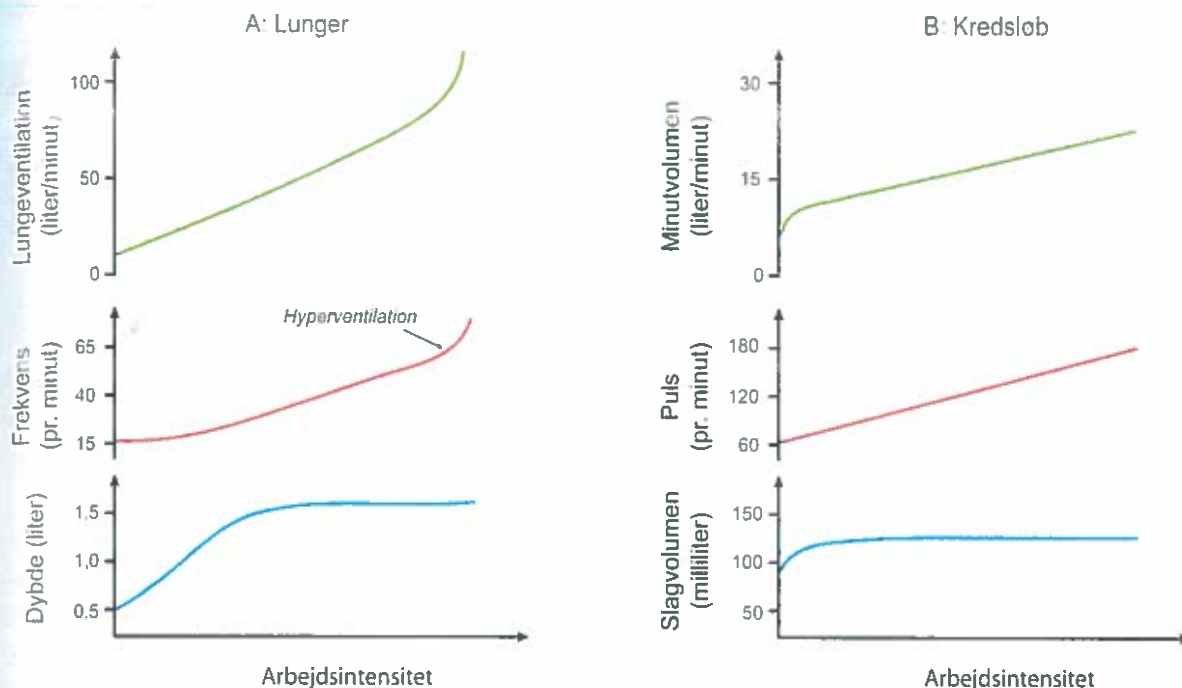




Figur 10.11. A: Lungeventilation, åndedrætsfrekvens og åndedrætsdybde som funktion af arbejdsintensiteten. Lungeventilationen er produktet af åndedrætsdybden og åndedrætsfrekvensen. Det ses, at meget høje arbejdsintensiteter udløser hyperventilation. B: Minutvolumen, puls og slagvolumen som funktion af arbejdsintensiteten. Minutvolumen er produktet af pulsen og slagvolumen.

Biologien FG 141-144

10.4 Fra hvile til arbejde

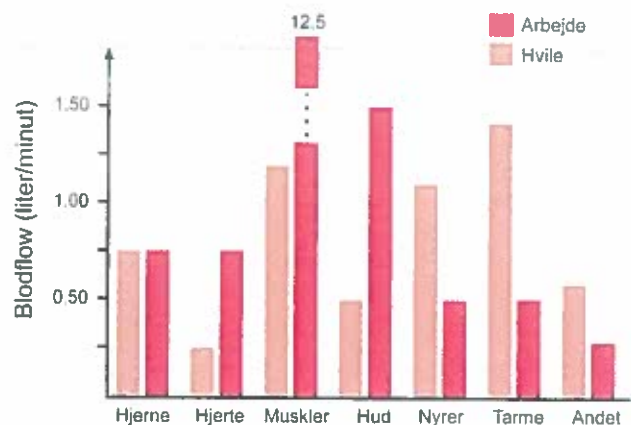
Ved overgang fra hvile til arbejde sker der en lang række tilpasninger for at imødekomme det stigende energikrav. Først og fremmest stiger lungeventilationen, primært fordi åndedrætsdybden øges i starten, men også senere fordi åndedrætsfrekvensen øges. Der leveres dermed mere ilt til alveolerne, og mere kuldioxid kan udskilles. Hjertets minutvolumen øges også i takt med, at både slagvolumen og pulsen øges. Denne øgning i minutvolumen går især til de arbejdende muskler, hvorved der kan dannes mere ATP ved aerob respiration. Dette er illustreret på figur 10.11 øverst på siden.

Udnyttelsen eller den såkaldte arterio-venøse-ilt-difference øges også under arbejde og ved træning. Den angiver forskellen i iltindhold mellem arterierne og venerne. Øgningen i denne difference fra hvile til arbejde kan forklares med, at der under arbejde åbnes for flere muskelkapillærer, hvorved musklerne kan optage mere ilt fra blodet. I hvile er forskellen ca. 50 mL O_2 /liter blod mellem arterier og vener, mens udnyttelsen under arbejde kan blive over 150 mL O_2 /liter blod. Den øgede udnyt-

telse vil sammen med ovenstående ændringer i lungeventilation og minutvolumen øge arbejdsvevnen, idet mere ilt leveres pr. minut til musklerne.

Blodflowet reguleres således, at glat muskulatur i arteriole-væggene i de arbejdende muskler *dilateres* (afslappes), hvorved der tilføres mere blod. Det samme sker i arteriolerne, der leder blodet til huden. Det sker i bestræbelserne på at komme af med den ekstra varmedannelse via konvektion og varme-stråling (se kapitel 11). Der afgives også varme ved en øget fordampning af sved fra den varme hud. Det er helt essentielt for præstationsevnen, idet en overophedning medfører kollaps (hedeslag).

Set fra musklernes synspunkt er det selvfølgelig uheldigt, at en del af minutvolumenøgningen går til huden, men præstationsmæssigt er det vigtigt at komme af med varmen. Samtidig afklemmes blodforsyningen til mave-tarmkanalen, hvorved den modtager mindre blod under arbejde. Ændringerne i den glatte muskulatur sker via det autonome nervesystem i huden



Figur 10.12. Blodtilførslen til forskellige organer under hvile og arbejde. Det ses, at under arbejde stiger blodflowet dramatisk til musklerne, men også til huden. Til gengæld falder blodflowet ved de indre organer.

Parameter	Fra hvile til arbejde
Åndedrætsdybde	stiger
Åndedrætsfrekvens	stiger
Lungeventilation	stiger
Puls	stiger
Slagvolumen	stiger
Minutvolumen	stiger
Udnyttelsen	stiger
Kropstemperatur	stiger
Blodflow til muskler	stiger
Blodflow til hjerte	stiger
Blodflow til hjerne	uændret
Blodflow til andre organer	falder

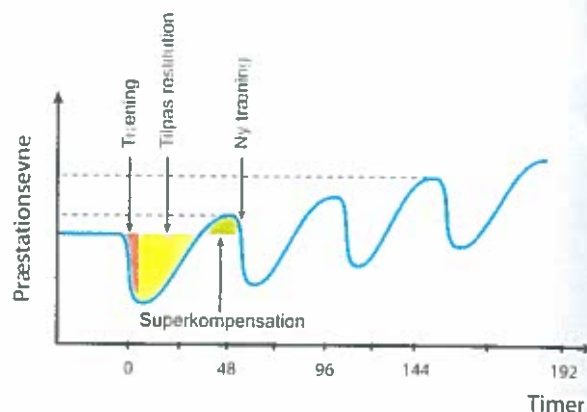
Figur 10.13. Udvalgte fysiologiske ændringer ved overgangen fra hvile til arbejde.

og mavearmkanalen og via kemiske og fysiske ændringer i musklerne. For uddybning henvises til kapitel 2. Blodtilførslen i hvile og under arbejde til forskellige organer er illustreret på figur 10.12.

Figur 10.13 opsummerer nogle af de vigtigste fysiologiske ændringer ved overgangen fra hvile til arbejde.

10.5 Træningslære

I det følgende vil vi snarere tage udgangspunkt i sportsfolk end i motionister. Generelt er målet med træning at øge præstationsevnen inden for en given sportsgren. Det sker ud fra *superkompensationsprincippet*, der er illustreret på figur 10.14.



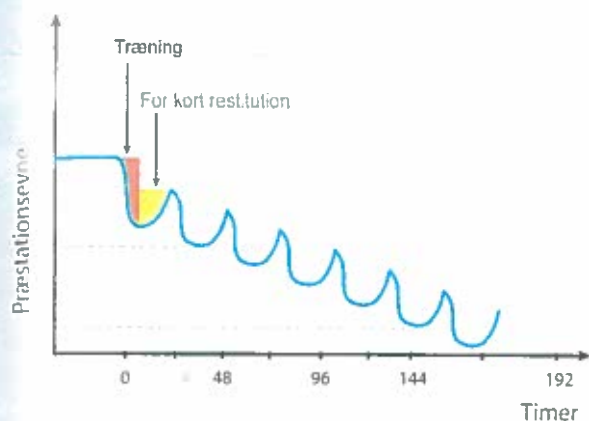
Figur 10.14. Superkompensationsprincippet ved træning. Se forklaring i teksten.

Pointen er, at mens man træner, skades musklerne i mere eller mindre udtalt grad på grund af belastningen. I den efterfølgende *restitutionsfase*, som er perioden mellem to træningsseancer, genopbygges musklerne igen. Hvis restitutionsfasen har været tilpas lang, og træningen har været af passende hårdhed, vil kroppen superkompensere, dvs. genopbygge musklerne til at blive lidt bedre, end de var før. Herefter træner man igen, hvorefter musklerne nok en gang skades midlertidigt, men igen genopbygges de i den efterfølgende restitutionsfase til et nyt højere niveau.

Ideelt set går det som skitseret på figur 10.14, nemlig at præstationsevnen øges med tiden, indtil man opnår en ligevægt mellem træningsmængde og præstationsniveau. Normalt bør man vente 48 timer med at træne den samme muskelgruppe intensivt igen for at optimere restitutionsfasen. Pausens optimale varighed afhænger dog både af træningsintensiteten og træningstilstanden. Jo hårdere intensitet, jo længere pause. Jo bedre træningstilstand, jo kortere pause er nødvendigt for restitution.

Træner man for hyppigt og dermed mindsker restitutionsfasen, kan man komme i *overtræning*. Her vil kroppen ikke nå at restituere sig nok inden næste træning, og man vil derfor opleve en stadig forringelse af præstationen. Denne situation er illustreret på figur 10.15 på næste side.

Sener og ledbånd kan også trænes, men fremgangen er her meget langsommere end ved musklerne. Man kan derfor komme i den situation, at musklerne faktisk er stærkere end senerne, hvilket kan medføre overbelastningsskader i senerne. Uanset om sigtet er øget kondition, styrke, hurtighed, volumen eller smidighed skal man altså træne med omtanke. Det er vigtigt at huske, at det er i pauserne, man forbedrer sin præstationsevne. De følgende afsnit vil belyse nogle centrale punkter

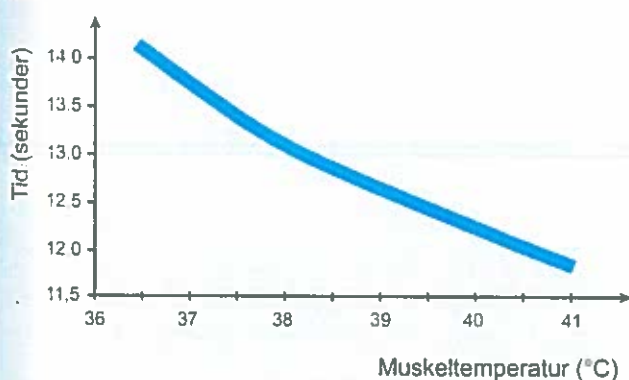


Figur 10.15. Overtræning med dalende præstationsevne som resultat

inden for træningslæren, herunder specielt fremgangsmåderne og effekterne af konditionstræning og styrketræning, men også kort smidighedstræningens betydning for præstationen.

10.5.1 Opvarmning

Der er gode grunde til at opvarme forud for næsten alle slags sportsgrene. Først og fremmest mindskes skadesrisikoen betydeligt, idet bl.a. muskler og sener bliver mere smidige af den stigende kropstemperatur, hvorved risikoen for fx fibersprængninger nedsættes betragteligt. Samtidig medfører en stigende kropstemperatur, at kroppens enzymer arbejder tættere på deres optimumtemperatur (se biokemi), hvilket accelererer de biokemiske processer, herunder respirationen i mitokondrierne. Det giver en øget ATP-leverance pr. tidsenhed og dermed en øget præstationsevne. Iltoptagelsen stiger også hur-



Figur 10.16. Opvarmnings effekt på sprintpræstationen på cykel. Det ses, at ved stigende muskeltemperatur mindskes tiden for samme sprintdistance. Præstationen i dette tilfælde øges med ca. 15 % ved opvarmning

tigere, hvis man er opvarmet, hvilket konkret kan betyde, at man tidligere kommer i steady state og dermed mindsker sin iltdeficitperiode. Også den psykiske parathed kan have gavn af opvarmning forud for en præstation.

Figur 10.16 viser resultatet af et konkret forsøg, hvor sprinttiden på en kondicykel blev forbedret med ca. 15 % ved en muskeltemperaturstigning på 3-4° C.

Ved ekstrem udholdenhedssport skal man passe på med for meget opvarmning, idet man ellers senere under arbejdet kan komme i væskeproblemer, ligesom man kan risikere at tære for meget på kulhydratdepotet og dermed mangle glykogen senere.

10.5.2 Konditionstræning

Kondition er et ofte benyttet begreb og dækker over et individs maksimale aerobe arbejdsevne. Jo mere ATP, man kan danne aerobt pr. tidsenhed, desto bedre kondition er man i. Et af de interessante fysiologiske mål, der indikerer en persons kondition, er den *maksimale iltoptagelse*, som måles i liter optaget ilt pr. minut. Fysisk store personer vil kunne optage og forbruge mere ilt pr. minut end mindre personer pga. større lunger, større hjerte og ikke mindst større iltforbrugende muskler. I sportsgrene, hvor man ikke skal bære sin egen kropsvægt, er den maksimale iltoptagelse således en god parameter for præstationsevnen. Det gælder fx roing og cykling hen ad lige vej. En utrænede person vil typisk have en maksimal iltoptagelse på 2-4 liter ilt/minut (kvinder lavere end mænd), mens store trænede mænd kan få maksimale iltoptagelser på helt op mod 6-8 liter ilt/minut.

Når man skal vurdere en persons kondition, er det dog i mange sammenhænge mere hensigtsmæssigt at inddrage kropsvægten i vurderingen. En stor person vil alt andet lige have mere vægt at slæbe rundt på end en mindre person. *Konditallet* (*konditionstallet*) tager netop højde for kropsvægten og er defineret således:

$$\text{Kondital} = \text{mL ilt forbrugt i respirationen} / \text{min} / \text{kg kropsvægt}$$

Den store person vil ganske vist have et større maksimalt iltforbrug, men iltten skal fordeles på flere celler. Ved at bruge konditallet tager man højde for denne forskel. Konditallet er således et langt mere præcist mål for en persons kondition i sportsgrene, hvor kropsvægten spiller ind. Det gælder langt de fleste såsom fodbold, håndbold, løb m.fl. På figur 10.17 på næste side ses typiske kondital hos forskellige typer elitesportsfolk (både mænd og kvinder), og på figur 10.18 ligeledes på næste side ses normalværdier for befolkningen opdelt i aldersgrupper og køn.

	Meget lavt	Lavt	Middel	Højt	Meget højt
Mænd	< 60	60 - 70	70 - 80	80 - 90	> 90
Kvinder	< 50	50 - 58	58 - 64	64 - 72	> 72

Figur 10.17. Typiske kondital hos forskellige verdensklasseatleter inden for idrætsgrene, hvor kondition har betydning. Der vil dog være store forskelle afhængigt af disciplinen, fx vil elitelangrendsløbere have meget høje kondital, mens elitesprintere vil have noget lavere værdier.

Normalbefolkning
Mænd

Alder	Meget lavt	Lavt	Middel	Højt	Meget højt
5 - 14	< 38	39 - 43	44 - 51	52 - 56	> 57
15 - 19	< 43	44 - 48	49 - 56	57 - 61	> 62
20 - 29	< 38	39 - 43	44 - 51	52 - 56	> 57
30 - 39	< 34	35 - 39	40 - 47	48 - 51	> 52
40 - 49	< 30	31 - 35	36 - 43	44 - 47	> 48
50 - 59	< 29	26 - 31	32 - 39	40 - 43	> 44
60 - 69	< 21	22 - 26	27 - 35	36 - 39	> 40
70 -	< 19	20 - 24	25 - 32	33 - 37	> 38

Normalbefolkning
Kvinder

Alder	Meget lavt	Lavt	Middel	Højt	Meget højt
5 - 14	< 34	35 - 39	40 - 47	48 - 51	> 52
15 - 29	< 28	29 - 34	35 - 43	44 - 48	> 49
30 - 39	< 27	28 - 33	34 - 41	42 - 47	> 48
40 - 49	< 25	26 - 31	32 - 40	41 - 45	> 46
50 - 64	< 21	22 - 28	29 - 36	37 - 41	> 42
65 -	< 19	20 - 26	27 - 34	35 - 39	> 40

Figur 10.18. Normalværdier for kondital hos mænd og kvinder i forskellige aldre

For at øge konditionen skal man træne med store muskelgrupper og derigennem stimulere hjertet maksimalt. Man kan løbe længere distancer for at gøre dette, men i takt med øget træningstilstand er *intervaltræning* ofte at foretrække for at presse kroppens ydeevne maksimalt. Intervaltræning er højintensitetsarbejde i kortere perioder med pauser indlagt. Det er vigtigt at understrege, at for at optimere sin træning til en

bestemt idrætsgren bør man træne i den specifikke idrætsgren. Det skal forstås således, at fx en roer også skal træne sine arnes udholdenhed og ikke blot nøjes med lange løbeture. Selvom der vil være en generel positiv effekt af de lange løbeture, vil de ikke medføre øget udholdenhed i armmuskulaturen. Effekterne af længere tids konditionstræning er summeret op i figur 10.19.

Den samlede effekt af konditionstræning er en øget maksimal iltoptagelse og dermed et øget kondital. Konditionstræning medfører en stigning i mængden af røde blodlegemer, men hæmatokritværdien falder faktisk hos den trænede, hvilket skyldes en endnu større øgning i plasmavolumen. Det står i skærende kontrast til de faktuelle forhold i elitesporten (se kapitel 10.6). Det øgede plasmavolumen repræsenterer en slags vandreserve og giver den trænede person bedre mulighed for øget svedafgivelse under idrætslig udfoldelse og dermed en øget præstationsevne. Undervejs i en idrætspræstation øges hæmatokritværdien altså grundet tabet af vand ved svedafgivelse. Konditionstræning medfører også flere mitokondrier og øget kapillarisering i musklerne samt flere respirationsenzymer, herunder fedtnedbrydende enzymer. Herudover er der mulighed for at præge muskelfibersammensætningen i gunstig retning (se kapitel 9.2.3).

Alt dette medfører en øget evne til at udføre respiration i længere tid og ved højere intensitet, og dermed er præstationsniveauet øget.

Flere mitokondrier og dermed flere respirationsenzymer

Mere myoglobin

Flere røde blodlegemer

Mere blodplasma

Lavere hæmatokritværdi

Øget kapillarisering i musklerne

Mere funktionelle lunger pga. stærkere åndedrætsmuskulatur

Øget evne til at forbrænde fedt

Større hjerte og dermed større slagvolumen

Lavere hvilepuls

Prægning af muskelfibre i retningen af type I

Bedre temperaturregulering

Figur 10.19. Udvalgte effekter af lang tids konditionstræning