

BI2024  
Våren 2023

---

**MENNESKETS ANATOMI  
& FYSIOLOGI**

---

Nora J.H. Andersen

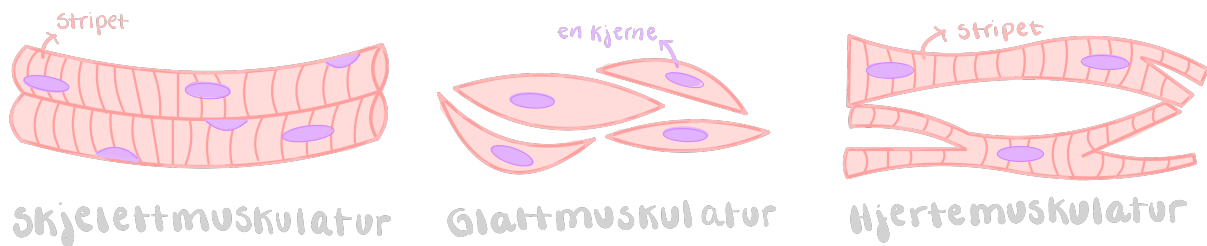
# INNHOOLDSFORTEGNELSE

Kapittel 9 MUSKLER.....	3
Kapittel 11 NEVROFYSIOLOGI.....	7
Kapittel 12 SENTRALNERVESYSTEMET .....	16
Kapittel 13 PERIFERE NERVESYSTEMET .....	20
Kapittel 14 AUTONOME NERVESYSTEMET .....	24
Kapittel 15 SANSER .....	27
Kapittel 16 ENDOKRINE SYSTEMET .....	34
Kapittel 18 HJERTET .....	46
Kapittel 19 BLODÅRER .....	53
Kapittel 20 LYMFESYSTEMET.....	56
Kapittel 21 IMMUNSYSTEMET .....	58
Kapittel 22 RESPIRASJONSSYSTEMET .....	62
Kapittel 23 FORDØYELSESSYSTEMET .....	68
Kapittel 24 METABOLISME & TERMOREGULERING .....	73
Kapittel 25 URINSYSTEMET .....	77
Kapittel 27 REPRODUKSJON.....	85
Kapittel 28 GRAVIDITET & FØDSEL.....	90
A TIL Å .....	94

## Kapittel 9 MUSKLER

### 9.1 Muskelanatomi

Det finnes tre former for **muskelvev** i kroppen: **skjelettmuskulatur**, **glatt muskulatur** og **hjertermuskulatur**. Skjelettmuskulatur er tilfestet skjelettet, er stripet og kan kontrolleres frivillig. Den glatte muskulaturen er ikke stripet, befinner seg i veggene av indre organer og kan ikke bevisst reguleres. Hjertermuskulaturen er kun i hjertet, er stripet og kan ikke kontrolleres frivillig.



Musklenes hovedtrekk kan beskrives ut i fra **eksitabilitet**, **kontraktilitet**, **forlengbarhet** og **elastisitet**. Eksitabilitet er evnen til å reagere på en stimuli, kontraktilitet er evnen til å forkorte når stimulert, forlengbarhet er evnen til å strekke seg, mens elastisitet er evnen til å rekylere etter strekk.

Musklers funksjon er å produsere bevegelse og opprettholde positur og kroppsposisjon. Musklerne stabiliserer leddene, samt generer varme som bidrar til å vedlikeholde kroppstemperaturen.

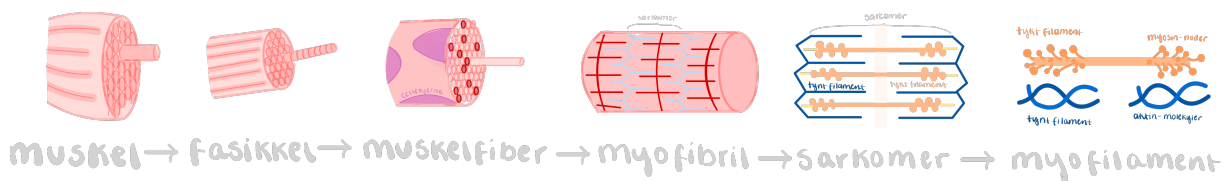
### 9.2 Skjelettmuskulatur

**Skjelettmuskulatur** er diskrete organer med **muskelfibre**, **blodårer**, **nerver** og **bindevev**. Muskulaturen har bindevevlag og er festet direkte eller indirekte til skjelettet ved **sener**.

Muskelceller er uvanlig store og består av spesialiserte strukturer som **myofibriler**, **sarcoplasmisk retikulum** og **T tubules**. Muskelen består av flere bestanddeler og er delt inn i rørformede fasikler. En **fasikkel** er en bunt av **muskelceller** adskilt fra resten av muskelen av et lag med bindevev. Fasikkelen er videre delt inn i muskelfibre. Et **muskelfiber** er en forlenget, flerkjernet celle med stripet utseende. Muskelfiberen består igjen av myofibriler.

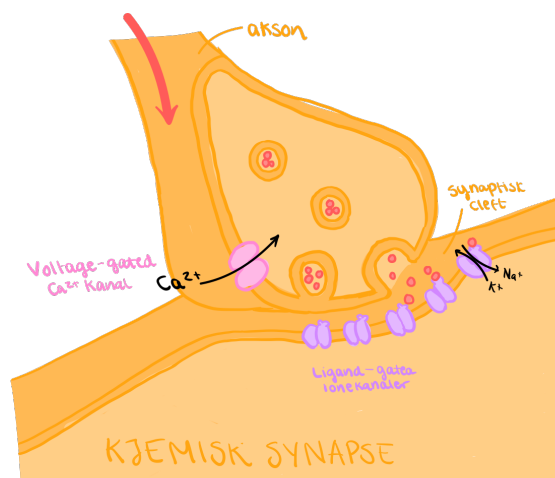
## Menneskets anatomi & fysiologi

**Myofibrilene** er satt sammen av sarkomere arrangert ende til ende. **Sarkomere** er kontraksjonsheten, satt sammen av myofilamenter av kontraksjonsproteiner. **Myofilamenter** er av to typer; tykke eller tynne. **Tykke filamenter** inneholder bunter av **myosin** molekyler. **Tynne filamenter** inneholder **aktin** molekyler. De tynne filamentene skli over de tykke og forkorter muskelen. Grensene mellom sarkomerene danner et mønster av lyse og mørke bånd. Tynne filamenter er ved **Z linjer** ved sarkromenden, mens tykke er midt på sarkromeren ved **M linjen**.



Sarcoplasmisk retikulum omslutter hvert myofibril og regulerer intracellulære  $\text{Ca}^{2+}$  nivåer. T tubules er tubulære fremspring av sarkolemma og leder elektriske impulser dypt inn i cellen.

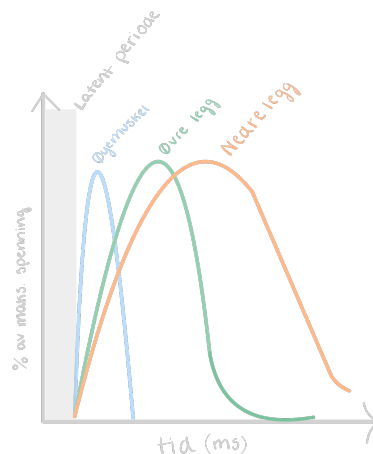
Den **nevromuskulære junction** er området der et motornevron kontakter skjelettmuskulaturen. Den består av flere **aksonender** og underliggende junctional folder av sarkolemma. Sekvensen som leder til muskelkontraksjon starter med at et motornevron generer et aksjonspotensial ned aksonet. Aksonets ende frigjør **acetylcholine** (ACh) til den synaptiske kløften. ACh binder reseptorer på junctionale folder av sarkolemma og bindingen forårsaker lokal depolarisering kalt **endeplate potensial** (EPP). Videre trigger EPP et aksjonspotensial i sarkolemmaet ved siden av.



Aksjonspotensialet transporteres ned T tubules og sarkoplasmisk retikulum frigjør  $\text{Ca}^{2+}$ .  $\text{Ca}^{2+}$  bindes til **troponin**, som skifter **tropomyosin** for å avdekke myosin-bindingsområde på aktin. Myosinhoder binder aktin og kontraksjon forekommer via cross bridge cycling. **Cross bridge cycling** er en serie av hendelser der myosinhoder drar tynne filamenter mot senteret av sarkomeren. Syklusen repeteres så lenge ATP og  $\text{Ca}^{2+}$  er tilgjengelig.

### 9.3 Muskelrykning og gradert muskelkontraksjon

**Muskelrykninger** er muskelens respons til en enkelt stimulering. Muskelfibrene kontraherer raskt og går tilbake til hvile. Hver rykning er sammensatt av tre perioder; den latente perioden, kontraksjonsperioden og hvileperioden. Den latente perioden er tidsforsinkelsen mellom stimulering og eksitasjon-kontraksjonskobling. Under kontraksjonsperioden bygger spenningen seg opp før kontraksjonskraften synker i hvileperioden. Varigheten på rykningen varierer mellom ulike muskler

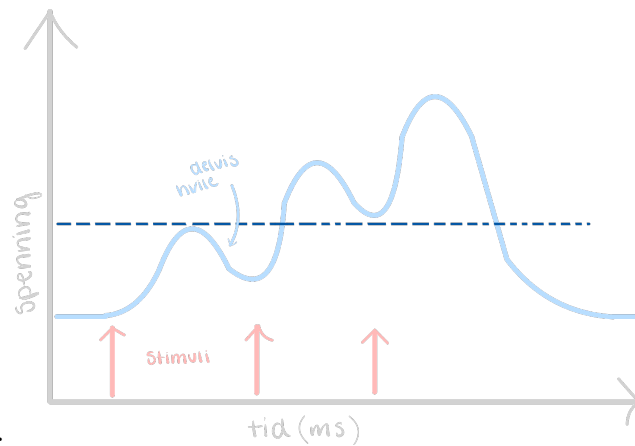


### Graderte muskelkontraksjoner

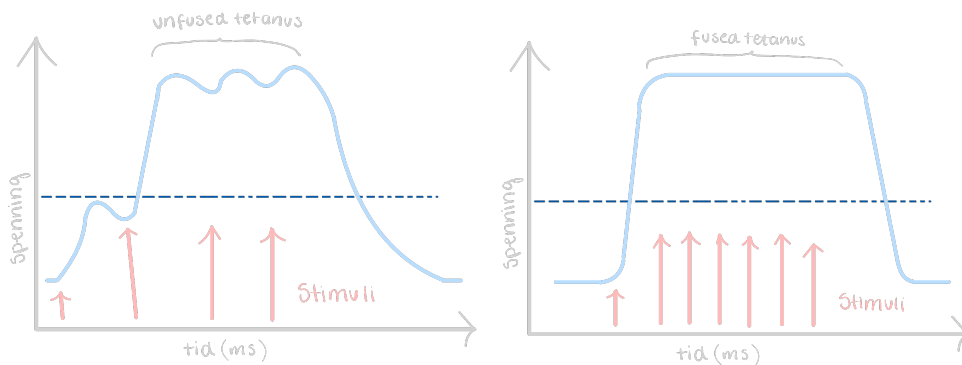
**Graderte muskelkontraksjoner** kan forekomme på to måter; en økning av stimuleringsfrekvensen forårsaker **temporal summation**, mens en økning av stimuleringsstryken forårsaker **recruitment**.

Temporal summation innebærer at høyere frekvens gir større kontraksjonsstyrke av en gitt motorenhet.

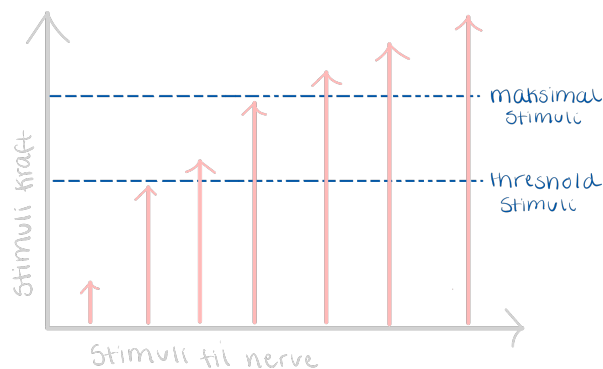
## Menneskets anatomi & fysiologi



Hvis muskelen stimuleres ved økende raskere rate vil hvileperioden mellom rykningene blir kortere,  $\text{Ca}^{2+}$  konsentrasjonen i cytosol bli høyere og det forekommer en dirrende kontraksjon kalt unfused eller ukomplett krampe. Dersom muskelspenningen når sin maksimale spenning er det ingen hvileperiode og kontraksjonen når et platå kalt **komplett-** eller **fused krampe**. Fysiologiske mekanismer hindrer progresjon til komplett krampe, så dette forekommer svært sjeldent.



**Recruitment** kontrollerer kraften av kontraksjonen mer presist. Stimuliet som ikke produserer observerbare kontraksjoner kalles **subthreshold stimuli**, stimuliet som produserer første observerbare kontraksjon er **threshold stimuli** og **maximal stimuli** er den sterkeste stimulien som øker kontraksjonskraften.



## 9.5 Muskler og trening

Når muskler brukes aktivt blir de større og sterkere, eller mer effektive og resistente mot utmattelse. Å tvinge en muskel til å jobbe hardt øker dens styrke og utholdenhet. Aerobisk trening, som sykling, svømming og løping, resulterer i endringer i skjelettmuskulatur. Antall kapillærer rundt muskelfibrene øker, antall mitokondrier innen hvert fiber øker og fibrene syntetiserer med myoglobin. Endringene skjer i alle fibertyper, men mest sakt oksidative fibre. Resistansetrening, som vektløfting, fører til økt størrelse av hvert muskelfiber

## 9.5 Glatt muskulatur

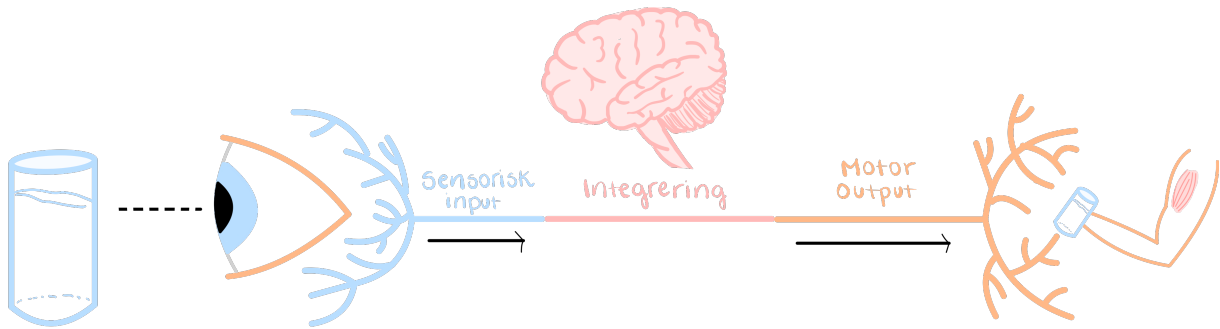
Den glatte muskulaturen er ikke-striper, under ufrivillig kontroll og befinner seg i veggene på de indre organene. Muskelcellene har en kjerne og bindevevskomponenten er kun endomesium. Den glatte muskulaturen har verken myofibriler eller T tubules. Bevegelsene initieres av intrinsiske pacemaker celler eller autonome nerver og reguleres av lokale kjemikalier, hormoner og strekk.

Den glatte muskulaturen kontrollerer blodstrøm beveger mat, driver uterin kontraksjoner m.m. De tykke filamentene er fordelt gjennom cytoplasma, mens de tynne er fetet til strukturer kalt dense bodies.

# Kapittel 11 NEVROFYSIOLOGI

## 11.1 Nervesystemet

Nervesystemets funksjon er satt sammen av flere steg; **stimuli, sensorisk input, integrering og motor output**. Sensoriske reseptor nevroner oppdager informasjon i miljøet eller fra kroppen. Dermed sendes denne informasjonen til hjernen eller ryggmargen. Videre prosesseres informasjonen og hjernen overfører motor output informasjon til spinalnerven. Periferale motor nevroner driver informasjonen videre til muskler, organer og kjertler som oversetter informasjonen til en motorrespons.



### Nevronstruktur

**Nevronet** er en høyt spesialisert celle som mottar og viderefører informasjon. De fleste organellene er lokalisert i **cellekroppen** med forgrenede **dendritter** stikkende ut. Sammen med cellekroppen, mottar dendrittene signaler fra andre nevroner. Et typisk nevron har en enkelt **akson**, utvekst som viderefører signalet til andre celler. Aksoner er ofte lange og de benytter puls av elektrisk strøm for å videreføre informasjon. Hver akson-ende viderefører informasjon gjennom **synapse**. **Nevrotransmittere** ved synapsen viderefører informasjon fra en celle til en annen. **Sensoriske nevroner** overfører signaler fra ytre stimuli og indre forhold. **Internevroner** danner lokale kretser som kobler nevroner i hjernen eller ganglia. **Motor nevroner** overfører signaler til muskelceller og får dem til å trekkes sammen. Når aksoner danner bunter kalles det nerver.

### Nervesystemet

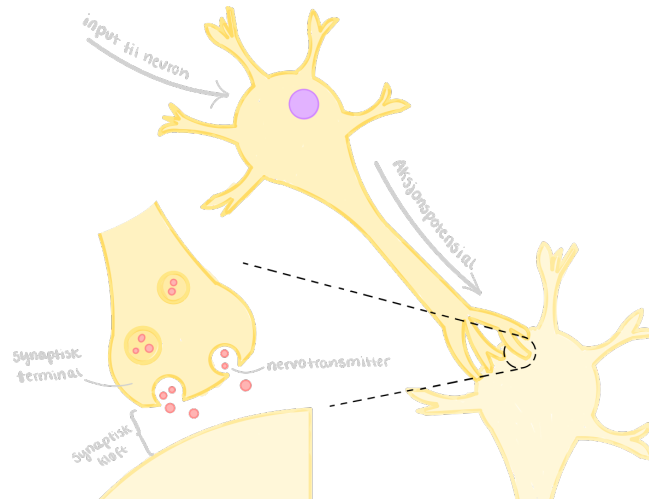
**Nervesystemet** er kroppens kontroll- og kommunikasjonssystem. Systemet er todelt; det **perifere nervesystemet** og **sentralnervesystemet**. Det perifere nervesystemet består av perifere nerver og reseptorer og er igjen delt inn i det **autonome nervesystemet** og det **somatiske nervesystemet**. Sentralnervesystemet omfatter **hjernen** og **ryggmargen**.

Nervesystemceller består av to ulike cellekategorier; **nevroglia** celler og nevroner. Nevroglia celler er støttende celler involvert i vekst, overlevelse og strukturell støtte. Kategorien består av astrocytter, mikroglia, oligodendrocytter og schwann celler. **Astrocytter** støtter vedlikeholdelse av nevroner, **mikroglia** er forsvarsnevroner i sentralnervesystemet, **oligodendrocytter** danner **myelinsheats** i sentralnervesystemet og **schwann celler** danner myelin sheats i det periferla nervesystemet.



## Nevronkommunikasjon

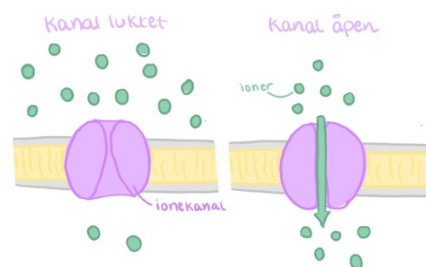
Nevron kommunikasjon er elektrisk og kjemisk. Elektrisk kommunikasjon skjer ved bevegelse av ioner inn og ut av cellemembraner og kan være liten og lokal eller reise lange distanser ned grener av cellen. Kjemisk kommunikasjon innebærer frigjøring av **neurotransmittere** til nærliggende reseptorer ved synapser.



**Sensoriske nevroner** overfører signaler fra ytre stimuli og indre forhold. **Internevroner** danner lokale kretser som kobler nevroner i hjernen eller ganglia. **Motor nevroner** overfører signaler til muskelceller og får dem til å trekkes sammen. Når aksoner danner bunter kalles det nerver.

## 11.2 Ionekanaler

Det finnes ulike typer ionekanaler; mekanisk gated kanaler, voltage-gated kanaler, ligand-gated kanaler og leakage kanaler. **Mekanisk gated kanaler** åpnes i respons til mekanisk stimuli, mens **voltage gated kanaler** åpnes i respons til endring i membranpotensial. **Ligand-gated kanaler** åpnes når neurotransmittere bindes på en reseptor og **leakage kanaler** er alltid åpne.



## 11.3 Elektrisk kommunikasjon

Elektrisk kommunikasjon er bevegelse av ioner inn eller ut av nevronet. Ioner bærer elektrisk i ladning. **Kationer** som  $\text{Na}^+$  er positive, mens **anioner** som  $\text{Cl}^-$  er negative. Ulike konsentrasjoner av ioner ved cellemembran danner elektriske gradienter som måles som **membranpotensial**. Membranpotensial er differansen av elektrisk ladning mellom innsiden og utsiden av cellemembranen. Et positivt membranpotensial innebærer at cellens innside er mer positiv enn utsiden. Et negativt membranpotensial innebærer at cellens innside er mindre positivt enn utside.

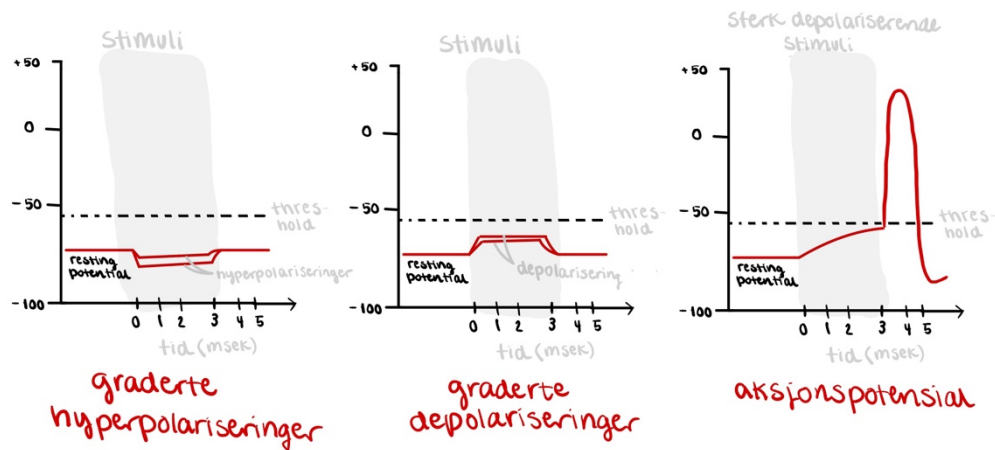
Ioner er ujevnt fordelt mellom cellens indre og omkringliggende væske. Som resultat av dett er innsiden negativ ladet relativt til utsiden. **Ladningsdifferansen**, eller spenningen, på tvers av plasmamembranen reflekterer at motsatte ladninger på tvers av en membran er en kilde til potensial energi.

### Membranpotensial

**Resting potential** er membranpotensiale til en nevron som ikke sender signal er typisk på omtrent 70 millivolt. Membranen er da polarisert. **Kalium** (*potassium*) og **natrium** (*sodium*) ioner utgjør en essensiell rolle i dannelsen av **resting potensiell**. Ionene har **konsentrasjonsgradienter** over plasmamembranen, med høyere  $\text{K}^+$  konsentrasjonen inne i cellen og høyere  $\text{Na}^+$  konsentrasjon på utsiden av cellen. Konsentrasjonsgradientene er opprettholdt av **sodium-potassium pumpen**. Pumpen bruker ATP til å aktivt transportere  $\text{Na}^+$  ut av cellen og  $\text{K}^+$  inn i cellen. Ionekanaler tillater ioner å diffundere frem og tilbake over membranen. Ionene som diffunderer bærer elektrisk ladning. Diffusjon av  $\text{K}^+$  gjennom **kaliumkanaler** er alltid åpen (*leak channels*). Det er nettobevegelse av  $\text{K}^+$  ut av cellen til kjemiske og elektriske krefter er i balanse.

Et elektrisk signal i nevroner er endringen av membranpotensialet. **Depolarisering** er når membranpotensialet blir mindre polarisert, mer positivt. **Repolarisering** er når membranpotensialet returnerer til hvile etter depolarisering. **Hyperpolarisering** er at membranpotensialet blir mer polarisert, mer negativt.

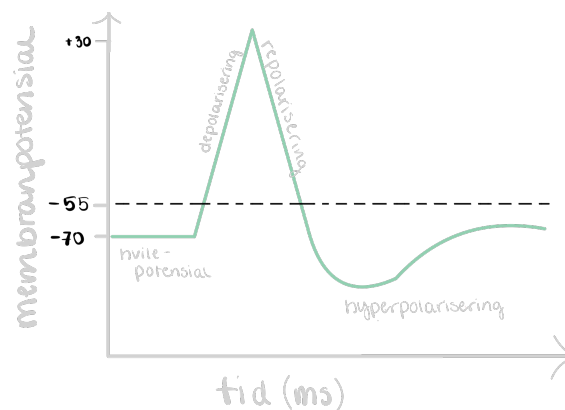
## Menneskets anatomi & fysiologi



### Graderte- og aksjonspotensial

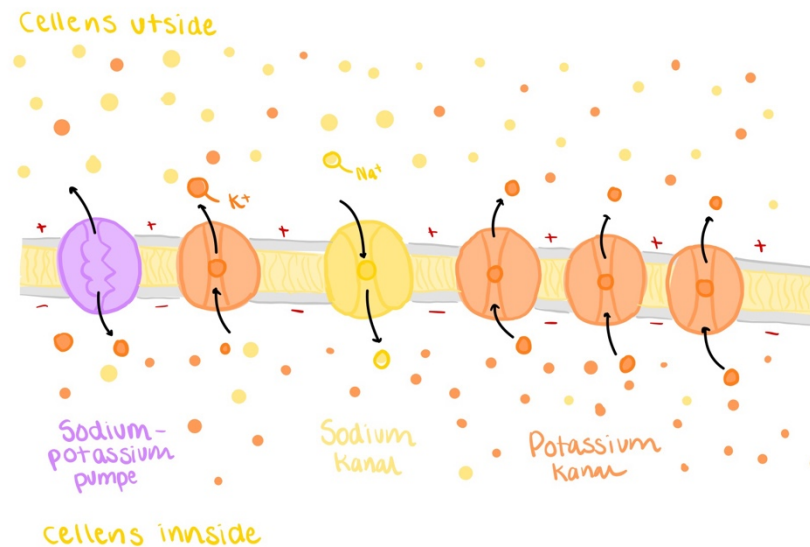
Det er to ulike former for membranpotensial endringer; graderte potensial og aksjonspotensial. **Graderte potensial** er små, lokale endringer i membranpotensialet. De kan variere i størrelse og kan bygges opp til større triggerer. Graderte potensial reiser kun korte distanser.

Hvis depolarisering fører til stort nok skift i membranpotensialet dannes et **aksjonspotensial**. **Aksjonspotensial** er store, raske og langdistanse spredninger av membranpotensial ladning. Graderte potensial bygges opp til en grenseverdi nås i cellen. Dermed trigges et område som videreføres ned hele cellen. Når et aksjonspotensial genereres følges samme voltage mønster hver gang. Først nås grenseverdien på omtrent  $-55$  mV, deretter forekommer en depolarisering og voltage heves til  $+30$  mV. Deretter repolariseres potensialet ned mot hvilepotensialet og potensialet hyperpolariseres til under hvilepotensialet. Til slutt returnerer potensialet til  $-70$  mV.



## Menneskets anatomi & fysiologi

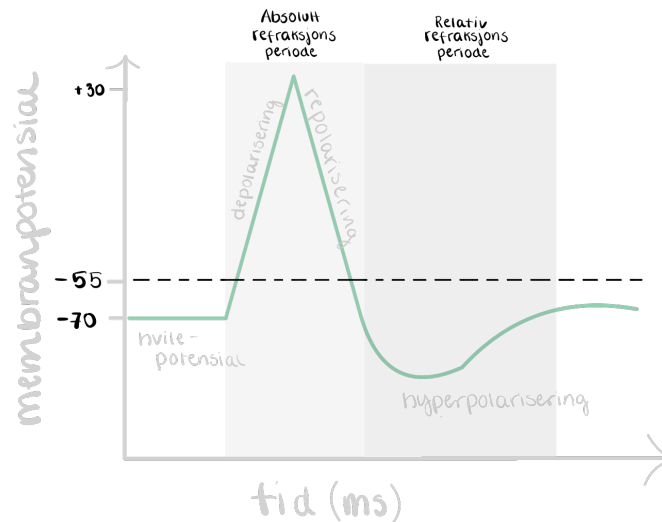
Aksjonspotensial er forårsaket av at  $\text{Na}^+$ - og  $\text{K}^+$  ionekanaler åpnes. De åpnes fordi de er sensitive til endring i membranpotensial. Voltage-gated  $\text{Na}^+$  kanaler har to porter og alternerer mellom tre ulike stadier. De er lukket ved  $-70$  mV, altså under hvilepotensialet. Dermed åpnes de raskt ved  $-50$  mV til  $-55$  mV. De inaktiveres av en separat port. Voltage-gated  $\text{K}^+$  kanaler har kun en port og to stadier. De er lukket under hvile ved  $-70$  mV og åpnes sakte mellom  $-50$  mV til  $-55$  mV slik at  $\text{K}^+$  kan forlate cellen. Deretter lukkes de sakte igjen.



Under et aksjonspotensial vil  $\text{K}^+$  leakage kanaler være åpne, men  $\text{Na}^+$ - og  $\text{K}^+$  voltage gated kanaler være lukket. Under depolariseringen er lekkasjekanalene fortsatt åpne og de voltage gatede kanalene åpnes også. Ved repolarisering er lekkasjekanalene åpne,  $\text{Na}^+$  kanalene er inaktivert, mens  $\text{K}^+$  voltage-gated kanaler er åpne. Ved hypoerpolariseringen er fortsatt  $\text{K}^+$  voltage gated åpne og membranpotensial minker til  $-90$  mV. Til slutt når membranpotensialet retunerer til hvile lukkes de voltage-gated kanalene, lekkasjekanalene er åpne og  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  pumpen returnerer membranpotensialet til hvile.

Forekomst av et nytt aksjonspotensial er begrenset på grunn av to **refractory periods**. Den **absolutte refractory perioden** er tiden der ingen nye aksjonspotensial kan genereres fordi  $\text{Na}^+$  kanaler er åpne under depolarisering og inaktivert under repolarisering. Under den **relative refractory perioden** kan aksjonspotensial triggres, men kun av sterk stimuli fordi kun et par  $\text{Na}^+$  kanaler er tilgjengelige og  $\text{K}^+$  forlater fortsatt cellen.

## Menneskets anatomi & fysiologi



Hvor raskt et aksjonspotensial kan reise ned aksonet kalles **konduksjon velositet**. Det er to hovedfaktorer som kan påvirke konduksjons velositetes. Den første faktoren er **myelination**. Myelin er et lipidlag dannet av oligodendrocytter eller Schwann celler. Laget isolerer aksonet og øker dermed konduktansen gjennom lavere resistans langs aksonet. Den andre faktoren er **saltatory konduksjon** der aksjonspotensialet hopper fra node til node som resulterer i økt konduksjons velositeten.

### 11.4 Kjemisk kommunikasjon

Kjemisk kommunikasjon innebærer frigjøring av **nevrotransmittere** til reseptorer ved synapser. En **synapse** er koblingspunkt mellom to nevroner eller mellom et nevron og en muskel- eller kjertelcelle.

#### Synapse

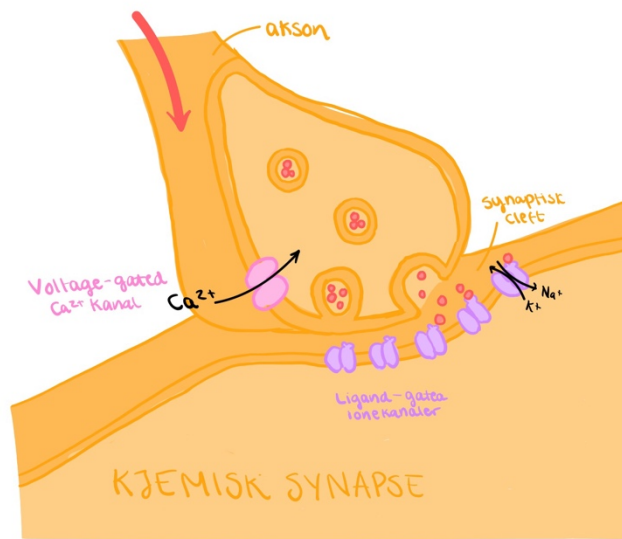
En synapse består av presynaptisk nevron, synaptisk kløft og postsynaptisk nevron.

**Presynaptisk nevron** er nevroner som bærer informasjonen til synapsen. **Synaptiske vesikler** er små sekker av kjemikalier som vil frigjøres når signalet når aksonterminalen.

**Nevrotransmittere** er kjemikalier funnet i synaptiske vesikler som frigjøres til den synaptiske kløften. En **synaptisk kløft** er området mellom pre- og postsynaptisk nevron. Et elektrisk signal kan ikke passere dette området. Et **postsynaptisk nevron** er nevronet som mottar informasjon fra synapsen. Reseptorer er proteiner i den postsynaptiske cellemembranen. Proteiner åpner ionekanaler og endrer membranpotensialet.

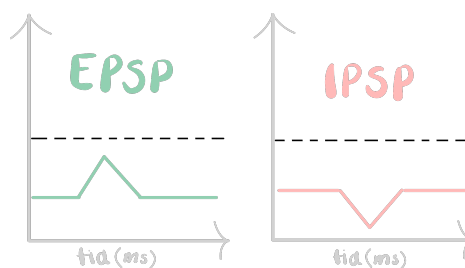
## Menneskets anatomi & fysiologi

Aksjonspotensialet beveger seg gjennom den presynaptiske aksonen og ankommer synapsen. Voltage-gated  $\text{Ca}^{2+}$  kanaler åpnes ved synapsen og  $\text{Ca}^{2+}$  ioner entrer nevronets aksonterminal som forårsaker exocytose av synaptiske vesikler og frigjøring av neurotransmittere til den synaptiske kløften. Neurotransmitterne diffunderer over den synaptiske kløften og bindes på spesifikke reseptorer på den postsynaptiske nevronen. Bindingen til reseptorer åpner ligand-gated kanaler og ionet entrer cellen og danner et gradert potensial. Det graderte potensialet fortsetter til reseptoren fjernes eller inaktiveres.



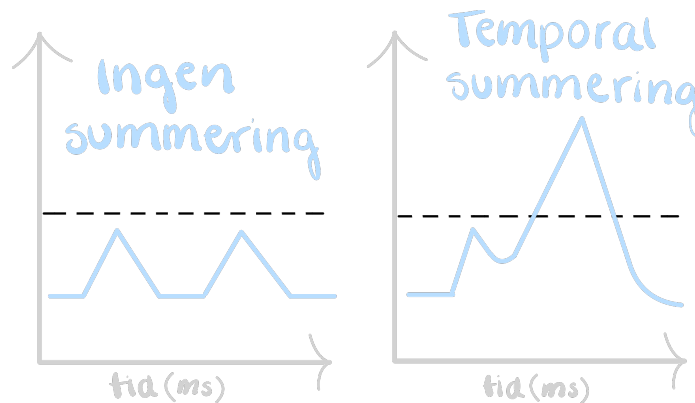
### EPSP og IPSP

Det graderte potensialet i den post-synaptiske cellen kalles **post-synaptisk potensial (PSP)**. Det finnes to former for PSP; **excitatory post-synaptisk potensial (EPSP)** og **inhibitory post-synaptisk potensial (IPSP)**. EPSP er når ionekanaler åpnes og positive ioner beveges inn i nevronet, mens IPSP er når ionekanaler åpnes og negative ioner beveges inn i nevronet. En EPSP er en lokal depolarisering av den post-synaptiske membranen som bringer nevronet nærmere aksjonspotensial grenseverdien, mens IPSP er en lokal hyperpolarisering av den post-synaptiske membranen som driver nevronet lenger unna grenseverdien for aksjonspotensialet.



## Menneskets anatomi & fysiologi

Et nevron mottar input fra mange nevroner, både i form av IPSP og EPSP. Den kombinerte aktiviteten av all input vil bestemme hvordan nevronet responderer. Informasjon kan summeres på to måter; temporal summation eller spatial summation. **Temporal summation** innebærer at en pre-synaptisk nevron kan forårsake EPSPer veldig nært i tid, altså høy aksjonspotensial frekvens. Disse summeres og resulterer i høyere frigjøring av neurotransmittere.



**Spatial summation** er når flere pre-synaptisk nevroner generer EPSPer samtidig. IPSPer og EPSPer kan også summeres og da gå i null.

### 11.5 Neurotransmittere

Det er mange typer **neurotransmittere** i nervesystemet. Et nevron frigjør en type neurotransmitter og ethvert nevron kan respondere til flere typer neurotransmittere.

**Acetylcholine** (ACh) finnes i nevro-muskulære synapser i det autonome nervesystemet. ACh kan være excitatory eller inhibitory avhengig av reseptoren. Aminosyrene glutamat og GABA er neurotransmittere i hjernen. **Glutamat** er generelt excitatory, mens **GABA** er generelt hemmende. Aminene norepinefrin, dopamin og serotonin er også former for neurotransmittere. **Norepinefrin** og **dopamin** påvirker læring, følelser og atferd. Forbindelsene er eksitatorisk eller hemmende avhengig av reseptoren. **Serotonin** er hovedsakelig hemmende og påvirker også læring, følelser og atferd.

**Eksitatoriske neurotransmittere** forårsaker depolarisering av post-synaptisk membran, mens **hemmende neurotransmittere** forårsaker hyperpolarisering av post-synaptisk nevron. Noen neurotransmittere kan ha både hemmende og eksitatoriske effekter. Dette angår av

reseptoren på det post-synaptiske nevronet. Neurotransmittere kan fungere direkte som ligander og åpne ionekanaler eller indirekte.

## Kapittel 12 SENTRALNERVESYSTEMET

### 12.1 Sentralnervesystemet

Nervesystemet består av **sentralnervesystemet** (CNS) og **perifer nervesystem** (PNS). CNS omfatter **hjernen** og **ryggmargen** og består av  $10^{11}$  nevroner og  $10^{14}$  synapser. CNS er ansvarlig for alt vi føler og tenker. **Cephalisering** er en evolusjonær trend mot konsentrering av nervevev, munnen og sanseorganer ved fremre ende av organismen.

CNS er beskyttet av skallen, meninger, **cerebrospinal væske** og **blod-hjerne barrieren**. Den cerebrospinale væsken er sjokkabsorberende, driver fjerning av avfall og fungerer som støttestruktur. Blod-hjernebarrieren er en fysisk barriere mellom blodet og CNS som begrenser bevegelse av hydrofile molekyler.

CNS omfatter omtrent 2% av kroppsvekten og mottar 15% av kroppens blodtilførsel. Den **metabolske raten** er høy og bruker 20% av konsumert oksygen og 50 % av konsumert glukose under hvile. CNS er avhengig av blodstrøm for energi og oksygen, glukose og andre materialer leveres ved kapillærer.

### Celletyper

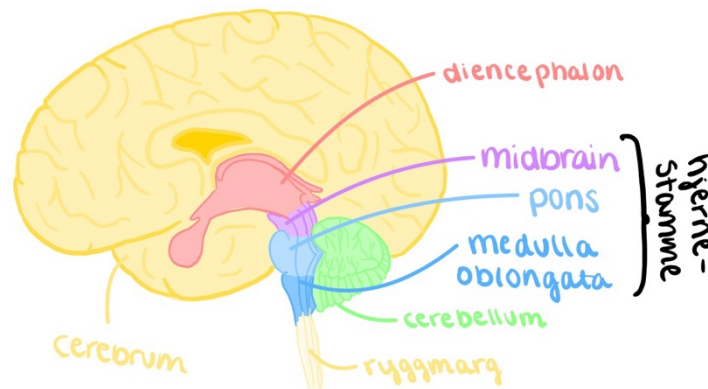
CNS er satt sammen av ulike celletyper. **Astrocytter** guider utviklende nevroner, modulerer synaptisk aktivitet, fjerner neurotransmittere, samt beskytter nevroner mot toksiner og oksidativt stress. **Schwann celler** omslutter aksoner og danner myelin sheat for bedre overføring av elektriske signaler. **Oligodendrocytter** er myelinerte celler. **Mikroglia** beskytter CNS fra fremmed materie som bakterier og døde celler ved fagocytose.

### 12.2 Hjernen

I starten av fosterstadiet består hjernen består av tre primære hjernevesikler; **forhjernen** (*prosencephalon*), **midthjernen** (*mesencephalon*) og **bakhjernen** (*rhombencephalon*). De primære hjernevesiklene gir opphav til sekundære hjernevesikler. Forhjernen deles inn i

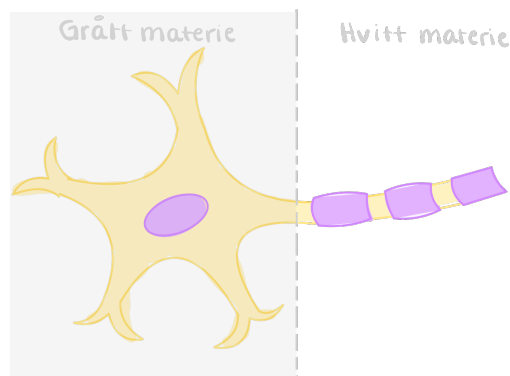


**telencephalon** og **diencephalon**. Bakhjernen danner **metencephalon** og **myelencephalon**, mens midthjernen forblir udelt. Hver av de fem vesiklene utvikles raskt og produserer hovedstrukturene i den voksne hjernen. Den største endringen skjer i telencephalon som danner to cerebrale hemisfærer kjent som **cerebrum**. Diencephalon spesialiseres til **hypotalamus, talamus, epitalamus** og **retina**. Mesencephalon,, metencephalon og myelencephalon blir til henholdsvis **midthjernen, pons** og **cerebellum**, og **medulla oblongata**. Alle strukturene med unntak av cerebellum danner **hjernestammen**.



### 12.3 Hvitt og grått materie

**Grått materie** står for synaptisk overføring og nevril integrering, mens **hvitt materie** er myelinerte aksoner som gir rask informasjonsoverføring. Det grått materie består av korte, ikke-myelinerte nevroner og nevron cellekropper. Hvitfargen til det hvite materie kommer av myelinlaget som er hvitt.



### 12.4 Cerebral hemisfære

De **cerebrale hemisfærene**, som omslutter hjernen, står for 83 % av den totale hjernemassen. Forhøyede **rygger** på vevet kalles **gyri**, mens de grunne **rillene** kalles **sulci**. Hver cerebrale

hemisfære har tre enkle regioner; **cerebral cortex** (CC) av grått materie, internt hvitt materie og **basal nuclei** som er en øy av grått materie inne i det hvite. I det grå materie er det nevron cellekropper, dendritter, assosierte glia og blodårer. Dypt inne i det interne hvite materie befinner basal nuclei seg. Basal nuclei er primært involvert i kontroll av bevegelse,

### Cerebral cortex

Cerebral cortex (CC) er der bevisstheten befinner seg. CC gir oss evne til å være klar over sensasjoner, til å kommunisere, huske, forstå og initiere bevisst bevegelse. CC inneholder tre funksjonelle områder; motor-, sensorisk- og assosiasjons området. Hver hemisfære tar for seg sensoriske og motorfunksjoner på motsatt side av kroppen.

## 12.5 Diencephalon

**Diencephalon** omfatter **talamus**, **hypotalamus** og **epitalamus**. De cerebrale hemisfærene omslutter diencephalon som befinner seg i hjernens kjerne. De tre strukturene i diencephalon består av grått materie.

### Talamus, hypotalamus og epitalamus

**Talamus** er gresk for *indre rom* som beskriver strukturen dypt inne i hjerneregionen. Strukturen har mange så eggformede nuclei og er en videresende-stasjon fra nedre deles av CNS til CC. **Hypotalamus**, navngitt fra sin posisjon under talamus, har også mange funksjonelle nuclei. Strukturen er liten men har en stor oppgave i være kontrollsenter for det autonome nervesystemet, endokrine organer og har ulike funksjoner med relasjon til **homeostase** og kroppsfunksjoner. **Epitalamus** skiller ut **melatonin** og regulerer søvn-våken syklusen.

## 12.6 Hjernestammen

**Hjernestammen** består av midthjernen, pons og medulla oblongata og står for 2.5 % av den totale hjernemassen. I hjernestammen er dypt grått materie omsluttet av hvitt materie.

**Midthjernen** er den øverste delen av hjernestammen og har som oppgave å drive de motoriske impulsene fra hjernebarken til hjernestammen, eller fra hjernen øvre regioner til de nedre. **Pons**, eller hjernebroen, fungerer som en kommunikasjonslenke, mens **medulla oblongata** forbinder ryggmargen med hjernen.

## 12.7 Cerebellum

**Cerebellum**, eller lillehjernen, er en blomkål-linende struktur som står for 11% av den totale hjernemassen. Funksjonene til cerebellum innebærer presis timing og passende mønstre av skjelettmuskelkontraksjon for koordinerte bevegelser.

## 12.8 Det limbiske system

Det **limbiske systemet** er en gruppa av strukturer som har funksjoner innen motivasjon, minne og følelser og omfatter amygdala, hippocampus, fornix, cingulate og parahypocampal gyri. **Fornix** og andre fibre kobler de limbiske systemene sammen

Integrert CNS funksjon som følelser og motivasjon involverer ulike områder av hjernen. Cortical assosiasjon areas integrerer tanker, minne og sensorisk informasjon. Det limbiske systemet lager følelser og kommuniserer til hypothalamus.

## 12.9 Ryggmargen

**Ryggmargen** er en sylinder av vervev kontinuerlig med hjernen. I ryggmargen er organiseringen av hvitt og grått materie motsatt av i hjernen. Det grått materie er en sommerfuglformet struktur på innsiden, mens det hvite materie omslutter det grå. Ryggmargen er hovedsenteret for reflekser og **spinale reflekser** initieres og fullføres på ryggmargsnivå.

**Ascending tracts** sender informasjon fra ryggmargen til hjernen og **descending tracts** viderefører informasjon fra hjernen til ryggmargen.

## 12.10 Sykdommer og lidelser

**Hjernedysfunksjoner** er både varierte og omfattende. En **hjernerystelse** er en, vanligvis, midlertidig endring i hjernefunksjon som følge av et slag til hodet. Symptomer er svimmelhet og man kan miste bevisstheten. Mer alvorlige hjernerystelser kan gir permanent skade og man kan i verste fall havne i koma eller dø. **Cerebrovascular accidents (CVA)**, også kalt **slag**, skjer når blodsirkulasjonen til hjernen blokkeres. **Alzheimers disease (AD)** er en progressiv degenerativ sykdom som resulterer i demens. Sykdommen fører til minnetap, kortere oppmerksomhetsspen, desorientering og språktap. **Parkinsons disease** er en sykdom som er

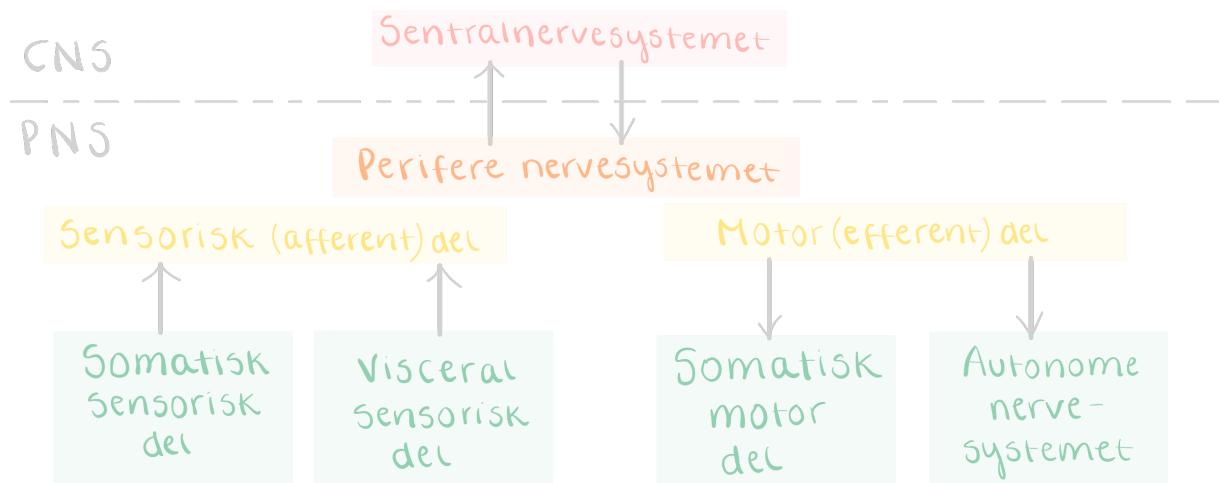
mer vanlig med alderen og kommer av degenerering av dopamin-frigjørende nevroner.

**Huntingtons disease** er en fatal og arvelig lidelse som kommer av mutant huntingtin protein akkumuleres i hjerneceller og vevet dør.

## Kapittel 13 PERIFERE NERVESYSTEMET

### 13.1 Det perifere nervesystemet

Det perifere nervesystemet (PNS) består av kranie- og spinalnerver koblet til sentralnervesystemet og til resten av kroppen og utfører motor- og sensoriske funksjoner. PNS er igjen delt inn i det autonome- og det somatiske nervesystemet. Det **somatiske NS** (motor) retter seg mot skjelettmuskulatur og har en enveis-nevronvei. Det **autonome NS** har uvillige og ubevisste funksjoner der to deler, **parasympatisk** og **sympatisk** del, jobber sammen for å kontrollere organfunksjoner. Ofte har den parasympatiske og sympatiske delen motsatte funksjoner.



### 13.2 Nerver

**Nerver** er deler av det perifere NS og klassifiseres som **kraniale** eller **spinale** avhengig av opphavet deres. Strukturene varierer i størrelse, men alle består av parallelle perifere aksoner omringet av bindevev.

Det perifere NS er delt inn i en **sensorisk (afferent) del** og en **motor (efferent) del** og nervene klassifiseres etter hvilken retning de overfører impulser. **Blandede nerver** inneholder

både sensoriske- og motorfibre og overfører impulser både til og fra CNS. **Sensoriske (afferent) nerver** driver impulser mot CNS, mens **motor (efferent) nerver** driver impulser vekk fra CNS.

### Kranienerver

Det er tolv par **kranienerver** som assosieres med hjernen. De første to parene er tilfestet forhjernen og resten er assosiert med hjernestammen. Alle tjener kun hode- og nakkestrukturer, bortsett fra **vagusnerven** som strekkes inn i mageregionen. Kranienervene er (I) olfaktorisk, (II) optisk, (III) oculomotor, (IV) trochlear, (V) trigeminal, (VI) abducens, (VII) ansikts, (VIII) vestibulocochlear, (IX) glossopharyngeal, (X) vagusnerven, (XI) accessory og (XII) hypoglossal.

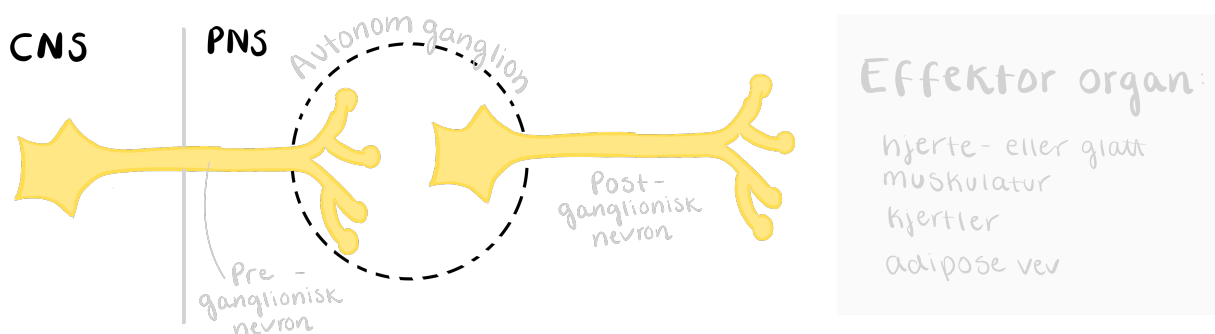
### Spinalnerver

31 par **spinalnerver** innnervierer kroppen, alle er blandede. Spinalnervene navngis etter hvor i ryggmargen de springer ut fra. Det er åtte par cervical nerver, tolv par thoracic nerver, fem par lumbar nerver, fem par sacral nerver og 1 lite par coccygeal nerver.

**Nerveplexuser** er nettverk av nerver som tjener lemmene. Innen et plexus vil fibre fra flere ventrale rami krysse hverandre og refordes slik at hver gren av plexus inneholder fibre fra flere spinalnerver og fibre fra hver ventrale ramus går til kroppen via flere ulike ruter.

## 13.2 Det autonome nervesystemet

Det autonome NS innnervierer de fleste effektororganer og -vev i kroppen gjennom ganglia. Nervene i det **autonome NS** er satt sammen av to **efferente nevroner** arrangert i serie. Det første nevronet, **preganglionisk nevron**, synapser med det andre, **postganglionisk nevron**, ved en **autonom ganglion**.

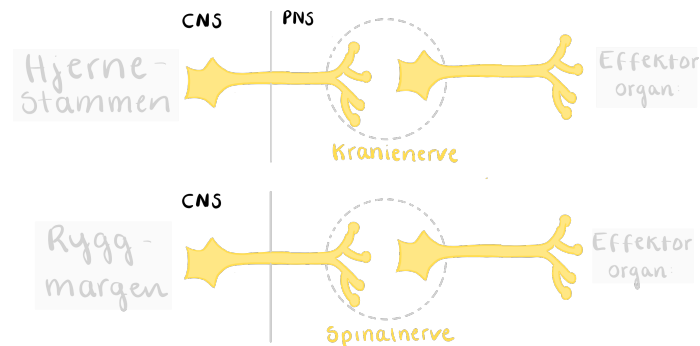


## Sympatisk del

Den sympatiske delen, fight-or-flight, er aktiv under fysisk aktivitet og under stress. Nervene i det **sympatiske NS** kommer fra thoracic- og lumbar delen av ryggmargen som igjen stammer fra det laterale hornet. Nevronene følger tre ulike mønstre; de kan (I) forlate ved den ventrale roten som gir bred effekt fordi preganglionisk nevron kan synapse med mange postsynaptiske nevrone, (II) preganglionisk nevron kan innervere modifisert ganglion eller (III) preganglionisk nevron synapser med postganglionisk nevron i collateral ganglion.

## Parasympatisk del

Den parasympatiske delen, rest-and-digest, er aktiv under hvile og stimulerer fordøyelsesystemet. I det **parasympatiske NS** kommer preganglioniske nevrone fra hjernestammen eller ryggmargen. Det dannes synapser i ganglia som er nært effektor organet.

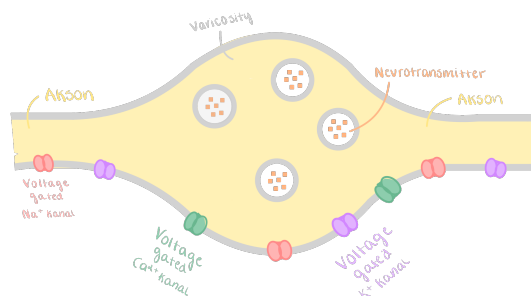


## Nevrotransmittere

**Nevrotransmittere** i det autonome nervesystemet er **acetylcholine (ACh)** og **Norepinefrin**. **Kolinerge nevrone** slipper ut ACh og er mest vanlig i alle preganglioniske nevrone, postganglioniske nevrone i parasympatisk NS og noen postganglioniske nevrone i sympatisk NS. **Adrenerge nevrone** slipper ut norepinefrin som en vanlig i nesten alle postganglioniske nevrone.

## Varicosities

Nær effektororganet splittes det postganglioniske nevronet til grener med **varicosities**, oppsvelinger med konsentrerte  $\text{Ca}^+$  kanaler for neurotransmitter frigjøring.



### 13.3 Det somatiske nervesystemet

I det **somatiske NS** overføres signaler fra CNS til musklene. **Motornevroner** kommer fra ryggmargen og følger en enveis-pathway. Et motornevron kan innervere mange muskelceller, men hvert fiber innerveres kun av et motornevron.

Aksonterminaler av motornevroner synapser ved muskelen. På motsatt side av synapsen er motorendeplaten som inneholder et stort antall ACh reseptorer. Aksjonspotensialet ankommer via motornevronet som fører til at voltage-gated  $Ca^{2+}$  kanaler åpnes.  $Ca^{2+}$  trigger exocytose og ACh frigjøres til den synaptiske kløften. ACh bindes til reseptorer og åpner kanaler i endeplaten slik at  $Na^+$  strømmer inn. Innstrømmingen av  $Na^+$  trigger endeplatepotensial forårsaker aksjonspotensial i muskelen som stimulerer kontraksjon.

**Curare** er et ekstrakt fra en Søramerikansk plante som brukes som gift på tuppen av pilspisser. Den aktive substansen tubocurarine blokkerer ACh reseptorer og fører til paralysen. Forbindelsen benyttes også som farmasøytisk middel.

### 13.4 Reflekser

Den enkleste pathwayen i nervesystemet er **reflekser**. En refleks er en automatisk respons som ikke involverer bevisst innblanding. Medfødte reflekser er raske, forutsigbare motorresponsen til stimuli. En refleks kan være spinal eller kranial, somatisk eller autonom, medfødt eller lært. Reflekser klassifiseres som somatiske hvis de aktiverer skjelettmuskulatur eller autonome om de aktiverer glatt- eller hjertemuskulatur eller kjertler.

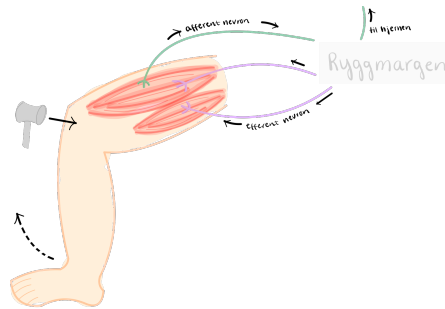
#### Refleksarc

En **refleks arc** har fem essensielle komponenter. (I) Reseptoren området for stimulering. (II) Sensorisk nevron overfører afferent impulser til CNS. (III) Integrasjonssenter som kan være en enkelt synapse (**monosynaptisk refleks**) eller mer kompleks i form av kjeder av internevroner (**polysynaptisk refleks**). (IV) Motornevron som gjennomfører efferent impulser fra integrasjonssenteret til effektororganet. (V) Effektor i form av muskelfibre eller kjertelceller som responderer til efferent impulser.

## Reflekstyper

**Spinalreflekser** forekommer uten direkte involvering fra høyere hjernesystem. **Strekk- og senereflekser** hjelper nervesystem å koordinere skjelettmuskulaturens aktivitet og krever informasjon om muskelens lengde og mengden spenning i musklene og senene.

Strekkerefleksen sørger for at muskelen forblir på lengden hjernen ønsker. **Knerefleksen** er en strekkerefleks som hjelper kneet fra å bøye seg når man står oppreist. Strekkerefleksen er den eneste kjente **monosynaptiske** refleksen i mennesker.



En smertefull stimuli initierer **fleksorrefleksen** som fører til autonom tilbaketrekking av kroppsdelen vekk fra stimuli. **Krysset ekstensor-refleks** ledsager ofte fleksorrefleksen i vekt bærende lemmer og er viktig for å opprettholde balanse. Denne refleksen trer inn når du for eksempel trækker barfot på noe spisst og raskt løfter foten, mens muskler i det motsatte benet aktiveres.

## Reciprocal inhibition

**Reciprocal inhibition** beskriver avslapningen av muskler på den ene siden av legget for å imøtekomme kontraksjon på den motsatte siden. Dette er også kjent som refleksiv antagonisme.

# Kapittel 14 AUTONOME NERVESYSTEMET

## 14.1 Det autonome nervesystemet

Det **autonome nervesystemet** (ANS) er, sammen med det somatiske NS en del av motor (efferent) delen av det perifere NS. Stabiliteten av kroppens indre miljø avhenger stort på ANS, systemet av motornevroner som innnerverer med glatt- og hjertemuskulatur og kjertler.



ANS er satt sammen av en **sympatisk del** og en **parasympatisk del**. Den sympatiske delen mobiliserer kroppen under aktivitet, mens den parasympatiske promoterer vedlikehold av funksjoner og konserverer kroppens energi. Begge delene tjener samme organer, men har ofte motsatte effekter på samme organ.

### Parasympatisk vs. sympatisk del

Anatomiske forskjeller mellom de to systemene inkluderer; (I) parasympatiske fibre er **kraniosakrale**, mens sympatiske fibre er **thoracombulære**. (II) Den parasympatiske delen har lange preganglionsike- og korte postganglioniske fibre, mens den sympatiske delen har motsatt; korte preganglioniske- og lange postganglioniske fibre. (III) de fleste parasympatiske ganglia er lokalisert i eller nær effektororganer, sympatiske ganglia ligger nært ryggmargen.

Den parasympatiske delen dominerer hjertet og glatt muskulatur i fordøyelse- og urinorganer. Parasympatisk del senker hjerterytmen og dikterer normal aktivitet i fordøyelses- og urinrør. Under stress kan derimot sympatisk del dominere.

## 14.2 Det sympatiske nervesystemet

Det **sympatiske systemet**, *fight-or-flight*, trer frem når man er stresset eller i en truende situasjon. Den sympatiske delen er anatomisk mer kompleks enn den parasympatiske fordi den innerverer flere organer. Systemet forsyner den glatte muskulaturen, hjertemuskulaturen og kjertler, samt den glatte muskulaturen og kjertler i den somatiske delen. Dette omfatter svettekjertler, glatt muskulatur i vener og arterier og hårreisende pili muskler i huden.

Alle preganglionsike fibre stammer fra cellekropper av preganglioniske nevroner i ryggmargen. Det sympatiske systemet omtales derfor også som thoracombulat division. Cellekroppene i det grå materie i ryggmargen danner laterale horn. Preganglioniske fibre passerer gjennom white ramus communicans, en del av sympatisk trunk. Når et preganglionisk akson når en trunk ganglion kan en av tre ting skje; (I) synapse i samme trunk ganglion, (II) preganglionisk aksjon stiger opp eller synker ned til en annen trunk ganglion eller (III) preganglionisk akson passerer gjennom trunk ganglion og kommer fram fra synaptisk trunk uten å synapse.

Den sympatiske delen har hovedansvar for regulering av blodtrykket, selv under hvile. Med få unntak er blodårene fullstendig innervert av sympatiske fibre som holder årene i et kontinuerlig stadie av delvis konstriksjon. Når blodtrykket er lavt fyrer sympatiske fibre kalt vasomotor fibre mer hyppig. Dette forårsaker blodårene til å vasoconstrict og blodtrykket heves.

### 14.3 Det parasympatiske nervesystemet

Det **parasympatiske systemet**, *rest-and-digest*, holder kroppens energiforbruk så lav som mulig. Systemet kalles også for kraniosakral del fordi de preganglioniske fibre kommer fra motsatt ende av CNS, hjernestammen og ryggmargen. De preganglioniske aksonene strekkes fra CNS helt til nesten frem til strukturene de innerverer. Der synapser de med postganglioniske nevriner lokalisert i terminal ganglia som ligger nært målorganet. Korte postganglioniske aksoner når effektorcellene i organet.

### 14.4 Motsatte og samarbeidende effekter

De fleste organer mottar dobbel innervering fra både det sympatiske- og det parasympatiske systemet. Begge systemene er vanligvis delvis aktive og aksjonspotensial genereres ned begge aksoner og produserer en dynamisk **antagonisme** som presist kontrollerer aktiviteten. Vanligvis er ett system mer dominant i gitte situasjoner.

Antagonistiske effekter sees mest tydelig i aktiviteten i hjertet, respirasjonssystemet og fordøyelsesorganer. I en fight-or-flight situasjon vil den sympatiske delen heve hjerterytmen, utvide luftveiene og hemme fordøyelse og eliminering,. Når situasjonen er over vil parasympatisk del gjenopprette hjerterytmen og luftveiene til hvilenivåer og prosessere mat i fordøyelsessystemet.

Samarbeidene ANS effekter forekommer i eksterne kjønnsorganer. Parasympatisk del stimulerer utvidede blodårer som produserer ereksjon, mens sympatisk del står for utløsningen.

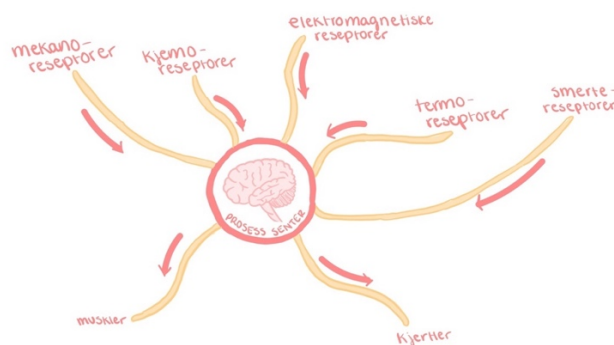
## 14.4 Hypotalamus

**Hypotalamus** overvåker ANS. Fremre områder av hypotalamus dirigerer parasympatiske funksjoner, mens bakre del dirigerer sympatiske funksjoner. Hypotalamus utøver sine effekter både direkte og via reticular formation som igjen påvirker preganglioniske motornevroner i hjernestammen og ryggmargen. Hypotalamus koorindrer hjertekativitet, blodtrykk, kroppstemperatur, vannbalanse og endokrin aktivitet gjennom ANS.

# Kapittel 15 SANSER

## 15.1 Generelle prinsipper

Sensoriske prosesser begynner med stimuli som representerer former av energi. En **sensorisk reseptor** konverterer stimulienergi til en endring i membranpotensial og regulerer dermed aksjonspotensial og viderefører informasjon via synapser til CNS. Dekoding av informasjonen innen CNS resulterer i sensasjon. En sensorisk prosess begynner at en **sensorcelle**, et nevron eller en celle som regulerer et nevron, oppdager stimuli. **Sensorisk reseptor** beskriver en sensorisk celle eller et organ som oppdager indre eller ytre stimuli. Det er ulike typer sensoriske reseptorer; **mekanoreseptorer**, **kjemoreseptorer**, **elektromagnetiske reseptorer**, **termoreseptorer** og **smerte reseptorer** og reseptorene hører til ulike former for sensasjon.



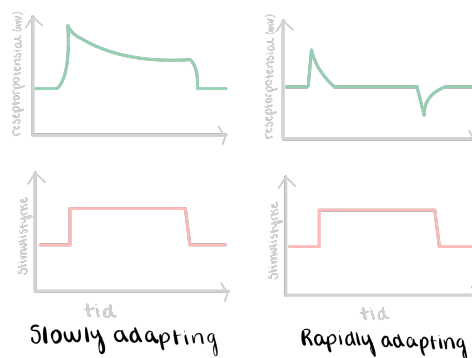
## Celletyper

Det er ulike celletyper innenfor sensorisk fysiologi. Synet benytter **staver** og **tapper**, hørselen benytter **hårceller**, både smak og lukt har egne spesialiserte celler og berøring har **nocireseptorer** og **meissner corpuscle**.



### Reseptorpotensial

Et **reseptorpotensial** er et **gradert potensial** til en stimuli og kan være **depolariserende** eller **hyperpolariserende**. Gradert betyr at amplituden av reseptorpotensialet er proporsjonal til størrelsen på stimuli. Reseptorpotensial har en grenseverdi i stimuliampplitude som må nås for at en respons skal genereres. Transduksjonsprosessen kobler stimulioppdagelse til åpning eller lukking av ionekanaler. Hvordan reseptorproteinene er koblet til ionekanaler varierer mellom de ulike sansene. Noen reseptorer responderer gjennom **hel-stimuli applikasjon**, men de fleste reseptorer adapt. **Receptor adaptation** er en nedgang i styrken av reseptorpotensialet over tid. **Slow adapting** forekommer i **tonic reseptorer** og er en liten adaptation som kan signalisere intensiteten av et forlenget stimuli. **Rapid adapting** gjelder for **phasic reseptorer** og er bedre på å kode endringer i stimuliintensitet.



### Begreper

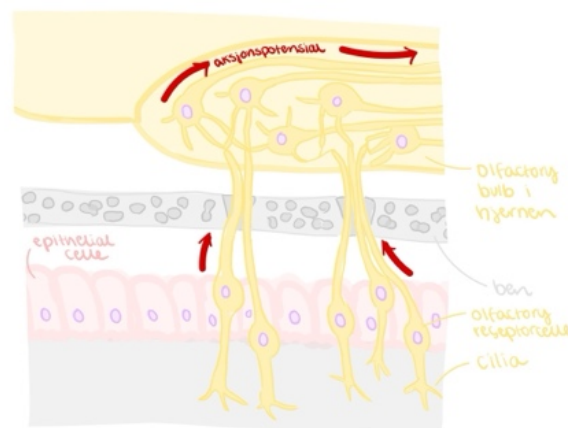
En **sensorisk enhet** er et enkelt afferent nevron og alle dens assosierte reseptorer. Et **receptive field** er område der tilstrekkelig stimuli vil forårsake respons. Spesifikke nevrane pathways som overfører informasjon om en spesifikk **sensorisk modalitet** refereres til som en **labeled line**.

## 15.2 Lukt

**Lukt** avhenger av **kjemoreseptorer**. Menneske kan gjenkjenne 10 000 lukter og har 350 gener for **odorantreseptorer**. **Odoranter** er flyktige molekyler som kan brukes for langdistanse kjemisk oppfatning.

### Anatomi og signaltransduksjon

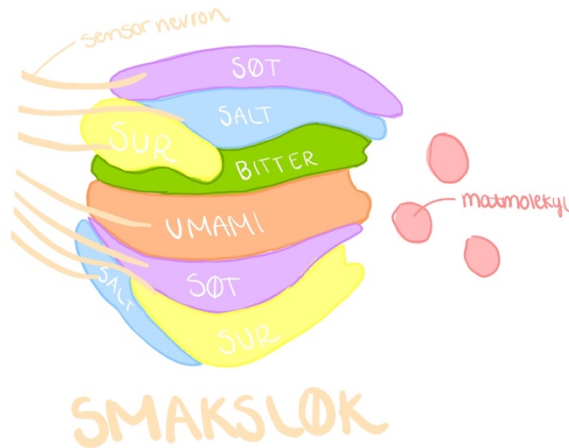
Det **olfaktoriske systemet** består blant annet av **olfaktorisk epithelium** på ca. 5 cm<sup>2</sup> i størrelse. Epiteliumet har **olfaktoriske reseptor nevroner** (ORN) som har en levetid på 30 til 60 dager og fornyes av stamceller på daglig basis. Aksoner av ORNer går gjennom **bony cribiform platen** i **ethmoid benet** for å nå **olfaktorisk bulb**. **Bowmans/olfaktoriske kjertler** skiller ut **mukus** som dekker epithelium. Odorantene løses opp i mukuslaget for å komme i kontakt med reseptorer på **cilia** av olfaktoriske celler. Når odoranter diffunderer til denne regionen, bindes de til et spesifikt GPCR protein kalt **olfaktorisk mottak (OR)** på plasmamembranen. Disse hendelsene trigger signaltransduksjon som fører til produksjon av **syklisk AMP** som åpner kanaler som er permeable til Na<sup>+</sup> og Ca<sup>2+</sup>. Strømmen av ionene generer aksjonspotensialer. Identifisering av visse lukter avhenger av to egenskaper i olfactory bulb; (I) hver olfactory reseptor uttrykker ett OR gen og (II) cellene som uttrykker samme OR gen overværer aksjonspotensialer til samme område av olfactory bulb. Etter odoranter er oppdaget, samles og integreres informasjonen fra olfactory reseptorer.



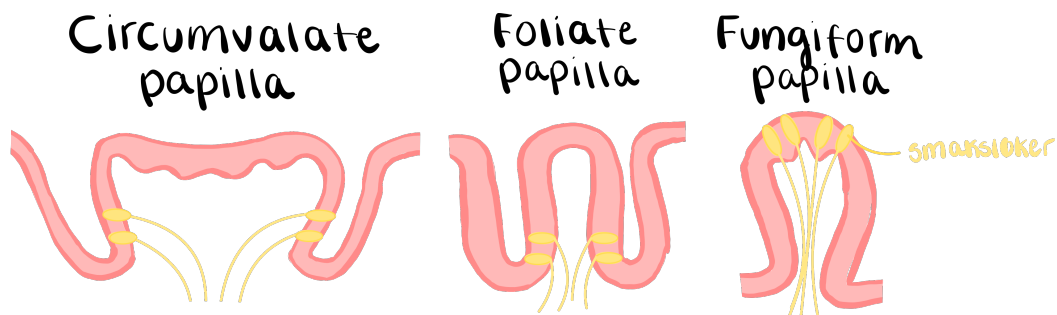
Informasjonen videreføres via olfaktorisk bulb til høyere hjerneregioner. **Mitralceller** projiserer til høyere hjerneregioner. Gjenkjenning av lukt avhenger av **cortex**, mens følelsesaspekt avhenger av det **limbiske systemet**. Luktesansen er unik med tanke på at den går direkte til det limbiske system uten å ta veien om talamus først.

## 15.3 Smak

Det er fem basale smaksmodaliteter; **bittert, søtt, salt, umami** og **surt**. **Tastanter** er løselige i spytt og oppdages generelt ved høyere konsentrasjoner enn odoranter, med unntak av bitterhet. Tastantene oppdages av **taste reseptorceller** (TRC) som er fordelt i **smaksløker** på **tungen, epiglottis** og øvre tredjedel av **pharynx**.



På tungen er det tre former for **papillae**, små opphevninger med smaksløker. **Foliate papillae** og **circumvallate papillae** er hundrevis av smaksløker på bakre del av tungen. **Fungiform papillae** er en til fem smaksløker på fremre del av tungen. Smaksporer har små åpninger, **mikrovilli**, med omkring hundre TRC'er som stadig fornyes av stamceller. TRC'er er ikke nevroner, men epitelial celler. De er likevel elektrisk eksiterbare og danner synapser eller synapse-liknende strukturer med primær gustatory afferent nevroner.



Saltsmak oppfattes av en **sodiumcelle**, sursmak av en **surcelle** (type III), umamismak av en **umamicelle**, bittersmak av en **bittercelle** og søtsmak av en **søtcelle**. Umami-, bitter- og søtceller er alle type II celler.

Informasjonen fra smaksreseptorene samles i tre ulike afferente nerver. Sensoriske nevroners cellekropper er lokalisert i ganglia. Videre går informasjonen til nucleus av solitary trakt (NTS) og via talamus til gustatory cortex.

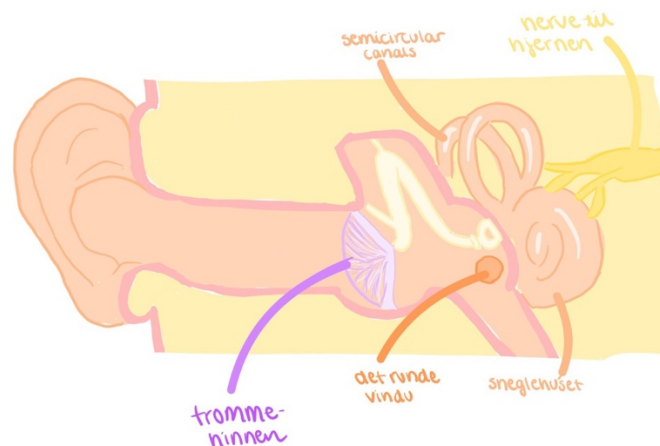
## 15.4 Mekanosensorisk system

### Berøring

Det er mange **mekanosensitive reseptorer** i huden som er spesialisert til å motta ulikt stimuli fra lette trykk til skadelige krefter. Smerte kan også inkludere temperatur- eller kjemisk stimuli av sensoriske celler i huden.

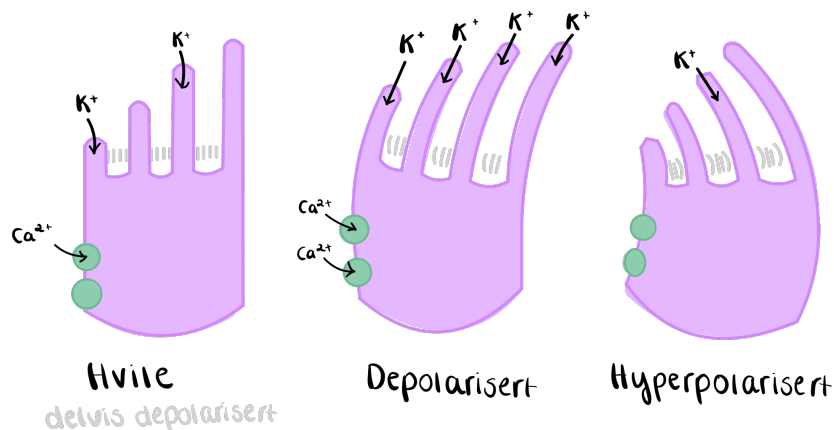
### Det auditive systemet

Det **mekanosensoriske systemet** omfatter også det **auditive systemet** som inkluderer **hørsel** og **balanse**. I det auditive systemet forekommer mekanoelektrisk transduksjon ved **hårceller**. Det **ytre øret** samler **lydbølger** som entrer øret gjennom **pinna** og kanaliserer de til **trommehinnen**, en tynn hinne som separerer det ytre øret fra midtøret. I **midtøret** overføres vibrasjoner fra **ossiklene** med tre små ben **malleus**, **inkus** og **stigbøylen**. Stigbøylen dytter på det **ovale vinduet** og viderefører lydbølgene til væske i **sneglehuset**. Sneglehuset har to innvendige membraner som separerer strukturen til tre væskefylte rom. **Organ of corti** er på toppen av den basilare membraner og inneholder hårceller og en overliggende membran kalt tectorial membran. **Stereocilia**, hårliknende utvekster fra hårceller, er en del av den tectoriale membranen. Vibrasjoner hever og senker hårcellene, som bøyer hårene mot det omkringliggende væsken. Dette forårsaker en endring av membranpotensialet av hårcellene.



## Hørsel

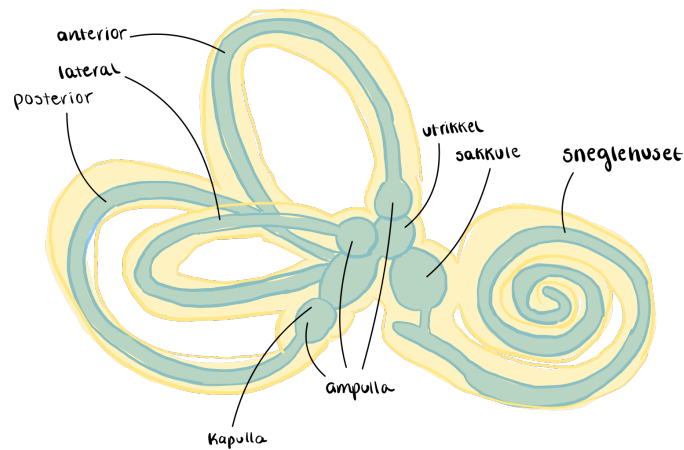
Vibrerende objekter danner **trykkbølger** i omkringliggende luft som overføres til nerveimpulser i hjernen og oppfattes som lyd. Hørselen er avhengig av hårceller. Hver vibrasjon får hårcellene til å bevege seg i en retning, deretter en annen, som får ionekanaler til å åpne eller lukkes. Ved hvile er noen kanaler åpne som forårsaker depolarisering.  $\text{Ca}^{2+}$  entrer og gir synaptisk transmisjon av **lav frekvens**. Når bøyd i retningen mot den høyeste stereociliumet er mange natriumkanaler åpne som forårsaker sterkt depolarisering.  $\text{Ca}^{2+}$  entrer og gir synaptisk transmisjon av **høy frekvens**. Hårcellene er da **depolarisert**, neurotransmitter-frigjøring øker og frekvensen av aksjonspotensialer til hjernen øker. Når bøyd i motsatt retning av den høyeste **stereocilium** er få natriumkanaler åpne og  $\text{Ca}^{2+}$  entrer i veldig lav frekvens. Hårcellene er **hyperpolarisert** og neurotransmitter-frigjøring minket. **Volum** bestemmes av amplitude på lydbølgen. Stor amplitude fører til større bøyning av hårcellene og flere aksjonspotensialer til hjernen. **Tonehøyde** bestemmes av bølgefrequensen, antall vibrasjoner per tidsenhet.



## Likevekt

Organer i indre øret oppdager kroppens **bevegelse, posisjon og likevekt**. De semisirkulære kanalene oppdager rotasjonsmessig akselerasjon i tre former; (I) **anterior** (hode opp og ned), (II) **posterior** (hode opp og ned til siden) og (III) **horisontal** (rotasjon fra side til side). **Utrikkelen** oppdager lineær akselerasjon forover og bakover, mens sakkulen oppdager lineær akselerasjon opp og ned. Reseptorcellene er lokalisert i **ampulla** med **cristae**, med hår og støtteceller, og **cupula**. Aktiviteten av hårcellene avhenger av **kinocilium**. Ved hvile er hårcellene oppreist, depolarisert og ved lav frekvens. Under akselerering er frekvensen høyere.





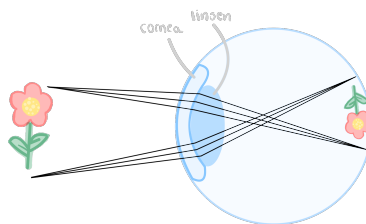
### 15.5 Syn

Øyet er beskyttet av øyelokk som er dekket av **conjunctiva**, en transmembran-mukusmembran. Membranen dekker også deler av øyeballen, men dekker ikke cornea. **Lacrimal appparatus** består av **lacrimal kjertler** som skiller ut tårer og **lakrimal kanaler** som fungerer som avløpskanaler ned til nesehulrommet. Seks **ekstrinsiske øyemuskl**er kontrollerer bevegelsen av hver øyeball.

#### Øyeballens anatomi

Øyet har tre lag; (I) **sclera**, (II) **cornea** og (III) **choroid**. Sclera er det hvite bindvevet, cornea er transparent og der lyset entrer, mens choroid inneholder blodårer. **Iris** er den fargede delen av øyet og består av to lag med pigmentert glatt muskulatur med pupill i midten. **Pupillen** er et hull der lyset kan strømme inn. Iris befinner seg foran **linsen**. Tilfestet linsen er **ciliære muskler** som kobles til **ciliary body**. Linsen fokuserer lyset på **retina** som består av nevronalt vev og inneholder fotoreseptorer. I retina er **fovea** et område med den største visuelle aktiviteten, samt den **optiske disken** som danner en blindsoner. Her er det ingen fotoreseptorer fordi den optiske nerven og blodårer kommer inn i øyet.

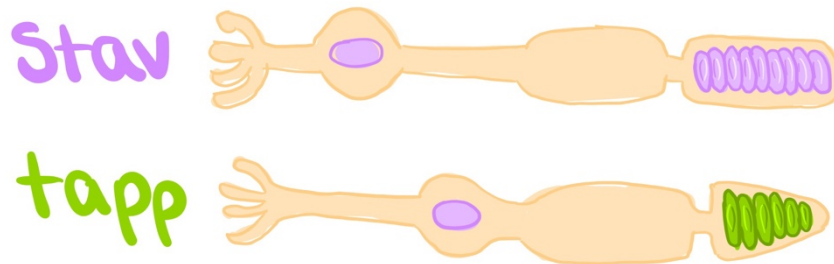
Både cornea og linsen har **konvekse** overflater som hjelper lyset å fokuseres inn mot retina. Cornea står for mesteparten av **refraksjonen**, mens linsen kan justeres for å tilpasses nær- og langsyn.



## Staver og tapper

**Retina** er der fotoreseptorene er lokalisert. Fotoreseptorene består av **staver** og **tapper**.

Stavene gir svart-hvitt syn under lave konsentrasjoner, mens tappene gir fargesyn under sterke lysforhold.



## Signaltransduksjon

Ulike **fotopigment** kan absorbere lys av ulike bølgelengder og hvert fotopigment inneholder et protein som absorberer lys. Når lyset når en fotoreseptor forårsaker det en formendring i retina. Strukturen går fra bøyd (*cis*) til lineær (*trans*) og starter en kaskade av hendelser. (I) lys absorberes av et fotopigment. (II) retinal og opsin dissosierer og (III) transducin aktiveres. (IV) fosfodiesterase aktiveres og (V) cGMP nivået i cytosol øker. (VI) natriumkanaler åpnes og (VII) cellen hypoerpolariseres. (VIII) Kalsiumkanaler lukkes og (IX) transmitterfrigjøring minker. (X) gradert potensial i bipolar celle blir mindre.

En **optisk nerve** forlater den optiske disken i hvert øye. De krysses ved basen av hjernen og danner **optisk chiasm**. I optisk chiasm krysser halvparten av nevronene over på motsatt side, mens halvparten forblir på samme side.

# Kapittel 16 ENDOKRINE SYSTEMET

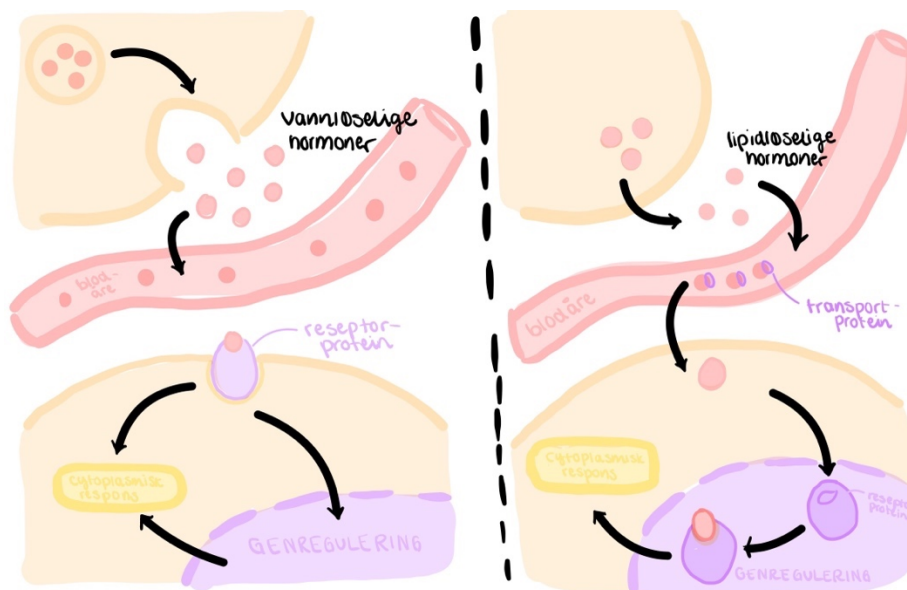
## 16.1 Det endokrine systemet

Det **endokrine systemet** fungerer sammen med nervesystemet for å koordinere og aktivere kroppsceller. Det endokrine systemet kontrollerer vekst og utvikling, vedlikehold av elektrolytter, vann og næringsbalanse i blodet, regulering av cellulær metabolisme,

reproduksjon og mobilisering av kroppsforsvar. Prosessene kontrolleres via kjemiske budbringere; hormoner.

### Hormoner

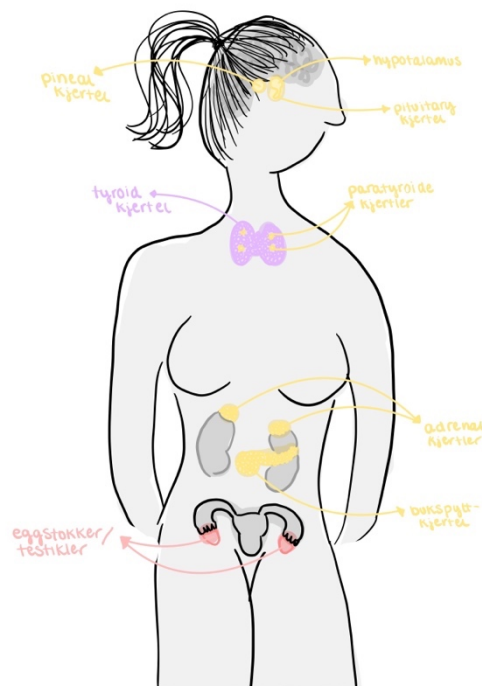
**Hormoner** er lang-distanse kjemiske signaler som transporteres gjennom blodbanen. De fungerer på målceller og endrer deres aktivitet. Det er to hovedklasser av hormoner; lipidløselig og vannløselige. **Lipidløselige hormoner** er **hydrofobe** og kan fritt diffundere inn og ut av cellen, men må benytte transportproteiner i blodbanen. **Vannløselige hormoner** er **hydrofile** og må skilles ut av cellen ved eksocytose, reiser fritt i blodbanen og når en signalreseptor på cellemembranen som setter i gang en kaskade inne i målcellen. Polypeptider og de fleste amin hormoner er vannløselige, mens steroide- og andre hydrofobiske hormoner er **lipidløselige**.



Kommunikasjon mellom celler via utskilte signaler klassifiseres ved to kriterier: typen utskillende celle og ruten benyttet. Videre klassifisering; **endokrine** signal, **parakrine** og **autokrine** signal, **synaptiske** og **nevroendokrine** signal. **Endokrine** signalisering skjer ved at hormoner skilles ut i ekstracellulær væske av endokrine celler og når dermed målet via blodstrømmen. **Parakrin** og **autokrin** signalisering benytter lokale regulatorer som fungerer over en kort distanse, når målet ved diffusjon og fungerer på målcellen innen kort tid. I autokrin signalisering er den utskillende cellen selv målceller. Synaptiske og nevroendokrine signaler benytter nevroner som kommuniserer med målceller via synapser. Og til slutt feromoner, som er kjemiske signaler som frigjøres til det eksterne miljøet.

### Endokrine organer

De endokrine organene er ikke gruppert sammen i organsystemer, men er spredt over hele kroppen. **Eksokrine kjertler** skiller ut ikke-hormonale substanser som svett og spytt og har kanaler for å transportere substansene til kroppsveriflaten. **Endokrine kjertler** skiller ut hormonelle substanser og har ikke kanaler. Endokrine kjertler omfatter **pineal kjertelen, skjoldbruskkjertelen, binyerene** osv. I hjernen er det også nevroendokrine organer som **hypotalamus**. Noen kan også ha både eksokrine og endokrine funksjoner som **gonadene** og **morkaken**.



Et hormon produserer typisk en av følgende endringer; (I) endrer membranpermeabilitet eller membranpotensial ved å åpne eller lukke ionekanaler, (II) stimulerer syntese av enzymer eller andre proteiner, (III) aktiverer eller deaktivere enzymer, (IV) induserer sekretorisk aktivitet eller (V) stimulerer mitose. Vannløselige hormoner fungerer på reseptorer i plasmamembranen som er koblet til sekundære budbringere som igjen medierer målcellens respons, mens lipidløselige fungerer på reseptorer inne i cellen som direkte aktiverer gener.

### Sekundære budbringere

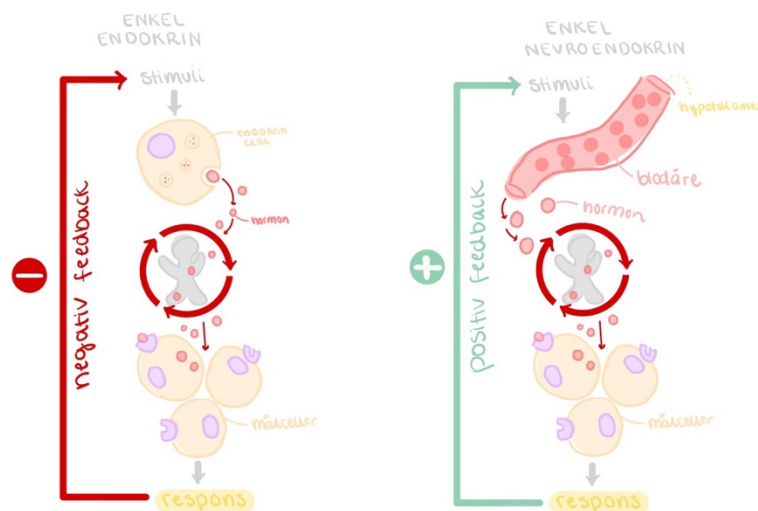
Aminosyrebaserte hormoner benytter intracellulære budbringere. **Cyclic AMP (cAMP)** er en **sekundær budbringer** benyttet av neurotransmittere og olfaktoriske reseptorer. Mekanismen involverer interaksjon mellom tre plasmamembran komponenter, ett **G-protein** og et

**effektorenzym.** (I) hormonet bindes til en reseptor på plasmamembranen og (II) reseptoren endrer form og bindes til et nærliggende G-protein. G-proteiner aktiveres til **guanosine trifosfat (GTP)**. (III) det aktiverte G-proteiner bindes til effektorenzymet, **adenylate cyclase**, noen G-protein stimulerer enzymet, mens andre hemmer det. G-proteinet inaktiveres og (IV) effektorenzymet konverterer ATP til cAMP. (V) cAMP trigger en kaskade av kjemiske reaksjoner ved å aktivere **proteinkinaser**, enzymer som fosforylerer ulike proteiner.

Visse hormoner bruker andre sekundære budbringere enn cAMP. I **PIP<sub>2</sub>-kalsium signalmekanismen** benyttes intracellulære kalsiumioner som sekundære budbringere. Prosessen involverer et **G-protein** og en membranbundet effektor kalt **phospholipase C**. Effektoren splittet et plasmamembran fosfolipid kalt **PIP<sub>2</sub>** til to sekundære budbringere; **diacylglycerol (DAG)** og **inositol trifosfat (IP<sub>3</sub>)**. DAG aktiverer et proteinkinase enzym som trigger responser i cellen.

## Stimuli for hormonutslipp

Syntese og regulering av de fleste hormoner reguleres av **negative feedbacklooper**. I slike mekanismer trigges hormon sekresjon av indre eller ytre stimuli. Ettersom hormonnivået stiger forårsaker det effekter på målorganet, som igjen feed back og hindrer videre sekresjon av hormoner.



Tre typer stimuli trigger endokrine kjertler til å frigjøre hormoner; (I) humoral, (II) neural og (III) hormonelt stimuli. **Humoral stimuli** er hormoner frigitt av endrete nivåer av visse ioner eller næringsstoffer. **Neural stimuli** er hormoner frigjort av nervestimuli, mens **hormonell stimuli** er hormon frigjort av et annet hormon.

## 16.2 Hypotalamus & pituitary system

Hjernen, og **hypotalamus**, er det overordnede kontrollsenteret for det endokrine systemet. Dysfunksjon i en region av hjernen kan føre til høy eller lavt blodtrykk, dehydrering, vekttap eller vektoppgang, dårlig benhelse, muskeltap, infertilitet, svingninger av kroppstemperatur og insomnia. Hypotalamus mottar sensorisk input.

### Pituitary - hypofysen

Pituitarykjertelen, eller hypofysen, skiller ut minst åtte ulike hormoner. Kjertelen er på størrelse og form med en ert på en stilk og stilken kobler kjertelen til hypotalamus. I mennesker har hypofysen to hovedlober; posterior pituitary og anterior pituitary. Posterior pituitary skiller ut nevrohormoner, hormon sekretert fra nevroner, mottatt fra hypotalamus. Loben er dermed ikke hormon-produserende, men hormon-lagrende. Anterior pituitary både produserer og frigjør ulike hormoner,

### Pituitary - hypofysen

Hypotalamus kontrollerer utskillelse av hormoner fra hypofysen på to ulike måter.

(I) Hypotalamus-nevroner syntetiserer **oxytocin** eller **antidiuretic hormon (ADH)**. Oxytocin og ADH transporteres ned aksoner i **hypotalamus-hypofysetrakten** ned til posterior pituitary. Hormonene lagres i aksonterminaler og når assosierte hypotalamus-nevroner fyrer forårsaker det at hormonene frigjøres til blodet.

(II) Når tilstrekkelig stimulert skiller hypotalamus-nevroner ut frigjørende eller hemmende hormoner til **primær kapillær plexus**. Hormonene reisen ned portalvener til anterior pituitary hvor de stimulerer eller hemmer frigjøring av hormoner lagd i anterior pituitary. I respons til frigjorte hormoner skiller anterior pituitary ut hormoner til **sekundær kapillær plexus** som går ut i sirkulasjonssystemet.

### Posterior pituitary hormoner

**Oxytocin** og **antidiuretic hormon (ADH)** bestående av ni aminosyrer hver, er nesten identiske. De er ulike i kun to aminosyrer, men har likevel dramatisk ulike fysiologiske effekter. **Oxytocin** stimuleres av impulser fra hypotalamus-nevroner i respons til strekking av

**livmorhalsen** eller amming av spedbarn ved bryst, og hemmes av mangel på nevralt stimuli. **ADH** stimuleres av impulser fra hypothalamus-nevroner i respons til **økt blodlønnskonsentrasjon** eller nedgang i **blodvolum**. Stimuleres også av smerte og lavt blodtrykk. Hormonet hemmes dersom kroppen er tilstrekkelig hydrert eller ved inntak av alkohol. I nyrene stimulerer ADH nyre-tubuleceller til å **reabsorbere vann** tilbake til blodet.

### Anterior pituitary hormoner

**Anterior pituitary** har mange ulike hormoner som regulerer aktiviteten av andre endokrine kjertler. Alle de seks hormonene er peptider eller proteiner.

**Growth hormone (GH)** stimuleres av GHRH frigjøring som trigges av lave nivåer av GH. Hormonet stimuleres også av sekundære triggere som dyp søvn, økte nivåer av aminosyrer i blodet, trening, lave nivåer av fettsyrer og andre stressfaktorer. GH hemmes av feedback hemming utøvd av GH og insulin-liknende faktorer. Hemmes også av hyperglycemia, hyperlipidemia, overvekt og følelsesmessig deprivasjon. I leveren, ben, brusk og annet vev stimulerer GH **somatisk vekst** og **mobiliserer fett**.

**Thyroid-stimulerende hormon (TSH)** stimuleres av **thyrotropin-releasing hormon (TRH)** og i nyfødte ved kald temperatur. Hormonet hemmes av feedback hemming av thyroide hormoner. Hormonet stimulerer thyroidekjertelen til å frigjøre thyroide hormoner.

**Adrenocorticotropic hormon (ACTH)** stimuleres av **corticotropin-releasing hormon (CRH)**. Stimulig som øker CRH-frigjøring inkluderer feber, hypoglykemi og andre stressfaktorer. Hormonet hemmes av negativ feedback loop. I adrenal cortex promoterer ACTH frigjøring av glucocortikoider og androgener.

**Follikel-stimulerende hormon (FSH)** stimuleres av **gonadotropin-releasing hormon (GnRH)** og hemmes av negativ feedback. FSH stimulerer modning av eggstokkfollikel i kvinner og spermproduksjon hos menn.

**Luteinizin hormon (LH)** stimuleres også av GnRH og hemmes av negativ feedback. Hormonet trigger eggløsning og stimulerer produksjon av østrogen og progesteron hos kvinner. I menn promoterer det testosteron produksjon.

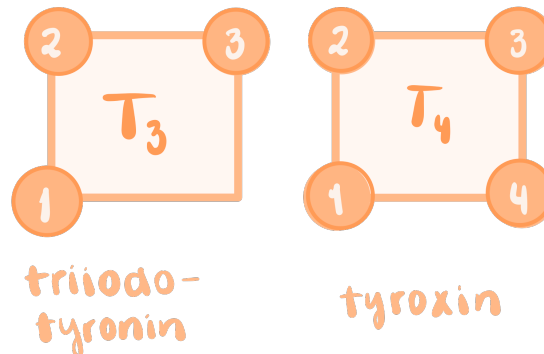
**Prolaktin** (PRL) stimuleres av nedgang av prolactin-inhibiting hormon (PIH), p-piller og amming og hemmes av PIH.

## 16.3 Thyroid - Skjoldbruskkjertelen

**Skjoldbruskkjertelen** er et sommerfugl-formet organ lokalisert i halsen og består av tyroid follikler. Kjertelen veier omtrent 15 til 25 gram og omslutter trachea. Veggene på folliklene produserer thyroglobulin, mens senteret lagrer **kolloid**. Tyroid-hormonet er derivert fra iodert thyroglobulin. Kjertelen produserer også **tyroxin** (T<sub>4</sub>), **triiodotyronin** (T<sub>3</sub>) og kalsitonin.

### Tyroid hormon (TH)

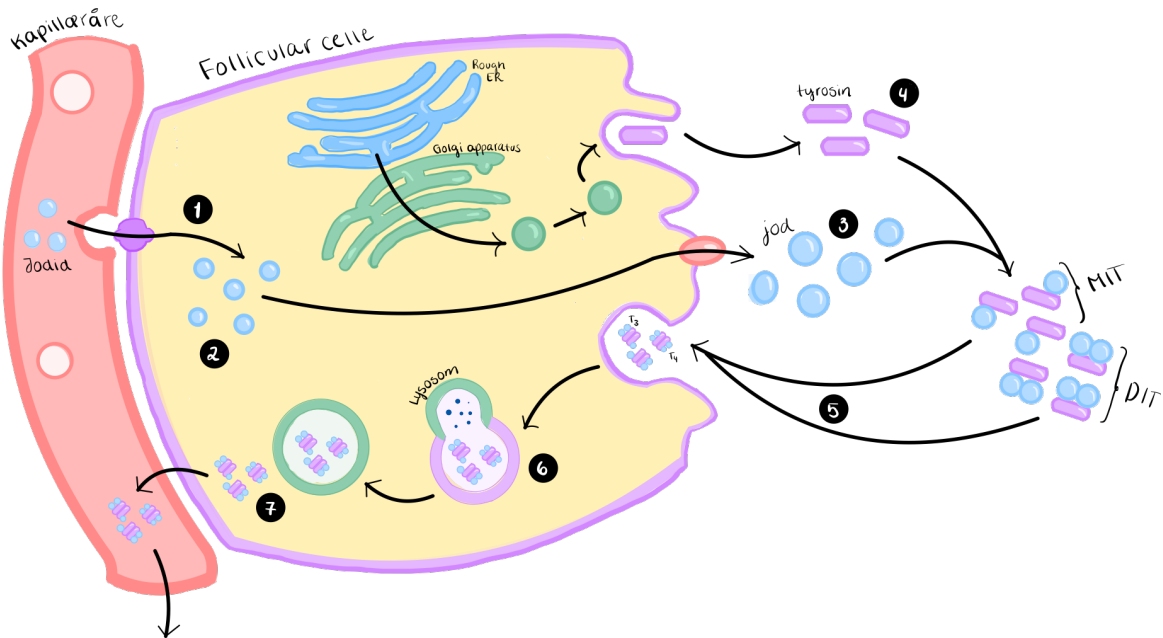
**Tyroid hormon** (TH) er to jodin-holdige aminhormoner kalt **tyroxin** (T<sub>4</sub>) og **triiodotyronin** (T<sub>3</sub>). T<sub>4</sub> er hovedhormonet skilt ut fra tyroidfolliklene, mens T<sub>3</sub> dannes i målvevet ved omdannelse fra T<sub>4</sub>. Begge forbindelsene er konstruert fra to koblede tyrosin aminosyrer, mens T<sub>4</sub> har fire bundne jodatomer og T<sub>3</sub> har kun tre. Effekter av TH inkluderer; (I) økt basal metabolsk rate, (II) regulering av vevsvekst og -utvikling og (III) vedlikehold av blodtrykk.



**Skjoldbruskkjertelen** er unik i dens evne til å lagre nok kolloid til å gi normale hormonnivåer for opptil to til tre måneder. Når **TSH** fra **anterior pituitary** bindes til en reseptor på follikelcellene er første respons å skille ut **tyroidhormon**. Andre respons er å syntetisere mer kolloid. Dette gjøres via en flerstegs-prosess; (I) thyroglobulin syntetiseres og slippes ut til follikel lumen. (II) jodid fanges fra blodet via aktiv transport og flyttes inn i follikel lumen ved fasilitert diffusjon. (III) jodid oksiderer til jod og (IV) kobles til tyrosin. Kobling av ett jodatome til tyrosin produserer **monoiodotyrosin** (MIT), mens to jodatomer til



tyrosin danner **diiodotyrosin** (DIT). Joderte tyrosiner kobles sammen og danner T<sub>3</sub> og T<sub>4</sub>. To stk DIT'er danner T<sub>4</sub>, mens MIT og DIT danner T<sub>3</sub>. (VI) for å skille ut hormonene benyttes endocytose som kombinerer vesiklene med lysosomer. (VII) lysosom-enzymmer splitter T<sub>4</sub> og T<sub>3</sub> fra thyroglobullin og hormonet diffunderer fra follikelcellen og ut i blodstrømmen.



### Regulering

Mesteparten av T<sub>4</sub> og T<sub>3</sub> som frigjøres i blodbanen kobles umiddelbart til **tyroxin-bindende globuliner** (TBG) og andre transportproteiner produsert av leveren. Dalende TH jodnivåer trigger frigjøring av TSH som fører til mer thyroïdhormon. Økende nivåer hemmer hypothalamus-anterior pituitary axis som midlertidig stanser stimuli for TSH.

### Sykdom

Både over- og underaktivitet av skjoldbruskkjertelen kan gi metabolske forstyrrelse.

**Hypothyroide lidelser** kommer av at skjoldbruskkjertelen ikke er aktiv nok. Sykdommer knyttet til hypothyroidisme er **myxedema**. Symptomene på myxedema er lav metabolsk rate, tørr hud og hovne øyne. Dersom myxedemaen kommer av mangel på jod kan også goiter forekomme. En **goiter** er en synlig forstørrelse av skjoldbruskkjertelen. En **hypertyroid lidelse** er **Graves disease**. Det er en autoimmun sykdom som forekommer fordi det dannes unormale antistoffer direkte mot thyroïdfollikelcellene. Symptomer inkluderer forhøyet metabolsk rate, svette, uregelmessig hjerterytme, nerver og vekttap. Øyeballene kan også

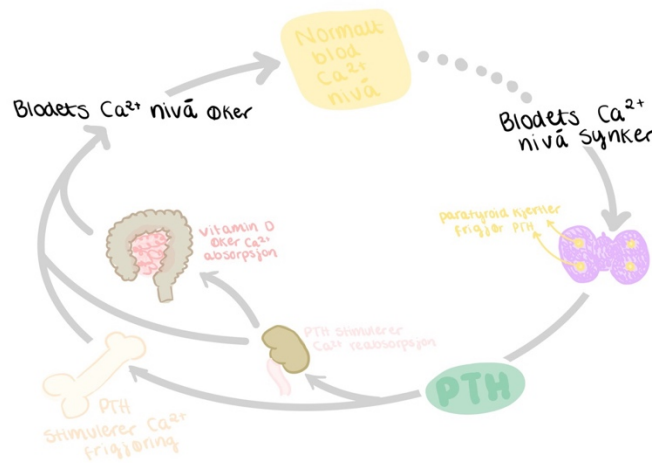
stikke ut. Behandling innebærer å kirurgisk fjerne skjoldbruskkjertlene eller å innta radioaktivt jod som ødelegger de mest aktive tyroidcellene.

### Calcitonin

**Calcitonin** er et polypeptid hormon frigjort av parafollikler (C celler) i respons til økning i blodets  $\text{Ca}^{2+}$  nivå. Hormonet har ingen kjent funksjon i mennesker, men ved høye doser kan det ha en effekter på skjelettet.

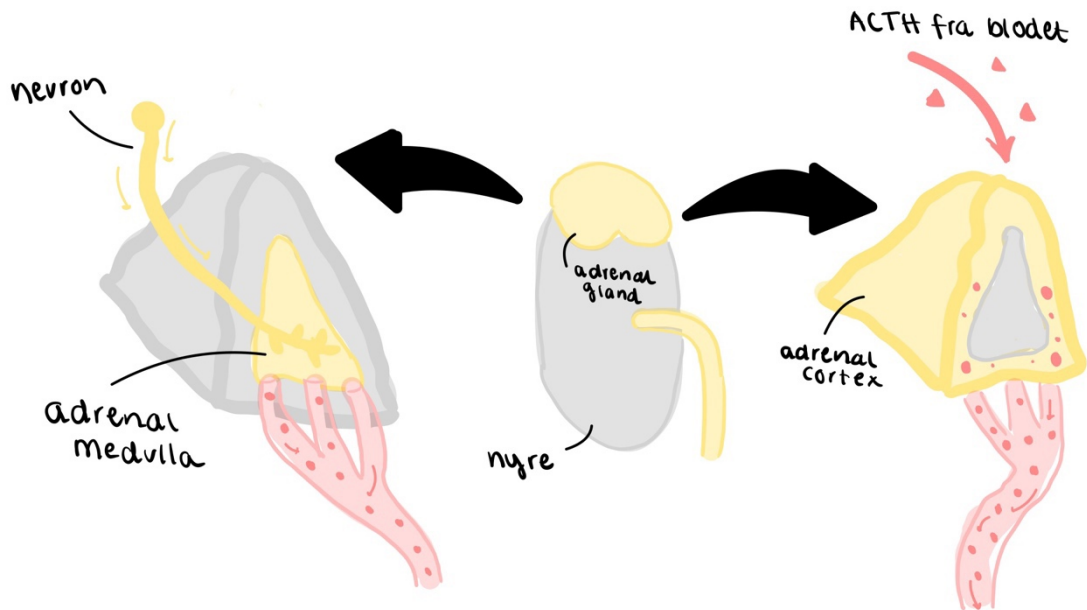
### Biskjoldbruskkjertler – paratyroide kjertler

**Paratyroide kjertler** er et sett av fire små strukturer på skjoldbruskkjertelen som spiller en stor rolle i blodets  $\text{Ca}^{2+}$  regulering. Når nivå er under et set point frigjør kjertlene **paratyroid hormon (PTH)**. *PTH* hever  $\text{Ca}^{2+}$  nivået i blodet gjennom direkte effekter i ben og nyrer og indirekte effekter på tarmen. Tyroidkjertlene kan også bidra til kalsium homeostase. Dersom  $\text{Ca}^{2+}$  nivå er over set point frigjøres **calcitonin**, et hormon som hemmer ben-nedbryting og øker  $\text{Ca}^{2+}$  ekskresjon i nyrene.



## 16.4 Binyrene - Adrenal gland

**Adrenal kjertlene**, eller binyrene, er pyramideformede kjertler lokaliser på toppen av hver av de to nyrene. Hver binyre består av to kjertler; den indre delen **adrenal medulla** som er del av et sympatiske nervesystemet og den ytre delen **adrenal cortex**. Adrenal cortex består av endokrine celler, mens adrenal medulla har sekretoriske celler utviklet fra nevralt vev. Hvert område produserer sine egne hormoner, men alle adrenale hormoner hjelper med å takle stress.



## Adrenal cortex

**Adrenal cortex** syntetiserer mange sterioider som samlet kalles **kortikosteroider**. Kjertelen er arrangert i tre soner; zona glomerulosa, zona fasciiculata og zona reticularis.

**Zona glomerulosa** produserer **mineralokortikoider** som er hormoner som hjelper å med å kontrollere balansen av vann og mineraler i blodet. Mineralokortikoider regulerer elektrolyttkonsentrasjoner i den ekstracellulære væsken. Konsentrasjonen av  $\text{Na}^+$  og  $\text{K}^+$  er kritisk for å vedlikeholde homeostase. Reguleringen av disse er aldosteron sitt ansvar.

**Aldosteron** er en type mineralokortikoid som stimulerer reabsorpsjon av  $\text{Na}^+$  og forårsaker  $\text{K}^+$  sekresjon for eliminering fra kroppen. Aldosteron kan i noen tilfeller andre syre-base balansen til blodet.

**Zona fasciculata** er det midterste laget og produserer metabolske hormoner kalt glukokortikoider. Glukokortikoider påvirker energimetabolismen av de fleste kroppsceller og bidrar til å stå imot stress. Under normale forhold hjelper de kroppen å holde blod-glukosenivået relativt konstant og opprettholde blodtrykket. Glukokortikoid-hormoner inkluderer **kortisol**, **kortison** og **kortikosteron**, der kun kortisol skiller ut i større mengder. Overskudd av glukokortikoider kan føre til **Cushings syndrom**. Symptomene inkluderer forhøyede blod-glukose nivåer, muskeltap, hovent ansikt og en refordeling av fett til bak nakken som fører til en karakteristisk kul. Behandlingen går ut på å fjerne svulsten som forårsaker sykdommen. **Addisons sykdom** er hovedsykdommen for hyposekresjon av adrenal

cortex og fører vanligvis til mangel i både glukokortikoider og mineralokortikoider. Påvirkede individer har vekttap og er dehydrerte.

Det innerste laget, **zona reticularis**, produserer små mengder kjønnshormoner kalt **gonadokortikoider**. De fleste gonadokortikoidene som skilles ut fra adrenal cortex er svake androgener som konverteres til mer potente hormoner som testosteron.

### Adrenal medulla

Cellene i **adrenal medulla** syntetiserer **katekolaminer** i form av **epiniferin** og **norepinefrin** via en molekylær sekvens fra tyrosin til dopamin til norepinefrin til epinefrin. Når en korttids stressfaktor aktiverer kroppens **fight-or-flight** status mobiliseres det sympatiske nervesystemet. Blodårer trekkes sammen og hjerterytmen øker. Blodglukose-nivået øker og preganglioniske sympatiske nerveender i adrenal medulla signaliserer frigjøring av katekolaminer. Epinefrin er en mer potent stimulator av metabolske aktivitet, men norepinefrin har en større påvirkning på det vasokonstriksjon og blodtrykk.

### 16.5 Pineal kjertelen

Den lille kogleformede **pinealkjertelen** henger fra toppen av den tredje ventrikkelen i diencephalon. Hovedsekresjonsproduktet er **melatonin**, et aminhormoin derivert fra serotonin. Melatonin konsentrasjoner i blod heves og senkes etter en 24-timers syklus. Høyeste nivå oppnås på natten, mens laveste nivå er midt på dagen.

### 16.6 Bukspyttkjertelen – Pancreas

**Bukspyttkjertelen** er lokalisert delvis bak magen og er en blandet kjertel av både endokrine og eksokrine kjertelceller. **Acinarceller** produserer enzymrik væske som drives av kanaler til tynntarmen under fordøyelse. Mellom acinarcellene er **pancreatic islets** (islets og langerhans) som produserer bukspyttkjertelhormoner. Pancreatic islets inneholder to hormonproduserende celler; **alfa- og betaceller**.

#### Alfaceller og glukagon

**Alfaceller** skiller ut **glukagon** og er færre i antall. **Glukagon** er et **hyperglycemic** hormon som øker blodglukosenivået. Hoved-målorganet for glukagon er leveren hvor det promoterer;

(I) nedbryting av glykogen til glukose, (II) syntese av glukose fra melkesyre og ikke-karbohydrat molekyler og (III) utskillelse av glukose til blodet ved leverceller.

## Betaceller og insulin

**Betaceller** skiller ut **insulin** og er fler i antall. Insulin er et **hypoglycemic** hormon som senker blodglukosenivået. Insulinets effekter er mest tydelige etter man har spist. Hovedoppgaven til hormonet er å senke blodets glukosenivå, men det promoterer også proteinsyntese og fettlagring. Sirkulerende insulin fungerer på tre måter; (I) øker membrantransport av glukose inn i kroppsceller, (II) hemmer nedbryting av glykogen til glukose og (III) hemmer omdanning av aminosyrer og fett til glukose.



## Diabetes type I og II

**Diabetes** kommer av enten hyposekresjon eller hypoaktivitet av insulin. Når insulin mangler fører det til **diabetes type I**, men hvis insulin er tilstede men effektene er dårlig fører det til **diabetes type II**. I begge tilfeller er resultat at blodets glukosenivåer forblir høye etter inntat mat. De tre tegnene på diabetes er; behov for å tisse, dehydrering og sult og økt matinntak.

## 16.7 Oksidativt stress

Oksidativt stress teorien om aldring, også kjent som frie radikaler teorien om aldring, er en teori som innebærer at frie radikaler produsert under aerobic respirasjon forårsaker kumulativ oksidativ skade som resulterer i aldring og død. Reaktive oksygenarter (ROS) produseres som

biprodukt av oksidativ fosforylering. 99 % av elektroenen i elektrontranskjeden klarer seg hele veien gjennom og danner H<sub>2</sub>O, men et par stjeles fra kjeden av molekylært O<sub>2</sub> og danner O<sub>2</sub><sup>-</sup>. ROS kan angripe kjemiske bindinger, samt ødelegge makromolekyler og DNA, dette fører til oksidativt stress.

Det er ulike beviser mot denne teorien; aldring er en kompleks prosess som trolig er regulert av flere ulike fysiologiske og molekylære mekanismer, inkludert oksidativt stress.

ROS er også et viktig signalmolekyl som regulerer mange fysiologiske prosesser og har fordelaktige effekter ved moderat produksjon.

# Kapittel 18 HJERTET

## 18.1 Sirkulasjonssystemet

Et sirkulasjonssystem består av tre hovedkomponenter; en **sirkulasjonsvæske**, sett av sammenkoblede **årer** og en **muskelpumpe** (*hjerte*). **Hjertet** driver sirkulasjonen ved metabolsk energi for å heve sirkulasjonsvæskens **hydrostatisk trykk** og væsken flyter gjennom årene og tilbake til hjerte. Det er to ulike tilnærminger definisjonsmessig. (I) **Den mekaniske tilnærmingen**; trykkdrevet strøm av væske (*blod*) gjennom et system av årer og andre passasjer som bringer blodet til alle deler av kroppen. (II) **Definert ut ifra funksjon**: trykkdrevet strøm av blod som hurtig transporterer O<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub>, næringsstoffer, organiske avfallsstoffer, hormoner, immunstoffer, varme, samt andre stoffer, og som ofte er kilde for hydraulisk trykk for organfunksjoner. **Bokas tilnærming**: det kardiovaskulære systemet danner transportsystemet som holder blodet sirkulerende og bringer næringsstoffer og oksygen til celler, samt fjerner avfall.

I **lukkede sirkulasjonssystem** kalles sirkulasjonsvæskens for **blod**. Kjemisk utveksling skjer mellom blodet og interstitiell væske. Fordelen med lukket sirkulasjonssystem er det høye blodtrykket som kan levere oksygen og næringsstoffer i store og aktive dyr, samt regulere fordelingen av blod til ulike organer.

## 18.1 Hjertets anatomi

**Hjertet** er sirkulasjonssystemets pumpe, er lokalisert sentralt mellom lungene og mellomgulvet, og er delt inn i fire kamre fordelt på høyre og venstre side. Hver side har hvert sitt **forkammer** og **hovedkammer**. Totalt består hjertet av fire kamre der hovedkamrene, også kalt **ventriklene**, har tykkere og kraftigere vegger, spesielt den venstre ventrikkelen, og forkamrene, **atriene**, har tynnere veggstruktur. Selve hjerteveggen er satt sammen av tre lag; **endokardium**, **myokardium** og **epikardium**. **Endokard** kler hjertets innside, **myokard** omtales som selve hjertemuskulaturen og **epikard** omslutter myokard og danner det ytterste laget. Myokardium er muskellaget ansvarlig for blodpumpingen og lagets tykkelse avhenger av trykket i hvert kammer. Myokardium er dermed tykkest i ventriklene, spesielt i venstre ventrikkel, og tynnere i atrium. Venstre ventrikkel pumper som nevnt blod ut i den systemiske kretsen og trykket er dermed høyest i dette kammeret.

### Myokardium

Muskelvevet i hjertet er stripet muskulatur som kan likne på skjelettmuskulatur, men som likevel er veldig forskjellig. Tilliggende muskelceller er forbundet med **intercalated discs** og det er disse strukturene som tilkjenner gir muskelceller i mikroskopet. Intercalated discs er viktige for mekaniske og elektriske egenskaper i hjertemuskulaturen. Mekaniske krefter overføres fra en celle til en annen. Elektrisk aksjonspotensial overføres via **gap junctions** fra celle til celle, dermed kontraherer alle cellene i veggen til et kammer samtidig.

### Hjerteklaffer

Blod som returnerer til hjertet fyllet **atrium** og presser mot den **atrioventrikulære klaffen** (AV-klaffen). Det økte trykket mot AV-klaffene tvinger de til å åpnes. **Ventriklene** fylles av blod, mens klaffen henger ned mot ventriklene. Atria sammentrekkes og tvinger ytterligere blod ned i ventriklene. Deretter trekker ventriklene seg sammen og tvinger blod mot AV-klaffen som da lukkes. Papillær muskler og chordae tendinae strammes og hindrer klaffen fra å vende inn i atrium.

Ettersom ventriklene kontraherer og intraventrikulært trykk øker, presses blod mot **semilunar klaffer** og tvinger de til å åpnes. Når ventriklene slapper av og det intraventrikulære trykket faller, strømmer blodet tilbake fra arteriene og tvinger semilunar klaffene til å lukkes

### Systole & diastole

**Systole** er perioden for ventrikkelens sammentrekning. Blodtrykket er da høyt. **Diastole** er perioden for ventrikkelens avspenning og da hjertet fylles med blod. Under diastolen er blodtrykket lavere.

### Regulering av hjerterytmen

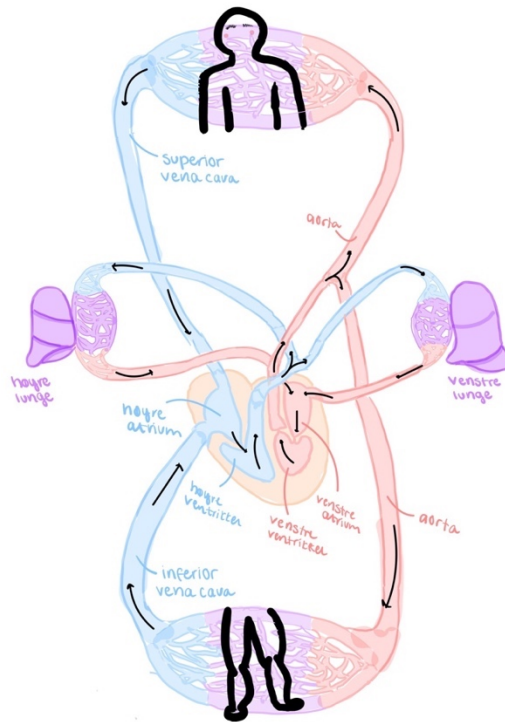
Hjerterytmen reguleres av både det sympatiske- og det parasympatiske nervesystemet.

**Vagusnerven** (parasympatisk) holder hjerterytmen nede. Uten denne vil hjertet slå omtrent 100 slag i minuttet, i pacemakerens takt. Hjertetransplanterte pasienter mangler koblingen mellom hjertet og vagusnerven. Sympatisk hjerte-innervering øker hjerterytmen og tvinger kontraksjon. Også hormoner vil kun påvirke hjerterytmen, men hormoner har lenger responstid enn nervesystemet.

## 18.2 Kretsløp

Hjertet driver to kretsløp: **lungekretsløpet** (*pulmonary circuit*) og **systemkretsløpet** (*systemic circuit*). Menneskets kardiovaskulære system begynner med **pulmonary krets**. Kontraksjon av høyre ventrikkel pumper blod til lungene via **pulmonary arterier**. Blodet flyter gjennom kapillærbuds i venstre og høyre lunge, laster oksygen og lossrer karbondioksid. Oksygenrikt blod returnerer fra lungene via **pulmonary vener** til venstre atrium av hjertet. Videre flyter det oksygenrike blodet til hjertets venstre ventrikkel som pumper blodet ut til kroppen via **systemic krets**. Blodet forlater ventrikkelen via **aorta**, som gir blodet til arterier gjennom kroppen. Aorta forgrenes til kapillær buds i hodet og armene og gå videre ned til magen, organene i magen og bena. I kapillærbudsene er det nettobevegelse av oksygen ut og karbondioksid inn i blodet. Det oksygenfattige blodet fra hodet, nakken og forlemmene samles i en stor vene, **the superior vena cava**. Mens **inferior vena cava** tapper blod fra baklemmene. Begge venene ender i høyre atrium der blodet går videre til den høyre ventrikkelen og kretsen begynner på nytt.





### 18.3 Sykdom og behandling

#### Hjerteinfarkt

Et hjerteinfarkt er en akutt, hel eller delvis **blokkering av koronaarteriene**. Det vil si at blodtilførselen til hjertemuskulaturen begrenses eller stanses. Symptomer på hjerteinfarkt er smerter i brystet, tungpusthet og stråling ut i armene. Et hjerteinfarkt kan oppdages ved å ta en EKG, blodprøve, ultralyd eller koronar angiografi, en røngtenundersøkelse av koronaarteriene som gjennomføres ved å føre et kateter inn i hjertet via lysken eller armen. Ved en blodprøve ser man etter infarktmarkører som for eksempel troponin som frigjøres ved skade på hjertemuskulaturen. Behandling av et hjerteinfarkt innebærer at et kateter føres inn i arteriene via lysken. Deretter blåses en ballong opp der proppen er lokalisert i kransarterien for å sprengne den bort. Det blir liggende stent inne i kransarterien for å holde den åpen der proppen var lokalisert. Dette kalles ballon angioplastikk, ballongdilatasjon eller perkutan koronar intervensjon (PCI). Andre behandlingsmetoder er trombolyse, medisiner som gis rett i åren for å løse proppen, eller andre hjerteoperasjoner etter behov.

#### Klaffefeil

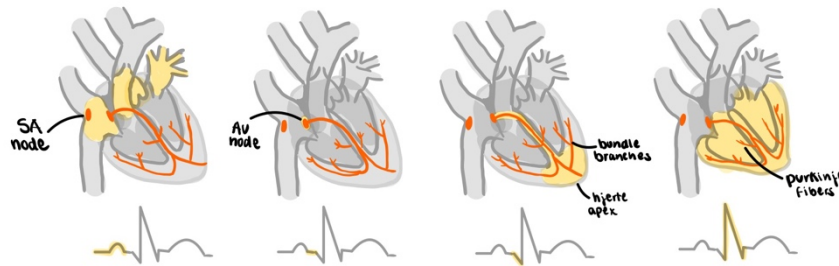
Det er to hovedtyper feil med klaffene, **stenose** (forsnevring) og **insuffisiens** (lekkasje). Begge feilene gjør at hjertet blir mindre effektivt slik at det må arbeide hardere for å pumpe blodet.

rundt om i kroppen. Dette kan føre til at hjertet overbelastes og gi hjertesvikt og rytmeforstyrrelser. Alvorlige klaffefeil er relativt sjeldent. En klaffefeil kan være medfødt selv om symptomene ikke viser seg før man er 60-70 år gammel. Dette fordi hjertet kompenserer ved å vokse seg større over tid for å bli kraftigere og kunne ta i mer per hjerteslag. Symptomer på klaffefeil inkluderer besvimelse og hjertesvikt, forkalkninger, betennelse og medfødte svakheter kan være årsaken til klaffefeil, men i mange tilfeller er årsaken ukjent. En klaffefeil kan diagnostiseres ved å lytte etter bilyd ved å benytte et stetoskop, men en ultralydundersøkelse av hjertet er viktigst. Belastnings-EKG kan også benyttes og ved å måle blodtrykk kan man undersøke om det er stor forskjell på systolisk og diastolisk blodtrykk og dermed oppdage en eventuell lekkasje. En hjerteklaffefeil kan behandles på ulike måter. Den vanligste sykdommen, aortastenose (trang klaff til hovedpulsåren), kan behandles med medisiner (betablokkere), ny mekanisk eller biologisk hjerteklaff eller en kateterbasert aortaklaff operasjon. Aortasuffisiens (lekkasje i aortaklaffen) kan også behandles med medisiner, operasjon og ny mekanisk eller kunstig hjerteklaff, men kan også behandles ved å minske belastningen på hjertet ved å unngå stress og fysiske anstrengelser.

### 18.4 Hjertets elektriske impulser

Hjertets elektriske impulser, **aksjonspotensialet**, genereres fra spesialisert muskelvev kalt pacemakerceller lokalisert i **sinusknuten**. Et aksjonspotensial dannes som resultat av at cellens indre har en negativ ladning sammenlignet med cellens ytre forårsaket av henholdsvis høy konsentrasjon av kloridioner på innsiden og høy konsentrasjon av natriumioner på utsiden. Denne negative ladningen tilsvarende omtrent  $-70$  millivolt. Når aksjonspotensialet genereres åpnes kanalproteiner i cellemembranen delvis og natrium diffunderer inn i cellen slik at potensialet blir mindre negativt. Dersom terskelverdien på  $-60$  millivolt nås åpnes natriumkanalene fullstendig. Potensialet depolariseres til et aksjonspotensiale på omtrent  $50$  millivolt som igjen aktiverer natriumkanaler i omkringliggende celler slik at potensialet forplantes videre. Nedgangen i forårsakes av at natriumkanalene lokkes og kaliumkanaler åpnes slik at ladningen går tilbake til  $-75$  millivolt og cellen er klar for et nytt aksjonspotensial (3, 10, 12). **Pacemakercellene** i sinusknuten danner aksjonspotensialer uten påvirkning av andre celler og viderefører potensialet til omkringliggende celler slik at aksjonspotensialet forplantes videre. De elektriske impulsene spres videre gjennom høyre og venstre atrium og de trekkes sammen slik at blodet tvinges ned i ventriklene. Lokalisert i overgangen mellom ventriklene er en ny gruppe spesialiserte muskelfibre kalt **atrioventrikulærknuten**. AV-

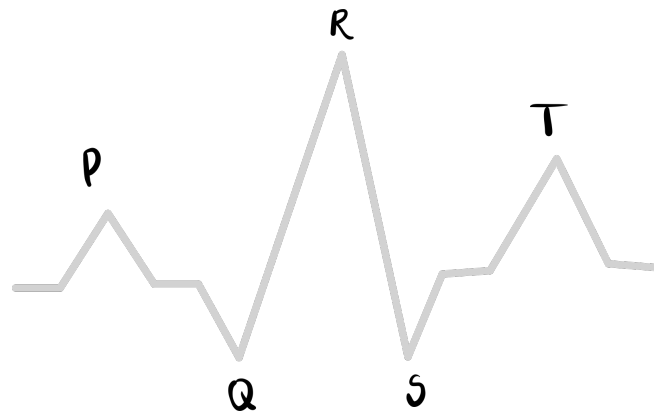
**knuten** mottar de elektriske impulsene og forsinker signalet slik at ventriklene ikke trekkes sammen før de har rukket å fylles med blod. Videre forplantes aksjonspotensialet gjennom **His-bunten**, en samling av spesialiserte celler som viderefører signalet til ventriklene. His-bunten forgrenes til venstre og høyre og videre til **purkinje-fibre**. Purkinjefibrene er spredt gjennom hjertets ventrikkelvegg og sørger for at ventriklene trekkes sammen som en koordinert enhet.



**Hjertets aksjonspotensial** er veldig langvarig sammenlignet med i andre nevroner. Depolariseringen av cellemembranen, som er stimuli for kontraksjon, varer i 100-150 ms, mens depolarisering av nevroner har varighet på under 1 ms. Det er mekanismer i hjertet for å sikre at sammentrekningen er langvarig. Hjertemuskelcellene må kontraherte i 100-500 ms i hvert hjerteslag for at hjertet skal pumpe effektivt.

### EKG – Elektrokardiogram

Den elektriske spenningen forplantet i hjertet kan måles ved hjelp av **elektrokardiogram**, (EKG). **EKG** er en sammensetning av alle aksjonspotensialene som genereres av hjertet over en gitt tid. Resultatet gir et omfattende bilde av hjertets elektriske aktivitet. En standard EKG har tre forskjellige bølger; **P- bølgen**, **QRS komplekset** og **T- bølgen**. Videre består en EKG-syklus av ulike intervaller. **PR-intervallet** er tiden fra begynnelsen av eksitasjon av atriene frem til eksitasjon av ventriklene. **ST- intervallet** er segmentet hvor aksjonspotensialet i de ventrikulære myocytene når deres platå. **TP intervallet** er tiden mellom hver hjertesammentrekning, altså tiden fra repolarisering til neste depolarisering av SA-noden. Under trening vil hele intervallet av en EKG-måling bli kortere, forkortelsen skjer hovedsakelig i TP-intervallet.



## 18.5 Minuttvolum

**Minuttvolum** er **hjerterytmen** (slag per minutt) multiplisert med **slagvolumet** (milliliter per slag). Slagvolumet er slutten av **diastolisk volum** minus slutten av **systolisk volum**.

Minuttvolum varierer fra person til person og fra hvile til trening. Ettersom minuttvolumet avhenger av både slagvolum og hjerterytmen, er det disse to faktorene som gjør at minuttvolumet kan variere. Hjerterytmen vil øke under trening, mens slagvolum avhenger av hvor mye blod hjertet pumper og er en faktor som kan forbedres ved å trene.

$$\text{Minuttvolum} = \text{Slagvolum} \times \text{Hjerterytme}$$

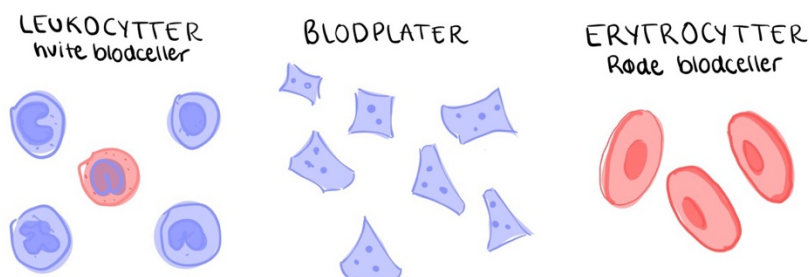
Handwritten annotations: "liter per minutt" with an arrow pointing to the result, "slag per minutt" with an arrow pointing to "Hjerterytme", and "liter per slag" with an arrow pointing to "Slagvolum".

$$\text{Slagvolum} = \text{diastolisk volum} - \text{systolisk volum}$$

Handwritten annotations: "slutten av" above "diastolisk volum" and "slutten av" above "systolisk volum".

## 18.6 Blod

Vertebrat blod består av **plasma**; ioner og plasmaproteiner, og **cellulære elementer**; hvite blodceller, blodplater og røde blodceller.



### Plasma

Oppløste **ioner** i plasma er essensielle, noen bufrer blodet, mens andre opprettholder osmotisk balanse. Konsentrasjonen av ioner påvirker den interstitielle væsken. **Plasmaproteiner** fungerer også som buffere og opprettholder osmotisk balanse. Proteinene har også andre funksjoner som forsvar mot virus og å fikse lekkasjer.

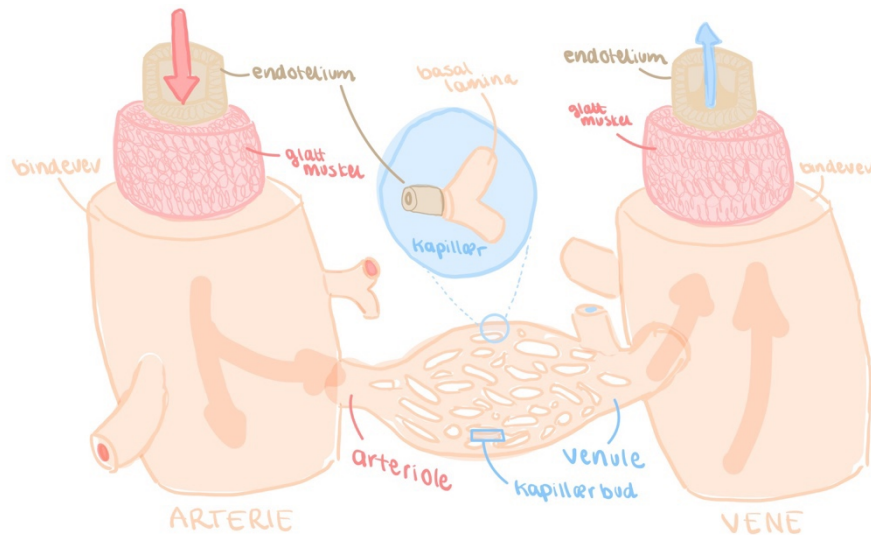
### Cellulære elementer

Blod består av to celletyper; **røde** (*erythrocytter*) og **hvite** (*leukocytter*), i tillegg til **blodplater**. Røde blodceller transporterer oksygen og er formet som små diskler som øker overflatearealet. Modne **erythrocytter** mangler kjerne som åpner for mer plass til **hemoglobin**. Hemoglobin inneholder jern og transporterer også oksygen. Erythrocytter mangler også mitokondrie og generer ATP **anaerobt**, oksygentransport ville vært mindre effektivt **aerobt** da cellene ville konsumert oksygenet de bærer. Blodet inneholder fem hovedtyper av hvite blodceller som har som funksjon å bekjempe infeksjoner. **Blodplater** er cytoplasmiske fragmenter av spesialiserte benmargceller og har strukturelle og molekylære funksjoner for å hindre blodpropp. De cellulære elementene utvikles fra stamceller lokalisert inne i ben i ribbenene, brystbenet, bekken og ryggvirvlene. **Koagulering**, konversjon av flytende komponenter av blod til solide, er responsen som stanser blødning dersom en blodåre skades.

## Kapittel 19 BLODÅRER

### 19.1 Blodårestruktur

De fleste blodårer består av tre lag; **tunica intima** (innerst), **tunica media** (mellom) og **tunica externa** (ytterst). Årenes diameter kan reguleres ved **vasokonstriksjon** (sammentrekning) og **vasodilatasjon** (utstrekking). Alle blodårer er «foret» med **endothelium**, et enkelt lag av flate epitelial celler, som minimaliserer motstanden til væskeflyt. Rundt endothelium er vevslag som er ulik i ulike blodårer. **Kapillærene** er de minste årene, har tynne vegger og består av endothelium og basal lamina. Utveksling av stoffer skjer i kapillærer fordi åreveggene er tynne nok. **Arterier** og **vener** har to lag utenfor endothelium. Arterivegger er tykke, sterke og elastiske og kan derfor stå imot det høye blodtrykket. Vener driver blodet tilbake til hjertet og krever dermed ikke like tykke vegger. Venene har derimot ventiler som opprettholder ensrettet blodstrøm på tross av det lave blodtrykket.



### 19.2 Arterier

Elastiske **arterier** har tykke vegger og befinner seg nært hjerte. Dette omfatter **aorta** og de største forgreiningene. At årene er elastiske gjør de til et trykkreservoar. Muskulære arterier eller fordelingsårer fordeler blod til ulike deler av kroppen ved vasokonstriksjon. **Arteriolen**, motstandsårer, er de minste arteriene og har en indre diameter på 10 mikrometer til 0.3 millimeter. Arteriolen bestemmer blodstrømmen til kapillærnettverket.

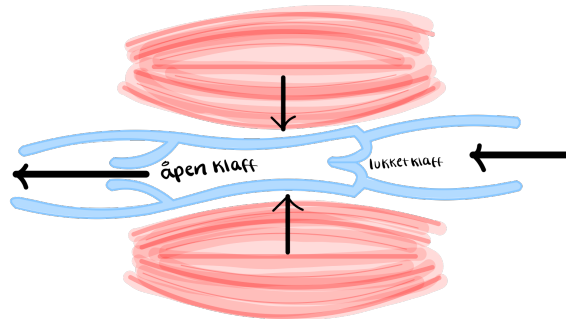
### 19.3 Kapillærer

**Kapillærene** er mikroskopiske årer med tynne vegger. De har kun ett lag (tunica intima) som gjør de optimale for gassutveksling i kroppsvevet. Snittlengde på kapillærene er 1 mm og de har i snitt en indre diameter på mellom 8 og 10 mikrometer. Kapillærene danner nettverk, **kapillærnettverk**, i vevet for utveksling av gasser og næringsstoffer. Dette utgjør **mikrosirkulasjonen**, blodstrømmen gjennom kapillærnettverket, fra **arteriole** til **venule**. Deler av kapillærnettverket kan stenges av ved **blod-shunt**. Det er høy kapillærtetthet i skjelettmuskulatur og myocardium. Der er tettheten opptil mellom 10 og 20 meter per kubikkentimeter. I setemuskulaturen er det 300 til 600 kapillærer per kvadratmillimeter. Denne tettheten minker med alderen. Nydannelse av kapillærer kalles **angiogenesis**.

### 19.4 Vener

**Vener** er blodårer som returnerer blodet fra kapillærene tilbake til hjertet og de fungerer som blodreservoar. Årene forgrenes fra store vener til mindre og mindre **venuoler**. I venene er det

**veneklaffer** som hindrer at blodet strømmer tilbake dit det kom fra. **Venous sinuses** er spesialiserte, flate vener med ekstremt tynne vegger. For eksempel venen dural venous sinus tar opp cerebrospinalvæske og bloddrenering fra hjernen.

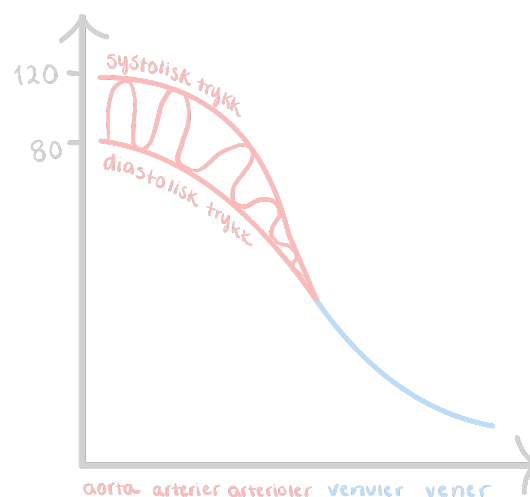


### 19.5 Blodtrykk

Blod flyter fra områder med høyt til lavt trykk. Sammentrekning av hjerte generer blodtrykket. Delen av trykket fordelt lengdevis i en atrie gjør at blodet flyter fra hjertet, mens kraften til sidene strekker veggene i arteriene. Motstanden øker i arteriolene og kapillærene der årene er mindre. Arterisk blodtrykk er høyest når hjerte trekkes sammen i ventrikulær systole og kalles da **systolisk trykk**. Under diastole går de elastiske veggene i arteriene tilbake og gir et lavere trykk kalt **diastolisk trykk**. Homeostatiske mekanismer regulerer blodtrykket ved å endre diameteren i arterioler.

**Vasoconstriction** er når arteriolene blir smalere, mens **vasodilation** er når diameteren øker.

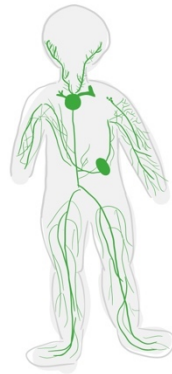
Tyngdekraften påvirker blodtrykket og forklarer besvimelse. Besvimelse trigges når blodtrykket i hjernen er for lavt og ved å besvime faller kroppen sammen og hodet plasseres på nivå med hjertet.



## Kapittel 20 LYMFESYSTEMET

### 20.1 Lymfesystemet

Et menneske mister væske fra kapillærene til omkringliggende vev hver dag og det er også lekkasje av blodproteiner. Den tapte væsken og proteinene blir gjenfunnet og returnert til blodet via **lymfesystemet**. Væske diffunderer inn i lymfesystemet via et nettverk av små vener og kapillærer. Lymfeårene er et enveis-system for å gjenvinne lymfen tilbake til sirkulasjonen. Den gjenvunnede væsken, **lymfen**, sirkulerer i lymfesystemet før den tappes til store veier i det kardiovaskulære systemet ved nakken.



På samme måte som det er ulike former for blodårer, er det også ulike former for lymfeårer. De minste årene er **lymfatiske kapillærer**, disse samles til **collecting lymfeårer**, som igjen samles i **lymfatisk trunk** som igjen samles i **lymfatic ducts**. Lymfesystemet har ikke en pumpe som driver væsken videre og så transporten går sakte og ved lavt trykk. Fysisk aktivitet øker strømmen og klaffer i årene hindrer tilbakeflyt.



### 20.3 Lymfoide celler og -vev

**Lymfoide celler** inkluderer **B og T celler**, **makrofager**, dendritic celler og reticular celler. Lymfevevet er viktig for immunsystemet og huser lymfocytter og surveillance vantage point. Lymfevev er for det meste sammensatt av reticular bindevev og organisert inn i diffust lymfevev eller **lymfefollikler**.



## 20.4 Lymfeorganer

Lymfeorganene deles inn i **primære og sekundære lymfeorganer**.

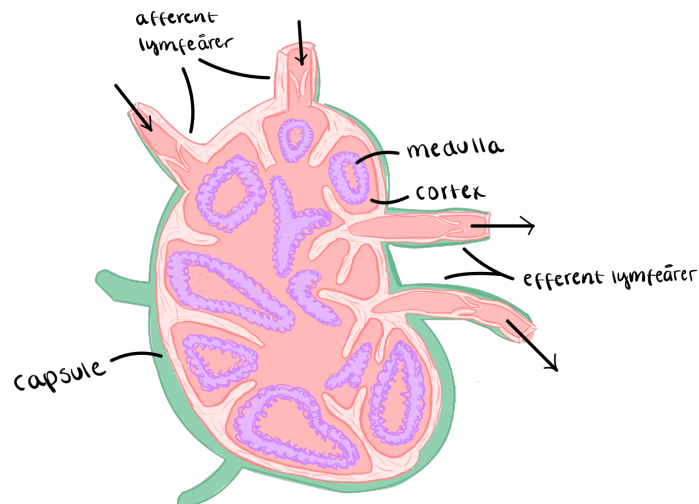
### Primære lymfeorganer

De **primære lymfeorganene** inkluderer thymus og rød benmarg. B og T cellene modnes i de primære lymfeorganene; B celler i Benmargen og T cellene i Thymus.

### Sekundære lymfeorganer

De **sekundære organene** er **lymfeknuter, mandlene, milten, peyers patches og blindtarmen**. B og T cellene aktiveres i de sekundære lymfeorganene.

**Lymfeknutene** er fordelt langs lymfeårene og har som funksjon å rense lymfen, lymfocytt aktivering og å aktivere immunsystemet. Knutene får lymfen innført av afferent lymfeårer og lymfen forlater knuten via efferente lymfeårer. Knuten består av cortex og medulla, samt en capsule som omslutter hele strukturen.



**Milten** er lokalisert på venstre side i bukhulen og har som funksjon å drive immunrespons og blodrensing. Organet er også et område for lymfocytt aktivering og lagrer blodplater, monocytt og jern. Strukturen er kapsulert.

**Mandlene** er en del av **mucosa-associated lymfotid tissue (MALT)**. De er lokalisert ved inngangen til pharynx og har som oppgave å fjerne patogener som kommer inne gjennom mat

og luft via munnen og nesa. Strukturen deres er ikke fullstendig kapsulert, i motsetning til milten og lymfeknutene.

**Peyers patches** er også en del av **MALT** og er lokalisert i tynntarmen. Strukturene har liknede funksjoner som mandlene i munnhulen.

**Blindtarmen, MALT**, er lokalisert som en rørformet utvekst på tykktarmen. Strukturen består av lymfoide follikler og har som funksjon å hindre bakterier fra å bryte tarmveggen.

**Thymus** er lokalisert i halsen og har som funksjon å modne T celler til immunokompetente lymfocytter. Strukturen er mest fremtredende i nyfødte og reduseres etter puberteten.

## Kapittel 21 IMMUNSYSTEMET

### 21.1 Immunsystem

**Immunsystemet** forsvarer kroppen fra sykdom-forårsakende organismer og kreftceller. Dette gjøres ved **innate defenses** og **adaptive defenses**.

### 21.2 Innate immunsystem

**Innate immunsystemet** består av to forsvarslinjer; første- og andre forsvarslinje. Innate forsvar omfatter overflatebarrierer som huden og mukusmembraner og indre forsvar som fagocytter, natural killer celler, inflammasjon, antimikrobielle proteiner og feber.

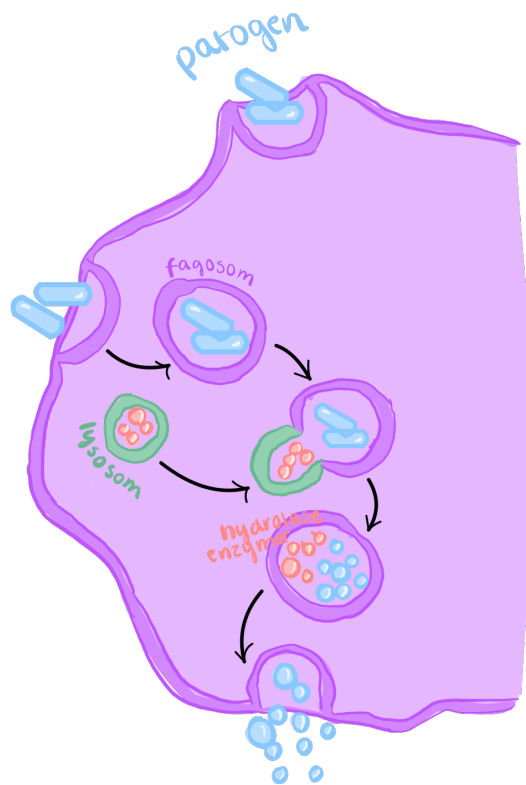
#### Første forsvarslinje

**Første forsvarslinje** inkluderer **intakt skin epidermis** og **intakt mukus membraner**. **Intakt skin epidermis** danner en mekanisk barriere som hindrer at **patogener** og andre skadelige substanser inntre kroppen. Beskyttelsesmekanismene innebærer hudens noe syrlige overflate og **keratin**. Hudsekreter, som svette, gjør overflaten syrlig som hemmer bakteriell vekst og inneholder også ulike bakteriedrepende kjemikalier. Keratin gir resistens mot syrer, alkalier og bakterielle enzymer. **Intakte mukusmembraner** danner en mekanisk barriere som hindrer inngang av patogener. **Mukus** fanger mikroorganismer i respiratoriske- og fordøyelseskanaler, mens nesehårene filtrerer og fanger mikroorganismer i neseveien. Cilia,

magesyre, syrelag i vagina, tårer og urin er andre deler av mukusmembranene som hindrer patogener å inntre kroppen.

### Andre forsvarslinje

Dersom første forsvarslinje brytes må **andre forsvarslinje**, i form av det indre forsvaret, tre inn. Den andre forsvarslinjen innebærer **makrofager** og **fagocytose**, **Fagocytose** adnerer til patogener ved å benytte reseptorer og det dannes **pseudopoder** som engulfer partikkelen og danner en **fagosom**. **Lysosom** fusjonerer med den fagocytotiske vesikkelen og danner en **fagolysosom**. Giftige forbindelser og lysosom-enzymmer ødelegger patogener og exocytose av vesikkelen fjerner ufordøyelig materiale.



**Inflammasjon** er en annen nøkkelkomponent av den andre forsvarslinjen. Det er en ikke-spesifikk respons som hindrer skadelige agenser fra å spres. Prosessen initieres av en vevsskade som for eksempel ett kutt. Det fører til frigjøring av inflammatoriske kjemikalier i form av histamin, prostaglandiner osv. Kjemikalierne gjør at arteriolene utvides, kapillærpermeabiliteten øker og monosytter, neutrofiler og lymfocytter tiltrekkes det skadde området. Konsekvensene av reaksjonene er økt blodstrøm som fører til rødhet og varme, smerte fra skaden og hevelser.

**Antimikrobielle proteiner** øker det indre forsvarssystemet ved å angripe mikroorganismer direkte eller hindre de i å reprodusere. Det er to typer; **Interferoner** og **complement**.

**Interferoner** er proteiner frigjort av virus-infiserte celler og visse lymfocytter og fungerer som kjemiske budbringere i å beskytte uinfisert vevsceller og mobiliserer immunsystemet.

**Complement** er en gruppe bloodborne proteiner som, når aktivert, lyse mikroorganismer, øker fagocytose og intensifiserer inflammasjon og andre immunresponser.

**Feber** er en systemisk respons mot invaderende mikroorganismer initiert av pyrogener.

**Pyrogener** frigjøres av aktiverte **leukocytter** og **makrofager**. Feber fører til unormalt høy kroppstemperatur som hindrer mikrober fra å multipliseres og øker kroppens reparasjonsprosesser. Feber er fordelaktig fordi jern og sink sekvestrering av leveren og milten og den metabolske raten øker.

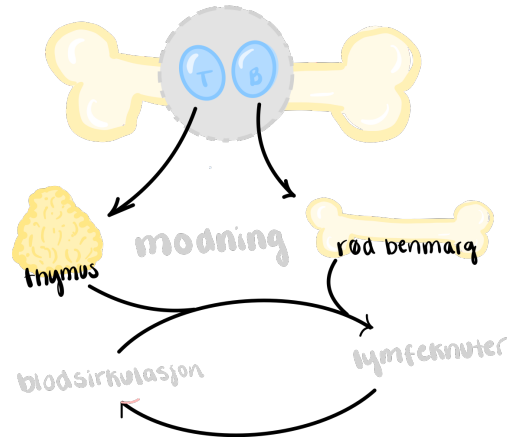
## 21.2 Adaptive immunsystem

Nøkkelegenskaper i **adaptive immunsystemet** er at det er spesifikt, systemisk og har minne.

Forsvarssystemet består av to deler; **humoral immunitet** ved **B celler** og **cellulær immunitet** ved **T celler**.

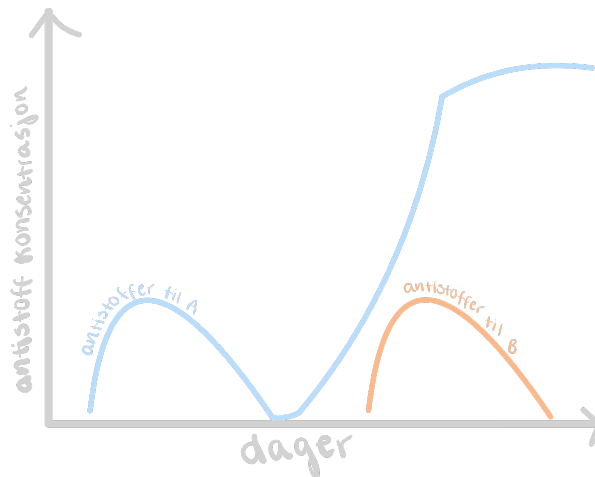
B celler eller **B lymfocytter** har extracellulære patogener, som bakterier, sopp og parasitter, som primærmål. Cellene modnes og aktiveres i rød benmarg. T celler, eller T lymfocytter, har intracellulære patogener, som virus-infiserte- og kreftceller, som hovedmål- T lymfocyttene stammer fra den røde benmargen, men modnes i thymus.

Begge cellypene stammer fra den **røde benmargen**. Celler som skal bli T celler migrerer, via blodet, til thymus og modnes der, mens B cellene forblir i benmargen for modning. Under modningen utvikler lymfocyttene **immunkompetens** og selv-toleranse. Immunokompetente, men fortsatt naive, lymfocytter forlater thymus og benmargen og «seed» sekundære lymfeorganer og sirkulerer gjennom blodet og lymfen. Når en lymfocytt antigenreseptor binder sitt **antigen** kan lymfocytten aktiveres. Aktiverte lymfocytter multipliseres og differensierer til effektor- og minneceller. **Minneceller** og **effektor-T-celler** sirkulerer kontinuerlig i blodet og lymfen, samt gjennom de sekundære lymfeorganene.

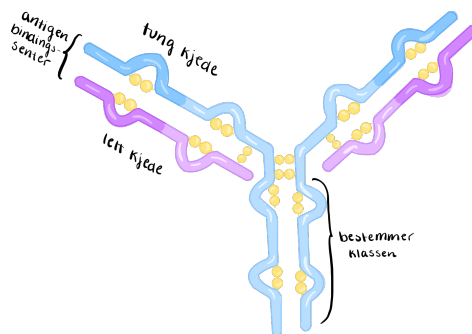


### 21.3 Immunologisk minne

Den **primære immunresponsen** til et antigen forekommer etter en viss forsinkelse, mens den **sekundære immunresponsen** til antigenet er både raskere og større. En ny primær immunrespons til antigen B vil være liknende den for antigen A.



Antistoffstrukturen er satt sammen av lette og tunge kjeder, samt antigen-bindingsområder.



**Immunoglobulin**-klasser har ulik karakteristikk, biologiske roller og lokalisering i kroppen. Den første klassen, **IgM** (pentamer) skiller ut av plasmaceller under primærresponsen og består av fem forente monomere. **igG** (monomer) er hoved **antistoffet** av både sekundær- og forsinkede primærresponser.

## Kapittel 22 RESPIRASJONSSYSTEMET

### 22.1 Struktur

**Respirasjonssystemet** gir **oksygentilførsel** ut i kroppen og kvitter seg med **karbondioksid** fra vevet. Respirasjons omfatter pulmonary ventilering, eksternt respirasjon, gasstransport og indre respirasjon.

#### Øvre respirasjonssystem

Det **øvre respirasjonssystemet** består av **nesehulen, nesehullene, munnhulen, larynx** og **pharynx**. Nesehulromet har en superior-, middle og inferior nasal conchae, sinuser, posterior nasal aperture og uvula skiller nesehullen fra munnhulen.

**Pharynx**, svelget, er delt inn i **nasopharynx** som er den øvre delen, **oropharynx** som er delen i midten og **laryngopharynx** som er den nederste delen. Ved laryngopharynx deles pharynx i to, til **esophagus** (spiserøret) og **trachea** (luftveiene).

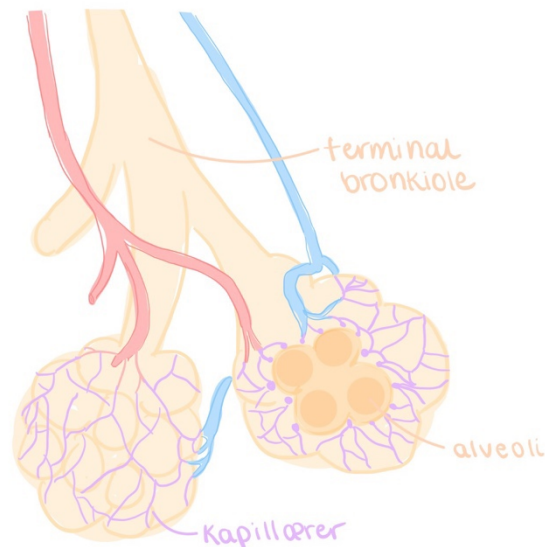
#### Nedre respirasjonsorganer

Det **nedre respirasjonssystemet** består av **trachea, carina of trachea, høyre primærbronkus, høyre lunge, venstre primærbronkus, venstre lunge** og **mellomgulvet**. Høyre lunge består av tre superior lobes, to midtlobes og fem inferior lobes, mens venstre lunge har fire superior lobes og fem inferior lobes.

**Lungene** er en innfolding i kroppsflaten og er typisk delt i flere lommer. Lungene er ikke i direkte kontakt med resten av kroppen må sirkulasjonssystemet stå for transporten ut i kroppen. I pattedyr gir forgrenede kanaler luft til lungene som er innestengt av ribbeinene og brystbenet. Luft entret gjennom nesen, filtreres av hår og fortsetter til **pharynx**. Luften passerer ned i **trachea** og forbi stemmebåndene. Deretter forgrenes trachea til to **bronchi**;

**venstre og høyre**, som leder til hver sin lunge og forgrenes videre til **bronkioler**.

Gassutvekslingen skjer i **alveoli**, luftsekker gruppert ved endene av de minste bronkiolene, og diffunderer til kapillærene som frakter oksygenrikt blod ut i kroppen. Alveolie består av to typer celler; type I cellene er store, tynne celler der oksygen diffunderer, mens type II celler er rundt, tykke celler som skiller ut surfaktanter. **Kohns porer** er åpninger mellom sideliggende alveoli. Det er omtrent 300 millioner alveoli i lungene som tilsammen dekker et overflate areal på omtrent 150 kvadratmeter.



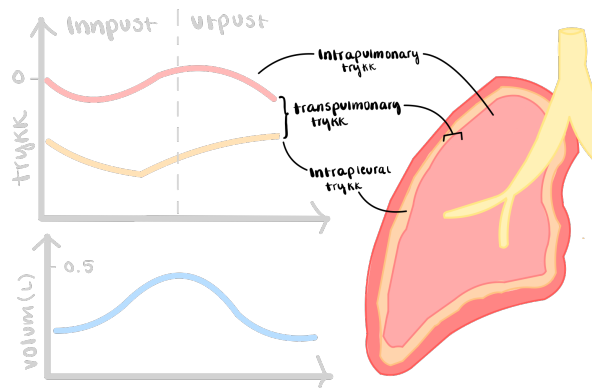
## 22.2 Ventilering

Prosessen som ventilerer lungene er **pusting**, alternering mellom **innpust** og **utpust**.

Mennesket benytter **negativ trykk pusting** for å ventilere. Under innpust beveger **mellomgulvet** seg nedover og ribbenene utvides ettersom ribbensmuskulene trekkes sammen. Utpust forekommer ved at mellomgulvet beveger seg opp igjen, ribbensmuskulene slapper av og luft pustes ut. Volumendring av luft i lungene kommer av bevegelse av mellomgulvet og ribbensmuskler.

Under pusting endres **trykket i lungene**. Trykket inne i lungene minker ettersom lungevolum øker under innpust og trykket øker under utpust. **Pleural hulrom trykket** blir mer negativt når brystveggen ekspanderer under innpust og returnerer til startverdi under utpust. Under hvert pust beveger trykkgradienten 0.5 liter luft inn og ut av lungene.

## Menneskets anatomi & fysiologi



Dersom en lunge kollapser av for eksempel en knivskade vil trykket i intrapleural bli likt atmosfæretrykket.

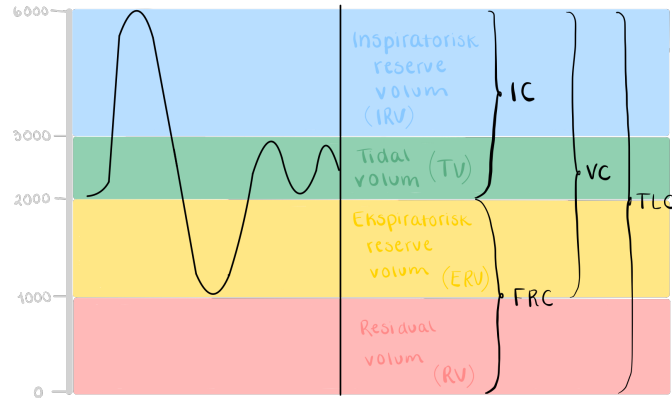
### 22.3 Respiratorisk volum og kapasitet

Mengden luft inn og ut av lungene avhenger av innpusten og utpusten. Flere ulike **respirasjonsvolumer** kan beskrives og kombinasjoner av disse kalles **respiratorisk kapasitet**. De fire respiratoriske volumene av interesse er **tidal-** (TV), **inspiratorisk reserve-** (IRV), **ekspiratorisk reserve-** (ERV) og **residual volum** (RV). Under normal pusting er luftvolumet inn og ut av lungene TV og tilsvarer omtrent 500 mL. Dersom man tvinger mer luft ned i lungene når man **IRV** og mengden kan oppnå opptil 6000 mL, altså 2100 til 3200 mer enn TV. Dersom man tvinger luften ut av lungene når man **ERV** og er omtrent 1000 til 1200 mL. Det vil alltid være igjen luft i lungene uansett hvor mye man tvinger ut, dette er **RV** og tilsvarer omtrent 1200 mL og bidrar til at alveoli holdes åpne og at lungene ikke kollapser.

De respiratoriske kapasitetene inkluderer **inspiratorisk-** (IC), **funksjonell residual-** (FRC), **vital-** (VC), og **total lungekapasitet** (TLC). **IC** er den totale mengden av luft som kan pustes inn etter normal TV ekspirasjon, altså summen av TV og IRV. **FRC** representerer mengden luft gjenværenden i lungene etter normal ekspirering og er RV og ERV kombinert. **VC** er den totale mengden utvekslende luft og tilsvarer summen av TV, IRV OG ERV. **TLC** er summen av alle lungevolumene.



## Menneskets anatomi & fysiologi



Det **respiratoriske tidalvolumet** kan beregnes via **alveolar ventilering (VA)** og **dead space ventilering (VD)**. VA er volumet som bidrar til gassutveksling i alveoli, mens VD er lufte som ikke bidrar til gassutveksling i alveoli og tilsvarer omtrent 150 mL.

$$\text{Tidal volume} = \text{alveolar ventilering} + \text{dead space}$$

Handwritten annotations:   
 - Above "Tidal volume": normal hvileverdi: 500 mL, with an arrow pointing to  $V_T$  below.   
 - Above "alveolar ventilering": normal hvileverdi: 350 mL, with an arrow pointing to VA below.   
 - Above "dead space": normal hvileverdi: 150 mL, with an arrow pointing to VD below.

**Alveolar ventileringsrate (AVR)** kan beregnes fra **pustefrekvens**, **tidalvolumet (TV)** og **dead space volumet (VD)** og vil variere ettersom pusten er normal, sakte eller rask. Under normal pust er tidalvolumet 500 mL og frekvensen er 20 per minutt som tilsvarer 70 % effektiv ventilering. Under dyp pust er tidalvolumet 1000 mL og frekvensen er 10 per minutt. Dette gir effektivitet på 85 %. Under rask pust er tidalvolumet 250 mL og frekvensen er 40 per minutt som gir effektivitet på 40 %.

$$\text{Alveolar ventileringsrate} = \text{frekvens} \cdot (\text{TV} - \text{dead space})$$

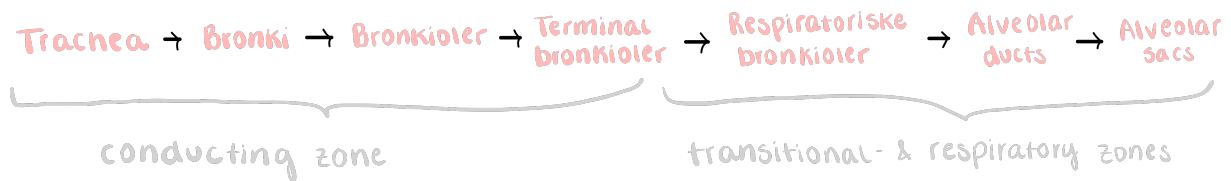
Handwritten units:   
 - ml/min under "Alveolar ventileringsrate"   
 - pust/min under "frekvens"   
 - ml/pust under "(TV - dead space)"

### 22.4 Ikke-respiratoriske luft-bevegelser

Hoste, nysing, latter, gråt, hikke og gjesping er eksempler på luftbevegelser som er ikke-respiratoriske.

### 22.5 Lungeventilering

Lungeventilering bruker **bulk flow**, med unntak av i **acinus** der diffusjon benyttes. **Acinus** er respirasjonssonen.



### Ekstern respirasjon

Oksygen gass enter blodet fra lungene, mens karbondioksid forlater blodet. Dette påvirkes av tre faktorer; (I) **partialtrykk gradienter**, (II) **respiratorisk membran** og (III) **ventilering-perfusion kobling**. (I) I innpustet luft er trykket til oksygenet vesentlig høyere, men jevner seg mer ut når luften inntre lungene. Trykket til oksygenet er fortsatt høyest både i lungene og i blodet som enter vevskapillærer. Dermed minker oksygentrykket og karbondioksidtrykket øker i blodet som forlater vevet og som er på vei tilbake til lungene.

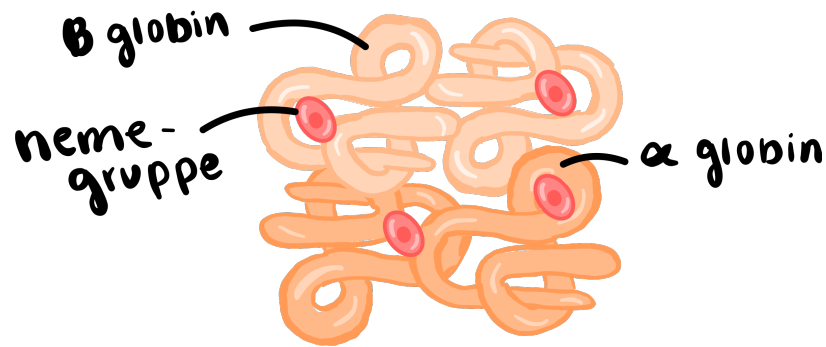
(II) Den **respiratoriske membranen** er 0.1 til 1.5 mikrometer tykk og har overflateareal på 90 kvadratmeter. (III) **Ventilation-perfusion kobling** er forholdet mellom ventilering- og perfusjonsprosesser. **Ventilering** er bevegelse av gass under pusting, mens **perfusjon** er prosessen som leverer oksygen til kroppen. Det er viktig at det er balanse i denne koblingen for å sikre for at det kontinuerlig leveres oksygen og fjernes karbondioksid fra kroppen.

### Indre respirasjon

**Indre respirasjon** omfatter **kapillær gassutveksling** i kroppsvevet. Gradientene er da reversibelt, men det gjøres også ved diffusjon. Vev forbruker oksygen og produserer karbondioksid. Partielltrykket til oksygen er 40 mm Hg i vevet og 100 mm Hg i systemisk arterielt blod.

## 22.6 Hemoglobin og myoglobin

**Hemoglobin** er den oksygenbærende delen av de røde blodcellene. Forbindelsen består av **fire jernholdige hemgrupper** og en proteindel satt sammen av **fire polypeptidkjeder**. Når hemoglobinet ikke bærer oksygen kalles det **deoxyhemoglobin** (HHb), men når det blir tilført oksygen kalles det **oksyhemoglobin** (HbO<sub>2</sub>). Hvert hemoglobinmolekyl kan binde fire oksygenmolekyler.



**Myoglobin** er et protein i skjelett- og hjertemuskulatUren. Forbindelsen tar opp oksygen transportert av hemoglobin og gir det til muskulaturen som driver muskelarbeid. Myoglobin har kun **en hemgruppe** og **en polypeptidkjede**.

## 22.7 Regulering og sykdommer

**Respirasjonen** kontrolleres av **respirasjonssentre** i hjernestammen. Sentrene sørger for et jevnt respirasjonsmønster, vedlikehold av rytme og interaksjon med mellomgulvet. Systemet benytter både sentrale kjemoreseptorer, som responderer til endring i  $H^+$  konsentrasjon, og perifere kjemoreseptorer.

### Lungesykdommer

**Sykdommer** knyttet til respirasjonssystemet inkluderer **kronisk ødeleggende pulmonary sykdom, astma, tuberkulose** og **lungekreft**. **Kronisk ødeleggende pulmonary disease** kommer av luftforurensing og røyking og fører til kronisk bronkitt og/eller emphysema.

**Astma** er en sykdom som inkluderer hoste, hvesing, tetthet i brystet, panikk og en følelse av å gå tom for luft. **Tuberkulose** er en infiserende sykdom som spres ved hoste. Sykdommen påvirker hovedsakelig lungene og gir feber, vekttap og hosting av blod. **Lungekreft** har lave overlevelsesrater og kommer oftest av røyking. **Covid-19** er en virussykdom som gir alveolar skade, forstyrrede cellemembraner og som oppleves som verre enn influensa.

Progressiv respirasjonssvikt er hovedårsaken til død av covid-19.

## Kapittel 23 FORDØYELSESSYSTEMET

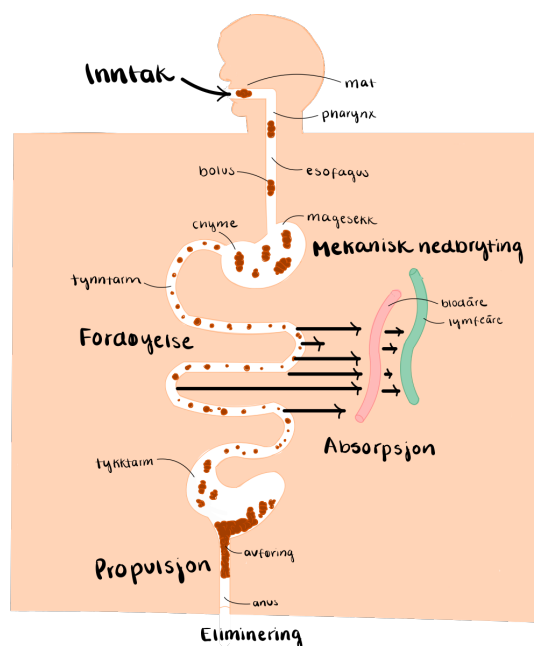
### 23.1 Fordøyelsessystemet

Organene i fordøyelsessystemet deles inn i to hovedgrupper; **gastrointestinal tract (GI)** eller **accessory fordøyelsesorganer**. GI er et kontinuerlig **muskulær rør** som strekker seg fra munnen til anus. Trakten fordøyer mat, bryter den ned i mindre deler, og absorberer fragmentene. Organene i GI inkluderer **munnen, pharynx, esofagus, magesekken, tynntarmen** og **tykktarmen**. Maten i trakten betraktes teknisk sett å være på utsiden av kroppen ettersom kanalen er åpen i begge ender. De accessory fordøyelsesorganene er **tennene, tungen, galleblæren** og ulike **fordøyelseskjertler** som lever og bukspyttkjertelen.

Fordøyelseskanaalen har et eget nervesystem; det enteriske nervesystemet. Det enteriske nervesystemet regulerer at prosessene i fordøyelsen trigger hverandre. Det endokrine systemet påvirker også, ettersom hormoner frigjøres underveis.

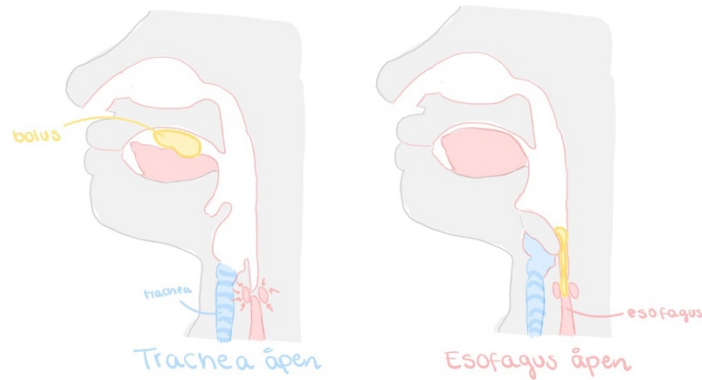
#### Hovedprosesser i fordøyelsessystemet

Fordøyelsessystemet kan ses på som et samlebånd der mat blir mindre kompleks i hvert steg av prosesseringen og næringsstoffene blir mer tilgjengelig for kroppen. Prosessen involverer seks essensielle aktiviteter; (I) **inntak**, (II) **propulsjon**, (III), **mekanisk nedbryting**, (IV) **fordøyelse**, (V) **absorpsjon** og (VI) **eliminering**.



## Menneskets anatomi & fysiologi

Prosesseringen begynner med inntak i munnen der tennene deler maten i biter. Den mekaniske nedbrytingen øker overflatearealet for kjemisk nedbryting, fasiliteter svelgingen og trigger spyttkjertler som skiller ut spytt. **Spytt** er en blanding av materialer, blant annet mukus. **Mukus** består av vann, salt, celler og glatte glykoproteiner. Tungen evaluerer materialet, bestemmer hva som kan prosesseres videre og former maten til en ball, **bolus**. Bolus mottas av **pharynx**, eller struperegionen, som fører til to veier; **esofagus** og **trachea**. Trachea leder til lungene, mens esofagus er sammenkoblet med magen.



Maten dyttes videre av **peristalsis**, ufrivillige svingninger av muskelkontraksjon og avslapning, til maten til slutt når magen. **Mekanisk nedbryting** øker overflatearealet på maten og preparer den for fordøyelsen. **Fordøyelsen** involverer en serie av steg der enzymer skilles ut og bryter matmolekylene ned til deres kjemiske byggeklosser. **Absorpsjon** er passasjen av fordøyde sluttprodukter gjennom mucosal celler ved aktiv eller passiv transport til blodet eller lymfen. **Elimineringsprosessen** kvitter seg med de ufordøyde substansene fra kroppen via anus i form av avføring.

### 23.2 Munnen

**Munnen** inneholder flere kjertler som skiller ut spytt. **Spyttet** renser munnen, løser opp matkjemikalier så de kan smakes, fukter maten og bidrar til å danne **bolus** og inneholder enzymet **amylase** som begynner fordøyelsen av stivelsesholdigmat. Mesteparten av spyttet produseres av hoved- eller enteriske **spyttkjertler** som ligger på utsiden av munnhulen. Kjertlene skiller, i tillegg til amylase og mukus, ioner og vann og kontrolleres av syn, lukt og smak koblet til parasympatiske nerver.

## 23.3 Fordøyelseskanalen

**Fordøyelseskanalen** strekkes seg fra munnhulen til endetarm og omfatter **esofagus, magen, leveren, bukspyttkjertelen, duodenum, jejunum, ileum** og **tykktarmen** (colon).

### Membraner

Alle kroppshulrom inneholder membraner. **Peritoneum** er den mest utbredte membranen i fordøyelseskanalen. **Visceral peritoneum** dekker eksterne overflater og er kontinuerlig med **parietal peritonium** som forer kroppsveggen. Mellom to peritoneumer er **peritoneal hulrommet** som inneholder glatt væske skilt ut fra membraner. Væsken tillater fordøyelsesorganene å gli langs hverandre. **Mesentery** er et dobbeltlag av peritoneum som gir ruter for blodårer, lymfeårer og nerver å nå frem, samt holder organene på plass og lagrer fett.

### Histologi

Veggene i fordøyelseskanalen har de samme fire lagene gjennom hele; (I) **mukosa**, (II) **submukosa**, (III) **muskularis eksterna** og (IV) **serosa**. (I) **Mukosa** er det innerste laget og har som funksjon å skille ut mukus, fordøyelsesenzymmer og hormoner, absorberes sluttprodukter og beskytte mot infiserende sykdommer. Mukosa består av tre underlag; epithelium, lamina propria og muskularis mucosae. (II) **Submukosa** er laget på utsiden av mukose og er et bindevev med rik blodtilførsel og lymfeårer, lymfoide follikler og nervefibre. (III) **Muskularis eksterna** er ansvarlig for segmentering og peristalsis, mens (IV) **serosa** er det ytterste laget.

## 23.4 Magesekken og magesyre

Under **esofagus** ekspanderes fordøyelseskanalen til **magesekken** som er en midlertidig lagringsplass. I magesekken degraderes maten både fysisk og kjemisk og konverteres til **chyme** som leveres til tynntarmen.

Magesyren har som funksjon å drepe bakterier, bryte ned muskelfibre og bindevev, samt holder pHen lav slik at **pepsinogen** aktiveres til **pepsin** og kan bryte ned proteiner. Mukus kommer fra **gobletceller**, pepsinogen fra **chiefceller** og saltsyre fra **parietalceller**.

## 23.5 Tynntarmen

### Villi og mikrovilli

Tynntarmen er høyt tilpasset for å absorbere næringsstoffer og har **villi** og **mikrovilli**, samt tarmens lengde og folder, som øker overflatearealet betraktelig. **Villi** er fingerliknende utvekster av mukosa over 1 mm høye. Villi er store og bladliknende i duodenum og blir gradvis smalere og kortere langs tynntarmens lengde. I kjernen av hver villus er et tett kapillærbed og vide lymfatisk kapillær. Fordøyd mat absorberes gjennom enterocytter i både kapillære blodårer og og lymfatiske kapillær. **Mikrovilli** er lange, tettpakkede cytoplasmiske utvekster av absorberende celler av mukosa. Plasmamembranen til mikrovilli bærer enzymer som fullfører fordøyelsen av karbohydrater og proteiner i tynntarmen.

### Tarmepitelet

Mellom villi, som er spesialisert for absorpsjon, er rørformede kjertler kalt **krypter**. Kryptene minker i antall langs tarmens lengde. Det er fem ulike typer celler i mukosal epiteliumlaget av villi og kryptene. (I) **Enterocytter** danner hovedbestandelen av epitelium og er enkle absorberende celler bundet ved **tight junctions**. Cellene har hovedansvaret for å absorbere næringsstoff og elektrolytter i villi. I kryptene er enterocytterne sekresjonsceller som skiller ut magesyre. (II) **Goblet celler** er mukus-utskillende celler i villi og kryptus, mens (III) **enteroendokrine celler** er kilden til enterogstoffer. (IV) **Paneth celler**, funnet dypt nede i krypter, er spesialiserte sekresjonsceller som forsterker tynntarmens forsvar ved å frigjøre antimikrobielle agenser. (V) **Stamceller** deles kontinuerlig i kryptene og dattercellene differensieres til andre celletyper.

## 23.6 Tykktarmen

Tykktarmen inkluderer **kolon**, **ceum** og **rektum**. I mennesker er ceum liten og har en blindtarm som fungerer som reservoar for symbiotiske mikroorganismer. Avføringen er avfallet i fordøyelsessystemet, og blir mer og mer solid gjennom colon.

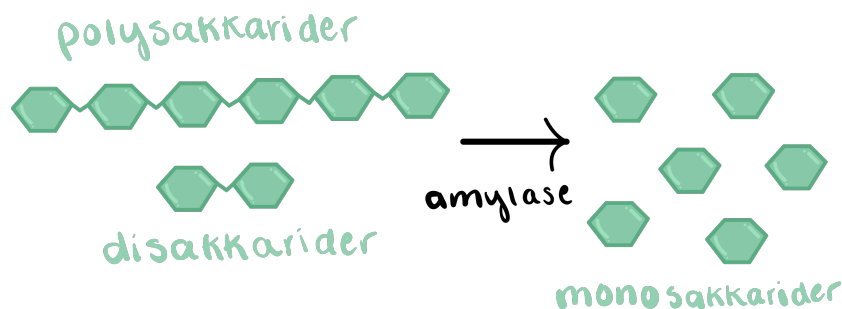
Tarmen inneholder flere bakterier enn det finnes celler i kroppen og det er ca. 500 ulike bakterieartene i tarmen. **Tarmepitelet** er ett cellelag tykt og hindrer bakteriene fra å infisere kroppen.

**Bakteriefloraen** i tykktarmen består av ulike bakterietyper. Noen bakterier koloniserer colon via anus, mens andre entrer fra tynntarmen. **Magebakteriene** bidrar til å utvinne energi fra eller ufordøyelig mat og syntetiserer også vitaminer. Immunsystemet og magebakteriene lever i en dynamisk likevekt. Immunsystemet ødelegger bakterier som truer med å bryte gjennom mukosallaget, mens magebakteriene instruerer immunsystemet til å ikke over reagere.

## 23.7 Næringsopptak

### Karbohydrater

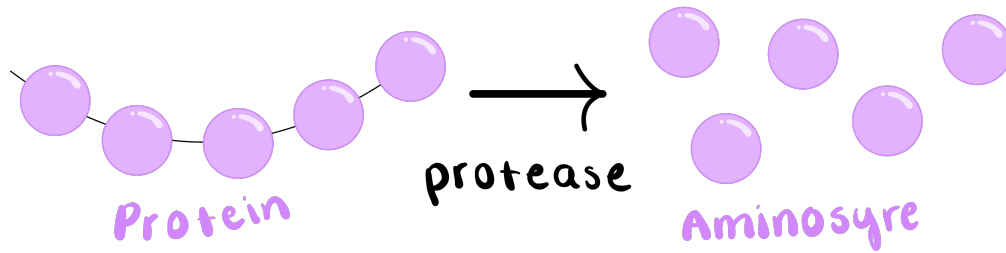
I et gjennomsnittlig kosthold består mesteparten av fordøyelige karbohydrater av **stivelse**, med mindre mengder **disakkarider** og **monosakkarider**. De mer komplekse karbohydrater som fordøyelsessystemet kan bryte ned til monosakkarider er disakkarider som **sukrose**, **laktose** og **maltose**, samt **polysakkaridene glykogen** og **stivelse**. Nedbryting av karbohydrater begynner med at **amylase** bryter ned stivelse og glykogen til **oligosakkarider** og **disakkarider**. Dermed bryter enzymene de videre ned til **monosakkarider** som kotransporteres over den apikale membranen av **enterocytter**. Den aktive transporten benytter  $\text{Na}^+$  konsentrasjonsgradienten i den basolaterale membranen. Til slutt forlater monosakkaridene membranen ved fasilitert diffusjon og entrer blodkapillærer via intracellulære kløfter.



### Proteiner

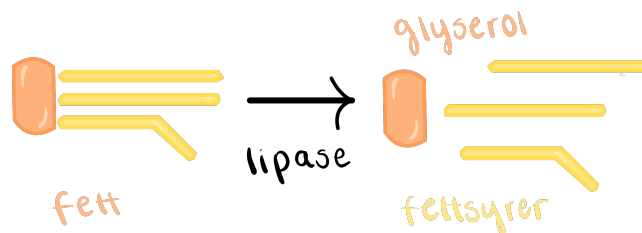
**Proteinnedbryting** begynner med at **protease** bryter ned proteinene til mindre biter og noen enkle **aminosyrer**. Dermed brytes de videre til aminosyrer av enzymer og aminosyrene kotransporteres over den apikale membranen av **enterocytter**. Den aktive transporten benytter også  $\text{Na}^+$  konsentrasjonsgradienten i den basolaterale membranen. Aminosyrene forlates over den basolaterale membranen via fasilitert diffusjon og entrer kapillærer via intracellulære kløfter.





## Lipider

Tynntarmen er primærområdet for **lipidfordøyelse**. **Gallesalter** i duodenum bryter opp store **fettglobuler** til mindre fettdråper og øker overflatearealet for **lipase** enzymer. Lipase hydrolyserer **triglycerider** til **monoglycerider** og frie **fettsyrer**. Fettsyrene og monoglyceridene monteres sammen med gallestaltene og danner **miceller** som transporterer deres innhold til enterocytter. Fettsyrene og monoglyceridene diffunderer fra micellene til enterocytene og rekombineres og pakkes sammen med andre fettsubstanser og proteiner og sanner **chylomikroner**. Chylomikronene exocytoserer ut og entrer lymfen.



# Kapittel 24 METABOLISME & TERMOREGULERING

## 24.1 Metabolsk rate

**Energi** er essensielt for liv og behøves for vedlikehold, vekst, reparasjon, reproduksjon, bevegelse, **termoregulering** og **metabolisme**. Den **metabolske raten** er hastigheten et dyr konsumerer energi og tilsvarer summen av de kjemiske reaksjonene i kroppen. Kjemisk energi kommer i form av karbohydrater, fett og annet, mens kjemiske avfallsstoffer som kroppen skiller ut er vann og karbondioksid. ATP er kroppens energivaluta og det skilles også ut store mengder varme fra kroppen.

### Metabolisme

**Metabolisme** er summen av de kjemiske reaksjonene nødvendig for å opprettholde liv. Dette omfatter cellulær respirasjon/oksidasjon, ATP syntese, glukose (karbohydrat) metabolisme, lipid (fett) metabolisme og aminosyre (protein) metabolisme. **Karbohydrater** er bygd opp av sukker og har som funksjon å lagre energi, samt er et strukturelt materiale. **Lipider** består av fettsyrer og har som jobb å lagre energi, danne membraner og fungerer som steroider.

**Proteiner** er bygd opp av aminosyrer og fungerer som enzymer, strukturelt materiale og peptider. **Nukleinsyrer** er bygd opp av ulike nukleotider og er kroppens lagringsområde for genetisk informasjon. Metabolismen omfatter tre steg der oksygen kreves og karbondioksid, vann og ATP produseres. Det første steget, som skjer i fordøyelseskanaler, er at proteiner brytes ned til aminosyrer, karbohydrater til glukose og andre sukker og fett til glyserol og fettsyrer. Dermed fortsetter reaksjonene i steg 2 som forekommer i vevsceller. Aminosyrer danner nye proteiner og det dannes **acetyl CoA** som benyttes i det tredje og siste steget. Acetyl CoA benyttes i sitronsyresyklusen i mitokondrier. Karbondioksid produseres og gjennom oksidativ fosforylering i elektrontransportkjeden dannes ATP og vann.

### Metabolsk rate

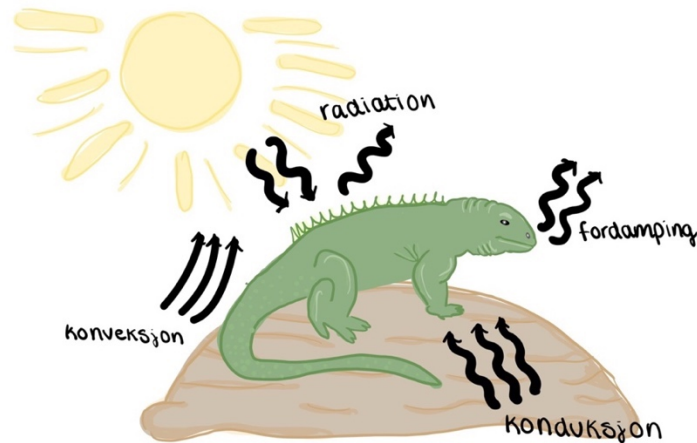
**Metabolsk rate** er summen av energiforbruket i et tidsintervall. Dyr må holde en minsterate for enkle funksjoner som pusting, sirkulasjon og celle opprettholdelse. **Basal metabolsk rate** (BMR) er minimumsrate for ikke-voksende endoterm ved hvile, på tom mage og som ikke opplever stress. **Standard metabolsk rate** (SMR) er tilsvarende måleenhet men for ektoterme organismer. Metabolsk rate påvirkes av alder, kjønn, størrelse, aktivitet, temperatur og næring. Større dyr har mer kroppsmasse og krever mer energi. Aktivitet er svært avgjørende og selv små mengder aktivitet hever raten.

### Måle metabolisme

Kan gjøres på ulike måter. For eksempel via indirekte **kalorimetri** (respirometri, energiinnhold i mat, avføring og urin), **direkte kalorimetri** (varme) eller **DLW-metode**. I direkte kalorimetri måles varme tapet som indikasjon på energi benyttet. Faktorer som påvirker målingene inkluderer ekstern temperatur, sesong, stadiet av testobjektet inkludert kroppsstørrelse, alder, kjønn, mat, aktivitet mm.

### 24.2 Varme

Varmeutveksling forekommer ved fire prosesser; **stråling**, **fordampning**, **konveksjon** og **ledning**. Termoregulering er å opprettholde varmetilførselen som tilsvarer varmetapet ved å redusere eller favorisere varmeutvekslingen. I pattedyr involverer mekanismene integumentært systemet (hud, hår, negler osv.).



**Isolasjon** reduserer flyten av varme mellom dyrets kropp og dens miljø. **Sirkulasjonstilpasninger** gir varreflyt mellom indre og ytre del av kroppen ved å regulere blodstrømmen. Nedkjøling med **fordampning** er når dyr svetter eller peser slik at vannet tar med seg mye av varmen på kroppen. **Oppførsel** er også en mekanisme for å kontrollere temperatur. F.eks. sole seg på en varm stein eller å søke ly. Ved å justere metabolsk varmeproduksjon (termogenesis) gjennom f.eks. skjelving eller bevegelse kan dyr holde kroppstemperaturen konstant. **Akklimatisering** til sesongvariabler inkluderer ofte justering av isolasjon ved å gro tykkere pels på vinteren og felle pelsen mot sommeren. I ektotermer er tilpasningene på cellulært nivå. **Hypotalamus** er ansvarlig for termoregulering i pattedyr. En gruppe nerveceller der fungerer som termostat og responderer til kroppstemperaturer utenfor normalen. **Feber** kan utvikles dersom kroppen støter på infeksjon. Feber viser til en økning i normalområdet for den biologiske termostaten.

### Bruk av næringsstoffer

Inntak av kjemisk energi benyttes til ulike ting i kroppen. Biosyntese akkumulerer energi i kroppen eller eksporterer energi. Vedlikehold og generering av ekstern arbeid benytter energi og generer varme. Kjemisk energi i kroppsvevet blir fordøyet energi for andre organismer etter død. Varme produseres som nevnt som **biprodukt**. Mesteparten av varmen kommer fra de indre organene.

## 24.3 Regulering av kroppstemperatur

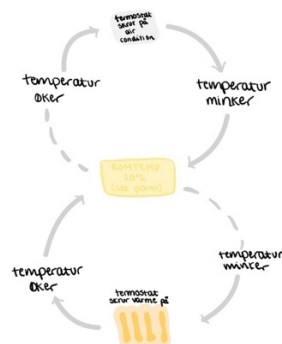
**Termoregulering** er prosessen om hvordan dyr opprettholder kroppstemperatur innen et normalt spekter. **Varme** er termisk energi overført fra et stoff til et annet. **Endoterme** organismer varmes opp av varme generert fra metabolismen, mens **ektoterme** organismer får varme fra eksterne kilder. Dyr med kroppstemperatur som varierer med miljøet er **poikiloterme**, mens **homeoterme** organismer har relativt konstant temperatur. Det er ikke et fiksert forhold mellom ektoterme og endoterme, knyttet til poikiloterme og homoterme.

### Termiske strategier

**Poikiloterme organismer** har varierende kroppstemperatur. **Homeoterme organismer** har stabil kroppstemperatur. **Ektoterme organismer** har kroppstemperatur som bestemmes av det eksterne miljøet. **Endoterme organismer** genererer indre varme for å vedlikeholde kroppstemperatur. Dette gjør de ved å produsere deres egen varme via oksidativ metabolisme. Dette krever mye energi. Fordeler med endotermi er økt fart under bevegelse, rask utvikling og aktivitet er uavhengig av miljøets temperatur. De fleste dyr beskrives best av en kombinasjon av **poikiloterm, homeoterm, ektoterm og endoterm**.

### Termoregulering

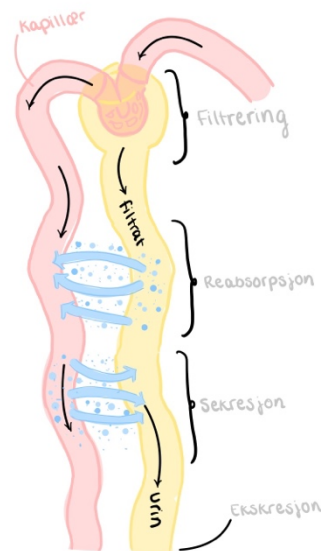
**Termoregulering** skjer via **hypotalamus**, mer spesifikt gjennom termoregulerende sentre; varme-tap senter og varme-promoterende senter. Sentrene får input fra perifere termoreseptorer og sentrale termoreseptorer. Temperaturregulering er en balanse mellom varmeproduksjon, gjennom basal metabolisme, muskelaktivitet, thyroxin og epinefrin og temperatur effekter, og varmetap via radiasjon, konveksjon og fordamping. Varmetaps mekanismer inkluderer at blodårene utvides og at kjertler under huden produserer svette. Varmepromoterende mekanismer omfatter av blodårene trekker seg sammen og skjjelving aktiveres. Økt varmeproduksjon kan også oppnås ved å øke fettmetabolisme i brown adipose tissue (BAT) med spesialiserte mitokondrier.



## Kapittel 25 URINSYSTEMET

### 25.1 Urinsystemet

Ekskresjonsprosesser begynner når kroppsvæske (blod) er i kontakt med den selektivt permeable membranen til transport epitelial. Små molekyler som vann, salt, sukker, aminosyrer og nitrogenavfall krysser membranen og dannet et **filtrat**, mens større molekyler, celler og proteiner forblir i kroppsvæsken. Filtratet konverteres til en avfallsvæske. **Selektiv reabsorpsjon** gjenvinner brukbare molekyler og vann fra filtratet og returnerer det til kroppsvæsken. Ikke-essensielle stoffer og avfall forblir i filtratet ved **selektiv sekresjon**. I siste steg, **ekskresjon**, frigjøres det prosesserte filtratet fra kroppen som **urin**.

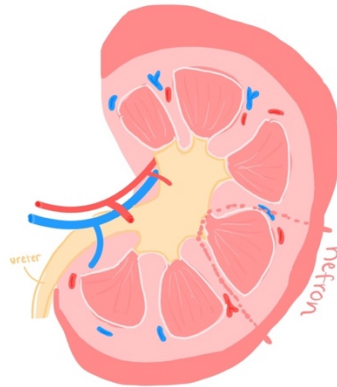


### 25.2 Nyrene

**Nyrene** driver regulering av blodvolum og blodtrykk (**vannbalanse**), regulering av blod osmolaritet og ionekonsentrasjoner (**saltbalanse**), regulering av blodets pH (**syre-base balanse**) og ekskresjon av metabolsk avfall (**urea**) og toksiner.

De to nyrene er lokalisert nært hovedpulsårene i magen og har en **binyre** hver på toppen. Blodet strømmer fra hjertet gjennom aorta og arteriene til de når en afferent arteriole som er et høytrykksystem. Blodet går videre gjennom kapillærer lokalisert i **glomerulus** i nyrene der blodet filtreres, forlater via en efferent arteriole og strømmer tilbake gjennom venen og inferior vena cava til hjertet.

Nyrene består av ulike lag. Det ytterste laget kalles **renal cortex**, mens det innerste kalles **renal medulla**. Nefronene strekker seg gjennom begge lagene.

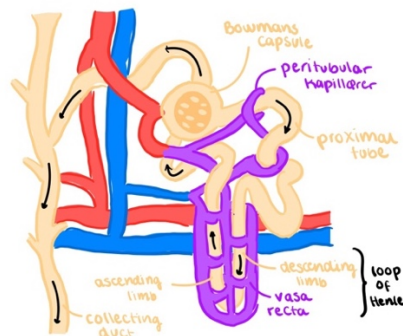


### 25.3 Nefron

For å utforske hvordan filtratet prosesseres til urin må vi følge filtratets vei langs **nefronet**. Hvert nefron består av en **glomerulus** og en **tubule**.

**Glomerulus** er en ball av blodkapillærer lokalisert i **cortex** og er omringet av Bowmans capsule. Glomerulus driver filtrering av blodet og tar ut vann, nødvendige substanser og avfallsstoffer.

**Tubule** begynner i cortex, passerer inn i medulla, returnerer til cortex og ender i medulla. Tubule driver reabsorpsjon av vann og nødvendige substanser tilbake til blodet, sekresjon av avfall fra blodet og ekskresjon av avfall via **collecting duct**. Røret deles inn i ulike deler. Den første delen, som kommer fra glomerulus, kalles **proximal convoluted tubule**. Deretter blir røret tynnere der **loop of Henle** starter. Loop of Henle i medulla består av en **descending limb** og en **ascending limb**. Deretter kommer man opp igjen i cortex og inn i **distal convoluted tubule** som til slutt når **collecting duct** i medulla.



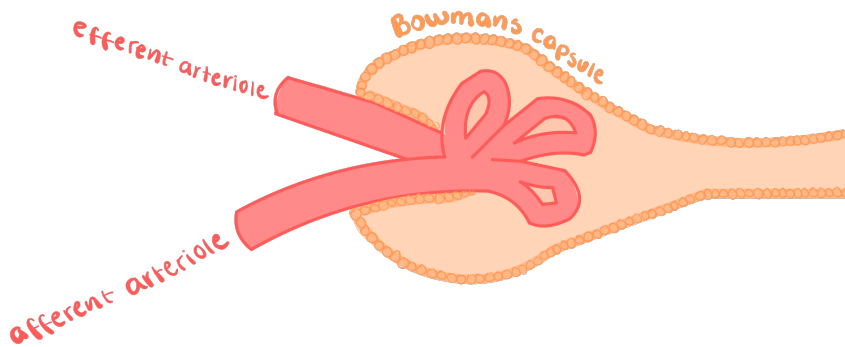
## Kortikale- vs. juxtamedullary nefroner

Det er to ulike former av nefroner; **kortikale- og juxtamedullary nefroner**. Det er flest **kortikale nefroner** og de har en kortere loop of Henle, glomerulus lenger unna cortex-medulla junction og efferent arteriole går inn i peritubular kapillærer. Peritubular kapillærer assosiert med kortikale nefroner driver reabsorpsjon og sekresjon av substanser.

**Juxtamedullary nefroner** har en lenger loop og Henle, glomerulus nærmere cortex-medulla junction og efferent arteriole går til vasa recta. Vasa recta assosiert med juxtamedullary nefroner driver dannelse av konsentrert eller fortynnet urin.

## Blodstrømmen gjennom nefronet

**Blodstrømmen** går gjennom nefronet i flere steg. Hvert nefron tilføres blod fra en **afferent arteriole** fra en **nyre-arterie**. Arteriolene forgrenes og danner kapillærer, **glomerulus**, inne i **bowmans capsule**. Kapillærene går sammen igjen på andre siden av bowmans capsule og danner en **efferent arteriole** som forgrenes inn i **peritubular kapillærer** og **vasa recta**. **Peritubular kapillærer** omringer proximaltubule og distal tubule. **Vasa recta** omringer descending limb og ascending limb i loop of Henle, samt collecting duct. De peritubular kapillærene og vasa recta samles til grener av **nyre-vener**.

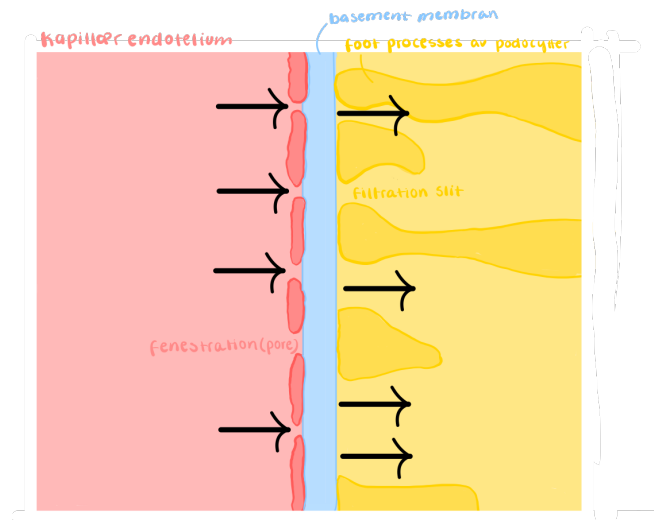


## Filtrering

**Filtrering** foregår i **glomerulus** og er en passiv prosess drevet av blodtrykket.

Filtreringsmembranen består av tre lag; (I) **fenestrated endothelium**, (II) **basement membran** og (III) **podocytter** med foot prosesser og filtreringsslits. (I) Fenestrated membranen er permeabel til alt bortsett fra blodceller. (II) Basement membranen er permeabel til løste stoffer og små proteiner. (III) podocyttene er spaltende membraner som beholder makromolekyler.

## Menneskets anatomi & fysiologi



Trykkene som påvirker filtreringen er utover-trykket og innover-trykket. Utover-trykket er det **hydrostatiske trykket** i glomerular kapillærer, mens innover-trykket er det hydrostatiske trykket i capsular-området og kolloid osmotisk trykk i glomerular kapillærer. **Netto filtreringstrykk** (NFP) tilsvarer utover-trykket minus innover-trykket.

**Glomerular filtreringstate** (GFR) er filtratvolumet som dannes hvert minutt av alle glomeruli i nyrene. Raten avhenger av trykket (NFP), overflatearealet tilgjengelig for filtrering og permeabiliteten til filtreringsmembranen. Hvis GFR øker vil også urin-outputet øke, men blodvolumet og blodtrykket minke og motsatt.

### 25.4 Reabsorpsjon

**Reabsorpsjon** er kritisk for gjenfangst av ioner, vann og verdifulle næringsstoffer fra filtratets store volum. GFR til et normalt menneske er ca. 120 mL i minuttet og totalt plasmavolum er 2700 mL som vil si at det tar 22 minutter og urinerer all plasma. Men reabsorpsjonen i tubules returnerer filtrert vann og substanser tilbake til blodet. Filtrerte substanser inkluderer natriumioner (65 %) og andre ioner, næringsstoffer (100 %), lipid-løselige løste stoffer, urea (50 %), vann (65 %) og bikarbonat.

**Filtratvæsken** er inne i nefron-tubule som består av **epitelialceller** i rørveggen.

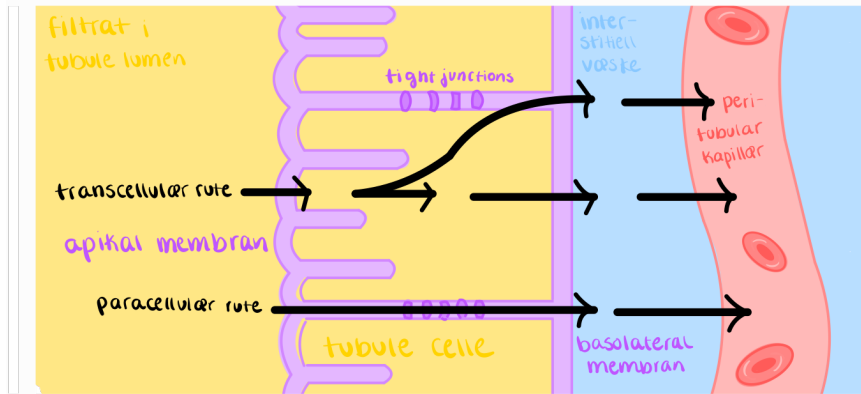
**Apikalmembranen** vender mot filtratvæsken, mens den **basolaterale membranen** vender ut mot den interstitielle væsken som fyller område mellom epitelialceller og kapillærer.

**Reabsorpsjonen** fra den filtratet tilbake til blodet kan benytte ulike ruter. (I) den **transcellulære ruten** går gjennom den apikal membranen og diffunderer gjennom cytosol.



## Menneskets anatomi & fysiologi

Deretter transporteres filtratet over den basolaterale membranen som kan inkludere transport gjennom intercellulære områder. Filtratet går gjennom den interstitielle væsken og inn i blodkapillærene. (II) den **paracellulære ruten** involverer bevegelse av filtrat gjennom lekkasje i tight junctions, spesielt i proksimal convoluted tubule, og dermed bevegelse gjennom den interstitielle væsken og inn i kapillærene der det hydrostatiske trykket er lavt.

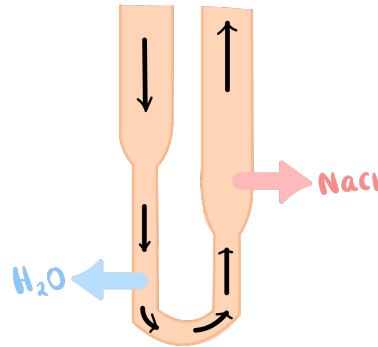


Ved den basolaterale membranen pumpes natriumioner inn i interstitial space av  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  pumpen som krever ATP. Dette danner en **konsentrasjonsgradient** som driver;  $\text{Na}^+$  entre ved apikale membraner, reabsorpsjon av organiske næringsstoffer og ioner ved kotransport, og reabsorpsjon av vann gjennom aquaporiner som fører til en økning i konsentrasjonen til de gjenværende substansene som igjen kan reabsorberes ettersom de beveger seg ned deres konsentrasjonsgradient. Lipidløselige substanser diffunderer via den transcellulære ruten, mens ulike ioner og urea benytter den paracellulære ruten.

Det dannes en **osmotisk gradient** mellom renal cortex og renal medulla. I cortex der filtratet entrer loop of henle er filtratet isoosmotisk til både blodplasmaen og kortikal interstitiell væske. Lenger ned i descending limb i outer medulla beveger vannet seg ut av filtratet ned dens **osmotiske gradient** gjennom aquaporiner og filtratet blir mer konsentrert. Filtratet når sin høyeste konsentrasjon i bunnen av loop of Henle i inner medulla. I ascending limb, som ikke har aquaporiner, pumpes  $\text{Na}^+$  og  $\text{Cl}^-$  ut av filtratet som øker den interstitielle væskens **omolaritet**. Filtrater er på sitt mest fortennede når det forlater loop of Henle i cortex og er da **hyposmotisk** til den interstitielle væsken.

**The countercurrent multiplier effekt** avhenger av tre egenskaper av loop of henle for å danne den osmotiske gradienten. (I) filtratet strømmer i motsatt retning (countercurrent) i ascending og descending limb. (II) Descending limb er permeabel til vann, men ikke til salt. (III) Ascending limb er impermeabel til vann og pumper ut salt. Egenskapene danner en

positiv feedback syklus som brukes strømmen av væsken til å multiplisere kraften av saltpumpene.



I starten av distal convoluted tubule transporteres natrium, klor og kalsium, mens i slutten av distal convoluted diffunderer vannet gjennom aquaporin II-, aquaporin III- og aquaporin IV kanaler.

### 25.5 Urea

**Urea** er **metabolsk avfall** som inneholder nitrogen og som har tendens til å danne giftig ammoniakk. **Ammoniakk** konverteres til urea i mitokondrier i levercellene gjennom urea syklusen. Urea entrer dermed blodbanen, filtreres i nyrene og skilles ut gjennom urinen.

Urea er en løsning som filtreres fritt og som reabsorberes i proximal convoluted tubule. De tykke delene av descending- og ascending limb i Loop of henle er permeabel til urea, mens de tykke delene er impermeabel. Proximal collecting duct er også impermeabel til urea.

### 25.6 Regulering av volum

#### Regulering av glomerulus

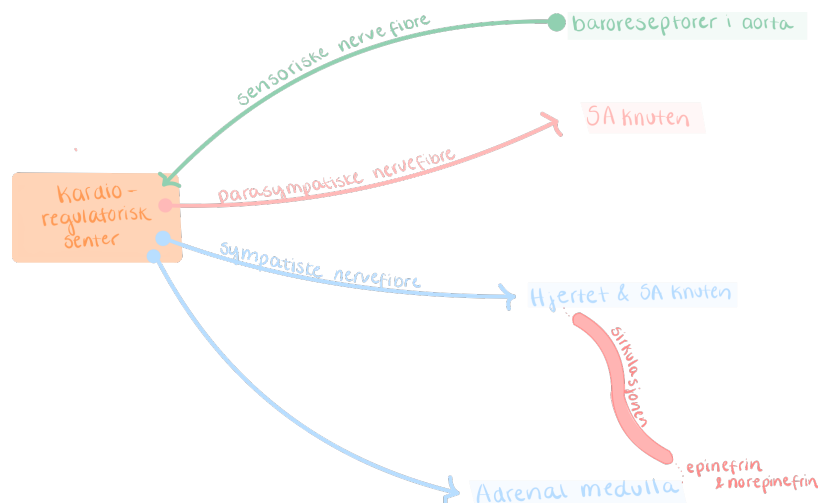
**Glomerular filtreringsrate (GFR)** er under **intrinsik** (autoregulering) og **ekstrinsik kontroll**. Begge kontrollmekansimene handler ved å endre **glomerular hydrostatisk trykk**.

Den **intrinsike kontrollen** handler lokalt for å vedlikeholde GFR via **myogenisk mekanisme** og **tubuloglomerular mekanisme**. **Myogenisk mekanisme** av vaskulært glatt muskulatur driver **vasodilasjon** og **vasokonstriksjon**. Under dilasjon øker blodstrømmen til glomerulus som gjør at det hydrostatiske trykket øker, NFP øker og GFR øker. Under konstriksjon minsker blodstrømmen til glomerulus og det hydrostatiske trykket går ned, NFP går ned og GFR går ned. **Tubuloglomerular mekanisme** regulerer ved høyt eller lavt blodtrykk. Ved **høyt**

## Menneskets anatomi & fysiologi

**blodtrykk** er filtratstrømmen rask, NaCl får liten tid på å reabsorbere og konsentrasjonen øker. **Macula densa celler** i ascending limb responderer til lave nivåer av NaCl i filtratet og frigjør vasokonstriktor kjemikalier som minker blodstrømmen inn i glomerulues. Ved **lavt blodtrykk** senkes filtratstrømmen, reabsorpsjonen får mer tid og mer NaCl reabsorberes.

Den **ekstrinsike kontrollen** handler via **nervesystemet** og **endokrine systemer** for å opprettholde blodtrykket. Under normale forhold er blodvolumet og -trykket normalt, blodårene er utvidede, autoregulerings-mekanismer (intrinisk kontroll) er på og det sympatiske nervesystemet hviler. Dersom blodvolumet eller -trykket reduseres er det nødvendig å shunt blod til vitale organer og den sympatiske nervekontrollen overstyrer de autoregulatoriske mekanismene. **Baroreseptorer** i aorta responderer til lavt blodtrykk og hemmer signaler til det kardioregulatoriske sentere i **medulla oblongata**. Det kardioregulatoriske senteret aktiverer sympatiske nervefibre til **adrenal medulla** som stimulerer utslipp av **epinefrin** av adrenal medulla. **Epinefrin** forårsaker vasokonstriksjon av afferent arterioler slik av blodstrømmen går ned, det hydrostatiske trykket går ned, NFP går ned, GFR går ned og blodvolumet/-trykket gå opp.



Den ekstrinsike kontrollen driver også **hormonell kontroll**. Den distale delen av ascending limb ligger mot den afferente arteriolen som går til glomerulus. **Granulaceller** responderer til lavt arterielt blodtrykk og promoterer frigjøring av renin. **Renin** setter i gang en kaskade som fører til utslipp av **angiotensin II** som fører til vasokonstriksjon.

## Regulering av distal convoluted tubule

**Parathyroid hormon (PTH)** promoterer **kalsium reabsorpsjon**. PTH frigjøres fra **paratyroidkjertler** i respons til lave konsentrasjon av kalsium i blodet. Utslipp av hormonet stimulerer åpning av apikale kalsiumkanaler slik at kalsium transporteres ut av filtratet.

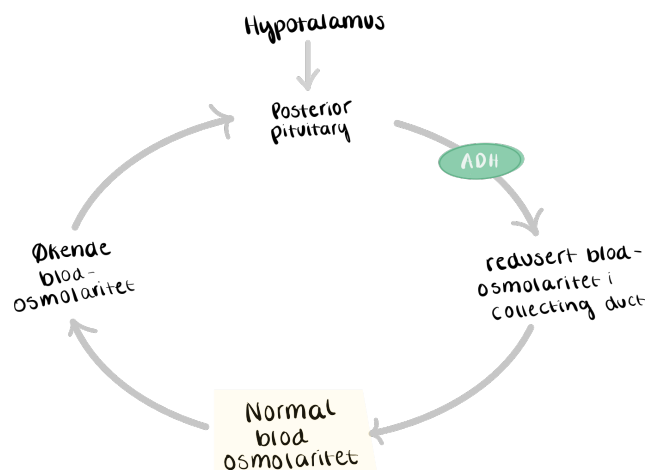
## Renin-Angiotensin-Aldosterin mekanismen

I siste del av distal convoluted tubule og i collecting duct kontrollerer **renin-angiotensin-aldosteron mekanismen (RAAS)**. **Aldosteron** promoterer basolaterale  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  pumper og apikale  $\text{Na}^+$  kanaler som gjør at  $\text{Na}^+$  reabsorberes og konsentrasjonen i blodet øker.

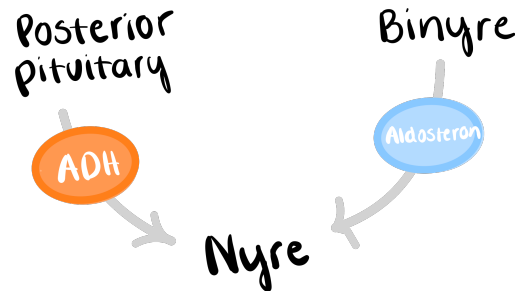
Den distale delen av ascending limb ligger mot den afferente arteriolen som går til glomerulus. **Granularceller** responderer til lavt arterielt blodtrykk og promoterer frigjøring av renin. **Renin** setter i gang en kaskade som fører til utslipp av **angiotensin II** som igjen fører til at **aldosteron** skilles ut av adrenal cortex. **Maculaceller** responderer til lave konsentrasjoner av  $\text{NaCl}$  og promoterer frigjøring av renin fra granularceller og den samme kaskaden iverksettes.

## Vann reabsorpsjon

**Antidiuretisk hormon (ADH)** fra **posterior pituitary** promoterer reabsorpsjon av vann. ADH frigjøres i respons til økt blod osmolalitet og redusert blodvolum, altså **dehydrering**. ADH stimulerer aquaporiner til den apikale membranen, aquaporiner er alltid tilstede i den basolaterale membranen. Dersom reabsorpsjon av vannet øker går urin osmolaliteten opp, dersom reabsorpsjon minker går urinvolumet ned.



Ved økt blodvolum og redusert blod osmolaritet, altså **overhydrering**, frigjøres ikke ADH og aquaporiner settes ikke inn i den apikale membranen, da øker urinvolumet og urin osmolariteten går ned.

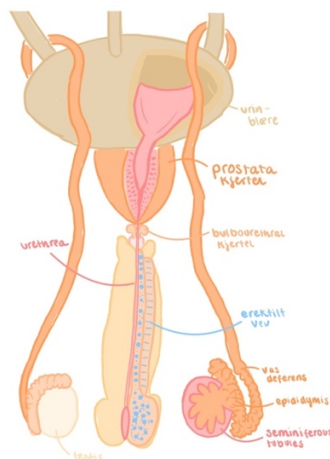


ADH promoterer også urea reabsorpsjon i distal collecting duct.

## Kapittel 27 REPRODUKSJON

### 27.1 Mannens reproduktive anatomi

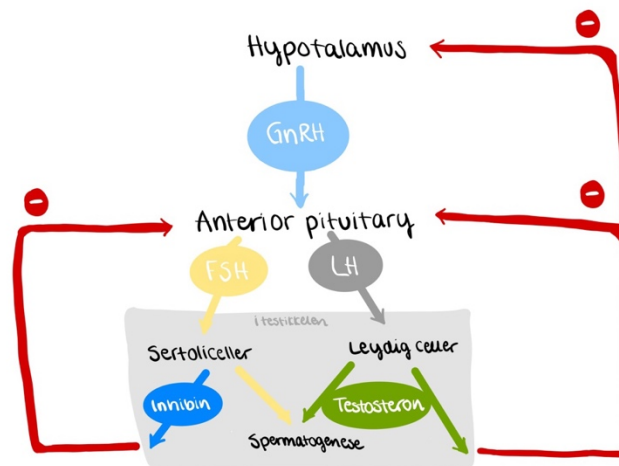
Ytre organer består av **pung** og **penis**, indre er gonader, kjertler og kanaler. **Testiklene**, mannens gonader, produserer **sperm** i kveilede rør, **seminiferous tubules**. Spermet passerer til **epididymis**, videre til **vas deferens** og **ejaculatory duct** før den når åpningen **urethrea**. Urethrea er åpningen for både sperm og urin. Mannen har tre sett kjertler, **sædblærer**, **prostata** og **bulbourethral kjertler**, som produserer sekret som kombineres med sperm og danner **sæden**. Penisen inneholder **urethrea** og tre sylindere med **svampevev**. Forhuden dekker penisen.



Mannens **testosteron- og spermnivå** svinger gjennom livet. Ved fertilisering er testosteron- og spermnivået lavt, men raskt stigende de første månedene av fosterutviklingen. Dermed går konsentrasjonen ned mot fødsel og stiger igjen etter fødselen. Nivåene holder seg lave i flere år frem mot puberteten. Gjennom puberteten og opp mot voksen alder stiger nivået høyt og holder seg stabilt til omtrent 60 årene når nivåene igjen synker.

### Hormonkontroll hos menn

**FSH** og **LH** fungerer på to typer celler i testiklene. FSH stimulerer **sertoriceller** i seminiferous tubules for å gi næring til spermen, mens LH får **leydig celler** til å produsere testosteron og andre androgener som promoterer spermatogenese. To negativ feedback mekanismer kontrollerer kjønnshormon-produksjon.



### Mannlig seksual respons

**Ereksjon** trigges av descending sentralnervesystem-veier som igjen trigges av tanker, følelser og sensorisk input som lukt og syn. Ereksjon trigges også fra mekanoreseptorer på penis.

Triggerne fører til forhøyet aktivitet i nevroner som frigjør **nitric oksid** og nedgang i sympatiske nevroner. Arterier i penis utvides som igjen fører til ereksjon. **Ejaculation** er når sæd pumpes ut av mannens kanalsystem og mekanismen er under sympatisk kontroll.

Ereksjonsfremkallende impulser gir spinalreflekser som fører til at nerveimpulser betjener kjønnsorganene. Blæresfinktermuskelen trekkes seg sammen og forhindrer utstøting av urin eller tilbakeløp av sæd. Muskler i penis trekkes rytmisk og raskt sammen og sørger for sæden fremdrift i urinrøret. Klimaks/orgasme nås, sympatiske nervefibre trekkes sammen penisarterioler og penis blir slapp. Deretter følges av en **refraktær periode** der man ikke er i stand til å oppnå ny orgasme.

### Sykdommer

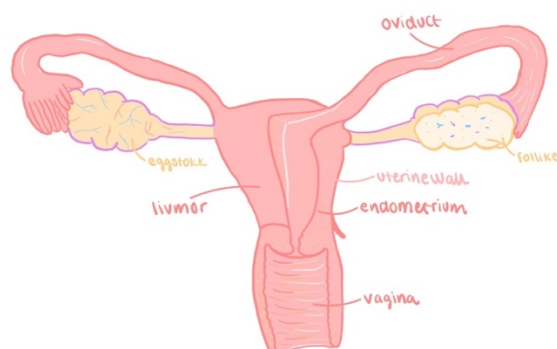
**Erekttil dysfunksjon** er manglende evne til å oppnå ereksjon og kan komme av at parasympatiske nerver ikke frigjør nok **nitric oksid**, av fysiologiske faktorer som alkohol og medisiner og sykdommer som diabetes og slag osv. kan også påvirke. Behandling mot erektil dysfunksjon er **viagra** som potentierer effekten av eksisterende nitric oksid, men som har som bivirkning å redusere systemisk blodtrykk.

**Prostatitt** er en inflammasjons lidelse forårsaket av bakteriell infeksjon. Sykdommen gir feber, skjelving, muskel- og leddsmerte, smertefull urinering og ryggsmerte. Prostatitt kan behandles med antibiotika. **Benign prostatahyperplasi** kommer av aldersrelaterte endringer i hormonnivå og gir vanskeligheter med vannlating. Sykdommen kan behandles med kirurgi, medikamenter, stråling m.m.

### 27.2 Kvinnens reproduktive anatomi

Kvinnens ytre organer omfatter **klitoris** og to sett **kjønnslepper** og **vaginal åpning**. De indre er gonader, kanaler og kamre. Kvinnens gonader, **eggstokkene**, er pakket med follikler med **oocyte**, et spesielt utviklet egg. En **eggleder** går fra livmoren til hver eggstokk. Livmoren er et tykt, muskulært organ med et indre lag, **endometrium**, som er rikt med blodårer.

**Livmorhalsen** åpner ut til vagina. **Vagina** er muskulær, elastisk, fungerer som fødselskanal og åpner til **vulva**. Klitoris er full av nerveender. **Brystkjertler** er tilstede i begge kjønn, men produserer kun melk i kvinner.



### Østrogen

**Østrogen** promoterer **oogenesis** og follikelvekst i eggstokkene. Hormonet utøver anabole effekter på den kvinnelige reproduktive kanalen, støtter vekstspurten i puberteten og gir sekundær kjønnskaraktistikk som brystutvikling og utvikling av bredere bekken.

## Kvinnelig seksual respons

Den kvinnelige seksualresponsen er mer kompleks enn hos menn og stimuleres av mekanisk og fysiologisk stimuli. Under seksuell opphissing øker blodstrømmen til klitoris, vaginal mucosa, bulb of the vestibule og brystene. Vaginalveggene lubrikeres også. Under orgasme øker muskelspenningen i hele kroppen, pulsen og blodtrykket øker også. Kvinner har ingen refraksjonsperiode og kan oppnå flere orgasmer rett etter hverandre.

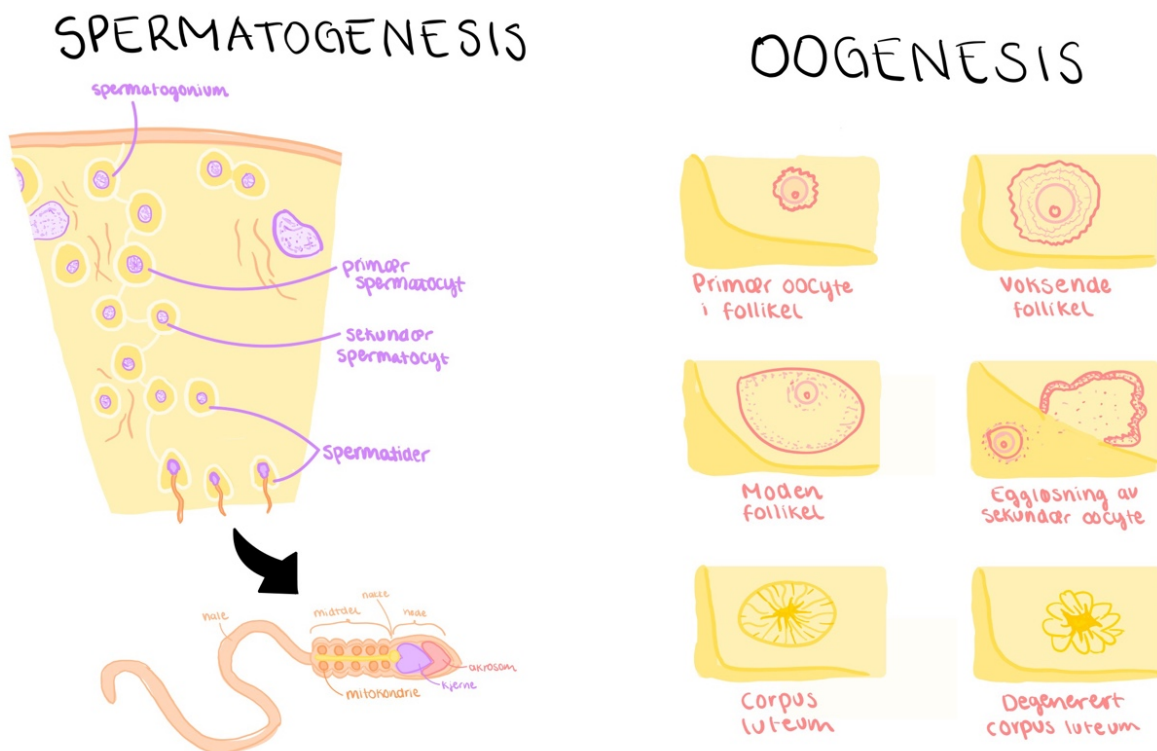
## Sykdommer

Kvinner kan få kreft i livmorhalsen noe som sjekkes etter fylte 25 år. Kvinner kan også få seksuelt overførbare sykdommer som gonore, syfilis og kjønnsvorter forårsaket av humant papillomavirus.

## 27.2 Spermatogenesis og oogenesis

### Gametogenese

**Gametogenese** er produksjon av gameter. **Spermatogenese** er produksjon av sperm, mens **oogenese** er produksjon av **oocytter** (egg). Begge prosesser generer haploide gameter via **meiotisk celledeling**. Spermatogenese er kontinuerlig og produserer hundrevis millioner sperm hver dag, oogenese er i motsetning en langvarig prosess der umodne egg dannes i embryostadiet og modnes mange år senere.





## Oogenesis

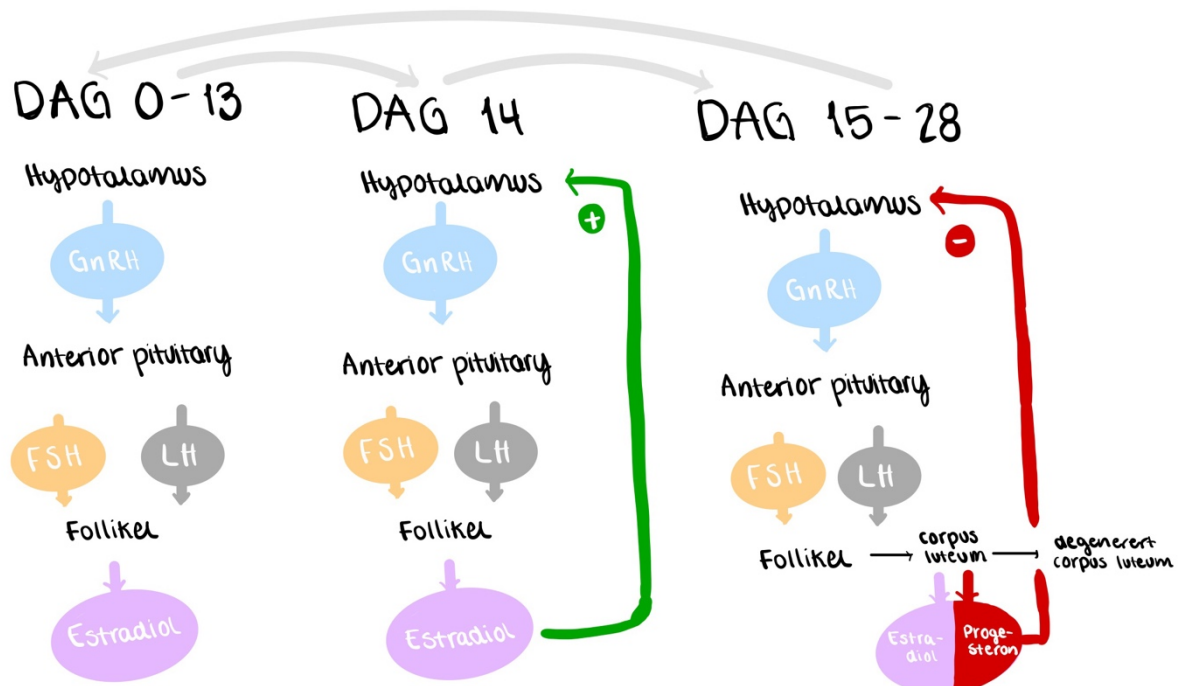
Kvinneres totale forsyning av egg er allerede bestemt innen fødsel. Man har ca. 7 millioner oocytter ved fødsel og 400 000 ved puberteten. Eggløsning forekommer mellom puberteten og menopausen.

### 27.3 Ovarian cycle

Det er to koblede reproduktivsykluser, **eggstokksyklusen** og **livmorssyklusen**, i det kvinnelige reproduksjonssystemet. Eggstokksyklusen innebærer at follikler modner og en oocyte frigjøres en gang per syklus, mens **livmorssyklusen** er endringer i livmoren og tilsvarer **menstruasjonsyklusen**. Etter rundt 500 sykluser når kvinner **menopause**, opphør av eggløsning og menstruasjon.

#### Eggstokksyklusen

Hypotalamus skiller ut **GnRH** som stimulerer anterior pituitary til å produsere **LH** og **FSH**. FSH stimulerer vekst av en **ovarian follikel** som begynner en ovarian syklus. I begynnelsen er follikelen liten og skiller ut små mengder østrogen. Ettersom follikelen vokser skilles det ut mer og mer østrogen og nivåene driver negativ feedback på pituitary som holder LH og FSH lavt under pre-egglosningsfasen. Når **egglosning** nærmer seg øker østrogennivået og når en kritisk topp rett før egglosning. Det utføres positiv feedback på hypotalamus og mer GnRH frigjøres. Økte GnRH nivåer fører til økning i sekresjon av LH og FSH. LH signaliserer enzymer til å bryte follikelen å tillate egglosning å forekomme. Dette trigger utvikling av **corpus luteum**. LH promoterer også sekresjon av østrogen og progesteron fra corpus luteum. Høye østrogen- og progesteronnivåer utfører negativ feedback på hypotalamus og pituitary og gir dalende GnRH-, LH- og FSH nivåer. Nedgangen i post-egglosningsfasen hindrer follikler fra å utvikle og egglosning fra å skje. Mot slutten av denne fasen stopper corpus luteum å skille ut østrogen og progesteron. Når østrogen- og progesteronnivåene minker starter GnRH fra hypotalamus nok engang å stimulere pituitary til å skille ut LH og FSH.



## Livmorssyklus

**Livmorssyklusen** er delt inn i tre faser; (I) **menstrual** når det funksjonelle laget av endometrium kastes, (II) **proliferative** når det funksjonelle laget av endometrium bygges opp og (III) **secretory** som begynner rett etter eggløsning når blodtilførselen øker og kjertelsekresjon av næringsstoffer forbereder endometrium på å motta ett embryo.

# Kapittel 28 GRAVIDITET & FØDSEL

## 28.1 Fertilisering

**Fertilisering**, eller unnfangelse, er forening av **sperm** og **eggets kromosomer** som danner en **zygote**. En **sekundær oocyt** er levedyktig i 12 til 24 timer etter at den er frigjort fra eggstokken. De fleste **sædceller** beholder sin befruktningsevne i 24 til 48 timer etter utløsning. Fertiliseringen er en stegvis prosess som begynner med at millioner av sperm enterer vaginalkanalen, men kun et fåtall når den sekundære oocytten. Mange spermceller dør rett etter ejaculation, andre dør av det syrlige miljøet i vaginaen. Den lille bestanddelen som når livmoren utsettes for kraftige livmorssammentrekninger og mange ødelegges av fagocytter fra kvinnens immunsystem.

Den lille overlevende bestanddelen må kjempe mot omvendt peristaltikk for å møte oocytten og må først **kapasiteres**. I denne prosessen forbedres sædmotiliteten og membranene blir skjøre for å tillate hydrolytiske enzymer å frigjøres. Kapasitering kan ta fra 2 til 10 timer.

Den **ovulerte oocytten** er innkapslet av **corona radiata** og **zona pellucisa**. Når sædcellene når oocytten bølger de seg vei inn mot corona radiata som gjør at de faller bort fra oocytten. Spermceller bindes til en **spermreseptor** i zona pellucida. Binding trigger  $\text{Ca}^{2+}$  kanaler som forårsaker **akrosomal reaksjon**.

**Akrosomal reaksjon** involverer frigjøring av **akrosomale enzymer** som fordøyer hull gjennom zona pellucida.. Når veien er klargjort tvinger nylig ankommet sperm seg fram gjennom oocyte-membranen. Spermene post-akrosomal membranen binder oocyte plasmamembranreseptorer som fører til; (I) oocytten daner mikrovilli som omringer spermens hode og oocytten og spermene fusjonerer, (II) cytoplasmisk innhold av spermene entrer oocytten og lar sperm-plasmamembranen ligge igjen og (III) gametene smelter sammen.

### Blokkering av polyspermi

**Polyspermi** er entre av flere spermceller til et egg og forekommer i noen dyr. I mennesker er kun en spermcelle tillatt å penetrere oocytten. To mekanismer sørger for at polyspermi ikke forekommer; (I) **oocyte membranblokkering** og (II) **zona reaksjon**. (I) **Oocyte membranblokkering** involverer at når spermene bindes til oocytens sperm-bindingsreseptorer får den oocytten til å kaste alle gjenværende sperm-bindingsreseptorer og hindrer at flere spermceller bindes til oocytten. (II) **Zona reaksjonen** endrer den fysiske strukturen av zona pellucida. Når spermhode har entret oocytten vil  $\text{Ca}^{2+}$  bølger fra endoplasmatiske retikulum i oocytten frigjøres til cytoplasma og forårsake en kortikal reaksjon. Enzymer frigjøres til det ekstracellulære område under zona pellucida, kalt zonal inhibitory proteiner (ZIP), ødelegger gjenværende sperm-bindingsreseptorer i zona pellucida.  $\text{Ca}^{2+}$  aktiverer også oocytten for en andre meiotisk deling.

### Meiose II og fertilisering

Når spermet har smeltet sammen med oocytten frigjøres det cytoplasmiske innholdet inn i oocytten og plasmamembranen blir liggende. Spermkjernen sveller opptil fem ganger normal størrelse og danner mannlig **pronukleus**.  $\text{Ca}^{2+}$  aktiverer den sekundære oocytten fra sitt

dormante stadie. Dette er etterfulgt av at sinkioner brister fra egget som trigger fullføring av meiose II. Meiose II resulterer i dannelsen av **ovum nukleus** og second polar body. Ovum nukleus blir den kvinnelige **pronukleus** og både mannlig og kvinnelig pronukleus repliserer deres DNA. Pronukleus-membranene brytes og kromosomer frigjøres. Kombinasjonen av kromosomene produserer **zygoten**.

## 28.2 Fosterutvikling

Tidlig **embryonisk utvikling** begynner med fertilisering og fortsetter med at embryoet reiser ned uterin tubule til livmoren og implanterer livmorsveggen. Signifikante hendelser i den embryoniske perioden er (I) **kløyving**, som produserer en blastocyst, og (II) **implantering av blastocysten**. (I) **Kløyvingen** er en periode av **mitotiske delinger** av zygoten. 36 timer etter fertilisering produserer den første delingen to identiske celler kalt **blastomere**. Disse deles til fire celler, så åtte osv. 72 timer etter fertilisering dannes en bærformet **morula** av 16 celler seg. Fire til fem dager etter fertilisering består embryoet av omtrent hundre celler. Zona pellucida begynner å brytes ned og frigjør **blastocysten**, et væskefylt hulrom dannet av et enkelt lag av **trofoblaster** og en liten samling av runde celler. Trofoblastcellene danner **morkaken** og har viktige funksjoner som beskytter embryoet fra angripende morsceller. Den indre celledelen danner den embryoniske disken som senere danner tre av de fire embryoniske membranene. Målet med celledelingene er å produsere små celler med høyt overflateareal for å øke opptak av næringsstoffer og utveksling av avfall.

(II) Intervallet for **implantering** begynner seks til syv dager etter fertilisering og trigges av stigende progesteron og østrogen nivåer. **Trofoblastene** adherer til **endometrium** og skiller ut fordøyende enzymer og vekstfaktorer til den endometriale overflaten. Blastocysten graver seg ned i endometrium og endometrialceller dekker den implanterte blastocysten. Når suksessfull tar implanteringen fem dager. Dette er et sensitivt stadie og to tredjedeler av tilfellene ender i spontanabort.

### Morkaken

**Morkaken** dannes både av embryoniske- og moderligt endometrialvev. Celler fra den originale celledelen danner **korion**, et lag av ekstraembryonisk mesoderm som forer inneroverflaten av trofoblasten. Korion utvikler fingerliknende villi som ekspanderer og kobles til mors blodårer. Villi i intervillus området intereagerer med morsblod og sammen

med **decidua basali** dannes den diskeformede morkaken. Morkaken er fullt funksjonelt som næringstransport, respirasjons-, ekskresjons- og endokrine organ ved slutten av tredje måned av graviditeten. Morkaken skiller ut **hCG**, progesteron og østrogen fra begynnelsen. Gjennom graviditeten øker både progesteron og østrogennivåer. De promoterer vekst og differensiering. **Graviditetstester** bruker en markør som oppdager tilstedeværelse av **hCG** i blodet eller urinen.

**Plommesekken** er i andre dyr en næringskilde for embryoet, men i mennesker er den viktig for utvikling av fordøyelseskanalen og som kilde til blodceller og -årer. **Amnion** er en væske som ekspanderer rundt embryoet og danner et flytende miljø. **Allantois** danner basen av navlestrengen og blir senere en del av urinblæren.

### Organogenesis

Mens implanteringen foregår konverteres blastocysten til en gastrula med tre primærslag; (I) **ektoderm** som danner strukturer i nervesystemet og huden, (II) **endoderm** som danner foringen i fordøyelse-, respirasjons- og urinsystemet og (III) mesoderm som danner alt annet.

### Sirkulasjon

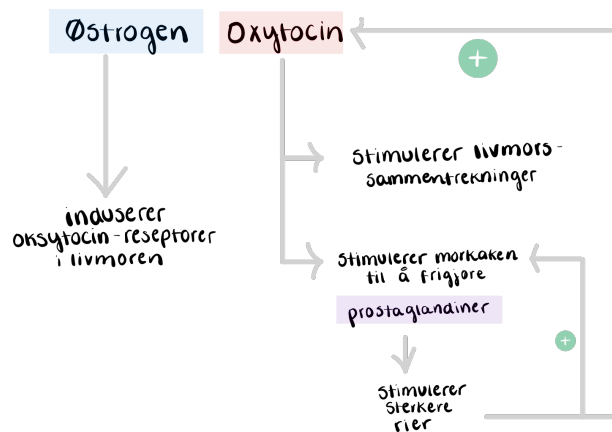
De første blodcellene oppstår i plommesekken og hjertet, blodårer og lymfeårer dannes rundt slutten av uke tre. Blodet i fosteret strømmen til og fra hjertet, men oksygen, karbondioksid, næring og avfallsutveksling skjer ved morkaken

## 28.3 Fødsel og amming

**Fødselen** er en serie av hendelser som resulterer med at fosteret forlater livmoren. Når fødselen nærmer seg samarbeider to kjemiske signaler for å konvertere falske fødselssmerter til ekte. Østrogennivået når sitt høyeste punkt de siste ukene i svangerskapet og fører til uregelmessige **livmorssammentreknninger**.

Fosterceller produserer **oksytosin** som får morkaken til å frigjøre **prostaglandiner**. Begge hormonene stimulerer livmorsmuskler og det oppstår frekvente og sterke **rier**. Mekanismen benytter positivt feedback der økende kontraksjoner aktiverer hypotalamus som signaliserer for mer oksytosin.

## Menneskets anatomi & fysiologi



Den lengste fasen av fødselen er under utvidelsen av livmorhalsen og kan ta flere timer. Vannet brytes og når spedbarnet hode når bekkenet roteres hodet slik at den største dimensjonen er i anteroposterior linje. Sterke rier forekommer hyppigere og varer lenger og selve fødselen setter i gang. Etter fødselen av spedbarnet må også morkaken presses ut og navlestrengen klippes.

## A TIL Å

### A

**Acetylcholine (ACh):** neurotransmitter brukt i nevro-muskulære junctions, kjemikalie som motonevroner frigjør for å aktivere muskler

**Acinus:** opphopning av celler i bærform, som alveoli

**ADH:** antidiuretisk hormon, dannes i hypothalamus, påvirker urinutskillelse

**Adaptive defense:** spesifikt forsvarsmot antigener

**Addisons disease:** sykdom der immunsystemet angriper binyrene og skader adrenal cortex

**Adenylate cyclase:** enzym som generer cAMP fra ATP

**Adrenal medulla:** indre del av binyrene

**Adrenerg nevron:** skiller ut norepinefrin, adrenalin (epinefrin), noradrenalin eller dopamin, finnes i CNS og ANS

**Adrenokortikotropisk hormon (ACTH):** hormon fra den fremre hypofysen

**Afferent:** *to carry outwards*, nerve i som leder impulser inn til nervesystemet

**Afferent nerver:** sensoriske nerver, bringer informasjon fra kroppen til hjernen

**Akrosomal reaksjon:** utløses når sædcellen møter egget

**Aksjonspotensial:** rask sekvens av endring i voltage på tvers av en membran, skjer når et nevron sender informasjon ned aksonet.

**Akson:** delen av nevronet som viderefører elektriske impulser

**Aktin:** multifunksjonelle proteiner som danner tynne filamenter i muskelfibre

**Aldosteron:** steroidhormon produsert i binyrebarken, holder natrium og vann tilbake i

## Menneskets anatomi & fysiologi

kroppen, øker utskillelse av kalium, magnesium og hydrogen

**Alfaceller:** glukagonproduserende celler i bukspyttkjertelen

**Allantois:** utposing av den embryonale plommesekken

**Alveoli:** i lungene, der gassutveksling forekommer

**Alzheimers disease (AD):** kronisk hjernesykdom, fører til demens

**Amin:** nitrogenholdige organiske baser

**Aminosyre:** byggesteiner til proteiner

**Amnion:** fosterhinne

**Amygdala:** ansamling av nervecellelegemer i storhjernen, sentral for emosjon og hukommelse

**Amylase:** enzym for karbohydratnebryting

**Angiotensin:** peptider som innsnevrer arterioler

**Anterior pituitary:** fremre hypofyse, skillet ut seks hormoner

**Antimikrobielle proteiner:** viktig del av immunsystemet

**Antistoff:** proteiner i kroppen som bindes til smittestoffer og bekjemper infeksjon

**Anion:** negativt ladet ion

**Antagonisme:** motsatte funksjoner

**Aorta:** hovedpulsåren

**Apex:** hjertets nederste spiss

**Apikalmembran:** i nefroner, inneholder mikrovilli

**Arterier:** blodårer som frakter blod fra hjertet ut i kroppen

**Ascending limb:** oppover-røret i loop of Henle, NaCl skilles ut

**Ascending tracts:** sensorisk pathway fra ryggmargen opp til hjernen

**Astrocytter:** en type gliacelle i CNS, opprettholder blod-hjerne barrieren

**Atrium:** hjertets forkammer

**Autokrin:** en celle som stimulerer seg selv

**Autonom ganglion:** relestasjoner, impulser fra CNS overføres til nerveceller

**Autonom refleks:** ubevisste motorreflekser

**Autonome nervesystemet:** delen av nervesystemet som styrer aktiviteten i glatt muskulatur, hjertemusculatur og kjertler

**AV-klaffen:** atrioventrikulær-klaffen, hindrer tilbakestrøm mellom forkamre og hovedkamre

## B

**B celler:** kommer fra og aktiveres i benmargen

**B lymfocytter:** B celler, kommer fra og aktiveres i benmargen

**Bakhjernen:** rhombencephalon, nedre del av hjernen, omfatter pons, medulla, cerebellum og ryggmargen

**Bakterieflora:** samfunnet av ulike bakterier, virus og sopp i tarmen

**Basal metabolsk rate (BMR):** hvilestoffskiftet/hvileforbrenning, endoterm

**Basal nuclei:** basal ganglia, gruppe strukturen dypt i det hvite materie i hjernen, ansvarlig for motorkontroll

**Basement membran:** tynt lag av spesialisert extracellulært matrix

**Basolateral membran:** cellebran orientert vekk fra lumen

**Berøring:** mekanisk sans i huden

## Menneskets anatomi & fysiologi

**Betaceller:** insulinproduserende celler i bukspyttkjertelen

**Binyrer:** hormonkjertler lokalisert på toppen av hver sin nyre

**Blandede nerver:** inneholder både sensoriske- og motorfibre og overfører impulser både til og fra CNS

**Blastocyst:** struktur i embryoutviklingen, fire til fem dager etter befruktning

**Blastomer:** tidligste stadie av embryoutviklingen, to celler

**Blindtarm:** utvekst fra tykktarmen

**Blodplater:** små, fargeløse cellefragmenter i blodet

**Blodårer:** rør av bindevev hvor blodet sirkulerer i kroppen, vener, kapillærer og arterier

**Bolus:** blanding av mat og spytt

**Bowmans capsule:** omringer glomerulus i nefronet

**Bronkioler:** del av nedre del av luftveiene

**Bony cribiform plate:** en del av ethmoidbenet i nesen

**Bukspyttkjertel:** endokrint organ bak magesekken

**Bulbourethral kjertel:** erte-formet kjertel i menn, lokalisert under prostata

### C

**C celler:** parafollikulære celler, produserer kalsitonin

**Cellulær immunitet:** beskyttelsesmekanisme som involverer aktivering av fagocytter og T celler

**Cephalisering:** evolusjonær trend hvor anterior ende utstyres med munn og sanseorganer

**Cerebellum:** lillehjernen, samordner bevegelser

**Cerebral cortex (CC):** ytre laget av nevralt vev rundt cerebrum

**Cerebrovascular accident (CVA):** slag

**Cerebrum:** storhjernen, hjernens hoveddel, styrer tanker, følelser, atferd og bevegelser

**Chiefceller:** kjertelcelle som skiller ut pepsinogen og lipase

**Choroid:** vaskulært midtre lag i øyet

**Chylomikroner:** lipoproteiner som deltar i transport av fett fra tynntarmen via lymfesystemet

**Chyme:** blanding av delvis fordøyd mat, væske og magesyre

**Circumvallate papillae:** papillae på bakre del av tungen

**Collecting duct:** der filtratet samles i nefronet

**Collecting lymfeårer:** der lymfeårer samles, drive lymfe videre

**Complement proteiner:** i immunsystemet

**Cornea:** hornhinne, gjennomsiktig hinne foran pupillen

**Corona radiata:** omslutter en oocyte

**Corpus luteum:** rest i eggstokken etter eggløsning av follikkelcellene som omga det modne egget

**Countercurrent multiplier effekt:** effekt i nyrene som bruker energi til å generere en osmotisk gradient som gjør at vann kan reabsorberes og produsere konsentrert urin

**Curare:** pilgift, forårsaker paralyse

**Cushings syndrom:** skyldes høye kortisol nivåer

**Cyclic AMP:** cAMP, sekundære budbringer

### D



## Menneskets anatomi & fysiologi

**Decidua basalis:** indre slimhinne i livmoren

**Dehydrering:** mangel på vann

**Demens:** fellesbetegnelse for ulike sykdommer, fører til svikt i hjernens funksjoner

**Dendritt:** forgrenede utløpere fra nevroner, mottar signaler fra andre nevroner

**Deoxyhemoglobin:** hemoglobin som ikke er kombinert med oksygen

**Depolarisering:** endring av membranpotensialet til en mer positiv verdi

**Descending limb:** nedover-røret i loop of Henle i nefron, skiller ut vann

**Descending tracts:** sensorisk pathway fra hjernen og ned til ryggmargen

**Diabetes:** stoffskiftesykdom, type I og II

**Diastole:** hjertets hvilefase

**Diencephalon:** den sentrale delen av hjernen, delt inn i epitalamus, talamus, subthalamus og hypothalamus

**Disakkarid:** sukkerarter av to suktermolekyler

**Distal convoluted tubule:** i nefroner, mellom loop of Henle og collecting duct

**Dopamin:** neurotransmitter viktig for motivasjon og avhengighet

**Duodenum:** tolvfingertarmen, øverste del av tynntarm, rett etter magesekken

## E

**Effektorceller:** kortlevde aktiverte celler i immunsystemet

**Efferent nerver:** motoriske nerver, formidler impulser fra hjernen til ryggmargen

**Efferent:** *to carry away*, nervene som fører impulser fra sentralnervesystemet og ut til musklene

**Eggleder:** rørformet kanal, kobler eggstokkene med livmoren

**Eggstokk:** kvinnelige kjønnskjertler, ovariene

**Ejaculation:** spermutløsning

**Eksitabilitet:** muskelvevets evne til å motta å reagere på en stimulus

**Eksocytose:** mekanisme for utskillelse av store molekyler fra celler

**Ektoderm:** ytterste av fosterets tre kimlag

**Ektoterm:** avhengige av varme fra miljøet, varierende kroppstemperatur

**Ekspiratorisk reserve volume (ERV):** det gjenværende luftvolumet i lungene etter ekspirasjon, ca. 1500 mL

**Elastisitet:** muskelvevets evne til å rekylere etter strekk

**Elektrokardiogram (EKG):** registrer de elektriske impulsene gjennom hjertet

**Endeplate potensial (EPP):** lokal depolarisering i den perifere, plateformede enden av et motorisk nevron, overfører impulsen til en tverrstripet muskelcelle

**Endocardium:** vevet som kler hjertets indre overflate, danner hjerteklaffene

**Endoderm:** innerste av fosteret tre kimlag

**Endometrium:** slimhinnen som kler livmorhulen

**Endoterm:** bruker intern generert varme for å holde kroppstemperaturen stabil

**Epididymis:** bitestikkelen, der sædcellene modnes

**Epiglottis:** strupelokket

## Menneskets anatomi & fysiologi

**Epitalamus:** del av diencephalon

**Ereksjon:** oppsvulming av penis

**Erektil dysfunksjon:** impotens, manglende evne til å få eller opprettholde ereksjon

**Estradiol:** østrogen steroidhormon

**Ethmoid bone:** ben i skallen/nesen

**Excitatory post-synaptisk potensial (EPSP):** depolariserende post-synaptisk potensial som endrer membranpotensialet nærmere grenseverdien for aksjonspotensial

### F

**Fagocytose:** en celle tar opp virus, bakterier el.

**Fagocytt:** celler med stor evne til fagocytose

**Fagosom:** vesikkel dannet rundt en partikkel engulfed via fagocytose

**Feber:** reaksjon på infeksjon, unormalt høy kroppstemperatur

**Fettsyre:** kjede av karbonatomer, byggesten til fett

**Fleksor refleks:** strekkrefleks, fører til autonom tilbaketrekking av kroppsdelen vekk fra smertefull stimuli

**Foliate papillae:** papillae på bakre del av tungen

**Follikel:** blære- eller sekkformet dannelse i kroppen

**Fordøyelse:** prosessen der fordøyelseskanalen tar opp næringsstoffer

**Forhjernen:** *prosencephalon*, den primitive hjernen, omfatter luktesansen, midthjernen og synssansen

**Forlengbarhet:** muskelvevets evne til å strekke seg

**Fornix:** C-formet hvitt materie i cerebrale hemisfærer

**Fotoreseptor:** i øyet, omdanner lys til elektrisk energi

**FSH:** follikel stimulerende hormon

**Fungiform papillae:** papillae på tungens fremre del

**Funksjonell residual kapasitet (FRC):** volumet gjenværende etter normal ekspirasjon, ca. 3000 mL, summen av ekspirasjons-reservevolumet (ERV) og residual volumet (RV)

### G

**GABA:** hemmende neurotransmitter i CNS

**Galleblæren:** mottar og lagrer galle, tømmer galle ut i tolvfingertarmen

**Gallesalt/-syre:** bidrar til fordøyelse av og opptak av fett fra tarmen

**Gamet:** kjønnselle

**Gametogenese:** utvikling av kjønnseller

**Gap junctions:** intercellulære kanaler

**Glatt muskulatur:** muskelvev i veggene i de indre organene, kan ikke bevisst kontrolleres

**Glomerular filtreringsrate (GFR):** raten blodet filtreres med hvert minutt

**Glomerulus:** blodkapillærer i bowmans capsule

**Gobletceller:** i tarmveggen, har mikrovilli

**Goiter:** irregulær vekst av skjoldbruskkjertelen

**Gonader:** organer som danner kjønnshormoner

**Glukokortikoider:** steroidhormoner fra binyrene

**Glutamat:** aktiverende neurotransmitter, aminosyre

**Gonadokortikoider:** kjønnshormon fra zona reticularis i binyrene

## Menneskets anatomi & fysiologi

**Gradert potensial:** liten endring i membranpotensial, kort-distanse

**Grått materie:** ytre delene av hjernen, indre delen av ryggmargen, høy konsentrasjon av cellekropper

### H

**H-sonen:** området mellom M-linjen og Z-disken i en sarkomer

**hCG:** dannes ved graviditet

**Hemgruppe:** den aktive gruppen i hemoglobin, jernladet, bindes til oksygen

**Hemoglobin:** oksygenbærende del av de røde blodcellene

**Hjernerystelse:** midlertidig endring i cerebral funksjon som resultat av slag til hodet

**Hjernestammen:** forbinder hjernen og ryggmargen

**Hjernevesikkel:** tre primære; forhjernen, midthjernen og bakhjernen, gir opphav til sekundære hjernevesikler

**Hjerteinfarkt:** blokkering av koronaaarteriene

**Hjertemuskelatur:** stripet muskulatur, kan ikke bevisst kontrolleres

**Homeostase:** opprettholdelse av konstante og stabile forhold i kroppen

**Homeoterm:** organisme med omtrent konstant indre kroppstemperatur

**HPT axis:** hypotalamus-pituitary-tyroid akse

**Humoral immunitet:** inkluderer T og B celler

**Huntington:** arvelig sykdom, forårsaker ufrivillig bevegelse av armer og ben

**Hvilepotensial:** - 70 mV, generer ikke impulser, innsiden noe negativ i forhold til utsiden

**Hvite blodceller:** immunsystemets blodceller, leukocytter

**Hvitt materie:** hjernens innside, ryggmargens utside, inneholder myeliniserte nervefibre

**Hyperpolarisering:** membranpotensialet blir mer negativt

**Hypersekresjon:** å skille ut for mye

**Hypertermia:** for varm

**Hypertyroidisme:** høyt stoffskifte, for aktiv skjoldbruskkjertel

**Hypofysen:** pituitary gland

**Hypoosmotisk:** væske med lavere osmotisk trykk enn referansen

**Hyposekresjon:** å skille ut for lite

**Hypotalamus:** en del av mellomhjernen, kontrollorgan for flere endokrine funksjoner

**Hypotermia:** for kald

**Hypotyroidisme:** lavt stoffskifte, for lite aktiv skjoldbruskkjertel

**Hårceller:** reseptorer i øret

**Hørsel:** mekanisk sans

### I

**Ileum:** nederste delen av tynntarmen

**Immunkompetens:** kroppens evne til å produsere normal immunrespons etter antigen-eksponering

**Immunoglobulin:** proteiner i immunforsvaret

**Indre respirasjon:** utveksling av gass mellom blodbanen og vevet

**Inflammasjon:** kroppens beskyttende reaksjon på sykdomsfremkallende stoffer

**Inhibitory post-synaptisk potensial (IPSP):** repolariserende post-synaptisk potensial som endrer

## Menneskets anatomi & fysiologi

membranpotensialet lenger unna grenseverdien for aksjonspotensial

**Innate defense:** ikke-spesifikt, første- og andre forsvarslinje

**Inspiratorisk kapasitet (IC):** maksimum volum av luft som kan pustes inn ved normal innpust

**Inspiratorisk reserve volum (IRV):** luftvolumet som kan tvinges ned ved innpust

**Insuffisiens:** utilstrekkelig

**Interferoner:** signalstoff ved virusinfeksjon

**Interneuron:** nerveceller som forbinder to nærliggende nevroner, har korte aksoner med mange forgreininger

**Ionekanal:** proteiner gjennom membranen, for transport av ioner

**Iris:** fargede delen av øyet, regnbuehinnen

**Isoosmotisk:** væske med samme osmotisk trykk som referansen

### J

**Jejunum:** midterste del av tynntarmen

**Juxtamedullary nefron:** har renal corpuscle nær medulla og har proksimal convoluted tubule og loop of henle dypere i medulla

### K

**Kapasitering:** regulerer spermens evne til å nå fertiliseringen og intereagere med egget

**Kapillærer:** årene for gassutveksling

**Katekolaminer:** produseres i binyrene

**Kation:** positive ion

**Koagulering:** blod går fra flytende til fast

**Kolinerg nevron:** nevron som skiller ut ACh

**Kolon:** tykktarmen

**Konduksjon velositet:** hastigheten til aksjonspotensialet ned aksonet

**Konkav:** buet innover

**Kontraktilitet:** muskelvevets evne til å forkorte når stimulert

**Konveks:** buet utover

**Koronaarterier:** årene som forsyner hjertet med blod

**Korion:** ytterste av fosterhinnene

**Kortikal nefron:** har kortere loop of henle

**Kortisol:** mest sentrale glukokortikoidet

**Kranienerver:** tolv par, har utspring i hjernen og hjernestammen

**Kraniosakral:** opprinnelse i hjernen

**Krysset ekstensor refleks:** trekkerefleks når man f.eks. trækker på noe vondt

### L

**Labeled line:** en linje representert av perifer nerve med sensorreseptor tilfestet enden

**Leakage kanal:** ionekanal som alltid er åpen

**Leukocyt:** hvite blodceller

**Leydig celler:** hormonproduserende celler i testiklene

**LH:** luteiniserende hormon, stimulerer østrogen og testosteronproduksjon

**Ligand-gated kanal:** membranproteiner med porer til strøm av visse ioner

## Menneskets anatomi & fysiologi

**Limbiske system:** sammenknyttede bark- og kjerneområder i hjernen

**Lipase:** enzym for fettnedbryting

**Lipidløselige hormoner:** hydrofobe, diffunderer fritt inn i celler, transportproteiner i blodbanen

**Lokomosjon:** bevegelse fra A til B

**Lukt:** kjemisk sans, oppfatter odoranter

**Lungekretsløpet:** pulmonary circuit, oksygenfattig blod fra høyre atrium til ventrikkel, til lungene og tilbake i venstre atrium og ventrikkel

**Lunger:** menneskets respirasjonsorgan

**Luteinizing hormon:** fra hypofysen, regulerer eggløsning

**Lymfatic ducts:** stor lymfeåre

**Lymfatisk trunk:** stor lymfeåre fra efferente lymfeårer

**Lymfatiske kapillærer:** transporterer lymfe fra kroppsceller og vev

**Lymfepolikler:** avgrensede områder i lymfevev der cellene ligger tettere

**Lymfeknuter:** lymfevev, kontrollpost for immunsystemet

**Lymfeårer:** transporter lymfe

**Lysosom:** enzymholdig organelle i cellen

## M

**M-linje:** markerer senteret på sarkomeren

**Magesekken:** utvidelse av fordøyelseskanalen mellom esofagus og duodenum, matlager

**MALT:** mucosa-associated lymfoid tissue, initierer immunresponser

**Makrofag:** hvite blodceller som kan «spise»

**Mandlene:** lymfeorganer

**Medulla oblongata:** forbinder ryggmargen med hjernen

**Meiose:** celledeling som fører til dannelse av kjønnsceller

**Meissner corpuscle:** mekanoreseptor i huden

**Mekanisk gated kanal:** åpnes og lukkes i respons til mekanisk vibrering eller trykk

**Mekanoreseptor:** sanesecelle egnet for mekanisk stimuli

**Melatonin:** hormon produsert i hjernen, påvirker døgnrytme og søvn

**Membranpotensial:** den elektriske spenningen mellom de to sidene av en membran

**Mesoderm:** midtre av tre kimlag i embryoutviklingen

**Metabolisme:** stoffskifte, samlebetegnelse på de kjemiske prosessene i kroppen

**Metabolsk rate:** mengden energi benyttet av en organisme over en gitt tid

**Metencephalon:** embryonisk del av bakhjernen, differensieres til pons og cerebellum

**Miceller:** fettstoffer (lipider) omgitt av et skall av amfipatiske molekyler

**Midthjernen:** *mesencephalon*, øverste og minste delen av hjernestammen overfører impulser og reflekser

**Mikrovilli:** tynne, sylindriske utløpere på epitelcelleoverflaten

**Milten:** lymfeorgan i magen

**Mikroglia:** primære immunceller av CNS

**Mineralokortikoider:** hormoner fra binyrebarken, regulerer saltstoffsiftet

**Minneceller:** langlevd immuncelle som gjenkjenner fremmedpartikler

## Menneskets anatomi & fysiologi

**Minuttvolum:** mengden blod som pumpes ilar en viss tid

**Mitose:** celledeling til to nye celler

**Modality:** en spesifikk måte å oppfatte et stimuli

**Monoglycerid:** klasse av glycerider

**Monosakkarid:** karbohydrater bestående av ett sukkermolekyl

**Monosynaptisk refleks:** refleks med en enkelt synapse

**Morkake:** delen av fosteret som dannes umiddelbart etter implantasjon

**Morula:** ansamling av mellom 12 til 15 celler i embryoutviklingen

**Motornevron:** efferent nevron fra hjernen til muskler

**Mukosa:** mukusmembran i fordøyelseskanalen

**Mukus:** glatt, vandig materiale i lunger, nese og hals

**Muskelrykning:** muskelens respons til en enkelt stimulering

**Muskularis eksterna:** muskulært lag i mange organer

**Myelencephalon:** del av bakhjernen, danner medulla oblongata

**Myelin sheats:** isolerende lag rundt nevroner, tillater elektriske impulser å raskere videreføres langs nevroner

**Myocardium:** hjertets muskellag

**Myofibril:** trådformete, sammentrekkbare fibre i skjelettmuskulatur, sammensatt av aktin og myosin

**Myofilament:** mikrofilyment i muskelceller, bygd opp av aktin, myosin, tropomyosin, troponin og a-aktinin

**Myoglobin:** protein i tverrstripet muskulatur, tar opp oksygen fra hemoglobinet

**Myosin:** langkjedet protein i muskelceller

**Myogenisk mekanisme:** hvordan arteriene reagerer ved å minke og øke blodtrykket for å holde blodstrømmen konstant

**Myxedema:** hypothyroidisme

## N

**Nerve:** bunt av nevroner

**Nerveplexuser:** forgrenet nettverk av afferent og efferent nervefibre

**Nervesystemet:** raskt innvendig kommunikasjonssystem som involverer sensoriske reseptorer, nettverk av nerveceller og koblinger til muskler og kjertler, fellesbetegnelse på nervevevet i kroppen

**Nevroendokrint signal:** signal fra nervesystemet som responderer med hormoner

**Nevroglia celler:** gliaceller, støtteceller til nevroner

**Nevroner:** nerveceller, celler i nervesystemet

**Nevrotransmitter:** signalstoff som skilles ut av nevroner for å påvirke andre celler

**Nocireseptor:** sensorisk nevron for smerte

**Norepinefrin:** noradrenalin, både neurotransmitter og hormon, sentral for fight-or-flight

**Nyrer:** danner urin, en på hver side av ryggspylen

## O

**Odorant:** substans for lukt

**Olfaktorisk bulb:** mottar informasjon om lukt fra nese og viderefører til høyere hjerneregioner, to stk

**Olfaktorisk epitelium:** membranvev i nesen

## Menneskets anatomi & fysiologi

### **Olfaktoriske reseptor nevroner (ORN):**

reseptornevroner for odorant-oppdaging

**Oligodendrocytter:** type gliacelle, stjerneformet

**Oksyhemoglobin:** hemoglobin som inneholder oksygen

**Oocyte:** kvinnelig gametofytt

**Oocyte membranblokkering:** mekanisme for å hindre polyspermi

**Oogenesis:** differensiering av ovum til modent ovum

**Optisk disk:** optisk nerve som forlater øye, blindsonen

**Organogenesis:** prosess av organdannelse

**Osmolalitet:** antall oppløste partikler per masse ren oppløsning

**Osmolaritet:** antall oppløste partikler per liter ren oppløsning

**Osmotisk gradient:** forskjell i konsentrasjon mellom to løsninger på hver side av en membran

**Ossikler:** lite ben i midtøret

**Ovale vindu:** membran i øret

**Oxitocin:** hormon, gir muskelsammentrekninger i livmoren

## P

**Papillae:** små strukturer på tungens overflate

**Paracellulær rute:** transport av substanser over epitelim gjennom intercellulært område

**Parakrin:** cellesignal som påvirker naboceller

**Parasympatisk NS:** del av det autonome NS, rest-and-digest

**Parkinsons sykdom:** nevrodegenerativ sykdom, kronisk

**Parietalceller:** store celler ansvarlig for produksjon av magesyre

**Patogen:** noe som er sykdomsfremkallende

**Pepsin:** enzym i magesyren, fordøyer proteiner

**Pepsinogen:** inaktivt forstadie av pepsin

**Pericardium:** hjerteposen

**Perifere nervesystemet:** omfatter nervene som løper ut fra ryggmargen og hjernen, samt nevronene i tarmsystemet

**Peristalsis:** bølgeliknende muskelkontraksjon i fordøyelseskanalen

**Peritoneum:** bukhinnen, flere organer befinner seg bak eller utenfor

**Peyers patch:** organisert lymfepolikler i tynntarmen

**Pharynx:** svelget

**Phasic reseptor:** raskt adaptende reseptorer

**Pituitary:** hypofysen

**Plommesekk:** membransekk tilfestes embryo

**Podocyt:** spesialiserte epitelceller i bowmans capsule

**Polyspermi:** flere sperm fertiliserer et egg

**Poikiloterm:** vekselvarm, indre temperatur varierer etter miljøet

**Polysakkarid:** store karbohydratmolekyler

**Polysynaptisk refleks:** refleks med flere synapser

**Pons:** hjernebroen, eggformet del av hjernestammen

**Post-synaptisk nevron:** nevronet som mottar impulser fra synapsen

**Posterior Pituitary:** bakre hypofyse

## Menneskets anatomi & fysiologi

**Postganglionisk nevron:** nevron etter ganglion, korte i parasymptatisk og lange i sympatisk

**Post-synaptisk potensial (PSP):** det graderte potensialet i den post-synaptiske cellen

**Pupillen:** åpning i midten av øyets regnbuehinne, regulerer mengden lys som treffer netthinnen

**Pre-synaptisk nevron:** nevronet som viderefører impulser til synapsen

**Preganglionisk nevron:** nevron før ganglion, lange i parasymptatisk og korte i sympatisk

**Primær immunrespons:** første immunrespons til nytt fremmedstoff

**Primære lymfeorganer:** benmarg og thymus

**Progesteron:** steroidhormon som dannes i eggstokkene og morkaken i kvinner, samt binyrebarken hos begge kjønn

**Prolaktin:** proteinhormon fra fremre hypofysen, stimulerer vekst

**Pronukleus:** nukleus av sperm eller egg celle under fertilisering

**Propulsjon:** å drive et objekt fremover

**Prostaglandin:** har hormonlikende effekter

**Prostata:** kjertel hos menn, frigjør væske til urinrøret under ejakulering

**Prostatitt:** tilstand av vedvarende smerter fra urinveiene

**Protease:** enzym som bryter ned peptidbindinger i proteiner

**Pubertet:** overgangstid mellom barndom og kjønnsmoden alder

**Pyrogen:** noe som øker kroppstemperatur, gir feber

Q

R

**Rapid adaptig reseptorer:** phasiv reseptorer, responder raskt men kort til stimuli

**Receptive field:** området der nok stimuli kan påvirke nevronets respons

**Reciprocal inhibition:** beskriver muskelens avslapning på en side av et legg for å imøtekomme den kontraksjon på motsatt side

**Recruitment:** økning av stimulistyrke kan forårsake recruitment

**Refleks:** ufrivillig reaksjon på sensorisk stimulering

**Refleks arc:** nervevei som kontrollerer en refleks, fem steg

**Refractory period:** perioden etter et aksjonspotensial der et nytt aksjonspotensial ikke kan genereres

**Refraksjon:** hvordan lyset brytes i øye

**Rektum:** endetarmen

**Renal cortex:** ytre lag av nyrene

**Renal medulla:** indre lag av nyrene

**Renin:** enzym sentralt for regulering av væskebalanse og blodtrykk

**Renin-angiotensin-aldosteron systemet (RAAS):** regulerer blodtrykket og væskebalansen

**Repolarisering:** når membranpotensialet går tilbake til hvileverdi

**Residual volume (RV):** gjenværende luftvolum etter maksimal utpust

**Respiratorisk membran:** overflaten for gassutveksling mellom alveoli og blodet i lungene

**Retina:** netthinne, innerste cellelag i øyet

**Riller:** grooves, sulci

**Rygger:** ridges, gyri



## Menneskets anatomi & fysiologi

**Røde blodceller:** erythrocytter

### S

**Saltsyre:** skilles ut av parietalceller, gjør pHen lav

**Sarcoplasmisk retikulum:** spesialisert form for endoplasmisk retikulum muskelceller, nødvendig for muskelsammentrekning og hvile

**Sarkomer:** grunnenhet i muskelvev

**Sclera:** øyets enehinne, det hvite i øyet

**Schwann celler:** myelinholdig støttecelle i det perifere NS

**Sekundær immunrespons:** andre immunrespons til samme fremmedstoff

**Sekundære lymfeorganer:** mandler, milt, Peyers patch, blindtarm, lymfeknuter

**Seminiferous tubules:** lokalisert i testiklene, område for spermatogenesis

**Sene:** struktur av fast bindevev, overgangen mellom muskel og skjelett

**Sensorisk enhet:** en enkelt nerveaksjon og alle assosierte sensoriske reseptorer

**Sensorisk nevron:** afferent, overfører impuls fra ytre stimuli til CNS

**Sentralnervesystemet:** hjernen og ryggmargen

**Serotonin:** neurotransmitter

**Serosa:** fuktigt, rødligt epitelialhinne i organoverflater

**Sertoriceller:** celler i tubuli seminiferi, forsyner sædcellene med næring

**Skjelettmuskulatur:** stripet muskelvev, kontrolleres bevisst, festet til skjelettet

**Skjoldbruskkjertel:** hormonproduserende kjertel på halsen

**Slagvolum:** mengden blod som pumpes ut hvert hjerteslag

**Slow adapting receptor:** tonic reseptorer, mottar uendret stimuli så lenge stimuli er tilstede

**Smak:** kjemisk sans, oppfatter tastanter

**Smaksløk:** gruppe smaksceller, løkformet

**Sneglehuset:** del av det indre øret

**Somatiske NS:** kontrollerer bevisst muskelaktivitet

**Somatisk refleks:** ufrivillig bevegelse i respons til stimuli

**Spatial summation:** når flere pre-synaptisk nevroner generer EPSPer samtidig. IPSPer og EPSPer kan også summeres og da gå i null.

**Spermatogenese:** produksjon av sperm fra primordial germ celler

**Spinalnerver:** utgående nerver fra ryggmargen

**Spontanabort:** når fosteret støtes ut

**Standard metabolsk rate (SMR):** minimalt energibehov for vedlikehold, ektoterm

**Staver:** oppfatter lys og mørke i øyet

**Sterocilia:** i indre øyet, mekanisk-oppfattende organeller med hårceller

**Stigbøylen:** innerste av de tre små ørebenene

**Submukosa:** bindevevslag med blodkar rundt slimhinneepitelet i rørformede organer

**Sympatisk NS:** en del av det autonome NS

**Sympatisk trunk:** parret bunt av nervefiber fra basen av skallen

**Syn:** evnen til å motta og registrere lys

**Synapse:** kontaktsted mellom nevron og annen celle

**Synaptisk kløft/spalte:** område mellom pre- og post-synaptisk nevron

## Menneskets anatomi & fysiologi

**Systemkretsløpet:** driver oksygenrikt blod ut i kroppen fra venstre ventrikkel og oksygenfattig blod tilbake i høyre atrium

**Systole:** tidsintervallet der hjerte trekkes sammen

### T

**T celler:** T lymfocytter, stammer fra benmarg men modnes i Thymus

**T lymfocytter:** stammer fra benmarg men modnes i Thymus

**T<sub>3</sub>:** triiodothyronin

**T<sub>4</sub>:** tyroxin

**T-tubules:** utvidelser av cellemembran som penterer senteret av skjelettmuskulatur

**Talamus:** fremste delen av hjernestammen, kontrollstasjon for impulser

**Tapper:** oppfatter farger

**Tastanter:** substans for smak

**Taste reseptorceller:** cellulær reseptor som fasiliterer smak

**Temporal summation:** økning av stimuleringsfrekvensen forårsaker temporal summation

**Telencephalon:** del av forhjernen, danner to cerebrale hemisfærer kjent som cerebrum

**Termoregulering:** mekanisme for opprettholdelse av kroppstemperatur

**Testikkel:** mannlige kjønnskjertler, produserer og lagrer sædceller

**Testosteron:** hormon i menn og kvinner

**Thoracombular:** opprinnelse i thoracic og lumbar område i ryggmargen

**Thymus:** avlangt organ bak brystbenet

**Thyroglobulin:** protein i skjoldbruskkjertelen

**Thyroid follikler:** de strukturelle enhetene i skjoldbruskkjertelen

**Thyrotropin releasing hormon:** TRH

**Tidal volume (TV):** mengden luft inn og ut av lungene i hver respirasjonssyklus, ca. 500 mL

**Tonic reseptor:** slow adapting reseptor

**Total lungekapasitet (TLC):** summen av vitalkapasitet og residualvolum, ca. 6000 mL

**Transcellulær rute:** transport av forbindelser gjennom en celle

**Triglycerid:** fettstoffer bygd opp av glyserol og tre fettsyrer

**Trofoblast:** ytterlaget til blastocysten

**Tropomyosin:** trådformet protein som hindrer binding av aktin

**TRH:** thyrotropin-releasing hormone, produseres av hypothalamus

**Triiodothyronin:** T<sub>3</sub>

**Troponin:** gruppe proteiner i muskelceller

**TSH:** thyroidstimulating hormon, tyrotropin, produserer i hypofysen

**Tubuloglomerular mekanisme:** mekanisme nyrene bruker for å regulere filtreringsrate

**Tykke filament:** okksuperer seneterer av sarkomere hvor de delvis overlapper med tynne filament, består av myosin

**Tykkertarmen:** siste del av fordøyelseskanalen, område for vann- og saltopptak

**Tynne filament:** polymer av aktin med tett bundet troponin og tropomyosin

**Tynntarmen:** strekker seg fra magesekken til tykkertarmen, område for kjemisk nedbryting

**Tyrosin:** hormon produsert i skjoldbruskkjertelen

## Menneskets anatomi & fysiologi

**Tyroid stimulerende hormon:** TSH

**Tyrotropin:** TRH

U

V

**Vagusnerven:** leder motoriske impulser til luftveier, svelg, hjerte, spiserør magesekk og tarm

**Vannløselige hormoner:** hydrofile, transporteres fritt i blodbanen og bindes til reseptorer på cellemembranen, benytter sekundære budbringere

**Varicosities:** forstørrede strukturer langs aksoner

**Vas deferens:** sædleder

**Vasodilatasjon:** utvidelse av blodårer

**Vasokonstriksjon:** sammentrekning av blodårer

**Vasomotor fibre:** nerver til muskelfibre i blodårenes vegger

**Veksthormon:** fra fremre hypofyse

**Vena cava:** kroppens hovedvene, fører blod tilbake til hjertets høyre atrium fra kroppen

**Vener:** fører blod fra kroppen til hjertet

**Ventilering:** luft inn og ut av lungene

**Ventrikkel:** hovedkamre, pumper blodet ut

**Vesikkel:** struktur inne i eller på utsiden av en celle, omsluttet av et lipidlag

**Viagra:** legemiddel som øker penisens blodtilførsel

**Villi:** fingerliknende utvekster i tynntarmen, tarmtatt

**Vital kapasitet (VC):** luftmengden som kan pustes ut etter lungene er maksimalt fylt

**Voltage-gated kanal:** aktiveres av endring i elektrisk membranpotensial

W

X

Y

**Ytre respirasjon:** innpust og utpust, ventilering

Z

**Z-linje/-disc:** der aktin filamenter festes, platelignende struktur i sarkomer

**Zona fasciculata:** midterste lag i adrenal cortex i binyrene

**Zona glomerulosa:** ytterste lag i adrenal cortex i binyrene

**Zona pellucida:** spesialisert kapsel rundt oocytten

**Zona reaksjon:** kortikal reaksjon, skjer når sperm forenes med eggets plasmamembran, hindrer polyspermi

**Zona reticularis:** innerste lag i adrenal cortex i binyrene

**Zygote:** befruktet eggcelle

Æ

Ø

**Østrogen:** fellesbetegnelse for substanser som virker som kvinnelige kjønnshormoner

Å

