

Figur 3.1

3 Styrning

Kroppens celler är högt specialiserade. De klarar mycket sofistikerade arbetsuppgifter men de vet inte exakt när arbetet ska utföras. Därför måste de styras.

Cellerna har förmåga att meddela sig med varandra vilket är en förutsättning för styrningen av dem. Cellkommunikation kan äga rum på olika sätt:

- **Synaptisk kommunikation** förekommer i nervsystemet. Den sker med hjälp av *transmittorsubstanser*, och äger rum mellan två nervceller eller mellan en nervcell och t.ex. en muskelcell.
- **Endokrin kommunikation** innebär att vissa körtlar frisätter hormoner till blodet. Hormoner kan påverka alla de celler i kroppen som har receptorer för det utskickade hormonet.
- **Direkt kommunikation** innebär att celler som lever "vägg i vägg" kan skicka joner och andra ämnen till varandra via kanaler, gap junctions, och starta en reaktion i granncellerna. I hjärtmuskeln sprids elektriska impulser på detta sätt.
- **Parakrin** (para = bredvid) *kommunikation* förekommer mellan celler inom ett begränsat område. De kommunicerar med hjälp av lokalhormoner eller *cytokiner* som transporteras i interstitiell vätska och blod. Prostaglandiner är exempel på lokala hormoner.

I detta kapitel endast styrningen av kroppens celler via nervsystemet och det endokrina systemet att beskrivas. Den direkta och den parakrina kommunikationen beskrivs i sitt sammanhang; framförallt i kapitlet om mag-tarmkanalen och hjärntat.

Nervsystemet styr kroppens celler med elektricitet i form av aktionspotentialer (impulser) via "elektriska ledningar" – nerver. Mellan nervcellerna överförs impulserna med hjälp av synaptisk överföring. Styrningen är snabb och precis till skillnad från styrningen via hormoner som är mer generell och förhållandevis långsam.

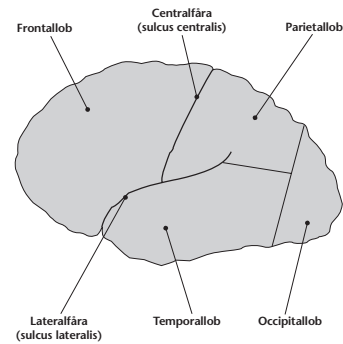
Nervsystemet

Nervsystemet är det överordnade organsystemet i kroppen och svarar för samordningen mellan de andra organsystemen. Det består av en central och en perifer del. Centrala nervsystemet, CNS, består av hjärnan och ryggmärgen medan perifer nervsystemet, PNS, består av hjärnnerver och ryggmärgsnerver.

I CNS bearbetas information och där fattas beslut om åtgärder, både medvetet och omedvetet. PNS har till uppgift att dels samlar in och transporterar information till CNS, dels vidarebefordra beslut om åtgärder från CNS till kroppens olika delar.

Hjärnan (encephalon) består av storbjärnan (cerebrum), mellanbjärnan (diencephalon), hjärnstammen (truncus encephali) och lillbjärnan (cerebellum) (figur 3.2).

Storbjärnan indelas i två hjärnhalvor eller hemisfärer, en på höger och en på vänster sida. Den ena hemisfären får reda på vad



Figur 3.3 Storbjärnsbarkens lober.

som sker i den andra via hjärnbalken (corpus callosum). Detta är väsentligt eftersom höger och vänster hjärnhalva delvis har olika funktioner.

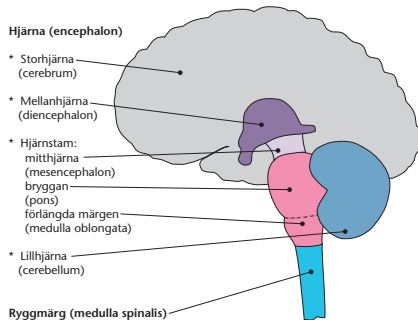
Varje hjärnhalva är i sin tur indelad i lober som till stor del avgränsas av två fåror, *centralfåran* (sulcus centralis) och *lateralfåran* (sulcus lateralis). Framför centralfåran finns *frontal-* eller pannloben. Bakom centralfåran ligger *parietal-* eller hjässloben. Längre ner och delvis avgränsad av lateralfåran ligger *temporal-* eller tinningloben och slutligen finns längst bak *occipital-* eller nackloben (figur 3.3).

Vid snitt genom en hjärna kan man med blotta ögat se att hjärnvävnaden har två färger, grå och vit. Den grå hjärnvävnaden består av nervcellskroppar medan den vita utgörs av de ledningsbanor som nervcellernas långa utskott bildar.

Som skydd kring både hjärna och ryggmärg finns tre hinnor, *hårda himnan* (dura mater), *spindelvävshinnan* (araknoidea) och *mjukna himnan* (pia mater). Dura mater bekläder skallens och ryggmärgskanalens insida, pia mater bekläder hjärnans och ryggmärgens yta och mellan dessa båda finns araknoidea.

Under araknoidea i subaraknoidalrummet finns ca 150 ml *cerebrospinalvätska* eller likvor (liquor cerebrospinalis). Det är en klar, färglös vätska som hjärnan och ryggmärgen flyter i. Vätskan dämpar stötar och transporterar näring till nervcellerna. Likvor bildas ur blodet i blodkärlsformationer (plexus choroidei) inne i hjärnans fyra hålrum, ventriklar. Vätskan cirkulerar sedan ut i subaraknoidalrummet. Likvor återvänder till blodet via speciella bildningar, araknoidalvilli, som buktar in i venösa blodkärl (figur 3.4).

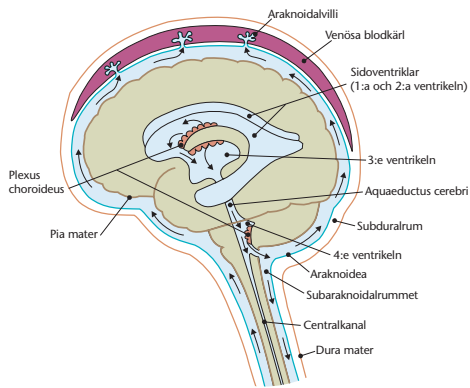
Cerebrospinalvätska = likvor (liquor cerebrospinalis). Det bildas ca 500 ml/dygn.



Figur 3.2 Centrala nervsystemet i genomsnitt.

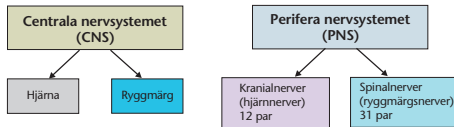
Centrala nervsystemet, CNS = hjärna och ryggmärg.

Perifer nervsystemet, PNS = hjärnnerver och ryggmärgsnerver.



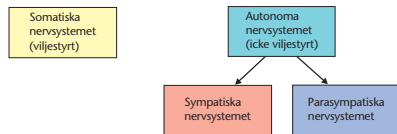
Figur 3.4 Likvörscirkulation.

Nervsystemets perifera del utgörs enbart av nerver. De nerver som utgår från ryggmärgen (medulla spinalis) kallas *spinalnerver* eller ryggmärgsnerver. De nerver som utgår direkt från hjärnan kallas *kranialnerver* eller hjärnnerver (figur 3.5).



Figur 3.5 Schematisk anatomisk indelning av CNS och PNS.

Nervsystemet kan även delas upp i ett *somatiskt* och ett *autonomt* nervsystem. Det somatiska nervsystemet är viljestyrt medan det autonoma fungerar utan viljans inblandning. Det autonoma nervsystemet består i sin tur av en *sympatisk* och en *parasymptisk* del (figur 3.6).



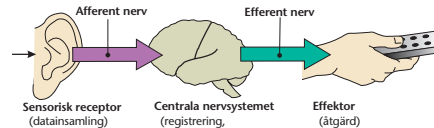
Figur 3.6 Nervsystemets indelning utifrån viljans inflytande.

Nervsystemet arbetar efter en logisk princip:

- samla in data,
- registrera och bearbeta data,
- fatta beslut om åtgärder.

Datainsamlingen sker med hjälp av sensoriska receptorer som bildar aktionspotentialer (nervimpulser) vid stimulering (se s. 53). När du lyssnar på din favoritmusik så bildas aktionspotentialer i sensoriska receptorer i innerörat. Impulserna skickas med inåtlödande nerver (*afferenta nerver*, även kallade *sensoriska nerver*) till centrala nervsystemet för registrering och bearbetning. *Bearbetningen* innebär att du varseblir, uppfattar, musiken, och upplever den som njutbar. Du kanske också minns händelser knutna till just den här musiken som ytterligare förstärker njutningen. Sedan kan du fatta beslut om eventuella åtgärder, t.ex. att höja eller sänka ljudet, eller att spela om skivan. *Beslutet om åtgärderna* skickas som impulser i utåtlödande nerver (*efferenta nerver*, även kallade *motoriska nerver*) till dina muskler i hand och arm så att du gör vridrörelser med volymknappen eller greppar fjärrkontrollen. De muskler som i det här fallet ska effektuera centrala nervsystemets beslut kallas *effektorer* (figur 3.7).

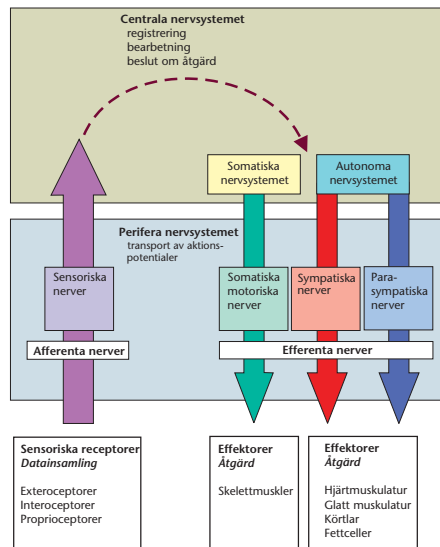
Afferent eller sensorisk = inåtlödande.
Efferent eller motorisk = utåtlödande.



Figur 3.7 Nervsystemets funktionsprincip.

Centrala nervsystemets arbete med registrering, bearbetning och beslut om åtgärd sker på många sätt och på olika nivåer. Skyddsreflexen, som gör att du rycker bort handen från en het spishäll, beror på att de sensoriska receptorer i handen registrerar smärta. Afferenta nerver leder därefter impulser till ryggmärgen. Där finns redan beslutet om åtgärd i form av en omkoppling till en efferent nerv som för impulserna vidare till armens muskler. Musklerna förkortas och handen dras undan. Registrering och fortsatt bearbetning kommer i ett senare skede när impulserna når hjärnan – och först då känner man smärta (figur 3.19).

Figur 3.8 ger en schematisk helhetsbild av nervsystemet. Här finns även en indelning av de sensoriska receptorer och av de viktigaste effektorerna.



Figur 3.8 Schematisk översikt över nervsystemet.

Nervvävnaden

Nervsystemet består av nervvävnad som innehåller nervceller (*neuron*) och olika typer av "hjälpceller", s.k. gliaceller eller neuroglia.

Sensoriska receptorer är specialiserade celler eller delar av nervceller som också kommer att beskrivas under rubriken nervvävnad.

Gliaceller

I centrala nervsystemet förekommer flera typer av *gliaceller*:

- *Astrocyter*. Bläckfiskliknande celler med "händer" i slutet på "bläckfiskarmarna". Med "händerna" håller de fast i nervceller och intilliggande kapillärer och ger därmed stadga åt både blodkärl och nervceller. De hjälper även till med tätning av kapillärväggar så att inte kemiska substanser i blodet okontrollerat ska kunna påverka nervcellerna. Det hinder som därigenom skapas mellan blod och nervceller kallas *blod-hjärnbarriär*.

ären. Syftet med blod-hjärnbarriären är att skydda nervcellerna från blodburna substanser som annars skulle kunna skada nervcellerna.

Astrocyterna deltar i regleringen av miljön runt nervcellerna, bl.a. jonkoncentration och koldioxidhalt. Det är osäkert om de också kan påverka nervcellernas aktivitet. Skadade nervceller återfår sällan sin ursprungliga funktion men astrocyterna hjälper i viss mån de skadade nervcellerna till läkning. Om nervcellerna dör så bildar astrocyterna ärrvävnad. Den fungerar som utfyllnad och saknar nervcellsfunktion.

- *Oligodendrocyter*. Dessa bildar ett vitt, fetthaltigt isoleringsskikt kring nervcellers långa utskott, axon. Isoleringen kallas *myelin* och fett ger ledningsbanorna dess vita färg. Om myelinet skadas kan nervimpulser spridas till närliggande nerver och t.ex. orsaka ryckiga rörelser (figur 3.9).
- *Mikroglia*. Centrala nervsystemets "städarceller". De fagocyterar (äter) utslitna celler och mikroorganismer.
- *Ependymceller*. Beklädnadsceller i hjärnans och ryggmärgens vätskefyllda hålrum. Ependymcellerna fungerar även som stamceller. Stamceller är celler som genom delning kan ge upphov till nya celltyper. Ependymcellerna har förmåga att dela sig och ge upphov till nya nerv- och gliaceller.

I perifera nervsystemet förekommer:

- *Schwannceller*. Liksom oligodendrocyterna sveper de in nervcellernas axon och myeliniserar dessa (figur 3.9).

Hur stor betydelse stamceller kan få vid t.ex. hjärnskador får den framtida forskningen visa. I dag vet man att det finns förutsättning för nybildning av nervceller. I framtiden hoppas man kunna bota t.ex. Alzheimers sjukdom med hjälp av stamceller.

Nervceller (*neuron*)

Nervceller är specialiserade på att snabbt ta emot och förmedla elektriska impulser. De har en cellkropp (soma) som innehåller cellkärna och organeller.

Från cellkroppen utgår olika utskott. Utskott som tar emot och leder elektricitet till cellkroppen kallas *dendrit*. De är i allmänhet korta, förgrenade och många till antalet.

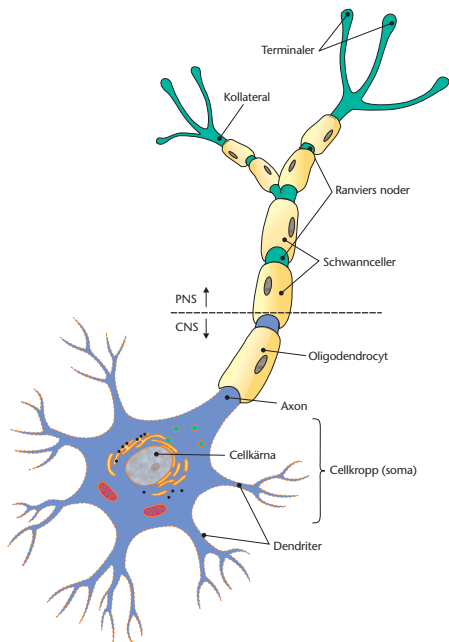
Ett utskott som leder impulser bort från cellkroppen eller från dendriterna kallas *axon*. Nervcellen har bara ett axon. Det kan vara mycket långt, över en meter, eller helt kort och slutar oftast med ett antal förgreningar. Varje förgrening avslutas med en liten

Blod-hjärnbarriären förhindrar inte passage av alkohol och andra berusningsmedel.

knopp, terminal (nervändslut). Vissa nervceller har axon som förgrenas tidigt i förlöppet. Grenarna kallas *kollateraler* (figur 3.9).

Nervcellens axon kallas även för nervfibrer, och i centrala nervsystemet bildar buntar av nervfibrer så kallade ledningsbanor. I perifera nervsystemet bildar motsvarande buntar de perifera nerverna.

I figur 3.10 visas ett afferent (lila) och ett efferent (grönt) neuron. Det afferenta neuronet leder impulser, t.ex. smärta, från sensoriska receptorer till CNS. Bilden visar hur flera dendritändar löper samman i ett axon utan att någon cellkropp har passerats (jämför med det efferenta neuronet, se nedan). Denna första del av axonet kallas *perifert axon*. Nervcellskroppen befinner sig nära, men utanför ryggmärgen i en ansvällning som benämns *ganglion*. När axonet passerar nervcellskroppen byter det namn från perifert till *centralt axon*. Så kallas det eftersom det vidarebefordrar impulser till CNS.

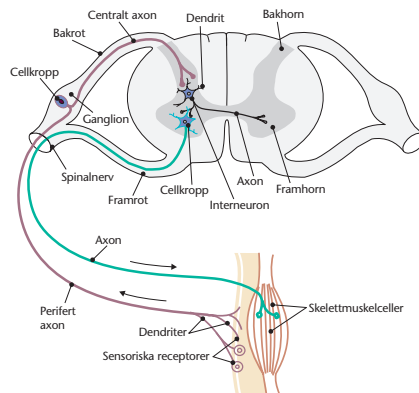


Figur 3.9 Nervcell.

De axon som leder impulser från receptorer i stortän till nedre delen av ryggmärgen är över en meter långa. Buntar av dessa axon bildar *sensoriska nerver*. Inne i ryggmärgen sker omkopplingar till andra neuron som i allmänhet liknar neuronet i figur 3.9.

Efferenta eller motoriska neuron har till skillnad från de sensoriska sina cellkroppar i CNS. Från cellkroppen, som är belägen i hjärnan eller i ryggmärgen, leder ett långt axon impulser från CNS till en skelettmuskel (figur 3.10). Buntar av motoriska axon bildar *motoriska nerver*. Nerver som innehåller både motoriska och sensoriska axon kallas blandade nerver.

I CNS finns också *interneuron*, kopplingsneuron, som är små neuron med mycket korta axon. De är många till antalet och fungerar som kopplingar mellan andra nervceller. Interneuron (figur 3.10) kan både hämma och stimulera flödet av impulser i andra neuron och behövs bl.a. för att rörelser ska bli ändamålsenliga och för spridning av sensoriska impulser.



Figur 3.10 Ryggmärg i genomsnitt; sensoriskt (lila) neuron och motoriskt (grönt) samt ett interneuron (svart).

Sensoriska receptorer

Sensoriska receptorer är antingen dendritändar eller speciella celler som har förmåga att ge upphov till impulser vid stimulering (figur 3.11). Deras uppgift är att samla in data om kroppens inre miljö (*interoceptor*), om kroppens yttre miljö (*exteroceptor*) eller om kroppens eller extremiteternas lägen och rörelser (*proprioceptor*). Insamlade data förmedlas via sensoriska nerver till CNS för registrering och bearbetning.