



Styrketrening i typiske utholdenhetsidretter

Typiske aerobe utholdenhetsidretter som har en konkurransetid på over 4 minutter stiller i hovedsak krav til maksimalt oksygenopptak, utnyttingsgraden av maksimalt oksygenopptak og arbeidsøkonomi (teknikk). (Joyner, 1993). I de senere år er også styrke blitt sett på som en egenskap det stilles krav til. Nyere forskning indikerer at maksimal styrketrening som et supplement til aerob utholdenhets trening, kan ha en positiv effekt på utøverens prestasjonsevne (Vik et al., 1997; Hoff et al., 1999; Hoff et al., 2002). Studier av samtidig trening av aerob utholdenhet og styrke har fokusert på treningens virkning på maksimalt oksygenopptak, utnyttingsgrad, arbeidsøkonomien og prestasjonsevnen ved aerob utholdenhetsarbeid. I denne artikkelen vil vi redegjøre for sentrale studier på området, og diskutere i hvilken grad overnevnte parameter kan bedres ved hjelp av ulike former for styrketrening.

Av: Leif Inge Tjelta (universitetet i Stavanger) og Espen Tønnessen (Olympiatoppen):

Styrketrening og maksimalt oksygenopptak ($\dot{V}O_{2\text{maks}}$)

Med maksimalt oksygenopptak menes utøverens maksimale evne til å ta opp og forbruke oksygen (O_2) per tidsenhet. $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ bestemmes av transportkapasiteten for oksygen fra lungene til musklene, og denne evnen er igjen fastsatt av hjertets maksimale evne til å pumpe blod. M.a.o. er den maksimale evnen til å omsette energi ved forbruk av oksygen (aerob energifrigjøring) bestemt av hjertets pumpekapasitet. Ettersom $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ betraktes som en viktig del av den aerobe utholdenheten, blir resultatene fra målinger av denne parameteren ofte brukt som en indikator på utholdenhetsnivået (Åstrand & Rodahl, 1977). Dette skyldes bl.a. at det er observert nær sammenheng mellom $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ og prestasjonsnivået i utholdenhetsidretter (Saltin & Åstrand, 1967, Costill et al., 1973, Boileau, et al., 1982).

De fleste studier som har sett på sammenheng mellom styrketrening og oksygenopptak konkluderer med at økning av det maksimale oksygenopptaket som følge av styrketrening, i liten grad finner sted så vel hos utrente som godt aerobt utholdenhetstrener personer (Hickson, et al., 1980; Hickson et al., 1988; Paavolainen et al., 1999; Hoff et al., 1999).

Hickson et al., (1980) gjennomførte en studie for å undersøke om tung styrketrening kunne føre til økt utholdenhet, økt $\dot{V}O_2$ maks, og om at årsaken til at det maksimale oksygenopptaket ved løping er høyere enn ved sykling, kunne skyldes manglende muskelstyrke. Ni utrente menn ($\dot{V}O_2$ maks = $47.8 \text{ ml}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) deltok i studien. Treningen ble gjennomført fem dager i uken i ti uker. Ved testen etter treningsperiodens slutt hadde korttidsutholdenheten (varighet 4-8min) bedret seg betydelig. Tiden til utmattelse ved en gitt arbeidsintensitet økte med 47% på sykkel og 12% i løping. I studien fant en signifikant bedring av $\dot{V}O_2$ maks med 4%, uttrykt som $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$, men dette var ikke signifikant uttrykt i $\text{ml}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Hickson et al., (1980) trakk konklusjonen at tung styrketrening kunne bidra til en økning av

korttidsutholdenheten. Studien ble gjennomført med utrente forsøkspersoner. Neste spørsmål var om liknende forbedringer av utholdenhetsprestasjonen kunne oppnås med styrketrening hos idrettsutøvere som allerede var på et høyt aerobt utholdenhetsnivå.

I en senere studie valgte Hickson (1988) ut en forsøksgruppe med åtte sykkel og løpstrener idrettsutøvere ($\dot{V}O_2$ maks = $60 \text{ ml}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) som i løpet av 10 uker tilførte tung styrketrening til sin vanlige trening (se tabell 1). I de tre første øvelsene som er listet i tabell 1 ser en at forsøkspersonene drev maksimal styrketrening. Den fjerde øvelsen, hvor det blir utført 25 repetisjoner, må klassifiseres som utholdene styrketrening eller lokal muskulær utholdenhetstrening.

Tabell 1. Styrkeprogram ved Hicksons studie i 1988.

Styrkeøvelse	Program
Knebøy	5set x 5rep
Leg extension	5set x 5rep
Leg flexion	5set x 5rep
Tåhevinger	3set x 25rep

Etter den 10 ukers lange treningsperioden hadde gruppen økt sin benstyrke med 30%. Til tross for økt benstyrke kunne en ikke se økning i muskelfiberarealet (målt ved biopsi av vastus

lateralis). $\dot{V}O_2$ maks var uendret både ved løping og sykling, men kortidsutholdenheten (tiden en brukte på å tilbakelegge en distanse som varte mellom 4-8minutt) hadde bedret seg med henholdsvis 11% (løping) og 13% (sykling) ($p>0.05$).

Dersom en sammenlikner denne studien med den Hickson et al. gjorde i 1980 kan en notere en større tendens til hypertrofi blant utrente, samt at økningen i korttidsutholdenheten var noe større i den første studien. Et vesentlig bidrag til økningen i korttidsutholdenheten kan være økt aktivering og kvantitet av anaerobe enzymer (Pollock, 1973).

I to ulike Review-artikler tar Jung (2003) og Paton & Hopkins (2004) for seg studier som har sett på sammenhengen mellom oksygenopptak og styrketrening. Studiene det refereres til har variert i varighet fra 6-16 uker, de har variert i forhold til type styrketrening som har vært brukt (maksimal styrke trening, eksplosiv styrketrening og utholdende styrketrening) og ikke minst har den fysiske formen til forsøkspersonene variert sterkt. Dataene ser ut til å være relativt entydige på tvers av de ulike studier, og indikerer at styrketrening alene ikke er nok til å stimulere økning i det maksimale oksygenopptaket. I de få studiene som kan vise til at styrketrening har ført til et noe høyere oksygenopptak (under 10%) har en hatt å gjøre med uttrente forsøkspersoner ($\dot{V}O_2$ maks $< 40 \text{ ml}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) (McCarty et al., 1995; Stone et al., 1983). Det er nærliggende å tro at disse utrente personene vil hatt en enda større økning i sitt maksimale oksygenopptak om de i stedet for bruke tid på styrketrening, hadde brukt denne på tradisjonell utholdenhetstrening i form av for eksempel intervalltrening.

Styrketrening og utnyttingsgrad

Studier gjort av Saltin et al., (1995a; 1995b) viser at kenyanske løpere over tid klarer å arbeide på en høyere prosentandel av $\dot{V}O_2$ maks enn det skandinaviske løpere klarer. Når kenyanske langdistanse- og mellomdistanseløpere sammenliknes, så viser det seg at langdistanseløperne klarer å utnytte en større prosentandel av sitt $\dot{V}O_2$ maks på alle løpsdistanser fra 5000m til halvmaraton. En bedring av utnyttingsgraden som følge av styrketrening vil kunne bedre prestasjonsnivået i utholdenhetsidretter. Det er imidlertid gjort få studier som primært har hatt til hensikt å se om utnyttingsgraden lot seg bedre som følge av styrketrening.

Marcink et al., (1991) lot uttrente personer gjennomføre et tradisjonelt styrketreningsprogram som innholdt øvelsene benkpress, knebøy og beinpress. Etter 12 ukers trening kunne forsøkspersonene

arbeide på sykkelergometer over en gitt tid på en belastning som lå 12 % nærmere deres $\dot{V}O_2$ maks enn før studien startet. I tillegg var blodlaktat verdiene på submaksimale belastninger også lavere enn før intervensjonen ble gjennomført. Det er viktig å merke seg at det her var snakk om uttrete, noe som gjorde at det var betydelig lettere å få fremgang enn om forsøkspersonene hadde vært utholdenhetstrete. For uttrete kan denne form for styrketrening, organisert som sirkeltrening, ha gitt et tilstrekkelig stimulus til å bedre utnyttingsgraden. En annen forklaring er at muskelfibrene, etter en slik styrketreningsperiode, er i stand til å utvikle mer absolutt kraft. Dette kan bety at de nå arbeider på en lavere prosentandel av maksimalstyrken, noe som igjen fører til at den anaerobe energifrigjøringen inntreer nærmere $\dot{V}O_2$ maks, og dette resulterer i mindre laktat på submaksimale belastninger.

Bishop et al., (1999)¹ gjorde en studie hvor godt utholdenhetstrete kvinnelige syklister gjennomførte et styrkeprogram for beina to ganger i uka (90 graders knebøy). Antall serier og repetisjoner varierte fra uke til uke, varierende fra tre til fem serier og fra to til åtte repetisjoner. Det var 3 min pause mellom hver serie. Etter intervensjonsperioden var det ingen endring i utnyttelsesgraden til disse utøverne. Det er også andre studier som indikerer at utnyttingsgraden hos godt utholdenhetstrete ikke bedres som følge av styrketrening (Jung, 2003).

Styrketrening og arbeidsøkonomi

Det er påvist høy korrelasjon mellom løpsøkonomi og suksess i langdistanseløp (Costill & Fox, 1969; Costill & Winrow, 1970; Gregor & Kirkendall, 1978; Powers et al., 1983). Imidlertid kan løpsøkonomien variere sterkt løpere imellom (Costill et al., 1973; Svedenhag & Sjødin, 1984). Hos eliteløpere med relativt likt $\dot{V}O_2$ maks, er det funnet signifikante korrelasjoner ($r = 0,79-0,83$) mellom løpsøkonomien på ulike hastigheter og prestasjonsnivået på 10-km løp (Conley & Kranenbuhl, 1980). Det er også funnet overraskende store (ca. 20%) variasjoner i oksygenforbruket på samme hastighet blant maratonløpere på likt prestasjonsnivå (Sjødin & Svedenhag, 1985).

I en studie utført ved Idrettsvitenskaplig Institutt ved Universitetet i Trondheim studerte en effekten som styrketrening hadde på staking i langrenn (Vik et al., 1997). Langrensløperne trente tung styrketrening for overkroppen samtidig som de parallelt gjennomførte sin vanlige

¹ Marcink et al., (1991) og Bishop et al., (1999) bruker begrepet "Lactate Threshold" når de omtaler utnyttingsgraden. Dette blir for upresist da begrepet laktat terskel eller anaerob terskel refererer til den høyeste arbeidsintensiteten under kontinuerlig dynamisk arbeid, med relativt store muskelgrupper, hvor melkesyreproduksjonen (HLa) i blodet er tilnærmet konstant. Det er likevekt mellom produksjon og eliminasjon av HLa. En ytterligere økning av arbeidsbelastningen fører til en stadig opphopning av HLa (metabolsk acidose), noe som igjen vil føre til at intensiteten må reduseres (Mader et al., 1976, Kindermann et al., 1979). Såvel $\dot{V}O_2$ maks, løpsøkonomi og utnytting av $\dot{V}O_2$ maks vil være bestemmende for en utøvers laktat terskel eller anaerobe terskel (Svedenhag, 1988; Hallén, 1993).

utholdenhetstrening. Forsøksgruppen trente styrketrening 3 dager per uke (6set x 6rep) i åtte uker på et spesielt utformet styrkeapparat der en forsøkte å etterlikne stakbevegelsen for å få en spesifikk treningseffekt. Belastningen tilsvarte 85% av 1 RM (1RM = den maksimale vekt en kan utføre øvelsen med en gang). Utholdenhetsprestasjonen i overkroppen ble målt ved at utøverne staket på et stakergometer i 4 grader motbakke i 6-10 minutt avhengig av hvor bra den enkelte presterte. Langrennsløperne i eksperimentgruppen økt sin styrke med 11%, de bedret sin arbeidsøkonomi (hadde lavere O_2 opptak på en gitt submaksimal arbeidsbelastning) og forbedret sin korttidsutholdenhet med 47% (tiden til utmattelse økte med 3:35 min). Kontrollgruppen viste ingen økning i styrke, men økte korttidsutholdenheten med 22% (tiden til utmattelse økte med 1.50 min). At begge gruppene økte sin korttidsutholdenhet kan forklares med at studien ble gjennomført om høsten når langrennsløperne er inne i sin mest intensive treningsperiode. Dette innebærer et stort treningsvolum og hyppige innslag av trening med høy intensitet. Denne samtidige belastningsøkningen gjør det vanskelig å se bort fra påvirkningsfaktorer fra den treningen som ble utført parallelt med styrketreningen. Om en imidlertid sammenlikner eksperimentgruppens resultat (+47%) med kontrollgruppens (+22%) får en likevel enn oppsiktsvekkende forskjell på 25%. Andre liknende studier på langrennsløpere har fått liknende resultater, og forklarer fremgangen i korttidsutholdenhet med forbedret arbeidsøkonomi (Hoff et al., 1999; Hoff et al., 2002).

Kombinasjonen av sprint-styrketrening og langdistansetrening ble undersøkt av Paavolainen (1999). Forsøksgruppen (F) besto av 10 løpere som i en 9 ukers periode gjennomførte 30% av treningen som sprint-styrketrening. Kontrollgruppen (K) utførte samme treningsmengde, men denne inneholdt kun 3% sprint-styrketrening. F-gruppen kunne vise til en signifikant forbedring av sin løpstid på 5 km, mens K-gruppen ikke oppnådde forbedring.

Laboratorietester utført på tredemølle viste at F-gruppen også kunne vise til bedring i løpsøkonomi og anaerob power. $\dot{V}O_2$ maks forble imidlertid uendret. Den eneste positive endring som kunne registreres i K-gruppen var en liten økning i $\dot{V}O_2$ maks. Ettersom denne økningen ikke slår ut på 5 km testen så kan den ikke oppveie den effekten som F-gruppen oppnår som følge av bedret løpsøkonomi og anaerob power. Det er å bemerke at de største forandringer var oppnådd i F-gruppen allerede etter 6 uker. Dette er interessant og samsvarer med erfaringer som mange trenere og utøvere har gjort. Det er vanlig å legge inn 5-8 uker med mer intensiv trening i forkant av viktige konkurranser for å bedre prestasjonsnivået i typiske utholdenhetsidretter.

Johnston et al., (1995) undersøkte effekten av et 10 ukers generelt styrketreningsprogram på et utvalg av fysiologiske variabler. Forsøkspersonene var utholdenhetsrente kvinnelige løpere uten tidligere erfaring med styrketrening. Styrketreningen førte til en styrkeøkning på 24% i øvelser som involverte muskelgrupper i overkroppen, og 34% for øvelser hvor beina ble brukt. I løpet av de 10 ukene studien varte så en ingen endringer i kroppsvekt, fettfri kroppsmasse, prosentandel kroppsfett eller muskelomkrets. Etter treningsperiodens slutt kunne en ikke se signifikant økning i $\dot{V}O_2$ maks, men løpsøkonomien på en gitt submaksimal belastning hadde bedret seg med 4%. Forskerne antydte at den økte styrken førte til høyere mekanisk effektivitet og bedret rekrutteringsmønster av de motoriske enhetene.

Sjødin & Svedenhag (1986) studerte effekten av spesifikk utholdende styrketrening og hurtighetstrening for godt trente langdistanseløpere. I tillegg til sitt normale treningsprogram gjennomførte disse løperne også "sprunglauf" (flerstegshopp) i en ca 400m lang asfaltbakke eller sprinttrening. "Sprunglauf", hvor bevegelseshastigheten er lavere enn ved normal løping, hadde best effekt på løpsøkonomien ved en løpshastighet tilsvarende 4.00 min/km, mens sprinttreningen hadde best effekt på løpsøkonomien ved en løpshastighet på 3.00 min/km. Løperne i studien bedret sin løpsøkonomi (reduserte sitt O_2 opptak på en gitt hastighet) med 1-5%. For to av løperne som hadde bedrevet "sprunglauf" kunne en registrere en redusert O_2 forbruk på henholdsvis 8 og 12% ved en løpsfart på 4:00min/ km. Sprunglauf i slak motbakke som det refereres til i denne studien er en velkjent treningsform blant langrensløpere som utfører dette som spretten skigang med staver. Treningsformen ble tatt i bruk blant løpere da den ble lansert i 1960 årene av den kjente treneren Arthur Lydiard. Etter en lengre grunn treningsperiode basert på langkjøring la Lydiard inn sin bakketrening (ca. 6 - 8 uker). I denne perioden ble "sprunglauf" i ca 200m motbakke kombinert med intervalltrening (Lydiard & Gilmour, 1978). Så vel "sprunglauf" som spretten skigang må karakteriseres som idrettsspesifikk utholdende styrketrening.

I en studie gjort på svømmere fant Toussaint & Vervoorn (1990) at 10 uker med idrettsspesifikk motstandstrening i vannet bedret konkurranseresultatene til svømmer på nasjonalt nivå med ~ 1%. Fremgangen kan umiddelbart synes lite, men for svømmere på høyt prestasjonsnivå er dette skillet mellom å være best eller nest best.

I typiske utholdenhetsidretter er det i dag vanlig at idrettsspesifikk styrketrening blir benyttet som et supplement til den øvrige treningen. Eksempler på dette er motbakkeløping og ”sprunglauf” for løpere, rulleskigang i motbakke og spretten skigang for langrennsløpere og styrketrakk for sykkelryttere (Aasen et al., 2005).

Gunn Rita Dahle er blant dem som nytter både motbakkeløp og styrketrakk i treningsarbeidet (Kvålsvoll, 2004). Når syklister gjennomfører styrketrakk trener de intervalltrening med tunge gir og med en tråkkfrekvens på 40-45 trakk per minutt (det normale er ca. 90 trakk per minutt). Det er også studier som viser at styrketrening bedrer prestasjonen til syklister. Dette fordi stor dynamisk muskelstyrke er en klar fordel i forhold til kunne svare raskt på rykk, kunne kjøre hardt i en kort bratt bakke og å vinne en spurt (Burke, 1983). Studier gjort på amerikanske syklister viser at de beste har større muskelstyrke (higher anaerobic power outputs) enn syklister som presterer dårligere (Tanaka et al., 1993).

Det kan vel også kalles idrettsspesifikk utholdende styrketrening når løpere som Susanne Wigene gjør mange repetisjoner av tåhevninger for å styrke muskulaturen i leggene. Vår tidligere verdensrekordholderske på 5000m, 10000m og maraton, Ingrid Kristiansen, gjennomførte et spesielt spenstprogram to ganger i uka (se spenstprogram for løpere). Johan Kaggestad som var Ingrids trener og hevdet følgende: ” *Forbedringer i spenst kan for eksempel gi store forbedringer på steg og teknikk i løping, egenskaper som det er umulig å trene opp ved ren løpstrening (Kaggestad, 2004)*” Ingrids spenstprogram er imidlertid ikke et program som har til hensikt å bedre evnen til å hoppe langt eller høyt (jmf. de andre artiklene i denne samlingen), men er ment for å utvikle den lokale muskulære utholdenheten i legger og lår.

En spesiell form for styrketrening som kan ha positiv innvirkning på arbeidsøkonomien for løpere er barbentløping. I en studie i Sverige (Janson, 1998) sammenliknet en muskelaktiviteten (EMG - målinger) i fremre skinnebenedsmuskelen (m. tibialis anterior), som bøyer foten i ankelledet, hos svenske og afrikanske løpere. Målingene viste at afrikanerne hadde en betydelig større muskelaktivitet i skinnebenedsmuskelen under løp enn det de svenske løperne hadde. Var det genetiske eller miljømessige faktorer som var årsaken til dette? Forskerne mente at dette fikk de svar på da de undersøkte en svensk eliteløper som var født i

Afrika og oppvokst i Sverige. Denne løperen hadde under løp en aktivitet i skinnebenedsmuskelen som var lik den de øvrige svenske løperne hadde. Parallellt med EMG – målingene ble det også gjort undersøkelser av aktiv og passiv bevegelighet. Aktiv bevegelighet innebar at forsøkspersonen med egen muskelhjelp skulle bøye i ulike ledd, for eksempel: ”Sett hælen mot baken.” Passiv bevegelighet innebar at testlederen hjalp forsøkspersonen med å nå fram med hælen til baken. Løpernes evne til avspenning ble også undersøkt. Så vel bevegeligheten som evnen til avspenning hos de afrikanske løperne var bedre enn hos de svenske.

Det neste forskerne gjorde for å teste ut om løpsteknikk har sammenheng med miljøfaktorer var å undersøke barn. Barna som ble testet løp først med sko i en hastighet som for dem var meget anstrengende. Når de etterpå løp barbert på samme hastighet så økte aktiviteten i skinnebenedsmuskelen med 23 –56%! Skinnebenedsmuskelen bøyer som nevnt foten i ankelledet. Under løp må denne bøyningen i ankelledet virke sammen med strekningen av musklene på leggens bakside (m. gastrocnemius og m. soleus). Det kan være at skinnebenedsmuskelen har en større betydning for fotarbeidet enn tidligere antatt. Spenst i form av eksentrisk gevinst kan gjøre at løperen får et mer effektivt steg. Forskerne mener at dagens joggesko med tykke kraftige såler gjør at barn utvikler en dårligere løpsteknikk enn om de løp barbert, eller i sko med tynnere såle slik som de gamle gymnastikkskoene som barna løp i på 50 og 60 tallet. Uttøying og stretching blir av trenere anbefalt for å bedre teknikken og dermed løpsøkonomien (Gjerset, 1991). Dette finnes det imidlertid ingen vitenskapelig dokumentasjon på denne påstanden. Studier av så vel utrente løpere (Gleim et al., 1990) og veltrente løpere (Craib et al., 1996) viser at utøvere med dårligst bevegelighet har best løpsøkonomi. Forklaringen på at nedsatt bevegelighet bedrer løpsøkonomien skyldes at de elastiske komponentene i muskel- og senekomplekset fører til at bevegelsesenergien kan lagres i den eksentriske fasen, og fører til økt kraft i skyvfasen (konsentriske delen av muskelarbeidet) (Bosco et al., 1987; Heise & Martin, 1996).

Warburton (2001) tar også for seg barfotløping i en review-artikkel. Flere studier som Warburton refererer til konkluderer, som i studien til Janson (1998), med at løpsøkonomien er bedre når en løper barbert enn med sko. Det vises i artikkelen også til flere studier av befolkningsgrupper hvor den ene delen av befolkning går barbeint, mens den andre delen går i sko. Forekomsten av skader i er hyppigst i den del av befolkningen som går i sko (Robbins & Hanna, 1989). Dette er spesielt interessant etter som noen av de vanligste skader blant mellom- og langdistanseløpere er knyttet til betennelse i bindevevshinner i fotsålen, eller til

ligamenter som går langs fotbuen. Fotsålefascien opptrer som støtte for den langsgående mediale fotbuen, og belastning på ligamenter nær fotens midtparti gjennom gjentakende fotsett kan resultere i betennelser (Robins & Hanna, 1987). Barfotløping kan føre til en tilpasning som i større grad overfører belastningen av de gjentatte støtene i det foten tar bakken til den mer ettergivende muskulaturen, slik at ligamenter og bånd belastes i mindre grad (Robins & Hanna, 1987). Når en løper barbent på relativt hardt underlag, vil løperen kompensere for mangel på dempende såle ved å foreta en plantar fleksjon (strekning av vristen) og får dermed en mer fjærende og myk landing.

Ulike forklaringer på hvorfor arbeidsøkonomien bedrer seg som følge av styrketrening

Paavolainen (1999) refererer til tidligere undersøkelser som viser at personer med stivere muskel-sene komplekser har bedre løpsøkonomi enn personer med smidigere muskler. Sprintstyrketreningen kan ha forårsaket økt stivhet i involverte muskelgrupper med en tilhørende bedring av løpsøkonomien. Også Sjødin & Svedenhag (1986) antydte at sprint og "sprunglauf" bedret løpsøkonomien fordi denne treningen førte til en utvikling av løpsmuskulaturens elastiske komponenter.

En annen mulig forklaring er at økt maksimal styrke fører til at en anvender en mindre prosentandel av maksimalkraften ved en gitt arbeidsbelastning. De motoriske enhetene rekrutteres etter det såkalte "size principle" (Duncan, 1975). Dette innebærer at de langsomme fibre rekrutteres før de hurtige. Om et åretak for en padler eller roer, eller et dobbelt stavgang for en skiløper krever 50-60% den maksimale muskelstyrken, kan 30% styrkeøkning føre til at det samme åretaket/ stavgang kan gjennomføres med en kraftinnsats tilsvarende 35-40% av den maksimale muskelstyrken. Dersom en kan utføre et arbeid med en lavere prosentandel av maksimalstyrken innebærer dette at en mindre andel raske fibre rekrutteres, noe som har sine fordeler. De langsomme fibre har en høyere oksidativ kapasitet. Dette medfører større grad av aerob energiomsetning og bedre arbeidsøkonomi.

Oppsummering av styrketreningens effekt på VO₂maks og arbeidsøkonomi

Det er lite belegg for å hevde at styrketrening har en positiv effekt i forhold til å øke oksygenopptaket hos godt trente utholdenhetsutøvere. Imidlertid er det flere studier som indikerer at ulike former for styrketrening kan påvirke prestasjonsnivået i utholdenhetsidretter ved blant annet å bedre arbeidsøkonomien og utnyttingsgraden. Innen løp, sykling og langrenn kan dette gjøres gjennom spesifikk utholdende styrketrening. Innen langrenn er det også studier som viser at spesifikk maksimal styrketrening rettet mot stakebevegelsen i dobbeltak vil bedre arbeidsøkonomi og prestasjonsnivå (Hoff et al., 1999; Hoff et al., 2002). Med stadig hyppigere fellesstarter i internasjonale langrennskonkurranser, hvor løpet ofte blir avgjort på de siste meterne, vil stor maksimal stakestyrke og hurtighet i den avgjørende spurtfasen være særdeles viktig. Spørsmålet blir hvordan en skal utforme denne treningen.

Bør alle utholdenhetsutøvere trene styrke?

Kravet til styrke er ulikt i de typiske aerobe utholdenhetsidrettene. Kravet til styrke er størst i utholdenhetskonkurranser med fellesstart og hvor konkurransetiden er kort (Aasen et al., 2005). Dette er nok hovedgrunnen til at sprintere i langrenn bruker mer tid på maksimal styrketrening, enn langrennsløpere på langdistanselandslaget.

I hovedsak er det to hovedgrunner til at utøvere bør trene styrke/(hurtighet):

1. Styrketrening for å bedre teknikken, og dermed arbeidsøkonomien
2. Styrketrening for å bedre hurtigheten, og dermed vinne spurtoppgjør

Som nevnt tidligere i artikkelen er det en rekke studier som har vist at styrketrening kan ha en positiv effekt på teknikken og arbeidsøkonomien. Effekten av styrketrening er sannsynligvis ikke lik for alle idretter og utøvere. Avgjørelsen om en skal trene styrke må ta utgangspunkt i arbeidskravet i konkurranseøvelsen og utøverens kapasitet og forutsetninger.

I typiske aerobe utholdenhetsidretter som padling og roing er kravet til maksimalstyrke stort (Aasen et al., 2005). Det skyldes hovedsakelig at konkurransetiden er kort og at vannmotstanden er stor (øker med kvadratet av hastigheten), noe som krever stor kraft for å skape og opprettholde en stor fart på båten (Maestu & Jurimae, 2005). Avhengig av utøverens

kapasitet og treningsperiode gjennomføres det fra en til fire ukentlige styrketreningsøkter (Aasen et al., 2005). Utøverens medfødte forutsetninger og styrketreningen fører til at roere på internasjonalt nivå har en kroppsvekt på rundt 90kg (Maestu & Jurimae, 2005). I mange av de andre utholdenhetsidrettene vil en så stor kroppsvekt føre til dårligere prestasjonsevne da utøverne måtte bruke mye krefter på å holde kroppen oppe i tyngdefeltet.

I typiske utholdenhetsidretter som langdistanseløp og sykling er ikke kravet til styrke like innlysende som i padling og roing. I disse idrettene har noen utøvere gjennomført styrketrening med suksess, mens andre utøvere ikke har hatt noen effekt. På grunnlag av våre erfaringer med idrettsutøvere ser det ut som at utøvere som mangler styrke eller lokal muskulær utholdenhet i sentrale muskelgrupper kan ha stor effekt av styrketrening. Nedenfor har vi gitt tre klassiske eksempler på situasjoner hvor styrketrening kan ha en positiv effekt på teknikken (arbeidsøkonomien), og dermed utøverens prestasjonsevne.

Store deler av kroppens muskelmasse er i aktivitet under et skøytetak, løpssteg, pedaltråkk, åretak, etc. Kreftene som musklene utvikler, brukes til stabilisering og bevegelse. Utøvere som ikke klarer å stabilisere i buk- og rygg vil ofte ha en liten hensiktsmessig teknikk, og risikoen for belastningsskader øker (Aasen et al., 2005). Olympiatoppens erfaring er at trening av stabiliseringsfunksjonen blir prioritert for lavt av utøvere innenfor utholdenhetsidrettene (ibid). Eksempler på gode stabiliseringsøvelser og treningsprogrammer kan en finne i artikkelen om prestasjonsrettet buk- og ryggtrening.

Hos noen utøvere kan ha dårlig teknikk skyldes at den lokale muskulære utholdenheten er for dårlig i sentrale muskler eller muskelgrupper. Ingrid Kristiansen var eksempel på en slik utøver. Da hun konverterte fra langrenn til langdistanseløp var løpsteknikken relativt dårlig. Hun hadde fotisett på hæl, noe som skyldes dårlig muskulær utholdenhet i ankelstrekkerne. Treneren igangsatte tiltak, og satte opp utholdende vrighthopp på treningsprogrammet. Treningen ga god effekt, og etter en lengre treningsperiode var teknikken merkbart bedre. Lokal muskulær utholdenhetstrening er blitt mer og mer vanlig blant Norges mest suksessfulle utholdenhetsutøvere (Aasen et al., 2005). Treningen gjennomføres som sirkeltrening og stasjonstrening, men er i de senere år gjennomført mer og mer spesifikt. Hensikten med treningen er å stimulere og utvikle de lokale faktorene (aerobe enzymer, mitokondrier,

kapilærtetthet) for at utøveren kan utnytte sitt maksimale oksygenopptak på en best mulig måte. Treningen gjennomføres forskjellig i de ulike utholdenhetsidrettene, men hensikten er den samme. Nedenfor følger noen eksempler på hvordan treningen gjennomføres i enkelte utholdenhetsidretter:

- Syklister bruker styrketrakk. Treningen foregår ved at utøveren sykler på en langt lavere (ca.45) frekvens enn det som er normalt (ca.90). Treningen gjennomføres som intervalltrening, og pulsen er i øvre del av intensitetssone 2.
- Roere gjennomfører den lokale muskulære utholdenhets treningen i form av roing med motstand og redusert frekvens (takt). Treningen gjennomføres som intervalltrening.
- Padlerne bruker egenproduserte padlemaskiner (magnar og helga) hvor kontraksjonshastigheten er lavere enn ved padling, men de samme musklene stimuleres.
- Løpere gjennomfører intervalltrening i motbakke.
- Langrennsløpere gjennomfører egne stakøkter, og gjerne i partier hvor en normalt ikke ville ha stakt. Treningen gjennomføres både på ski og rulleski. Slik trening er spesielt viktig for utøvere som deltar i løp med lange stakpartier som i Vasaloppet.

Det siste eksemplet er hentet fra langrenn. Enkelte langrennsløpere har for dårlig styrke i sentrale muskler i overkroppen. Manglende styrke fører til at utøveren ikke klarer å gjennomføre en god staketeknikk eller skøyteteknikk i terreng hvor det hadde vært mest hensiktsmessig. I slike tilfeller bør utøverne prioritere maksimal styrketrening av den muskulaturen som er begrensende for den tekniske utførelse. Av og til er det ikke maksimal styrken som er begrensende faktor, men den muskulære utholdenheten.

Hvordan bør utholdenhetsutøvere trene styrke?

Hvilke retningslinjer gjelder, og hvilke styrketreningsmetoder bør utholdenhetsutøvere gjennomføre i sin trening? Det overordnede prinsippet er at styrketreningen må ta utgangspunkt i arbeidskravet i konkurranseøvelsen og utøverens kapasitet. For at denne treningen skal gi ønsket virkning må gjennomføringen av treningen ta hensyn til spesifisitetsprinsippet. Bruk styrketreningsmetoder som egner seg for din idrett. Maksimal styrketrening (hypertrofi) brukes med stor suksess i roing og padling, mens det for en maratonløper ville blitt en fiasko. Løpere vil derimot ha utbytte av styrketrening for

stabiliseringsmuskulatur i buk og rygg, og lokal utholdenhetstrening (sirkeltrening/stasjonstrening) for andre sentrale muskelgrupper, eller som spesifikk lokal muskulær utholdenhetstrening som skissert ovenfor. Slik trening bør alle utholdenhetsutøvere bedrive, men pass på å bruk øvelser som stimulerer sentrale muskler og muskelgrupper som det stilles krav til i din idrett. Denne typen trening bør gjennomføres en til to ganger per uke, og kan gjerne kombineres i en treningsøkt med rolig langkjøring.

I forbindelse med styrketrening med stor ytre belastning er en av treningseffektene at muskeltverrsnittet øker. Dette gjelder i spesielt i forbindelse med styrketrening med stor ytre belastning hvor det gjennomføres fra 6-15 repetisjoner av hver øvelse. Svake utøvere og i idretter som roing og padling kan dette være god trening, men for de fleste vil denne formen for styrketrening føre til redusert aerob utholdenhet og prestasjonsevne. For å øke styrken uten å øke muskeltverrsnittet anbefales det å bruk stor ytre belastning og med mindre enn 6 repetisjoner (Hoff et al., 1999).

For å få maksimalt utbytte av treningen må treningen periodiseres (Bompa, 1999). I typiske aerobe utholdenhetsidretter bør styrken utvikles i forberedelsesperioden, og vedlikeholdes i konkurranseperioden. Erfaringsmessig er utøvere flinke til å trene styrke i forberedelsesperioden, men nedprioriterer det for mye i konkurranseperioden. For å få en kontinuerlig utvikling over flere år vil vi anbefale at styrketreningen vedlikeholdes i konkurranseperioden. Som hovedregel kreves det kun en kort treningsøkt (< 30min) per uke med 1-2 serier per øvelse for å vedlikeholde styrken.

Forskere mener at maksimal styrketrening er en viktig forutsetning for å utvikle eksplosiv styrke (Poliquin, 1990). Utøvere som trener maksimalstyrke (1-5 repetisjoner) i eksempelvis langrenn kan vedlikeholde maksimalstyrken i konkurranseperioden i form av eksplosiv styrketrening. Treningen gjennomføres med sterk reduksjon i ytre belastning, med få repetisjoner (<10), lange pauser (> 2min) og med maksimal hastighet i hver repetisjon. Denne treningsmetoden vil vedlikeholde maksimalstyrken, men har av erfaring også ført til at utøverne har følt at treningen har gitt dem følelsen av økt hurtighet (snert i fraskyvet).

Kort oppsummert gjelder følgende retningslinjer ved styrketrening i utholdenhetsidretter:

- Planlegg og gjennomfør styrketrening på bakgrunn av idrettens arbeidskrav og utøverens kapasitet og forutsetninger
 - Valg av styrketreningsmetode (maksimal, eksplosiv, muskulær utholdenhet)
 - Valg av styrketreningsøvelser (spesifikke øvelser)
- Gjennomfør spesifikk lokal muskulær utholdenhetstrening en til to ganger per uke
- Tren stabiliseringsmuskulaturen i buk- og rygg minst en til to ganger per uke
- Periodiser styrketreningen i en årssyklus
 - Utvikl styrken i foreberedelsesperioden
 - Vedlikehold styrken i konkurranseperioden

Husk at den aerobe kapasiteten er den viktigste prestasjonsbestemmende faktoren i typiske aerobe utholdenhetsidretter. Styrketrening må gjennomføres, men unngå overdrivelse av denne treningsformen. Utholdenhetsutøvere på internasjonalt nivå bruker ca.5 til 15% av treningstiden i en årssyklus på styrketrening (Aasen et al., 2005).

Kildehenvisninger:

Bishop D, Jenkins DG, Mackinnon LT et al. (1999). The effects of strength training on endurance performance and muscle characteristics. *Med Sci Sports Exerc*; 31 (6):886-91.

Boileau RA, Mayhew JL, Riner WF and Lussier L (1982). Physiological characteristics of elite middle and long distance runners. *Can. J. Appl. Physiol.* 7: 167-172.

Burke EB (1983). Improved cycling performance through strength training. *Natl Strength Cond Assoc J.* 5 (3):6-7, 70-71.

Chromiak JA & Mulvaney DR (1990). The effects of combined endurance and strength training affected by the sequence of training? *Journal of Sports Science*, 11, 485-491.

Collins MA & Snow TK (1980). Are adaptations to combined endurance and strength training affected by the sequence of training. *Journal of Sports Science*.11, 485-491.

Conley DL and Krahenbuhl GS (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med. Sci. Sports*, 1980. 5: 357-360.

Costill DL and Winrow E (1970). Maximal oxygen uptake among marathon runners. *Arch. Phys. Med. Rehab.* 51: 317-320.

Costill DL, Thomson H and Roberts E (1973). Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Med. Sci. Sports*.1973 5: 248-252.

Costill DL and Fox EL (1969). Energetics of marathon runners. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 1: 81-86.

Duncan A (1975). Operation of size-principle in the recruitment of motor units. In Proceedings-Conference- North Am. Society for Psychology of Sports and Physical Activity, Pennsylvania State University, 443-454.

Gregor RJ and Kirkendall D (1978). Performance efficiency of world class female marathon runners. In: Asmussen E and Jørgensen K (eds.) Biomechanics VI-B, pp.40-45. University Park Press, Baltimore, Maryland.

Hallén, J. (1993). Testing av aerob energiomsetning. Tidsskr. Nor. Lægeforen; 113: 587-590.

Hallén, J. (1995). Kva bestemmer prestasjonen i lange løp? Kondis nr.3-mai/juni. Forlagsats as.

Hickson RC (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology.. 45, 255-263.

Hickson RC, Rosenkoetter MA & Brown, MM (1980). Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. Medicine and Science in sports and Exercise.12, 336-339.

Hickson RC, Dvorak BA, Gorostiaga EM, Kurowski TT & Foster C (1988). Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. Journal of Applied Physiology. 65, 2285-2290.

Hoff J, Helgerud J, Wisløff U (1999). Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. Med Sci Sports Exerc ;31 (6):870-77.

Hoff J, Gran A, Helgerud J (2002). Maximal strength training improves aerobic endurance performance. Scand J of Medic & Science in Sports. Volume12 (5).

Hortobagyi T, Katch FI & Lachance PF (1991). Effects of simultaneous training for strength and endurance on upper and lower body strength and running performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31. 20-30.

Janson, L. (1998): Fallstudie i løpning. *Svensk Idrottsforskning*, Nr. 4, s 25-29.

Johnston RE, Quinn TJ, Kertzer R & Vroman NB (1995). Improving running economy through strength training. *Strength and Conditioning*, 17, 4, 7-13.

Jung AP (2003). The Impact of Resistatance Training on Distance Running Performance. *Sports Med* 2003;33 (7) 539-52.

Kaggestad J (2004). Utholdenhetstrening. *Utholsdenhetstrening, løping, sykling, langrenn*. Red. Tjelta LI og Enoksen E. Høyskoleforlaget.

Kindermann, W., Simon, G. and Keul, J. (1979). The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *European J. of Appl. Phys.*, 42: 25-34.

Kvålsvoll A. (2004). *Treningsplanlegging – sykling*. *Utholsdenhetstrening, løping, sykling, langrenn*. Red. Tjelta LI og Enoksen E. Høyskoleforlaget.

Mader, A., Liesen, H., Hech, H., Philippi, H., Rost, R., Schurch, P. und Hollmann, W. (1976). Zur Beurteilung der Sportartspezifischen Ausdauerleistungsfaiigkeit in Labor. *Sportartz und Sportmed.*, 4: 80-88.

Marcinik Ej, Potts J, Schlabach G, et al. (1991). Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*;23 (6):739-43.

McCarty JP, Agre JC, Graf BK, et al. (1978). The effect on circuit weight training on strength, cardiorespiratory function, and body composition of adult men. *Med Sci Sports Exerc* 10(3):171-6.

Paavolainen L, Hakkinen K, Hamalainen I et al. (1999). Explosive strength training improves 5km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol*; 86 (5):1527-33.

Padilla S, Bourdin M, Barthélémy JC, Lacour JR (1992). Physiological correlates of middle-distance running performance. A comparative study between men and women. *Eur J Appl Physiol* 65:561-566.

Paton CD. & Hopkins WG (2004). Effects of High-intensity training on Performance and Physiology of Endurance Athletes. *Sportscience* 8, 25-40.

Pollock ML (1973). Quantification of endurance training programs. *Exercise and Sport Sciences Review*, 1, 155-188.

Powers SK, Dodd S, Deason R, Byrd R & McKnight T (1983). Ventilatory threshold, running economy and distance running performance of trained athletes. *Res. Q. Exer. Sport*, 54: 179-182.

Robbins SE & Hanna AM (1989). Running –related injury prevention through innate impact-moderating behaviour. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 21,130-139.

Saltin B and Åstrand PO (1967). Maximal oxygen uptake in athletes. *J. Appl. Physiol.* 23:353-358.

Saltin B, Kim CK, Terrados N, Larsen H, Svedenhag J, Rolf C (1995 a). Morphology, enzyme activities and buffer capacity in leg muscles of Kenyan and Scandinavian runners. *Scand J Med Sports* 5: 222-230, 1995.

Saltin B, Larsen H, Terrados N, Bangsbo J, Bak T, Kim CK, Svedenhag J, Rolf CJ (1995b). Aerobic exercise capacity at sea level and at altitude in Kenyan boys, junior and senior runners compared with Scandinavian runners. *Scand J Med Sci Sports* 5: 209-221, 1995.

Sjødin B & Svedenhag J (1986). Effektern av spesiell styrketrening før medel- og langedistanløpere. Rapport från Idrottens forskningsråds konferens på Bosön 1984.

Stone MH, Wilson GD, Blessing D et al. (1983). Cardiovascular responses to short-term olympic style weight training in young men. *Can J Appl Sports Sci.*;8 (3):134-9.

Svedenhag J (1988). Fysiologiska faktorer inom medel- og langedistanløpning. Konditionstäning. Red: Forsberg, A. & Saltin, B., Idrottens Forskningsråd / Sveriges Riksidrottsförbund.

Svedenhag J and Sjødin B (1984): Maximal and submaksimal oxygen uptakes and blood lactate levels in elite male middle- and long distance runners. *Int. J. Sports Med.* 5, 255-261,

Tanaka H, Basset J, Swensen TC, et al. (1993). Aerobic and anaerobic power characteristics of competitive cyclists in the United States Cycling Federation. *Int J Sports Med*;14 (6):334-8.

Tjelta LI (2004). Treningsintensitet i utholdenhetstreningen sett i sammenheng med hjertefrekvens, laktatverdier og konkurransefart. Utholdenhetstrening, løping, sykling, langrenn. Red. Tjelta LI og Enoksen E. Høyskoleforlaget.

Toussaint HM, Vervorn K (1990). Effects of specific high resistance training in the water of competitive swimmers. *Int J Sports Med* 11 (3):228-33.

Vik JT, Helgerud J & Hoff J. (1997). Hvordan styrke utholdenheten i overkroppen. Idrttsvitenskaplig Institutt, universitetet i Trondheim. Skisport 3, 34-35.

Åstrand PO and Rodal K. (1977). Textbook of work physiology. McGraw-Hill Book Company, N.Y.