

# TTK26 Sammendrag

Jon Eirik Lisle Andresen

Nov 2018

*Uansett hva du gjør og får til i dette faget  
betyr det ikke mer enn 3.75 poeng*

# Contents

<b>1</b>	<b>Intro, etikk og historie</b>	<b>5</b>
1.1	Historisk blikk . . . . .	5
1.2	Etikk . . . . .	6
1.2.1	Forskjell på moral og etikk . . . . .	6
1.2.2	Beneficence og nonmaleficence . . . . .	6
1.2.3	Utilitarisme og Kantisme . . . . .	6
1.2.4	Regelsett eller kodekser . . . . .	6
1.2.5	REK . . . . .	6
1.2.6	Død og dødshjelp . . . . .	7
1.2.7	Hvem skal ta beslutninger . . . . .	7
1.2.8	Forskning på mennesker . . . . .	7
1.2.9	Regulering av salg . . . . .	9
<b>2</b>	<b>Anatomi</b>	<b>10</b>
2.1	Anatomiske retninger . . . . .	10
2.1.1	Anatomiske plan . . . . .	11
2.2	Hulrom og regioner . . . . .	12
2.3	Cellens oppbygning . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Fysiologi</b>	<b>13</b>
3.1	Celler . . . . .	13
3.1.1	Plasmamembran eller cellevegg . . . . .	13
3.1.2	Organeller . . . . .	13
3.1.3	Vev . . . . .	14
3.2	Overblikk over organsystemer . . . . .	14
3.3	Skjelletet . . . . .	15
3.3.1	Ledd . . . . .	15
3.4	Sirkulasjonssystemet . . . . .	16
3.4.1	Hjertesykklusen . . . . .	16
3.5	Respirasjonssystemet . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Nervesystemet</b>	<b>18</b>
4.1	Nerveceller . . . . .	18
4.1.1	Membranpotensial og aksjonspotensial . . . . .	20

4.1.2	Synapsen . . . . .	21
4.1.3	Gliaceller . . . . .	21
4.2	Hjernen . . . . .	21
4.2.1	Cerebrum . . . . .	21
4.2.2	Diencephalon . . . . .	22
4.2.3	Hjernestammen og lillehjernen . . . . .	23
<b>5</b>	<b>Muskelsystemet</b>	<b>24</b>
5.1	Skjelettmuskulatur . . . . .	25
5.1.1	Muskelfiber . . . . .	25
5.2	Sammentrekning . . . . .	26
5.2.1	Motorisk enhet . . . . .	27
5.2.2	Lengde-spenning forholdet . . . . .	27
5.3	Propriosepsjon . . . . .	27
5.3.1	Muskelspindel . . . . .	28
5.3.2	Golgi-sene organ . . . . .	28
5.3.3	Reflekser . . . . .	28
<b>6</b>	<b>Protesestyring</b>	<b>29</b>
6.1	Det myoelektriske signalets opphav . . . . .	29
6.1.1	Matematisk modell for en enkel myoelektrisk kanal . . . . .	29
6.1.2	Elektroder . . . . .	30
6.2	Signalbehandling . . . . .	30
6.2.1	Støy . . . . .	31
6.3	Styring . . . . .	32
6.3.1	Two-site system . . . . .	33
6.3.2	Hastighetsregulering . . . . .	33
<b>7</b>	<b>Endokrinologi</b>	<b>34</b>
7.1	Hypotalamus og hypofyse . . . . .	34
7.1.1	HPA-aksen . . . . .	35
7.1.2	HPT-aksen . . . . .	35
7.1.3	HPG-aksen . . . . .	35
7.2	Kortisol . . . . .	35
7.3	Sykdommer . . . . .	36
7.3.1	Primær binyrebarksvikt eller Addisons sykdom . . . . .	36
7.3.2	Cushings syndrom . . . . .	36
7.4	Kalsiumregulering . . . . .	37
<b>8</b>	<b>Glukoseregulering</b>	<b>38</b>
8.1	I friske mennesker . . . . .	38
8.2	Diabetes . . . . .	39
8.2.1	Type I . . . . .	39
8.2.2	Type II . . . . .	39
8.3	Tilføring av insulin . . . . .	39
8.4	Glukosemåling . . . . .	39

8.4.1	Enzym/amperometrisk metode . . . . .	39
8.4.2	Infrarød absorptiometri . . . . .	40
8.4.3	Spredningsendring . . . . .	40
8.4.4	Dielektrisk spektroskopi . . . . .	40
<b>9</b>	<b>Elektrisk sikkerhet</b>	<b>42</b>

# Chapter 1

## Intro, etikk og historie

### 1.1 Historisk blikk

Medisin har lenge vært en del av menneskers samfunn. Fra tidlig har dette i stor grad vært drevet av overtro, men med innslag av læring og empiri. Rundt år -400 introduserer Hippokrates empiri til medisinen og setter ting litt mer i system. I middelalderen, etter Roms fall, går menneskeheten noen steg tilbake og medisin blir igjen mer trosbasert, men også her med innslag av erfaringer og vitenskap. Rundt år 1500, med renesansen, kommer empiri tilbake til medisin. Medisin ble stort sett praktisert hjemme hos de syke, mens sykehus var mer et sted hvor de som ikke hadde noe sted å være mens de var syke ble sendt. Fra 1900 og fremover tok teknologien litt tak i medisinen. På tidlig 1900 tallet ble røntgen en del av de fleste sykehus, og gjorde at sykehusene ikke bare lenger oppbevarte de syke, men kunne i mye større grad stille diagnoser og gi korrekt behandling.

Under andre verdenskrig hadde det skjedd enorme fremskritt i militær teknologi som nå kunne brukes til medisinske formål. Rundt år 1970 starter biomedisinsk ingeniørarbeid for fullt. Vi sier at en bio-ingeniør har tre roller:

- **Klinisk ingeniør** Drift og vedlikehold
- **Industriell konstruktør** Bygger ting
- **Forskningsingeniør** Medisinsk - teknisk forskning

Generelt har ingeniører også tre roller:

- **Problemløser** Får et problem, skaper en løsning.
- **Teknologientreprenør** Har en løsning, bruker den på et nytt problem.
- **Vitenskapsingeniør** Sitter på et universitet og forsker.

## 1.2 Etikk

### 1.2.1 Forskjell på moral og etikk

Moral handler om hva vi som samfunn har bestemt oss for å gjøre og å ikke gjøre. Det handler ikke nødvendigvis om hva som er rett eller galt, men bare om hva hvilke spilleregler som finnes i samfunnet. Etikk er på en annen side studien av hva som er rett eller galt for et menneske å gjøre. Etikken forsøker ikke å danne spesifikke regler for hva man skal gjøre, men forsøker heller å analysere hva en bør gjøre.

### 1.2.2 Beneficence og nonmaleficence

Beneficence handler om hvor mye godt eller nytte en kan få ut av å gjøre en handling. Nonmaleficence handler om å gjøre minst mulig skade ved de valgene en gjør. Historisk har det vært mye enklere å gjøre skade enn å gjøre godt, derfor har fokus ofte vært på å unngå skade.

### 1.2.3 Utilitarisme og Kantisme

Utilitarisme sier at det som til en hver tid er rett å gjøre er den handlingen som vil ha de beste konsekvensene. Her må en vite hvilke muligheter en har og hva disse mulighetene vil føre til. Kantismen handler om at mennesket, uansett, har en spesiell verdi. Enten begrunnes dette religiøst, gjennom at mennesket er det eneste vesenet som har en sjel, eller ved at mennesket er det eneste virkelige autonome vesenet på jorda.

### 1.2.4 Regelsett eller kodekser

I 1949 trådte Genève-konvensjonen for leger i kraft. Den danner et sett med moralske regler som driver innen medisin fram. Kort fortalt handler den om å gjøre så godt en kan, ikke forskjellbehandle og å sette pasienten først. I USA finnes det *Principles of Medical Ethics* som er et medlemssett. Den går mer på pasienten og hvordan ting skal gjøres. Det finnes også en *Code for Nurses*. Et problem med slike sett er at de ikke nødvendigvis gjør det noe lettere å ta en beslutning. De sier at man skal sette pasienten først, men om du har to behandlingsmåter du ikke er sikker på kan de ikke nødvendigvis hjelpe deg å velge.

### 1.2.5 REK

REK, regional(e) etisk(e) komite(er), er den myndighet som undersøker om et medisinsk forskningsprosjekt er etisk forsvarlig. Det er 7 slike komiteer i Norge. De består av folk med ulik faglig bakgrunn, lekfolk og representanter for pasientforeninger. Skal en gjøre medisinsk forskning, må det søkes om dette til den REK som dekker ditt geografiske område.

### 1.2.6 Død og dødshjelp

Medisinsk fremgang har gjort at en ikke lenger kan definere død som fravær av pust. Heller ikke puls er en sikker indikator på at noen er i livet. Hvor mye hjerneaktivitet skal til før en er død? Hvor lenge må det være stabilt?

Medisin har samtidig gjort at mange som ville død fort vil kunne overleve lenge gitt behandling. Men for mange er ikke denne behandlingen noe å foretrekke da det kun fører til en utdratt tid med smerte heller enn en tidligere, men smertefri død. Mange vil gjerne si at å si fra seg behandling er en rett, men ikke å velge aktiv dødshjelp.

### 1.2.7 Hvem skal ta beslutninger

Beslutninger angående behandling skal tas så høyt oppe i denne listen som mulig

- **Pasienten selv**
- **Testamenter eller liknede**
- **Andre rundt pasienten** F.eks foreldre eller SO
- **Domstoler og byråkrati**

### 1.2.8 Forskning på mennesker

Høres kanskje skummelt ut, men er HELT nødvendig for at behandling skal kunne valideres. Det er forskning på mennesker når ”den kliniske situasjonen til et individ bevist endres for å undersøke effekten av et legemiddel eller aparat”. En deler medisinsk forskning på mennesker i

- **Practice** Et forsøk på å bedre en pasients situasjon uten å være heeeelt sikker på at det vil fungere, men en har tro.
- **Research** Man gjør ting på en pasient, ikke nødvendigvis for å hjelpe pasienten, men mer for å tilegne seg kunnskap.

Det mest grunnleggende som må være på plass skal en drive med forskning på mennesker er **informed consent**, informert samtykke. Videre skal forskning på mennesker følge disse prinsippene:

- **Vitenskapsbasert.** Forskningen skal baseres på etablert vitenskap.
- **Godt forklart.** Metoden skal være god beskrevet og godkjent før forskningen starter.
- **Medisinsk personell.** Forskningen skal kun gjennomføres av kompetent personell. Det er ALLTID forskeren som har ansvaret.
- **Nytte proporsjonal med risiko.**
- **Pasientens interesser skal veie tyngst**
- **Personvern**



- **Farene skal være forutsigbare.** Prosjektet skal stanses om man oppdager uforutsette farer.
- **Publisert forskning skal være i henhold til prinsippene.**
- **Deltagere skal informeres om så mye som mulig.**
- **Så lite forhold som mulig.** Om det kan være fare for at en pasient ønsker å delta i en studie som følge av en pliktfølelse overfor en lege skal en annen lege innhente informert consent.
- **Juridisk inkompetanse(?).** Om en deltager selv ikke kan gi informert consent skal en juridisk verge gjøre det for en.
- 

For forskning kombinert med medisinsk praksis (practice) skal disse følges i tillegg:

- **Tro på nytten.** Om en lege skal behandle med noe nytt skal hen ha tro på å forhindre død, lidelse eller sykdom.
- **Beste alternativ.** Forventet resultat skal veies mot det beste som allerede finnes.
- **Kontrollgruppen skal lyves til.** Alle skal tro de får det beste.
- **Forholdet skal ikke endres om en pasient ikke vil delta.**
- **Informert consent kan unngås.** Men bare om det er helt nødvendig og godkjent av en ekstern komite.

Om det er snakk om forskning utenfor medisinsk praksis (research):

- **Legen skal alltid vokte pasienten liv og helse**
- **Frivillighet**
- **Skade.** Om noen mener det er skadelig å fortsette skal prosjektet stoppes.
- **Individet er viktigst.** Individets behov er viktigere enn menneskehetens.

En rolig TL;DR er:

- Forskning skal være basert på tidligere dyreforsøk, andre forsøk og annen etablert vitenskap.
- Det skal kun gjøres forsøk som en tror kan gi de svar en leter etter.
- Forskningen skal kun gjøres av de som har passende vitenskapelig bakgrunn for forsøket.
- Det som er å tjene og det som er risikabelt med prosjektet skal være slik at det er mer å tjene. Det må også være den minst risikable måten å få tilsvarende vinning på.
- Frivillig og informert samtykke.
- Om en deltager ikke vil mer kan hen gi seg når som helst.

### 1.2.9 Regulering av salg

I USA er det FDS (Food and Drug Administration) som har ansvaret for å regulere produksjon og salg av medisinsk utstyr. Før noe kan komme på markedet må det ha en PMA (pre marked approval). Dette krevet at produktet er trygt og effektivt. Alternativt kan du få en IDE (investigational Device Exemption), altså få lov til å prøve noe, men ikke selge det. Du kan også skaffe en PDP (Product Development Protocol) som er en beskrivelse av hvilke steg som må tas for å demonstrere at et produkt er trygt. Til slutt kan en sende 510(k) melding til FDA hvor en sier at et produkt er like trygt som noe som allerede finnes. Dette sparker igang en 90 dagers periode hvor FDA undersøker om det stemmer.

## Chapter 2

# Anatomi

Anatomi er læren om kroppens strukturer og mekaniske sammenhenger.

### 2.1 Anatomiske retninger

Se figur 2.1

- **Anterior og Posterior**

- Forran og bak. Nesen er på anterior side av hodet. Hælen er på posterior side av foten.

- **Proximal og Distal**

- Nær og fjernt på en ekstremitet. Hånden er distal for albuen. Kneet er proximalt for foten.

- **Superior og Inferior**

- Høyt og lavt. Hodet er Superior i forhold til alt. Magesekken er inferior til lungene.

- **Medial og Lateral**

- Nært eller fjernt for en akse som går vertikalt gjennom kroppens sentrum. Skulderen er lateral for hodet. Kneet er medialt for hånden.

- **Cranial og Caudal**

- Mot hodet, eller mot føttene.

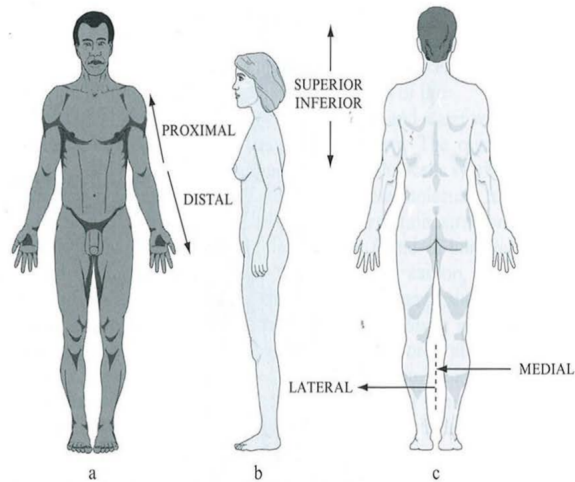


Figure 2.1: Retninger

### 2.1.1 Anatomiske plan

Tenkte plan som kan brukes for å beskrive inndelinger i kroppen. Noen sitter fast, mens andre kan flyttes på og ordene beskriver kun orienteringen.

- **Sagitalplan**

- Et plan som har normal som peker lateralt fra kroppen.

- **Midtsagitalplan**

- Et sagitalplan som går gjennom sentrum av kroppen.

- **Frontalplanet**

- Midtsagitalplanet rotert 90° rundt cranial retning.

- **Transversplanet**

- Vinkelrett på frontal og sagital plan. Som en badering.

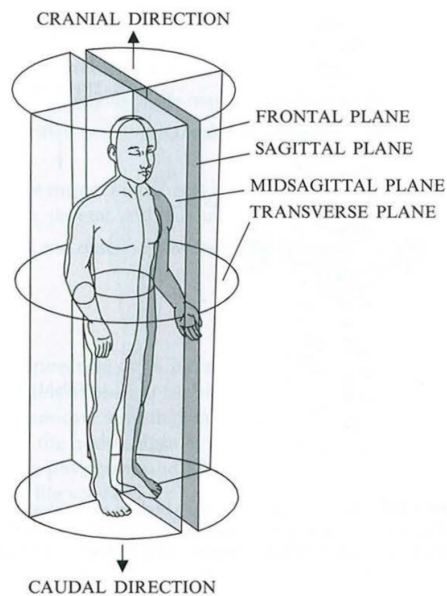


Figure 2.2: Plan

## 2.2 Hulrom og regioner

Kroppen har to hovedregioner. **Axial** er hodet, nakken, bryst, mage og bekken. **Appendicular** er armer og bein. inkludert hoftene.

Kroppens hulrom er det **dorsale hulrom**, inne i kraniet og ryggraden. Det **ventrale hulrommet** inneholder magen, lungene og bekkenhulen. I tillegg er det hulrom for nesa, øynene, munnen, øret og i alle bevegelige ledd kaldt synoviale hulrom.

## 2.3 Cellens oppbygning

Celler kan deles i to hovedtyper. **Eukaryote** og **prokaryote** celler. Felles for alle er en plasmamembran, DNA og cytoplasma. Eukaryote celler har i tillegg organeller, som er små "komponenter" som utfører spesifikke oppgaver i cellen.

## Chapter 3

# Fysiologi

### 3.1 Celler

#### 3.1.1 Plasmamembran eller cellevegg

Det som skiller en celle fra verden rundt. Gir også mekanisk styrke, hjelper med bevegelse og har styr på transporten av stoffer inn og ut av cellen. Består av et dobbelt lag lipider, men ”vannelskende” hodet ut. Har også flere proteinkalaner og andre kanaler som styrer aktiv transport, aka osmose, som krever energi.

#### 3.1.2 Organeller

Forskjellige celler har forskjellige undermengder av disse og i forskjellige antall:

- Cellekjerne (bare én)
  - Inneholder DNA
- Endoplastisk retikulum (ER)
  - Mye div, transport, rensing.
- Golgiapparatet
  - Ferdigstiller glykoproteiner og lagrer disse.
- Lysosomer
  - Inneholder enzymer som kan bryte ned avfall, evt cellen om den er ødelagt
- Mitokondrier
  - THE POWERHOUSE OF THE CELL. Danner ATP
- Ribosomer
  - Oversetter DNA til proteiner under proteinsyntese
- Sentioler
  - Bidrar under celledeling

- Div

### 3.1.3 Vev

Når flere celler danner en gruppe som skal utføre en eller flere spesialiserte oppgaver kalles det **vev**.

- Epitelvev
  - Absorpsjon, sekresjon, transport, utskillelse, beskyttelse og mottagelse av sanseinntrykk
  - Hud
- Bindevev
  - Knytter sammen, støtter og beskytter kroppens organer, spesialiserte bindevev
  - Blod og bein
- Muskelvev
  - Muliggjør bevegelse gjennom sammentrekning.
  - Gluteus maximus
- Nervevev
  - Består av nevroner som leder elektriske impulser og støtteceller
  - Hjernen og greier

## 3.2 Overblikk over organsystemer

Menneskekroppen har 11(+/-) organsystem. Et organsystem er en haug med vev og organer som gjør en eller flere ting.

- Skjelettet, se også 3.3
  - Gir struktur og beskyttelse
- Immunsystemet
  - Forsvarer mot det meste
- Integumentærsystemet
  - Hud, hår. Beskytter
- Nervesystemet, se også 4
  - Nerver, hjernen og rygggradens nerver.
- Muskelsystemet, se også 5
  - Beveger ting.
- Endokrine system
  - Endokrine kjertler. Hormonutskilling, produksjon og regulering

- Lymfesystem
  - Kjertler og lymfeknuter. Rydder opp i avfall og beskytter mot infeksjoner.
- Fordøyelsessystemet
  - Mage, tarmer. Fordøyer mat og drikke og skiller ut avfall.
- Urinveiene/ekskresjonssystemet
  - Nyre, urinleder, blære og rør. Væskebalanse, fjerner avfall, regulerer blodtrykk, syre/base og salt/vann.
- Reproduksjonssystemet
  - Eggstokker, testikler og greier. Reproduksjon.
- Sirkulasjonssystemet, se også 3.4
  - Hjertet, blod, blodårer. Transport av det meste.
- Respirasjonssystemet, se også 3.5
  - Munnhule, nesehule, luftrør og lunger. Oksygen inn og karbondioksid ut.

### 3.3 Skjellettet

Består av rundt 206 ben i et voksent menneske. For barn er det noe mer da det er flere ting som vokser sammen etterhvert som barnet blir eldre. Det ytre på benene gir kroppen struktur og beskyttelse og lar kroppen bevege seg. Inne i skjellettet er det marg som produserer blodceller. Skjellettet fungerer også som et mineralreservoar.

#### 3.3.1 Ledd

Der to eller flere knokler henger sammen er det et ledd. Det er tre typer ledd 3.1:

- (a) Fibrøse ledd, som er ubevegelige. Finnes i kraniet
- (b) Bruskledd, kan beveges litt da de er bundet sammen av bryst. Finnes i ribbeinene
- (c) Synovialledd, kan beveges ganske mye. Væskfylte hulrom, med brusk og leddbånd. Finnes i fingrene.



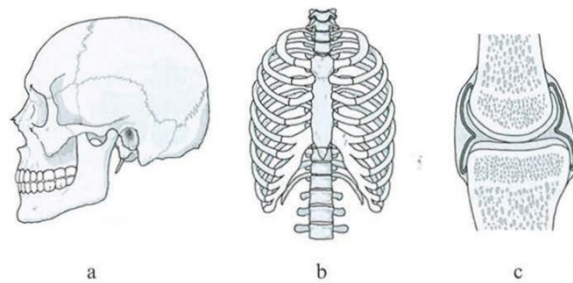


Figure 3.1: Tre typer ledd

### 3.4 Sirkulasjonssystemet

Består av hjertet, blodet og blodårer(til kroppen) og vener(til hjertet). Blodet transporterer næring, avfall, oksygen, hormoner og annet rundt om i kroppen. Blodet sirkulerer i to sløyfer. Først fra hjertet, til lungene for å kvitte seg med karbondioksid og ta opp oksygen, deretter tilbake til hjertet og i den andre sløyfen som tar blodet rundt om i kroppen 3.2.

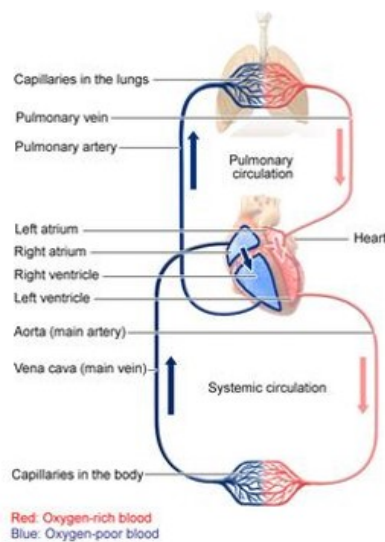


Figure 3.2: Sirkulasjonssystemet

#### 3.4.1 Hjertesyklusen

Hjertet har to primærfaser i sin syklus. **Systole**; sammentrekning, hvor hjertekamrene tømmes og blodet strømmer ut i årene / neste kammer og **diastole** hvor

hjerterkamre på nytt fylles med blod. Gir opphav til de to forskjellige trykkene som måles når en tar blodtrykket.

### 3.5 Respirasjonssystemet

**Konduksjonssonen**, munn, nese og hals flytter luft til og fra store overflater i lungene, **respirasjonssonen** hvor diffusjon mellom luften og blodet kan skje. Den minste enheten i lungene kalles alveoler og er små poser som kan utvides og trekkes sammen.

Lungene har tre viktige, fysiske egenskaper; **compliance**, hvor mye lungene deformeres ved endring i trykk, **elastisitet**, hvor lett lungene går tilbake til sin opprinnelige form etter deformasjon, **overflatespenning**, motstand mot utvidelse.

## Chapter 4

# Nervesystemet

Integrering og styring av nesten alle kroppens funksjoner. Kan deles inn på flere måter:

1. På hvor det ligger:
  - (a) Sentralnervesystemet
    - i. Alt av nervev som er pakket inn i bein. Hjernen og ryddmargen
  - (b) Det perifere nervesystemet
    - i. Sentralnervesystemet
2. Mer på funksjon:
  - (a) Det somatiske nervesystemet
    - i. Står for frivillig styrte nerver og sensornevroner
  - (b) Det autonome nervesystemet
    - i. Står for automatisk kontroll og livsviktige funksjoner
    - ii. Igjen delt inn i:
      - A. Sympatisk divisjon: Fight or flight
      - B. Parasympatisk divisjon: Tilbake til normalt tilstand.
      - C. Enteriske, som styrer fordøyelsesorganene.

Byggestenen i nervesystemet er et nevron:

### 4.1 Nerveceller

Nerveceller den grunnleggende byggestenen i nervesystemet. Det består av nevroner, som er hovedcellene, og gliaceller, som utfører støttarbeid og driver noe av signalbehandling i tillegg.

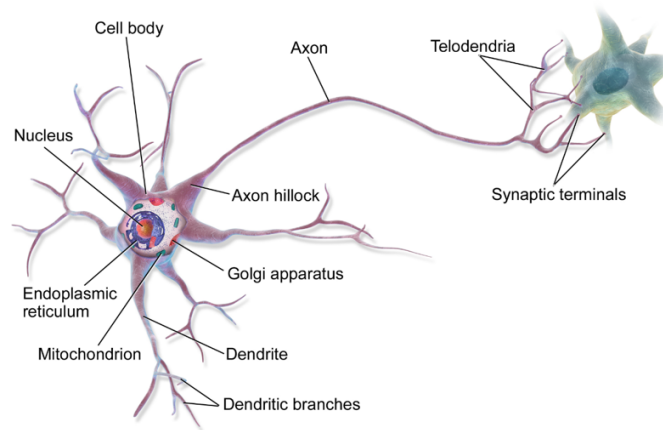


Figure 4.1: Nevron

Et typisk nevron består av 4.1;

- Dendritter
  - Input til cellen. Grensesnitt mot andre celler som sender til cellen.
    - \* Kan være dempende eller eksiterende input. Summen i tid og rom avgjør om nevronet fyrer
  - Her en finner reseptorer. For eksempel mechanoreseptorer.
- Cellekroppen, eller soma
  - Har mange av de organellene en vanlig celle har.
  - Gjør eventuell signalbehandling
- Akson
  - Kan være lang eller kort.
  - Ledning som sender signalet dit det skal.
  - Delvis innkapslet i fettlag kalt myelin som bygges av spesielle glia-celler
    - \* Signalet ”hopper” mellom hullene i fettlaget og gir raskere signal.
- Synapser
  - Produserer neurotransmittere som sørger for å sende signalet videre til neste celle.
  - Typisk 1000 stk. Noen har mange fler, noen har bare én.

### 4.1.1 Membranpotensial og aksjonspotensial

Signalet en nervecelle genererer er et spenningssignal som brer seg langs aksonet til det når en synapse. Det elektriske signalet som sendes er en spenningspuls. Spenningen er over cellemembranen. Når det ikke sendes noe signal opprettholdes et hvilepotensial ved at flere kalium-natrium pumper i cellemembranen aktivt pumper 3 positive natrium ioner ut og 2 positive kalium ioner inn. Dette gjør at det over membranen er en spenning på rundt  $-50\text{mV}$ . Dette krever ATP.

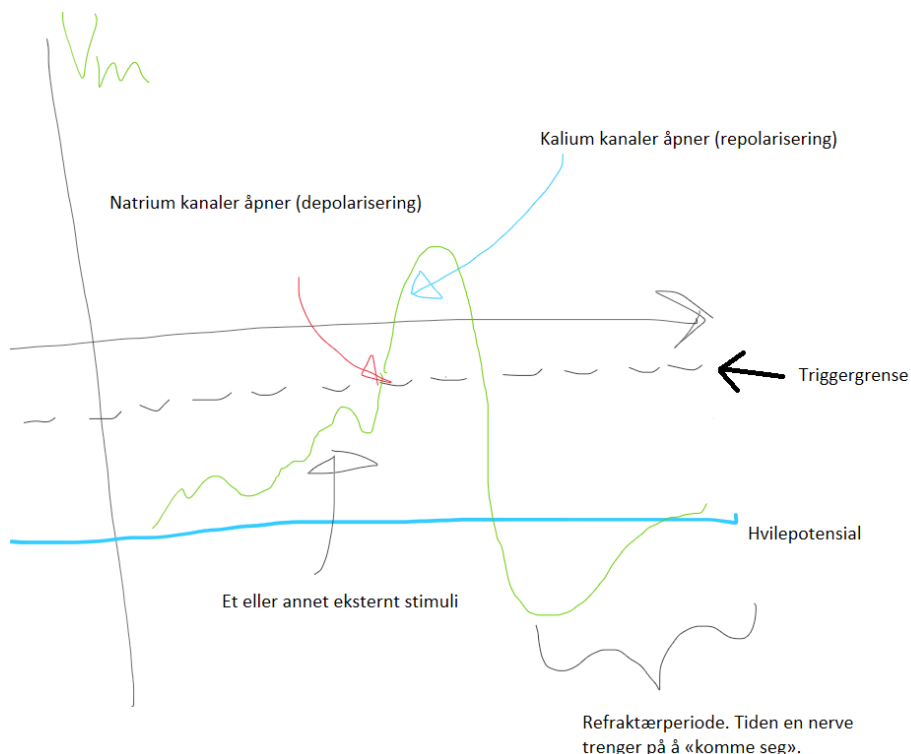


Figure 4.2: Aksjonspotensial

Om det kommer nok stimuli til triggerområdet på nerven, akson hillock 4.1, til at potensialet overstiger triggerpotensialet vil natrium kanaler åpnes i membranen og en voldsom depolarisering av cellen skjer. Dette blir så depolarisert at det blir polarisert andre veien. Denne lokale depolariseringen påvirker områdene rundt i cellen slik at de også overskrider triggerpotensialet og signalet kan bre seg langs membranen. Rundt når potensialet er på topp, hvor kalium kanaler åpner seg og natrium kanalene lukker seg. Deretter skjer en rask repolarisering hvor potensialet går under hvilepotensialet og blir hyperpolarisert. Deretter lukker kalium kanalene seg og kalium natrium pumpene bygger igjen

opp det vanlig hvilepotensialet. Tiden det tar fra cellen er hyperpolarisert til den igjen er på hvilepotensial kalles refraktærperiode og mens cellen er i den tilstanden kan den ikke sende noe nytt signal. Det hele er over på et par ms.

### 4.1.2 Synapsen

Når signalet har beredt seg til en synaptisk kløft skjer frigjør cellen nevrotransmittere, molekyler, som diffunderer over til neste celle hvor det er ione kanaler som åpnes eller lukkes når de får riktig nevrotransmitter og enten depolariserer eller repolariserer cellen. Nevrotransmittere brytes ned over tid så det må en hvis mengde til pr tid for å sparke igang et aksjonspotensial.

### 4.1.3 Gliaceller

I sentralnervesystemet finner vi:

- Ependymal celler
  - Produserer væsken i kraniet, som beskytter og hjelper med transport av næring og avfall
- Oligodendrocytter
  - Produserer myelinlaget rundt aksonet
- Astrocytter
  - Kobler nerver til blodstrømmen
  - Hjelper litt til med signalprosessering
- Microglia
  - Rydder opp og spiser ting

I det perifere systemet finner vi

- Satelitt celler
  - Som astrocyttene
- Schwann celler
  - Som oligodendrocyttene

## 4.2 Hjernen

Består av tre deler; cerebrum, diencephalon og hjernestammen og lillehjernen.

### 4.2.1 Cerebrum

Fargene peker til 4.3

- Frontallappen (blå)
  - Står for viljestyrte ting, prating, minner, prosessering av sanser
- Isselappene (gul)

- Responderer på muskel/hud stimuli
- Tinninglappene (grønn)
  - Lagrer minner
- Bakhodelappene (rosa)
  - Syn

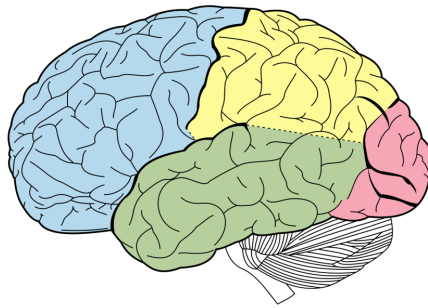


Figure 4.3: Cerebrum

#### 4.2.2 Diencephalon

Kobler cerebrum sammen med lillehjernen og hjernestammen. Består av:

- Thalamus
  - Sensor og motorsystem, følelser.
- Hypothalamus
  - Styrer mye av hormonregulering. Se 7. Styrer mye av det autonome nervesystemet.
- Epithalamus
  - Konglekjertelen, produserer melatonin og serotonin.



Figure 4.4: Diencephalon

### 4.2.3 Hjernestammen og lillehjernen

**Hjernestammen** kobler resten av hjernen til ryggraden. Står for regulering av vitale, autonome funksjoner som puls, pust, blodtrykk osv.

**Lillehjernen** er den nest største delen (lol). Står for balanse, posisjonering og finmotorikk.



## Chapter 5

# Muskelsystemet

Står for rundt 40% av kroppsmassen.

- Skjelettmuskulatur
  - Beveger kroppen og er i stor grad viljestyrt.
  - Festet til hud og skjellettet med sener.
  - Deles igjen inn i **axial** og **appendicular** muskulatur.
  - Tverrstripet eller "serated"
  - Flere kjerne pr enhet
- Hjertemuskulatur
  - Hjertet. Duh
  - Også tverrstripet
  - Styrt av nerver og hormoner
- Glatt muskulatur
  - Ikke viljestyrt. Omkapsler organer og blodårer.

Noen stikkord om muskler:

- **Contractability** evnen til å trekke seg sammen
- **Excitability** kapasitet til å motta og reagere på stimuli
- **Extensibility** evnen til å strekkes
- **Elasticity** evnen til å returnere til opprinnelig form etter deformasjon
- **Agonistiske** muskler er pådrivere for bevegelse
- **Antagonistiske** muskler motarbeider hverandre, biceps og triceps
- **Synergistiske** muskler assisterer agonister

## 5.1 Skjelettmusklatur

En **skjelettmuskel** 5.1 består av **fasikler** som består av **muskelfibre** 5.2 som består av **myofibriler** 5.3 .

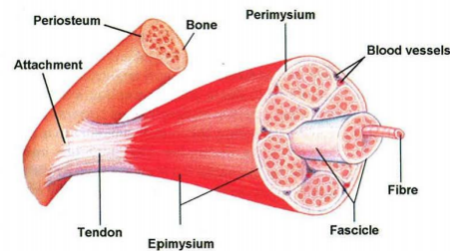


Figure 5.1: Skjelettmuskel

### 5.1.1 Muskelfiber

Et/en (who knows) muskelfiber er en muskelcelle, og er hva som faktisk trekker seg sammen når en muskel strammes. Den igjen består av flere mindre tråder kalt **myofibril**. Muskelfiber er tverrstripet hvor aktin danner lyse områder og myosin danner mørke.

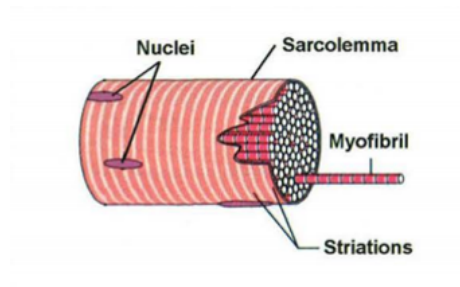


Figure 5.2: Muskelfiber

### Myofibril

Det nest minste fiberet. Består av aktin og myosin-tråder. Den minste delen som trekker seg sammen i et myofibril kalles en **sarkomer**, og er området mellom to z-disker 5.3.

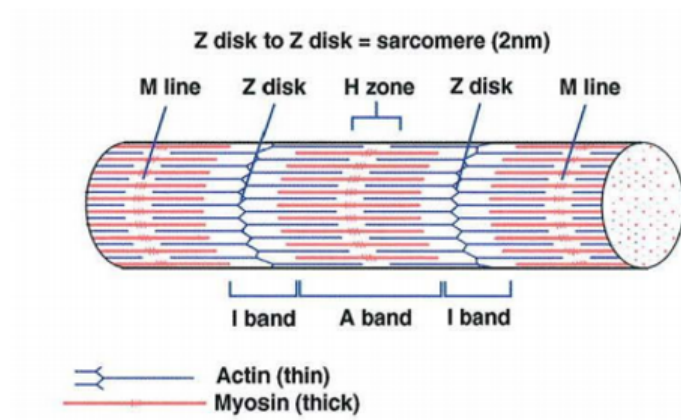


Figure 5.3: Myofibril

## 5.2 Sammentrekning

Når en muskel trekker seg sammen tar myosinet tak i aktinet og trekker på det. Det som tar tak er myosinhoder. Sammentrekningen skjer som følge av at et spenningspotensial en synapse som frigjør neurotransmittere som ender i muskelens **motoriske endeplate** som starter et aksjonspotensial i muskelcellen. Dette aksjonspotensialet brer seg langs en membran til det når en identering i muskelcellen hvor det sitter en DHP-reseptor. Denne reseptoren setter igang frigjøring av kalsiumioner i muskelcellen fra det **sarkoplastiske reticulumet** (en organelle). Kalsiumet binder seg til **troponin** som trekker **tropomyosin** vekk fra aktin reseptorene som gjør at myosin hodene kan få tatt tak. når den motoriske endeplaten. Noe av det som krever energi er å opprettholde kalsium lageret.

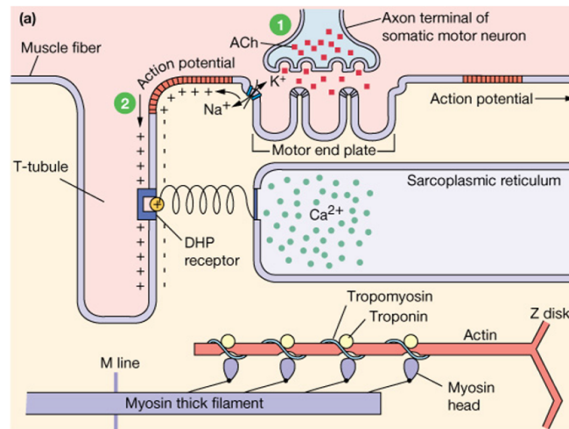


Figure 5.4: Muskelcelle

### 5.2.1 Motorisk enhet

Den minste styrbare enheten er ikke en sarkomer, men en motorisk enhet. Det er en haug muskler som alle fyrer sammen og styres av én nerve. Det kan være alt fra et par muskelfibre til 1000 i en motorisk enhet. For jevn sammentrekning av hele muskelen er det synkron firing av fibre i en motorisk enhet, men asynkron firing av motoriske enheter. For å få mer kraft i sammentrekningen kan enten flere enheter aktiveres; **rekruttering**, eller de som er aktivert kan fyre med hyppig **frekvens**.

Motoriske enheter rekrutteres etter størrelse, hvor de svakeste rekrutteres først, og deretter de større.

### 5.2.2 Lengde-spenning forholdet

Selv en passiv muskel vil motsette seg strekk. En aktiv muskel er sterkest sånn midt i sitt dynamiske område, da det er her det er mest overlapp mellom myosin og aktin.

## 5.3 Proprioepsjon

En sans som gjør det mulig å kjenne tilstanden til ledd og muskler, både posisjon og hastighet. Det er også brukt i en del reflekser.

### 5.3.1 Muskelspindel

Små **intrafusale** muskelfibre som er festet på vanlige **ektrafuslae** muskelfibre. En nerve, kalt **la afferent** er spunnet rundt spindelen og sender signal når de ektrafusale musklene endrer størrelse i lengderetning. Skjer det en plutselig hurtig forlengelse vil la afferent nerve sende beskjed til en motorisk enhet som vil motvirke bevegelsen.

Rundt enden av muskelspindelen er det en **ll afferent** nerve som sender info om lengden av muskelen når muskelen ikke er i bevegelse.

$\alpha$ -nevroner strammer ektrafusale motoriske enheter.  $\gamma$ -nevroner strammer de intrafusale for å holde det like stramme som de ektrafusale.

### 5.3.2 Golgi-sene organ

En lb afferent nerve tvunnet rundt sene, som er det som fester en muskel til skjelettet. Sender info til hjernen om hvor stor spenningen er. Fungerer også som en nødbryter. Om belastningen er for stor "skrur den av" den tilhørende muskelen for å unngå skade.

### 5.3.3 Reflekser

Flere av disse signalene brukes til å fikse reflekser. Dette skjer ikke i hjerne, men i nevroner i ryggmargen. Dette gjør at refleksene kan skje mye forttere enn hva hjernen klarer. (Hjernen bruker 100 ms på å reagere).

## Chapter 6

# Protesestyring

De fleste elektriske proteser i dag styres ved at det elektriske signalet fra muskler som trekker sammen leses av en elektrode, behandles og styrer én eller flere motorer.

### 6.1 Det myoelektriske signalets oppghav

Når aksjonspotensialet brer seg i en muskelfiber kan dette leses av som en enkelt puls hvis en har en elektrode som sitter på fiberen. Når en ikke har lyst til å operere er en nødt til å se på et signal som er summen av sammentrekningen i motoriske enheter. Dette blir seende ut som hvit støy, med 0 middelerdi, hvor variansen eller effekten i signal er proporsjonal med hvor sterk muskelen trekker seg sammen.

#### 6.1.1 Matematisk modell for en enkel myoelektrisk kanal

En har signalkilder  $S_i$ , motoriske eneheter. Disse skaper et elektrisk signal  $U(t, \lambda_i, p_i)$  hvor  $t$  er tid,  $\lambda_i$  er fyringsraten på enheten og  $p_i$  er fyringsmønsteret. Dette filtrers gjennom filter  $P(t, r_i)$  hvor  $r_i$  er avstanden mellom kilden og elektoden. Dette gir signal  $m_i(t)$  og totalt signal  $M = \sum_i m_i(t)$ . 6.1

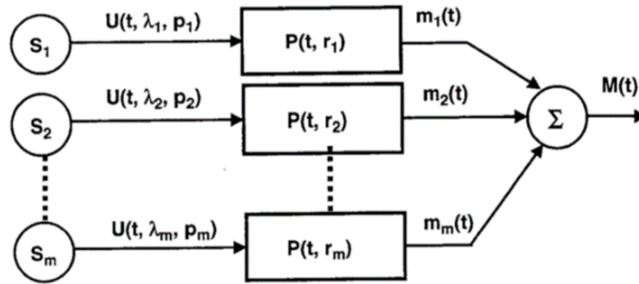


Figure 6.1: Myoelektrisk signal

Variansen til det totale signalet  $\sigma_M^2 \approx \sum k_i \cdot \lambda_i$ .  $k_i$  er konstanter som kommer fra hvor store de motoriske enhetene er, hva som ligger mellom de og elektrodene og hvor langt det er mellom elektrodene og kilden. Derfor kan vi si at variansen, altså størrelsen, på den hvite støyen vi leser av elektroden er proporsjonal med hvor hurtig de motoriske enhetene fyrer.

### 6.1.2 Elektroder

Signalet leses av ved å sette elektroder på huden. Signalet  $V_{MES} \in [-10, 10]\text{mV}$ , altså et ganske svakt signal. Dog er det mye sterkere enn et nervesignal eller signalet en kan lese på en enkelt muskelfiber.

Kommersielt tilgjengelige elektroder kan inneholde to eller flere elektroder. Hvis det er flere brukes disse som referanse elektroder for å finne et godt nullpunkt. Hvor stor referanseelektroden er kan ha noe å si for impedansen i signalelektrodene. Størrelsen på signalelektrodene må velges ved å veie hvor godt en skal skille ut det signalet en faktisk er ute etter og sensitivitet. En stor signalelektrode vil lett plukke opp signaler fra en annen muskelgruppe enn den den egentlig skal se på. Siden det signalet elektroden er ute etter er når en puls passerer er avstanden mellom elektrodene viktig. Jo større denne avstanden er jo mer utsmørt blir signalet og høyfrekvent data blir borte. IRL er det størrelsen på hele pakken som er viktig da alt annet blir uviktig om en ikke får den til å sitte godt på huden og i protesehylsa.

## 6.2 Signalbehandling

Det er mange ting man kan tenke seg å gjøre med et myoelektrisk signal, men det absolutt mest utbredte er å likerette og lavopassfiltrere signalet. Da får man et enkelt signal som er direkte proporsjonalt med hvor hardt brukeren strammer muskelen. Det går også greit å implementere strømgjerrig og enkelt.

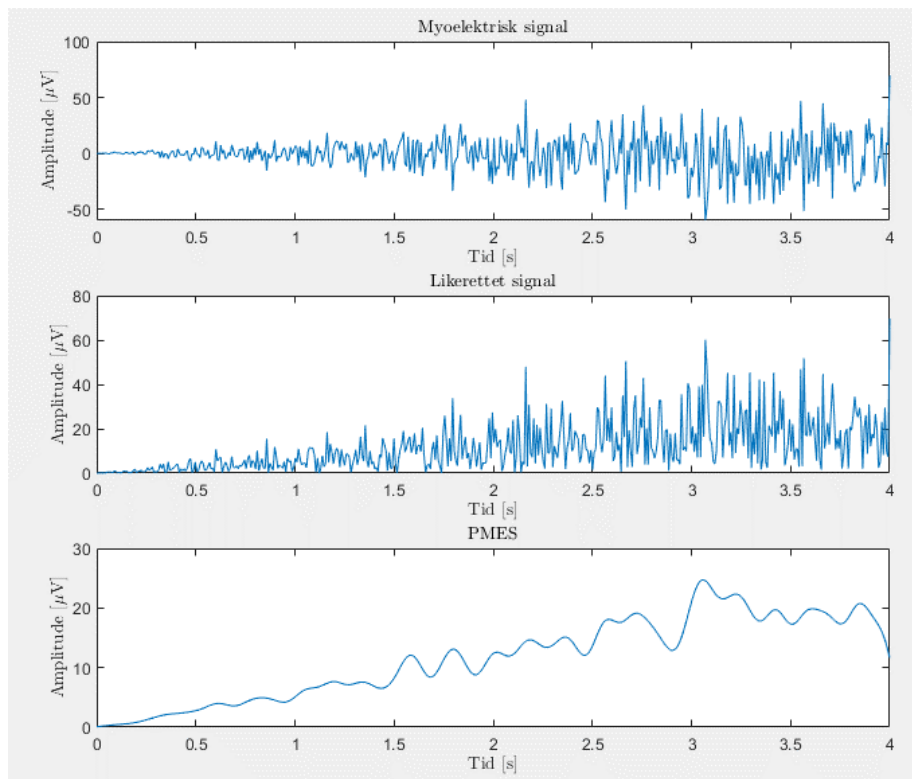


Figure 6.2: Likeretting og lavpassfiltrering

### 6.2.1 Støy

Signalet som leses er svakt, og er derfor veldig ømfintlig for støy. En viktig ting som gjøres for å unngå sensitivitet for støy generelt er å legge på en **threshold**, ofte kalt S1, og sier at signal med styrke under dette er 0. For å justere denne grenseverdien justerer man egentlig forsterkningen fra elektroden.

### Nettspenning

Nettspenningen gir gjennom kapasitive koblinger mellom kroppen og nettet og kroppen og jord en spenning på huden som er på rundt 20V ved 50 eller 60Hz. Dette er innenfor det frekvensbandet en er ute etter, så kan ikke bare lavpass-filtrere det vekk.



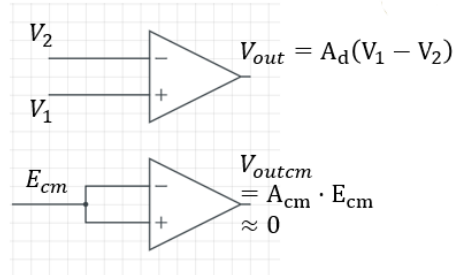


Figure 6.3: Differensialforsterker

Med uendelig common mode rejection, altså hvor godt forsterkeren tar livet av signaler som finnes på begge input-kanaler blir

$$V_1 = E_{cm} + \frac{V_{MES}}{2}$$

$$V_2 = E_{cm} - \frac{V_{MES}}{2}$$

$$V_{out} = A_d (V_1 - V_2) = A_d \cdot V_{MES}$$

$$\text{CMMR} = 20 \cdot \log_{10} \left[ \frac{A_d}{A_{cm}} \right] \text{ dB}$$

I tillegg til denne common mode fjerningen er det vanlig å smelle på et **notch filter**. Dette er et veldig spisst band reject filter. Man trenger to, ett for 50 og ett for 60 Hz.

### Bevegelse av elektroden

Bevegelse mellom muskelen og huden gir endring er i  $k_i$  6.1.1. Det samme vil strekk i huden gjøre. Den aller største feilen som kan skje er at den ene elektroden løsner, slik at common mode spenningen plutselig bare er på den ene elektrode. Dette vil gi en enormt signal til protesen. Løsningen på alt dette er at elektroden må sitte som et skudd.

## 6.3 Styring

Idéen om å bruke det myoelektriske signalet som styringssignal kommer fra 1940 tallet. Allikevel er det fremdeles det absolutt mest utbredte, og andre metoder fungerer egentlig bare som forsøk. Alternative metoder for å få tak i et signal er

å lese EEG fra hjernen, lese direkte på enkelte nervefibre eller på en hel bunt. Dette kan blandes med deilig mønstergjenkjennign eller deep learning.

Når en har valgt en måte å få tak i et signal må en velge en **control strategy**. Dette er det legens jobb å komme frem til å er avhengig av hvorfor brukeren mangler en arm/hånd. En control strategy handler om hvordan en skal oversette signal en har fått tak til bevegelse i protesen.

### 6.3.1 Two-site system

Bruker to sett med elektroder som signalinnhenter. Disse settes på to muskelgrupper, som gjerne er antagonister, slik at de to gruppene kan brukes til å styre to motsatte funksjoner. Hvis disse to signalene skal brukes til å styre flere forskjellige funksjoner kan man skifte mellom disse ved å stramme begge musklene samtidig. Dette kalles en **kokontraksjon**.

Om en ikke skal skifte funksjon, kan enten enten sende 0 signal, eller kun se på det signalet som kom først, hvis det oppdages en kokontraksjon.

### 6.3.2 Hastighetsregulering

På engelsk **propotional control**. For å få til noe annet enn å bare skru på motoren om det er signal over grenseverdien ser en ofte på differansen mellom de to myoelektriske signalene i et two site system. Ved å styre grenseverdier for de to elektrodene, samtidig som en definerer hva en kokontraksjon er vil en ende opp med et kart som i figur 6.4. Han man bare én elektrode kan en se på amplituden alene.

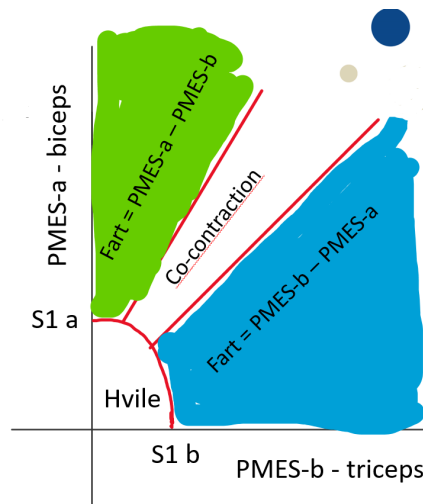


Figure 6.4: Hastighetsstyring

## Chapter 7

# Endokrinologi

Et hormon er et stoff, vanligvis et peptid eller steroid, produsert i et vev og transportert gjennom blodstrømmen til et annet for å påvirke fysiologisk aktivitet som vekst eller stoffskifte.

Det endokrine systemet består av:

- Endokrine kjertler
  - AKA indreskretoriske kjertler
  - Produserer hormoner
- Måceller
  - Celler som har reseptorer for et hormon
    - \* Peptidhormonreseptorer sitter i cellemembranen og bruker et andre stoff for å påvirke cellens indre
    - \* Steriodhormonresepoterer ligger i cytoplasmaet. Det "fanger" hormonet og drar så inn i kjernen for å lage protein.

Vi sier at et hormon har **endokrin** effekt om det påvirker en målcelle "langt" unna, **parakrin** effekt om det påvirker naboceller og **autokrin** effekt om det påvirker veved som laget hormonet.

### 7.1 Hypotalamus og hypofyse

Hypofysen (Pituitary gland) og hypotalamus er sentral i reguleringen av hormoner. Hypotalamus sender både stimulerende og blokkerende hormoner som kontrollerer den anteriore hypofysen, mens hypofysen produserer og sender ut hormoner til kroppen.

Hypotalamus responoderer på:

- Lys
- Lukt og feromoner
- Sterioder

- Nervesignaler
  - Hjertet, magen og reproduksjonssystemet
- Blodbårn stimuli
- Stress
- Mikroorganismer utenfra
  - Skrur opp varmen

### 7.1.1 HPA-aksen

Hypothalamic-pituitary-adrenal akse. Hypotalamus, hypofyse, binyre. En del av flight or fight responsen. Fungerer slik:

- Hjernen forteller hypotalamus at den skal slippe løs CRH (Corticotropin-releasing hormone)
- CRH får hypofysen til å slippe ut ACTH (Adrenokortikotropt hormon)
- ACTH drar til binyrene hvor hormoner som setter kroppen i fight or flight slippes ut.
- Hypotalamus detekterer disse hormonene og bremser opp CRH-utskillingen.

### 7.1.2 HPT-aksen

Hypothalamic-pituitary-thyroid- akse. Thyroid = Skjoldbruskkjertelen. Ansvar for stoffskifte.

- Hypotalamus ser det er for lite T3 (Triiodothyronin) og T4 (Tyroxin)
  - Hormoner fra skjoldbruskkjertelen
- Utskiller TRH, thyrotropin releasing hormone.
- Hypofysen svarer med TSH, thyroid-stimulating-hormone.
- SBK produserer T3 og T4 til blodet igjen er stabilt

### 7.1.3 HPG-aksen

HP- gonada, kjønnskjertel. Viktig for reproduksjon og immunsystemet.

- Hypotalamus utskiller GnRH (gonadotropin releasing hormone)
- Hypofysen slipper løs LH (Luteiniserende hormon) og FSH (follikkelstimulerende hormon).
- Kjønnskjertlene produserer østrogen og testosteron.

## 7.2 Kortisol

Kortisol har en døgnrytme, og konsentrasjonen er høyest i kroppen rundt 0800.

## 7.3 Sykdommer

### 7.3.1 Primær binyrebarksvikt eller Addisons sykdom

#### Årsak

Tuberkulose i binyrer. Vanligste er autoimmun ødeleggelse av binyrebarken.

#### Symptomer

- Slapphet, vekttap, mangel på matlyst
- Svimmelhet, lavt blodtrykk, lite natrium, mye kalium
- Økt pigmentering
- Rundt halvparten har dysfunksjon i et annet organ i tillegg.

#### Behandling

Tilfør det hormonet som mangler. Kortisol (gi kortison eller hydrokortison). Aldosteron, gi mineralkortikoid.

### 7.3.2 Cushings syndrom

Kommer av for sterk påvirkning av glukokortikoider.

#### Årsak

- Cushing's sykdom.
- Kortisolproduserende binyrebarksvulster
- Nevroendokrine kreftceller
- Eksogen tilførsel over tid.

#### Symptomer

- Endret fettfordeling
- Tynnere hud og musklatur
- Moon face
- Diabetes, høyt blodtrykk, osteoporose, depresjon.
- Sår leges dårligere
- Strekkmerker
- Tyrenakke

## Behandling

Fjerne tumor.

## 7.4 Kalsiumregulering

Kalsium er viktig for både nerver, muskler, cellemembraner, koagulering av blod og annet div. Måles i biskjoldbruskkjertelen. Ved for lite kalsium produseres og frigjøres parathormon (PTH) som gjør: økt opptak ved D-vitaminer, øker reabsorpsjon, frigjør fra skjellettet.

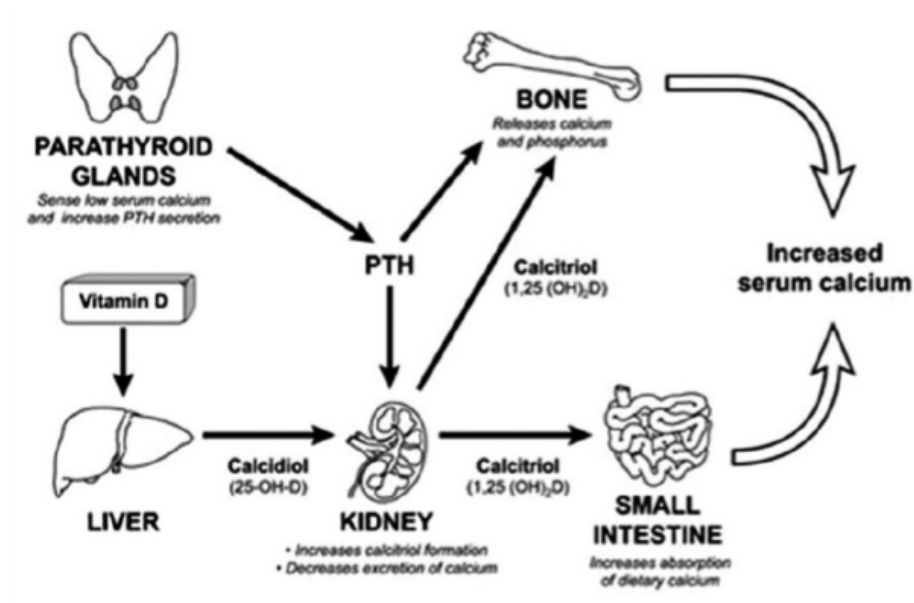


Figure 7.1: Naturlig kalsiumregulering

Ved for **høyt** kalsium som følge av ufølsom sensorikk må det gjøres kirurgisk inngrep for å fjerne adenom (godartet svulst) eller hyperplasi (for mange celler av en type) eller behandle annen underliggende sykdom. Ved for **lavt** nivå av kalsium må det enten gis D-vitamin for å øke opptaket eller tilføre syntetisk PTH. Tilførsel av PTH er mest effektiv om den kommer pulserende. Kontinuerlig tilførsel fører til nedbrutt skjellet, som er dumt.

## Chapter 8

# Glukoseregulering

### 8.1 I friske mennesker

I bukspyttkjertelen er det rundt 3 000 000 Langerhanske øyer. Dette er samlinger av alfa-celler (glukagon), beta-celler (insulin) og gamma-celler (Pancreatic polypeptid). Er blodsukkeret **høyt** slipper beta-cellene ut insulin som stimulerer leveren til å lagre glukose som glykogen som senker blodsukkeret. Beta-celler fungerer både som sensor og produsent. Det stimulerer også opptak av glukose i andre celler i kroppen, typ muskler eller fett. Er blodsukkeret **lavt** slipper alfa-cellene ut glukagon som stimulerer nedbrytingen av glykogen til glukose i leveren og blodsukkeret stiger igjen.

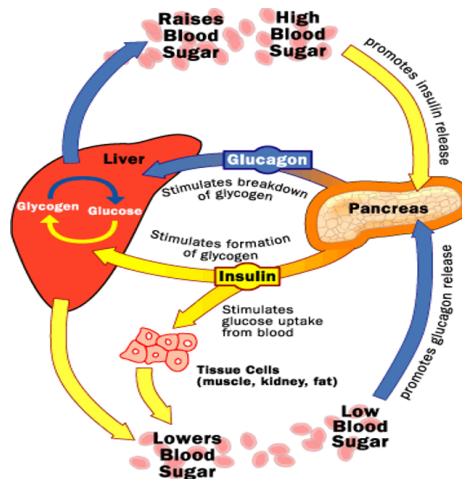


Figure 8.1: Naturlig glukoseregulering

## 8.2 Diabetes

### 8.2.1 Type I

Autoimmun prosess hvor betacellene får gjennomgå. Genetisk betinget, men utløses av et virus eller av toksiner. Gir absolutt insulinmangel. Fører til hyperglykemi og ketoacidose. Behandles ved å tilføre insulin.

### 8.2.2 Type II

Fås over tid. Insulinresistens gjerne kombinert med betacellesvikt. Behandles med koshold, mosjon, vekttap, øke insulinnivået og fikse på blodtrykket.

## 8.3 Tilføring av insulin

For type II kan insulin tilføres som tabletter. Ellers er dette de tre vanligste metodene, raskere absorpsjon øverst:

- Intravenøst
  - Rett i en vene. Går kjempefort, men trenger medisinsk tilsyn
- Intraperitoneal (i bukhinnen)
  - Ligner på naturlig måte. Raskt og forutsigbart insulinnivå i blodet.
- Subkutan
  - I underhuden. Gir en ukjent og varierende absorpsjon

Tiden det tar for insulinet å virke og hvor lenge det virker er også avhengig av hvilken type insulin det er snakk om. Andre faktorer er insulinsensitivitet, stress, sykdom, tid på dagen osv.

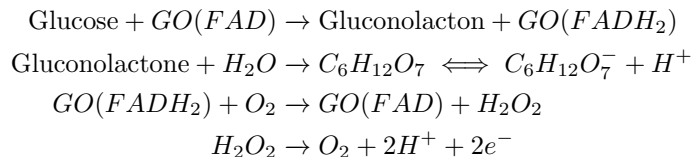
## 8.4 Glukosemåling

Skal man regulere må man måle. Målemetoder deles inn etter hvor invasive de er, eller i hvor stor grad de påvirker kroppen. Invasive måler i blodet, minimalt invasive måler i væsken rundt blodårer og annet, ikke-invasive gjør et annet triks.

### 8.4.1 Enzym/amperometrisk metode

Dette er en minimalt invasiv metode. En bruker glukose oxidase enzymet som produserer gluconolactone og  $GO(FADH_2)$  Glukoseaceton reagerer med vann og lager glukosesyre.  $GO(FADH_2)$  reagerer med oksygen og produserer  $GO(FAD)$  og hydrogenperoksid  $H_2O_2$ . Ved å sette en spenning på rundt 600-700 mV splittes hydrogenperoksidet til oksygen, positivt hydrogen og frie elektroner. Denne strømmen er lineært avhengig av mengden glukose i væsken som ble målt.





### 8.4.2 Infrarød absorptiometri

Forskjellige stoffer absorberer forskjellige bølgelengder i forskjellige grader. Ved å se på karakteristiske topper i absorpsjonen kan en regne seg frem til hvilke stoffer som er i en prøve. Det er desverre en del overlapp i forskjellige stoffers absorpsjon, spesielt vann og glukose har en del overlapp i og rundt infrarødt lys. Huden, og kontakten med huden kan også være et problem.

For å få ut en faktisk måling kjøres dataene gjennom en estimator eller regressor. Dette kan være en Least Squares metode eller ett nevral nett.

### 8.4.3 Spredningsendring

Når bølger går mellom to medium med forskjellig brytningsindeks vil det bøyes. I kroppens vev skjer det meste av brytning som følge av Mie spredning, som beskriver hva som skjer når en flat bølgefront treffer en rund ting. Denne spredningen er avhengig av:

- Størrelsen på de spredende partiklene
  - Spredningen skjer om partiklene har rundt samme størrelsesorden som lyset har bølgelengde  $\lambda$ .
- Forholdet mellom brytningsindekser  $n_i$ .
  - Jo større forskjell, jo større brytning. Er de like går det bare rett gjennom.

Glukose utveksles veldig lett mellom blodplasmaet og væsken som omslutter cellene i kroppen, så disse konsentrasjonene er veldig nært korrelert. En tenker seg at endringene i  $n_i$  som følge av celler er tilnærmet 0. Spredningen  $\mu$  er da gitt som:

$$\mu = f\left(\rho, a, g, \frac{n_{cell}}{n_{medium}}\right) \quad (8.1)$$

Hvor  $\rho$  er tettheten til spredende celler,  $a$  er cellenes diameter,  $g$  er anisotropi faktoren. Det bør merkes at  $n_{medium}$  ikke bare påvirkes av glukose, men av alt annet som er i væsken.

### 8.4.4 Dielektrisk spektroskopi

Små økninger i glukosekonsentrasjon fører til redusert konsentrasjon av natrium og økt konsentrasjon av kalium. Dette fører til en endring i membranpotensial på

cellenivå. Skal denne målemetoden være ikke-invasiv skjer målingen på huden. En liten vekselsspenning påtrykkes vevet som skal måles på og impedansen måles som funksjon av frekvensen. En implementasjon av dette var et "sweep" gjennom 1-200 MHz sammen med en temperaturmåling for å finne  $|Z|_{min}$ . Et problem her er svette og bevegelse.

## Chapter 9

# Elektrisk sikkerhet