

---

# 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</b> | <b>Indledning</b>  | <b>1</b> |
| 1.1              | Initierende problem . . . . .  | 2        |
| <b>Kapitel 2</b> | <b>Problemanalyse</b>  | <b>3</b> |
| 2.1              | Apopleksi . . . . .  | 3        |
| 2.1.1            | Diagnosticering . . . . .  | 4        |
| 2.2              | Følger af apopleksi . . . . .  | 5        |
| 2.2.1            | Sproglige, sensoriske og motriske skader . . . . .                   | 6        |
| 2.2.2            | Balance . . . . .  | 6        |
| 2.2.3            | Neglekt . . . . .  | 7        |
| 2.2.4            | Personlige følger . . . . .  | 7        |
| 2.2.5            | Behandlinger . . . . .   | 7        |
| 2.3              | Balance . . . . .  | 8        |
| 2.3.1            | Balancen styret af øret . . . . .                                    | 9        |
| 2.3.2            | Øjet og det visuelle . . . . .                                       | 9        |
| 2.3.3            | Proprioceptorerne og skeletmuskulaturens indvirkning på balancen . . | 10       |
| 2.3.4            | Apopleksi og balance . . . . .                                       | 10       |
| 2.4              | Rehabilitering . . . . .   | 11       |
| 2.4.1            | Forløbsprogram for rehabilitering . . . . .                          | 11       |
| 2.4.2            | Biofeedback . . . . .  | 13       |
| 2.5              | Nuværende metoder til rehabilitering . . . . .                       | 14       |
| 2.6              | Her skal biofeedback komme ind . . . . .                             | 15       |
| 2.6.1            | Patientsikkerhed . . . . .   | 15       |

# Kapitel 1

## Indledning

---

Apopleksi er den tredje største dødsårsag i Danmark, og ca. 12.500 mennesker indlægges hvert år pga. sygdommen[? ]. Antallet der dør af hjerneskader har været stagneret de sidste 10 år fra 2001 til år 2011, hvor 14 % døde inden for 30 dage [? ]. I 2010 var der 18.041 indlæggelsesforløb i Danmark forbundet med hjerneskade[? ]. Derudover levede 75.000 danskere i 2011 med følger af apopleksi, og ud af disse er omkring hver fjerde person afhængig af hjælp fra andre for at kunne udføre dagligdagens gøremål[? ]. Antallet af indlæggelsesforløb for mænd og kvinder stiger, når de bliver ældre end 65 år[? ]. På baggrund af dette forventes det at antallet af danskere, der lever med følger af apopleksi er stigende i takt med at der kommer flere ældre. [? ]. Det vil derfor kunne forventes, at der er flere, som kommer ud for en hjerneskade og vil have varige mén herefter, hvilket gør det vigtigt at fokusere på rehabiliteringen for at kunne genoptræne de forskellige kropslige- og mentale mangler.

Følgerne af apopleksi opstår ofte gradvist og kan både opleves som fysiske og mentale skader[? ]. Et af de hyppigste mén, som apopleksi patienter oplever er neglekt, hvilket vil sige, at patienterne ikke er opmærksomme på den ene side af kroppen[? ]. Derudover opleves sproglige-, sensoriske-, motoriske skader herunder balanceproblemer. De nævnte følger har alle alvorlige konsekvenser for apopleksi patienters livskvalitet, da det bl.a. kan føre til begrænsninger i hverdagen og i værre tilfælde faldulykker.[? ? ]

Alle de fysiske og mentale ændringer medfører, at det er svært for en hjerneskadet patient at vende tilbage til sit gamle hverdagsliv. Forandringerne gør det f.eks. svært at udføre almindelige huslige pligter som rengøring og personlig pleje. Derudover ses det imidlertid, at familierelationerne bliver tættere, mens relationerne til vennerne bliver svækkede for en hjerneskadet patient. Dette er et problem, da gode relationer kan være med til at forbedre rehabiliteringsprocessen og dermed gøre, at patienten hurtigere kan komme tilbage til et normalt liv.[? ]

Man kan gisne om, at hjerneskadede patienter, heriblandt apopleksiramte, oplever nedsat livskvalitet pga. deres sygdom. Dette kan ses ved, at apopleksi patienter har dobbelt så stor selvmordsrate som baggrundsbefolkningen. Derudover nævner 16% af apopleksi patienter, at deres livskvalitet er dårlig[? ]. Den nedsatte livskvalitet kan føre til vanskeligheder senere i livet. En forbedret livskvalitet kan skabes ved hurtigere rehabilitering eller forbedret kropslig funktioner, som den apopleksi ramte patient mistede ved hjerneskaden.[? ]

Akut behandling og rehabilitering afhænger organisatorisk af hinanden, da sammenspillet mellem kommuner, sygehuse og praktiserende læger er afgørende. De omfattende og alvorlige konsekvenser samt sammenspillet mellem sundhedsområder og rehabilitering er bl.a. det, som gør, at apopleksi er omkostningsfuldt for samfundet.[? ]

## 1.1 Initierende problem

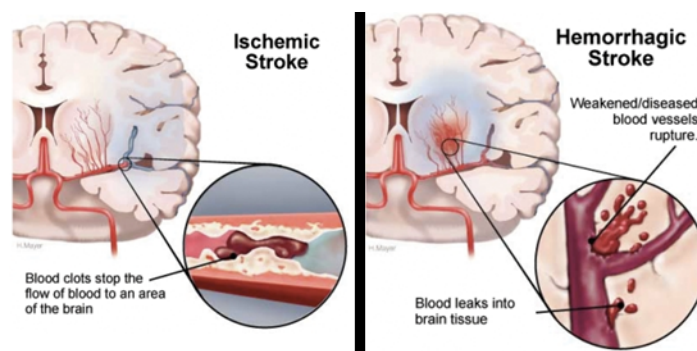
Hvilke fysiologiske konsekvenser kan apopleksi have for patienten, og hvad er rehabiliteringsmulighederne for en patient med balanceproblemer?

# Kapitel 2

## Problemanalyse

### 2.1 Apopleksi

Hjernen har brug for ilt og næringsstoffer for at kunne fungere normalt og er derfor afhængig af en kontant blodgennemstrømning. Hvis denne tilstrømning stopper, kan det have alvorlige konsekvenser.[?] Apopleksi er en sygdom, som har stor indvirkning på blodgennemstrømningen til hjernen. Sundhedsstyrelsen definerer apopleksi som pludseligt opståede fokalneurologiske symptomer af formodet vaskulær genese med en varighed på over 24 timer.[?] Hvis varigheden er under 24 timer, betegnes det som transitorisk cerebral iskæmi (TCI), hvor de fleste tilfælde varer under 1 time uden permanent hjerneskade[? ?]. Disse korte tilfælde kaldes forbigående blodpropper i hjernen, og flere tusinde danskere oplever dem årligt, men det er sjældent at folk selv er klar over det. Symptomerne heraf er meget milde og kan være en følelsesløshed i lemmerne eller i ansigtet samt korte oplevelser af forvirring, synsforstyrrelser og forstyrrelse i tale. Det er sjældent, at der opstår mén fra disse tilfælde og derfor kræves der ikke behandling.[?] Symptomerne på apopleksi kan fremtræde efter et par minutter, men der kan også gå helt op til et par dage før de fremtræder[? ?]. Årsagerne til apopleksi 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 i tale, vanskeligheder ved spisning og et tab i muskuløs koordinering.[?] Hurtig behandling er essentielt for at mindske disse konsekvenser. Hver fjerde apopleksi patient er imidlertid afhængig af andres hjælp i hverdagen.[?] Et apopleksi tilfælde kan være forårsaget af enten en blodprop i hjernen (iskæmisk) eller hjerneblødning (hæmoragisk).[?]



**Figur 2.1:** På billedet ses, hvad der sker i hjernen, når henholdsvis iskæmisk og hæmoragisk apopleksi opstår. Der ses til venstre, at iskæmisk apopleksi sker, hvis en hjernearterie blokkes. Til højre ses, at hæmoragisk apopleksi opstår, når en hjernearterie brister.[?]

### Iskæmisk apopleksi

Iskæmisk apopleksi opstår i 80-85% af tilfældene iblandt det samlede antal af apopleksi ramte[? ]. Her blokeres en hjernearterie af en blodprop, der stopper tilførslen af blod til et bestemt område i hjernen, hvilket ses på 2.1. Infarkterne dannes primært pga. åreforkalkning enten ved en trombe, der dannes på stedet, eller emboli fra hjertet.[? ] Emboli består typisk af fragmenter af blodceller eller kolesterol, som er diffunderet ind i blodcirkulationen af hjernen fra en arterierne[? ]. Derfor kan en hjertesygdom også være medvirkende til, at der opstår iskæmisk apopleksi, som f.eks. et hjerteanfald. En alvorlig blødning et andet sted på kroppen kan også resultere i blokeret eller stoppet blodtilførsel til hjernen.[? ] Nervecellerne skades efter få minutter grundet iltmangel, men kan i værste tilfælde fuldstændig dø efter denne periode[? ][? ].

### Hæmoragisk apopleksi

Hæmoragisk apopleksi opstår i 10-15% af tilfældene iblandt det samlede antal af apopleksiramte[? ]. Årsagen heraf skyldes hovedsagligt forhøjet blodtryk eller, i sjældnere tilfælde, bristede svagheder på arterier (aneurisme) eller medfødte misdannede kar[? ]. Hæmoragisk apopleksi opstår, når en hjernearterie brister og lækage af blod danner en blodansamling, der beskadiger det omkringliggende væv og forøger trykket i hjernen, hvilket ses på **figur 2.1**. Blødning i selve hjernen (intracerebral hæmoragi) kommer af forhøjet blodtryk, der danner et pres på de små arterier, som får dem til at briste. [? ] Blødning i subaraknoidalrummet skyldes bristning af en aneurisme i en pulsåre i hjernen[? ]. Symptomerne ved subaraknoidalblødning er generel tab af hjernefunktion, da der forekommer et øget pres på hjerneskallen, hvorimod ved intracerebral hæmoragi er hæmatomet lokaliseret et bestemt sted i hjernen og forårsager nedsat funktion ved én bestemt hjernefunktion [? ].

#### 2.1.1 Diagnosticering

Når en patient med akut apopleksi indlægges, er grundig undersøgelse nødvendig for at identificere, hvilken form for apopleksi der er tale om. Dette trin er afgørende for det efterfølgende forløb, da behandling samt rehabilitering planlægges herefter. [? ]

#### Anamnese

For at blive bekendt med patientens egen subjektive vurdering af det hidtidige sygdomsforløb, optager lægen en anamnese. Her skal sygdomsforløbet beskrives detaljeret, og der skal desuden spørges ind til faktorer, som kan have været medvirkende til udviklingen af apopleksi såsom livsstil og sygdomme, herunder f.eks. diabetes og hjerteproblemer. [? ]

#### Klinisk undersøgelse

Den kliniske undersøgelse udføres for at vurdere hvor alvorligt et sygdomstilfælde, der er tale om. Undersøgelsen udføres ud fra en standardiseret skala, da dette gør det muligt for andre læger at undersøge patienten på samme måde senere i forløbet. Resultatet af undersøgelsen er en samlet score udregnet fra resultatet af de enkelte undersøgelser. Det er således muligt at vurdere om der sker fremskridt hver gang undersøgelsen foretages. [? ] Der findes flere forskellige skalaer, som lægen kan anvende til at foretage den kliniske undersøgelse, herunder Scandinavian Stroke Scale, European Stroke Scale og Hemispheric Stroke Scale. Fælles for



skalaerne er, at de alle undersøger både bevidsthedsniveau samt motoriske og kognitive egenskaber hos patienten [? ? ? ? ]. I den danske sundhedssektor benyttes Scandinavian Stroke Scale, dette blev besluttet i Det Nationale Indikatorprojekt for apopleksi [? ]. F.eks. har Region Syddanmark derudover forskellige retningslinjer for hvilken skala, der skal benyttes i et apopleksi forløb [? ]. Alle apopleksi patienter, der bliver indlagt med mulig akut apopleksi eller TCI, skal have en score på Scandinavian Stroke Scale. Herefter benyttes National Institute of Health Stroke Scale hvis patienten skal have trombolysebehandling. Barthel Scale anvendes hvis patienten sendes til videre rehabilitering og beskriver patientens funktionsniveau i forhold til almindelige dagligdags funktioner. Til sidst benyttes Modificeret Rankin Scale til at give en beskrivelse af graden af handicap. [? ]

### Videre undersøgelser

Ved den videre undersøgelse vil der udføres en scanning for at undersøge, om patienten er ramt af en hjerneblødning <sup>1</sup> eller en blodprop. Scanningen laves desuden for at lokalisere det ramte område. Enten udføres der en scanning af typen MR eller CT afhængigt af, hvad der er mest hensigtsmæssigt i den givne situation. Dette vurderes ud fra forskellige kriterier, herunder lægens mistanke om, hvilket område af hjernen, der er ramt, samt hvor længe symptomerne på apopleksi har optrådt. I visse tilfælde kan lægen vælge at anvende begge scanningstyper. Derudover skal patientens blodtryk måles jævnligt i den akutte fase for at sikre, at det falder gradvist til et normalt niveau i løbet af nogle timer til et døgn. Hvis blodtrykket pludselig falder meget, kan dette være et udtryk for en blodprop i hjertet. Det er derfor afgørende at følge udviklingen med jævnlige blodtryksmålinger. [? ]

Under forløbet bør andre faktorer også kontrolleres, herunder lungefunktion, blodsukker og kropstemperatur. Disse faktorer kan enten give information om apopleksien, eller de kan være væsentlige for patientens fremtidsprognoser og følger efter sygdomsforløbet. [? ]

## 2.2 Følger af apopleksi

Apopleksi kan forekomme pludseligt, og dermed uden at den ramte kan forberede sig på følgerne. Dette er modsat andre kroniske sygdomme, hvor progressionen ofte sker gradvist. Derfor kan der være flere alvorlige følger af en hjerneblødning eller blodprop <sup>2</sup> som f.eks. depression. [? ] Hvilke følger patienten oplever afhænger af, hvilken del af hjernen, der rammes og hvor omstændig hjerneskaden er. Her tænkes på, tiden hvor en del af hjernen ikke får ilt, størrelse af blødningen og trykket i blodåren[? ]. Følgerne kan dog både gå ud over patientens fysiske og mentale tilstand, hvilket vil blive beskrevet i afsnittet.

75.000 mennesker over 18 år levede i 2011 med følger efter et slagtilfælde [? ]. Dette tal forventes at være stigende i takt med, at der kommer flere ældre [? ]. Antallet der dør af hjerneskader har været stagneret de sidste 10 år før 2011, hvor 14 % døde inden for 30 dage[3]. Det vil derfor kunne forventes, at der er flere, som kommer ud for en hjerneskade og vil have mén herefter, hvilket gør det vigtigt at fokusere på rehabiliteringen for at kunne genoptræne de forskellige kropslige og mentale mangler.

<sup>1</sup>FiXme Note: ret evt til latinske betegnelser - det må vi lige blive enige om

<sup>2</sup>FiXme Note: ret til latinske betegnelser

### 2.2.1 Sproglige, sensoriske og motoriske skader

De sproglige konsekvenser som følge af apopleksi, kaldes afasi. Afasi opleves efter en måned hos 20% af de apopleksiramte og forekommer oftest ved skade i venstre temporal- og frontallap. De sproglige følger af apopleksi kan skade funktionen til at skrive og tale, men også evnen til at forstå og læse andres tale og skrift. I hvilken grad de sproglige funktioner er berørt kan variere mellem de enkelte patienter, da nogle oplever enkelte formuleringsproblemer, mens andre oplever global afasi. Global afasi gør, at de ramte i nogle tilfælde er helt ude af stand til at kommunikere verbalt eller kun kan fremsige enkelte ord med en vis usikkerhed omkring ordenes betydning. De sproglige konsekvenser kan midlertidig bedres med tiden, og flere patienter opnår et kommunikationsniveau, som gør det muligt at begå sig i hverdagen.[?] ]<sup>3</sup>

Apopleksi kan skade sensoriske såvel som motoriske funktioner. Dette opleves som manglende funktion i arme, hænder, ben og fødder. De motoriske og sensoriske konsekvenser er de hyppigst forekommende følger hos apopleksiramte og kan medføre problemer med at udføre orienterede handlinger. Patienten kan således have problemer med forholdet mellem egen krop og objekter omkring sig samt med kropdelenes indbyrdes forhold. De kan desuden have problemer med højre og venstre. Nogle patienter oplever at have problemer med afstandsbedømmelse. De motoriske følger kan medføre upræcise bevægelser, generel stivhed i bevægelserne, problemer ved opstart af bevægelser, langsommere bevægelser, færre spontane bevægelser samt rystelser. Patienten kan derved risikere at være ude af stand til eller have store problemer med at gå uden hjælp, da de enten har generelle balanceproblemer eller ikke er opmærksomme på kroppens ene side.[?] ] [? ]

### 2.2.2 Balance

Som følge af apopleksi oplever nogle patienter problemer med balancen. Balancen er vigtig for mennesket, da den opretholder kropstillingen ved hjælp af ubevidste bevægelser, hvilket også er med til at bevægelse er muligt uden fald. For at opretholde balancen bliver kropsvægten så vidt mulig fordelt omkring kroppens akse og de vægtbærende lemmer, herunder fødder i oprejst position og gluteal musklerne i siddende position.[?] ] Balancen styres af kroppens sansereceptorer, der bla. er placeret i øret og ledkapslerne, samt andre organer, hvilket vil blive specificeret i afsnit<sup>4</sup>ref. til afsnit), der vil give en anatomisk forklaring af balancen. For apopleksi patienter opleves der ofte problemer med balancen i den transversale retning i det frontale plan<sup>5</sup>. Patienterne kan hænge mod deres syge side uden de er opmærksomme på det, hvilket besværliggør funktioner i dagligdagen og giver øget risiko for faldulykker. Et eksempel på, hvordan balancen påvirkes er "Pusher Syndrom". Da patienter med Pusher Syndrom ikke registrerer, at deres krop hænger, kan dette være med til at besværliggøre funktioner i dagligdagen og giver øget risiko for faldeulykker. Derudover har patienten ofte problemer med at læne sig fremad, samt risiko for faldeulykker i både stående, gående og siddende stilling. [? ]

<sup>3</sup>FiXme Note: Jeg synes ikke, at vi skal slette sproglige skader, da det også handler om, hvorvidt patienten kan forstå det signal (evt. lampe der lyser) personen fra vores system.

<sup>4</sup>FiXme Note: (

<sup>5</sup>FiXme Note: har har egentlig nogle tal på dette - ofte? hvor meget er ofte? kanv i evt. finde ud af det?

### 2.2.3 Neglekt

Ved indlæggelse er cirka 25% af apopleksipatienterne ramt af neglekt<sup>6</sup>. Patienter med neglekt er ikke opmærksomme på den ene side af kroppen. Neglekt kan forekomme på to måder; visuelt og kropsligt. De to typer forekommer ofte samtidig. Ved visuel neglekt mangler patienten 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 hjernen ikke registrerer den anden halvdel. Ved den kropslige neglekt har patienten manglende kropsbevidsthed. Patienten har ofte normal følelse i den syge side af kroppen - indtrykkene bemærkes, men registreres ikke i hjernen. Dette kan komme til udtryk idet patienten glemmer at klæde den syge side af kroppen ordentligt på eller kun barbære halvdelen af ansigtet. En alvorlig følge af dette er, at patienten kan udføre ubevidst skade på sig selv, f.eks. ved at støde ind i ting med den syge side eller ikke være opmærksom på, at benene ikke kan bære<sup>7</sup>. Derved kan der på længere sigt forekomme ergonomiske skader andre steder i kroppen. [? ]

### 2.2.4 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 hjerneskader af apopleksi. Derudover skal det noteres, at det ikke er sikkert, at en apopleksiramt får en hjerneskade.

Personer der første gang rammes af en hjerneskade, beskriver hjerneskaden som et brud i deres liv, som de skal lære at forholde sig til. Derudover kan det tage lang tid for patienterne at indse, at de er ramt af en sygdom. Hjerneskaden går ind og influerer den rammes humør, personlighed, færdigheder, aktiviteter, samt sociale relationer. Patienterne er ikke i stand til at udføre de samme opgaver som tidligere, hvilket påvirker deres identitet. 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 i forhold til en ældre patient. Dette kan bla. skyldes vanskeligheden ift. at opretholde sociale relationer og begå sig i hverdagen. Apopleksiramte kan derudover opleve en kropsspaltning, hvor kroppen opleves som et fremmet objekt. Et objekt, som kan være svært at styre og ikke gør, som patienten vil.[? ]

Der findes skjulte vanskeligheder for patienter med hjerneskade. Disse omfatter vanskelighed med hukommelse, læsning, regning samt andre færdigheder, der ikke er let synlige. Disse skjulte vanskeligheder har også en indflydelse på, hvordan patienten opfatter sig selv og kan være med til at nedsætte livskvaliteten for den enkelte.[? ]

### 2.2.5 Behandlinger

Når en patient rammes af apopleksi, er det vigtigt at komme i behandling hurtigst muligt. Ved akut blodprop, hvilket vil sige at symptomerne er til stede inden for 4 1/2 time, anvendes blodpropopløsende medicin. Ved hurtig behandling vil det være muligt at opløse blodproppen. I andre tilfælde fjernes blodproppen ved brug af et tyndt kateter, som indføres gennem pulsåren

---

<sup>6</sup>FiXme Note: Indsæt kilde - Sunhedsstyrelsens rapport

<sup>7</sup>FiXme Note: bære hvad?

op til hjernen. Derudover anvendes blodfortyndende medicin for at undgå nye tilfælde af apopleksi. [?] [?]

### Akut behandling

Ved mistanke om blodpropper hos patienten er det vigtigt, at der tages kontakt til sygehuset omgående. Patienten bliver her undersøgt ved blodtryksmåling, blodprøver, neurologisk undersøgelse og skanning af hjernen. Dermed kan det udelukkes om der er eventuelle blødninger eller andre årsager til funktionstab. Dette sikrer, at patienten får den rette behandling. I tilfælde af blodprop igangsættes en behandling med blodpropopløsende eller blodpropshæmmende medicin. [?] [?]

### Trombolyse

Standardbehandling for blodpropper har siden år 2006 været trombolyse. Selve behandlingen foregår ved, at der sprøjtes blodpropopløsende medicin ind i en blodåre, ofte i armen, hvorefter blodproppen opløses. Denne behandling skal helst foregå 6 timer efter blodproppens forekomst og senest 12 timer efter, da behandlingen ikke vil have nogen indvirkning efter længere tid. Jo hurtigere behandlingen bliver foretaget, jo flere områder i hjernen vil kunne reddes. Dermed vil patientens fremtidige livskvalitet forbedres. Trombolysebehandlingen finder sted på 12 sygehuse fordelt over de 5 regioner. En risiko ved behandlingen kan være blødninger grundet den blodpropopløsende medicin.[?]

### Forebyggelse

En stor del af behandlingen er forebyggelse, da risikoen for en ny blodprop er stor. Til forebyggelse anvendes antikoagulationsbehandling(AK-behandling), som er en behandling med blodfortyndende medicin. Normalt har kroppen sit eget koagulationssystem som får blodet til at størkne. Derudover medvirker koagulationssystemet også til at opløse eventuelle blodpropper i blodåresystemet. For apopleksipatienter fungerer koagulationssystemet ikke optimalt, hvilket gør det nødvendigt at behandle med antikoagulation. Dette hæmmer blodets evne til at størkne, hvilket modvirker dannelsen af blodpropper. Der findes to former for AK-behandling, warfarin(Marevan) og nyre orale antikoagulantia(NOAK). Den primære forskel mellem de to mediciner er, at der ved behandling med NOAK ikke kræver kontrol ved blodprøver.[?]

## 2.3 Balance

Efter et apopleksi tilfælde kan patienterne have balanceproblemer. Dette gør, at patienterne har risiko for faldulykker. Balancen er et komplekst system, da flere forskellige kropssystemer samarbejder om at sende balanceinformation til hjernen, hvor de bearbejdes. Balancen er styret af forskellige organer i kroppen vha. sansereceptorer. Disse er en bestemt slags celler, hvis funktion er at sende balanceinformationer til det centrale nervesystem og hjernen. Sansereceptorerne opfanger sanseindtryk og videre sender informationen til områder i cerebral cortex, cerebellum og til centre i hele hjernestammen. Disse områder bearbejder informationen for at konkludere den fysiske position af kroppen og dens lemmer. Sansereceptorerne er placeret i ørerne og øjnene. [?]

Når hjernen har bearbejdet indtrykkene, udsender den nerveimpulser til skeletmuskulaturen om at foretage jævne og koordinerede bevægelser, hvorved kropsbalancen opretholdes.[? ] For apopleksi patienter opleves der ofte problemer med balancen. Patienterne hænger mod deres syge og svage side, da deres balance ofte er nedsat eller slet ikke funktionsdygtig.[? ]

### 2.3.1 Balancen styret af øret

8

Øret består overordnet af tre dele; det ydre øre, mellemøret og det indre øre. 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. Det indre øre er som en knoglelabyrint, hvor der findes et netværk af sammenhængende væskeholdige kanaler, som er indkapslet i knoglen. Det er i disse kanaler receptorerne sidder. Det indre øre kan yderligere 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.[? ]

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 vestibulocochlearen, der sender både information vedrørende balancen og hørelsen til hjernen i områder i pons og medulla oblongata. [? ]

9

### 2.3.2 Øjet og det visuelle

Synet er en central faktor for, hvordan hjernen holdes informeret omkring kroppens balance og generel orientering. Dette gøres ved at give et indtryk af, hvordan kroppen og dens lemmer er placeret ift. omgivelserne<sup>10</sup>. Øjet har tre hinder omkring sig; fibrøs hinde, uvea og retina. Den fibrøse hinde<sup>11</sup> er den yderste, som beskytter og støtter øjet. Den midterste hinde, kaldet uvea, indeholder blod og lymfekar samt regulerer mængden af lys, der kommer ind i øjet. Retina<sup>12</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, at vi kan se i tussmørke. Tappe er følsomme overfor farvers bølgelængde, hvilket giver os farvesyn. Pigmentdelen absorberer lys,

<sup>8</sup>FiXme Note: Afsnittene skal muligvis ændres til latinske betegnelser

<sup>9</sup>FiXme Note: Indsæt illustration af ørets anatomi, hvor ampulla med hårcellerne kan ses! Kunne være den fra Martini 9th side 577 eller side 579 - OBS, noget er udkommenteret nu, se hvad der er relevant

<sup>10</sup>FiXme Note: jeg kan ikke finde dette i martini??

<sup>11</sup>FiXme Note: hornhinden

<sup>12</sup>FiXme Note: nethinden

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 den visuelle cortex, hvor informationen bearbejdes. [? ]

13

### 2.3.3 Proprioceptorerne og skeletmuskulaturens indvirkning på balancen

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

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 en stående position kræves der samarbejde mellem mange 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. [? ]

Golgi-sene organer sidder i en kløft<sup>14</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. [? ]

Ledkapsler er fyldt med frie nerveender, som kaldes receptorer. Disse receptorer detekterer tryk, spænding og bevægelse i leddet. [? ]

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

15

### 2.3.4 Apopleksi og balance

Balancen er styrer flere steder i kroppen og er med til at beskytte kroppen mod f.eks. faldulykker, ved at sikre at kroppen og den lemmer bevæger sig i kontrollerede og jævne bevægelser. Kroppen opretholder balancen ved at bruge ørerne, øjne og proprioceptorer

<sup>13</sup>FiXme Note: Muligvis indsæt illustration af øjets anatomi f.eks. Martini 9th side 557

<sup>14</sup>FiXme Note: junction

<sup>15</sup>FiXme Note: Mangler: Det sidste afsnit proprioceptorerne mangler at blive skrevet helt færdigt. Derudover kunne man have en konklusion hvor der blev kigget på sammenspillet mellem de forskellige dele der har med balancen at gøre. Vi kunne også godt have skrevet til hvilke nervesystemer der sig af signalerne i de forskellige organer. Så skal lange sætninger osv. lige rettes igennem.

i skeletmuskulaturen. Proprioceptorerne kontrollerer muskler, sener og leds position. Øjne opfanger lys og er med til orienteringen af kroppen og dens lemmer og hårceller i øret registrerer hoveds bevægelser ved hjælp af 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 svære for kroppen at opretholde balancen hvis centrene i hjerne, som behandler den information, som kommer fra balanceorganerne, bliver skadet, som det kan ske ved apopleksi patienter. [? ]Martini2012)

<sup>16</sup>

## 2.4 Rehabilitering

Når selve slagtilfældet er stabiliseret og behandlet, er det essentielt, at rehabiliteringen af en apopleksipatient indfindes hurtigst muligt - gerne 1 til 2 dage efter slagtilfældet. I Danmark dækker rehabilitering af en patient med apopleksi områderne: direkte træning af funktioner, reorganisering af netværk (ufrivilligt - hjernens proces), kompenserende strategier, ændringer i miljø, social og psykologisk støtte. Genoptræningen omhandler dog ikke kun træning med en ergo- eller fysioterapeut, da plejepersonale til dagens almindelige gøremål også essentiel. Patientens daglige rutiner kan være gået tabt under slagtilfældet, hvorfor det er vigtigt, at få patienten tilbage i sit vante miljø. Plejepersonale skal hjælpe patienten til at genfinde denne rytme og hjælpe patienten til eventuelt at udføre dagligdags ting 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 en hånd.

Motoriske og sensoriske funktionsproblemer kan lede til balancebesvær for patienten i både siddende, stående og gående stilling. Der er afprøvet adskillige farmakologiske midler og behandlingsstrategier for at forbedre hjernens rehabilitering og motoriske funktioner. F.eks. er der afprøvet, at tildele apopleksipatienter det antidepressive middel Prozac (fluoxetin) i kombination med fysioterapi. Derudover er kortikal stimulation afprøvet, hvor området af hjernen, som kontrollerer motorstyring, modtager elektriske impulser fra en implanteret anordning. Denne mulighed har haft blandede succesoplevelser, men er udelukkende afprøvet på patienter, der har oplevet et alvorligt slagtilfælde. [? ]

Apopleksi patienten skal i samarbejde med lægen, sygeplejersken og andet hjælpepersonale opstille nogle mål for sin rehabilitering. Målene skal hverken være for svære eller for lette, 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 patienten har opnået bedst mulig funktionsevne, hvorefter der udføres kontrol og vedligeholdelse af funktionsevnen. Tidsperioden af rehabilitering varierer ift. hjerneskadens sværhedsgrad, samt sværhedsgraden af funktionstab. [? ]

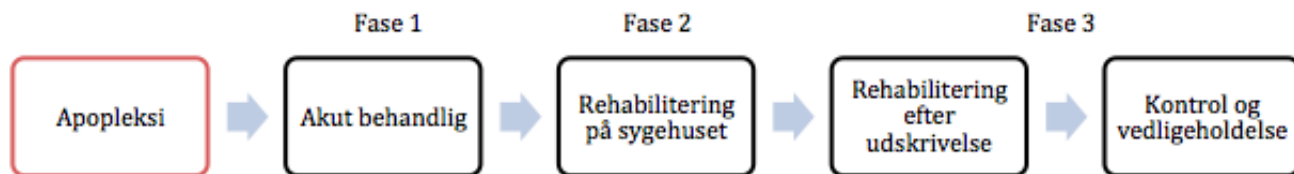
Forløbsprogrammet er essentielt ift. at kunne give patienten den korrekte rehabilitering. Patienterne har forskellige behov og er afhængighed af hjælp fra plejepersonale samt forskellige

---

<sup>16</sup>FiXme Note: Kan man evt skrive et afsnit omkring samarbejde imellem øret og øjet omkring balance?

former for teknologier i de forskellige faser. Det vil derfor være oplagt at undersøge, hvilken form for rehabilitering der er at foretrække i de enkelte faser.

### De tre faser i forløbsprogrammet



**Figur 2.2:** På figuren ses et overblik over de 3 faser som patienter med apopleksi skal igennem i forløbsprogrammet for rehabilitering. Figuren er lavet på baggrund af sundhedsstyrelsen.[? ]

**FiXme Note:** ved ikke om vi skal bruge dette som kilde når vi selv har udarbejdet den - om det så er nok at skrive det i teksten.

Den første fase, som ses på 2.2 afspejler forløbsprogrammet som foregår på sygehusets apopleksiafdeling. På apopleksiafdelingen foretages primært akut behandling for at begrænse skaderne. Når patientens sikkerhed er sikret og skaderne 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, ændringer og amnesi samt foretaget vurderinger af basale fysiologiske funktioner, samt 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, blodpropper i ben og lunger, smerte, sansefunktioner og adfærdsfunktioner. Patienterne vurderes i denne fase af fagkyndigt personale som ergoterapeut, fysioterapeut og audiologopæd. Disse er med til, at sikre, at patienten udfører træningen korrekt ift. stimulering og træning af bevægelsesfunktioner, taletræning og udførsel af basale daglige aktiviteter.[? ]

I den anden fase, hvilket fremgår af 2.2, gennemgår patienten rehabilitering på sygehuset, hvor der er fokus på de skadede funktioner, ligeledes bliver patienten på samme måde som i fase et undervist af fagkyndigt personale. Hvorefter 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 patienten blive udskrevet og påbegynde fase tre. [? ]

I den tredje fase er patienten udskrevet fra sygehuset, og derved forgår rehabilitering som ambulant rehabilitering og selvstændig træning, dette fremgår af 2.2. Hvorvidt patienten skal vedblive rehabilitering på sygehuset, eller om patienten henvises til rehabilitering i de kommunale rehabiliteringscentre afgøres på baggrund af observationer foretaget i anden fase. Derudover afgøres det om enkelte rehabiliteringer fra anden fase skal igangsættes eller fortsætte. Den selvstændige træningen, kan for patienterne med neglekt være en udfordring ift. bevægelsesmønstre og kropsholdning, da de kan have problemer med balancen og opmærksomheden på kroppen. Patienterne går derfor 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 tredje fase varierer derfor fra patient til patient alt efter udviklingen af rehabiliteringen.[? ]

### 2.4.2 Biofeedback

Biofeedback blev introduceret i slutningen af 1960<sup>17</sup>. Metoden har siden været anvendt i forbindelse med rehabilitering af patienter, ved at give dem informationer om biologiske parametre i deres krop, som relaterer til deres sygdom/skade. Overordnet kan responsen fra biofeedback inddeles i to grupper: Direkte feedback, hvor det målte signal udtrykkes som eksempelvis en numerisk værdi, eller transformeret feedback, hvor det målte signal kontrollerer et stykke udstyr, der kan give patienten et bestemt signal. Dette signal kan f.eks. være auditivt eller visuelt. Derudover kan biofeedback også deles ind i en fysiologisk og en biomekanisk del.[? ]

#### Fysiologisk biofeedback

Fysiologisk biofeedback omfatter måling på forskellige systemer. Der kan måles på det neuromuskulære system, det kardiovaskulære system samt respirationssystemet. Herunder hører f.eks. EMG-feedback, hvor myoelektriske signaler omsættes til et signal til patienten, hvormed der kan opnås bevidsthed om f.eks. svage muskler. Desuden findes HR-feedback, hvor patientens hjerterytme måles og udtrykkes på et stykke udstyr der er synligt for patienten. Dette anvendes f.eks. i forbindelse med træning. Til patienter med sygdom i respirationssystemet kan anvendes respiratorisk feedback, som udtrykker værdier for de respiratoriske evner.[? ] <sup>18</sup>

#### Biomekanisk biofeedback

Ved biomekanisk biofeedback måles der ikke på kroppens enkelte systemer, men på generelle mekaniske egenskaber<sup>19</sup>, såsom hvordan kroppen bevæger sig og på selve holdningen. Ved biomekanisk biofeedback findes der flere forskellige typer måleudstyr, herunder inerti-sensorer, kraftplader og kamerasystemer, der alle kan måle forskellige mekaniske parametre. Studier har vist, at de forskellige metoder indenfor biomekanisk biofeedback generelt har en positiv effekt på rehabiliteringen af patienter med balanceproblemer. Eksempelvis viste et studie<sup>20</sup> positive resultater, da effekten af inerti-sensorer i forbindelse med rehabilitering af patienter med kropssvøj, blev testet. Her skulle patienterne på samme tid udføre motoriske og kognitive handlinger imens de gik. Imens modtog de biofeedback ud fra gyroskopmålinger.[? ] Gyroskopet måler accelerationen i en bestemt retning[? ]. 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.[? ] Et andet eksempel på positiv effekt af inddragelse af biomekanisk biofeedback er kraftmåling i forbindelse med rehabilitering af patienter med pushersyndrom. Der findes et hånddynamometer, der kan benyttes til at måle styrkeforskellen i hhv. højre og venstre hånd,

<sup>17</sup>FiXme Note: ved ikke hvilken kilde der er brugt her - står i første afsnit om biofeedback

<sup>18</sup>FiXme Note: Noget om hvordan signalerne kan måles - elektroder

<sup>19</sup>FiXme Note: vil gerne have et bedre udtryk her..

<sup>20</sup>FiXme Note: rigtig kildehenvisning??

hvilket i nogen tilfælde kan være fordelagtigt at benytte for patienter med pusher-syndrom, da patienterne derved gøres opmærksomme på styrken i deres følelsesløse side.[? ]

### Krav til patienter ved anvendelse af biofeedback

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. [? ]

## 2.5 Nuværende metoder til rehabilitering

Inden patienten udskrives fra sin behandling skal der fra sundhedssektorens side være udarbejdet en genoptræningsplan. I denne plan besluttet det hvilken form for rehabilitering og teknologi patienten skal benytte sig af. [? ]

Der findes flere forskellige metoder og teknologier til at hjælpe med balance og gangproblemer. Disse omfatter: Platform feedback, fokuseret gangtræning, konditionstræning, auditorisk rytimestøtte, elektromekanisk fysioterapistøttet gangtræning, opgavespecifik repetitiv træning, spejlterapi, programmer til motorisk visualisering og passiv sensorisk stimulation. [? ]

Platform feedback er en biofeedback metode, hvor patienten står på en platform. Platformen vil herefter måle hvor meget patienten svajer <sup>21</sup>. Når platformen har målt svajningen af patienten, kan denne 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. [1] Denne form for teknologi benyttes særligt i de tidlige faser af rehabiliteringen[? ].

Det er med høj evidens blevet påvist, at fokuseret gangtræning medfører en moderat grad af bedringen på gangfunktionen hos apopleksiramte[? ]. Derudover er det også vist, at konditionstræning kan være med til at forbedre gangfunktionen[? ].

Auditorisk rytimestøtte er en metode, hvor patienten lytter eller udfører handlinger til en form for musik. Det mest centrale ved musikken er rytmen, der findes i den. [2] Det er vist, at denne metode kan øge både ganghastigheden, skridtlængden og gangsymmetrien [? ].

Ved elektromekanisk fysioterapistøttet gangtræning benytter fysioterapeuten sig af en maskine til hjælp af patientens gang. Maskinen består af enten et robot-drevet exoskelet eller to drevne mekaniske plader, der simulerer gang hos patienten. [3] Denne form for metode har vist at kunne øge skridthastighed, skridtlængde og skridtsymmetri [? ]. Denne metode benyttes til patienter med svært nedsat gangfunktion, med særlig fokus på de tidlige faser af rehabiliteringen [? ].

Opgavespecifik repetitiv træning omfatter aktivitetsbestemte motoriske opgaver, som er bestemt til den enkelte patient. Disse opgaver tager udgangspunkt i hverdagsaktiviteter. Denne metode kan have effekt på patienternes gangfunktion, gangdistance og -hastighed. [? ]

Spejlterapi er en træning af bevægelser, hvor patienten laver en række bevægelsesmønstre med den raske side af kroppen. Herefter bliver disse bevægelser spejlet til den syge side af

---

<sup>21</sup>FiXme Note: (centre of pressure)

kroppen. Dette vil skabe en illusion af et normalt bevægelsesmønster af den syge side hos patienten. [?] Denne metode skal tilbydes under hele rehabiliteringen [?].<sup>22</sup>

Programmer til motorisk visualisering kan bl.a. være "virtual reality"[?]. Dette er en form for program, hvor en computer modellerer og simulerer et miljø, som patienten kan placeres i vha. briller og andre interaktive apparater[4]. Dette gør at patienten kan simulere bevægelser, som de ikke nødvendigvis er i stand til i virkeligheden. Det er uafklaret, hvilken effekt denne form for rehabilitering har [?].

Passiv sensorisk stimulation er en rehabiliteringsform, hvor patienten modtager elektrisk stimulation, der ikke aktiverer musklerne. Stimulationen er der for at fortælle patienten om, hvad kroppen foretager sig, så det bliver muligt at korrigere bevægelserne. [?] Denne form for metode tilbydes under hele rehabiliteringsforløbet [?].<sup>23</sup>

## 2.6 Her skal biofeedback komme ind

Dokumentet "rehabilitering og biofeedback skal deles op, så rehabilitering kommer efter apopleksi som en section med teknologier til rehabilitering som en subsection, og biofeedback kommer her som en section med patientsikkerhed som subsection.

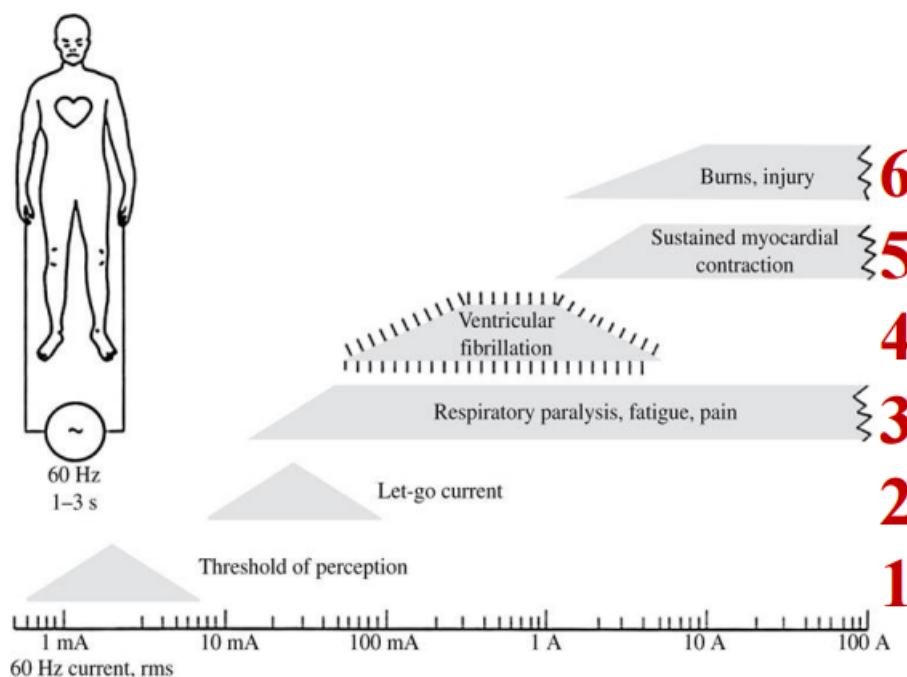
### 2.6.1 Patientsikkerhed

Ved brug af medicinsk udstyr er sikkerheden for patienten vigtig, da de ofte er hæmmede eller svækkede og derfor yderligere følsomme. Patientsikkerhed indebærer fokus på de fysiologiske konsekvenser patienten kan blive udsat for, når de tilkobles elektroniske kredsløb. Hvis ikke patientens sikkerhed er i orden, vil vedkommende opleve at blive en del af det elektroniske kredsløb. Dette kan medføre alvorlige følger, da patienten vil blive udsat for elektrisk strøm. Når elektrisk strøm løber igennem biologisk væv, kan tre fænomener forekomme: modstandsopvarmning af væv, elektrokemiske forbrændinger og elektrisk stimulering af muskel- og nervevæv. [1]

---

<sup>22</sup>FiXme Note: Måske uddybe, hvordan spejlingen foregår..

<sup>23</sup>FiXme Note: Dette må også gerne uddybes - hvordan har det en gavnlig effekt at ens muskler ikke aktiveres?



**Figur 2.3:** Figuren viser effekten, som strømmen har på patienten ved forskellige strømstyrker og er inddelt i 6 stadier. Figurens gyldighed er forudsat, at personen har en vægt på 70 kg og er i kontakt med et elektronisk kredsløbet i 1-3 sekunder ved 60 Hz med begge hænder.<sup>24</sup>

**figur 2.3** viser den effekt, elektrisk strøm kan have på patienten ved forskellige strømstyrker. I stadie 1 findes den laveste strømstyrke på 0,5-10 mA. Ved dette stadie vil patienten føle en prikkende fornemmelse. Strømtætheden er stor nok til at aktivere nervesensorerne i huden, hvilket kan give en let opvarmning heraf. Ved stadie 2 udsættes patienten for en elektrisk strøm mellem 10 mA og 100 mA. Dette er den maksimale strøm, hvor patienten kan afbryde kontakten frivilligt. Patienten vil opleve en kraftig påvirkning af muskler og nerver, hvilket resulterer i muskeltræthed og smerte, da musklerne skal lave ufrivillige kontraktioner. I stadie 3 er strømstyrken mellem 20 mA og 100 A og her kan patienten opleve åndedrætslammelser, smerter og muskeltræthed. Dette kan desuden resultere i kvælning, hvis strømmen ikke afbrydes. Ved stadie 4, som ligger mellem 75 mA og 4 A, kan patienten opleve ufrivillig kontraktion af hjertemuskulaturen, hvilket kan medføre ventrikelflimmer. I det 5. stadie er strømstyrken mellem 1 A og 100 A. Her sker kontraktioner af hele hjertemuskulaturen. Dette kan resultere i hjertestop, da hjertet er konstant kontraheret og derfor ikke kan videregive elektriske signaler. Ved det 6. og sidste stadie vil patienten opleve stærk strøm, som kan medføre alvorlige brandsår på huden. Ved store strømstyrker kan muskelkontraktionerne blive så kraftige, at musklen og knoglerne kan løsrive sig fra hinanden. Derudover vil hjernen og nervevæv miste alle funktioner, når store strømme løber gennem kroppen. Som det ses på **figur 2.3** kan flere af stadierne overlappe hinanden og foregå samtidig. [1]

Der er forskellige muligheder for, hvordan den elektriske strøm løber igennem kroppen, hvilket bestemmer, hvor skadende strømmen er for patienten. De to forskellige muligheder er makro- og mikrochok. Makrochok sker, når strømmen løber igennem kroppen ved to punkter på hudens overflade og derved går kun en mindre del af strømmen igennem hjertet. Mikrochok sker, når det meste af strømmen løber igennem hjertet. Strømmen kommer fra et punkt på hudens overflade og forekommer hos patienter med elektriske ledere i hjertet f.eks. katetere.

[1]

Det er vigtigt at have fokus på patientsikkerhed, når der skal fremstilles medicinsk udstyr, som skal tilsluttes patienter. Dette kan gøres med en jordforbindelse i systemet eller ved at sørge for, der ikke er direkte kontakt mellem patienten og elnettet. Store mængder strøm kan have alvorlige konsekvenser for patientens helbred.

[1] - Medical Instrumentation: Application and Design. Webster, John G. 2009.