

---

# System til detektering af kropsbalance

P3 Projektrapport

---

AALBORG UNIVERSITET, 02/09/15-16/12/15

SKREVET AF

GRUPPE 375



Kilder: <http://www.brainharmonycenter.com/what-is-brain-balance.html> & <http://www.thehealersjournal.com/pineal-gland-activation/>

---



**AALBORG UNIVERSITET**

STUDENTERRAPPORT

**Sundhedsteknologi**

Fredrik Bajers Vej 7

9220 Aalborg

<http://smh.aau.dk>

**Titel:** System til detektering af kropsbalance

**Tema:** Instrumentering til opsamling af fysiologiske signaler

**Projektperiode:** D. 02/09/2015 - 16/12/2015

P3, efterår 2015

**Projektgruppe:** 375

**Deltagere:**

---

Cecilie Sophie Rosenkrantz Topp

---

Mads Jozwiak Pedersen

---

Maria Kaalund Kroustrup

---

Mathias Vassard Olsen

---

Nikoline Suhr Kristensen

---

Sofie Helene Bjørnsrud Jensen

**Vejleder:** Erika G. Spaich

**Synopsis:**

**Oplagstal:**

**Sideantal:**

**Bilagsantal og -art:**

**Afsluttet den 16. december 2015**

# Forord

---

Denne rapport er udarbejdet os..

# Indholdsfortegnelse

---

<b>Kapitel 1 Indledning</b>	<b>1</b>
1.1 Initierende problem . . . . .	2
<b>Kapitel 2 Problemanalyse</b>	<b>3</b>
2.1 Apopleksi . . . . .	3
2.1.1 Påvirkning på encephalon . . . . .	4
2.1.2 Encephalons påvirkning på balance . . . . .	5
2.1.3 Plasticitet . . . . .	6
2.2 Undersøgelse og behandling . . . . .	7
2.2.1 Undersøgelse . . . . .	7
2.2.2 Behandling . . . . .	7
2.2.3 Forebyggelse . . . . .	8
2.3 Følger af apopleksi . . . . .	8
2.3.1 Sensoriske og motoriske skader . . . . .	8
2.3.2 Personlige følger . . . . .	11
2.4 Rehabilitering . . . . .	12
2.4.1 Forløbsprogram for rehabilitering . . . . .	12
2.4.2 Organisering af rehabiliteringsprocessen . . . . .	14
2.4.3 Metoder til rehabilitering af balance . . . . .	14
2.5 Biofeedback . . . . .	15
2.5.1 Fysiologisk biofeedback . . . . .	16
2.5.2 Biomekanisk biofeedback . . . . .	16
2.5.3 Krav til patienter med balanceproblemer ved anvendelse af biofeedback	17
2.6 Problemafgrænsning . . . . .	18
2.7 Problemformulering . . . . .	18
<b>Kapitel 3 Problemløsning</b>	<b>19</b>
3.1 Systembeskrivelse . . . . .	19
3.2 Kravspecifikation . . . . .	19
<b>Litteratur</b>	<b>20</b>
<b>Bilag A Nervefysiologi</b>	<b>24</b>
A.1 Hjernens anatomi . . . . .	24
A.2 Nervens anatomi . . . . .	25
A.3 Aktionspotentialer . . . . .	25
<b>Bilag B Kroppens balance</b>	<b>28</b>
B.1 Ørets bidrag til balance . . . . .	28
B.2 Øjets bidrag til balance . . . . .	29
B.3 Proprioceptorerne og skeletmuskulaturens bidrag til balancen . . . . .	30

# Kapitel 1

## Indledning

---

Apopleksi er pludselig opstået fokalneurologiske symptomer forårsaget af vaskulære forstyrrelser i hjernen, der kan være forårsaget af livsstilsfaktorer, såsom forhøjet blodtryk, diabetes eller rygning [1, 2]. Apopleksi er den tredje største dødsårsag i Danmark og ca. 12.500 personer indlægges hvert år pga. sygdommen [3]. Andelen der dør af hjerneskadet, har været stagneret fra 2001 til 2011, hvor 14% døde inden for 30 dage [4]. Derudover levede 75.000 danskere i 2011 med følger af apopleksi, og ud af disse er omkring hver fjerde person afhængig af hjælp for at kunne udføre dagligdagens gøremål [3]. Antallet af indlæggelsesforløb for mænd og kvinder stiger, når de bliver ældre end 65 år [5]. Danskere der lever med følger og varige mén af apopleksi forventes at være stigende i takt med, at der kommer flere ældre [6]. Apopleksi er den sygdom, der kræver flest plejedøgn i sundhedssektoren. Ud fra et økonomisk perspektiv er det derfor omkostningsfuldt for samfundet ift. behandling, rehabilitering og produktivitetstab. Udgifterne til sygdommen udgør 4% af sundhedsvæsenets samlede udgifter, hvor direkte udgifter er estimeret til 2.7 milliard kroner om året [3, 7].

Følgerne af apopleksi opstår ofte pludseligt og kan medføre både fysiske og mentale konsekvenser for patienten [8]. Efter et apopleksitilfælde oplever patienterne ofte nedsat eller ikke funktionsdygtig balance. Problemer med balancen opstår, da encephalon ikke kan bearbejde de balanceinformationer proprioceptorerne og sansereceptorerne sender. [9] Et år apopleksiens forekomst oplever 40% af patienterne faldulykker [10]. Apopleksipatienter kan desuden opleve neglekt, der også er skade på de sensoriske og motoriske funktioner og et af de hyppigste mén. Der findes forskellige typer af neglekt. Eksempelvis kan patienten opleve ikke at være opmærksom på den ene side af kroppen. [11]

Disse to typer af følger har alvorlige konsekvenser for apopleksipatienter, da de bl.a. kan føre til begrænsninger i hverdagen og i nogle tilfælde faldulykker. [8, 12] For en apopleksipatient med balanceproblemer kan det være vanskeligt at vende tilbage til sin normale hverdag, da almindelige huslige pligter, såsom rengøring og personlig pleje er svært at klare uden hjælp. [13]

Balanceproblemer kan medføre nedsat livskvalitet. Generelt oplever hjerneskadede patienter, heriblandt apopleksipatienter med balanceproblemer, nedsat livskvalitet pga. deres sygdom. Dette ses eksempelvis ved, at apopleksipatienter har dobbelt så stor selvmordsrate som baggrundsbefolkningen [13]. Et apopleksitilfælde medfører en pludselig afbrydelse i patientens livsforløb. Det kan for patienten blive uoverskueligt at opretholde sociale- og familierelationer, hvilket medfører, at de stadigvæk kan opleve nedsat livskvalitet senere i livet. En forbedret livskvalitet kan skabes ved hurtigere rehabilitering samt forbedrede kropslige funktioner, herunder balancen. [13]

For at apopleksipatienter opnår den bedst mulige behandling og rehabilitering er det afgørende, at der er et fungerende sammenspil mellem kommuner, sygehuse og praktiserende

læger [13]. Det er essentielt, at rehabiliteringen påbegyndes få dage efter apopleksitilfældet er opstået, for så vidt muligt at genskabe den tabte funktionsevne, herunder balancen. [14]

## **1.1 Initierende problem**

Hvilke fysiologiske konsekvenser kan apopleksi have for patienten, og hvad er rehabiliteringsmulighederne for en patient med balanceproblemer?

# Kapitel 2

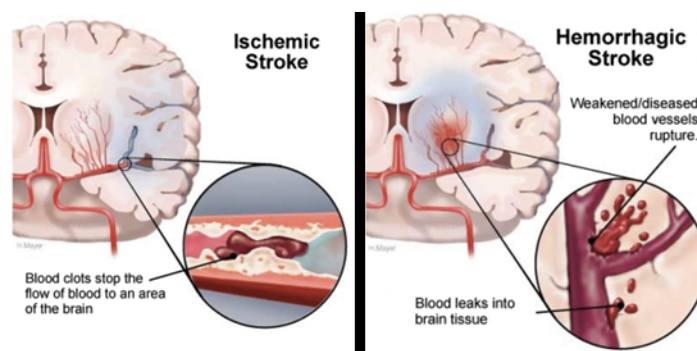
## Problemanalyse

---

### 2.1 Apopleksi

Encephalon har brug for ilt og næringsstoffer for at kunne fungere normalt og er derfor afhængig af en konstant blodgennemstrømning. Hvis denne tilstrømning stopper, kan det have alvorlige konsekvenser. [3] Apopleksi er en sygdom, som har indvirkning på blodgennemstrømningen til encephalon, da den nedsætter blodtilførslen, enten ved en blodprop eller ved en blødning [3]. Sundhedsstyrelsen definerer apopleksi som pludseligt opståede fokalneurologiske symptomer af formodet vaskulær genese med en varighed på over 24 timer. [1] Hvis varigheden er under 24 timer, betegnes det som transitorisk cerebral iskæmi (TCI), hvor de fleste tilfælde varer under en time uden permanent hjerneskade [15, 16]. Flere tusinde danskere oplever TCI årligt, men det er sjældent, at den ramte selv opdager det. Symptomerne heraf er milde og kan være en følelseløshed i lemmerne eller i ansigtet samt korte oplevelser af forvirring, synsforstyrrelser og sproglige forstyrrelser. Det er sjældent, at der opstår mén fra disse tilfælde og derfor kræves der ingen behandling. [2, 3] Apopleksisymptomers fremtræden kan variere fra et par minutter op til et par dage [2, 7]. Nogle risikofaktorer til et apopleksitilfælde kan være forhøjet blodtryk, rygning, højt kolesteroltal, diabetes og arvelige defekter. Konsekvenserne fra apopleksi kan omfatte forbigående eller varig lammelse af forskellige dele af kroppen, vanskeligheder ved tale og spisning samt et tab i muskulær koordinering. [2] Hurtig behandling er essentielt for at mindske disse konsekvenser [3].

Et apopleksitilfælde kan være forårsaget af enten en embolia cerebri (iskæmisk) eller hæmorrhagia cerebri (hæmoragisk). [16]



**Figur 2.1:** På billedet ses, hvad der sker i encephalon, når henholdsvis iskæmisk og hæmoragisk apopleksi opstår. Der ses til venstre, at iskæmisk apopleksi sker, hvis en arterie blokkeres. Til højre ses, at hæmoragisk apopleksi opstår, når en arterie brister. [16]

### Iskæmisk apopleksi

Iskæmisk apopleksi opstår i 80-85% af alle apopleksitilfælde [15]. Her blokeres en hjernearterie af en blodprop, der stopper tilførslen af blod til et bestemt område i encephalon, hvilket ses på **figur 2.1**. Blodpropperne dannes primært pga. åreforkalkning enten ved en trombe, der dannes på stedet, eller en emboli fra hjertet. [17] Emboli består typisk af fragmenter af blodceller eller kolesterol, som er diffunderet ind i blodcirkulationen af encephalon fra arterierne [18]. En alvorlig blødning et andet sted på kroppen kan også resultere i blokeret eller stoppet blodtilførsel til encephalon. [3] Nervecellerne skades efter få minutter grundet iltmangel, men kan i værste tilfælde dø efter denne periode [17, 19].

### Hæmoragisk apopleksi

Hæmoragisk apopleksi opstår i 10-15% af tilfældene iblandt det samlede antal af apopleksiramte [15]. Årsagen heraf skyldes hovedsagligt forhøjet blodtryk eller, i sjældnere tilfælde, aneurismer eller medfødte misdannede kar [17]. Hæmoragisk apopleksi opstår, når en hjernearterie brister og lækage af blod danner en blodansamling, der beskadiger det omkringliggende væv og forøger trykket i encephalon, hvilket ses på **figur 2.1**. Intracerebral hæmoragi opstår ofte af forhøjet blodtryk, der danner et pres på de små arterier, som får dem til at bryde. [20]

Blødning i subaraknoidalrummene skyldes ofte bristning af en aneurisme i encephalon [17].<sup>1</sup> Symptomerne ved subaraknoidalblødning er generel tab af hjernefunktion, da der forekommer et øget pres på cerebrum, hvorimod hæmatomet ved intracerebral hæmoragi er lokaliseret et bestemt sted i encephalon og forårsager nedsat funktion af én bestemt hjernefunktion [20].

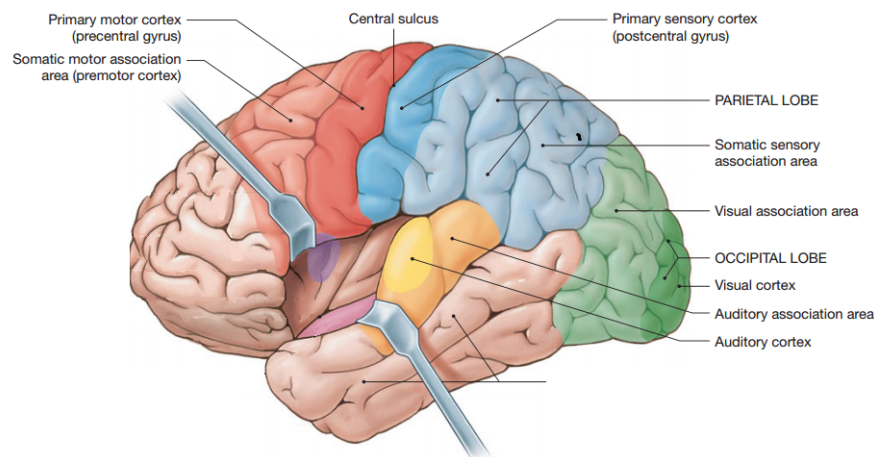
#### 2.1.1 Påvirkning på encephalon

Cerebrum er den største region af encephalon og kan deles op i to hjernehalvdele. Her sker en processering af sanserne, tale, tanker, synet, hukommelsen og følelser. [21] For en yderligere beskrivelse af hjernen, nervefysiologi samt biologisk kommunikation se bilag A. De forskellige sensoriske- og motoriske regioner kan ses på **figur 2.2**. Som tidligere nævnt i afsnit 2.1 er 80-85% af apopleksitilfældene iskæmiske og rammer hyppigst i media arterien, der forsyner det meste af cerebrum med blod. Derfor er det ofte sensoriske- og motoriske områder, som bliver skadet ved et apopleksitilfælde. [11, 22, 23]

---

<sup>1</sup>FiXme Note: subaraknoidalrummene er rummet mellem hjernehalvdelene





**Figur 2.2:** På figuren ses de sensoriske og motoriske regioner på den venstre hjernehalvdel af cerebrum. (Revideret) [21]

De sensoriske- og motoriske nervebaner fra sensorisk- og motorisk cortex løber ned gennem medulla spinalis og leder derved impulser ud til target organer og muskler og tilbage igen. Nervebanerne fra hhv. højre og venstre hjernehalvdel krydser i medulla oblongata eller i medulla spinalis. Denne krydsning betyder, at afferente signaler fra højre side af kroppen behandles i venstre hjernehalvdel, der sender efferente signaler tilbage til højre side af kroppen. [21, 24] Dette medfører, at et apopleksitilfælde i højre hjernehalvdel kan give sensoriske- og motoriske skader i venstre kropsdel og omvendt med venstre hjernehalvdel. [1, 12]

2

Hver muskelgruppe har sine egne dedikerede nerveceller. Antallet af nerveceller til hver muskel afhænger af, hvor præcis legemets bevægelse skal være. Flere nerveceller gør musklens bevægelse mere præcis. [24] Nervecellerne har en bestemt placering i cerebral cortex. Derfor vil et apopleksitilfælde et bestemt sted ramme en bestemt muskel. F.eks. vil en skade på det auditive cortex kunne medføre at det er svært for patienten at vide hvor hovedet er placeret i rummet. [25]

### 2.1.2 Encephalons påvirkning på balance

For at opretholde balancen kræves der samarbejde af flere områder af encephalon. Disse har en stor indflydelse på hinanden. Områderne kan ses i 2.1. Ved apopleksi kan flere områder rammes samtidig, hvilket kan gøre at flere funktioner svækkes. Da balancen er styret af flere forskellige områder i encephalon betyder en skade på eksempelvis det visuelle cortex ikke at man mister balancen helt.

<sup>2</sup>FiXme Note: Sæt et billede ind af krydsningen i medulla oblongata eller medulla spinalis

Område i encephalon	Funktioner
Cerebellum	Modtager proprioreceptiv og vestibulær information fra medulla spinalis og truncus encephalius. Fortolker og koordinerer frivillige bevægelser.
Det visuelle cortex	Fortolker lyssignaler og videresender informationer omkring rumlige forhold, bevægelse og koordinerer visuelle og somatosensoriske impulser.
Det præmotoriske cortex	Integrerer den sensoriske og motoriske systemer og igangsætter bevægelse som respons på visuelle eller auditive stimuli.
Det præfrontale cortex	Koordinerer information fra de andre cortex og udarbejder abstrakte intellektuelle funktioner, som at forudse hvilken effekt en handling vil have. Bearbejder eksterne sanseindtryk inden der foretages en handling.
Truncus Encephalius	Modtager vestibulær information fra det indre ører, som fortæller hovedets placering i rummet og generel balance ift. til tyngdekraften.

**Tabel 2.1:** Tabel over de områder af encephalon som påvirker balancen, samt deres funktion. [21, 26]

Encephalon har en naturlig tilpasning. Dette medfører, at den i nogle tilfælde kan genskabe skadede nerver eller finde en anden vej for funktionen, som en eventuelt tabt nerve skulle udføre. [21] Denne mekanisme kaldes plasticitet [27].

### 2.1.3 Plasticitet

Encephalon kan ændre eller tilpasse sig de stimuli, den udsættes for, hvilket kaldes encephalons plasticitet eller nerveplasticitet. Processen sker kontinuerligt igennem hele livet, men encephalon kan ikke danne nye nerver. [24] Under et apopleksitilfælde forekommer der iltmangel til encephalon, og nervecellerne kan derved blive skadet eller gå tabt [17]. Celledød medfører, at den døde nerve mister sine forbindelser til fungerende nerver. Denne forbindelsesafbrydelse i encephalon bevirker, at der kan opstå en kaskade af mistet kommunikation i de eksisterende nerver. Herved kan en nerves celledød påvirke andre områder af encephalon end blot der, hvor skaden er sket. [28] Encephalon vil benytte sig af sin plasticitet og omlægge det eksisterende nervenetværk til et nyt. Encephalon vil aktivere nogle signalstoffer, som kan finde en alternativ metode til at gennemføre den ønskede handling. [29] Som nævnt kan encephalon ikke danne nye nerver efter celledød, hvilket betyder, at der ikke kan generhverves præcis samme funktion som tidligere men evt. en lignende funktion. Plasticitet kan deles op i tre fænomener: [28]

- Denervation Supersensitivity er en afbrydelse imellem akson og synapse og medfører, at synapsen bliver overfølsom og derved lettere påvirket til at lave nye synapseforbindelser.
- Unmasking of Silent (Latent) Synapses sker når synapser, der har fuld funktionalitet men ingen effekt på slutstedet, afsløres, hvorefter der opstår en aktivitet og effekt.

- Collateral Sprouting sker hvis to nerver innerverer på samme slutsted, og den ene nerve dør. Så vil den anden nerve spire ind i den skadede nerves telodendron, og funktionen vil derved genvindes.

Ud fra disse tre fænomener findes der en fysiologisk baggrund for rehabilitering. Nerveplasticitet er særlig øget op til en måned efter et apopleksitilfælde. Det er derfor vigtigt at foretage genoptræning i denne periode, så encephalon kan danne nye forbindelser og kommunikationsveje. [29] Gentagelser af en færdighed effektiviserer synapseforbindelser, hvilket betyder, at den kompenserende færdighed styrkes. [24]. Den kompenserende færdighed dækker over de kompenserende bevægelser som kroppen skaber for at erstatte en tabt funktionsevne [30, 31].

## 2.2 Undersøgelse og behandling

Det er vigtigt at patienter med formodet apopleksi at få den rette undersøgelse og behandling. Disse trin er afgørende for det efterfølgende forløb, da behandling samt rehabilitering planlægges herefter. [1]

### 2.2.1 Undersøgelse

Når en patient med apopleksi indlægges, er en grundig undersøgelse nødvendig for at identificere, hvilken form for apopleksi patienten har. Diagnosticeringsprocessen består af flere trin. Først optages en anamnese, hvor lægen stiller patienten spørgsmål omkring sygdomsforløbet og eventuelle risikofaktorer. Herefter anvendes en udvalgt, standardiseret skala til at foretage en klinisk undersøgelse af patientens almene tilstand. Den valgte skala gør det muligt for lægen at vurdere, hvordan patientens tilstand udvikler sig i perioden efter indlæggelsen. Der kan efterfølgende foretages enten en CT- eller MR-scanning for at undersøge, om patienten er ramt af iskæmisk eller hæmoragisk apopleksi. Scanningen anvendes desuden til at lokalisere det ramte område samt omfanget. Under forløbet kontrollerer lægen også andre fysiologiske faktorer, eksempelvis blodtryk og temperatur. Disse faktorer kan give information om apopleksien.[1]

### 2.2.2 Behandling

Ved både iskæmisk og hæmoragisk apopleksi er det vigtigt at komme i behandling hurtigst muligt. [32] Standardbehandling for iskæmisk apopleksi har siden 2006 været trombolyse. Selve behandlingen foregår ved, at der sprøjtes blodpropopløsende medicin ind i en arterie, hvorefter blodproppen opløses. Denne behandling skal senest foregå 12 timer efter, da behandlingen derved ikke vil have nogen indvirkning efter længere tid. Ved hurtig behandling kan områder af encephalon reddes, hvormed patientens fremtidige livskvalitet forbedres. Trombolysebehandling finder sted på 12 sygehuse fordelt over de fem regioner. En risiko ved behandlingen kan være blødning pga. den blodpropopløsende medicin. [33] Behandlingen af patienter der rammes af hæmoragisk apopleksi er meget afhængig hvor hæmatomet er lokaliseret samt dets størrelse. Primært vil lægerne dræne blodet ud, såfremt det er muligt. Der kan desuden behandles med blodtrykssænkende medicin for at begrænse blødningen. [20]

### 2.2.3 Forebyggelse

En væsentlig del af iskæmisk apopleksi behandling er forebyggelse, da risikoen for en ny blodprop er betydelig. Til dette anvendes antikoagulationsbehandling, som er blodfortyndende medicin. Normalt har kroppen sit eget koagulationssystem som får blodet til at størkne. Derudover medvirker systemet også til at opløse evt. blodpropper i det kardiovaskulære system. For iskæmiske apopleksipatienter fungerer koagulationssystemet ikke optimalt, og det er dermed nødvendigt at hæmme blodets evne til at koagulere. Dette modvirker dannelsen af nye blodpropper. [34] For både iskæmisk og hæmoragisk apopleksi er en væsentlig del af forebyggelsen at undgå diverse risikofaktorer ift. livsstil, herunder forhøjet blodtryk og kolesterol, overvægt, rygning, dårlig kost, alkohol og manglende motion. [35]

## 2.3 Følger af apopleksi

Apopleksi kan forekomme pludseligt og dermed uden, at den ramte kan forberede sig på følgerne. Dette er modsat andre sygdomme, såsom diabetes, sclerose og KOL, hvor progressionen ofte sker gradvist. Der kan opstå psykiske konsekvenser forårsaget af hæmoragisk eller iskæmisk apopleksi som f.eks. depression, angst og nedsat funktionsevne, hvilket bl.a. går udover patientens lyst til at komme tilbage til sin normale hverdag. [8] Udover de psykiske konsekvenser giver apopleksi andre følger, som afhænger af, hvilken del af encephalon der rammes, og hvor omfangsrig hjerneskaden er. Omfanget afhænger af tiden, hvor en del af encephalon ikke får ilt, størrelse af den eventuelle blødningen og trykket i arterien [36]. Følgerne kan derfor have indflydelse på patientens fysiske og mentale tilstand.

### 2.3.1 Sensoriske og motoriske skader

Som tidligere nævnt i afsnit 2.1.1 kan apopleksi skade sensoriske såvel som motoriske funktioner. Dette kan bl.a. opleves som manglende funktion i arme, hænder, ben og fødder. De sensoriske og motoriske konsekvenser er de hyppigst forekommende følger hos apopleksiramte og kan medføre problemer med udførsel af orienterende handlinger. [11, 37] De sensoriske og motoriske funktioner har indflydelse på hinanden, da der ofte anvendes sanser og motorik til udførsel af forskellige funktioner [12].

De sensoriske og motoriske skader sker i det primære sensoriske cortex, som kan ses på **figur 2.2**.

Symptomerne på de sensoriske følger kan være:

- Agnosi: Manglende evne til at genkende genstande på trods af klare sanseindtryk af genstanden. Der er flere former for agnosi, som påvirker genkendelsen af ansigter, lyde og legemesdele [38].
- Agnosognosi: Manglende sygdomserkendelse, hvilket kan opleves ved, at patienten nægter sin halvsidige lammelse. Patienten vil i nogle tilfælde kunne oplyse om sin lammelse, men vil stadig ikke erkende, at den er der [39].

Patienterne kan derfor både have problemer med forholdet mellem egen krop og objekter omkring sig, afstandsbedømmelse samt kropsdelenes indbyrdes forhold [11, 37]. Derudover kan de sensoriske følger have indflydelse på motoriske følger [12].

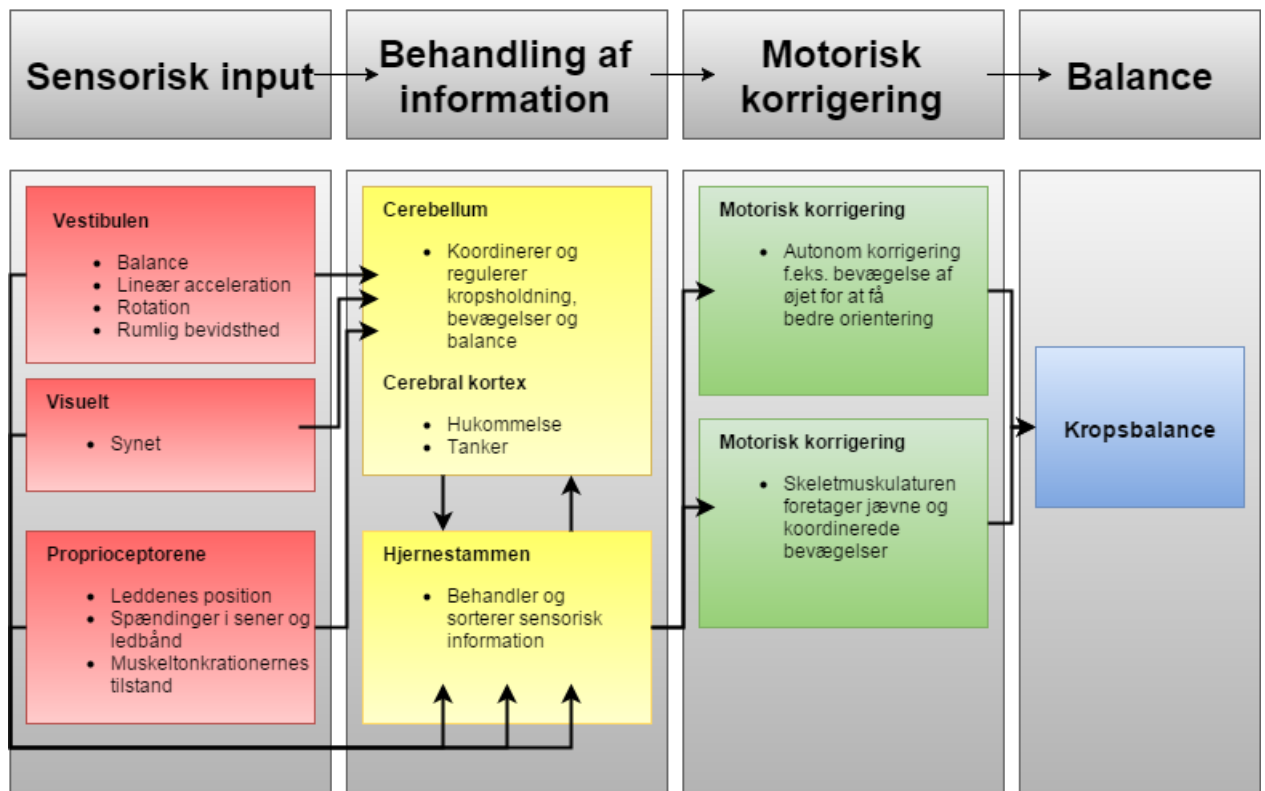
De motoriske skader har bl.a. følgende symptomer:

- Parese: Nedsat kraft i muskulaturen, hvilket vil sige, at der er bevægelse men i mindre grad. Hvis der er nedsættelse i halvdelen af kroppen kaldes det hemiparese [40].
- Paralyse: Ingen bevægelse i muskulaturen, hvilket vil sige, at kroppen er fuldstændig lammet. [41]
- Ataksi: Manglende evne til koordinering af muskelbevægelser. Dette sker ofte pga. sygdom i cerebellum og afspejles i bredgang [42].

De motoriske følger kan medføre begrænsninger i bevægelse ift. præcision, generel stivhed, opstart af gang, hurtige og spontane bevægelser samt rystelser. Alle disse følger har betydning for patientens balance og kan give udfordringer for patienten ift. at kunne udføre stående, siddende og gående færdigheder. [11, 37]

## Balance

En sensorisk og motorisk skade kan lede til balanceproblemer, da både kroppens sanser samt motorik hjælper til opretholdelse af balance. Balancen er vigtig for mennesket, eftersom den opretholder kropsstillingen vha. ubevidste bevægelser og gør bevægelse muligt uden fald. For at opretholde balancen bliver kropsvægten så vidt mulig fordelt omkring kroppens akse og de vægtbærende legemer, herunder fødder i oprejst position og gluteal musklerne i siddende position. [12] Balancen er et komplekst system, da proprioceptorer og sansereceptorer samarbejder om at sende balanceinformation til encephalon, hvor det bearbejdes. Samarbejdet mellem receptorerne er illustreret på **figur 2.3**. Proprioceptorerne kontrollerer muskler, sener og ledenes position, dvs. de styrer ubevidste bevægelser. [21] Sansereceptorer opfanger sanseindtryk og videregiver informationen til områder i cerebral cortex, cerebellum og til centre i hele truncus encephalicus. Disse områder bearbejder informationen for at konkludere den fysiske position af kroppen og dens lemmer. [21, 9] Proprioceptorer og sansereceptorerne, samt hvor de findes, bliver uddybet nærmere i bilag B, hvor der også er en anatomisk forklaring heraf.

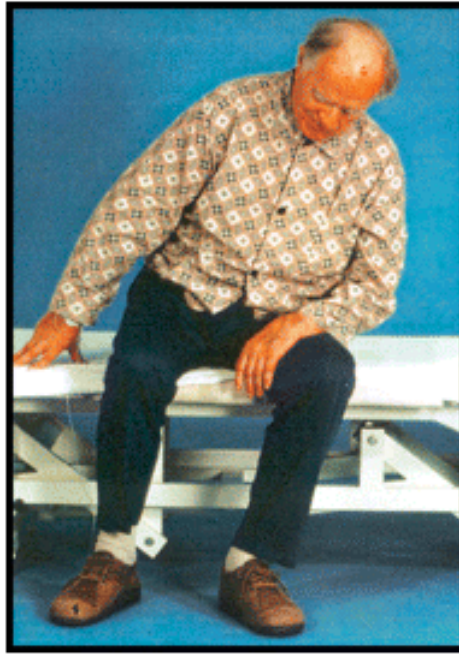


**Figur 2.3:** På dette flowdiagram ses, hvordan synet, hørelsen og proprioceptorer samarbejder for at opretholde kropsbalancen [43].

Grundet motoriske og sensoriske skader oplever patienter ofte en nedsat eller slet ikke funktionsdygtig balanceevne. [9] Dette skyldes, at samarbejdet mellem proprioceptorerne og sansereceptorer er svækket samt de behandlede centre i encephalon er skadet. [21] Et eksempel på balanceproblemer kan være, at patienter kan hænge mod deres syge side, uden de er opmærksomme på det. Balancen har betydning for den siddende, stående og gående position, og de forskellige positioner afhænger af hinanden. Hvis patienter med balancebesvær har problemer med siddende position, vil det forventes, at patienten ikke kan foretage de andre positioner. Det kan give begrænsninger i hverdagen, da man er afhængig af hjælp til f.eks. rengøring og indkøb. [9]

Problemer ved opretholdelse af nævnte positioner giver øget risiko for faldulykker. [9]

Et eksempel på, hvordan balancen påvirkes, er Pusher Syndrom. Dette er en lidelse, hvor halvsidigt lammede patienter aktivt skubber deres kropsvægt mod den lammede kropsside, hvilket er illustreret på **figur 2.4**. Lidelsen kan opstå som følge af både højre- og venstresidig hjerneskade. Patienter med Pusher Syndrom registrerer ikke, at deres krop hænger, hvilket kan være med til at besværliggøre funktioner i dagligdagen og giver øget risiko for faldulykker i både stående, gående og siddende stilling. [9]



**Figur 2.4:** På dette billede ses en patient med pusher syndrom. Det ses tydeligt, at patienten hænger til sin venstre side med kroppen [9].

## Neglekt

Neglekt er en sensorisk og motorisk skade, hvilket skyldes at sygdommen kan forekomme visuelt, kropsligt eller kombineret.<sup>3</sup> Det anslås, at 25% af apopleksipatienterne i 2009 var ramt af neglekt. [1] Der er mange former for neglekt, hvor graden kan variere, som kan forekomme samtidigt [11].

Ved visuel neglekt kan patienten bl.a. mangle sanseindtryk fra den påvirkede side af kroppen. Patienten er eksempelvis ikke opmærksom på den ene side af teksten, når vedkommende skal læse, selvom synet er normalt. Derudover kan patienten opleve kun at spise fra den ene del af tallerkenen, eftersom encephalon ikke registrerer den anden halvdel. [11]

Ved den kropslige neglekt kan patienten have manglende kropsbevidsthed. Patienten har ofte normal følelse i den syge side af kroppen - indtrykkene bemærkes, men registreres ikke i encephalon. Dette kan komme til udtryk i, at patienten glemmer at klæde den syge side af kroppen ordentligt på eller kun barbære halvdelen af ansigtet. En alvorlig følge af dette kan være, at patienten udfører ubevidst skade på sig selv. Patienten kan f.eks. støde ind i ting med den syge side eller ikke være opmærksom på, at benene ikke kan bære kropsvægten. Derved kan der på længere sigt forekomme ergonomiske skader andre steder i kroppen. [11]

### 2.3.2 Personlige følger

Dette afsnit er baseret på hjerneskader generelt. Dvs. det ikke er sikkert, at apopleksi er årsagen, men det antages, at de samme udfordringer gør sig gældende hos personer, der får

<sup>3</sup>FiXme Note: <http://gade.psy.ku.dk/bogkap/neglekt.htm> - skal IKKE indsættes i kildeliste, da det ikke er en "pålidelig" kilde, men den er god for os at læse.

hjerneskader af apopleksi. Derudover skal det noteres, at det ikke er sikkert, at en patient får følger af apopleksi.

Personer, der rammes af en hjerneskade, beskriver hjerneskaden som et brud i deres liv, som de skal lære at forholde sig til. Det kan tage tid for patienterne at indse, at de er ramt af en sygdom. Patienten er ikke i stand til at udføre de samme opgaver som tidligere, hvilket har betydning den rantes identitet, aktivitet og sociale relationer. Kroppens funktionsændringer gør, at den ramte kommer til at leve et mere inaktivt og hjemmeorienteret liv end før. En yngre patient er mere ramt af denne forandring ift. en ældre patient. Dette kan bl.a. skyldes vanskeligheden i at opretholde sociale relationer og begå sig i hverdagen. Apopleksiramte kan derudover opleve en kropsspaltning, hvor kroppen opleves som et fremmedobjekt. [13, 44]

Der findes skjulte vanskeligheder for patienter med hjerneskade som f.eks. med hukommelse, læsning, regning. Disse skjulte vanskeligheder har også en indflydelse på patientens selvopfattelse og kan derved være med til at nedsætte livskvaliteten for den enkelte. [13]

## 2.4 Rehabilitering

Når selve apopleksien er stabiliseret og behandlet, er det essentielt, at rehabiliteringen af patienten indfindes hurtigst muligt - gerne en til to dage efter apopleksitilfældet. I Danmark dækker rehabilitering af en patient med apopleksi områderne: direkte træning af funktioner, ufrivillig reorganisering af encephalons netværk, kompenserende bevægelser, ændringer i miljø, social og psykologisk støtte. Genoptræningen omhandler ikke kun træning med en ergo- eller fysioterapeut, da plejepersonale til dagens almindelige gøremål er essentiel. Patientens daglige rutiner kan være gået tabt under apopleksitilfældet, hvorfor det er vigtigt, at få vedkommende tilbage i sit vante miljø. Plejepersonale skal hjælpe patienten til at genfinde rytmen og til evt. at udføre dagligdagsopgaver på en ny måde. Det kan ske, at patienten ikke længere er i stand til at beherske begge sine hænder til en opgave, hvorved plejepersonalet skal bistå patienten i indlæringen af kun at benytte én hånd. [? ]

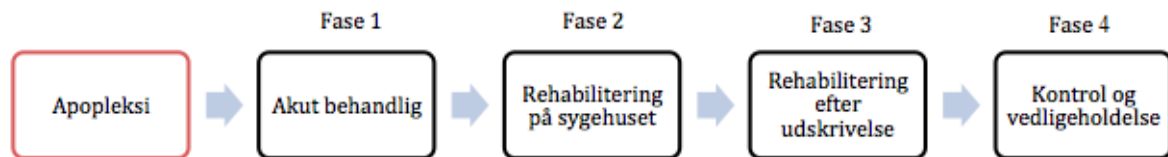
Apopleksipatienten skal i samarbejde med lægen, sygeplejersken og andet hjælpepersonale opstille nogle mål for sin rehabilitering. Målene skal være realistiske, så patienten ikke mister sin motivation til genoptræningen. [? ]

### 2.4.1 Forløbsprogram for rehabilitering

Sundhedsstyrelsen har udarbejdet et forløbsprogram for rehabilitering af patienter med erhvervet hjerneskade. Forløbsprogrammet strækker sig fra at patienten erhverver hjerneskaden til at bedst mulig funktionsevne er opnået. Herefter udføres kontrol og vedligeholdelse af funktionsevnen. Tidsperioden for rehabilitering varierer ift. hjerneskadens sværhedsgrad, samt graden af funktionstab. [45]

Forløbsprogrammet er essentielt ift. at kunne give patienten den korrekte rehabilitering. Patienterne har forskellige behov og er afhængige af hjælp fra plejepersonale. Derudover kræves der forskellige former for teknologi i de enkelte faser. Det vil derfor være oplagt at undersøge, hvilken form for rehabilitering der er at foretrække i de enkelte faser som ses på **figur 2.5**.





**Figur 2.5:** På figuren ses et overblik over de fire faser, som patienter med apopleksi skal igennem i forløbsprogrammet for rehabilitering. [45]

### Den første fase

Som det vises på **figur 2.5** afspejler første fase den del af forløbsprogrammet, som foregår på sygehusets apopleksiafdeling. På apopleksiafdelingen foretages primært akut behandling for at begrænse følgerne. Når patientens sikkerhed er opnået og følgerne er begrænset påbegyndes den tidlige rehabilitering. Under den tidlige rehabilitering giver en speciallæge i neurologi en vurdering af patientens rehabiliteringsbehov. Derudover bliver patienterne overvåget ift. bevidsthed, fysiologiske ændringer og amnesi samt foretaget vurderinger af basale fysiologiske funktioner. Samtidig bliver der iværksat træning i diverse bevægelsesfunktioner, basale egenskaber og kommunikationsfunktioner. Patienterne gennemgår også en tidlig behandling og diagnostik for at undersøge komplicerende tilstande, som f.eks. vaskulære hændelser, smerter og blodpropper i ben og lunger. Patienterne vurderes i denne fase af fagkyndigt personale såsom ergoterapeut, fysioterapeut og audiologopæd<sup>4</sup>. Disse er med til at sikre, at patienten udfører træningen korrekt ift. stimulering<sup>5</sup> og træning af bevægelsesfunktioner, taletræning og udførsel af basale daglige aktiviteter. [45]

### Den anden fase

Det fremgår af **figur 2.5**, at patienten i den anden fase gennemgår rehabilitering på sygehuset, hvor der er fokus på de skadede funktioner. Ligeledes bliver patienten på samme måde som i den første fase undervist af fagkyndigt personale, hvor patientens behov for rehabilitering og rehabiliteringens udvikling vurderes. Patienterne bliver i denne fase udredt ift. funktionsevne, mentale funktioner, bevægelsesfunktioner herunder bevægelse og mobilitet i led, knogler, reflekser og muskler samt rehabilitering med henblik på daglige aktiviteter. Hvis patienten vurderes til at have en stabil udvikling i rehabiliteringsprocessen, vil vedkommende blive udskrevet og påbegynde fase tre. [45]

### Den tredje fase

I den tredje fase er patienten udskrevet fra sygehuset. Derved foregår rehabiliteringen ambulant og som selvstændig træning, hvilket fremgår af **figur 2.5**. Selve rehabiliteringen i tredje fase er bygget op ud fra rehabiliteringsforløbet i den anden fase. Det afgørende for den tredje fase er, hvorvidt patienten skal vedblive rehabilitering på sygehuset eller henvises til de kommunale rehabiliteringscentre. Dette afgøres på baggrund af observationer foretaget i anden fase. Den selvstændige træning kan for patienter med neglekt og balanceproblemer være en udfordring ift. bevægelsesmønstre og kropsholdning. [45]

<sup>4</sup>FiXme Note: høre og talepædagog

<sup>5</sup>FiXme Note: Kilden siger "herunder stimulering/træning af bevægelsesfunktioner", så det må betyde, at der sker en stimulering i hjernen af bevægelsesfunktioner, som kan optimere bevægelsen.

## Den fjerde fase

Det fremgår på **figur 2.5**, at fjerde fase er den afsluttende fase for behandlingsforløbet. Patienterne går stadig til kontrol og vedligeholdelse for at sikre, at rehabiliteringens udvikling er stabil. Det kan i sidste ende have betydning for, hvor lang tid det tager for patienten at generhverve sine tabte funktioner. Den fjerde fase varierer derfor yderligere fra patient til patient alt efter udviklingen af rehabiliteringen. [45]

### 2.4.2 Organisering af rehabiliteringsprocessen

I sundhedssektoren arbejder de forskellige organisatoriske aktører på tværs af hinanden, hvilket vil sige, at der er et samarbejde mellem sygehuse, kommuner og praktiserende læger. Dette samarbejde sker både internt på sygehusene, på afdelingerne og kommunalt mellem forvaltningerne. [13] De nævnte aktører er de centrale enheder i forbindelse med hjerneskaderehabilitering.<sup>6</sup> De har opgaver i alle faser i varierende grad. Sygehuset har flest opgaver i første og anden fase, mens kommuner og praktiserende læger har flest opgaver i tredje og fjerde fase. [45] Det er vigtigt, at det organisatoriske samspil fungerer, da hjerneskadede patienter, som beskrevet ovenfor, er i kontakt med flere forskellige organisatoriske aktører under deres sygdomsforløb. De enkelte forløb kan desuden være forskellige, afhængig af hvor i landet patienten befinder sig, samt hvor omfattende hjerneskaden er. [13]

### 2.4.3 Metoder til rehabilitering af balance

Der findes flere forskellige metoder og teknologier til at hjælpe med balanceproblemer under rehabiliteringsprocessen. Disse omfatter: [45]

- Biofeedback - Platform feedback
- Passiv sensorisk stimulation
- Balancetræning med fysioterapeut
- Styrketræning

Platform feedback er en metode baseret på biofeedback, hvor patienten står på en platform. Platformen måler graden af patientens svajning<sup>7</sup>. Når platformen har målt svajningen af patienten, kan vedkommende enten få visuel eller auditiv feedback. Feedbacken skal gøre patienten mere opmærksom på, hvor meget kroppen svajer, hvilket gør det muligt at opretholde en stående position. [46] Denne form for teknologi benyttes særligt i de tidlige faser af rehabiliteringen [45].

Passiv sensorisk stimulation er en rehabiliteringsform, hvor patienten modtager elektrisk stimulation, der ikke medfører aktivitet i musklerne. Stimulationen er der for at fortælle patienten om, hvad kroppen foretager sig, så det bliver muligt at korrigere bevægelserne og opretholde balancen. [13] Denne metode tilbydes under hele rehabiliteringsforløbet [45].<sup>8</sup>

---

<sup>6</sup>FiXme Note: Hvilke øvrige aktører indgår, som ikke er de centrale? Svar: Forskellige faggrupper med neurofaglige kompetencer. Andre aktører - kommunikationscentre (kommunal/regionalt eller foreningsejet/privat) med specialiserede hjerneskadetilbud, hvis de centrale aktører ikke kan levere det de skal. Ellers er der VISO, ViHS, UU og borgerorganisationer. Tjek kilde "Sundhedsstyrelsen2011a"for yderligere info

<sup>7</sup>FiXme Note: centre of pressure

<sup>8</sup>FiXme Note: NTK: Når musklerne stimuleres passivt, kan patienten 'mærke' den lammede kropsdel, og selvom den ikke kan styres fuldt ud kan der stadig gradvist skabes kontakt til den igen, da det er muligt at føle hvad den foretager sig.

Balancetræning med en fysioterapeut indebærer forskellige træningsmetoder med f.eks. et vippebræt eller skumpude. Her skal patienten stå på brættet eller puden mens der foretages andre øvelser, eksempelvis boldkast eller rotation på stedet. I nogle tilfælde kan fysioterapeuten bede patienten om at lukke øjnene eller blænde vinklen ned til fødderne, så patienten skal stole på kroppens egne signaler til opretholdelse af balancen. [47] Denne form for rehabilitering tilbydes under hele rehabiliteringsforløbet. [45]

Styrketræning og især muskelpower har en dokumenteret effekt på balancen, da en god koordinering for musklernes sammenspil er essentiel. Hvis musklerne er stærke, er kroppen bedre til at stå imod udefrakommende påvirkninger som f.eks. tyngdekraften. [47]

Efter rehabiliteringsforløbet er det besværligt at måle, om genoptræningen har været succesfuld af flere årsager. Nogle sygdomme kan læges over tid uden nogen form for behandling. Derfor vil nogle patienter muligvis opnå samme resultat uden rehabiliteringen. Derudover skal man ikke altid opfatte faldulykker som et tegn på, at patienten ikke har gjort fremskridt. Når patienten får bedre balance og stoler mere på sine egne signaler, vil der naturligt foregå mere aktivitet i hverdagen, hvilket indebærer en højere risiko for at komme ud af balance. [48] Man mener, at den bedste målemetode for succes af rehabilitering er spørgeskemaer til patienter. [48]

## 2.5 Biofeedback

Biofeedback blev introduceret i slutningen af 1960 og har herefter været anvendt i forbindelse med rehabilitering af patienter [49, 50]. Biofeedback er en terapeutisk metode, der hjælper individet med at genoptræne fysiologiske aktiviteter og kropsfunktioner, der er blevet glemt eller gået tabt som følge af f.eks. apopleksi [50].

Biofeedback kan anvendes både før, under og efter udførelsen af øvelser [50, 51]. Formålet med biofeedback er at forbedre en patients helbred, livskvalitet og præstationer under rehabilitering og daglige gøremål.

Der findes flere forskellige apparater og sensorer til at opfange fysiologiske signaler. De opfangede signaler kan benyttes sammen med et biofeedbacksystem til bevægelses-, styrke- og balancetræning. Signalerne opfanges af apparatet eller sensoren, hvorefter signalet behandles og fortolkes af et system. Systemet kan herefter give feedback til patienten på baggrund af signalernes information. [50] Denne feedback kan leveres til patienten, visuelt, auditivt og sensorisk.

- **Visuel Biofeedback:** Patienten får vist feedback ved f.eks. lysdioder i forskellige farver, en monitor med farver, billeder eller grafer. F.eks. kan lysdioderne anvendes til at vise i hvilken grad patienten svajer, og i hvilken retning svajningen sker. Den visuelle feedback afhænger af patientens syn og visuelle funktioner. Da patienter med forringet visuelle funktioner kan have udfordringer med at registrere feedbacken, og derved reagere korrekt på feedbacken.
- **Audio Biofeedback:** Patienten får feedback via lyd. Dette kan gøres ved at anvende høretelefoner eller højtalere til at guide patienten om hvilken reaktion vedkommende skal have. Dette kan gøres ved f.eks. at bruge lydsignaler, hvor patienten er blevet instrueret i, hvad de enkelte signaler betyder ift. kropsstillingen. Denne form for feedback afhænger af patientens hørelse, og registrering af lyde. Derudover lydsignalerne være tilpas komplekse, så patienten kan stå i den ønskede kropsstilling, og samtidig simpel nok til at patienten kan foretage konkrete bevægelser.

- **Sensorisk feedback:** Denne form for feedback kan gives ved f.eks. stød eller vibration. Ved sensorisk biofeedback vil patienten modtage f.eks. vibrationer bestemte steder på kroppen, hvis patienten er ved at falde, eller kommet ud af balance uden at registrere det. Dette kræver midlertidig at patienten kan føle vibrationerne, og forstå hvad de betyder ift. de bevægelser, som er nødvendige for at korrigere.

Ved alle tre biofeedback metoder er der fordele og ulemper, og det kan være vanskeligt at bestemme hvilken metode, der kan anvendes som en generel metode. Patienternes problemer kan være yderst individuelle. Derfor er det vigtigt at overveje hvilken form for feedback patienten er i stand til at processere. Derfor kan en kombination af flere af metoderne være at foretrække, for at forstærke feedbackens påvirkning på patienten. Overordnet kan responsen fra biofeedback inddeles i to grupper: Direkte feedback, hvor det målte signal udtrykkes som eksempelvis en numerisk værdi. Transformeret feedback, hvor det målte signal kontrollerer et udstyr, der kan give patienten et bestemt signal. Dette signal kan f.eks. være auditivt eller visuelt. [51]

Biofeedback kan hjælpe patienten med at udvikle en bedre voluntær kontrol over kroppen samt genoptræne patienter til at bevare disse forbedringer uden brug af biofeedbacksystemet [50]. For at patienten kan modtage feedbacken, skal signalet måles på patienten og fortolkes. Der kan benyttes forskellige typer af sensorer til at opfange fysiologiske signaler fra patienterne, som kan deles ind i en fysiologisk og en biomekanisk del.

### 2.5.1 Fysiologisk biofeedback

Fysiologisk biofeedback omfatter måling på forskellige kropslige systemer. Det kan bl.a. måles på det neuromuskulære system, det kardiovaskulære system samt respirationssystemet. En fysiologisk feedback kan f.eks. anvendes til patienter med balanceproblemer ved brug af elektromyografisk (EMG) feedback, hvor myoelektriske signaler omsættes til et signal til patienten, hvormed der kan opnås bevidsthed om f.eks. svage muskler. Foruden EMG, kan der anvendes hjerneaktivitet (EEG), øjenmuskelaktivitet (EOG) og hjerteaktivitet (EKG) til feedback til patienter med balanceproblemer, da disse måleparametre alle er dele af kroppens systemer og påvirkes, hvis kroppen er i ubalance. Hvilken sensor der benyttes afhænger af, hvilken form for feedback der anvendes. [50]

### 2.5.2 Biomekanisk biofeedback

Ved biomekanisk biofeedback måles der på generelle motoriske egenskaber såsom, hvordan kroppen bevæger sig i forhold til selve kropsholdningen.

Der findes flere forskellige typer af måleudstyr, herunder inertisensorer, en trykplade, et gyroskop, acceleration og kamerasystemer, der alle kan opfange forskellige motoriske parametre. For en apopleksipatient med balanceproblemer kan der f.eks. anvendes en trykplade, hvor fordelingen af vedkommendes kropsvægt måles under forskellige øvelser. Derudover kan der anvendes et gyroskop til måling af kropshældning via sensorer som er placeret på patienten, hvorimod der kan benyttes et accelerometer til at måle accelerationen i en bestemt retning. Et andet eksempel på brug af biomekanisk biofeedback er brug af inertisensor. Et studie viste positive resultater, da effekten af inertisensorer i forbindelse med rehabilitering af patienter med kropssvøj, blev testet. [51] Her skulle patienterne på samme tid udføre kognitive og motoriske handlinger imens de gik. Imens modtog de biofeedback ud fra gyroskopmålinger. [51] Gyroskopet blev brugt til at måle accelerationen i en bestemt retning

[52]. Det viste sig, at især de yngre patienter havde gavn af at modtage signaler omkring deres kropshældning imens de udførte opgaverne. De ældre patienter havde gavn af biofeedbacken imens de kun udførte én af opgaverne - det blev forvirrende for dem at skulle udføre to, imens de skulle fokusere på balancen. [51]

Et andet eksempel på positiv effekt med inddragelse af biomekanisk biofeedback er kraftmåling i forbindelse med rehabilitering af patienter med Pusher Syndrom. Valget af apparater og sensorer afhænger af patientens tilstand f.eks. hørelse og følsomhed, samt sværhedsgraden af hjerneskaden og hvilke funktioner, der skal genoptrænes. [52]

### **2.5.3 Krav til patienter med balanceproblemer ved anvendelse af biofeedback**

Biofeedback er blevet anvendt i flere årtier, men på trods af dette er det stadig vanskeligt at fastslå, i hvilken grad det gavner patienten [53]. Derfor er det vigtigt at biofeedbacksystemet er designet til den enkelte patientgruppes behov ift. til begrænsninger og brug af feedback. Hvis en patient skal have gavn af biofeedback kræver det, at patienten har en kognitiv kapacitet til at følge instruktionerne under behandlingssessioner og fastholde læring fra session til session. Derudover kræves en neurologiske kapacitet til at genskabe frivillig kontrol, samt motorisk kapacitet, hvis patienten skal opnå genskabelse af evt. tabte fysiske funktioner. [54] Kravene til patienten ved anvendelse af et medicinsk instrument kan være yderst forskellige alt efter instruments virkemåde. Det er i midlertid vigtigt, at instrumentets design bliver tilpasset til de patienter, som det skal anvendes på, og de begrænsninger patienterne har, både sensoriske og motoriske. Som tidligere nævnt er måden hvorpå feedback gives yderst vigtigt ift. patientens evner til at opfange og fortolke forskellige feedback former. Det kan f.eks. for nogle patientgrupper være vanskeligt at registrere den visuelle feedback, hvis de har problemer med forringet syn, hvorimod andre patientgrupper kan have nedsat hørelse, og derved vil have svært ved at udnytte audio biofeedback. Da disse problemer opleves ofte i den ældre patientgruppen, stiller det bestemte krav til måde hvorpå feedback gives, da antallet af indlæggelsesforløb af apopleksi for mænd og kvinder stiger, når de bliver ældre end 65 år [5].

## 2.6 Problemafgrænsning

Apopleksi er en sygdom, der har stor indflydelse på blodtilførslen til encephalon. Hvis tilstrømningen af blod er nedsat, kan der opstå både motoriske og sensoriske skader hos patienten, hvilket kan komme til udtryk som balanceproblemer. Balancen er vigtig for at kunne fungere i dagligdagen, da den sikrer at man holder kroppen oprejst og muliggør bevægelse uden fald. [12] Apopleksipatienter med balanceproblemer oplever en begrænsning i deres dagligdag, da de er afhængige af hjælp til daglige gøremål, som de før sygdommen selv kunne udføre. De oplever det som et brud på deres tidligere liv, hvilket påvirker deres identitet og livskvalitet. [13]

For at begrænse de fysiske, og dermed også de personlige, følger mest muligt, er det essentielt at rehabiliteringen påbegyndes hurtigt efter apopleksitilfældet. Rehabilitering omfatter både genoptræning af fysiske funktioner, herunder balancefunktionen, men også tilpasning til miljø og styrkelse af sociale kompetencer.<sup>9</sup> Indenfor rehabilitering af balance tilbydes forskellige metoder, såsom platform feedback og passiv sensorisk stimulation. En anden mulighed ift. rehabilitering af balancen er biofeedback. Studier viser positive resultater med biomekanisk biofeedback, hvor der måles på kroppens generelle motoriske egenskaber. [51] For at biofeedback er en mulighed, er det en forudsætning, at patientens kognitive evner er tilstrækkelige til at kunne blive instrueret og kunne huske de indlærte øvelser fra gang til gang. Derudover er der visse krav til de neurologiske og motoriske evner<sup>10</sup>. [54]

Det er derfor interessant at undersøge, hvordan der kan udvikles et system baseret på biofeedback, der kan hjælpe patienter med at genoptræne deres balance. Det er relevant at undersøge, om der kan designes et system, som i højere grad tillader patienterne at bidrage til deres egen rehabilitering. Det er muligt, at dette kan begrænse nogle af patienternes personlige følger, da kontakten med sundhedspersonale i forbindelse med rehabiliteringen evt. kan begrænses, hvormed det normale hverdagsliv hurtigere kan genoptages.<sup>11</sup>

## 2.7 Problemformulering

Hvordan designes et biofeedback system således, at det hjælper apopleksipatienter under rehabilitering af balancen?

---

<sup>9</sup>FiXme Note: Ingen kilde på dette i afsnittet..

<sup>10</sup>FiXme Note: de krav de opstiller i afsnit om biofeedback til patienten kan komme ind her, så det bliver mere specifikt

<sup>11</sup>FiXme Note: Jeg her mest bare forkortet problemafgrænsningen, så der skal muligvis tilføjes enkelte linjer, som der er blevet skrevet til efter Erikas rettelser for at spore os helt ind på problemet

# Kapitel 3

## Problemløsning

---

3.1 Systembeskrivelse

3.2 Kravspecifikation

# Litteratur

---

- [1] Sundhedsstyrelsen. Referenceprogram for behandling af patienter med apopleksi. *Sundhedsstyrelsen*, 2009.
- [2] Britannica Academic. Stroke, September 2015. URL <http://academic.eb.com.zorac.aub.aau.dk/EBchecked/topic/569347/stroke>.
- [3] Hjernesagen. Fakta om apopleksi, April 2015. URL <http://www.hjernesagen.dk/om-hjernesaker/bloedning-eller-blodprop-i-hjernen/fakta-om-apopleksi>.
- [4] Hjernesagen. Tal og fakta om hjernesaker, April 2015. URL <http://www.hjernesagen.dk/om-hjernesaker/tal-og-fakta-om-hjernesaker>.
- [5] Sundhedsstyrelsen. Bilag til forløbsprogram for rehabilitering af voksne med erhvervet hjerneskade - apopleksi og tci. *Sundhedsstyrelsen*, 2011.
- [6] Ældre Sagen. Antal Ældre. *Danmarks Statistik*, 2014.
- [7] Christina Rostrup Kruuse. Apopleksi - blodprop eller blødning i hjernen, August 2014. URL <https://www.sundhed.dk/borger/sygdomme-a-aa/hjerte-og-blodkar/sygdomme/apopleksi/apopleksi-blodprop-eller-bloedning-i-hjernen/>.
- [8] Ingrid Muus, Karin C Ringsberg, Max Petzold, and Lars-Olof Persson. *Helbredsrelateret livskvalitet efter apopleks: Validering og anvendelse af SSQOL-DK, et diagnosespecifikt instrument til måling af helbredsrelateret livskvalitet blandt danske apopleksipatienter*. PhD thesis, Nordic School of Public Health NHV Göteborg, Sweden, 2008.
- [9] Doris Karnath, Hans-Otto; Broetz. Understanding and treating “pusher syndrome”. *Physical Therapy. Volume 83. Number 12*, 2003.
- [10] National Stroke Association. Recovery after stroke: Movement and balance. *National Stroke Association*, 2006.
- [11] Christina Rostrup Kruuse, John Sahl Andersen, Nanna Witting, and Finn Klammer. Apopleksi, kognitive symptomer, 2015. URL <https://www.sundhed.dk/sundhedsfaglig/laegehaandbogen/hjerte-kar/tilstande-og-sygdomme/apopleksi-og-tia/apopleksi-kognitive-symptomer/>.
- [12] D.S. Nichols. Balance retraining after stroke using force platform biofeedback. *Physical Therapy. Volume 77. Number 5. Page 553-558*, 1997.
- [13] Sundhedsstyrelsen. Hjerneskaderehabilitering - en medicinsk teknologivurdering. *Sundhedsstyrelsen*, 2010.
- [14] Christina Rostrup Kruuse. Apopleksi, rehabilitering, April 2015. URL <https://www.sundhed.dk/borger/sygdomme-a-aa/hjerte-og-blodkar/sygdomme/apopleksi/apopleksi-rehabilitering/>.



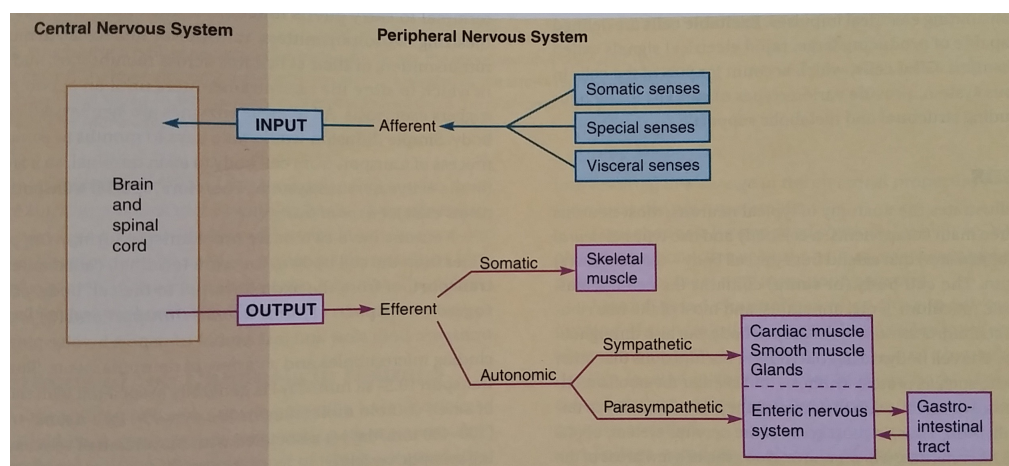
- [15] Sundhed.dk. Apopleksi og tci(=tia), September 2014. URL <https://www.sundhed.dk/sundhedsfaglig/laegehaandbogen/hjerte-kar/tilstande-og-sygdomme/apopleksi-og-tia/apopleksi-og-tia-tci/#1>.
- [16] Leslie Ritter and Bruce Coull. Lowering the risks of stroke in women (and men), 2015. URL <http://heart.arizona.edu/heart-health/preventing-stroke/lowering-risks-stroke>.
- [17] Svend Schulze and Torben V. Schroeder. *Basisbog i Sygdomslære*. Munksgaard Danmark, 2011.
- [18] Britannica Academic. Nervous system disease, September 2015. URL <http://academic.eb.com/EBchecked/topic/1800831/nervous-system-disease/75792/Stroke?anchor=ref606262>.
- [19] Elias A. Giraldo. Overview of stroke, 2015. URL <http://www.merckmanuals.com/home/brain-spinal-cord-and-nerve-disorders/stroke-cva/overview-of-stroke>.
- [20] Louis R. Caplan. *Stroke*. Demos Medical, 2006.
- [21] Frederic H. Martini et al. *Fundamentals of Anatomy & Physiology*. Pearson Education, 2012.
- [22] Anders Gade, Annelise Smed, and Palle Møller Pedersen. Neuropsykologiske opslag og temaer til "gads psykologileksikon". Bog, 2004. URL <http://gade.psy.ku.dk/Undervis/a.htm>.
- [23] B. J. Boss. Pathophysiology: The biologic basic for disease in adults and children. *Mosby Elsevier*, 2010.
- [24] Cindy L. Stanfield. *Principles of Human Physiology*. Pearson Education, 2014.
- [25] Yurong Mao et al. Virtual reality training improves balance function. *Neural Regeneration Research*, 2014.
- [26] Torben Moos and Morten Møller. *Basal neuroanatomy*. FADL's forlag, 2010.
- [27] Dhakshin Ramanathan, James M. Conner, and Tuszynski Mark H. A form of motor cortical plasticity that correlates with recovery of function after brain injury. *Pubmed*, 2006. URL <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1544093/>.
- [28] Sue Raine, Linzi Meadows, and Mary Lynch-Ellerington. *Bobath Concept - Theory and Clinical Practice in Neurological Rehabilitation*. Wiley-Blackwell, 2009. URL <http://faculty.mu.edu.sa/public/uploads/1348328471.2341Bobath.Concept.2009.pdf>.
- [29] Michael Rugnetta. Neuroplasticity, Oktober 2015. URL <http://academic.eb.com.zorac.aub.aau.dk/EBchecked/topic/410552/neuroplasticity>.
- [30] Naoyuki Takeuchi and Shin-Ichi Izumi. Maladaptive plasticity for motor recovery after stroke: Mechanisms and approaches. *Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Tohoku University Graduate School of Medicine*, 2012.

- [31] Mi Young Leea, Ji Won Parkb, et al. Cortical activation pattern of compensatory movement in stroke patients. *NeuroRehabilitation*, 2009.
- [32] Birgitte R. Søndborg. Hjerneblødninger svære at behandle akut, April 2013. URL <http://www.hjernesagen.dk/om-hjerneskadeler/behandling/hjernebloedning>.
- [33] Hjernesagen. Trombolysebehandling af blodprop i hjernen, 2015. URL <http://www.hjernesagen.dk/om-hjerneskadeler/behandling/trombolyse>.
- [34] Jesper Kjærgaard. Antikoagulationsbehandling (blodfortyndende medicin), 2015. URL <https://www.sundhed.dk/borger/sygdomme-a-aa/hjerte-og-blodkar/sygdomme/behandlinger/antikoagulationsbehandling-blodfortyndende-medicin/>.
- [35] Hanne Christensen. Forebyggelse, 2015. URL <http://www.hjernesagen.dk/forebyggelse>.
- [36] Patricia; Shortland Peter Michael-Titus, Adina; Revest. *The nervous system : basic science and clinical conditions*. Edinburgh : Churchill Livingstone, 2010.
- [37] DSfA. Referenceprogram for behandling af patienter med apopleksi. *Dansk Selskab for Apopleksi*, 2009.
- [38] Den store danske Redaktionen. Agnosi, 2015. URL [http://www.denstoredanske.dk/Krop,\\_psyke\\_og\\_sundhed/Psykologi/Psykologiske\\_termer/agnosi](http://www.denstoredanske.dk/Krop,_psyke_og_sundhed/Psykologi/Psykologiske_termer/agnosi).
- [39] S. T. Pedersen, P. M. og Olsen. Kognitive forstyrrelser ved apopleksi - hyppighed, betydning og genoptræning. *Munksgaard*, 1999.
- [40] Sundhed.dk. Parese, 2014. URL <https://www.sundhed.dk/sundhedsfaglig/laegehaandbogen/neurologi/symptomer-og-tegn/parese/>.
- [41] Lene Vistrup. Paralyse, 2015. URL [http://www.denstoredanske.dk/Krop,\\_psyke\\_og\\_sundhed/Sundhedsvidenskab/Medicinske\\_nervesygdomme/paralyse](http://www.denstoredanske.dk/Krop,_psyke_og_sundhed/Sundhedsvidenskab/Medicinske_nervesygdomme/paralyse).
- [42] D. s. d. Redaktionen. Ataksi, 2015. URL [http://www.denstoredanske.dk/Krop,\\_psyke\\_og\\_sundhed/Sundhedsvidenskab/B\T1\ornesygdomme\\_og\\_medf\T1\odte\\_misdannelser/ataksi](http://www.denstoredanske.dk/Krop,_psyke_og_sundhed/Sundhedsvidenskab/B\T1\ornesygdomme_og_medf\T1\odte_misdannelser/ataksi).
- [43] Mary Ann Watson and F. Owen Black, 2015. URL <http://vestibular.org/understanding-vestibular-disorder/human-balance-system>.
- [44] Mary Beth Badke et al. Tongue-based biofeedback for balance in stroke: Results of an 8-week pilot study. *Physical Medicine and Rehabilitation*, 2009.
- [45] Sundhedsstyrelsen. Forløbsprogram for rehabilitering af voksne med erhvervet hjerneskade. *Sundhedsstyrelsen*, 2011.
- [46] Ruth E. Barclay-Goddard et al. Force platform feedback for standing balance training after stroke. *The Cochrane Library*, 2004.
- [47] Tom Jørgensen. Vestibulær rehabilitering. 2004. URL [https://fysio.dk/Upload/Graphics/PDF/Artikeltillaeg/vestibulaer\\_rehabilitering.pdf](https://fysio.dk/Upload/Graphics/PDF/Artikeltillaeg/vestibulaer_rehabilitering.pdf).

- [48] Timothy C. Hain. What is balance and vestibular rehabilitation therapy?, 2008. URL [http://www.brainline.org/content/2011/02/what-is-balance-and-vestibular-rehabilitation-therapy\\_pageall.html](http://www.brainline.org/content/2011/02/what-is-balance-and-vestibular-rehabilitation-therapy_pageall.html).
- [49] Morton Glanz et al. Biofeedback therapy in poststroke rehabilitation: A meta-analysis of the randomized controlled trials. *Physical Medicine and Rehabilitation*, 1995.
- [50] William E. Prentice and Michael I. Voight. *Techniques in musculoskeletal rehabilitation*. The McGraw-Hill Companies, 2007.
- [51] Oonagh M Giggins, Ulrik McCarthy Persson, et al. Biofeedback in rehabilitation. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 2013.
- [52] Hjælpemiddelbasen. Biofeedback udstyr til bevægelses-, styrke- og balancetræning. URL <http://www.hmi-basen.dk/r4x.asp?linktype=iso&linkinfo=044824&P=1>.
- [53] Morton Glanz et al. Biofeedback therapy in stroke rehabilitation: a review. 1997.
- [54] Susan J. Middaugh et al. Biofeedback in treatment of urinary incontinence in stroke patients. *Biofeedback and Self-regulation*, 1989.
- [55] Britannica Academic. Human nervous system, Oktober 2015. URL <http://academic.eb.com.zorac.aub.aau.dk/EBchecked/topic/409709/human-nervous-system/75529/The-brain>.
- [56] Finn Bojsen-Møller, Erik B. Simonsen, and Jørgen Tranum-Jensen. *Bevægeapparatets Anatomi*. Gyldendal Akademisk, 2012.
- [57] John E Hall. *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology*. Elsevier - Health Sciences Division, 2015.
- [58] Diana L. Schulmann et al. Effect of eye movements on dynamic equilibrium. 1987.

## Nervefysiologi

Kroppens nervesystem kan inddeles i to dele; det centrale nervesystem (CNS) og det perifere nervesystem (PNS). CNS indeholder encephalon og columna, mens PNS indebærer kommunikationen imellem CNS og kroppens øvrige dele. PNS kan yderligere opdeles i det somatiske nervesystem, som består af det motoriske og sensoriske nervesystem, og autonome nervesystem, som består af en sympatisk og parasympatisk del. Det somatiske nervesystem styrer kroppens bevidste bevægelser og sender afferente signaler tilbage til CNS, hvorimod det autonome nervesystem regulerer kroppens ubevidste funktioner. Det er altså PNS, som registrerer signaler, CNS integrerer disse signaler og dirigerer et motorisk signal, som PNS skal omsætte til en handling. [21, 24] Et overblik over dette ses på **figur A.1**.



**Figur A.1:** På figuren ses en opdeling af PNS og CNS samt hvordan et signal proceseres til en handling af nervesystemerne. [24]

### A.1 Hjernens anatomi

Cerebrum er encephalons største del og er involveret i sanseintegration, styring af frivillige bevægelser og højere intellektuelle funktioner, såsom tale og abstrakt tænkning. [55] Cerebrums ydre lag hedder cerebral cortex men kaldes hjernens grå substans. Her ligger nervers soma med dendritter. Cerebral cortex har forskellige centre, men kan også inddeles i højre og venstre halvdel. Delen af cerebral cortex, der kontrollerer kroppens motorik med motor cortex, kaldes gyrus præcentralis. Nerverne i dette område leder motoriske impulser til kroppens muskler igennem nervebanerne i den hvide substans, som indeholder nervernes aksoner og fungerer derved som transportvej. [55, 21, 24] Disse aksoner krydses i medulla oblongata og medulla spinalis og løber derefter til den modsatte legemshalvdel fra, hvor impulsen afsendes. [21]

Når en bevægelse udføres, starter det med en idé eller en intention om at lave en bevægelse. Denne tanke opstår i det præfrontale cortex, som findes i lobus frontalis. Præfrontal cortex er specielt aktivt under udførelse af nye situationer / bevægelser og har forbindelse til motor cortex, som sætter indlærte bevægelser i gang. Samtidig modtager basalganglier i cerebellum signalet, hvorved kroppen kan modificere bevægelsen i forhold til omgivelserne. Cerebellum samarbejder altså med motor cortex, så bevægelsesplanen kan samles og sendes via de decenderende baner i medulla spinalis til bestemmelsesstedet. [56]

Hvis en bevægelse gentages, vil præmotor cortex gemme stimulationsmønstret. Dette gør, at bevægelsen kan udføres nemmere og mere præcist end ellers. Bevægelsen lagres i basalganglierne ved at synapseforbindelserne er styrket. [21]

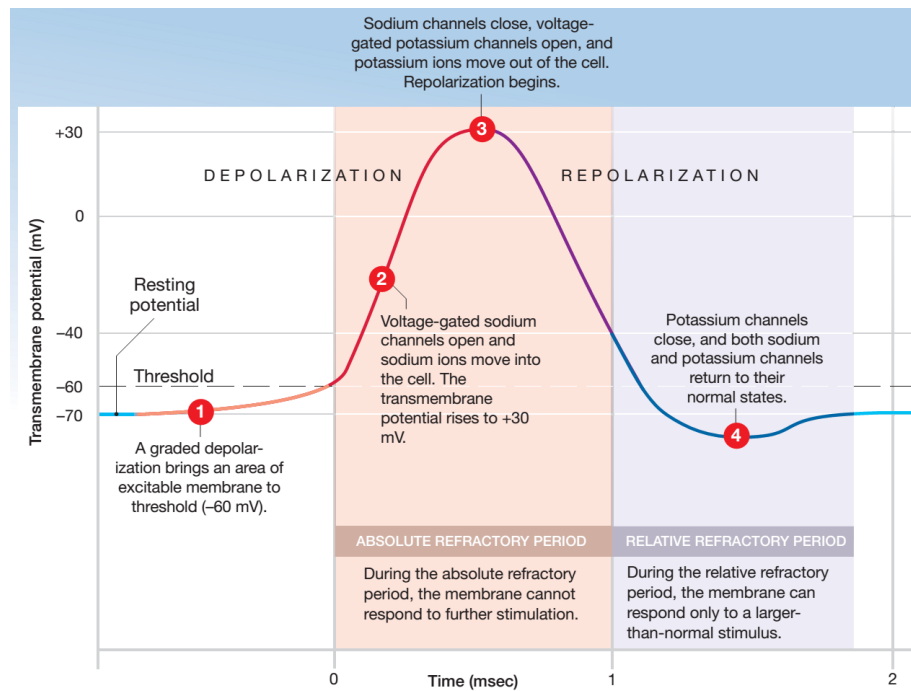
## A.2 Nervens anatomi

En nerve består af soma, dendritter og et myelineret akson. Soma indeholder cellekernen, endoplasmatisk reticulum, golgi apparater og de fleste frie ribosomer. Indholdet i soma bestemmer, hvordan cellen agerer med andre samt dets funktion og vedligeholdelse. Dendritter er udløbere fra soma, som modtager impulser fra en anden nerve og fører signalet ind til cellekroppen. Aksonet leder impulser fra soma til sin ende, der har mange små forgreninger, kaldet aksonterminaler. Disse danner synapser med targetorgan eller andre nervers dendritter. [24]

En nerve kan kun lede signaler, hvis der forekommer en tilstrækkelig høj elektrisk spændingsforskel mellem det intracellulære og ekstracellulære væske af membranen. Dette danner et aktionspotential. I en hvilende nerve er der et overskud af negative ioner i den intracellulære væske i forhold til den ekstracellulære væske. Denne spændingsforskel mellem det intracellulære og ekstracellulære kaldes membranpotential. [21, 24]

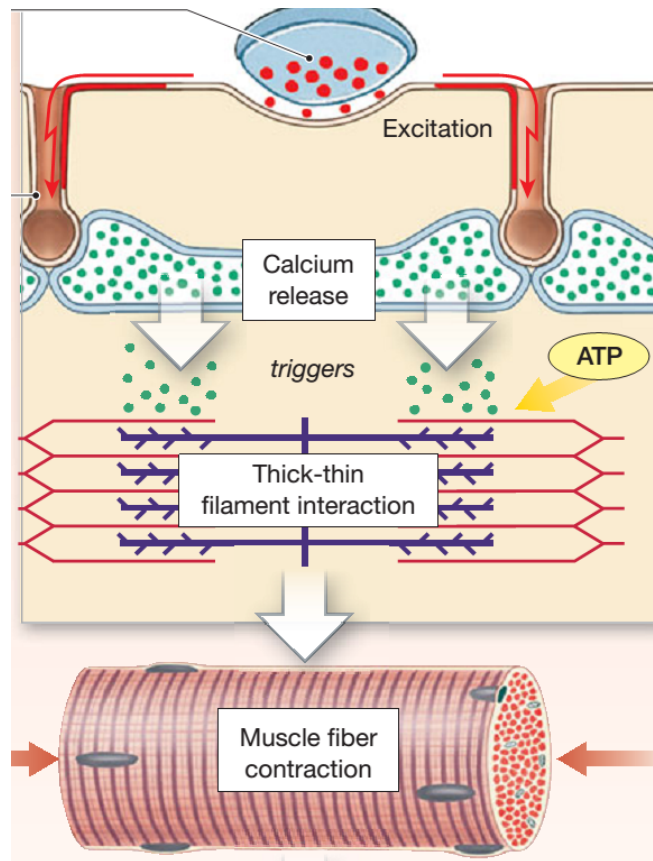
## A.3 Aktionspotentialer

Signaler i kroppen videregives vha. aktionspotentialer. En celle i hvile har et spændingsniveau på ca. -70 mV, hvilket skyldes koncentrationsforskellen mellem natrium-ion ( $Na^+$ ) udenfor cellen og kalium-ion ( $K^+$ ) indvendigt i cellen. Begge ioner kan diffundere over cellemembranen, men spændingsniveauet kan stadig opretholdes af natrium/kalium-pumpen. Denne pumpe skaber en ligevægt imellem indpumpning af  $K^+$  og udpumpning af  $Na^+$ . Hvis en nervecelle modtager et stimulus, påvirker dette mekanisk- eller kemisk styrede  $Na^+$  kanaler, som vil åbne sig og pumpe mere  $Na^+$  ind i cellen. Derved stiger permeabiliteten af  $Na^+$  og den samlede ladning af cellen ændres. Hvis den påbegyndte stimulus, som skaber et gradet potential, ikke var stærk nok til, at cellen når sin tærskelværdi, vil natriumkanalerne lukkes. Natrium/kalium-pumpen vil derefter arbejde sig tilbage til hvile spændingsniveauet. Hvis stimulus var stærkt nok til, at mange natriumkanaler åbner sig og cellen når sin tærskelværdi, så vil de elektrisk styrede natriumkanaler også åbne sig som reaktion på, at spændingsforskellen bliver mindre. Herved ender cellen med et overskud af negativ ladning udenfor ift. indenfor cellemembranen dvs. den modsatte situation af hvile, hvilket skaber et aktionspotential. [21, 24]



**Figur A.2:** På figuren ses stadierne for et aktionspotentiale. [21]

Når et nervesignal skal overføres til en muskel, sker det i en neuromuskulær synapse, som er en kemisk synapse. Den kemiske synapse består generelt af en præsynaptisk terminal, en synapsekløft og en postsynaptisk celle. En vigtig egenskab ved den kemiske synapse er, at aktionspotentialer udelukkende kan bevæge sig i én retning; fra den præsynaptiske terminal imod den postsynaptiske terminal.[57] Vesiklerne i den præsynaptiske terminal rummer neurotransmittere, som er et kemisk stof, der overfører signalet på tværs af synapsen. I neuromuskulære synapser vil neurotransmitteren ofte være acetylcholin (ACh). Ved et aktionspotentiale vil den præsynaptiske terminal frigive ACh, som bevæger sig ud i synapsekløften mod receptorerne på muskelfiberen. Bindingen af ACh til receptorerne medfører en depolarisering af den synaptiske kløft ved diffusion af  $Na^+$ . Herved bliver aktionspotentialiet transporteret ned til sarcoplasmatiske reticulum i muskelfiberen, som frigiver  $Ca^{2+}$  til filamenterne i myofibrillerne, der gør kontraktion af musklen mulig.[57, 21] Dette ses på **figur A.3**.



**Figur A.3:** På figuren ses, hvordan nervens frigivelse af ACh sætter en muskelkontraktion i gang. [21]

## Kroppens balance

---

Apopleksipatienter oplever ofte problemer med balancen, da den ofte er nedsat eller slet ikke funktionsdygtig af forskellige årsager. [9] Proprioceptorer og sansereceptorer hjælper kroppen med balancen. Proprioceptorerne kontrollerer muskler, sener og leddenes position, hvorimod sansereceptorer er en bestemt slags celler, som er placeret i ørerne og øjnene. [21] Disse celler sender balanceinformationer til det centrale nervesystem og encephalon. Sansereceptorerne opfanger indtryk fra sanserne, som omsættes til bestemte signaler, der sendes til områder i cerebral cortex, cerebellum og til centre i hele hjernestammen. Her bearbejdes informationen, hvorefter der konkluderes den korrekte fysiske position af kroppen og dens lemmer. Når encephalon har bearbejdet indtrykkene, udsender den nerveimpulser til skeletmuskulaturen om at foretage jævne og koordinerede bevægelser, hvorved kropsbalancen opretholdes. [21] Der ses et flowdiagram af samarbejdet imellem proprioceptorer og sansereceptorer i øjne og øret på **figur 2.3**.

Øjet opfanger lys og er med til orienteringen af kroppen og dens lemmer. Hårceller i øret registrerer derimod f.eks. hovedets bevægelser vha. tyngdekraften. Selvom et balanceorgan er ude af funktion, er kroppen stadig i stand til at opretholde balancen ved hjælp fra andre balanceorganer. Det er til gengæld vanskeligt for kroppen at opretholde balancen, hvis de behandlende centre i encephalon bliver skadet, som det kan ske ved apopleksipatienter. [21]

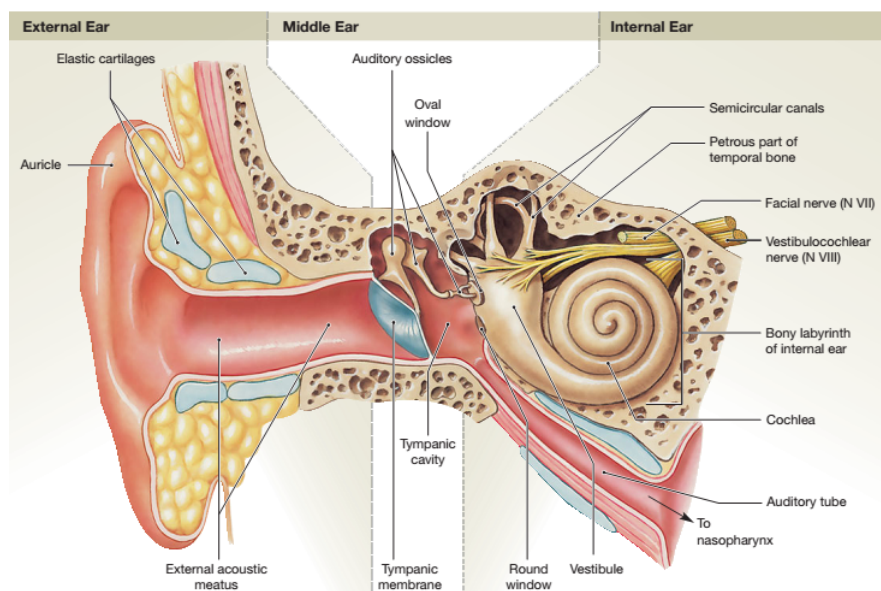
### B.1 Ørets bidrag til balance

Øret består overordnet af tre dele; det ydre øre, mellemøret og det indre øre, som kan ses på **figur B.1**. Det indre øre er med til at kontrollere balancen vha. hårcellerne, som sættes i bevægelse. Det ydre øre modtager trykbølger, som sætter trommehinden i svingninger. Disse transporteres af mellemørets knogler, der forstærker svingningerne. Væsken i mellemøret modtager svingningerne fra knoglerne, hvilket sætter væsken i bevægelse. Denne bevægelse trækker i hårcellerne, og der skabes derved et aktionspotentiale. I det indre øre findes et netværk af sammenhængende væskeholdige kanaler, som er indkapslet i knoglen. Det er i disse kanaler receptorerne sidder. Det indre øre kan opdeles i tre underdele; vestibulen, øresneglen og buegangen. De centrale dele, der har med balancen at gøre er vestibulen og buegangen, hvorimod øresneglen kun bidrager til hørelsen. [21]

Vestibulen består af to membransække; sacculen og utricle, der opfanger sanseindtryk vedrørende tyngdekraft og lineær acceleration. Buegangens sansereceptorer opfanger stimuli omkring hovedets bevægelse, og hvor hurtigt bevægelsen foregår. Sansereceptorerne er placeret i buegangens tre væskefyldte knoglekanaler ved ampulla, der er forbundet til utricle. Hårcellerne er kun aktive, når kroppen er i bevægelse ved at videregive information vedrørende hovedets bevægelse ift. tyngdekraften. Når hovedet er i bevægelse, sættes væskens i kanalerne



også i bevægelse således, at væskebevægelser i den ene retning stimulerer hårcellerne, mens bevægelser i den modsatte retning forhindrer dem. For at få mest mulig information angående hovedets position, stimuleres de tre buegange af forskellige hovedbevægelser. Bevægelsesinformationerne sendes via vestibulocochlearnerven, der sender både information vedrørende balancen og hørelsen til encephalon i området mellem pons og medulla oblongata. [21]



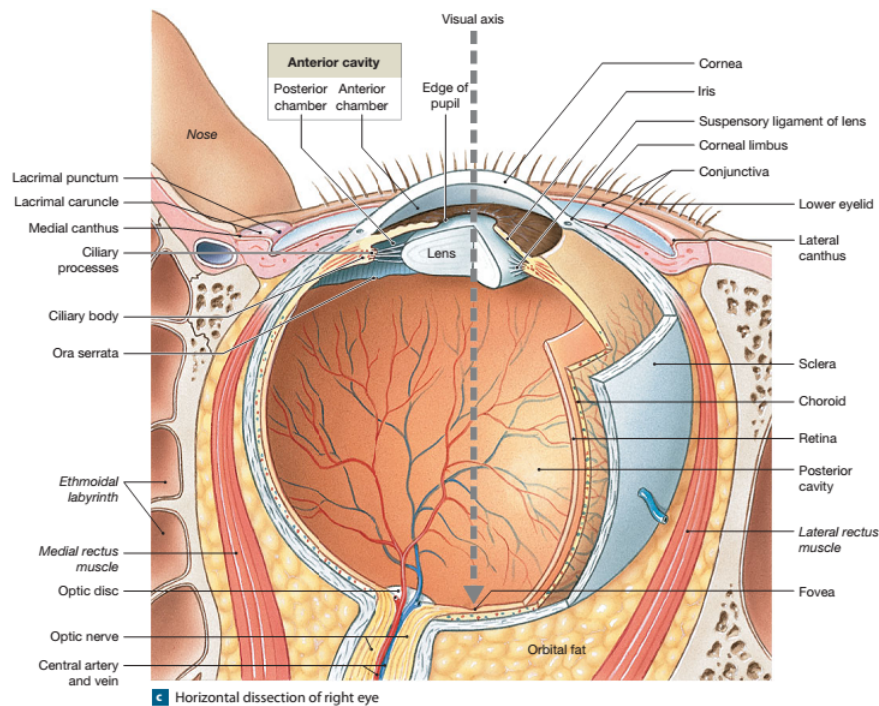
*Figur B.1: På figuren ses en anatomisk beskrivelse af øret [21].*

## B.2 Øjets bidrag til balance

Synet er en central faktor for, hvordan encephalon holdes informeret omkring kroppens balance og generel orientering. Dette gøres ved at give et indtryk af, hvordan kroppen og dens lemmer er placeret i forhold til omgivelserne [58]. Øjet har tre hinder omkring sig; fibrøs hinde, uvea og retina, som kan ses på **figur B.2**. Den fibrøse hinde<sup>1</sup> er den yderste, som beskytter og støtter øjet. Den midterste hinde, kaldet uvea, indeholder blod og lymfekår samt regulerer mængden af lys, der kommer ind i øjet. Retina<sup>2</sup> er den inderste hinde, som er placeret bagerst i øjet. Den består af en pigmentdel og en indre neuraldel. Den neurale del indeholder fotoreceptorer, kaldet stave og tappe. Stave er følsomme overfor skarp lys og gør det muligt at se i tussmørke. Tappe er følsomme overfor farvers bølgelængde, hvilket giver farvesyn. Pigmentdelen absorberer lys, der passerer gennem den neurale del og gør, at lyset ikke har mulighed for at reflektere tilbage. Foto- og lysreceptorerne konverterer lyset fra omgivelserne til elektrisk nervesignal, der giver information omkring det objekt, der betragtes, herunder dets størrelse, form og bevægelser. Informationerne processeres således, at horisontale celler lokaliserer områdets størrelse. Hvis der er kommet nok signal ind, der kræver en reaktion, sendes informationen først til bipolære celler herefter via synsnerven til det visuelle cortex, hvor informationen bearbejdes. [21]

<sup>1</sup>FiXme Note: hornhinden

<sup>2</sup>FiXme Note: nethinden



*Figur B.2: På figuren ses en anatomisk beskrivelse af øjet. [21]*

### B.3 Proprioceptorerne og skeletmuskulaturens bidrag til balancen

Proprioceptorer monitorer leddenes position, muskelkontraktioners tilstand, samt spændinger i ledbånd og sener og de er placeret i skeletmuskulaturen. Informationerne sendes via nervesignaler til medulla spinalis og herfra igennem CNS til cerebellum. Proprioceptorer inddeles i tre overordnet grupper; muskelspindlere, golgi-sene organer og receptorer i ledkapsler. [21]

Muskelspindlere styrer og kontrollerer ændringer af muskellængder og kan udløse en strækrefleks. Den sensoriske nerve er forbundet centralt på muskelspindleren, hvor den kontinuert sender sensoriske impulser til CNS. Hvis den sensoriske nerve modtager stimuli, i form af stræk, vil den motoriske nerve på muskelspindleren blive stimuleret. Stimulation af den motoriske nerve vil forkorte musklens længde. Nogle strækreflekser er holdningsreflekser, som hjælper os med at holde balancen. I stående position kræves der samarbejde mellem forskellige muskelgrupper for at forblive stående. Dette ses f.eks. hvis kroppen lænes forover, vil strækreflekserne i læggene blive aktiveret og kontraherer. Derved vil kroppen læne sig bagud og igen stå i en opret position. Hvis der sker en overkompensation fra lægmusklerne og kroppen læner sig for meget bagud, vil strækreflekser i skinnebenet og lårene aktiveres. Derved vil kroppen læne sig forover igen. Kroppen foretager mange af disse ubevidste korrektioner. [21]

Golgi-sene organer sidder i en kløft<sup>3</sup> mellem skeletmusklen og tilhørende sene. Dendritterne fra golgi-sene organet kopler sig på den tætteste sene og stimuleres af spændingen i denne, hvorved den eksterne spænding i en muskelkontraktion bliver målt. [21]

Ledkapsler er fyldt med frie nerveender, som kaldes receptorer. Disse receptorer detekterer

<sup>3</sup>FiXme Note: junction

tryk, spænding og bevægelse i leddet. [21]

Det er en lille del, af den information proprioceptorerne sender, der opfanges af bevidstheden, eftersom størstedelen foregår på et underbevidst niveau. [21]