

Instruktøren

Kort innføring i grunnleggende fysiologi	35
Muskel- og nervesystemet	35
En motorisk enhet.	36
Musklene	37
Bindevev	39
Sanseorganer	40
Kraftutvikling	41
Energi.	42
Anaerob nedbrytning av glykogen (karbohydrat)	43
Muskelfibertyper	45
Respirasjons- og sirkulasjonssystemet.	47
Hjertefrekvens	49
Maksimalt O ₂ -opptak	49
Anaerob terskel	50

Kort innføring i grunnleggende fysiologi

Fysiologi er læren om hvordan levende organismer fungerer, og når det gjelder menneskekroppen, er det et veldig bredt emne. Her skal vi snakke om de grunnleggende fysiologiske prosessene i kroppen som har sammenheng med fysisk aktivitet. Først introduseres vi for nerve- og muskelsystemet, dets oppbygning og hvordan det fungerer. Samspillet mellom nerve- og muskelsystemet, som samlet kalles *det kinestetiske systemet*, er vesentlig for at alle våre fysiske egenskaper skal utnyttes. Deretter skal vi konsentrere oss om respirasjons- og sirkulasjonssystemet. Dette systemet har sammenheng med kondisjonsnivået, og når vi kjenner til hvordan det fungerer, og hva det er som påvirker de ulike delene av det, er vi i stand til å lage programmer for utholdenhetstrening som har den tiltenkte hensikten.

Muskel- og nervesystemet

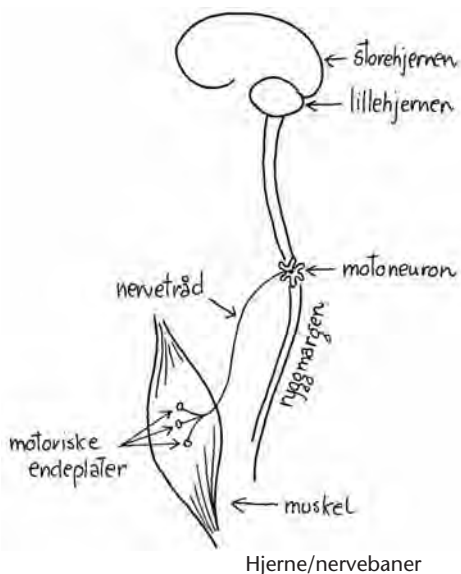
Nervesystemet

Nervesystemet er det som styrer alle våre bevegelser, enten de er viljestyrte eller ikke. Det består av hjernen og utløpere fra hjernen som går via ryggmargen og ut til kroppens ulike deler. Det *autonome* nervesystemet tar seg av alle bevegelser som ikke styres av viljen, mens det *somatiske* nervesystemet styrer de bevegelsene vi bestemmer over selv. Refleksene våre er også en del av nervesystemet, og de tjener som beskyttelse mot for harde belastninger på muskler og sener.

Vi deler nervesystemet i to: det *sentrale* og det *perifere* nervesystemet. Det sentrale nervesystemet består av hjernen og ryggmargen. Det knyttes sammen av nervetråder som går ut fra hjernen og ned gjennom ryggspylen. Alt som hjernen gir beskjed om, formidles her. Det perifere systemet er det som fører beskjedene videre ut i kroppen. Det finnes to ulike nervebaner: den *effrente*, som fører beskjeder fra sentralnervesystemet og ut til mus-

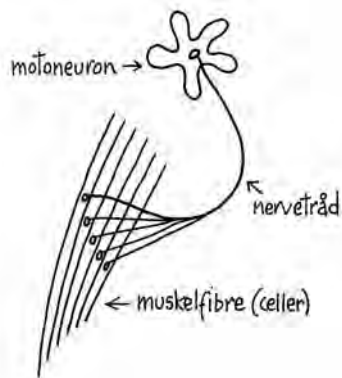
klene, og den *afferente*, som gir beskjed fra musklene til sentralnervesystemet. Disse banene er nervetråder som forbinder sentralnervesystemet med det perifere nervesystemet.

Nervesystemet er en finstilt mekanisme som arbeider med mikrosekund- og millimeterpresisjon. Vi vet at tiden som vi bruker fra å bestemme oss for å reise oss opp fra en stol til vi faktisk står, er kort. Tanken om at vi skal reise oss, kan komme som et streif innom den bevisste delen av hjernen, og vi gjør det umiddelbart. Refleksbetingede bevegelser er også styrt via nervesystemet, og det skjer også umiddelbart, men uten en bevisst tanke. Et eksempel er refleksstesten som tas på nyfødte. Barnelegen trekker fort i underlaget som babyen ligger på, og hvis refleksene er i orden, strekker barnet armene ut og opp som om det prøver å gjenvinne balanse. Vi har med andre ord et usedvanlig godt utviklet system som styrer bevegelsene våre. Hvilke prosesser som faktisk finner sted når musklene våre arbeider, skal vi se litt på under.



En motorisk enhet

Når musklene våre arbeider, beveges knoklene i henhold til leddstillingen, og vi beveger kroppen. Hjernen er utgangspunktet for mesteparten av de bevegelsene vi gjør som er styrt av viljen. Storehjernen har forbindelse med ryggmargen, der nervene går gjennom. De nervene som går ut til musklene i armene, går ut fra ryggmargen nokså høyt oppe i kroppen, og de som går til musklene lenger nede, går ut fra ryggmargen lenger nede. Der nerven går ut fra ryggmargen og ut til muskelen den har forbindelse til, finner vi en *motorisk forhorncelle*, eller et *motonevtron*. Denne cellen har en *nervetråd* (axon) ut fra seg og til muskelen. Enden av nervetråden deler seg opp i flere tråder, og antallet er avhengig av størrelsen på muskelen. Jo større muskel, jo flere tråder deler nerven seg i. Det kan dreie seg om noen få i

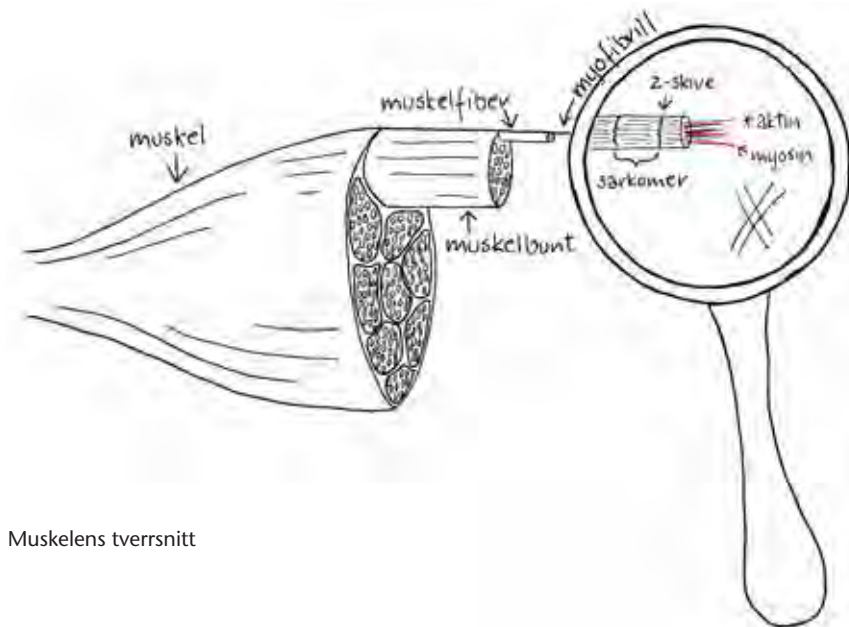


kroppens minste, finmotoriske muskler og opptil flere tusen i de største musklene. I hver ende av disse trådene finner vi det vi kaller en *endeplate*. Hver enkelt plate har kontakt med en muskelcelle, eller muskelfiber. Den motoriske forhorncellen, nervetråden, endeplatene og muskelfibrene som har kontakt med endeplatene, utgjør til sammen det vi kaller en *motorisk enhet*. En motorisk enhet sørger for – gjennom en beskjed fra hjernen – å sende en elektrisk impuls som gjør at de aktuelle muskelfibrene trekker seg sammen én gang. Vi sier at forhorncellen *fyrer*. Så slipper den igjen med en gang. Det er i seg selv en bitte liten sammentrekning som alene er knapt merkbar. I allminnelig arbeid eller under trening skjer det ikke at bare én eneste motorisk enhet virker én enkelt gang. Det er alltid mange motoriske enheter involvert, og fyringsfrekvensen er høy (de elektriske impulsene kommer tett) sånn at muskelfibrenes sammentrekning er vedvarende helt til hjernen gir beskjed om noe annet. Slik foregår kraftutviklingen i en muskel, og nervesystemets funksjon er helt nødvendig for at dette skal virke. Hvis man er så uheldig å brette ryggen og slite av nervetrådene som går til beina, blir alle motoriske enheter i beina ute av stand til å ta imot impulser.

Musklene

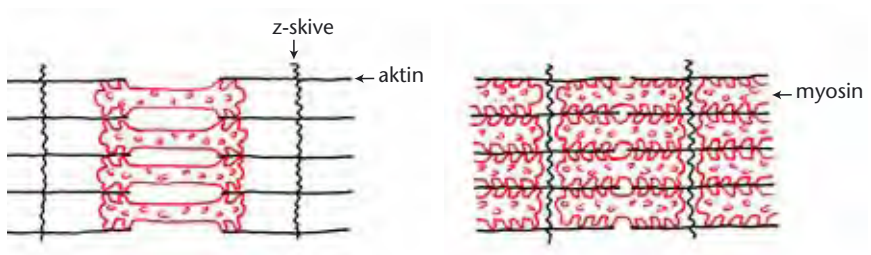
Vi deler musklene inn i tre ulike typer. To av disse lar seg ikke styre av viljen. Det er *glatt muskulatur*, som styrer funksjoner kroppen trenger for å holde seg frisk og levende, og *hjertermuskulatur*, som må pumpe regelmessig for at vi skal holde oss i live. Den tredje typen, *skjelettmuskulatur*, eller *tverrstripet muskulatur*, er de musklene vi har kontroll på selv. De fleste av dem er plassert på kroppen på en sånn måte at de har en mekanisk funksjon.

Skjelettmuskulaturen består av en *muskel* som omgis av et bindevev vi kaller *epimysium*, eller *muskelfascien*. Muskelen er igjen delt inn i *muskelbunter* som også er omgitt av bindevev, *perimysium*, med nervetråder og blodårer som forsyner muskelbunten med blod. Disse muskelbuntene er satt sammen av flere *muskelceller*, eller *muskelfibre*, som er omgitt av *endomysium*. I dette bindevevsdraget finner vi også nervetråder og *kapillærer*, som er de minste blodårene som forsyner muskelfibrene med blod. I muskelfiberen (muskelcellen) finner vi mitokondriene, der den aerobe energiomsetningen finner sted. Når vi øker vår aerobe kapasitet, øker vi som nevnt også antallet mitokondrier og antallet kapillærer. Muskelfibrene består av flere *muskelfibriller* (myofibriller), som altså har evnen til å trekke seg sammen.



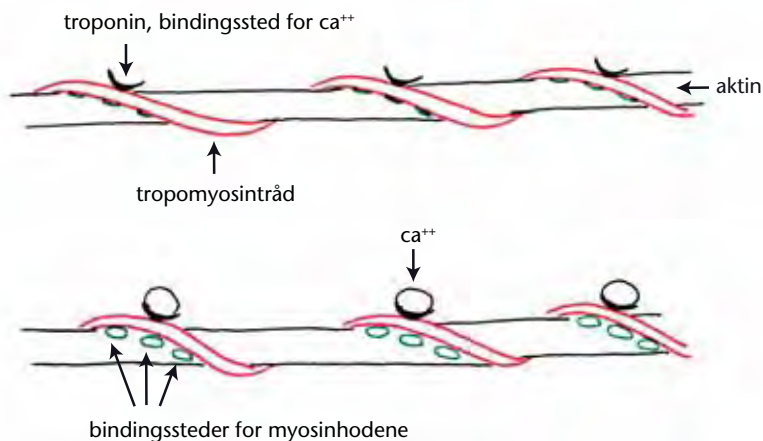
Muskelens tverrsnitt

Myofibrillene er bygd opp av myosin- og aktinfilament. Det er samspillet mellom disse som gjør selve sammentrekningen i muskelen. Aktin og myosin deles inn i såkalte *sarcomerer*, som sørger for at de ordner seg i et slags regelmessig system. I hver ende av sarcomeren, finner vi en *Z-skive*. Fra Z-skiven og inn mot midten av sarcomeren finner vi aktinfilamentet, som ligger som tynne tråder langsetter, og fra begge sider. Mellom disse aktinfilamentene ligger myosinfilamentene. Når den elektriske impulsen når endeplatene og muskelcellen, sørger natriumioner (Na^+) for å spre denne impulsen over hele muskelcellen, og nerveimpulsen blir til en muskelimpuls (Jacob og Francone 1980). Myosinfilamentet har mange hoder (utstikkere) langs hele filamentet. Disse kan feste seg til aktinfilamentet og danne broer mellom disse.



Aktin og myosin

Hodene fester seg til bindingssteder langs aktin, som normalt er dekket av en *tropomyosintråd*. For at myosinhodene skal få tak, må tropomyosintrådene vekk, og det skjer når fritt kalsium (Ca^{++}) bindes til troponinmolekylene, og gjør dem aktive. Kalsium bindes til troponinmolekylene når elektriske impulser fra motonevrontet treffer muskelfiberen (Gjerset 1992).



Troponin, tropomyosintråd og kalsium

Myosinhodene tar stadig nye tak lenger inn på aktinet når de elektriske impulsene vedvarer, muskelfiberen kortes inn, og vi utvikler kraft i muskelen. Hva slags kraft vi snakker om, kommer an på hvor stor den ytre motstanden er. Hvis muskelens kraftutvikling er større enn den ytre motstanden, er den *konsentrisk*, det vil si at muskelen trekker seg sammen (vi beveger en ytre motstand). Hvis den ytre motstanden er like stor som muskelens kraftutvikling, er den *statisk* (vi holder noe stille). Det er ingen bevegelse i muskelens lengderetning. Er den ytre kraften større enn muskelens, strekker muskelen seg ut uten å tape spenning, og vi kaller det en *eksentrisk* bevegelse (vi slipper ut muskelens lengde).

Bindevev

Bindevev har som oppgave å støtte og binde sammen annet vev i kroppen. *Senene* går mellom knokler og muskler og overfører kraften fra musklene til knoklene. *Ligamentet* finnes mellom knoklene og fungerer som støtte og gir passe stor bevegelse i leddene, og *fasciene* omslutter muskler og annet vev i kroppen.

Bindevevet består av to komponenter: *kollagen* og *elastin*. Kollagenet er et protein som tåler stor strekkpåvirkning uten å gi etter. Det kan strekkes opp til 10 % av sin egen lengde før det ryker, og kan utsettes for stor kraft. Elastin har elastiske egenskaper og gjør vevet tøyelig. Det går tilbake til sin opprinnelige lengde etter en strekkpåvirkning. Både kollagen og elastin finnes i bindevev, og mengden av dem er fordelt etter bindevevets hensikt.

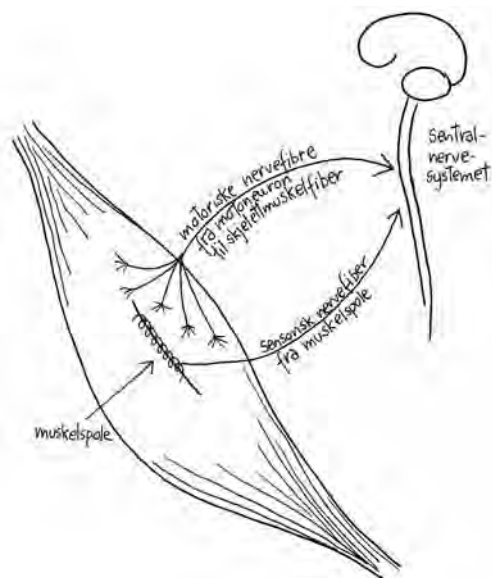
Sanseorganer

Forskjellige organer i kroppen sender beskjed til lillehjernen via ryggmargen om hvordan muskelarbeidet vårt virker. Disse meldingene er med på å justere muskelarbeidet og tilpasse kraften i det vi gjør. To av disse, *muskel-* og *senespoler*, sitter i muskelen og har som funksjon å gi nervesystemet informasjon om muskelens lengde, bevegelsesretning og hurtighet.

Enkelte, spesielle muskelfibre har en nerveende tvunnet rundt seg i spiral, som en spole. Vi kaller dette for muskelspole. Gjennom denne får nervesystemet beskjed om endring i muskelens lengde og hvor hurtig det skjer. Hvis muskelen strekkes for mye og for fort, gir muskelspolene beskjed til nervesystemet, som sørger for at det skjer en kontraksjon slik at muskelfiberen trekker seg litt sammen. Det skjer en strekkrefleks i muskelen.

Mange av oss har opplevd en refleksbevegelse når vi sitter og er i ferd med å sovne. Hodet faller framover eller til siden, nakkemusklene strekkes for mye, og hodet rykkes tilbake. Denne refleksen kan utnyttes i idrettssammenheng. Ved et fallhopp (hopp fra en gitt høyde) strekkes den firehodete lår-muskelen i landingen, og strekkrefleksen kan utløse en hurtigere kontraksjon til et nytt hopp.

Senespolen er også et slikt sanseorgan, og dens oppgave er å informere om kraften som virker i overgangen mellom muskel og sene. Hvis den kraften blir for stor, slik at det kan være fare for strekkskade, sørger nervesystemet for en hemming i muskelen som fører til at muskelen avspennes, og spenningen i sene avtar. Hvis vi for eksempel gjerne vil utnytte strekkrefleksen i et fallhopp og tar litt for hardt i (hopper ned fra for stor høyde) slik at kraftutviklingen i lår-muskelen blir for høy, kan senespo-



Refleksbuen

lene sørge for at muskelen slapper av i stedet for at strekkrefleksen blir utnyttet, og satsen blir spolert. Sammen er muskel- og senespolene viktige for koordinasjonsevnen vår.

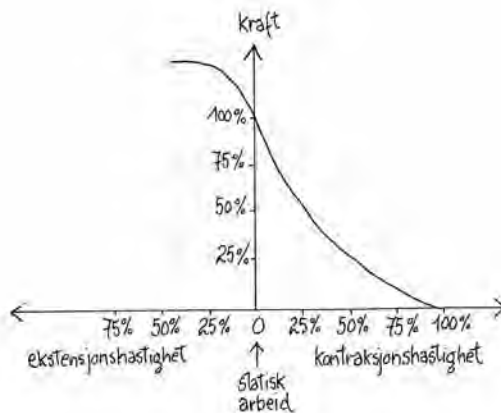
Kraftutvikling

Når kroppen gir beskjed om at en muskel i kroppen skal trekke seg sammen, er det samtidig hensiktsmessig at den spesielle muskelens antagonist (den som utfører motsatt bevegelse) slapper av. Skal vi trekke sammen armbøyerne, bør vi ikke spenne armstrekkerne samtidig. Dette kontrollerer kroppen via hjernen i samarbeid med motonevronene, som styrer de forskjellige bevegelsene. Vi mennesker har altså en stor evne til å gjøre dette ganske ubesværet avhengig av trening og automatisering. Det er det vi kaller koordinasjonsevnen, og utviklingen av kraft i de ulike musklene som skal samarbeide om en spesiell bevegelse, er et samspill mellom nerve- og muskelsystemet. Dette samspillet lærer vi oss gjennom vekst, utvikling og trening. Når et barn skal lære å gå, behøver vi ikke fortelle det hvor mye kraft det må utvikle. Det lærer barnet gjennom å prøve og feile helt til det lykkes. Sånn lærer vi de grunnleggende bevegelsene som er utgangspunktet for videre motorisk utvikling.

Det er flere faktorer som er med på å bestemme hvor mye kraft som utvikles:

- Hvor mange motoriske enheter som er i sving samtidig. Jo flere motoriske enheter, jo større kraftutvikling.
- Muskelens utgangslengde har også betydning for kraftutviklingen. Hvis muskelen er strukket i utgangspunktet, får færre myosinhoder feste i aktin, og kontraksjonen blir ikke optimal.
- Hastigheten på kontraksjonen. Kraftutviklingen blir dårligere ved stor hastighet.
- Summen av elektriske impulser på kort tid (fyringsfrekvens) betyr mye for hvor mye kraft som skapes. Jo flere impulser, og jo tettere de kommer fra motonevront, jo mer kraft virker i muskelen.
- Muskelens tverrsnitt. Større tverrsnitt utgjør flere muskelfibre som kan trekke seg sammen, og mer kraft kan skapes.
- Motarbeidende krefter (antagonister) kan hemme kraftutviklingen.
- Utnyttelse av strekkrefleks, elastisitet i bindevev og gunstig utgangsposisjon har betydning.
- Mekaniske forhold.
- Oppvarming fører til bedre impulsoverføring.
- Energitilførsel.

Muskelens forkortningshastighet er avgjørende for kraftutviklingen. Høy forkortningshastighet gir dårligere kraftutvikling. Det er fordi høy hastighet betyr at flere myosinhoder er i ferd med å skifte tak på samme tid, og antall hoder i inngrep per tidsenhet er mindre. Type I-fibre utvikler også mindre kraft ved høy hastighet fordi myosinhodene er langsommere hos disse. Ved hastighet lik 0 (statisk arbeid) eller negativt arbeid (eksentrisk) kan kraftutviklingen bli svært stor. Det blir tydelig i den såkalte Hill-kurven. Den viser hvordan muskeltkraften blir mindre jo større hastighet forkortningen skjer i, og vi ser at den største kraftutviklingen skjer når vi arbeider eksentrisk (Gjerset 1992).



Hill-kurven

Energi

For at musklene våre skal arbeide, trenger vi energi. Energien henter vi hovedsakelig gjennom maten vi spiser, og fra fettlageret vårt. Vi skal se litt nærmere på hvordan denne prosessen foregår.

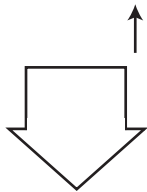
Energien vi bruker, kommer fra spalting av fosfatbindinger, og vi har to kilder til dette:

Den første er *ATP*, som betyr adenosin-trifosfat, og som er en sentral faktor i energiproduksjonen. Mellom fosfatene er det høyenergibindinger som frigjør energi når *ATP* går over til å bli *ADP+P* (adenosin-difosfat + fosfat).

ATP har vi et lite lager av, men det produseres mer av det mens muskelarbeidet pågår.

CP, som betyr creatinfosfat, er den andre kilden til energifrigjøring. Vi har mye mindre *CP* og derfor bare nok til maksimalt arbeid i opp mot ti sekunder. I denne prosessen er det *CP* som sammen med *ADP* går over til *C+ATP*, som igjen blir *C+ADP+P+energi*. Kreatinfosfat bygges opp igjen når muskelen ikke arbeider mer, og er klart til neste gang det er behov for det.

ATP = adenosin – fosfat ≈ fosfat ≈ fosfat



ADP = adenosin – fosfat ≈ fosfat + fosfat

energi

Energiomsetningen

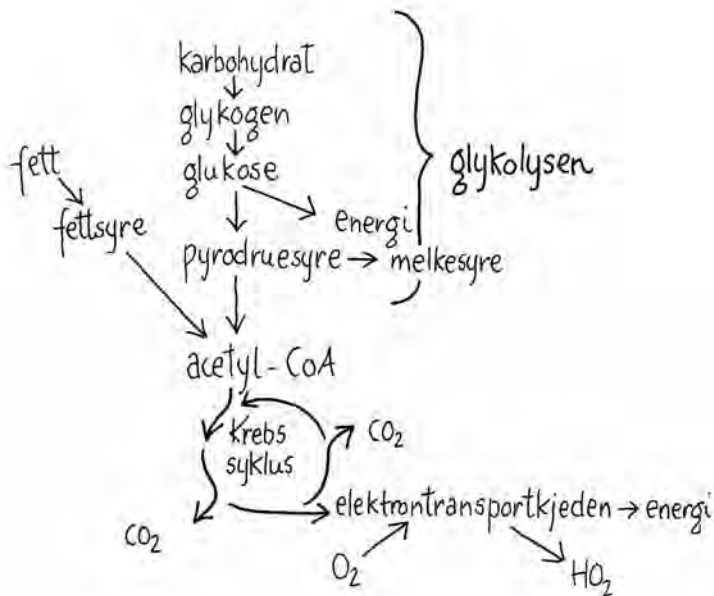
Næringsstoffene vi får i oss, som karbohydrat og fett, danner ny energi, og nedbrytningsproduktene er melkesyre, vann og CO₂ (se under). Denne energien bygger ADP til ATP, og vi får ny energi å bruke til muskelarbeid. Nedbrytningen av næringsstoffer kan skje på tre måter.

Anaerob nedbrytning av glykogen (karbohydrat)

Uten nok O₂ (oksygen) må nedbrytningen skje anaerobt. Det skjer ved at glykogen går over til glukose, som går over til pyrodruesyre + energi. Denne prosessen kalles *glykolyse*. Det skjer for eksempel når det er en plutselig økning av intensitet (som når vi spurter til bussen), og vi ender opp med en opphopning av melkesyre. Ved harde kroppsanstrengelser er det slik at normal respirasjon (pust) og sirkulasjon (blodmløp) ikke forsyner musklene med nok oksygen som kan oksidere (eliminere) pyrodruesyren, som er sluttproduktet av glykolysen. Pyrodruesyre hopper seg dermed opp, og omdannes til melkesyre (laktat). Denne prosessen skjer i muskelcellens cytoplasma. Melkesyren brytes ned i lett arbeidende muskler, lever og hjerte, der den blir gjenoppbygd til glykogen, og det tar en halv til to timer å eliminere melkesyre, avhengig av treningsbelastningen. Hvis intensiteten på den fysiske aktiviteten er lav, rundt 50–60 % av maksimal ytelse, kan denne tiden reduseres til det halve (Hermansen og Stensvold 1972, her: Gjerset 1992).

Aerob nedbrytning av glykogen.

Glykolyse skjer også her, men i denne prosessen får kroppen tilført nok O₂, og pyrodruesyren blir brutt videre ned inne i mitokondriene. Gjennom en prosess som kalles *Krebs syklus* og *elektrontransportkjeden*, ender vi opp med et sluttprodukt som består av CO₂ og vann i tillegg til energi.



Glykolysen, Krebs syklus og elektrontransportkjeden

Aerob nedbrytning av fett

Her er det triglyserider som brytes ned til fettsyrer, og så til acetyl-CoA, som brytes ned gjennom Krebs syklus og følger det aerobe nedbrytningsprinsippet i elektrontransportkjeden. Denne prosessen krever mye O_2 og finner ikke sted ved høy intensitet.

Oksygenforbruket er veldig varierende i de forskjellige nedbrytningsprosessene. Når vi bryter ned glykogen anaerobt, produserer kroppen tre ganger så mye ATP for hver del glukose, og det forbrukes ikke O_2 . Derimot produseres det mye melkesyre, og aktiviteten kan bare foregå en kort stund. Det arbeides på svært høy intensitet. Ved aerob nedbrytning produseres det 39 deler ATP per del glukose, og kroppen forbruker cirka seks deler O_2 . Da arbeider vi *submaksimalt*, altså like under det nivået som fører til at melkesyre hopper seg opp (anaerob terskel). Vi snakker da om moderat til høy intensitet, og aktiviteten kan pågå så lenge vi har karbohydrater tilgjengelig. Ved nedbrytning av fett, som er nødt til å være aerobt, produseres 130 deler ATP for hver del fett, O_2 -forbruket er 23 ganger høyere enn andelen fett, og det skjer under arbeid på lav intensitet. Vi har store fettreserver, og på dette nivået kan vi trene i flere timer.

De ulike prosessene og energitilførsel fra ulike kilder inntreffer altså på forskjellig tidspunkt under en treningsøkt, og det er varighet og intensitet på aktiviteten som avgjør det.

Muskelfibertyper

Vi har ulike muskelfibertyper som vi kan dele inn i tre hovedgrupper, og som har hver sine egenskaper. Hvordan den prosentvise fibertypefordelingen er hos en person, er sannsynligvis genetisk bestemt, men det er trolig trenbart inntil en

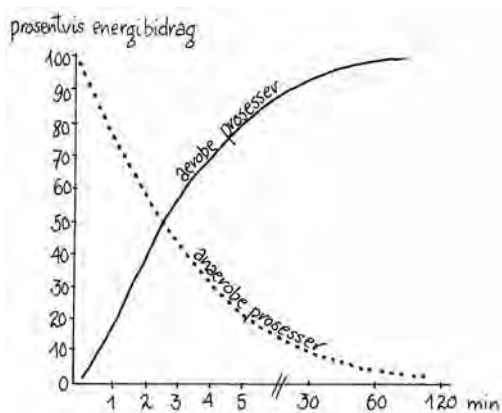
viss grad. En motorisk enhet har bare én type muskelfiber, men forskjellige motoriske enheter huser ulike fibertyper (Haug, Sand og Sjaastad 1992). Vi kan finne ut fordelingen ved å ta en muskelbiopsi (ta ut en liten muskelbit) og finne prosentfordelingen av de ulike fibrene.

Type I er en muskelfibertype som har en utholdende evne som er større enn de andre. Den er ikke spesielt sterk, hurtig eller eksplosiv, men den tåler langvarig belastning. Den har høy kapillærtetthet, høyt myoglobininnhold (O₂-lager) og høyt mitokondrieinnhold. Tilgangen til fett og glykogen er god, og den har mange aerobe enzymer. En maratonløper eller andre som driver med utholdenhetsaktiviteter som krever mye tid, er tjent med å ha mange type I-fibre.

Type II a har noe mer styrke og hastighet uten at det går altfor mye ut over utholdenheten. Dens aerobe faktorer er ikke like gode som hos type I, men den er likevel en habil bidragsyter for utøvere som løper 800-meter. Dessuten har den høyt kreatinfosfatinnhold. Svømmere og mellomdistanseløpere kan utnytte denne fibertypen godt.

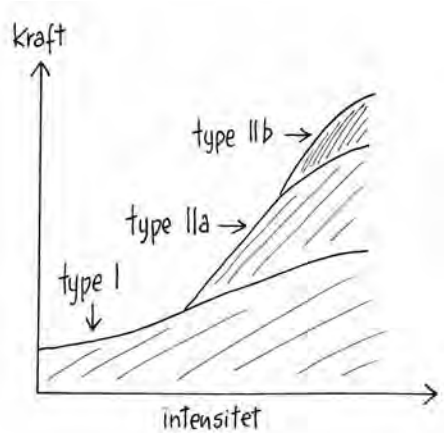
Type II b kjennetegnes ved styrke, hurtighet og anaerobe prosesser. Den er lite utholdende og har få aerobe egenskaper. Sprintere og utøvere som trenger stor eksplosivitet, gjør det bra med mange type II b-fibre.

De forskjellige fibertypene virker ikke hver for seg til enhver tid. Fibertype I er alltid med fra start, og den er aktiv under hele økten hvis ikke intensiteten blir for høy. Når den begynner å bli sliten, setter type II a inn og supplerer. Blir intensiteten altfor høy, må type II b rekrutteres. Alle fibrene er med under hele arbeidet, men det er bare når det kreves liten kraft, at type I klarer jobben alene. Med større kraft rekrutteres type II a, og type II b med ytterligere økende kraft. Til tross for at type II b-fibrene ikke har utholdende egen-



Prosentvis energibidrag i anaerobe og aerobe prosesser

skaper, rekrutteres de likevel hvis de øvrige går trøtte. Ved langvarig arbeid med lav intensitet overtar type II a, og så type II b når type I a ikke klarer jobben alene lenger. Som nevnt tidligere er det i utgangspunktet gitt hvordan fibertypefordelingen er i musklene til en person, men det er påvist at det forekommer endring i fordelingen, og da kan vi ikke fastslå hvilke aktiviteter vedkommende kan gjøre det best i ut fra fibertypefordelingen, fordi egenskapene kan endre seg noe med trening.



Intensitet og rekrutteringsnivå

Skjematisk oversikt

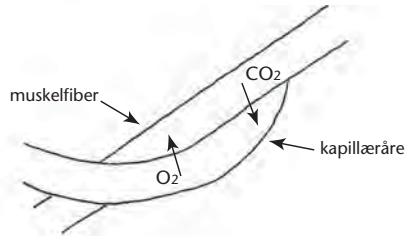
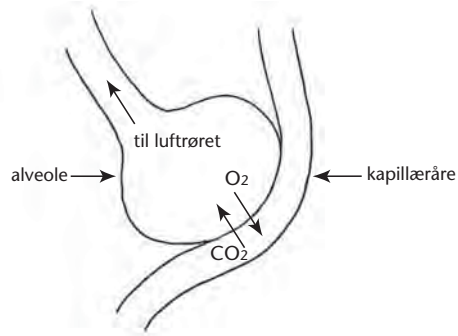
Egenskap	Type I a	Type II a	Type II b
Hurtighet	Langsom	Rask	Rask
Kraft	Relativt liten	Stor	Stor
Utholdenhet	Høy	Ganske høy	Lav
Kapillærtetthet	Høy	Middels	Lav
Myoglobininnhold	Høyt	Middels	Lavt
Mitokondrietetthet	Høyt	Middels	Lavt
Fettinnhold	Høyt	Lavt	Lavt
Glykogeninnhold	Høyt	Høyt	Høyt
Kreatinfosfat	Lavt	Høyt	Høyt
Aerobe enzymer	Høyt	Ganske høyt	Lavt
Anaerobe enzymer	Lavt	Ganske høyt	Høyt

(Gjerset 1992)

Respirasjons- og sirkulasjonssystemet

Respirasjon betyr det samme som å puste, og med sirkulasjon mener vi blodets sirkulasjon i kroppen. Det er nær forbindelse mellom disse systemene, og begge har stor betydning for kroppens arbeidskapasitet.

Når vi puster (respirerer), så er det luft som trekkes inn i lungene våre og slippes ut igjen. Med denne luften kommer oksygen (O_2) inn til lungene, og mellom lungenes minste enhet, *lungealveolene*, og kapillærene rundt disse skjer det en utveksling av O_2 til blodet. Denne utvekslingen skjer fordi det er en ujevnhet av gasser mellom de tynne veggene som skiller alveolene og blodbanen. I blodet er det et overskudd av CO_2 , som skal ut av kroppen, og i alveolene er det overskudd av O_2 , som skal inn. Når dette registreres, skjer det en utjevning av trykkforskjellen fra de respektive gassene, og O_2 går inn mens CO_2 går ut. Gassene *diffunderes* (går over fra et sted til et annet gjennom tynne skillevegger), og slik kommer O_2 til blodet. Både CO_2 og O_2 fraktes rundt med blodet ved å feste seg til hemoglobinet i de røde blodlegemene.



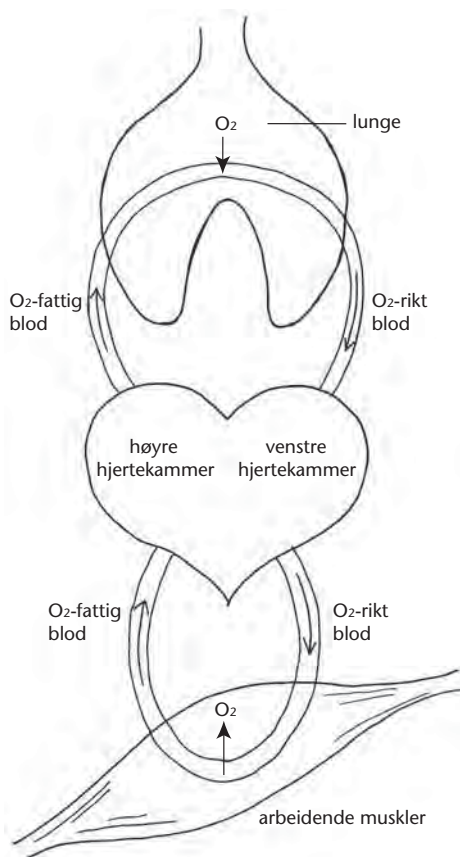
Gassutvekslingen

Blodet pumpes rundt i kroppen ved hjelp av hjertet. Fra høyre hjertekammer går det en blodbane til lungene og tilbake. Det kalles *det lille kretsløpet*. Fra venstre hjertekammer finner vi *det store kretsløpet*, som går fra hjertet og rundt til alle kroppens deler som behøver blodtilførsel. Blodet som går fra hjertet, går i arteriene og kalles *arterielt*, mens blodet som kommer tilbake til hjertet, går i venene og kalles *venøst*. Det arterielle blodet som går fra hjertet og til kroppen, er mer oksygenrikt enn det venøse, fordi det arterielle nettopp er hentet fra lungene og har ikke vært innom muskulaturen og gitt fra seg oksygen, slik det venøse blodet har (Jacob og Francone 1980).

Forskjellen på O_2 -innholdet i disse kalles *A-V-differanse* (arteriell-venøs-differanse). Evnen til å ta opp mye O_2 gir en stor A-V-differanse.

Vi snakker om det *sentrale* og det *perifere* sirkulasjonssystemet, og dermed også sentral og perifer *kapasitet*. Det sentrale systemet og sentral kapasitet dreier seg om hjertet og hjertets pumpekapasitet. Det perifere systemet beveger seg lenger ut i kroppen og er blodforsyningen til arbeidende muskler helt ned til de minste kapillærene, og perifer kapasitet er kroppens kapillærnett. Jo flere kapillærer man har, jo bedre er den perifere kapasiteten. Når vi belaster dette systemet, øker vi både den sentrale og den perifere kapasiteten. (Jf. kapittel 1 i boka, om utholdenhetstrening.)

O_2 fraktes til musklene ved å feste seg til *hemoglobin* i blodet. Hemoglobin er et protein i de røde blodcellene som har til oppgave å frakte oksygen. Jo mer hemoglobin man har i blodet, dess bedre evne har man til å frakte O_2 . Når blodet kommer til en arbeidende muskel som har åpnet alle tilgjengelige blodbaner, også kapillærene, skjer det en gassutveksling (diffundering) mellom blod og muskel. Her "henter" blodet avfallsstoffet CO_2 , som det tar med seg for å skille ut via lungene, og blodet avgir O_2 til musklene. Musklene



Det store og lille kretsløpet

tar ikke opp mer O₂ enn det de er trent til, og den egenskapen kan trenes opp gjennom å øke den perifere kapasiteten med utholdenhetstrening.

Det som er betydningsfullt for kroppens evne til å arbeide med en gitt intensitet over en gitt tid, er musklenes evne til å ta opp O₂, hjertets pumpekapasitet (slagvolum), flere kapillærer, større O₂-konsentrasjon i blodet og flere mitokondrier og oksydative (aerobe) enzymer i muskelcellene.

Hjertefrekvens

Begrepet *hertefrekvens* (HF), også kalt *puls*, betyr hvor mange slag hjertet slår i minuttet. Når vi trener utholdenhet, vokser hjertet (i hovedsak på venstre side). Det gjør det fordi hjertekamrene blir større. Trener vi styrke, øker hjertets veggtykkelse (muskelmasse). Når hjertet blir større og sterkere, blir det i stand til å pumpe mer blod per hjerteslag ut i kroppen. Det betyr at færre hjerteslag gir samme mengde blod. Pulsen går ned under samme belastning når utholdenheten blir bedre, og vi sier at hjertets *slagvolum* (SV) er bedret. Hjertets pumpekapasitet måles i liter blod per minutt og kalles *minuttvolum*. Dette regnes ut ved å finne mengde blod per slag (SV) og gange det med HF. Godt trente personer har bedre slagvolum, og vi ser at HF går ned under hvile hos trente. Hvilepulsen synker altså når vi blir i bedre form.

Når vi begynner å belaste musklene våre, oppdager vi at pusten blir tyngre og hjertet slår fortere. Det skjer fordi behovet for oksygen blir større, og kroppen må jobbe hardere med respirasjon (puste tyngre) for å hente nok O₂, og med hjertet (økt HF) for å pumpe blod rundt for å forsyne musklene med O₂. Hvor hardt disse systemene må jobbe, kommer an på vår fysiske status (trent eller utrent) og belastningen (intensitet/tid).

Vi kan anta at menneskers maksimalpuls (hjertets hurtigste slagfrekvens per minutt, også kalt maks HF eller makspuls) i gjennomsnitt ligger rundt 220 slag minus alder. Dette er et svært unøyaktig tall fordi det er store individuelle variasjoner, men som et utgangspunkt kan vi prøve å gå ut fra det, og se om det stemmer med en subjektiv opplevelse av intensitet (se delen om treningslære – Borgs skala).

Maksimalt O₂-opptak

Maksimalt O₂-opptak uttrykkes gjerne i *VO₂-maks*, og betyr volum oksygen per minutt. Det måles helst i milliliter per kilo (kroppsvekt) x minutter. For å måle dette nøyaktig trenger vi måleutstyr som måler eksakt hvor mye oksygen som pustes inn, og hvor mye som pustes ut igjen. Differansen er den mengden oksygen som er tatt opp i musklene. To personer med like høy *VO₂-maks*, kan likevel ha forskjellig kapasitet. De kan ha ulik *utnytningsgrad*, som

betyr at de utnytter det oksygenet som musklene tar opp, forskjellig. Det dreier seg da helst om utholdenhetstrening som pågår en halv time eller mer.

Anaerob terskel

Anaerob terskel (AT), eller laktatprofilen (melkesyreprofilen), er det intensitetsnivået som kroppen har nådd når den ikke lenger klarer å eliminere melkesyre like fort som den produserer det. Arbeider kroppen på eller over AT, hopper melkesyre seg opp, og de arbeidende musklene blir sure og tunge. Derfor er det viktig å holde seg like under AT når vi trener utholdenhet.

Ligger vi over, holder vi ikke ut særlig lenge, og vi oppnår ikke en økt aerob kapasitet. Utrente mennesker kan nå sin anaerobe terskel allerede når arbeidsintensiteten ligger på 65–75 % av maks HF. Det vil si at hvis en person har en maks HF på 200, kan anaerob terskel være på cirka 150 slag per min. En person som er godt trent, har økt sin anaerobe terskel og kan arbeide med en puls på 160–180 uten problemer. Det tilsvarer en intensitet på 80–90 % av maksimal ytelse. Dette er regnet ut fra en puls på 0, som ikke forekommer hos levende mennesker, og til maks HF. Intensitetsnivået kan også regnes i prosent mellom hvilepuls (som forutsetter at vi kjenner til den) og maksimalpuls.

Alle fysiologiske prosesser er trenbare (med unntak av maks HF) og kan derfor forbedres gjennom å følge et godt tilpasset treningsopplegg.

