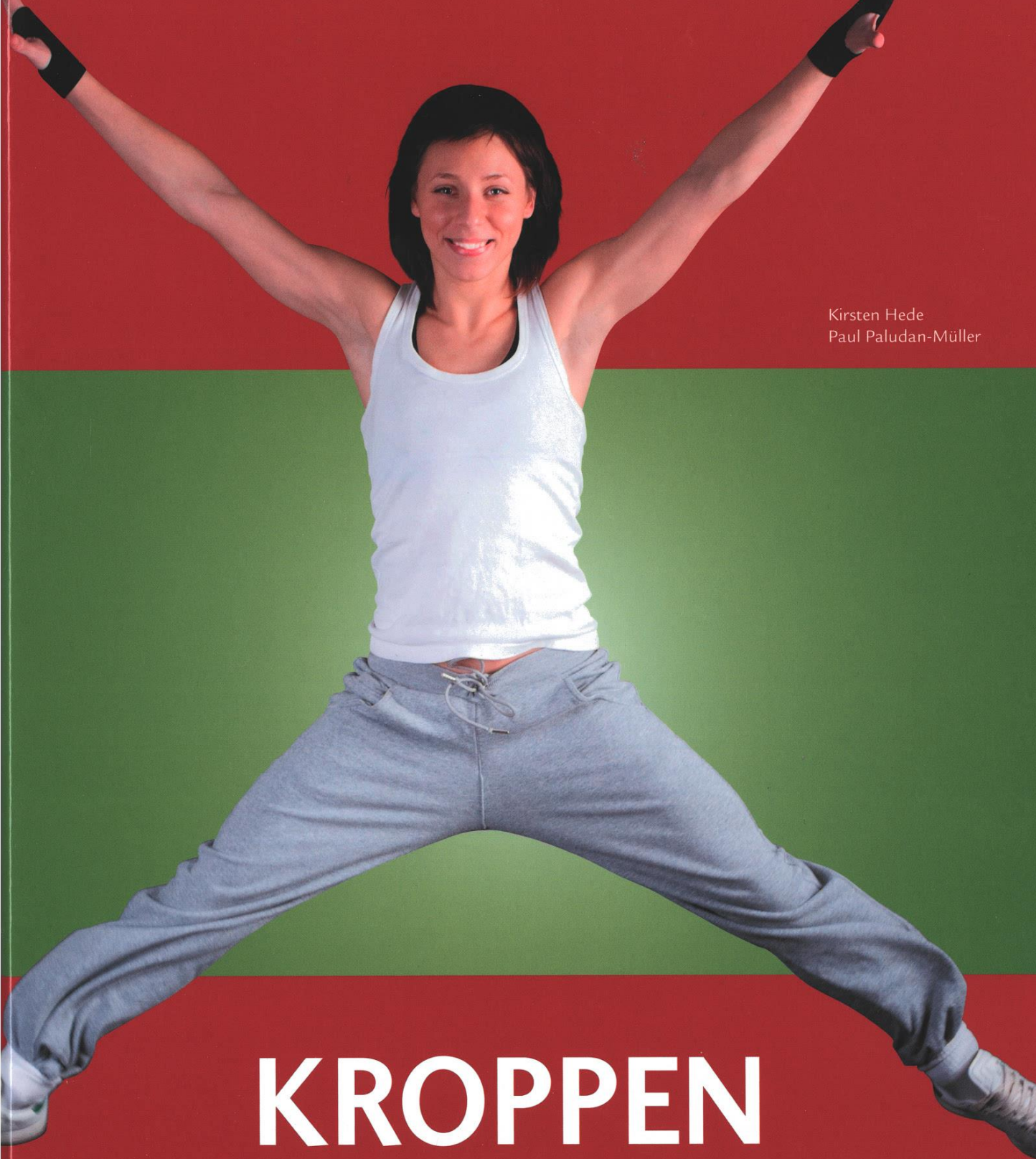




Kirsten Hede
Paul Paludan-Müller

KROPPEN I FOKUS

HENRIK KOFOED SVENDSEN

nucleus★

Kroppen i fokus

© Kirsten Hede, Paul Paludan-Müller og Nucleus Forlag ApS

Redaktion: Jette Kloppenborg Kruse

Forlagsredaktion: Birthe Møller Nielsen

Illustrationer, 3-D: Henning Dalhoff

Illustrationer, øvrige: Birthe Møller Nielsen

Grafisk tilrettelægning og omslag: Elin Steffensen, Gigraf

Omslagsfoto: FXQuadro/Shutterstock

Foto- og kildeliste, side 176

1. udgave, 2. oplag 2014

ISBN: 978-87-90363-64-2

Udgivet af Nucleus – Foreningen af Danske Biologers Forlag ApS

Lundingsgade 33, 8000 Århus C

T 86 19 04 55, F 86 19 63 55

nucleus@nucleus.dk

www.nucleus.dk

Trykt hos Scanprint A/S

Printed in Denmark 2014



Kopiering fra denne bog må kun finde sted på institutioner eller virksomheder der har indgået aftale med Copydan Tekst & Node og kun inden for de rammer, der er nævnt i aftalen.

Forfattere

Kirsten Hede, lektor, cand.scient., forfatter til kapitel 2: Åndedræt og kredsløb, kapitel 3: Konditionstræning, kapitel 6: Kost og fysisk aktivitet, kapitel 7: Opvarmning og temperaturregulering og kapitel 8: Kroppens bevægelser.

Paul Paludan-Müller, lektor, cand.scient., forfatter til kapitel 1: Energi – kroppens energiforsyning, kapitel 4: Muskler, kapitel 5: Styrketræning og kapitel 9: Doping.

Konditionstræning

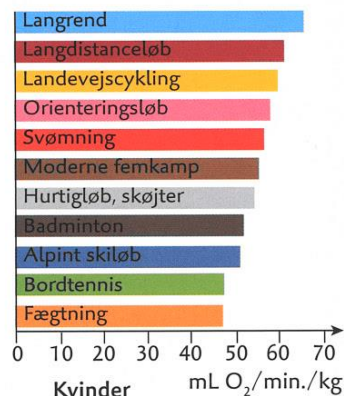
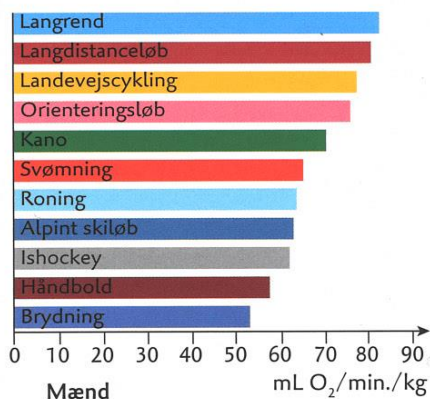
I mange idrætsgrene er det meget vigtigt at have en høj iltoptagelse. Det kan være afgørende for, om man vinder en konkurrence eller ej inden for fx cykling, løb og langrendsskiløb. Hvor vigtig denne faktor er, kan man se af de mange personer, der har forsøgt at snyde sig til en højere iltoptagelse ved ulovlig brug af doping, se kapitel 9 side 155. Figur 59 viser den gennemsnitlige iltoptagelse hos eliteidrætsudøvere inden for forskellige idrætsgrene.

Selvom boldspillere ikke kommer op på de samme høje værdier for iltoptagelsen som de ovennævnte idrætsudøvere, er det alligevel vigtigt at have en god grundkondition. Fx vil en professionel fodboldspiller ofte løbe ca. 10 km i løbet af en kamp. Boldspil stiller desuden krav til at man i korte perioder kan løbe med meget høj intensitet.

I Danmark dyrker næsten 2/3 af befolkningen regelmæssig motion. Mange løber eller cykler for at holde sig i form, og ønsker ikke nødvendigvis at deltage i konkurrencer. Alligevel vidner de ca. 900 motionsløb, der årligt bliver arrangeret i Danmark, om at interessen for at sætte et mål for sin træning er til stede på alle niveauer.

Dette kapitel handler om hvordan man træner kroppens evne til at optage ilt, også kaldet konditionstræning.

Den aerobe effekt VO_{2maks} , er defineret som den maksimale mængde O_2 en person kan optage pr. min. Den kan variere fra 2 L/min. hos utrænede til mere end 7 L/min. hos elitesportsudøvere.



Figur 59. Maksimal iltoptagelse hos eliteidrætsudøvere i forskellige idrætsgrene.

Konditallet er defineret som den maksimale mængde O_2 kroppen kan optage i minuttet pr. kg legemsvægt ($mL O_2/kg \times min.$). Figur 60 giver eksempler på kondital hos utrænede og trænede unge.

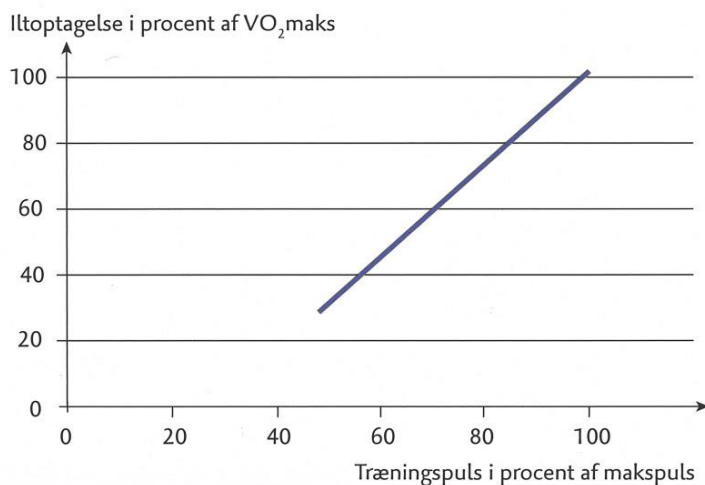
To personer der begge har den samme maksimale iltoptagelse, men vejer forskelligt, vil altså have forskellige kondital. Hvis de to personer fx skal konkurrere i langdistanceløb, vil den letteste skulle bruge mindre energi på hele tiden at løfte kroppens tyngdepunkt efter hvert afsæt. Det er derfor relevant at sammenligne de to personers iltoptagelse vha. konditallet. Hvis de samme personer konkurrerer i fx roning, hvor kroppens tyngdepunkt ikke skal løftes, spiller kropsvægten ikke samme rolle.

Figur 60. Tabel til vurdering af kondital for piger og drenge i alderen 15-19 år.

Kondital: maksimal iltoptagelse i mL pr. kg legemsvægt pr. min.				
	Lavt	Middel	Højt	Meget højt
Piger	29-34	35-43	44-48	≥ 49
Drenge	44-48	49-56	57-61	≥ 62

	Antal løbedage pr. uge	Samlet distance km	Dagsprogram
Uge 1	2	2,5	Fx løb 1 min. – gå 2 min.
Uge 2	3	2,5	Fx løb 1,5 min. – gå 2 min.
Uge 3	3	3	Fx løb 2 min. – gå 1 min.
Uge 4	3	3	Fx løb 2 min. – gå 1 min.
Uge 5	3	3,5	Løb med så få 1 minuts gå-perioder som muligt
Uge 6	3	3,5	Løb med så få 1 minuts gå-perioder som muligt
Uge 7	3	4,0	Løb med så få 0,5 minutters gå-perioder som muligt
Uge 8	3	4,0	Løb med så få 0,5 minutters gå-perioder som muligt
Uge 9	3	4,5	Løb med så få 0,5 minutters gå-perioder som muligt
Uge 10	3	5	Løb med så få 0,5 minutters gå-perioder som muligt Sidste træning afsluttes med 5 km kontinuerligt løb

Figur 61. Eksempel på begyndertræningsprogram.

Figur 62. Sammenhæng mellem den aktuelle træningspuls i procent af den maksimale puls og den aktuelle iltoptagelse i procent af $VO_{2\text{maks}}$.

Her er det den samlede aerobe effekt der er afgørende for præstationsevnen. I cykling er bjergryttere ofte små personer, fordi de så kan bruge mindst mulig energi på at løfte deres egen vægt op ad bjerget mod tyngdekraften. I modsætning hertil er enkeltstartsryttere ofte større og mere muskuløse, da deres evne til at sprinte også er afgørende.

Begrebet aerob kapacitet bruges om en persons evne til at arbejde aerobt i længere tid, dvs. her spiller udholdenheden en væsentlig rolle. Den aerobe kapacitet har naturligvis stor betydning i discipliner af længere varighed. Den er afhængig af ikke blot en høj iltoptagelse, men også af lokale tilpasninger i muskelcellerne.

Konditionstræning for begyndere

I det følgende er der vist et par eksempler på løbeprogrammer til konditionstræning. Figur 61 viser et eksempel på et træningsprogram for en person der ønsker at træne sig op til at kunne løbe 5 km.

For helt utrænede personer gælder at de i første omgang skal træne sig op til at kunne løbe kontinuerligt i en længere periode, fx 30 minutter. Derfor vil løbeprioderne i starten være meget korte, og der kan være indlagt perioder med gang i rask tempo.

I starten vil begynderne kunne opnå en forbedring af deres iltoptagelse allerede ved en ret lav arbejdsbelastning. Man måler belastningen i forhold til personens maksimale iltoptagelse. Personer med en meget lav iltoptagelse vil kunne opnå en forbedring allerede ved at træne ved ca. 50 % af deres $VO_{2\text{maks}}$.

Jo bedre form man er i, jo højere en belastning vil man skulle træne i. Når man

kan løbe i en lang sammenhængende periode, vil man som regel være i stand til at løbe med en iltoptagelse svarende til 60-70 % af VO_2 maks. Da det er de færreste der kender denne værdi præcist, kan man i stedet bruge pulsmålinger som grundlag for at fastsætte den rigtige belastning. Som det kan ses af figur 62, er der en lineær sammenhæng mellem pulsen i forhold til makspulsen og iltoptagelsen i procent af VO_2 maks. Makspulsen kan enten bestemmes direkte, eller beregnes, se kapitel 2 side 44. En løber, der har trænet sig op til at kunne løbe fx 5 km uden pauser, skal som tommelfingerregel løbe med 80 % af den maksimale puls.

Er man fx 18 år og har en makspuls på 200 slag/min., skal man løbe med en puls på ca. 140-160 slag/min.

I mange træningsprogrammer angiver man i stedet belastningen som procent af pulsreserven. Pulsreserven er forskellen mellem hvilepuls og makspulsen. Man går ud fra at 0 % belastning svarer til den puls, man har i hvile. Træningspulsen beregnes som:

træningspuls = arbejdsbelastning i % x (makspuls-hvilepuls) + hvilepuls.

Har den 18-årige fra eksemplet før en hvilepuls på 60 slag/min., vil personen skulle træne ved en puls på 144-158 slag/min. i følge denne beregningsmetode.

Et alternativ til pulsmåling kan være at anvende den såkaldte Borg-skala for belastning, se figur 63. Ved hjælp af denne skala sammenholdes arbejdsintensiteten med, hvor anstrengende man føler at den pågældende aktivitet er. Her vil man skulle løbe i det område, hvor man lige akkurat kan føre en samtale, men hvor samtalen bliver afbrudt af vej-

trækningen for at opnå en træningseffekt. Altså trinnet lige inden man bliver rigtigt forpustet.

De fleste begyndere vil foretrække at løbe kontinuerligt ved en relativ lav belastning frem for intervaltræning, indtil de har opnået en rimelig kondition. For at opnå en træningseffekt skal begynderen løbe minimum 2 gange pr. uge i 20-30 minutter og med en intensitet svarende til 60 % af VO_2 maks. Hvis man kan løbe med en højere intensitet, vil man derfor kunne forøge sin iltoptagelse ved træning af kortere varighed.

Figur 63. Vurdering af træningsintensiteten ud fra Borg-skalaen.

Borg-trin	Oplevelse	Træningseffekt
6	Hvile	Ingen
7-10	Meget let arbejde uden anstrengelse	Ingen
11-13	Let træning. Du kan mærke du er i aktivitet, men kan tale ubesværet samtidig	Stort set ingen træningseffekt, men en vis sundhedseffekt ved længere perioder med aktivitet
14-15	Moderat træning. Du kan tale imens, men bliver afbrudt indimellem af din vejtrækning	Træningseffekt for begyndere
16-17	Hård træning. Du er forpustet og kan kun svare med enkelte ord	Høj træningseffekt for alle
18-20	Udmattende træning. Kan kun udføres i sekunder eller få minutter	Meget effektiv træning af kondition og hurtighed

Træningseffekt på lunger og kredsløb

Jo større ens iltoptagelse er, jo bedre er kroppen til at transportere ilt fra luften via lungerne og kredsløbet ned til muskelcellerne, hvor det skal bruges i respirationsprocessen, se kapitel 1 side 10. Figur 64 giver en samlet oversigt over effekten af træning.

Figur 64. Samlet oversigt over effekt af træning af den aerobe kapacitet. De nævnte faktorer er alle medvirkende til at øge iltoptagelsen.

↑ Stigning

↓ Fald

→ Ingen ændring

Lungerne

- ↑ Respirationsfrekvens
- Vitalkapacitet
- ↑ Lungeventilation

Hjertet

- ↑ Slagvolumen
- ↑ Minutvolumen (maks.)
- ↓ Hvilepuls
- ↓ Puls ved submaksimalt arbejde

Kredsløbet

- ↑ Blodvolumen
- Hæmoglobinkoncentration
- ↑ Hæmoglobinemængde (total)
- ↑ Kapillærer i musklerne (tæthed)
- Forskel mellem iltindhold i arterielt og venøst blod (AV O₂-differens)
- ↑ ved maks. arbejde

Musklerne

- ↑ Glykogenmængde
- ↑ ATP- og CrP-mængde i hvile
- ↑ Myoglobinmængde
- ↑ Mitokondrier (antal)
- ↑ Mitokondrier (størrelse)
- ↑ Respirationsenzym (koncentration af SDH)
- Glykolytisk enzym (koncentration af PFK)
- ↑ Respiration af fedtsyrer
- ↑ Type 1-fibre (størrelse)
- ↑ Type 2a-fibre/type 2b-fibre
- ↓ Laktatkoncentration ved submaksimalt arbejde
- ↑ Laktatkoncentration ved maksimalt arbejde



Den mængde luft som lungerne kan indånde pr. min., lungeventilationen, bliver større ved træning, se figur 65. Det skyldes træningseffekten på åndedrætsmusklerne. Når musklerne kan præstere en større kraft, kan udånderne foregå hurtigere, og respirationsfrekvensen kan derfor øges ved arbejde med høj intensitet. Samtidig bliver åndedrætsmusklerne i stand til at arbejde i længere tid uden at trættes. Endelig vil åndedrætsdybden hos den trænede blive større under arbejde, så vejrtrækningen bliver mere økonomisk. Træning medfører således at man kan udnytte mere af ilten i den indåndede luft.

Jo mere blod, der kan føres gennem lungerne for at blive iltet og videre gennem hjertet til musklerne, jo hurtigere kan cellerne optage den nødvendige ilt. Det sker ved at konditionstræning øger kredsløbets minutvolumen pga. flere faktorer. Mængden af blod i kroppen stiger, og den samlede mængde af hæmoglobin stiger tilsvarende. Dermed kan blodet også binde en større mængde ilt. Samtidig vil hjertets muskelceller også begynde at danne flere muskelfilamenter, se kapitel 5 side 102, så hjertet kan trække sig sammen med en større kraft. Endelig vil slagvolumen øges, så der kan pumpes en større mængde blod ud ad gangen. Begynderen der gennemfører et træningsprogram til et 5 km løb og med en løbetid på fx 6 minutter pr. km, vil derfor opleve at han eller hun kan løbe ved denne hastighed med en lavere puls end før træningen. Løb ved denne hastighed vil derfor føles meget lettere. Når hvilepulsen hos trænede, er lavere end hos utrænede, skyldes det netop at de trænede har trænet deres hjerte til en større slagvolumen.

Ved overgangen fra hvile til løb øges blodgennemstrømningen til de arbejdende muskler på bekostning af blodforsyningen til fordøjelsesorganer og nyrer. Dette reguleres som tidligere omtalt, se kapitel 2 side 48, dels af lokale faktorer og dels af signaler fra det sympatiske nervesystem. Denne regulering er mere effektiv hos den trænede person, og den forstærkes af at antallet af kapillærer i musklerne er forøget kraftigt. Da der desuden udvikles meget varme i musklerne under løb, er det hensigtsmæssigt at man ved træning opnår en større blodgennemstrømning i huden, så man lettere kan komme af med overskudsvarmen, se kapitel 7 side 121.

Konditionstræning for øvede

For løberen der ønsker at kunne løbe både længere og hurtigere, kan et træningsprogram se ud som på figur 66 side 68. For løberen vil det nu være relevant at veksle mellem kontinuerligt løb og intervaltræning. Træningen på ugens 2. løbedag skal være ved så høj hastighed som muligt, men hvor man samtidig kan gennemføre alle 4 intervaller.

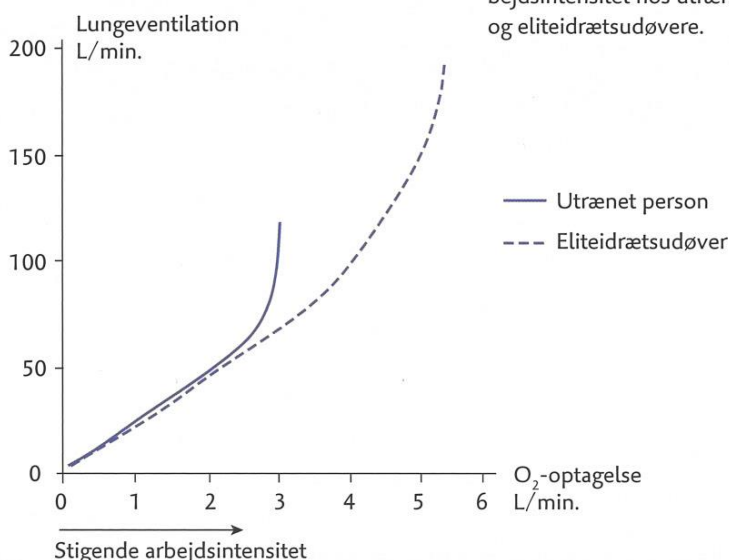
Generelt vil trænede personer kunne løbe ved en højere belastning i forhold til $VO_{2\text{maks}}$ end den utrænede. En eliteløber vil fx ofte være i stand til at træne ved en belastning på 90 % af sin makspuls. Som sagt er træning ved en høj intensitet en effektiv metode til at forbedre ens kondition.

Anaerob tærskel

Man har i mange år arbejdet med begrebet anaerob tærskel i forbindelse med konditionstræning. Ideen er at man skal træne ved en så høj belastning som muligt, hvor man stadig kan arbejde

aerobt. Det skal ske for at undgå at cellerne går over til anaerob forbrænding, så man begynder at producere mælkesyre. Målet er at man under træningen ikke får en stigning i blodets indhold af mælkesyre til mere end 4 mmol/L. Selvom det ikke er laktatværdien i sig selv der er begrænsende for præstationen, se boks om muskeltræthed side 71, kan den alligevel give et fingerpeg om den intensitet, man skal træne i. I praksis har man dog sjældent mulighed for at måle laktatværdien, så derfor er man igen nødt til at anvende pulstælling til at angive intensiteten. På dette niveau vil man ofte træne ved fx 80-90 % af makspulsen.

Intervaltræning er løb hvor man skifter mellem høj intensitet, og enten hvile eller løb ved en lav belastning. Intervallerne kan variere fra løb i få sekunder til flere minutter. Intervaltræning muliggør at man samlet set kan opnå en større træningsmængde ved en høj intensitet end ved kontinuerligt løb. I hvilepauserne vil energidepoterne i muskelcellerne kunne genopbygges, se kapitel



Figur 65. Lungeventilationen som funktion af stigende arbejdsintensitet hos utrænede og eliteidrætsudøvere.

	Løbedag 1	Løbedag 2	Løbedag 3
Uge 1	5 km	2 km + 4 x 500 m	7 km
Uge 2	5 km	2 km + 4 x 500 m	7 km
Uge 3	5 km	2 km + 4 x 500 m	7 km
Uge 4	5 km	2 km + 4 x 1.000 m	8 km
Uge 5	5 km	2 km + 4 x 1.000 m	8 km
Uge 6	5 km	2 km + 4 x 1.000 m	8 km
Uge 7	5 km	2 km + 3 x 1.000 m	9 km
Uge 8	5 km	2 km + 3 x 1.000 m	9 km
Uge 9	5 km	2 km + 3 x 1.000 m	9 km
Uge 10	5 km	2 km + 4 x 1.000 m	10 km

Figur 66. Træningsprogram for øvet løber.

Figur 67. Mængden af enzymerne SDH og PFK hos utrænede og trænedes personer. PFK er aktivt i glykolysen (anaerob forbrænding), mens SDH er aktivt i citronsyreacyklus (aerob respiration). Enzymaktiviteten måles ud fra hvor meget stof i $\mu\text{mol/g}$ muskel der omdannes pr. minut.

	Enzymaktivitet		Iltoptagelse $\text{mL O}_2/\text{min.}/\text{kg}$
	SDH	PFK	
Utrænede	4,3	25	42
Cykelryttere	11,0	23	69
Kanoroere	8,9	25	55
Svømmere	9,6	23	80
Mellemdistanceløbere	7,4	21	73
Sprintere	3,9	28	58
Langdistanceløbere	9,0	15	79

1 side 21, og det laktat der kan være blevet dannet, kan blive transporteret væk fra musklerne.

I det viste forslag til træningsprogram, se figur 66, er intervallerne så lange at ilttoptagelsen når op på et stationært højt niveau. Pauserne skal være tilstrækkeligt lange til at man kan gennemføre træningen ved den ønskede intensitet. For løberen der skal op på at løbe 10 km og eller forbedre sin tid, vil dette være en mulig træningsform.

Udholdenhedstræning

Stadig flere danskere prøver kræfter med marathonløb, triatlon eller andre

udholdenhedsløb. Fælles for disse discipliner er at de kræver at man har en god kondition og en stor aerob kapacitet, dvs. er i stand til at arbejde aerobt i en længere periode. Udholdenheden er i høj grad afhængig af lokale tilpasninger i musklerne.

Træningseffekt i musklerne

I musklerne vil der kunne dannes energi ud fra enten kulhydrat eller fedt. Da det kræver mere ilt at udnytte fedt, vil andelen af kulhydratforbruget derfor stige i takt med en øget arbejdsintensitet. Er der 1 L O_2 til rådighed, vil der kunne dannes 21 kJ ved omsætning af glukose, mens der kun kan dannes 19 kJ ved fedtforbrænding. Til gengæld er lageret af glykogen i kroppen mere begrænset, og det er derfor en fordel at kunne spare på glukoseforbruget. Ved langvarige discipliner kan der nemlig opstå træthed, hvis hjernens energibehov ikke kan dækkes af glukose. Som resultat vil der sendes færre signaler fra hjernen til kroppens muskler, og det bliver sværere at bevæge sig og koordinere bevægelserne. Man føler sig træt eller har nået 'muren'. Det er derfor afgørende at konditions- og udholdenhedstræning forbedrer muskelcellernes evne til at udnytte fedt som brændstof.

Ilttilførslen til muskelcellerne forbedres ved at der dannes flere kapillærer i musklerne og at indholdet af det iltbindende myoglobin øges. Desuden vil antallet og størrelsen af mitokondrierne i muskelcellerne stige. Det betyder at også mængden af de enzymer, der er nødvendige for de aerobe processer stiger, se figur 67. Udholdenhedstræning vil også betyde at det især sker en vækst i type 1-fibre, se kapitel 4 side 85, og at der samtidig sker en forskydning i type 2-fibre i retning af type 2a.

Efter lang tids træning vil løberen også blive i stand til at løbe mere økonomisk, dvs. at der ikke skal bruges samme mængde energi pr. km løb. Det kan tage flere års træning, før denne bedre løbeøkonomi opnås. Det skyldes, at der opnås en større elasticitet i muskler og sener, hvilket medfører en større bevægelighed i leddene. Derved kan man løbe med længere skridt, hvilket energimæssigt er en fordel. Styrketræning, især af eksplosiv styrke, se kapitel 5 side 98, kan også være med til at forbedre løbeøkonomien.

Konditionstræning for viderekomne

Skal veltrænede personer øge deres iltoptagelse, er det nødvendigt at træne intensivt. Træning ved en puls på under 85 % af makspulsen synes ikke at forbedre konditionen hos denne gruppe, men højst at vedligeholde en god kondition. I de senere år har der været mange diskussioner om træningsmetoder, fordi kortvarig intens træning har vist sig at være en effektiv metode til at forbedre konditionen. Her er to eksempler på intens træning, hvor iltoptagelsen og hjertets slagvolumen øges efter en periode på 8 ugers træning, 3 gange om ugen, se figur 68 a. Problemet med især den første form for træning er netop at den er så intensiv. Den kræver en høj grad af viljestyrke at gennemføre. I stedet kan man prøve en anden form for intervaltræning, nemlig 10 20 30 metoden, som kan benyttes af alle uanset træningstilstand. Den går ud på at man i træningen indlægger følgende intervaltræning, se figur 68 b.

Denne form for intervaltræning har vist sig at være meget effektiv til at øge lø-

	Træningsintensitet	Løbeperioder	Samlet træningsperiode
Træning med korte intervaller	90-95 % af makspuls	15 sek. sprint + 15 sek. løb ved lav belastning	24 min.
Træning med lange intervaller	90-95 % af makspuls	4 min. løb ved høj hastighed + 3 min. ved lav hastighed	28 min.

Figur 68 a. Eksempler på højintensitetstræning.

	Intervaller	Træningsmængde	Hyppighed
10 20 30 træning	10 sek. sprint, 20 sek. løb i moderat tempo, 30 sek. langsomt løb eller gang	2 x 5 min. (begyndere) 4 x 5 min. (veltrænede) 2 min. pause mellem hvert 5-minutters modul	3 gange pr. uge

Figur 68 b. Træning efter 10 20 30 metoden.

behastigheden og iltoptagelsen. Såvel blodtryk som kolesterolniveau bliver lavere ved at træne regelmæssigt efter denne metode.

Træning med relativt korte intervaller er naturligvis også relevant ved optræning til korte løbedistancer eller i boldspil.

Anaerob træning

Som sagt er det vigtigt for boldspillere at have en god grundkondition, men det er lige så vigtigt at kunne skifte tempo og sætte ind med en spurt, når chancen for et kontraløb eller lignende opstår. I spil som fx ishockey skal man desuden kunne arbejde med en høj intensitet i lange perioder. I disse situationer kommer energien til arbejdet primært fra udnyttelsen af muskelcellernes lager af ATP og CrP og den anaerobe nedbrydning af glukose, se kapitel 1 side 12.

Den anaerobe effekt er et udtryk for den maksimale mængde energi der kan dan-

nes i musklerne pr. tidsenhed. I løbedistancer er den afgørende ved 100-400 m løb, dvs. i spurter der varer mindre end 1 min. I praksis er det hastigheden af glykolysen, man træner, da mængden af ATP og CrP kun rækker i få sekunder. Glykolysen når sin maksimale hastighed i løbet af 10-15 sekunders aktivitet. Træning af den anaerobe effekt kaldes også for produktionstræning, fordi det er evnen til at producere energi, der trænes. Den anaerobe kapacitet svarer til den samlede mængde energi man kan udvikle ved anaerobt arbejde inden man stopper pga. udmattelse. Den er vigtig i løbedistancer på 800 m til 3.000 m. Træning af den anaerobe kapacitet kendes også som 'syretræning' fordi man træner tolerancen over for de ændringer i musklerne, der sker ved intensivt arbejde, se boks om muskeltræthed side 71. Træning af den anaerobe kapacitet kaldes derfor også for tolerancetræning.

Figur 68 c viser eksempler på de to former for anaerob træning. Fælles for disse træningsformer er at det er intervaltræning ved relativ høj intensitet. Man lægger derfor denne form for træning som afslutning i et træningspas pga. den muskeltræthed der opstår. Det er også træningsformer som man skal være meget motiveret for at gennemføre. Intensiteten varierer efter den intensitet der skal opnås i den pågældende idrætsgren. Antallet af gentagelser afhænger dels af arbejdsperi-

dernes længde og dels af idrætsudøvers niveau.

Ved produktionstræning skal arbejdsintervallerne minimum være af 10 sekunders varighed for at sikre at glykolysen aktiveres maksimalt og højst på 40 sekunder for at sikre at man kan arbejde ved den ønskede intensitet tilstrækkelig mange gange. I de lange pauser vil ATP- og CrP-lagrene blive genopbygget, og man undgår en ophobning af de stoffer der forårsager træthed i musklerne. Ved tolerancetræning skal pauserne ikke være så lange. Her skal der netop ske en ophobning af disse stoffer, så musklerne vænnes til at arbejde intensivt, selvom der er en høj koncentration af disse stoffer.

Træning og gener

Det er ikke alle, der er i stand til at forbedre deres iltoptagelse væsentligt selv ved intensiv konditionstræning. Man taler om responders og nonresponders. Forskellen på hvordan man responderer på træning, synes at være genetisk bestemt. Efter et træningspas reagerer kroppens celler fx ved at aktivere gener, der har betydning for ens evne til at arbejde aerobt. Derved kan der dannes en række stoffer der har betydning for de faktorer, der er beskrevet i figur 64 side 66. Hos nogle personer er denne opregulering mere effektiv end hos andre. Fremover vil man måske begynde at lave genprofiler hos unge idrætsudøvere for at kunne vurdere, om de er responders eller ej. En sådan gentest vil rejse en række etiske aspekter. Et større kendskab til de gener, der er ansvarlige for at man responderer godt på konditionstræning, vil engang i fremtiden også kunne misbruges i form af gendoping, se kapitel 9 side 170.

Figur 68 c. Eksempler på træningsprogrammer til anaerob træning.

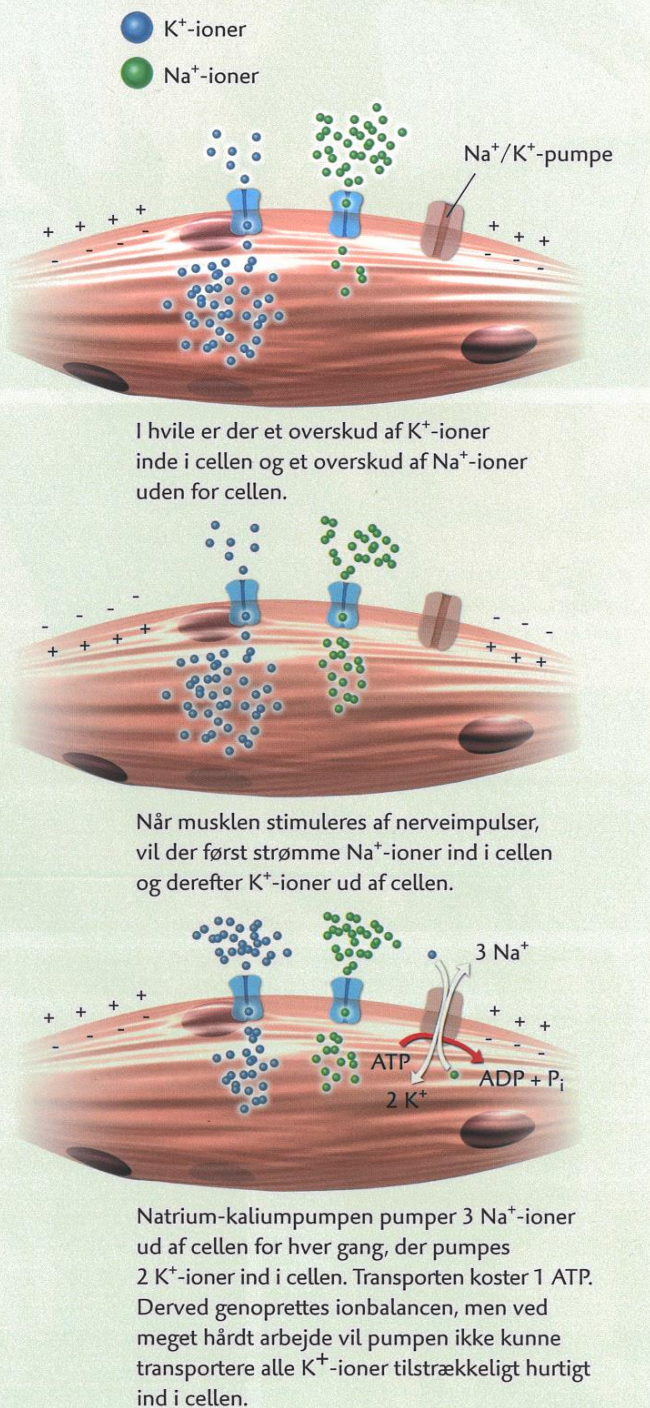
Træningsformål	Intensitet i % af maksimal intensitet	Arbejde sek.	Pause sek.	Antal gentagelser
Anaerob effekt	90-100	10-15	Min. 150	4-12
	70-80	30-40	Min. 400	2-6
Anaerob kapacitet	90	5-10	5-10	5-30
	80	30	30-180	5-15

Muskeltræthed

Når vi føler os udmattede efter en hård spurt eller lignende, taler man ofte om, at musklerne 'syre til'. I denne situation vil koncentrationen af laktat i vævet også være væsentlig forhøjet, men det er tilsyneladende ikke derfor, vi bliver trætte.

Når musklerne gentagne gange skal trække sig sammen, vil de mange elektriske impulser til muskelcellerne forskyde ionbalancen, se kapitel 4 side 83. Koncentrationen af K^+ uden for cellerne vil blive kraftig forøget, og dette overskud skal derfor pumpes tilbage vha. den såkaldte Na^+/K^+ -pumpe, se figur 69. Selv om aktiviteten i disse pumper er kraftigt forøget under muskelarbejde, kan de ikke altid hindre K^+ -koncentrationen i at stige. Den høje koncentration virker hæmmende på de impulser der skal stimulere musklernes evne til at trække sig sammen, og vi begynder at føle os trætte.

Det har derimod vist sig, at en øget koncentration af laktat i musklerne til en vis grad modvirker den træthed, der er opstået pga. K^+ -overskuddet. Laktat har tilsyneladende en positiv effekt på muskelcellens modtagelighed over for de stimulerende impulser. Tilsvarende kan hormonet adrenalin modvirke den opståede træthed, måske fordi det stimulerer Na^+/K^+ -pumperne. Udholdenhedstræning øger samtidig antallet af Na^+/K^+ -pumper i muskelcellernes membraner.



Figur 69. Na^+/K^+ -balancen i en muskelcelle i hvile og i arbejde.

Styrketræning

Rundt omkring i fitnesscentre, lokale

træningsrum eller måske hjemme i køl-

deren styrketræner tusindvis af danske-

re i alle aldre, især mænd. Træningsred-

skaberne varierer fra avancerede hydrau-

iske maskiner og tunge vægstsænger til

træning med håndvægte, træningsbolde

og elastikker, se figur 97. Motivationen

kan være lige så forskellig. Nogle træner

måltretter til en bestemt sportsgren, an-

dre er drejet af spejlet og det muskulø-

se look, atter andre ønsker at være i god

form, eller måske genoptræner man ef-

ter en skade.

Forskningen viser at muskelsstyrke øger

præstationsniveauet og forebygges ska-

der. Navnlig i forbindelse med kon-

kurrenceport vinder styrketræning da

også frem, helt ned i serie- og ungdoms-

rækkerne i fx fodbold og håndbold.

Styrketræning kan alle mennesker i

princippet have glæde af, men man skal

nøje overveje formålet med sin træning

før man går i gang. Der er mange kom-

mercielle interesser knyttet til styrketre-

ning, og der gives ikke sjældent falske

løfter om *fatburning* og hurtige genveje

til faste balder og sixpack. I det følgen-

de ser vi på forskellige typer af styrke-

træning og på hvilken fysiologisk effekt

træningen har på kroppen.

Formål med styrketræning

Styrketræning har til formål at skabe lo-
kale forandringer i musklerne så de kan
præstere bedre i forhold til bestemte ty-
per af muskelarbejde. Et andet formål
kan være at få større muskler. Fysiolo-
gisk betragtet kan man opstille fem mål

man kan arbejde med når man styrke-

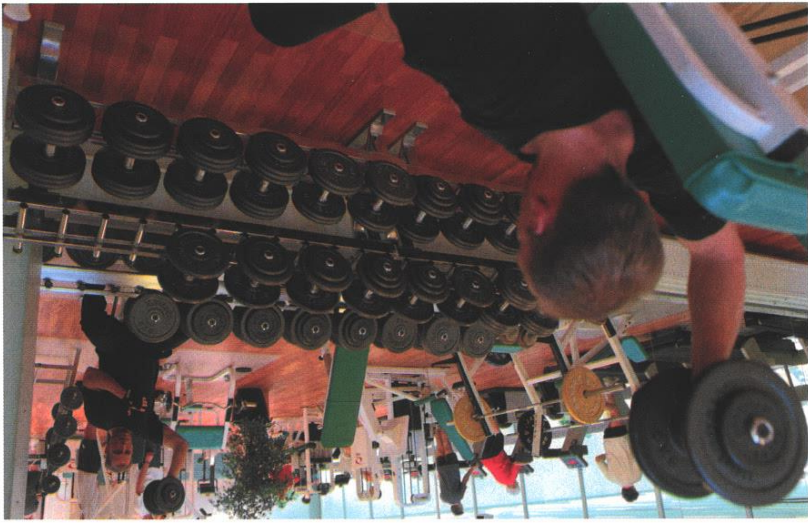
træner:

- Maksimal kraft
- Større muskulatur også kaldet muskulær hypertrofi
- Eksplosionsstyrke
- Spændstighed
- Muskeludholdenhed

I praksis er der et vist overlap mellem
de fem mål, fx vil træning med fokus på
øget muskelsstyrke også øge musklens
eksplosionsstyrke og udholdenhed. Et
træningsprogram kan dog sammensæt-
tes så det fremmer det ene mere end det
andet. Især for eliteidrætsudøvere men
også i konkurrenceport på lavere ni-
veau, er det vigtigt at et træningspro-
gram bygges op præcist med henblik på
den sportsgren man går op i.

En elitetræningspiller skal fx udvikle eks-
plosionsstyrke og muskeludholdenhed,
men skal samtidig helst undgå for stor
muskeltlivækst, for det går ud over hur-

Figur 97. Styrketræning.





Figur 98. Hurtighed og slagstyrke er vigtigt i tennis. Det opnås gennem træning af eksplosiv styrke. Caroline Wozniacki ved Australian Open 2012.

tigheden, se figur 98. Mange træningsprogrammer og øvelser i fitnesscentre har desuden fokus på kondition (eller cardio træning, som det også kaldes) ved brug af fx løbebånd, romaskine og spinning, se kapitel 3 side 63.

Arbejdskrav	Idrætsgren
Dynamisk muskelstyrke	
Statisk muskelstyrke	
Eksplosiv styrke	
Styrkeudholdenhed = anaerob effekt og kapacitet	
Spændstighed	
Kondition (= aerob effekt)	
Aerob udholdenhed (= kapacitet)	
Bevægelighed	
Koordinationssevne	
Koncentrationssevne	

Opbygning af et træningsprogram

Det første man bør gøre når man skal opbygge et målrettet træningsprogram, er at foretage en arbejdskravsanalyse og en kapacitetsanalyse. I en arbejdskravsanalyse vurderer man hvilke fysiske krav der stilles i den pågældende sportsgren, som man ønsker at målrette træningsprogrammet til. Det vil sige, hvilke muskler er især aktive og hvilke krav er der til fx styrke og muskeludholdenhed, se figur 99. Drejer det sig fx om en fløj-spiller i håndbold, så er der store krav til hurtighed, mens en strekspiller skal have mere fokus på at træne maksimal styrke, så man kan klare sig i de hårde fysiske dueller på stregen.

Efterfølgende foretager man en kapacitetsanalyse hvor man vurderer eller end-nu bedre, tester udøverens trænings-tilstand (= kapacitet). Som det sidste er det vigtigt at opstille realistiske mål for træningen, hvilke forbedringer ønskes man at opnå og hvor hurtigt. Så-danne mål kan hjælpe til at fastholde motivationen i takt med at man for-hå-bentlig oplever at målene indfris, fordi man passer sin træning. Når man deref-ter skal sammensætte det konkrete træ-ningsprogram, er der fire ting man skal overveje:

- Øvelsesvalg, herunder rækkefølge af øvelserne.
- Træningsbelastning. Hvor tunge vægte, hvor mange gentagelser og hvor mange serier vil man udføre.
- Pauselængde mellem hvert øvelses-sæt.
- Træningsfrekvens. Hvor hyppigt vil man træne.

Figur 99. Skema til arbejdskravsanalyse. Skemaet udfyldes ud fra en analyse af den pågældende idrætsgren.

Der har alt sammen indvirkning på hvordan musklerne belastes og dermed om man opnår øgning af fx maksimal styrke, eksplosionsstyrke eller muskeludholdenhed.

Valg af øvelser og rækkefølge

Mulighederne er mangfoldige og afhænger naturligvis af det udstyr man har til rådighed og de mål man sætter sig. Men ønsker man forbedringer i alle større muskelgrupper, er det nyttigt at vælge helkropsøvelser (også kaldet compound), dvs. øvelser som involverer flere muskler på én gang fx frivend, woodchop og dødløft, se figur 100. Det giver en større træningseffekt og en mere balanceret træning af kroppen. Sådanne øvelser bør placeres først i programmet lige efter en grundlig opvarmning. Derefter går man over til øvelser som træner enkelte muskelgrupper.

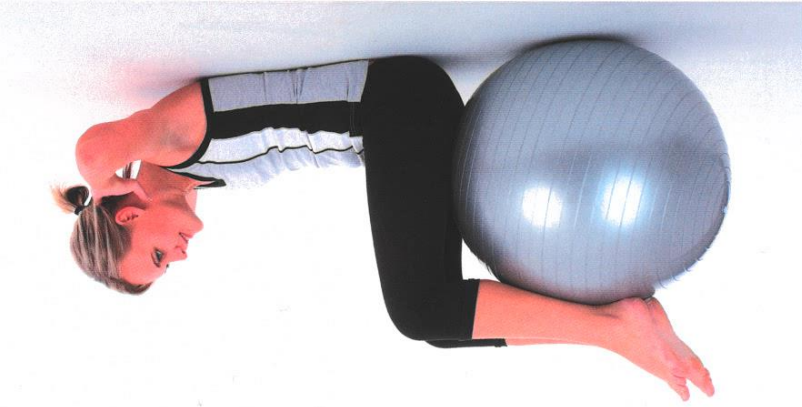
Et andet væsentligt aspekt er at have fokus på core-træning, dvs. øvelser som styrker ryg og mavemuskler. Det gør netop helkropsøvelser, mens øvelser i mange maskiner ikke har denne effekt, fordi man aflastes af diverse ryg- og armlæn. En stærk kropskerne forbygger man alle sportsgrene, fordi man udfører spontane bevægelser hurtigere og mere kraftfuldt, tænk blot på en dropopsamling i badminton eller en tackling i fodbold. Brug af fitnessbold er en effektiv metode til core-træning, det samme er pilates, se figur 101.

Valg af belastning

Træningsbelastningen er et udtryk for hvor mange kg man arbejder med i den enkelte øvelse, og hvor mange gange man udfører den pågældende øvelse i



Figur 100. Woodchop er en god helkropsøvelse.



Figur 101. Core-træning har fokus på øvelser der styrker musklerne omkring rygsøjlen, fx balanceøvelser.



Figur 102. Bænkpres.

træk uden pause. Dertil kommer hvor mange sæt man laver af den pågældende øvelse, fx bænkpres med tre sæt med 10 repetitioner og en belastning på 40 kg, se figur 102. Tilsammen udgør det træningsvolumen. For at fastlægge den belastning som man skal arbejde med, benytter man begrebet *one repetition maximum* (1 RM). Det angiver den maksimale belastning i antal kg, hvor man lige akkurat kan udføre én bestemt øvelse én gang. 1 RM for en bestemt øvelse kan fastlægges ved at udføre øvelsen med et stigende antal kg som løftes én gang indtil man når den maksimale belastning. 1 RM kan også bestemmes indirekte ved at benytte figur 103. Kan man fx gennemføre en øvelse 10 gange, vil belastningen svare til ca. 70 % af RM som derefter beregnes, se figur 103.

Pauser og træningshyppighed

Mellem hvert sæt er det vigtigt at holde pause i nogle få minutter, så muskelcellerne kan få tid til at genopbyg-

Figur 103. Skema til bestemmelse af 1 RM ud fra det maksimale antal gentagelser man kan klare med en lavere belastning. Kan man fx ikke akkurat foretage 10 gentagelser med en belastning på 44 kg, vil 1 RM være på cirka 60 kg. Skemaet er kun retningsgivende, idet der vil være forskel fra person til person bl.a. afhængigt af muskelfibertype og neuromuskulær tilpasning til den enkelte øvelse.

Maks. antal gentagelser	1RM	140	137	133	129	125	122	118	114	110	106	102	99	96	88	81	74	66	59	52	44	37	29	22	74
Træningsbelastning i kilo	150	140	131	127	124	112	109	105	97	89	81	79	76	71	68	63	61	55	53	46	38	30	23	22	74
% af maks.	100	94	91	89	86	84	81	79	76	74	71	68	66	60	56	50	47	40	30	28	27	27	27	27	27

Formål	Relativ belastning	Antal gentagelser	Tempo	Antal serier Øvede	Pause mellem serier
Maksimal (koncentrisk) styrke	80-100 %	2-6	Roligt	2-4	1-3 min.
Ekspllosiv styrke	50-80 %	3-10	Ekspllosivt	1-4	2-4 min.
Muskeludholdenhed	40-70 %	10-40	Hurtigt	2-4	1-2 min.

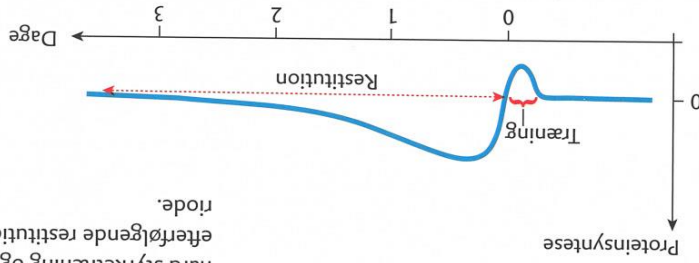
Figur 104. Retningslinjer for forskellige typer af styrketræning.

Træning af maksimal styrke og bodybuilding

Ønsker man at forbedre den maksimale styrke, skal man i sit træningsprogram arbejde med høj belastning og relativt få gentagelser i de enkelte øvelser. Typisk 4-6 gentagelser på omkring 80-90 % af 1 RM.

Træningen har fokus på at presse musklerne til træthed ved at øvelserne gennemføres i et moderat tempo og sådan at den sidste gentagelse kun lige kan gennemføres. Hvert sæt gentages typisk tre til fem gange med pauser på 2-3 minutter mellem hvert sæt, se figur 104. Øvelserne kan suppleres med enkelte belastninger tæt på 100 % 1 RM. Herved opnås en udtærring af musklerne, som bevirker optimal stimulering af muskelcellerne til efterfølgende at danne ekstra myofibriller, sådan at muskelcellen bliver tykkere og dermed stærkere, se figur 105. En anden meget anvendt metode er pyramidetræning hvor man over fx fem sæt gradvist øger belastningen og

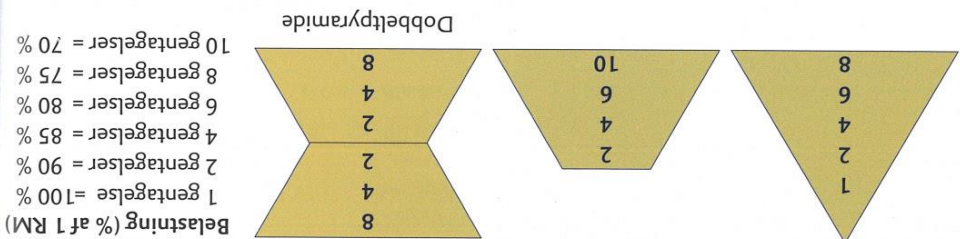
Figur 105. Måling af proteinsyntese i en muskel under hård styrketræning og i den efterfølgende restitutionperiode.



ge deres lager af kreatinfosfat, fjerner laktat og få genoprettet ionbalancen så aktiveringen via nervesystemet igen fungerer optimalt. I et alment styrke-træningsprogram er 2-3 minutters pause passende. Træner man bodybuilding er pauserne ofte korte, og træner man ekspllosionssyrke er pauserne lidt længere. Ønsker man at intensivere sin træning kan man bruge såkaldte supersæt. I et supersæt indgår to forskellige øvelser som man skiftevis udfører uden egentlig pause. De to øvelser sættes naturligvis sammen så de belaster forskellige muskelgrupper. Ved denne form for træning er det godt at sætte øvelser sammen som aktiverer muskler der er antagonistiske til hinanden, fx biceps og triceps i overarmen.

Mellem hver træningsgang vil de fleste personer have brug for to til tre dages pause afhængigt af ens træningsniveau. Det skyldes at musklerne har brug for at restituere sig. Muskelcellerne bruger pausen på bl.a. opbygning af myofibriller og forskellige enzymer, se side 100. Et man vant til styrketræning, kan man træne hver dag. Det gælder især bodybuilding som anvender mange forskellige øvelser og i mange forskellige kombinationer. Træner man derimod i forhold til en bestemt idrætsgren fx boldspil, vil styrketræning en gang ugentlig have en fin effekt som supplement til anden træning.

Figur 106. Pyramidetræning med eksempel på enkelt- og dobbeltpyramide.



nedsætter antallet af gentagelser til én med maksimal belastning, se figur 106.

Bodybuilding minder om træning af maksimal styrke, men der lægges ekstremt fokus på udmatning af musklerne. Man arbejder her med 10-12 gentagelser til total udmatelse, eventuelt kombineret med enkelte maksimale og forholdsvis korte pauser (maks. 2 min.).

Der trænes med mange forskellige øvelser rettet mod helt bestemte muskler som man ønsker skal fremstå tydelige, frem for at træne øvelser der involverer flere muskelgrupper. Endvidere indgår supersæt og forskellige kombinationer af øvelser fra gang til gang, så man kan træne mere intensivt. Myten om at bodybuildere ikke er specielt stærke og blot pumper sig op, holder således ikke. Bodybuilding på eliteplan kræver både meget træningstid og specifik træning af de enkelte muskler. Indimellem vælger nogen også at skyde genvej ved brug af anabole steroider, se kapitel 9 side 166.

Eksplosionsstyrke og spændstighedstræning

Spændstighed

En akrobatisk gulvøvelse hvor gymnasten hvitrer hen over gulvet med kraftspring og dobbeltsalto er måske den ypperste form for brug af spændstighed i sport. I alle idrætsgrene hvor man

Mentalt er eksplosionsstræning kræver de fordi man skal presse sig til at udføre hver repetition så hurtigt som muligt hver gang. Typisk arbejder man med forholdsvis få gentagelser, 5-8 i 3-4 sæt, og med brug af helkropsøvelser. Arbejder man med seks repetitioner pr. sæt, så skal belastningen være cirka 70 % af 1 RM frem for 80 % som ved træning af maksimal styrke. Den efterfølgende pause bør være forholdsvis lang, cirka tre minutter, så man sikrer fuld restitution. Derved kan man arbejde effektivt under hele træningen. Resultatet bliver store neuromuskulære forbedringer, som giver øget eksplosionsstyrke og begrænset muskelmasse tilvækst.

onsstyrke gælder det om at gennemføre den enkelte øvelse så hurtigt som muligt. Dog kun i den koncentrerede fase, fx når man strækker armene i bænkpres, se figur 102 side 96, mens den excentriske del udføres kontrolleret så man undgår skader. En anden vigtig ting er at undgå total udmatelse af musklen. Den sidste gentagelse i et sæt skal derfor kunne udføres i fortsat højt tempo.

tidig også øge den eksplosive styrke, da den enkelte øvelse afvikles hurtigt.

Muskeludholdenhed

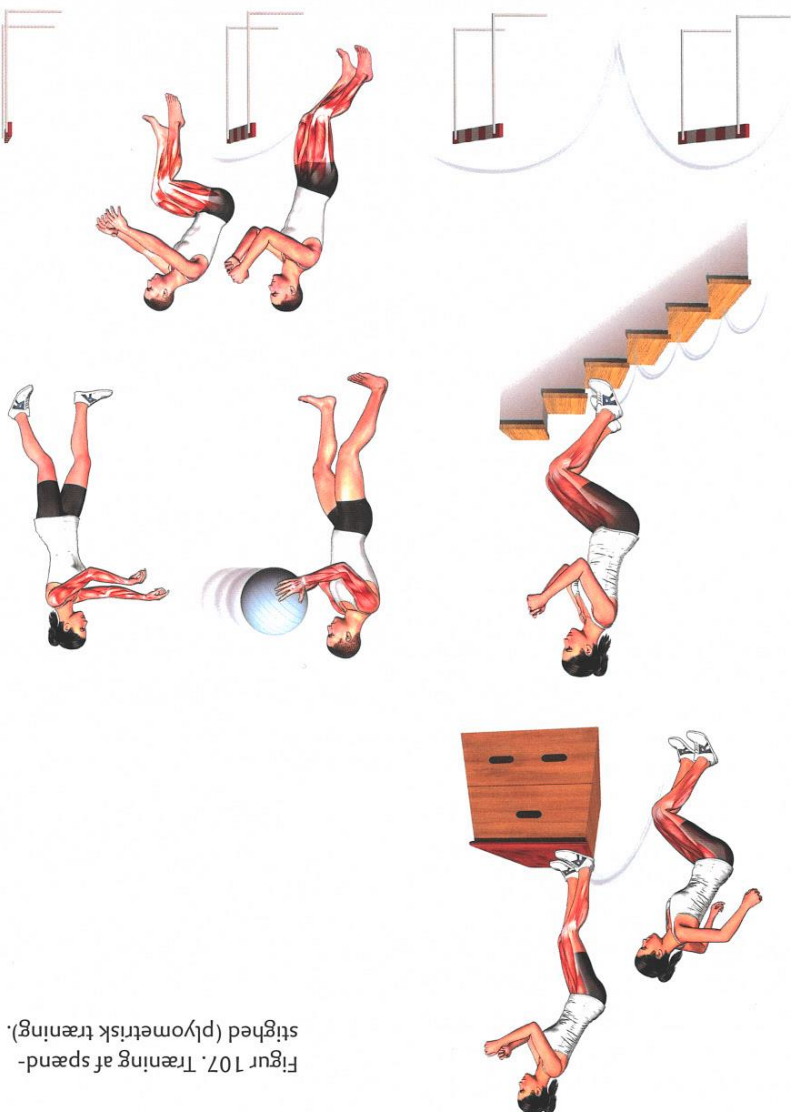
Ved muskeludholdenhed forstås muskelernes evne til at udføre mange kraftfulde kontraktioner i træk i løbet af kort tid (30 sekunder til et minut). Muskeludholdenhed kan trænes både med og uden vægte. Med vægte arbejder man med 15-25 gentagelser med en belast-

skal hoppe højt eller fx kaste langt, er spændstighed vigtig. Spændstighed er evnen til at kunne udnytte forspænding af musklerne. Forspænding opnås ved at strække musklen lige inden den trækker sig sammen. Derved opnås en øget kraft på to måder:

- En elastisk effekt fordi musklen bliver strakt ud over sin hvilestilling og derfor naturligt vil trække sig sammen, som når man trækker i et stykke kød og slipper.
- Øget neuromuskulær effekt fordi musklen under forspændingen gøres klar til at udføre en sammen-trækning på signal fra nervesystemet. Dette skyldes den myotatiske refleks, se kapitel 8 side 143.

Der til kommer at accelerationsvejen bliver længere når fx armen føres bagud før et kast. Hos gymnasten fra før opstår forspændingen når han lander i sit kraftspring og bøjer langt ned i benene for at gøre klar til det næste afsæt. Bal-demusklerne, den firehovedede knæstrækker i låret og lægmusklen vil i landingen arbejde excentrisk og blive strakt lange. Derved opspares elastisk energi som udløses i afsættet, samtidig med at den myotatiske refleks har forberedt musklen på maksimal sammen-trækning.

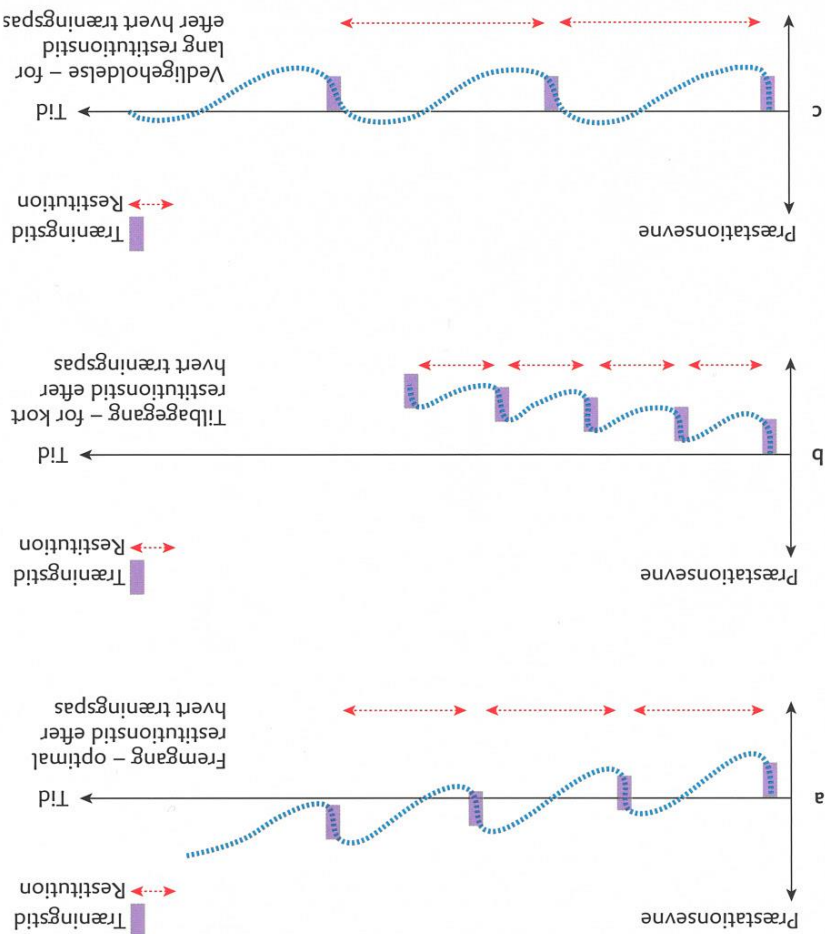
Det samme gælder når man fx fører armen bagud for øjeblikket efter at fyre et hårdt skud af sted i en håndboldkamp. Spændstighed opnås bedst gennem plyometrisk træning, hvor man arbejder med øvelser som tvinger musklerne til at arbejde excentrisk efterfulgt af koncentrisk arbejde. Fx nedspring fra plint efterfulgt af opspring gentagne gange eller kasteøvelse med medicinbold, se figur 107. Plyometrisk træning vil sam-



Figur 107. Træning af spændstighed (plyometrisk træning).

Figur 108. Træningsplanlægning. En forbedring af præstationsevnen kræver at træningen er intensiv og at man holder en passende pause mellem hver træning, så musklerne får tid til at restituere og superkompensere.

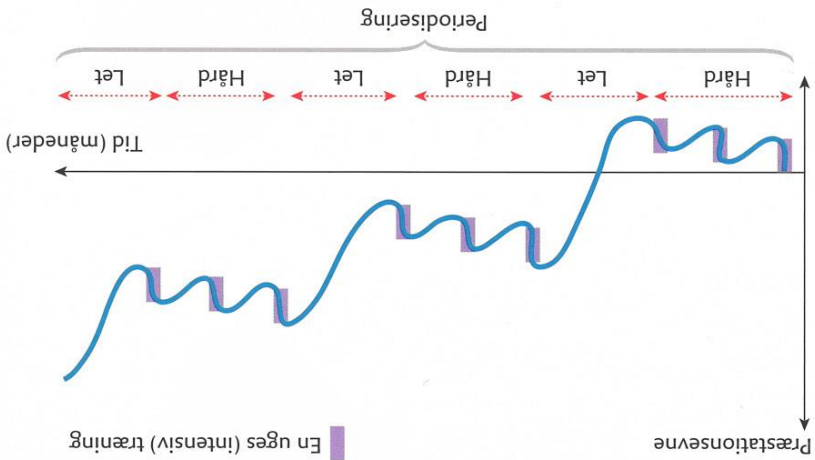
ning omkring 50 % af 1 RM. Hvert sæt gentages 2-3 gange og pauserne er korte mellem hvert sæt (1-2 minutter). I stedet for antal gentagelser kan man også arbejde med intervaller, fx 45 sekunder efterfulgt af en pause på 30 sekunder før træningen igen gentages. Træningen forbedrer især musklernes evne til at producere anaerob energi via glykolyse samt forbedrer den neuromuskulære kontrol. Fysiologisk betraget er muskeludholdenhedsstræning på mange måder det samme som anaerob træning. I praksis består forskellen i hvilken idrætsdisciplin man retter træningen mod. Anaerob træning er typisk forskellige former for intervaltræning rettet mod løb og



Træningsplanlægning og superkompensation

'Overbelastning' af muskel- og senevæv efterfulgt af superkompensation er målet med alle former for hård fysisk træning. Fysiologisk set skal tilrettelæggelsen af træningen have en fast cyklus, som det gælder om at ramme optimalt. Under selve træningen vil der altid ske en belastning af muskelvævet som bevirker at myofibriller går i stykker i enkelte celler, og at andre vigtige proteiner i muskel- og senevæv bliver beskadiget og nedbrudt. Det bevirker en følelse af træthed som gør at træningen på et tidspunkt må ophøre. I den efterfølgende hvileperiode, hvor muskelcellerne re-strukturerer, sker der en produktion af nye proteiner til forstærkning af det slidte muskel- og senevæv og en forbedring af den neuromuskulære kontrol. Det kaldes for superkompensation. For eliteudøvere er dette et meget vigtigt aspekt af træningsplanlægningen, idet det gælder om at tilpasse træningen så

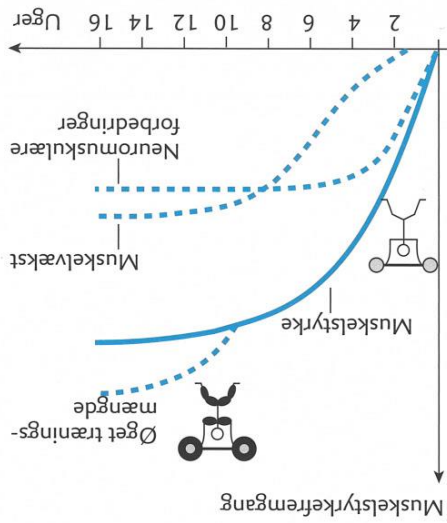
cykelsport. I muskeludholdenhedsstræning arbejder man med øvelser rettet mod isolerede muskelgrupper fx triceps og mavemuskler, således at musklerne opnår større anaerob effekt. En almindelig udbredt form er cirkeltræning med fx 10 forskellige øvelser, hvor man efter hver øvelse går videre til en ny øvelse. Cirklen gennemføres to til tre gange og rækkerfølgen af øvelser tilrettelægges så forskelligartet som muligt for at aktivere efter hinanden. Det giver mulighed for høj intensitet uden egentlige pauser mellem hver øvelse. Afhængig af øvelsesvalget vil der også kunne opnås en betydelig konditionseffekt.



Figur 109. Træning i perioder med høj og lav intensitet. I en periode med hård og hyppig træning vil præstationsniveauet falde på grund af lidt tid til restitution. I den efterfølgende periode med let træning superkompenserer kroppen, så den samlede præstationsniveau forbedres betydeligt. Det kaldes også for periodisering.

resserer sig for. Den øgede muskelstyrke skyldes i de første uger næsten udelukkende neuromuskulære forbedringer, så man kan udnytte sin eksisterende muskelmasse bedre, se figur 110.

Figur 110. Udvikling af muskelstyrke ved regelmæssig styrketræning i 16 uger. Figuren viser hvordan den øgede muskelstyrke de første uger mest skyldes neurale forbedringer og senere muskeltillvækst. Efter 8-10 uger opnås ikke yderligere forbedringer uden at øge træningsmængden.



Effekt af tung styrketræning

Hvis man begynder at træne maksimal muskelstyrke, kan man allerede efter få gange opleve en fremgang i form af man kan klare en øget belastning, men det kan næppe ses i spejlet som kraftigere muskler, hvis det er det man interesserer sig i. Hvis man vil opnå forbedringer, vendt må der heller ikke gå for lang tid, permanent overbelastningsskade. Om- onspisperioden for kort, risikerer man en gigt af udgangspunktet. Bliiver restitut- ges pause vil ofte være passende afhæn- den rigtige træningscyklus. To til tre da- med at træne er det vigtigt at ramme for motionister og folk der vil i gang nas største fremgang, se figur 109. Også superkompensation, så der samlet op- let træning sker der til gengæld en øget falder. I den efterfølgende periode med ningspas så kort at præstationsniveauet ve periode er pausen mellem hvert træ- periode med let træning. I den intensi- meget intensiv træning, efterfulgt af en letter er at veksle mellem en periode med En udbredt træningsform for mange at- dagen.

superkompensationen bliver optimal, se figur 108 a. Træner man for hyppigt, vil der ske en overbelastning som kun delvis når at blive udbedret inden næ- ste træning, derved falder præstations- niveauet, se figur 108 b. Tilsvarende må der naturligvis heller ikke gå for lang tid mellem hvert træningspas, idet de opnåede fysiologiske forbedringer så igen vil gå tabt, se figur 108 c. I mange sportsgrene benytter man ofte hard fy- sisk træning inden sæsonstart eller for- ud for en vigtig konkurrence. I ugerne inden konkurrencen træppes træningen ned, så musklerne har superkompense- ret maksimalt lige inden konkurrence- dagen.

Disse forbedringer bevirker både en øget maksimal styrke og en hurtigere kraftudvikling, se figur 11.1. I løbet af nogle ugers træning begynder der også at ske en målbar tilvækst i muskelmasse, som fortsætter så længe der trænes intensivt.

De neurale forbedringer når derimod et sluthøjniveau efter cirka tre måneders intensiv træning, se figur 11.0 side 101. Træner man eksplosionsstyrke, stimulerer man i endnu højere grad de neuromuskulære forbedringer fordi der arbejdes med hurtige repetitioner og man derved presser de neuromuskulære mekanismer.

Øget proteinsyntese og flere satellitter

Muskelcellevæksten skyldes at der udsendes forskellige vækstfaktorer fra musklerne. Disse lokalhormoner sætter gang i muskelcellernes proteinsyntese ved at aktivere de gener som bl.a. koder for opbygning af myosin og aktin. Straks styrketræningen går i gang, sker der også en øget udskillelse af testosteron og væksthormon, som også stimulerer den efterfølgende opbygning af muskelprotein, se figur 11.2.

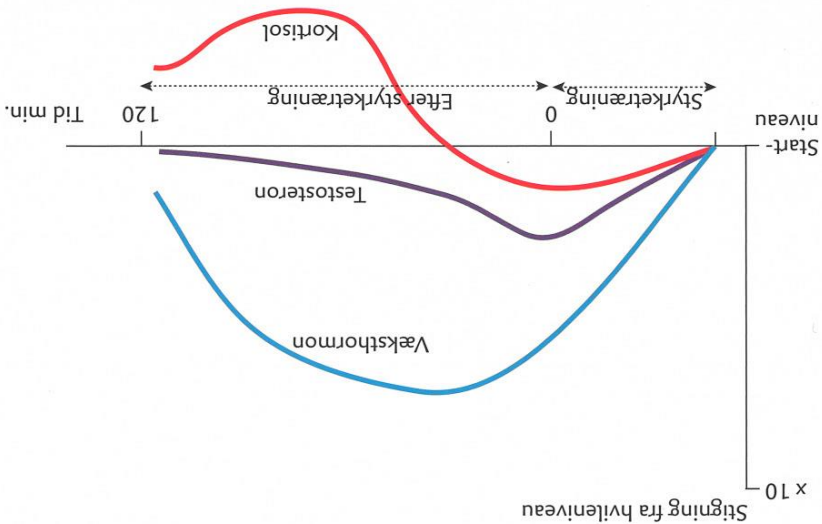
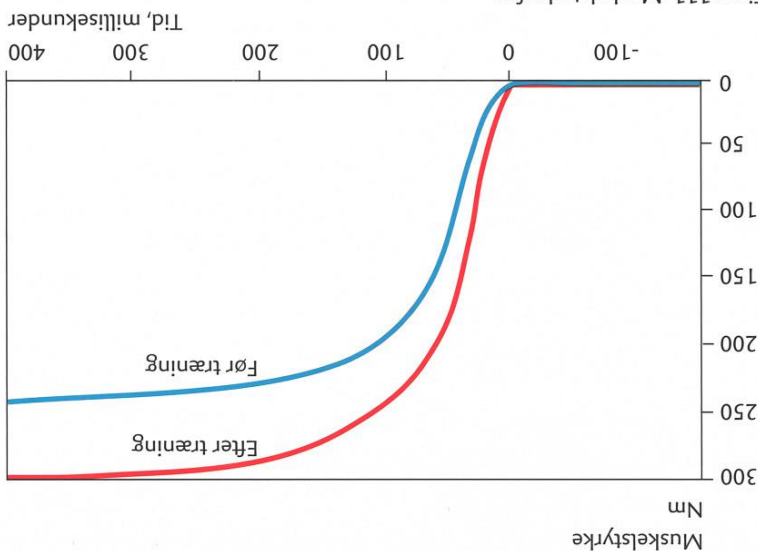
Opbygningen af nye proteiner går i gang allerede mens man træner, og når sit maksimale niveau omkring tre ti-

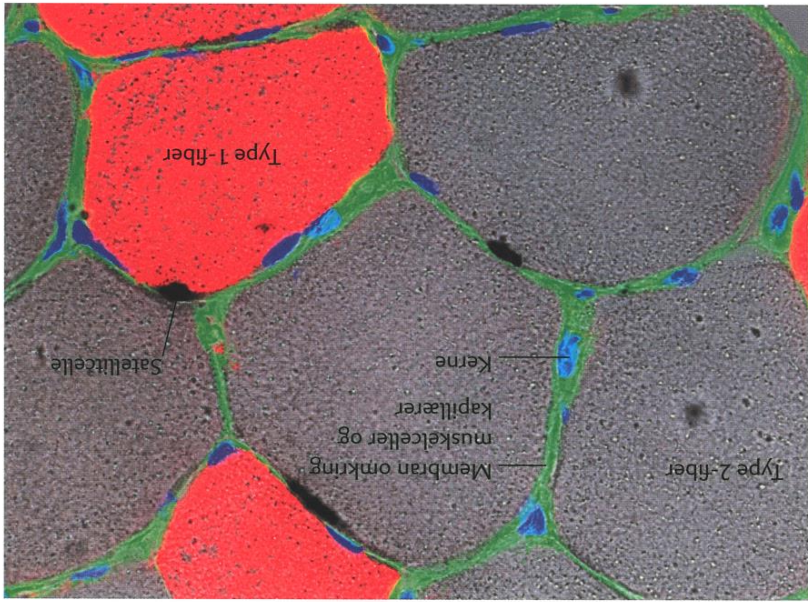
Figur 11.2. Den hormonelle respons på styrketræning. Figuren viser koncentrationen af væksthormon, testosteron og kortisol fra træningsstart og til to timer efter træningen er ophørt. Den hormonelle respons vil afhænge af træningsintensitet og øvelsesvalg.

De neuromuskulære forbedringer sker på flere fronter:

- Øget neuralt drive, det vil sige forbedret evne til at aktivere flest mulige motoriske enheder på én gang.
- Hurtigere udbredelse af et nervesignal til den enkelte motoriske enhed og hurtigere aftryk af det næste nervesignal.
- Bedre afslapning af de antagonistiske muskelgrupper.

Figur 11.1. Muskelsstyrke før og efter en periode med styrketræning. Musklen er både blevet stærkere og i stand at udvikle en kraft hurtigere (= eksplosiv styrke).





Figur 11.3. Tværnit af muskelfibre fra den yderste del af den firehovedede knæstrækker hos en ung mand. Billedet er dannet af en kombination af lysmikroskop- og fluore-

mer efter træningen. Kosten har i den forbindelse en vis betydning, idet den skal være rig på proteiner, så muskelcellerne via fordøjelsen får tilstrækkelig adgang til aminosyrer. Mange der dyrker vægtræning på højt niveau, benytter sig derfor af proteinpulver eller kosttilskud med aminosyrer tilsat. Det kan have en effekt, men behovet overdrives ofte af kommercielle grunde. Et almindeligt proteinrigt måltid, fx en halv liter skummetmælk efter træningen kan gøre det ud for det samme. Resultatet af den øgede proteinsyntese er i første omgang vedligeholdelse af muskelcellerne, men over længere tid forstærkes de enkelte myofibriller i cellen og der dannes flere af dem. Derved øges musklens tværnit og den maksimale styrke stiger. Samtidig øges muskeltilvæksten af at såkaldte satellitceller omkring de enkelte muskelfibre deler sig og bliver mere aktive. Satellitceller har til opgave at fagcilitere muskelcellernes vedligeholdelse og vækst. De findes især i tilknytning til type 2-muskelfibre, der er særligt aktive i forbindelse med tung styrketræning, se figur 11.3.

Satellitcellerne har også en evne til at fusionere med den enkelte muskelceller og på den måde tilføre muskelcellen ekstra cellekerner. Det giver muskelcellen mulighed for yderligere at øge sin proteinsyntese. I nogle tilfælde kan der endda føre til at muskelceller af type 2a skifter til type 2x. Styrketræningen bevirker også at der i muskelcellerne opbygges et større energilag i form af ATP, kreatinfosfat og glykogen, samt at mængden af de enzymer som driver den anaerobe energiproduktion øges. Desuden sker der en forstærkning af bindevæv, sener og knogler som alle bliver kraftigere.