

# Veiledning til oppgaver om nervesystemet

Dette er en veiledning til løsning av oppgavene i boka om nervesystemet. Noen av oppgavene kan besvares kort, mens andre krever mer utfyllende besvarelser, for eksempel mer omfattende beskrivelser av anatomi eller redegjørelser for fysiologiske prosesser. Mange av de større oppgavene kan løses på forskjellige måter, og løsningsforslagene som veiledningen beskriver, er å betrakte som eksempler og ikke som en fasit. I en del av de større oppgavene er det vist til momenter som bør være med i besvarelsen.

## Introduksjon

- 1.** Beskrivelse av sentralnervesystemet og det perifere nervesystemet
  - a.** Sentralnervesystemet omfatter hjernen og ryggmargen.
  - b.** Det perifere nervesystemet omfatter de delene av nervesystemet som ligger utenfor hjernen og ryggmargen, og består av nerver som går fra hjernen og ryggmargen til kroppens øvrige organer. I disse nervene sendes nerve-signaler både fra sentralnervesystemet til kroppens øvrige organer og fra disse organene til sentralnervesystemet.

2. Beskrivelse av nerveforbindelser til og fra sentralnervesystemet
  - a. Det somatosensoriske nervesystemet (det sensoriske nervesystemet) omfatter nerveforbindelser fra hud og andre organer til sentralnervesystemet.
  - b. Det somatisk-motoriske nervesystemet (det motoriske nervesystemet) omfatter nerveforbindelser fra sentralnervesystemet til skjelettmuskler.
  - c. Det autonome nervesystemet omfatter nerveforbindelser til hjertemuskelatur, glatt muskulatur og kjertler.

## Nerveceller

1. Bør kunne beskrive følgende strukturer og deres funksjoner:
  - Dendritter (mottar nervesignaler fra andre nerveceller)
  - Cellekropp (området der cellekjernen er)
  - Aksonhals (overgangen cellekropp og aksonet)
  - Akson (leder nervesignaler)
  - Nerveender (kontaktpunkter med andre nerveceller)
2. En nerve er en bunt med aksoner i det perifere nervesystemet. I en og samme nerve kan det være aksoner som tilhører forskjellige typer nerveceller (både motoriske nerveceller, sensoriske nerveceller og nerveceller i det autonome nervesystemet).
3. En nervebane er en bunt med aksoner i sentralnervesystemet. Det går for eksempel nervebaner både oppover og nedover i ryggmargen og fra ett område i hjernen til et annet.

## Hvordan nerveceller leder nervesignaler

1. Et nervesignal er en elektrisk impuls som ledes langs et akson.

2. Her er det viktigst å ha med fordelingen av natriumioner og kaliumioner. Konsentrasjonen av kaliumioner er større inne i cellene enn i vevsvæsken rundt cellene. Konsentrasjonen av natriumioner er større i vevsvæsken rundt cellene enn inne i cellene.
3. Momenter i redegjørelsen:
- Det er større konsentrasjon av natriumioner på utsiden av cellemembranen og av kaliumioner på innsiden av cellemembranen (både natriumioner og kaliumioner har positiv ladning).
  - Før nervecellen stimuleres, er innsiden av cellemembranen negativt ladet sammenlignet med utsiden. Dette utgjør nervecellens membranpotensial.
  - Når nervecellen stimuleres, åpnes kanaler for natriumioner i cellemembranen. Natriumioner strømmer da inn i nervecellen ved diffusjon (fordi konsentrasjonen av natriumioner er større på utsiden av cellemembranen enn på innsiden).
  - Hvis membranpotensialet når terskelverdien, åpnes større natriumkanaler i cellemembranen, og natriumioner strømmer i større mengder inn i cellen. Innsiden av cellemembranen blir da positivt ladet, og det er dannet et aksjonspotensial.
  - Deretter åpnes kaliumkanaler i cellemembranen, og kaliumioner strømmer ut av nervecellen ved diffusjon (fordi konsentrasjonen av kaliumioner er større på innsiden av cellemembranen enn på utsiden). Innsiden av cellemembranen blir da igjen negativt ladet sammenlignet med utsiden.
  - Natrium-kalium-pumpen pumper natriumioner ut igjen og kaliumioner inn igjen. Dermed gjenopprettes konsentrasjonene av natriumioner og kaliumioner på utsiden og innsiden av cellemembranen.

- Aksjonspotensialet er selve nervesignalet (nerveimpulsen). Det ble dannet ved at natriumioner strømmet inn i nervecellen og gjorde innsiden av cellemembranen positivt ladet. De positivt ladete ionene på innsiden av cellemembranen i det området der aksjonspotensialet ble dannet, forflytter seg til naboområdet i aksonet. Da blir også naboområdet positivt ladet, og membranpotensialet vil da nå terskelverdien også i dette området av aksonet. Da dannes et aksjonspotensial også her. Aksjonspotensialet, altså nerveimpulsen, har da forflyttet seg til området ved siden av det området der aksjonspotensialet først ble dannet. Denne prosessen gjentar seg langs hele aksonet, helt frem til nerveenden. På den måten ledes nervesignalet langs aksonet.
4. Rett etter at aksjonspotensialet har vært utløst, er kanalene for natriumioner i cellemembranen kortvarig stengt i det området av aksonet der aksjonspotensialet ble utløst. Den perioden da natriumkanalene er stengt, kalles refraktærperioden. Refraktærperioden motvirker at nervesignaler sendes «bakover» i aksonet, selv om positivt ladete ioner forflytter seg i begge retninger inne i aksonet.
  5. Myelin består av flere lag med cellemembraner på gliaceller som ligger rundt aksonet. Cellemembraner består i stor grad av fosfolipider. De gliacellene som danner myelin i sentralnervesystemet, kalles oligodendrocytter, mens schwannske celler danner myelin i det perifere nervesystemet.
  6. Myelin isolerer aksonet, det innebærer at det motvirker at ioner kan passere over cellemembranen. Langs aksonet er det også små områder som ikke er dekket av myelin. Disse områdene kalles ranvierske innsnøringer. Her kan ioner passere

cellemembranen. Når det dannes et aksjonspotensial i et myelinisert akson, kan de positivt ladete ionene på innsiden av cellemembranen forflytte seg helt til neste ranvierske innsnøring. Først der utveksles ioner over cellemembranen, og et aksjonspotensial dannes. Myelin gjør derfor at aksjonspotensialet ikke trenger å dannes i alle områdene langs aksonet, men bare i de ranvierske innsnøringene, og dette gir mye raskere ledning av nervesignalet.

## Synapser

### 1. Momenter i redegjørelsen:

- En synapse er et kontaktpunkt der nervesignaler kan sendes fra én nervecelle til en annen, eller fra en nervecelle til en muskelcelle eller kjertelcelle. De to cellene som er i kontakt med hverandre gjennom synapsen, kalles presynaptisk og postsynaptisk celle.
- I nerveenden på presynaptisk celle er det vesikler med neurotransmitter, som er et stoff som kan lede et nervesignal fra presynaptisk celle over synapsespalten til postsynaptisk celle.
- Når aksjonspotensialet (nerveimpulsen) når frem til nerveenden, tømmes neurotransmitter ut i synapsespalten ved eksocytose.
- Neurotransmitteren diffunderer over synapsespalten og bindes til reseptorer på overflaten av postsynaptisk celle. Da åpnes ionekanaler i cellemembranen på postsynaptisk celle. Om nervesignalet ledes videre i postsynaptisk celle eller ikke, avhenger av hva slags ionekanal som åpnes.
- Neurotransmitteren løsner fra reseptoren igjen og blir i mange synapser tatt opp igjen i presynaptisk celle ved endocytose. Det gjør at neurotransmitteren kan brukes på nytt når en ny nerveimpuls kommer langs aksonet i

presynaptisk celle. I andre synapser blir neurotransmitteren brutt ned av enzymer i synapsespalten.

2. Eksempler på neurotransmittere:
  - Acetylkolin ( finnes bl.a. i synapser med skjelettmuskler og i synapser med målorganene i det parasympatiske nervesystemet)
  - Noradrenalin ( finnes bl.a. i synapser med målorganene i det sympatiske nervesystemet)
  - Dopamin ( finnes i synapser i hjernen, blant annet i basalgangliene)
  - Serotonin ( finnes i synapser i hjernen)
  - Endorfiner ( finnes i synapser i sentralnervesystemet)
  - Glutamat ( finnes i synapser i hjernen)
  - GABA ( finnes i synapser i hjernen)
  
3. Når neurotransmitter bindes til reseptorer på postsynaptisk celle i en stimulerende synapse, stimulerer det nervesignalet til å sendes videre gjennom postsynaptisk celle. Dette skjer for eksempel dersom det åpnes kanaler for natriumioner når neurotransmitter bindes til reseptorene. Da strømmer natriumioner ( $\text{Na}^+$ ) inn i postsynaptisk celle.  $\text{Na}^+$  har positiv ladning, og dermed blir innsiden av cellemembranen mindre negativt ladet, og membranpotensialet endres i positiv retning. Dersom membranpotensialet når terskelverdien, dannes et aksjonspotensial i postsynaptisk celle, og dermed vil aksjonspotensialet, altså nervesignalet, kunne ledes videre langs aksonet i postsynaptisk celle.
  
4. Når neurotransmitter bindes til reseptorer på postsynaptisk celle i en hemmende synapse, motvirker det at nervesignalet sendes videre gjennom postsynaptisk celle. Dette skjer for eksempel dersom det åpnes kanaler for  $\text{Cl}^-$  når

neurotransmitter bindes til reseptorene. Da strømmer  $Cl^-$  inn i postsynaptisk celle. Fordi disse ionene er negativt ladete, blir innsiden av cellemembranen mer negativt ladet, og membranpotensialet endres i negativ retning. Da vil ikke membranpotensialet nærme seg terskelverdien, noe som er nødvendig for at det skal dannes et aksjonspotensial og dermed sendes et nervesignal gjennom postsynaptisk celle.

## Sentralnervesystemet

1. Grå substans er områder i sentralnervesystemet der det er synapser, mens hvit substans er områder der det er aksoner.

2. Momenter i redegjørelsen:

- Hjernestammen består av midthjernen (mesencefalon) som ligger øverst, hjernebroen (pons) som utgjør midtpartiet, og den forlengede marg (medulla oblongata) som ligger nederst.
- Hjernestammen har en rekke viktige funksjoner:
  - Alle nervebaner fra ryggmargen til hjernen og fra hjernen til ryggmargen går gjennom hjernestammen.
  - I hjernestammen ligger sirkulasjonssenteret som regulerer blodtrykket. Sirkulasjonssenteret mottar nerve-signaler fra baroreseptorer som registrerer blodtrykket i aortabuen og arteria carotis. Ut fra informasjonen sirkulasjonssenteret mottar, sendes det ut nervesignaler som påvirker hjertets minuttvolum og blodårenes diameter. Begge disse faktorene påvirker blodtrykket.
  - I hjernestammen ligger respirasjonssenteret som regulerer ventilasjonen. Dette sikrer at nivået av oksygen og karbondioksid samt pH i blodet er innenfor normale grenser.
  - Hjernestammen påvirker søvn og våkenhet. Denne funksjonen er plassert i retikulærsubstansen.

- Refleksbuer knyttet til øyebevegelser og hodebevegelser går via hjernestammen.
3. Lillehjernen ligger bak hjernestammen og er forbundet med hjernestammen med to kraftige forbindelser. Gjennom disse passerer nervebaner til og fra lillehjernen. Det er svært mange nerveceller i lillehjernen, flere ganger så mange som i storhjernen.

Lillehjernens hovedoppgave er å ivareta koordinasjon og balanse. For å ivareta disse funksjonene mottar lillehjernen nervesignaler fra blant annet øynene, likevektsorganet i det indre øret og sansereseptorer i ledd og muskler. Lillehjernen sender nervesignaler blant annet til motorisk bark i storhjernen. Fra motorisk bark sendes nervesignaler til skjelettmusklene.

4. Mellomhjernen er et område av hjernen som ligger over hjernestammen. Her ligger talamus og hypothalamus, som er områder med grå substans.
5. Talamus er en koblingsstasjon for sensoriske nervebaner til storhjernen. Det innebærer at mange sensoriske nervebaner har synapser her.

6. Momenter i redegjørelsen:

- Hypotalamus har flere viktige funksjoner:
  - Fungerer som kontrollsenter for det autonome nervesystemet. Hypotalamus påvirker funksjonen i det autonome nervesystemet ved at det sendes nervesignaler fra hypothalamus til andre områder i nervesystemet, spesielt til hjernestammen og ryggmargen.
  - Fungerer som kontrollsenter for hormonsystemet. Produksjonen av mange av kroppens hormoner påvirkes av hypothalamus. Hypotalamus er forbundet med



hypofysen gjennom hypofysestilken. Hypofysen består av en forlapp og en baklapp. Flere hormoner produseres i hypotalamus og fraktes med blodet til hypofysens forlapp. Der påvirker de utskillingen av hormoner som produseres i forlappen. Hypotalamus produserer også to hormoner som transporteres til hypofysens baklapp og skilles ut i blodet der. Disse to hormonene er antidiuretisk hormon (ADH) og oksytocin. ADH virker i nyrene der det påvirker kroppens væskebalanse (utskillingen av ADH øker når kroppen er dehydrert, og virkningen ADH har i nyrene, er å øke reabsorpsjonen av vann i distale tubuli og samlerør). Oksytocin stimulerer utskilling av brystmelk ved amming. Oksytocin stimulerer også muskelsammentrekninger i livmoren i forbindelse med fødsel.

- Temperatursenteret som regulerer kroppstemperaturen, ligger i hypotalamus. Temperatursenteret mottar informasjon om kroppstemperaturen fra termoreseptorer (termosensorer) i huden og i indre organer. Fra hypotalamus sendes det ut nervesignaler til blodårer, svettekjertler og skjelettmuskler for å kunne regulere kroppstemperaturen. (Vi gir fra oss mer varme ved at blodårene i huden utvides og ved at vi svetter, mens vi holder på varmen dersom blodårene i huden blir trangere. Muskelaktivitet øker varmeproduksjonen.)
- Hypotalamus er viktig for å regulere blodets osmolaritet og for tørstefølelse. Osmolariteten i blodet øker når vi avgir mye væske. Da opplever vi tørste. I tillegg øker utskillingen av ADH som reduserer utskillingen av vann i nyrene.
- Hypotalamus påvirker seksualatferd i samarbeid med andre områder i hjernen.

- 7.** Storhjernebarken er et lag med grå substans som ligger ytterst mot overflaten av storhjernen. Storhjernen består av to halvdelar (hemisfærer) som anatomisk er speilbilder av hverandre, og i hver av de to halvdelene deles storhjernebarken inn i fire lapper. Forrest ligger pannelappen (frontallappen), bak denne ligger isselappen (parietallappen). Helt bakerst ligger bakhodelappen (okspitalappen), og på lateralsiden av storhjernen ligger tinninglappen (temporalappen).
- 8.** Plassering og funksjon til noen områder i storhjernebarken:
- a.** Motorisk bark ligger bakerst i pannelappen (frontallappen). Her starter motoriske nervebaner som påvirker skjelettmusklene.
  - b.** Sensorisk bark ligger forrest i isselappen. Hit ledes nerve-signaler som formidler sanseinntrykk fra huden og bevegelsesapparatet til hjernen.
  - c.** Synsbarken ligger i bakhodelappen (okspitalappen). Hit ledes nervesignaler fra netthinnen i øynene.
  - d.** Hørselsbarken ligger øverst i tinninglappen (temporalappen). Hit ledes nervesignaler fra sneglehuset i det indre øret.
- Alle disse hjernebarkområdene finnes både i høyre og i venstre hjernehalvdel.
- 9.** Momenter i redegjørelsen:
- Språkfunksjonen er hos de aller fleste høyrehendte plassert i venstre hjernehalvdel. Dette gjelder også for mange venstrehendte, men en del venstrehendte har språkfunksjonen i høyre hjernehalvdel.
  - Språkfunksjon innebærer både å forstå språk og å uttrykke språk. Disse to funksjonene er plassert i hvert sitt område av storhjernebarken.

- Wernickes område (bakre språkområde) er viktig for språkforståelsen. Dette området ligger bakerst i tinninglappen (temporallappen) og strekker seg også litt opp i isselappen (parietallappen).
- Brocas område (fremre språkområde) ligger nederst i pannelappen (frontallappen), rett foran motorisk hjernebark. Dette området er viktig for at vi skal kunne uttrykke språk, og blir av den grunn ofte kalt talesenteret.

**10.** Anatomisk omfatter basalgangliene områder med grå substans som ligger til siden for talamus. I tillegg regnes et område med grå substans øverst i hjernestammen også med til basalgangliene. Basalgangliene er blant annet viktige for planlegging av bevegelsene våre.

**11.** Dopamin er neurotransmitter i synapsene i en nervebane som går fra et område med grå substans øverst i hjernestammen til et av de områdene av basalgangliene som ligger til siden for talamus. Fra disse synapsene går det nervebaner videre som ender opp i områder i storhjernebarken som er viktige for motorikken. Dopamin er derfor en viktig neurotransmitter for å sikre normal bevegelighet.

**12.** Storhjernen er viktig for at vi skal huske faktaopplysninger, denne typen informasjon er lagret der. Lillehjernen er viktig for prosedyrehukommelse, det vil si å huske forskjellige «prosedyrer» som vi nesten ikke må tenke over at vi kan, for eksempel å sykle.

**13.** Benevnelser som forteller om hukommelsens varighet:

- a.** Øyeblikkshukommelsen er svært kortvarig og kan bare holde på informasjon i noen sekunder.

- b.** Arbeidshukommelsen innebærer det vi til enhver tid arbeider med i tankene. Arbeidshukommelsen henter informasjon både fra øyeblikkshukommelsen og fra langtidshukommelsen. Arbeidshukommelsen har betydelig lengre varighet enn øyeblikkshukommelsen, men kan ikke holde på informasjon særlig lenge.
  - c.** Langtidshukommelsen kan holde på informasjon lenge.
  
- 14.** Hippocampus i tinninglappen er viktig for at informasjon skal kunne flyttes fra arbeidshukommelsen til langtidshukommelsen. Dette er viktig ved læring.
  
- 15.** De limbiske strukturene er områder i storhjernen som ligger i tinninglappen og i områder som ligger inn mot midtlinjen i hjernen. Disse strukturene er viktige for følelseslivet (emosjonene).
  
- 16.** Momenter i redegjørelsen:
  - Ryggmargen ligger i virvelkanalen og er omgitt av ryggvirvlene. Den består av en kjerne med grå substans omgitt av hvit substans. I den grå substansen er det synapser, mens det i den hvite substansen er nervebaner som går oppover og nedover i ryggmargen.
  - Ryggmargen består av 31 ryggmargssegmenter. Fra hvert ryggmargssegment utgår to nerverøtter på hver side, disse nerverøttene kalles bakre og fremre nerverot. Bakre og fremre nerverot møtes og danner en spinalnerve. Det utgår derfor to spinalnerver fra hvert ryggmargssegment, én til hver side. De 31 ryggmargssegmentene nummereres på følgende måte:
    - C1–C8
    - T1–T12
    - L1–L5

- S1–S5
- Co1

(Dette er samme nummerering som spinalnervene.)

- Alle nervesignaler som skal inn i ryggmargen, går gjennom bakre nervert, mens alle nervesignaler som skal ut av ryggmargen, går ut gjennom fremre nervert. Det innebærer at aksoner i det somatosensoriske nervesystemet (det sensoriske nervesystemet) går inn gjennom bakre nervert, mens aksoner i det somatisk-motoriske nervesystemet (det motoriske nervesystemet) og det autonome nervesystemet går ut gjennom fremre nervert.

**17.** Hjerneren er omgitt av tre hinner. Innerst er pia mater som ligger helt inn mot hjernens overflate. Utenfor denne er arachnoidea, og ytterst er dura mater, som ligger helt inn mot innsiden av kraniet. Disse hinnene omgir ikke bare hjernen, men også ryggmargen. Alle hinnene ligger rundt ryggmargen inne i virvelkanalen.

**18.** Epiduralrommet er rommet utenfor dura mater. Dette er ikke et egentlig rom, fordi dura mater ligger helt inn mot kraniets innside. Subduralrommet er rommet under dura mater. Her er det blant annet små blodårer. Subaraknoidalrommet er rommet under arachnoidea. Dette rommet er fylt av væske (cerebrospinalvæske).

**19.** Ventrikkelsystemet består av fire væskefylte hulrom som er forbundet med hverandre. To av hulrommene er sideventriklene. Disse ligger i hver sin halvdel av storhjerneren. De har forbindelse til tredje ventrikkel som ligger i midtlinjen. Fra tredje ventrikkel går det en trang kanal nedover til fjerde ventrikkel som ligger bakerst i hjernestammen. Ventrikkelsystemet er fylt av cerebrospinalvæske.

- 20.** Cerebrospinalvæsken produseres i veggene av ventriklene, særlig i sideventriklene og i tredje ventrikkel. Her ligger det et nettverk av blodkapillærer som har vegger som er mer gjennomtrengelige enn veggene i kapillærene ellers i hjernen. De gjennomtrengelige veggene fungerer som en membran. Væsketrykket er høyere i kapillærene enn i ventrikkelsystemet, og væske vil da presses ut av kapillærene og inn i ventrikkelsystemet ved filtrasjon. Det som filtreres, er vann og små molekyler, mens blodceller og de fleste proteinene ikke blir filtrert.
- 21.** Cerebrospinalvæsken renner gjennom ventrikkelsystemet fra sideventriklene og tredje ventrikkel ned til fjerde ventrikkel. Derfra ledes væsken ut gjennom en åpning til subaraknoidalrommet. Cerebrospinalvæsken fyller derfor både ventrikkelsystemet og subaraknoidalrommet. Cerebrospinalvæsken gjenopptas til blodbanen gjennom araknoidaltotter, som er små utstikkere fra subaraknoidalrommet til store vener på innsiden av kraniet.
- 22.** Momenter i redegjørelsen:
- En del stoffer som finnes i blodet, er skadelige for hjernevevet. For å motvirke at disse stoffene kommer inn i hjernen, er veggene i kapillærene i sentralnervesystemet tettere enn kapillærene i andre organer. Dette utgjør blod-hjerne-barrieren.
  - En av faktorene i blod-hjerne-barrieren er at endotelcellene i kapillærveggene ligger helt inntil hverandre. Det medfører at stoffer må passere gjennom endotelcellene for å komme inn i hjernevevet. I praksis betyr det at stoffer må være fettløselige for å diffundere inn i hjernevevet. Vannløselige stoffer som hjernen trenger, må transporteres inn ved hjelp av spesielle transportmekanismer.

- En annen faktor i blod–hjerne-barrieren er at kapillærene i sentralnervesystemet er omgitt av utløpere fra en type gliaceller som kalles astrocytter. Disse utløperne danner et kontinuerlig lag rundt kapillærene og gjør derfor veggen enda tettere.

**23.** Blodet ledes opp til hjernen gjennom arterier på halsen. Foran på halsen går høyre og venstre arteria carotis communis. Hver av disse to arteriene deler seg i arteria carotis interna og arteria carotis externa. Arteria carotis externa går ikke til hjernen, men høyre og venstre arteria carotis interna går opp til undersiden av storhjernen. Lenger bak på halsen går høyre og venstre arteria vertebralis som passerer opp gjennom små hull i ryggvirvlene. På forsiden av hjernestammen møtes høyre og venstre arteria vertebralis og danner arteria basilaris. Fra arteria basilaris utgår arteriegreiner til lillehjernen og hjernestammen. Arteria basilaris og høyre og venstre arteria carotis interna møtes i circulus arteriosus på undersiden av storhjernen. Herfra utgår tre arterier til hver av de to halvdelene av storhjernen. Disse er høyre og venstre arteria cerebri anterior, høyre og venstre arteria cerebri media og høyre og venstre arteria cerebri posterior.

Hjernen har omtrent samme blodtilførsel enten vi er i ro eller i aktivitet. Dette sikres ved at blodårenes diameter reguleres ved hjelp av glatt muskulatur i åreveggene.

Blodet ledes vekk fra hjernen gjennom store vener som ligger i dura mater. Derfra ledes blodet videre i vener nedover på halsen.

### **Nervesignalenes vei fra huden til storhjernebarken**

1. Når vi tar på noe med hånda, stimuleres sansereseptorer i huden, og disse sansereseptorene sitter i enden av perifere nerver. Når sansereseptorene stimuleres, sendes nervesignaler

i sensoriske nervefibrer (aksoner) i en perifer nerve inn mot ryggmargen. Nervesignalene ledes inn til ryggmargen via bakre nervert. Når nervesignaler fra huden kommer inn i ryggmargen, kan de følge to forskjellige veier videre:

- Enten kan de først passere en synapse i grå substans. Etter synapsen følger nervesignalene en nervebane som krysser over til den andre siden av ryggmargen og fortsetter oppover i hvit substans til talamus der det er en synapse. Derfra ledes nervesignalene opp til sensorisk bark forrest i isselappen (parietallappen).
- Alternativt kan nervesignalene ledes oppover i en nervebane i ryggmargen til hjernestammen og passere en synapse der. Deretter krysser nervesignalene over til den andre siden av hjernestammen og fortsetter videre til en synapse i talamus. Derfra ledes nervesignalene opp til sensorisk bark.

### **Nervesignalenes vei fra storhjernebarken til skjelett- musklene**

1. Nervesignalene starter i motorisk bark i storhjernebarken og ledes gjennom hvit substans i storhjernen til hjernestammen. Der krysser nervesignalene over til den andre siden av hjernestammen og fortsetter nedover i ryggmargen i hvit substans. De ledes så inn i grå substans i ryggmargen der det er en synapse. Nervesignalene passerer over synapsen og fortsetter i motoriske nerveceller som har aksoner som går ut av ryggmargen gjennom fremre nervert. Nervesignalene følger disse aksonene (motoriske nervefibrene) videre i en perifer nerve frem til synapser med muskelceller i muskelen.

### **Refleksbuer**

1. Hva som skjer når vi tar på en varm kokeplate.



- a.** Smertereseptorer i huden registrerer at plata er varm. Da sendes nervesignaler i sensoriske nervefibrer (aksoner) i en perifer nerve inn mot ryggmargen. Nervesignalene passerer inn i ryggmargen via bakre nerverot og forsetter gjennom to synapser i ryggmargen. Disse synapsene ligger etter hverandre i samme ryggmargssegment. Etter den andre synapsen sendes nervesignalene videre i motoriske nervefibrer (aksoner) som passerer ut av ryggmargen via fremre nerverot og fortsetter i en perifer nerve frem til synapser med muskelen som trekker hånda vekk fra den varme kokeplata.
  - b.** Denne typen refleksbue kalles tilbaketrekningsrefleks.
- 2.** Hva som skjer når vi slår med en reflekshammer mot senen nedenfor kneskålen, og kneet strekkes ut.

  - a.** Sansereseptorer (muskelspoler) inne i muskelen stimuleres når vi slår med reflekshammeren. Da sendes nervesignaler i sensoriske nervefibrer (aksoner) i en perifer nerve inn mot ryggmargen. Nervesignalene passerer inn i ryggmargen via bakre nerverot og fortsetter gjennom en synapse i ryggmargen. Etter synapsen sendes nervesignalene videre i motoriske nervefibrer (aksoner) som passerer ut av ryggmargen via fremre nerverot og fortsetter i en perifer nerve frem til synapser med muskelen som trekker seg sammen og gjør at kneet strekkes ut.
  - b.** Denne typen refleksbue kalles senererefleks eller strekkrefleks.

### **Det autonome nervesystemet**

- 1.** De to hoveddelene av det autonome nervesystemet heter det sympatiske nervesystemet og det parasympatiske nervesystemet

2. De typene vev som får nerveforsyning via det autonome nervesystemet, er hjertemuskulatur, glatt muskulatur og kjertler.

3. Momenter i redegjørelsen:

- Aksonene i det sympatiske nervesystemet følger spinalnervener som utgår fra ryggmargssegmentene i nivåene T1–L2.
- Aksonene når frem til den sympatiske grensestrengen som er en struktur som ligger på begge sider av ryggmargen. Nervecellene som leder nervesignaler fra ryggmargen til den sympatiske grensestrengen, kalles preganglionære nerveceller.
- I den sympatiske grensestrengen er det synaps, og i disse synapsene er acetylkolin neurotransmitter. Fra den sympatiske grensestrengen ledes nervesignalene videre til en rekke forskjellige organer. Disse organene kalles målorganer. Nervecellene som leder nervesignaler fra den sympatiske grensestrengen til målorganene, kalles postganglionære nerveceller.
- I synapsene med målorganene er noradrenalin neurotransmitter. Reseptorene på målorganene kalles alfaadrenerge reseptorer og betaadrenerge reseptorer.
- I den sympatiske grensestrengen er det forbindelser mellom sympatiske nervefibrer som utgår fra forskjellige nivåer i ryggmargen, dermed kan et nervesignal fra ett nivå påvirke nerver som utgår fra andre nivåer.
- Det sympatiske nervesystemet sender også aksoner til binyremargen, og når det sendes nervesignaler hit, stimuleres sekresjon av hormonene adrenalin og noradrenalin til blodet.

4. Virkninger av det sympatiske nervesystemet:

- a. Utvider pupillene
- b. Spyttproduksjonen blir mindre, og spyttet blir mer tyktflytende
- c. Øker hjertefrekvensen og hjertets kontraksjonskraft
- d. Utvider luftveiene
- e. Reduserer peristaltikken (tarmbevegelsene) og sekresjonen fra kjertler i fordøyelseskanalen
- f. Muskulatur i urinblæra slapper av, lukkemuskelen i urinrøret kontraherer (motvirker vannlating)
- g. Stimulerer ejakulasjon (sæduttømming)
- h. Stimulerer sammentrekning av blodårer i en rekke organer
- i. Øker svetteproduksjonen
- j. Stimulerer sekresjon av adrenalin og noradrenalin fra binyrene

**5. Momenter i redegjørelsen:**

- Aksonene i det parasympatiske nervesystemet utgår fra hjernestammen og fra ryggmargssegmentene S2–S4.
- Aksonene når frem til synapser som ofte ligger i nærheten av målorganene. Acetylkolin er neurotransmitter i disse synapsene. Nervecellene som leder nervesignalene fra sentralnervesystemet til disse synapsene, kalles preganglionære nerveceller.
- Fra disse synapsene ledes nervesignalene videre i nerveceller som når helt frem til målorganene. Disse nervecellene kalles postganglionære nerveceller.
- I synapsene med målorganene er acetylkolin neurotransmitter, og reseptorene på målorganene kalles kolinerge reseptorer.

**6. Virkninger av det parasympatiske nervesystemet**

- a. Pupillene blir mindre
- b. Spyttproduksjonen øker, spyttet blir mer tyntflytende

- c. Reduserer hjertefrekvensen
- d. Luftveiene trekkes sammen (blir trangere)
- e. Øker peristaltikken (tarmbevegelsene) og sekresjonen fra kjertler i fordøyelseskanalen
- f. Muskulatur i urinblæra kontraherer, lukkemuskelen i urinrøret slapper av (stimulerer vannlating)
- g. Stimulerer ereksjon

### Noen viktige nerver i det perifere nervesystemet

1. Hjernenervene omfatter alle perifere nerver som utgår direkte fra hjernestammen. I tillegg regnes også synsnervene og luktenervene med til hjernenervene. Synsnervene og luktenervene er imidlertid ikke perifere nerver, men utposninger fra sentralnervesystemet.
2. Nervus olfactorius
3. Nervus opticus
4. Nervus oculomotorius
5. Nervus trochlearis, nervus oculomotorius og nervus abducens
6. Nervus trigeminus
7. Nervus facialis
8. Nervus vestibulocochlearis
9. Inneholder motoriske nervefibrer (aksoner) til svelgemuskulatur

- 10.** Inneholder parasympatiske nervefibrer til hjertet, luftveiene og innvoller i abdomen
- 11.** Inneholder motoriske nervefibrer til musculus sternocleidomastoideus og musculus trapezius
- 12.** Inneholder motoriske nervefibrer til muskulatur i tunga
- 13.** Nervus phrenicus som utgår fra nivåene C3–C5
- 14.** For eksempel nervus radialis, nervus ulnaris og nervus medianus. Alle disse nervene inneholder både sensoriske og motoriske nervefibrer (aksoner)
- 15.** Nervus ischiadicus som utgår fra noen av ryggmargssegmentene i nedre del av ryggmargen. Nervus ischiadicus inneholder både sensoriske og motoriske nervefibrer.
- 16.** Nervus tibialis og nervus fibularis (nervus peroneus)
- 17.** Nervus femoralis