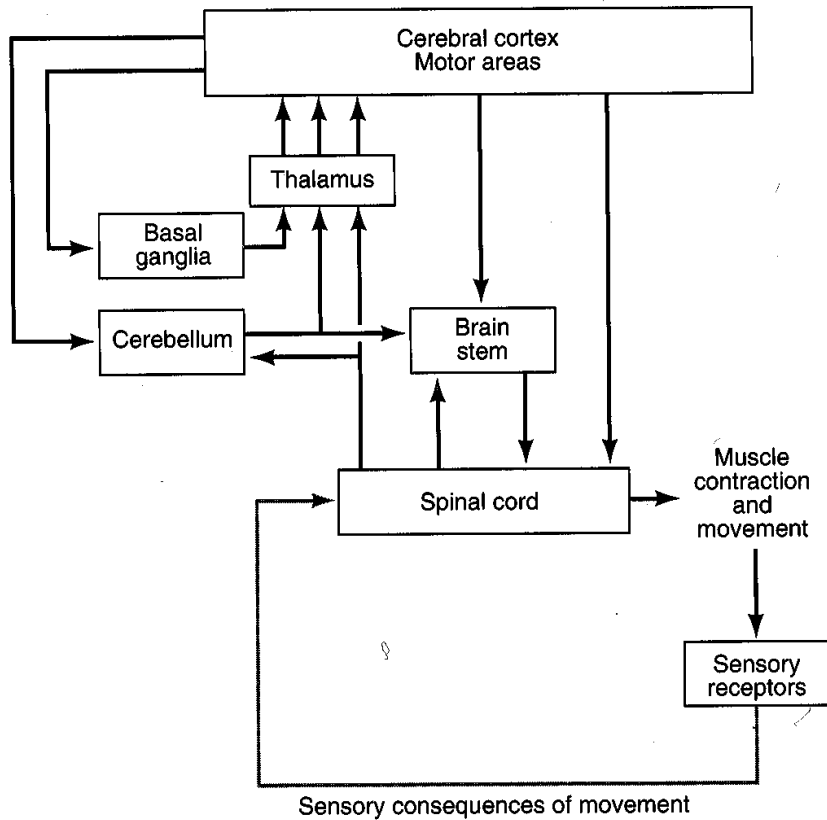


Fig. 5-29. Precise positioning of thumb and forefinger (precision grip) when a normal monkey grips a small object. B After transection of the pyramidal tract in the medulla oblongata, the monkey can grasp the object only by scooping it up with all fingers. (Data of E. CHAPMAN and M. WIESENDANGER)

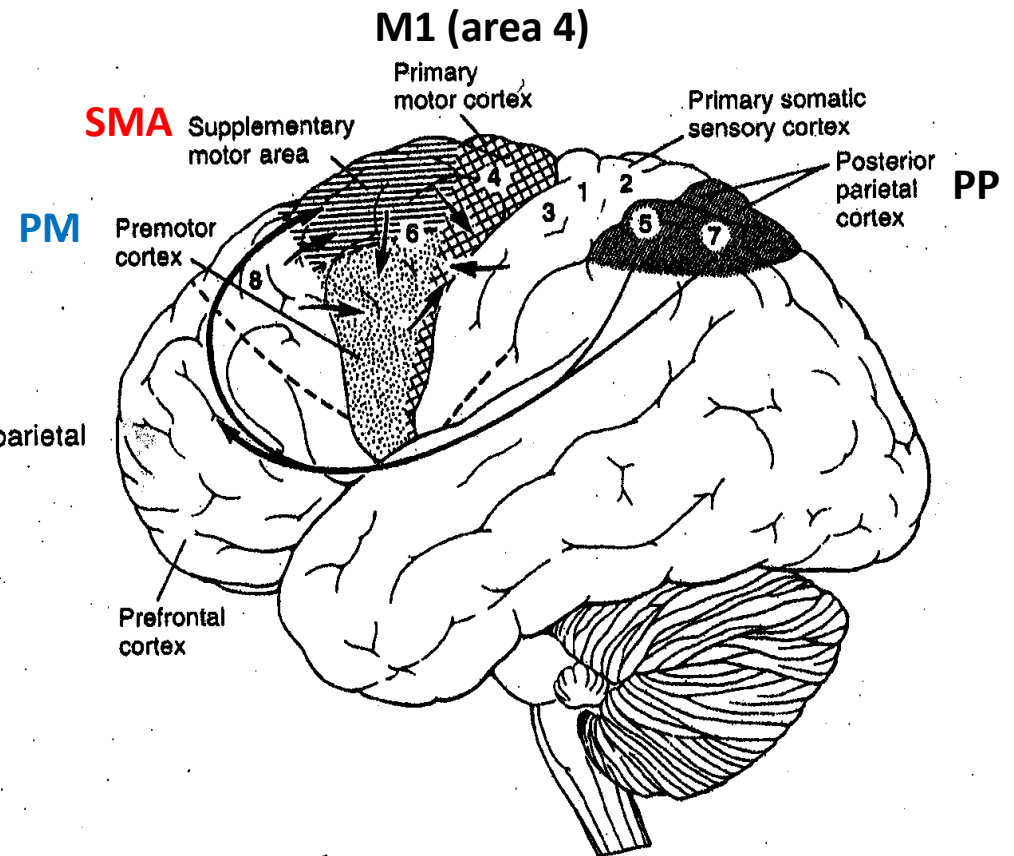
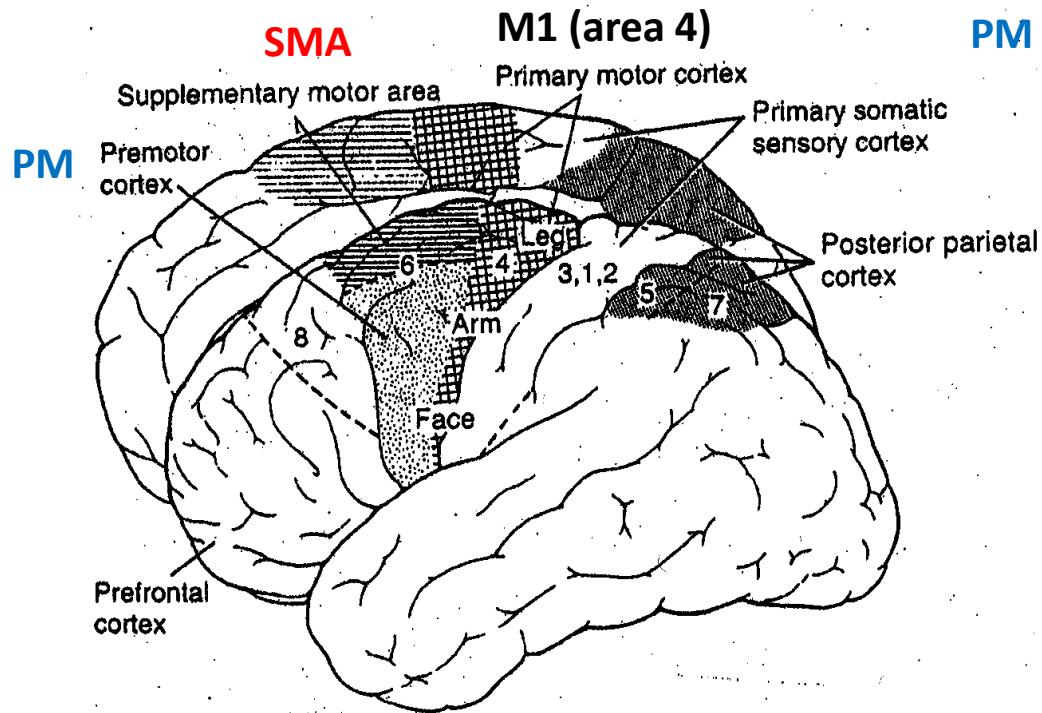
Hjärnans styrning av rörelser: Kortex, cerebellum och basala ganglier



Olika typer av motorik:

- Viljemässiga rörelser
- Delvis automatisk kontroll av t.ex. balans, kroppshållning ("det som behövs för att vi skall kunna göra viljemässiga rörelser")
- Motoriska svar (inlärda, anpassningsbara)
- Reflexer (medfödda)

Motoriska kortexområden



Corticocortical connections. Although the arrows are unidirectional, the interconnecting pathways are reciprocal.

M1: Utföra rörelser. Planera enklare rörelser

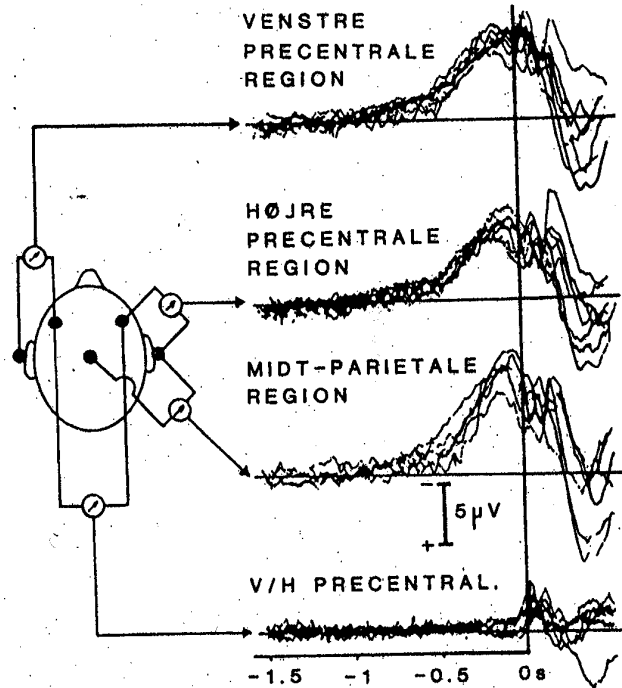
SMA + PM: Planera alla mer avancerade rörelser

PP: Sinnesinformation för rörelser (syn, känsel, proprioception, hörsel)

PM: rörelser mot ett mål i omgivningen, "yttre incitament"

SMA: tidsaspekter, t.ex. rytm. Bimanuell motorik. "Inre incitament"

Registrering av EEG vid en viljemässig rörelse (electroencephalografi, elektrisk aktivitet)

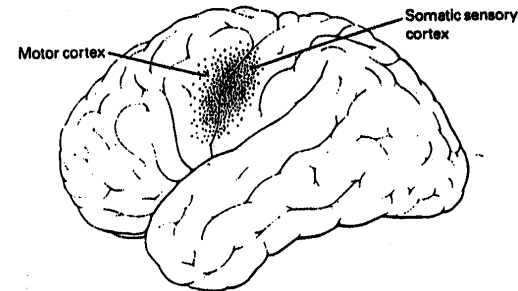


EEG-signaler före (och strax efter) starten av en volontär rörelse. EMG-aktiviteten i finger-flexorerna startar vid tiden 0.

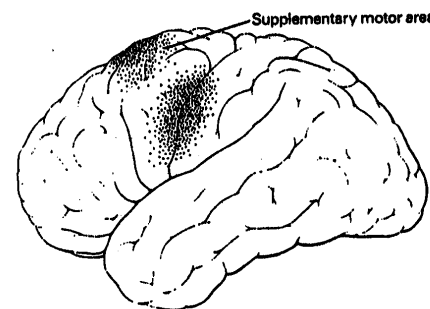
- Medelvärde av ca 100 rörelser
- beredskapspotential från SMA/PM ("Bereitschaftspotential") upp till 1 sekund före rörelsen
- "Motor potential" (ffa) från M1 strax före rörelsen (~50 ms)

Registrering av PET vid en viljemässig rörelser (mäter lokalt blodflöde i hjärnan, isotopteknik)

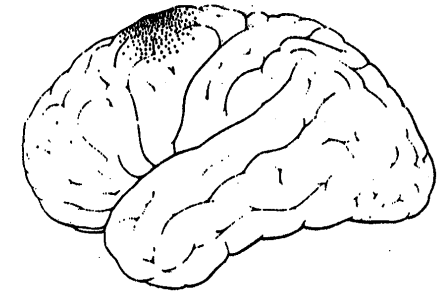
A Simple finger flexion (performance)



B Finger movement sequence (performance)

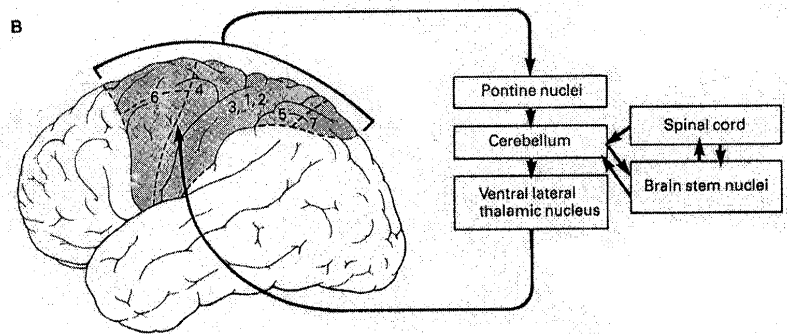
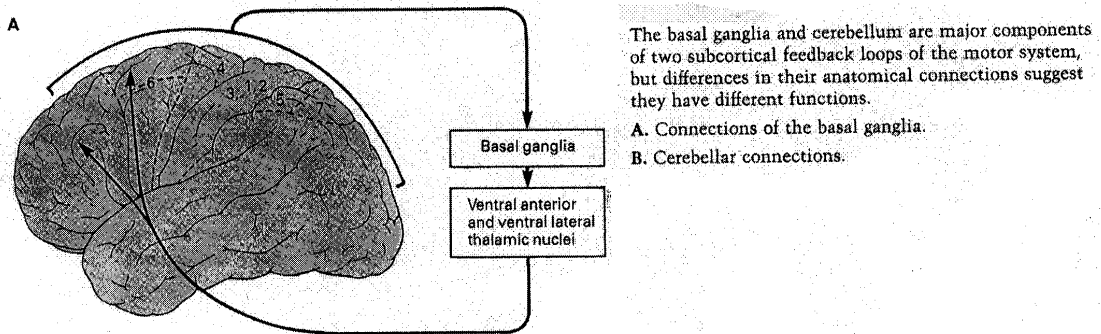


C Finger movement sequence (mental rehearsal)

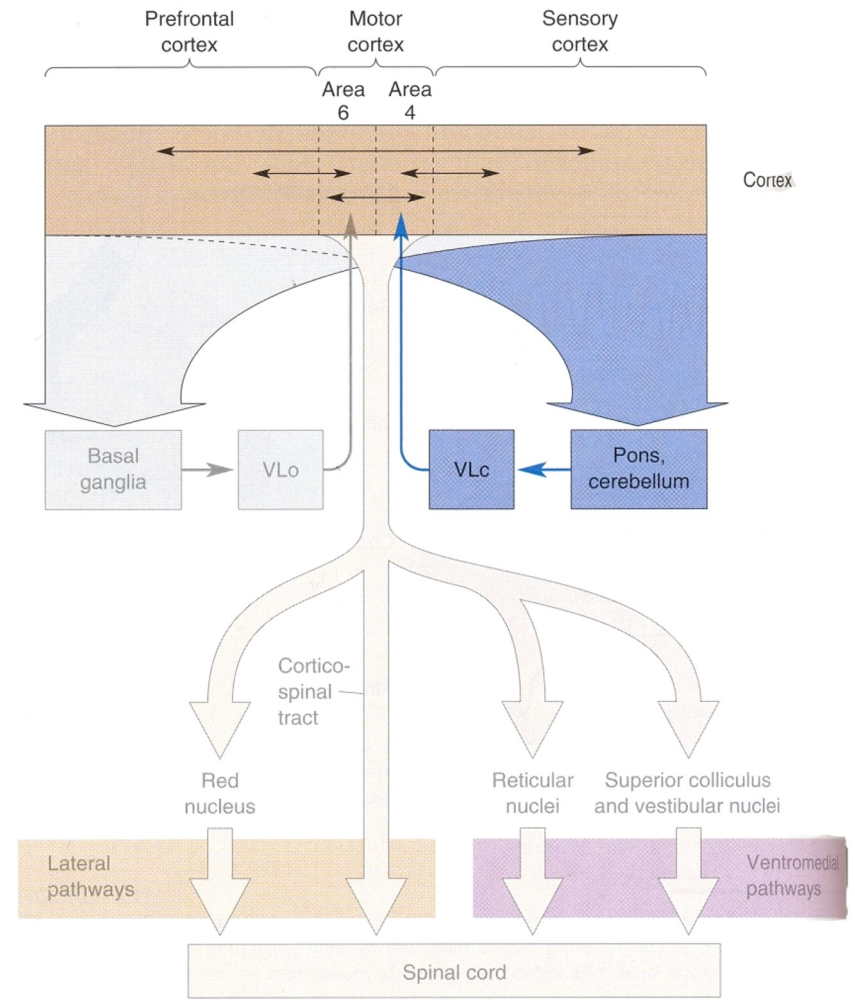


Changes in cerebral blood flow (increase indicated by stippling) during finger tasks indicate different roles played by the different cortical areas. A. Activity during simple finger flexion against a spring. B. Activity during a complex sequence of finger movements. C. Activity during mental rehearsal of sequence. (Adapted from Roland et al., 1980.)

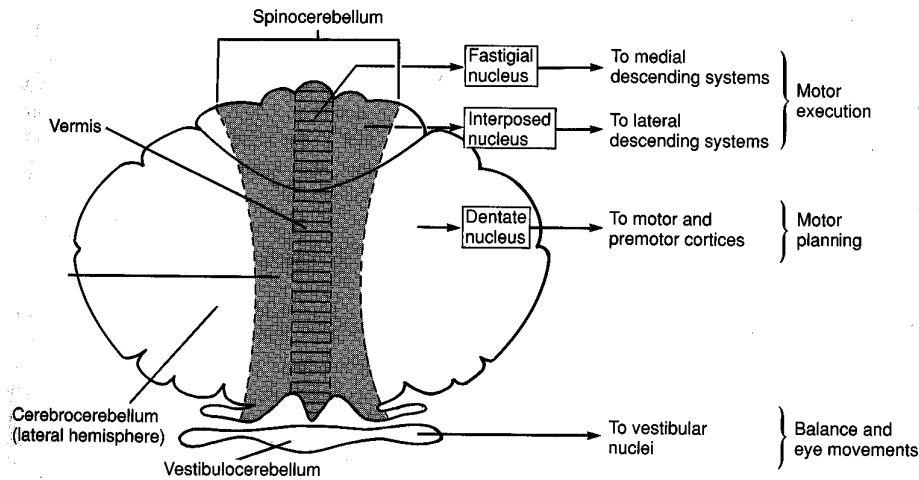
Basala ganglier och cerebellum: schematiska skisser



”Side path theory”



Cerebellum – schematisk anatomi



Spinocerebellum: UTFÖRANDE

Cerebrocerebellum: PLANERING

**Vestibulocerebellum:
Postural kontroll, ögonrörelser**

B Inputs

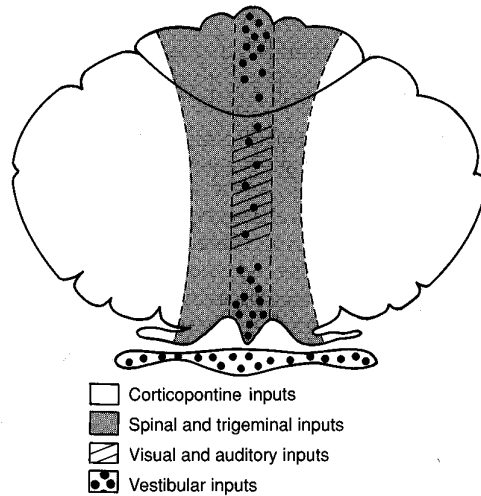
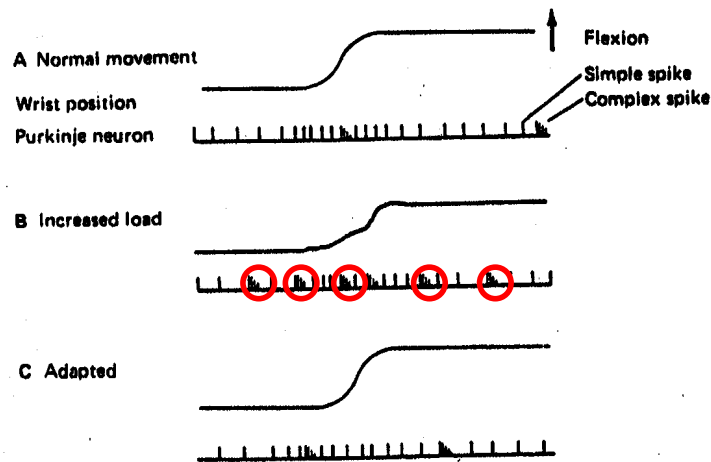


FIGURE 41-7

The cerebellum has three functional components with different outputs (A) and inputs (B).

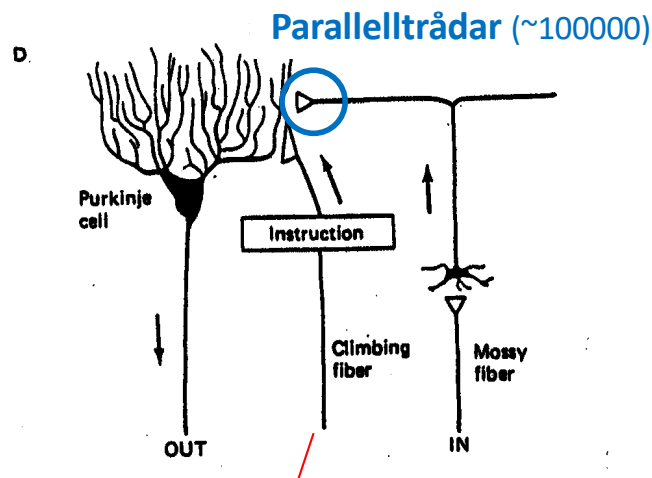
Cerebellum: cellulära mekanismer för motorisk inlärning



- Purkinjecellen:
- 'Simple' och 'complex spikes'
- = Vanliga AP (simple) resp. korta skurar av AP (complex)

Changes in simple and complex spike activity take place as a monkey learns to move a novel load.

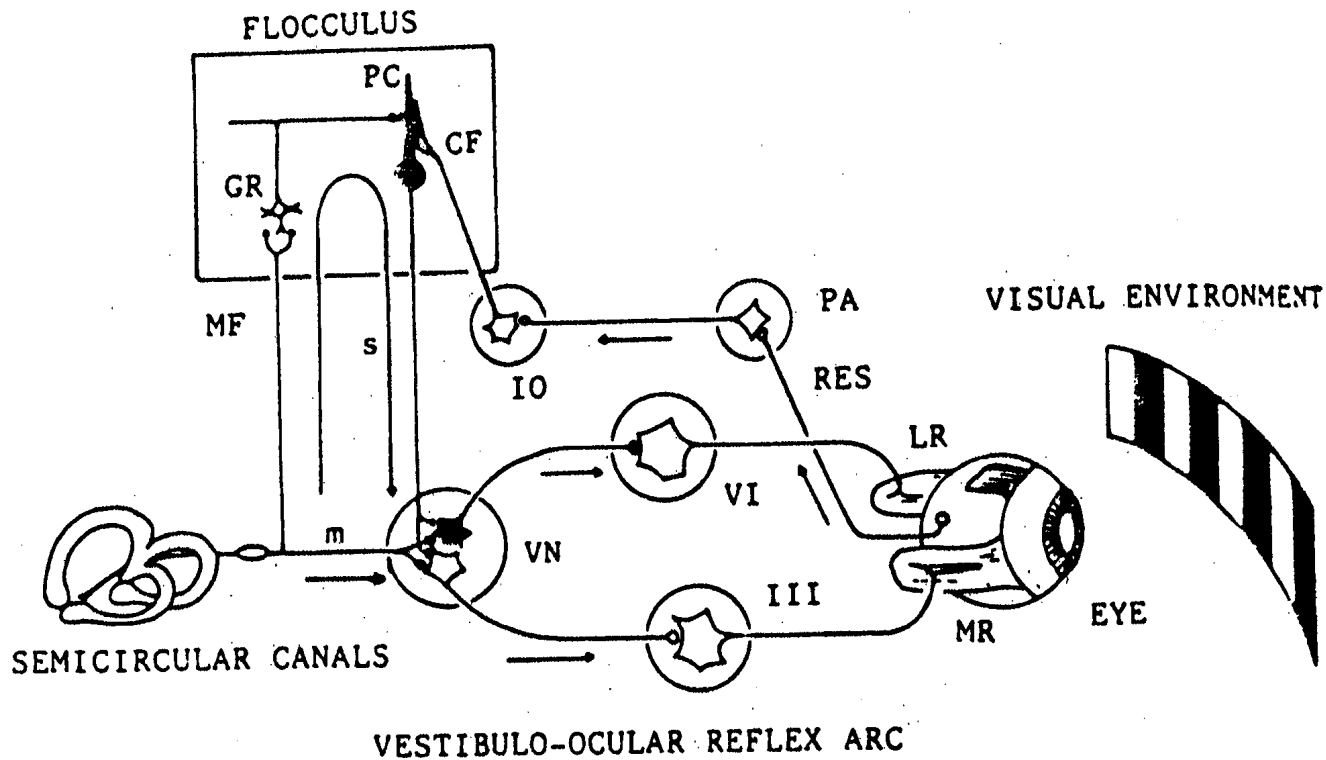
A. A control trial prior to load presentation produces only occasional complex spikes. B. The trial immediately following the application of a novel load exhibits numerous complex spikes. C. The trial after practice with the new load shows a return to pre-load level of complex spikes and a decrease in simple spikes. D. Simplified neural circuit showing the convergence of the two major inputs onto the cerebellum, the mossy fibers and the climbing fibers. The changes that occur in the cerebellum following the learning of a novel motor task result from the ability of the climbing fibers to depress the actions of the mossy fibers on the Purkinje cells. According to this view, the climbing fibers *instruct* or *modulate* the action of the mossy fibers.



Klättertrådar
(1 st per Purkinjecell)

- 'Complex spikes' inducerar LTD (long-term depression) i parallell-trådarnas synapser
- underlag för motorisk adaptation och motoriskt minne i lillhjärnan

Motorisk adaptation i cerebellum: Vestibulo-okulära reflexen (VOR)



Neuronal connections of the VOR arc and cerebellar flocculus. III and VI, oculomotor and abducens cranial nerve nuclei; VN, vestibular nuclei; LR, lateral rectus muscle; MR, medial rectus muscle; MF, mossy fiber; CF, climbing fiber; PC, Purkinje cell; GR, granule cell; IO, inferior olive; PA, pretectal area; RES, retinal error signal; m, major pathway of the VOR arc; s, floccular pathway to the VOR arc. Inhibitory neurons and synapses are in black, and excitatory ones are left unfilled.

Cerebellums roller i planering och utförande av rörelser

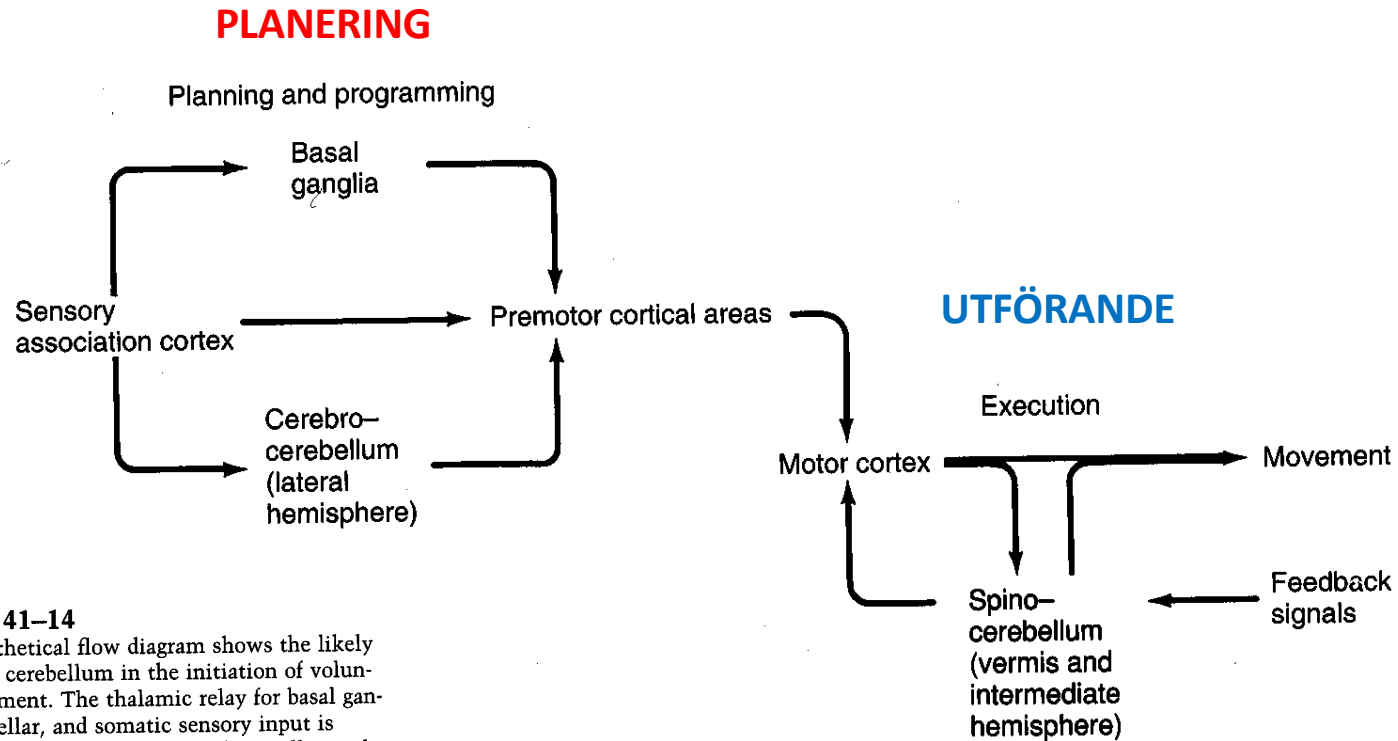
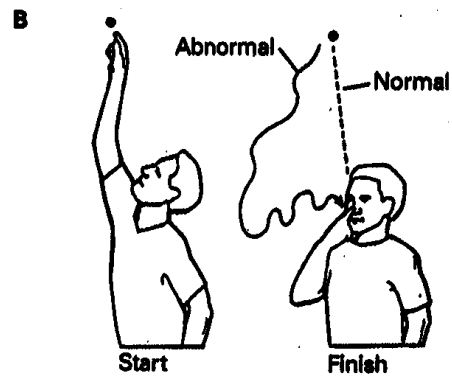
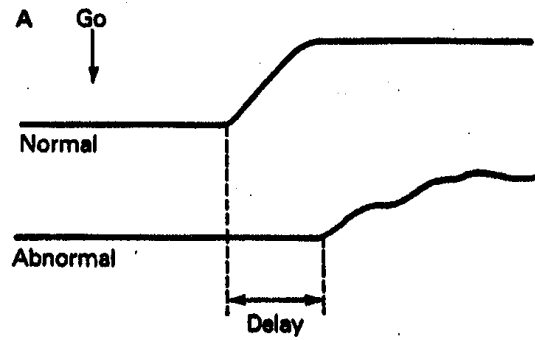


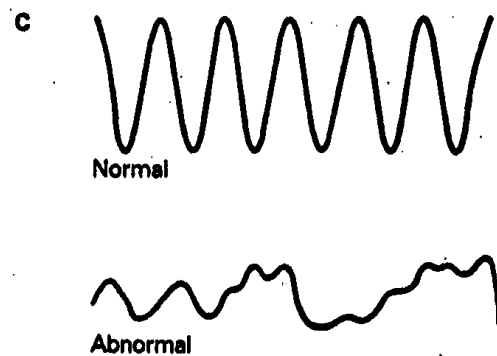
FIGURE 41-14

This hypothetical flow diagram shows the likely role of the cerebellum in the initiation of voluntary movement. The thalamic relay for basal ganglia, cerebellar, and somatic sensory input is omitted for simplicity. (Adapted from Allen and Tsukahara, 1974.)

Symtom på lillhjärneskada: Samlingsbegrepp ATAXI

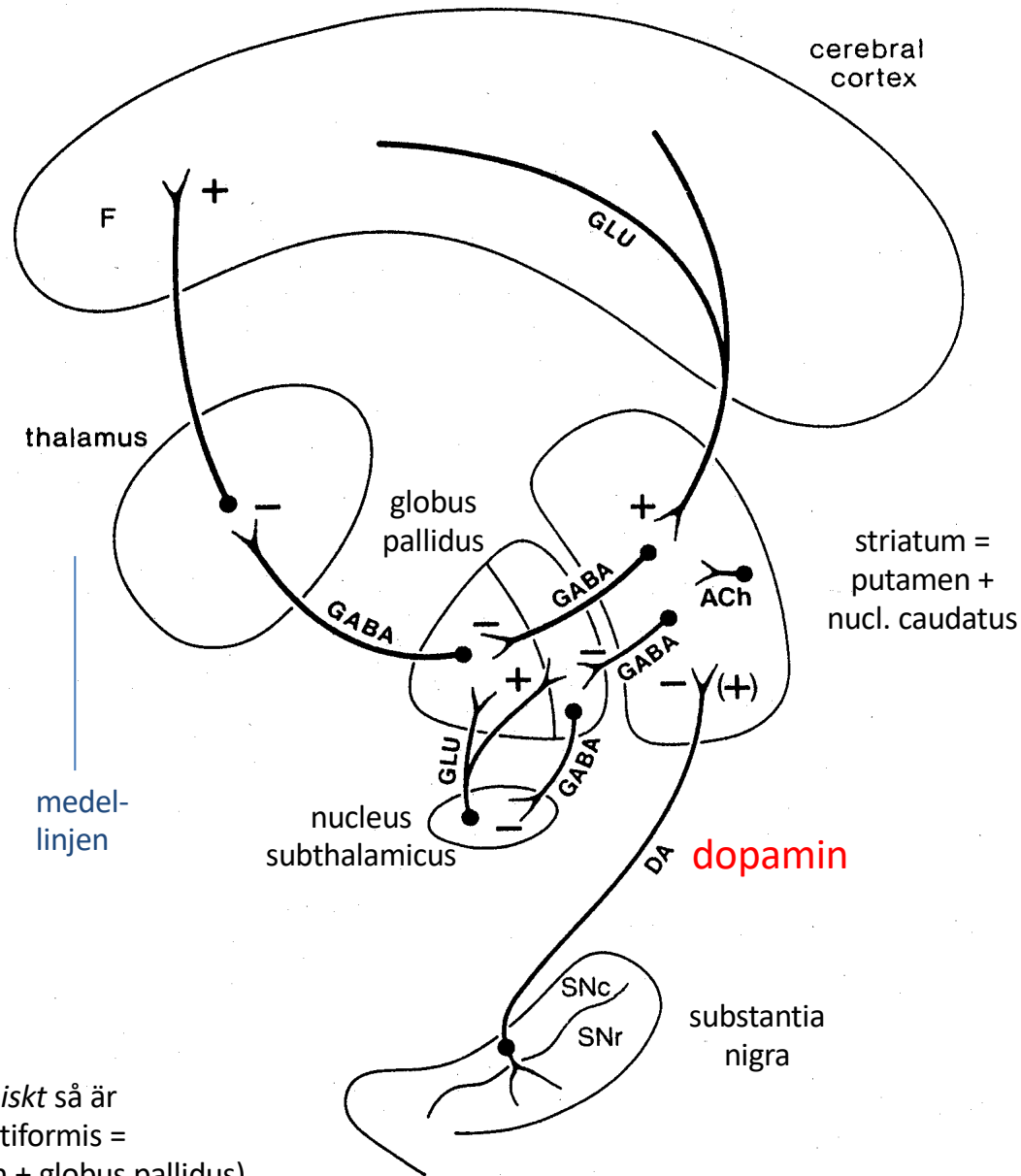


- dysmetri = fel storlek på rörelser
- intentionstremor = skakningar under rörelser



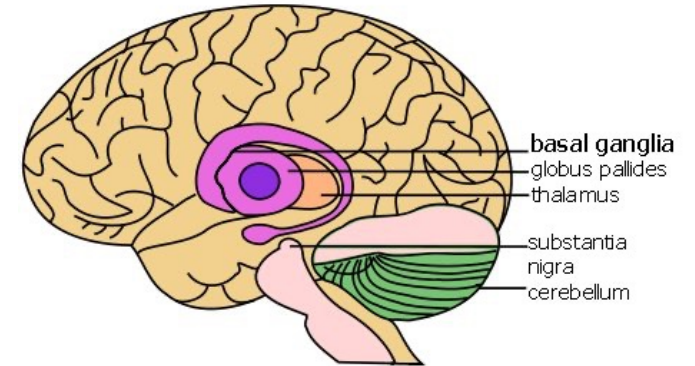
- svårt att ändra rörelseriktning ((adiadochokinesi))

Basala ganglier: anatomisk skiss (schematiskt frontalsnitt)



(anatomiskt så är nucl. lentiformis = putamen + globus pallidus)

Basal Ganglia and Related Structures of the Brain



Parkinsons sjukdom:

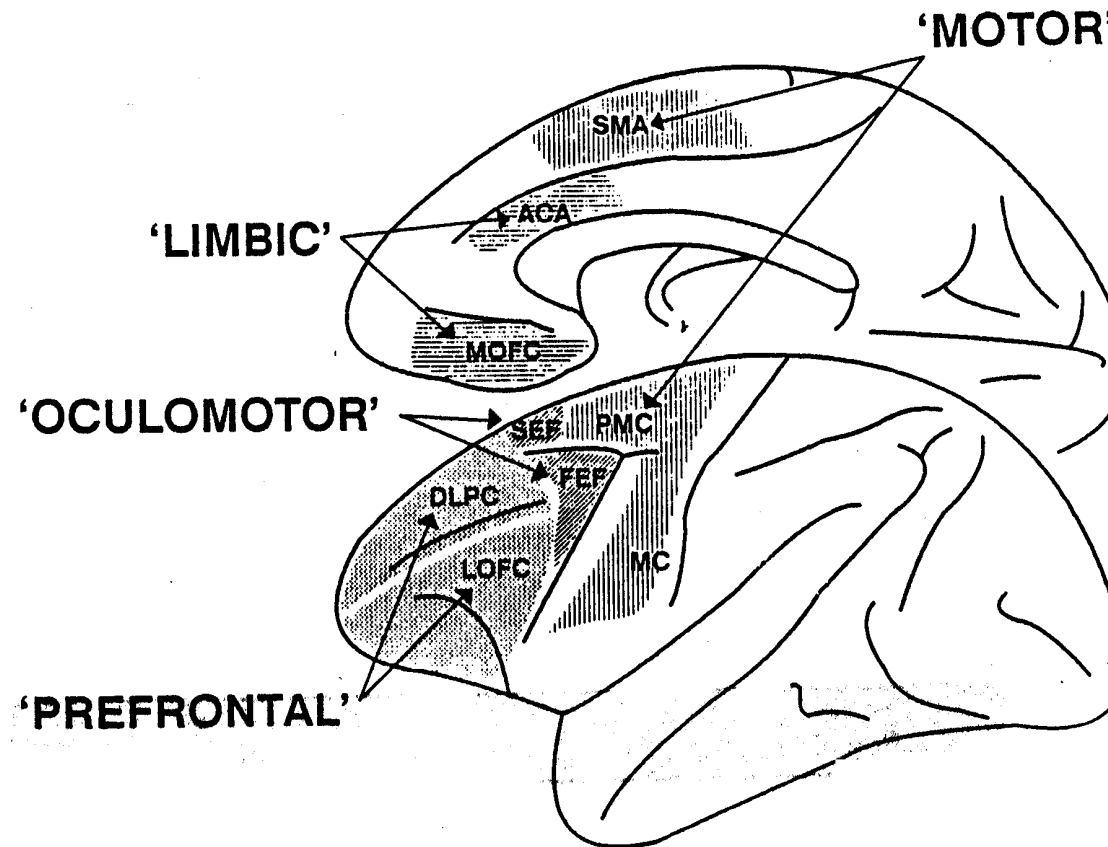
- hypokinesi (rörelsefattigdom)
- rigiditet
- tremor = skakningar i vila

Huntingtons sjukdom (chorea; "danssjuka"):

- ofrivilliga rörelser (+ demens)

Fler tillstånd: athetos, hemiballism, 'tics', Tourettes syndrom

Målområden i kortex för signaler från de basala ganglierna



Frontal lobe targets of basal ganglia output. Schematic illustration of the cortical areas that receive the output of the separate basal ganglia-thalamocortical circuits. Abbreviations: ACA, anterior cingulate area; DLPC, dorsolateral prefrontal cortex; FEF, frontal eye field; LOFC, lateral orbitofrontal cortex; MC, primary motor cortex; MOFC, medial orbitofrontal cortex; PMC, premotor cortex; SEF, supplementary eye field; SMA, supplementary motor area.

Motoriska kontrollstrategier: Balansen

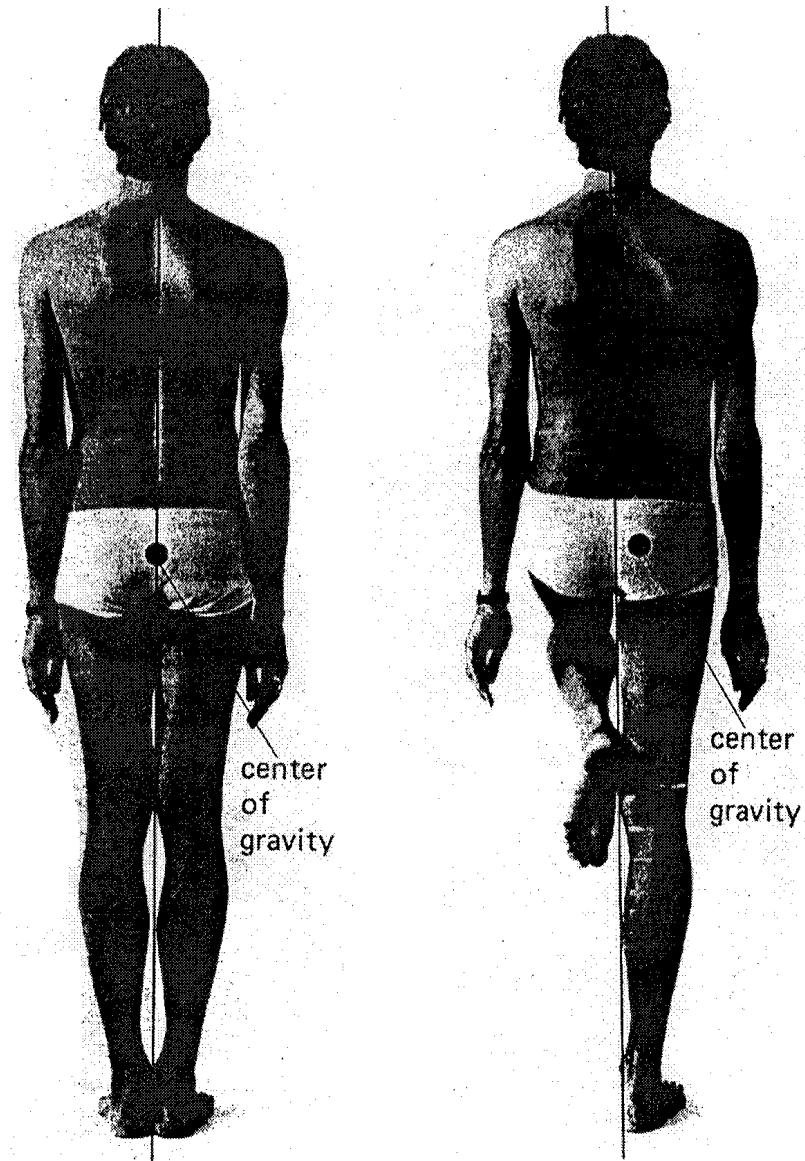
”Plan A”. Förberedelse och planering

- ”ett steg före”
- komplicerat, kräver många av CNS motoriska kretsar för inläring, ”livslång inläring”
- fördelar: snabbare, ökad stabilitet
- ”måste bli rätt”
- t.ex. en spårvagn som startar

”Plan B”. Återkoppling (=feedback) från sinnesorganen

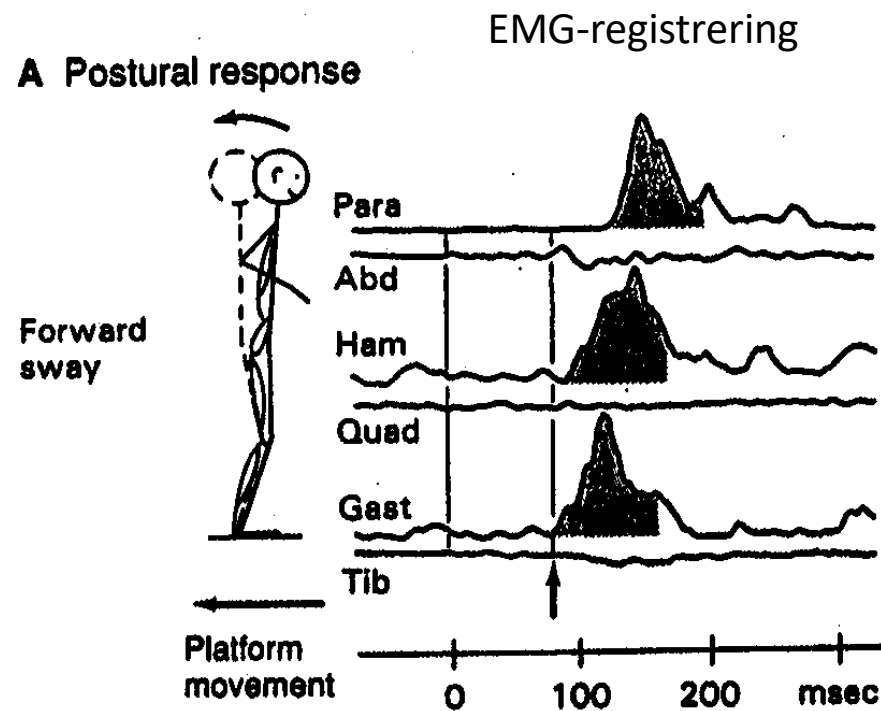
- alltid ”ett steg efter”
- risk för instabilitet, begränsad hastighet
- behövs om något (trots allt) går snett
- även dessa funktioner är oftast inlärd, avancerade (t.ex. koordinerade muskelmönster), anpassningsbara
- t.ex. att snubbla; en oväntad inbromsning

Planering av balansen: Antecipatorisk kontroll



Posturalt motoriskt svar ("Posturala reflexer")

- En liten störning av balansen leder snabbt till kontraktion i benens och ryggens muskler
- Ser ut som en reflex (< 100 ms) men det är inlärt
- Sinnesorgan:
 - Vestibularis
 - Synen
 - Proprioception
 - Hudens känsel



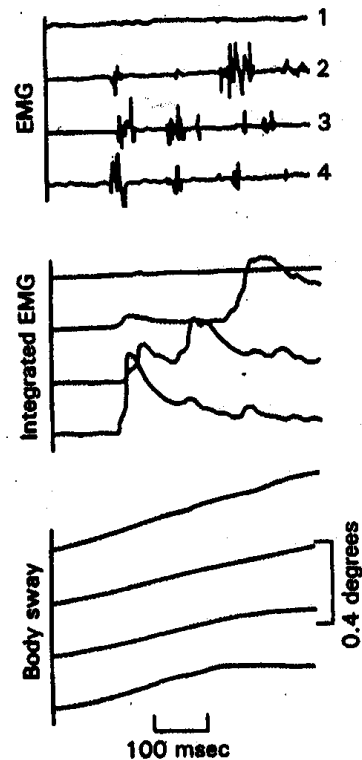
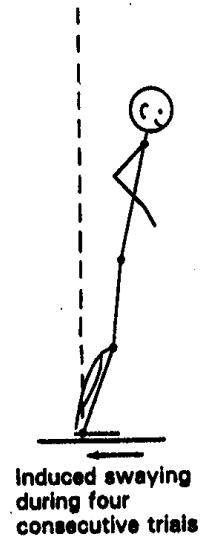
A movable platform is used to perturb stance in various ways. (Adapted from Horak and Nashner, 1986.)

Backward movement of the platform makes the subject sway forward (A). This elicits a compensatory response organized in the distal to proximal sequence (first the gastrocnemius, then the hamstrings and lumbar paraspinal muscles).

Det posturala motoriska svaret kan anpassas efter omständigheterna
(vestibulo-cerebellum)

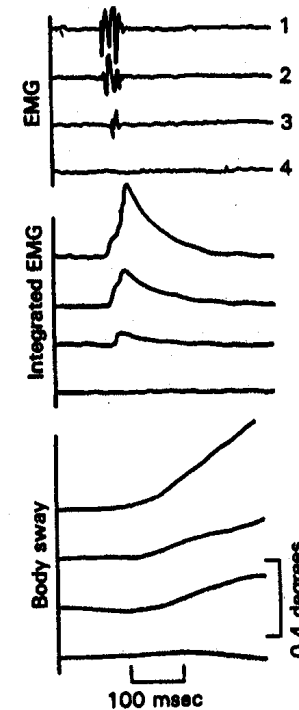
Personen svajar genom att underlaget rör sig bakåt

A Backward movement of platform



Personen svajar genom att underlaget roterar

B Tilting of platform

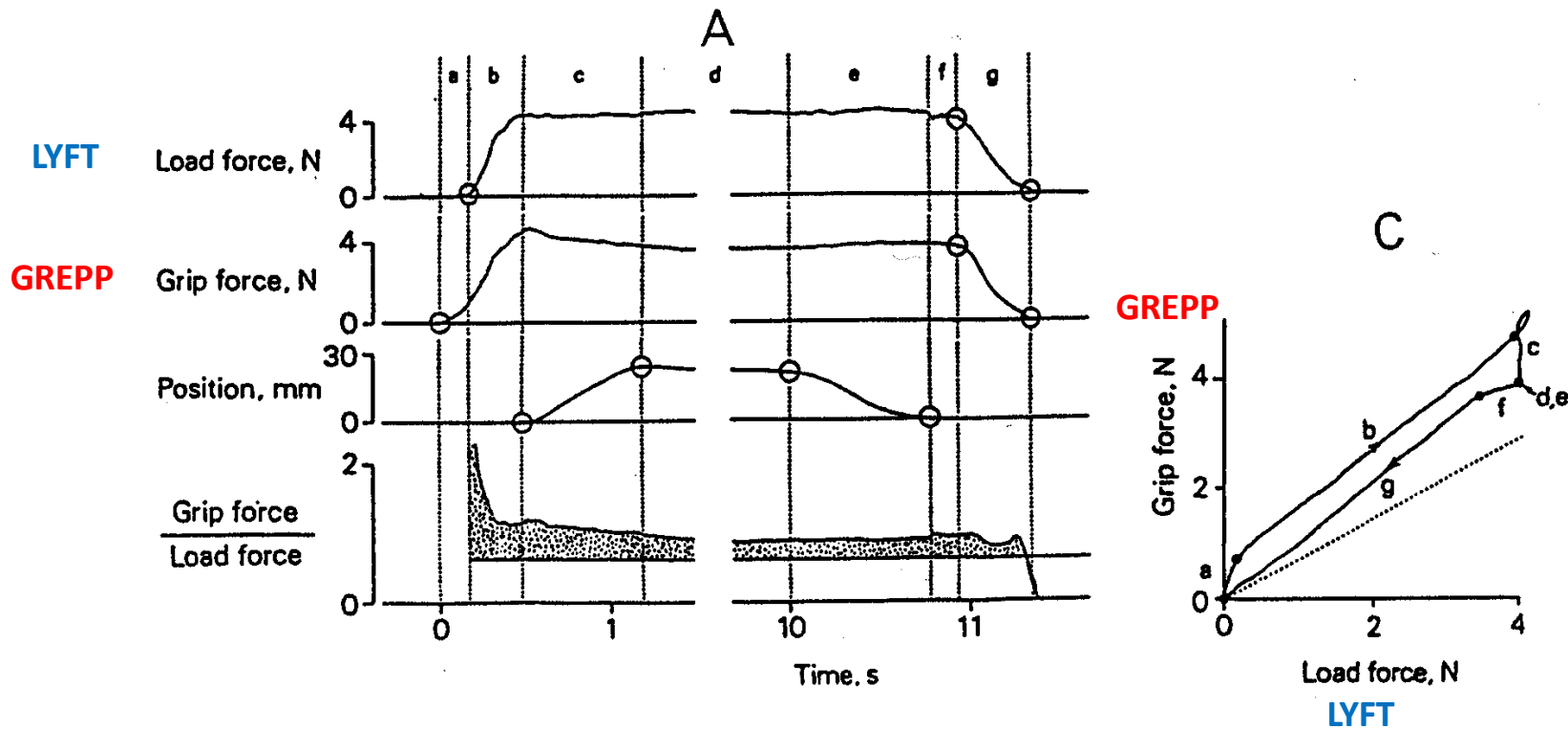


The muscles that contract during body sway are adapted to counteract the disturbance. (Adapted from Nashner, 1976.)

A. Sway induced by unexpected backward movement of the platform triggers a rapid postural response in the gastrocnemius muscle that occurs progressively earlier with repeated trials. (Numbers opposite EMG traces refer to consecutive trials.)

B. When the ankle is unexpectedly tilted in the toes up direction, the large contraction of gastrocnemius on the first trial initially destabilizes posture and induces large body sway. However, this response is attenuated after a few trials and sway is reduced.

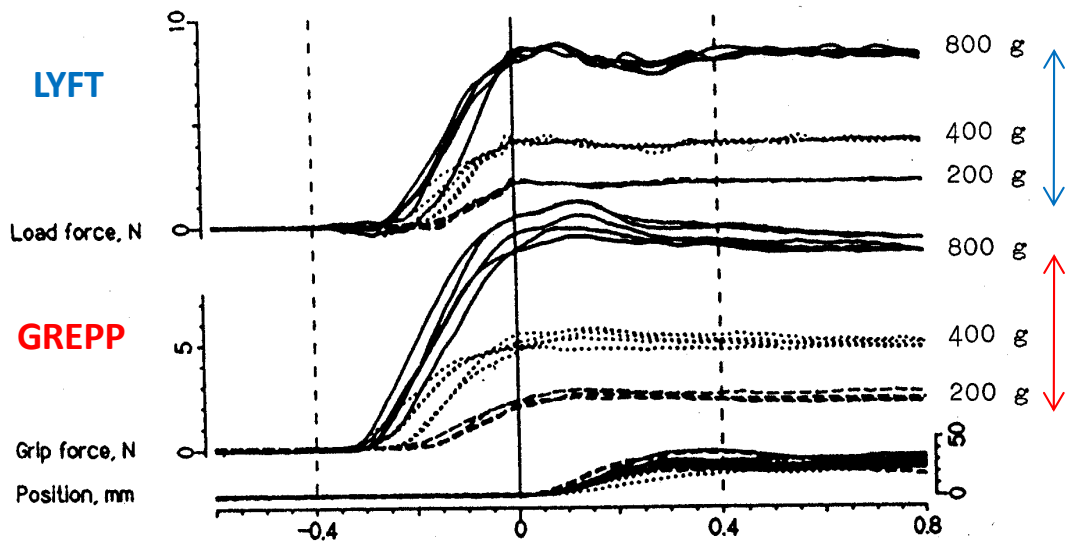
Motoriska kontrollstrategier : Handgreppets motoriska program



A. Utveckling av krafter i samband med att man lyfter ett föremål mellan tumme och pekfinger (a-c), håller det i luften (d) och sätter ned det (e-g). Den understa kurvan visar kvoten mellan grip- och lyftkraft. Om denna understiger linjen som är märkt "Slip ratio" tappar man föremålet. Diagrammet i C visar att de två krafterna ökas (b) och minskas (g) i mycket nära relation till varandra efter den initiala fasen (a).

Handgreppets motoriska program: parameterinställning

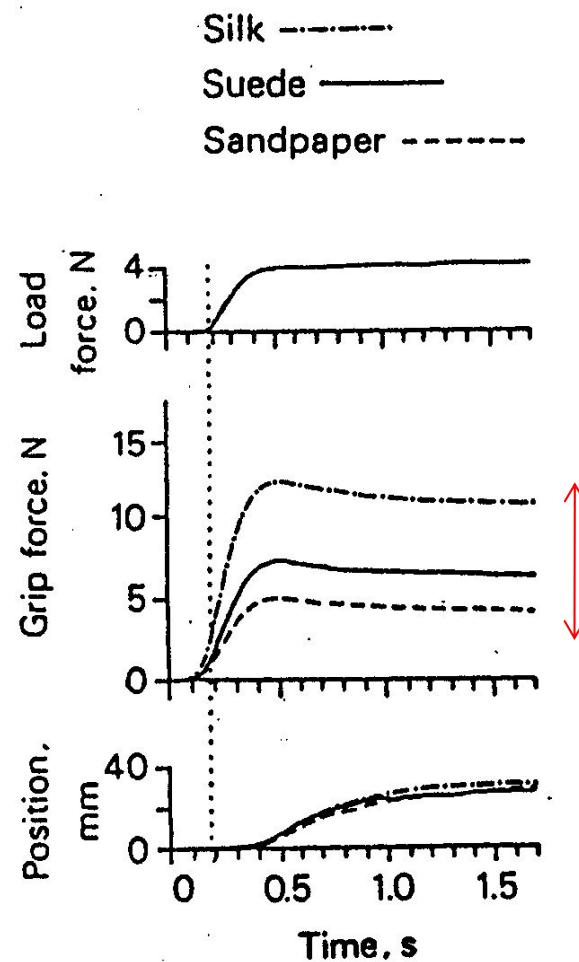
Parameterinställning vid olika vikt



Bilden visar hur både lyftkraft och gripkraft stiger brantare ju tyngre föremål man är på väg att lyfta. Dessutom pågår kraftstegringarna under längre tid ju tyngre föremålet är.

(R. Johansson, Umeå)

...vid olika yt-egenskaper (friktion)



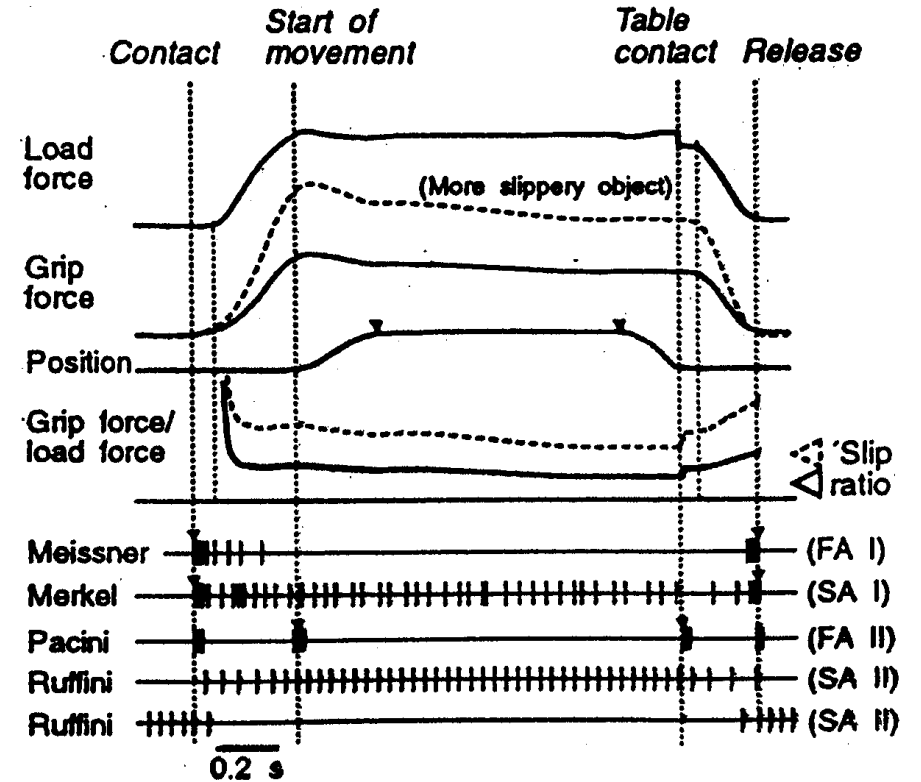
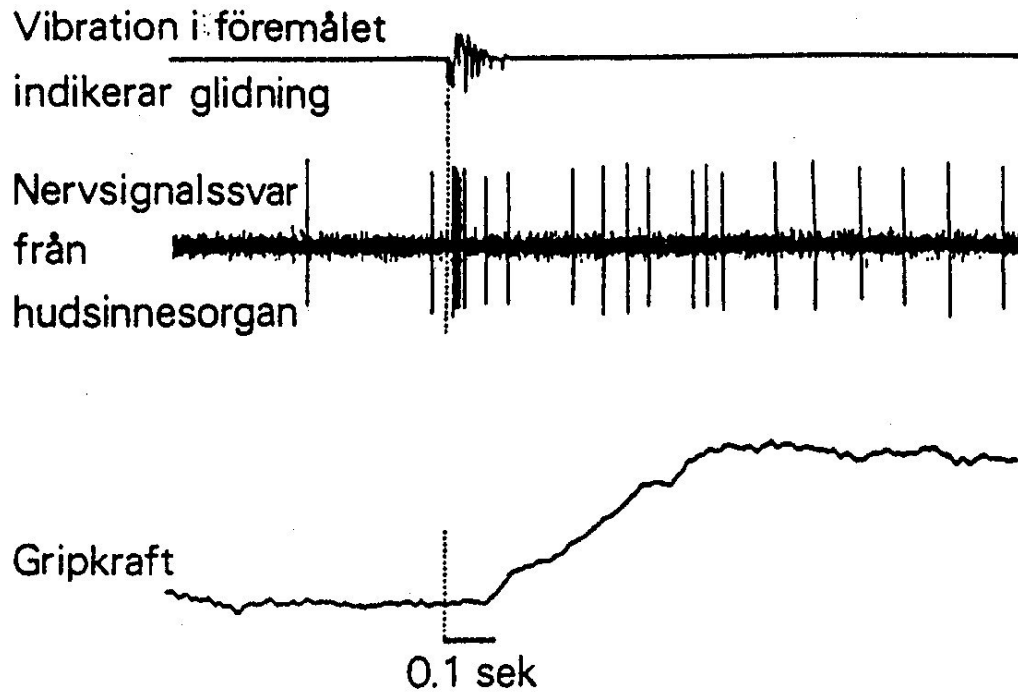
Gripkraften varierar med hur lätt föremålet kan glida mellan fingrarna, glatt yta -> större gripkraft

Handgreppet: återkoppling från handens sinnesorgan

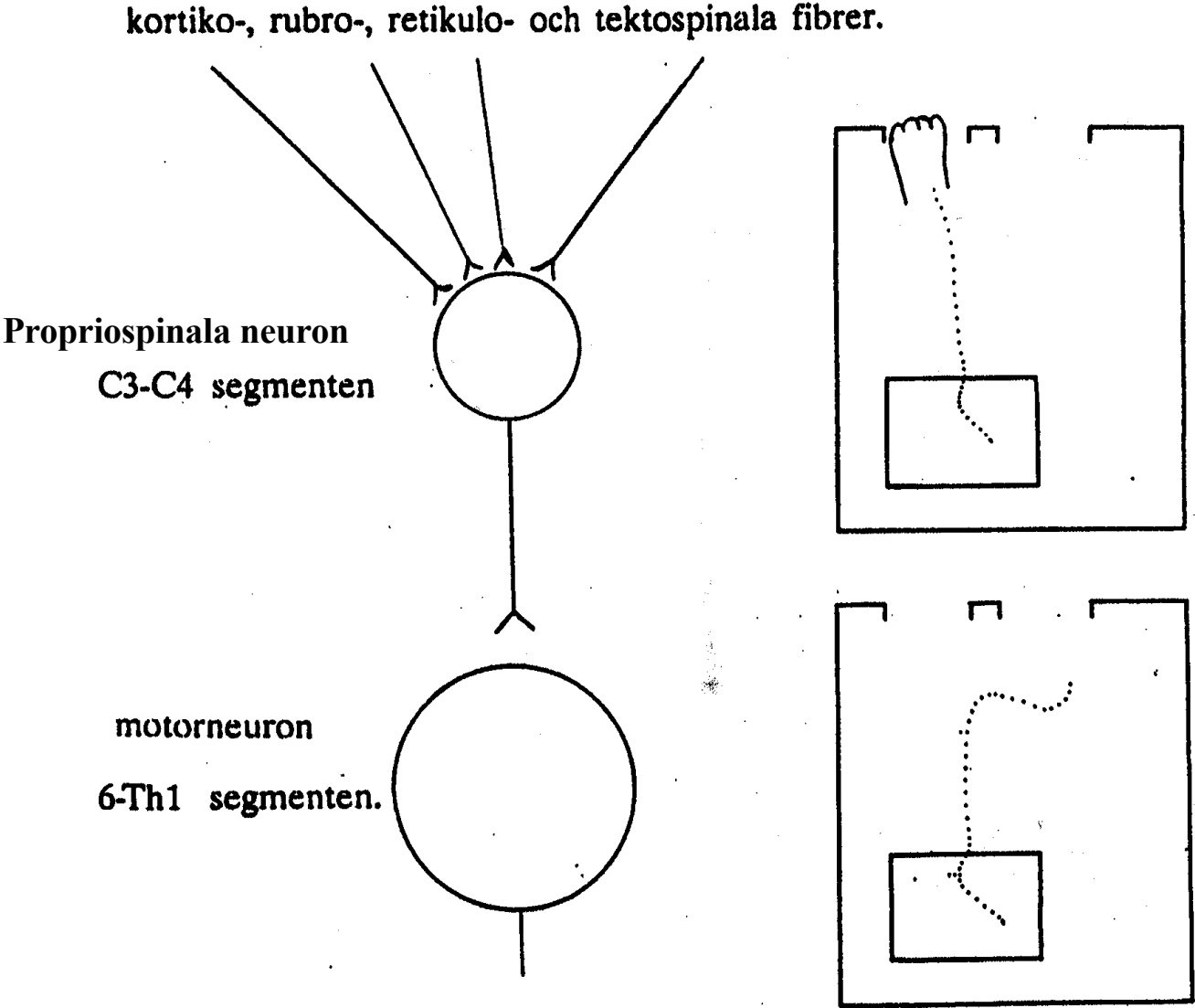
"Microslip":

En liten glidning av föremålet ger en snabb ökning av kraften

Ser ut som en reflex (70 ms), men signalerna går via cortex i hjärnan

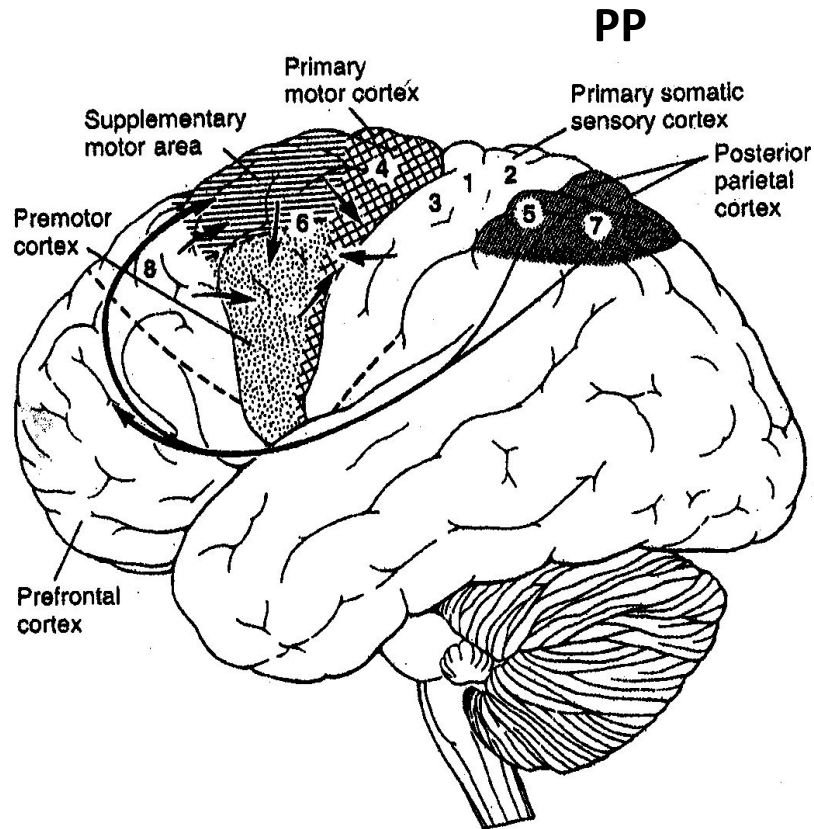


Automatisk styrning av rörelser mot visuella mål: Propriospinala interneuron



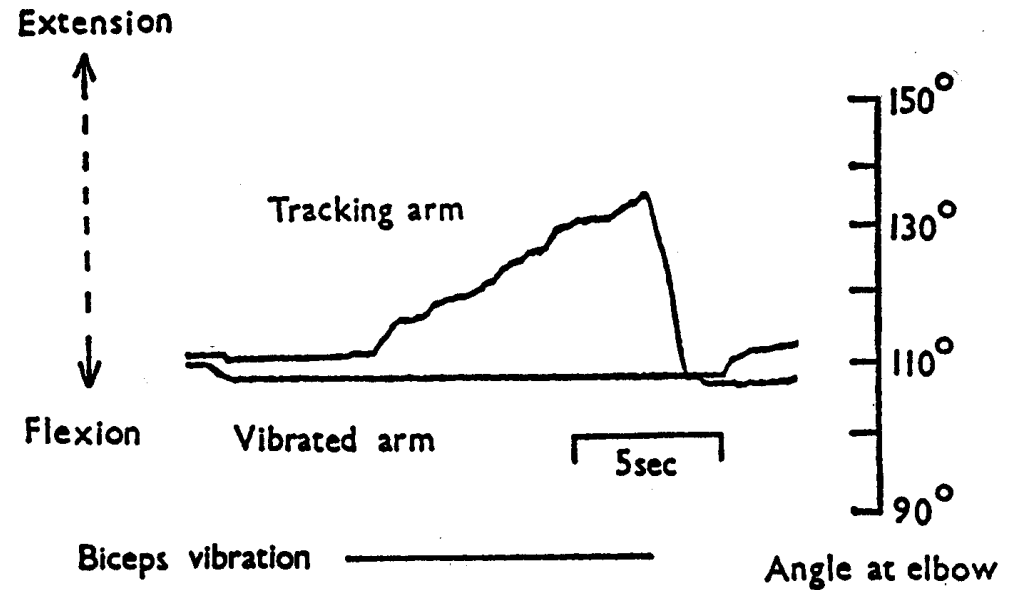
(A. Lundberg och LG Pettersson)

Högre motoriska funktioner: Ytterligare funktioner i PP och SMA/PM



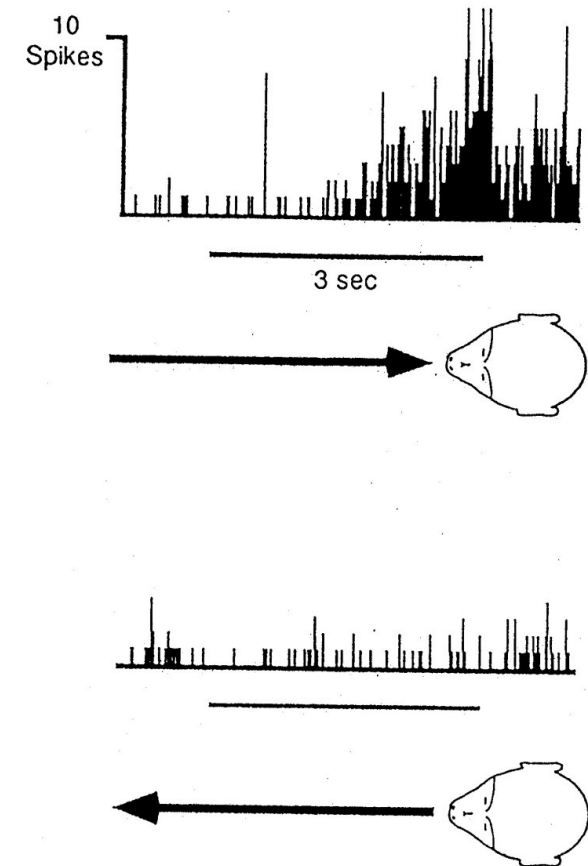
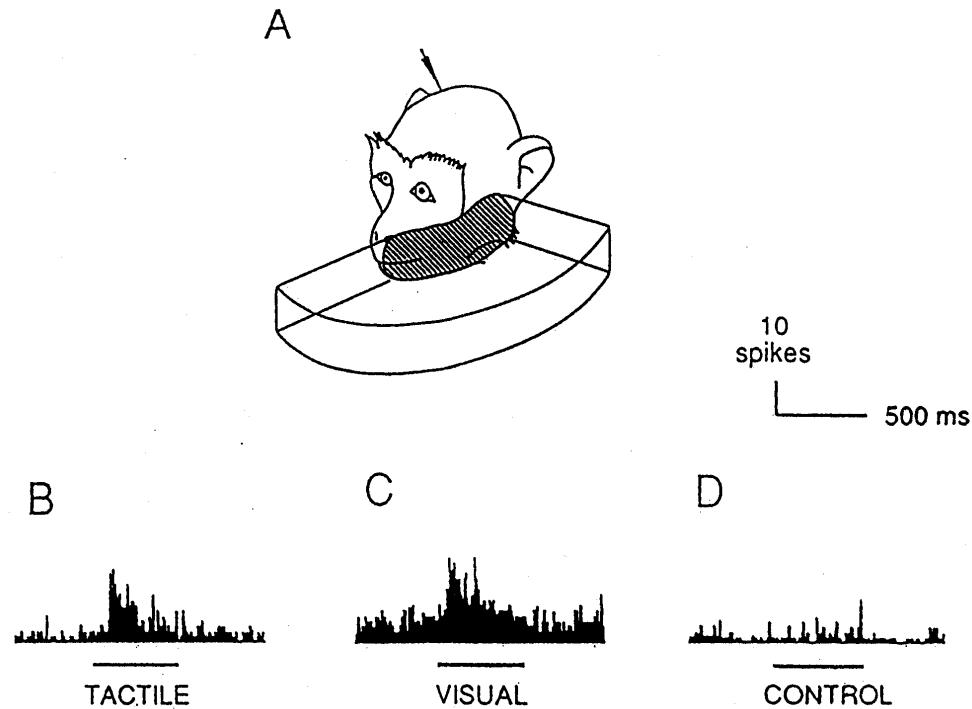
Corticocortical connections. Although the arrows are unidirectional, the interconnecting pathways are reciprocal.

Proprioceptiv "karta" (eller "modell") över kroppen:
Vibration på en sena aktiverar muskelspolar, ger en illusion av rörelse



PP:

- Karta / modell över det kroppsnära rummet
- Sammanställning av information från **flera sinnessystem** ('multisensory integration')
- Underlag för kroppsuppfattning



- celler som reagerar på både visuella och taktila (även auditiva) stimuli inom ett visst område i det kroppsnära rummet (Graziani)

PP: Celler som avspeglar riktad uppmärksamhet (attention)

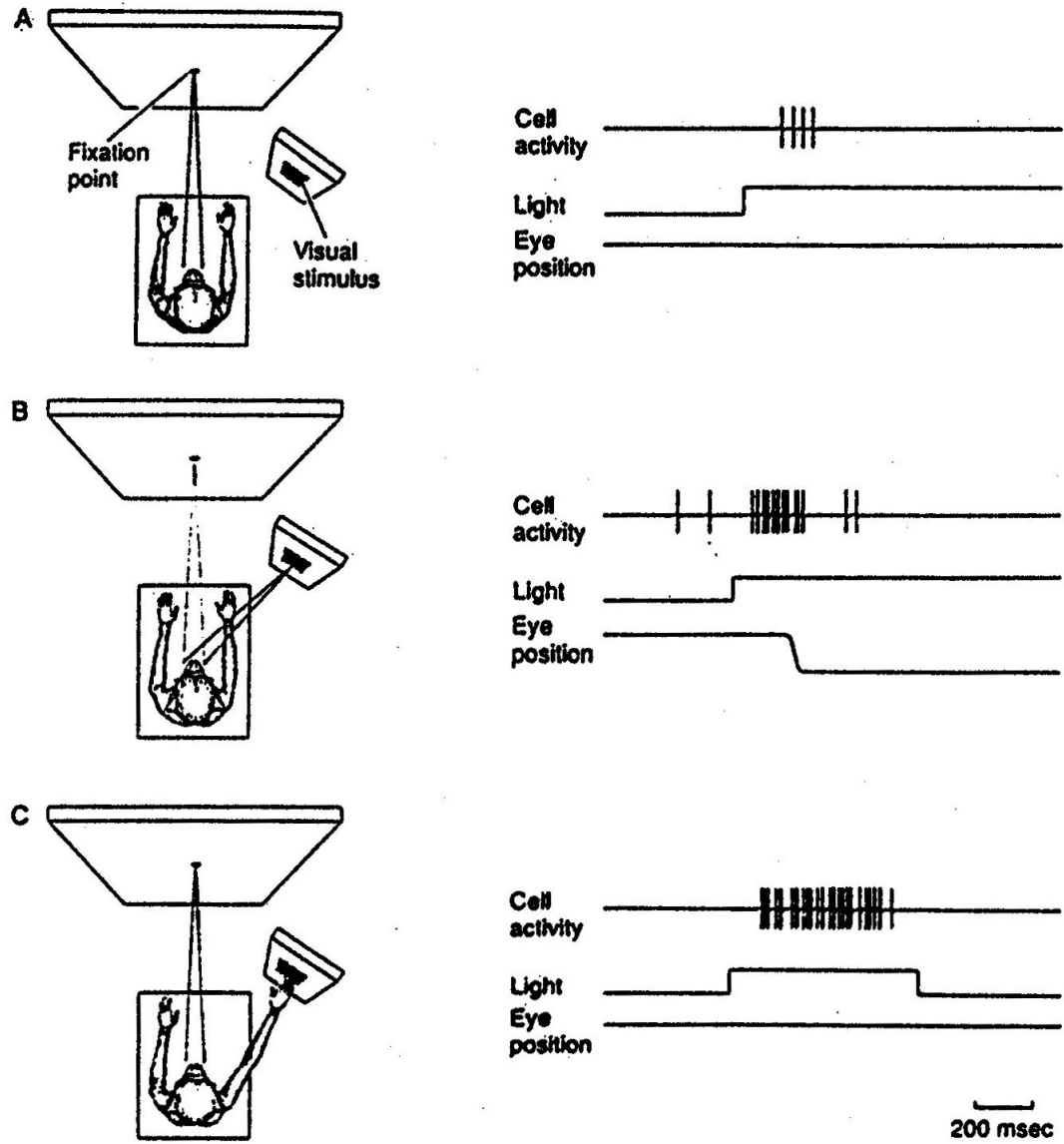


FIGURE 30-24

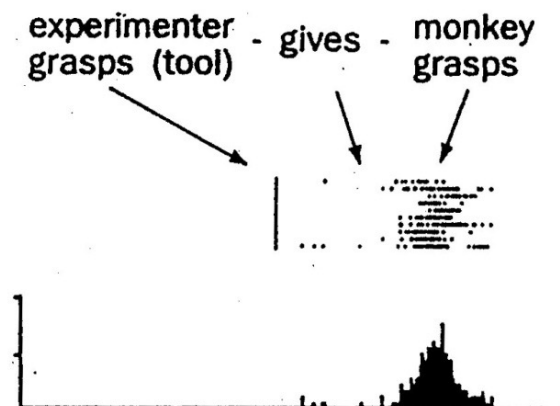
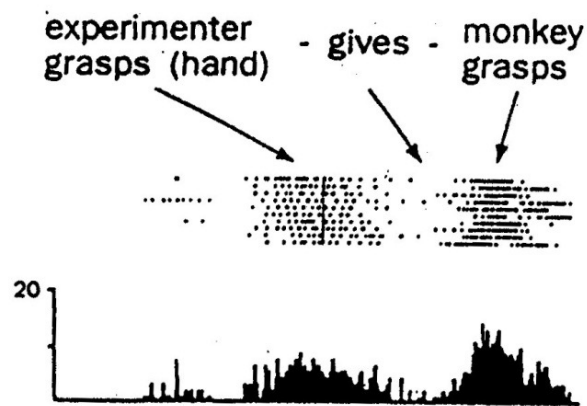
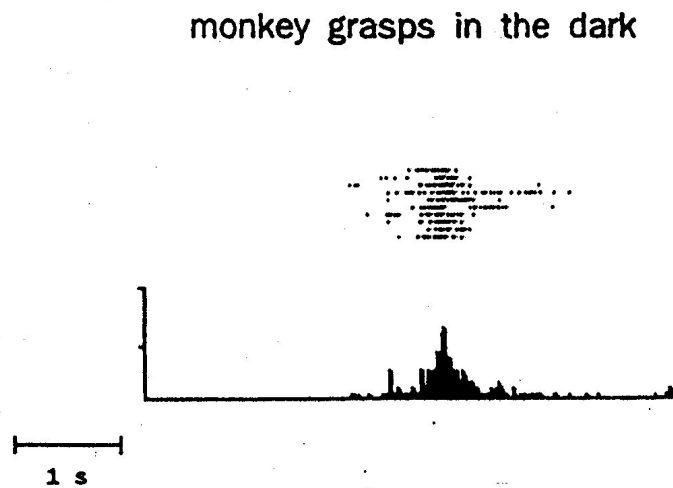
Neurons in the posterior parietal cortex of a monkey respond more effectively to stimuli that require attention. (From Wurtz and Goldberg, 1989.)

A. A spot of light elicits only a few action potentials in a cell.

B. The same cell's activity is enhanced when the spot is the target for a saccade.

C. The cell's activity is also enhanced when the monkey is required to touch the spot, but without moving his eyes. Neurons in the posterior parietal cortex differ from those in the superior colliculus (and also the striate cortex and the frontal eye field) in that their activity is enhanced by any mode of attention to the spot of light.

Spiegelneuron ("Mirror neurons")



- cellaktiviteten avspeglar både egna rörelser och liknande rörelser som djuret observerar
- återfinns i PM, (PP) (Rizzolatti)
- högre funktioner, social funktion? (autism??)