
Fagnytt nr. 1 2012

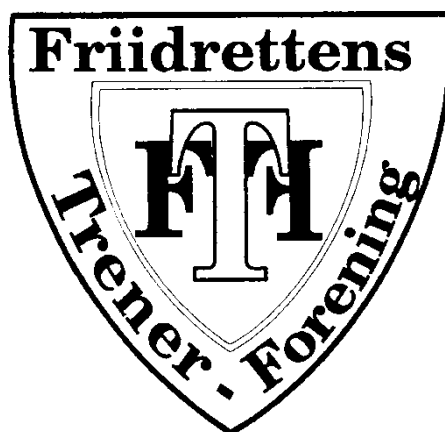


**Eirik Dolve, IL Fri, i svevet.
Fremgangsrik stavhopper og den yngste
femometersmannen noensinne.**

MEDLEMSBLAD FOR FRIIDRETTENS TRENERFORENING

Fridrettens Trenerforening sitt styre 2011

Formann:	Lars Ola Sundt	idsundt@online.no
Øvelsesansvarlige:		
Kast:	Trond Ulleberg	
Hopp:	Tor Haugland	tor.haugland@live.no
Sprint/hekk:	Odd-Ivar Nyheim	oddin60@hotmail.com
Mellom/langdist:	Eystein Enoksen	eystein.enoksen@nih.no
Mangekamp:	Bjørn Bogsti	bbogsti@online.no
Barn/ungdom:	Henning Hofstad	henning.hofstad@online.no
Redaktør Fagnytt:	Henning Hofstad	henning.hofstad@online.no



Dette nummeret av Fagnytt inneholder:

Henning Hofstad:	Redaktørens corner	side 3
Roger Hollup:	Hvordan individualiseres treningen for ulike typer høydehoppere?	side 4 - 5
Reidun Renstrøm:	En casestudie av Norges beste langdistanseløpere etter år 2000	side 6-14
Emma Suhonen:	Christophe Lemaitre – den franske revolusjon	side 15-18
Thomas Lewandowski/ Kenneth Buch:	Utvikling av utøvere i et langsiktig perspektiv	side 18-20
Roland van den Tillaar:	Melkesyre i et nytt perspektiv	side 21- 31
Forsidebilde:	Henning Hofstad	

REDAKTØRENS CORNER

Doping innen idrett er fusk og fanteri. Knappt noe er så irriterende og demotiverende som når en får vite at en motstander har dopet seg. Enkelte har til og med opplevd å få en medalje i ettertid og bli snytt for øyeblikkets glede over sin prestasjon.

Selv konkurrerte jeg på landslagsnivå en knapp tiårsperiode fra midten av 70-tallet. Det var en annen tid, hvor doping var langt mer utbredt enn i dag. Selv om vi nok visste at doping var vanlig i mange land, ble jeg aldri helt fortrolig med at konkurrentene kanskje ikke hadde rent mel i posen. Det var noe som ble fortrengt. Dessuten var jeg så langt fra et internasjonalt toppnivå at dette representerte en annen verden. Men vi som har konkurrert mot dopete konkurrenter, vet at det ikke er noe særlig stas.

Her vil jeg fortelle om en episode fra Budapest i 1979. De var semifinale i E-cup i mangekamp. Det norske laget konkurrerte blant annen mot Sovjet, Bulgaria, Ungarn, Finland og Sverige. Personlig gikk jeg en svært god 10-kamp med personlig rekord som resultat. Etter stevnet ble jeg tatt ut til dopingkontroll. Var knapt kommet i mål på 1500m før jeg fikk innkallingen i hånden. Etter mer enn 12 timers konkurranser i stekende varme ante det meg at det ville bli en vanskelig oppgave å produsere nok urin, men det skulle ordne seg temmelig greit...

Tilsynelatende gikk alt greit for seg. Innledende prosedyrer var i orden, men så kom overraskelsen; jeg fikk utlevert et beger og beskjed om å levere dette med urin. Det var ingen kontrollør. Ingen som så at det var min urin som kom i glasset. Jeg kunne levert urin fra hvem som helst, bare jeg hadde hatt den med meg til dopingkontrollen. Jeg forsøkte uansett så godt jeg kunne og presse ut de nødvendige dråpene, men kom bare halvveis opp i begeret. Dessuten hadde russeren og svensken drukket opp alt ølet vi ble servert under kontrollen (det var visst vanlig med øl på dopingkontrollene i utlandet på den tiden), så jeg slet verre. Til slutt satt jeg alene igjen. Da så jeg det idiotiske i hele situasjonen, gikk på toalettet og fylte begeret opp til tidevannsmarket med vann fra springen. Leverte, prøven ble forseglet, og det var det. Ingen reagerte på at urinen i beste fall var lysegul. Jeg hørte aldri noe i ettertid.

Der og da forstod jeg jo hvorfor så godt som ingen utøvere fra det tidligere Øst-Europa ble tatt i doping. På bakgrunn av det som senere er fremkommet vil jeg anta at minst to tredjedeler av konkurrentene hadde dopet seg. Fair play?

Nylig fikk jeg siste nummer av bladet Friidrett i posten. Bladet har i stor grad blitt et reportasjeblad som avspeiler stort og smått innen norsk friidrett. Som oftest hyggelig lesning hvor forskjellige utøvere og miljøer blir profilert. Denne gangen hadde redaktøren valgt å ha forsidebilde av en utøver som er dømt for doping og i øyeblikket er utestengt fra konkurranser. Forsiden ble fulgt opp av en firesiders reportasje om utøverens situasjon som dopingdømt og veien tilbake mot konkurranser. Hele artikkelen må karakteriseres som et partsinnlegg med et klart budskap, at utøveren var uskyldig dømt. Dette til tross for at det ble domfellelse i alle organer som har behandlet saken

Det er meg en gåte hvilke redaksjonelle vurderinger som her er gjort. Å la Norsk Friidrett sitt organ bli et talerør for den dømte utøveren viser rett og slett manglende dømmekraft. Her er så godt som ingen motforestillinger. Som representant for utøvere som har opplevd dopete konkurrenter blir jeg provosert, ja faktisk føler jeg meg nærmest tråkket på. Vi nordmenn er jo nærmest vantro når utlendinger som blir dømt for dopingmisbruk og deres trenere ikke blir støttet ut i kulden i hjemlandet. Vi reagerer svært negativt på dette. Er oppslaget i Friidrett et eksempel på at vi ikke er bedre selv?

For ordens skyld, dette er ikke en vurdering av om domfellelsen er riktig eller ikke. Det er prinsippet det går på. Etter mitt syn bør en vise sterk tilbakeholdenhet i slike saker. Denne reportasjen skulle aldri vært trykket.

Roger Hollup har et langt virke som trener i hopp og sprint bak seg. De senere år har han hvert år trent utøvere som har deltatt i internasjonale mesterskap i høydehopp. Han har vært et anker i trøndersk friidrett og jobber til daglig ved Strinda vgs. Under trenerseminaret holdt han et glimrende foredrag om arbeidet med to høydehoppere, Stine Kufaa og Tonje Angelsen. Her er et referat fra foredraget. I skrivende stund har Tonje nettopp kvalifisert seg til OL. Gratulerer til utøver og trener.

Hvordan individualiseres treningen for ulike typer høydehoppere?

Av: Roger Hollup

Why me? – litt om min egen bakgrunn

- Så etter hvert på TV og kopierte teknikk
- Hadde aldri noen trener, prøvde meg fram, litt for allsidig
- Aldri noen topp resultater selv som utøver – best på trening – eksempler!
- Brukte mer tid på utdanning enn spesifikk trening
- Har jobba som trener fra ca. 1980
- Nesten like mye med sprint som hopp (og litt kast)
- Trente Kenneth Hoffmann (høydehopper) fra ca. 1997-98, førte til D-kurs 1999/2000

Høydehopping – litt historikk

- Div. former for saksestil – Ola Stai 2,00 i 1940, Sjøberg 2,14
- Californian Roll/Western Roll – saksehopp fra «feil side»
- Dykk/Straddle – Brumel 2.28, Yastsjenko 2,33 på 1970-tallet
- Dick (Richard) Fosbury 1968 – 2,24
- Flopp 1 – fokus på fart i tilløpet, eks Stefan Holm
- Flopp 2 – fokus på styrke og kraft i satsen – eks Ivan Ukhov
- Mange varianter innen flopp etter hvert – er det noe som er bedre enn andre måter?
- Donald Thomas – en form for stegbevegelser i hoppet?

Treningsprinsipper – generelle og mine egne

- Treningsplanlegging – hva kreves av en høydehopper?
- Fysisk – koordinativt – teknisk – mentalt
- Div lærebøker – Nytrø, Gjerset, Enoksen/Tønnesen
- Andre skriftlige kilder – Matvejev (Fundamentals of sports training), Bompa (Periodization training)
- Hentet mine ideer fra Cuba, Romania (Proteasa, Simion), USA (via Kenneth Hoffmann), Generell treningslære og fysiologi
- Godt grunnlag med mye løping, spenst, styrke, bevegelighet og koordinasjon
- Opptatt av tilløpssteg gjennom hel fot, god akselerasjon inn mot og gjennom satsen, avslappet og høyt i tilløpet
- Foretrekker dobbel arm i satsen, men ikke sikker på at det passer for alle
- God innoverhelling i kurven



Figur 1. Faktorer som har betydning for at talentet blir realisert

Stine Kufaas og Tonje Angelsen – likheter og forskjeller

- **Stine** – tåler mer løp og spensttrening
- Jobba mer generelt og med mye basis, eks 4. plass i NM på 200m og UM-gull på 60m innendørs 2007 med 7,76
- Mye trening under «utfordrende treningsforhold» - vanskelige fasiliteter innendørs
- Kanskje for lite muligheter til spesifikk hoppteknikk?
- **Tonje** – mer sårbare bein – ingen sprint og spensttrening foran 2011-sesongen!
- Ikke knebøy – får trøbbel med knær + muskellosjesyndrom
- Har i stedet fokusert på mye stabilisering (postural strength)
- Tåler ikke å ha for mange løp og hopp
- Oppfinnsomhet – hva er mulig å få til? Lage egne øvelser?

Slik trener Tonje nå

- Mandag - Aerobe intervaller – mye løping for å bygge opp generell styrke i bein i tillegg til det aerobe – eks 12x 350m
- Tirsdag – Lett basisstyrke, frivendinger, (eksentrisk knebøy), Nordic hamstring, trappeløp
- Onsdag – Ellipsemaskin/ergometersyssel og Terapimaster
- Torsdag – 1. Turn, stabilisering, bevegelighet
- 2. Styrke/spenst, etter hvert tilløp og hopp
- Fredag – 1. Lett jogg og tøy
- 2. Sprint/fosfat
- Lørdag – Fri
- Søndag – Styrke, medisinball, teknisk

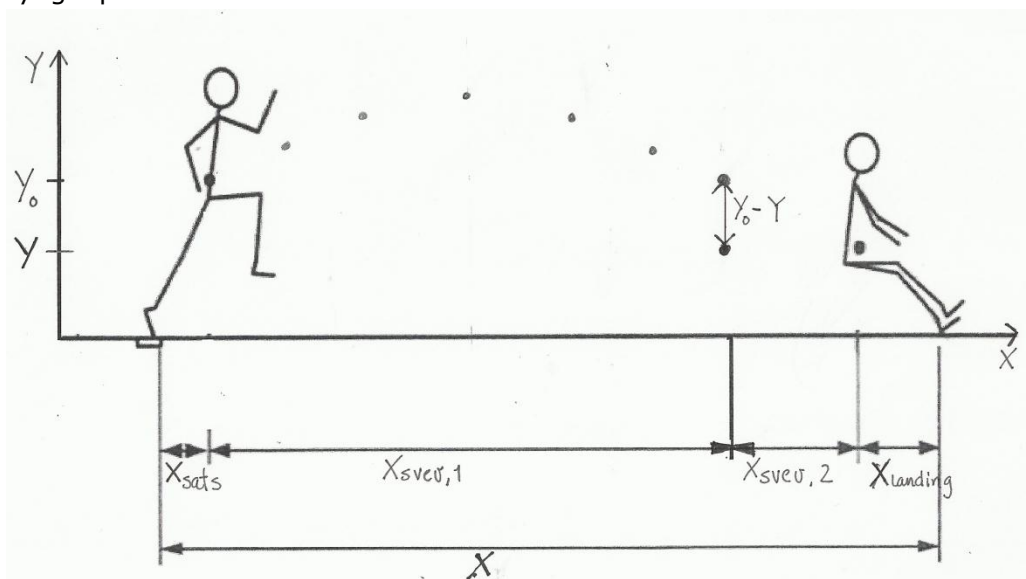
Reidun Renstrøm er mor og trener til den norske rekordholder i lengde, Margrethe Renstrøm. Hun har selv bakgrunn fra friidrett og var selv en habil lengdehopper (5.80 som 16-åring). Av yrke er hun fysiker, og har nettopp levert doktoravhandlingen sin. Under trenerseminaret holdt hun et spennende foredrag om lengde, hvor hennes bakgrunn innen bevegelseslære tydelig kom til syne.

Biomekanisk analyse av lengdesprang

Av: Reidun Renstrøm

Innledning

I lengdefinalen for kvinner i VM – 2009 ble en rekke størrelser målt. Disse er publisert av DLV Scientific Research Project i artikkelen *Biomechanical Analyses of the Long Jump Women Final*, se tabellen i vedlegg 1. Det er ikke utført noen analyser av hoppene ut fra dataen som er målt i denne artikkelen, det har jeg gjort i dette notatet. Nødvendige størrelser for å analysere et lengdehopp er tyngdepunktets utgangsfart og vinkel, satslengden (horisontal avstand mellom tyngdepunktet og planke i det utøveren letter) og tiden hoppet varer. Dessverre inneholder tabellen verken tidsmålinger eller satslengde. Utøvernes satslengde har jeg estimert ut fra tidligere undersøkelser som viser sammenhengen mellom satslengde og horisontal utgangsfart. Tiden hoppene varer har jeg beregnet ut fra andre oppgitte data. Mitt mål med analysen er å undersøke betydningen av stor horisontal utgangsfart og god landingsteknikk for et langt hopp. Blant størrelsene som er oppgitt i tabellen finner vi landingslengden x_{landing} (se figur 1), som er omtrent den samme for alle utøvere, og som gir liten eller ingen informasjon om landingsfasen var vellykket. Det som er avgjørende er den vertikale avstanden mellom tyngdepunktets utgangs- og landingshøyde, $y_0 - y$ (se figur 1), altså hvor lavt tyngdepunktet er når beina treffer sanden.



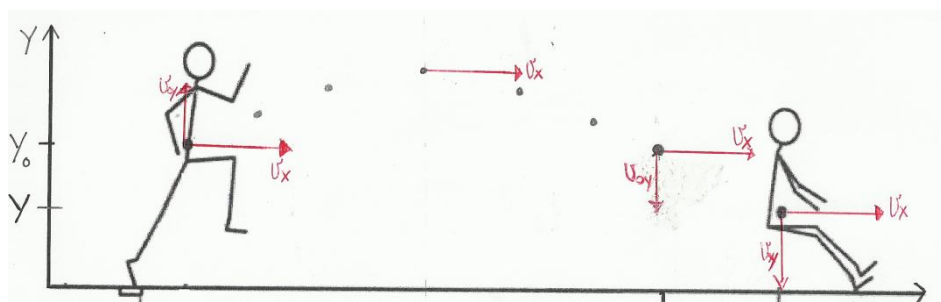
Figur 1 viser størrelser som er beskrevet i teksten.

Lengdehoppets faser og tyngdepunktets bane

Dette notatet gir en biomekanisk analyse av fire lengdehopp i VM-finalen i Berlin i 2009 ut fra oppgitte data. De fysiske prinsippene som er brukt for å beregne tyngdepunktets bane og dermed de horisontale lengdene $x_{svev,1}$ og $x_{svev,2}$ er beskrevet og forsøkt forklart. $x_{svev,1}$ er tyngdepunktets horisontale forflytningen i løpet av den tiden det tar før tyngdepunktet er i samme vertikale posisjon som i satsen, altså y_0 . $x_{svev,2}$ er den horisontale forflytningen til tyngdepunktet mens det faller fra y_0 til posisjonen i landingen y . Den vertikale avstanden $y_0 - y$ i et hopp er et mål for om landingen var vellykket. I analysen bruker jeg hoppets reelle lengde, kalt x . Fra figur 1 ser vi at x er gitt ved:

$$1) x = x_{sats} + x_{svev,1} + x_{svev,2} + x_{landing}$$

I satsen skaper utøveren vertikal fart, derfor har farten ut i svevet retning skrått oppover. For å kunne analysere tyngdepunktets bane, må utgangsfarten deles opp i dens horisontale- og vertikale komponent, se figur 2.



Figur 2 viser hvordan den vertikale farten endres fra v_{0y} i utgangen til null på toppen av svevkurven og v_{0y} når tyngdepunktet er tilbake i posisjon y_0 . I landingsposisjonen y er den vertikale farten økt til v_y . Den horisontale farten er konstant i hele svevet.

Jo større den vertikale farten v_{0y} er, desto lengre tid vil det ta før tyngdepunktet er tilbake til posisjonen y_0 , denne tiden kaller jeg $t_{svev,1}$. Hvor lang $x_{svev,1}$ blir, er gitt ved produktet av denne tiden og den horisontale utgangsfarten, $x_{svev,1} = t_{svev,1} \cdot v_x$. Likningene som beskriver tyngdepunktets bane ble utledet av Galileo Galilei allerede i 1638. Han viste at ei kule som kastes skrått oppover kan analyseres enkelt fordi den i vertikal retning har konstant akselerasjon og i horisontal retning har konstant fart, forutsatt at vi kan se bort fra luftmotstanden. Han viste også at banen kula vil følge er en parabel, og at dens masse ikke har noen betydning for svevkurven. Det er altså kun utgangsfarten og utgangshøyden som bestemmer hvor kula vil lande. En lengdehopper er ingen kule, men vi kan vise at tyngdepunktet til alle legemer i fritt sveis, uavhengig av form og rotasjonsbevegelser, vil følge samme bane som ei kule med samme utgangsfart ville gjort. Vi kan derfor enkelt beregne tyngdepunktets bane, når vi kjenner utgangsfarten og utgangshøyden.

I vertikal retning påvirkes utøveren av tyngdekraften som har retning ned mot bakken og som derfor bremser farten oppover. Tyngdeakselerasjonen er $9,8 \text{ m/s}^2$, som betyr at farten avtar med $9,8 \text{ m/s}$ hvert sekund oppover og øker med $9,8 \text{ m/s}$ hvert sekund nedover. På toppen av tyngdepunktets bane er den vertikale farten redusert til null, se

figur 2. Hvis den vertikale utgangsfarten for eksempel er $v_{0y} = 3,0 \text{ m/s}$, vil tiden t det tar før farten er redusert til null være gitt ved likningen: $3,0 \text{ m/s} - 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot t = 0$, som gir at

$$t = \frac{3,0 \text{ m/s}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 0,31 \text{ s. Det tar like lang tid å øke farten nedover fra null til } 3,0 \text{ m/s; } 0 +$$

$9,8 \text{ m/s}^2 \cdot t = 3,0 \text{ m/s}$, gir $t = 0,31 \text{ m/s}$. For en utøver med vertikal utgangsfart lik $3,0 \text{ m/s}$, vil altså $t_{\text{svev},1} = 0,62 \text{ s}$. Generelt har vi at $t_{\text{svev},1}$ er gitt ved:

$$2) t_{\text{svev},1} = \frac{2v_{0y}}{g}$$

I horisontal retning påvirkes ikke hopperen av andre krefter enn luftmotstanden, som er så liten at vi kan se bort fra den i beregningene. Den horisontale komponenten av utgangsfarten er derfor konstant i hele svevet. Hvis utøveren i eksemplet over har horisontal utgangsfart på $v_x = 8,0 \text{ m/s}$, vil hun i løpet tiden $t_{\text{svev},1} = 0,62 \text{ s}$ oppnå horisontal forflytning på: $x_{\text{svev},1} = 8,0 \text{ m/s} \cdot 0,62 \text{ s} = 4,96 \text{ m}$.

Likningene som gir horisontal- og vertikal forflytning som funksjon av tiden er:

$$3) x = v_x t$$

$$4) y = v_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2,$$

der g er tyngdeakselerasjonen.

Vi ser at $x_{\text{svev},1}$ kan beregnes ut fra likningene 2) og 3): $x_{\text{svev},1} = v_x \frac{2v_{0y}}{g}$

Når $x_{\text{svev},1}$ er kjent, kan vi beregne $x_{\text{svev},2}$ ut fra likning 1): $x_{\text{svev},2} = x - x_{\text{svev},1} - x_{\text{sats}} - x_{\text{landing}}$

For å beregne den vertikale forflyttingen, bestemmer vi først tiden $t_{\text{svev},2} = \frac{x_{\text{svev},2}}{v_x}$ som vi

så setter inn i likning 4) og får $y_0 - y$. Resultatene av disse beregningene for fire av utøverne er gitt i tabell 1

Navn	Res. (m)	Reell lengde (m)	Horisontal utgangsfart, v_x (m/s)	Vertikal utgangsfart, v_{0y} (m/s)	Utgangsvinkel, ($^\circ$)	Landingslengde, x_{landing} (m)	$x_{\text{svev},1}$ (m),	$x_{\text{svev},2}$ (m)	$y_0 - y$ (m)
Reese	7.10	7.18	8.31	3.14	20.7	0.52	5.33	0.90	0.40
Lebedewa	6.97	6.97	7.62	3.40	24.0	0.49	5.46	0.62	0.31
Mey Melis	6.80	6.85	7.87	3.42	23.5	0.53	5.49	0.43	0.20
Maggi	6.68	6.81	8.30	2.64	17.6	0.49	4.47	1.40	0.60

Tabell1. Denne tabellen inneholder data fra tabellen fra DLV og verdiene jeg har beregnet; tyngdepunktets horisontale og vertikale forflytning; $x_{\text{svev},1}$, $x_{\text{svev},2}$ og $y_0 - y$.

Beregninger av $x_{svev,1}$, $x_{svev,2}$ og $y_0 - y$

B. Reese

Verdien for x_{sats} er antatt å være 0,45 m.

$$x_{svev,1} \text{ er gitt ved likning 3) } x_{svev,1} = v_x \frac{2v_{0y}}{g} = 5,33 \text{ m}$$

Bruker likning 4) til å finne $x_{svev,2} = 7.18 \text{ m} - 0.45 \text{ m} - 0.53 \text{ m} - 5.33 \text{ m} = 0.9 \text{ m}$

$$\text{Tiden for } x_{svev,2} \text{ er: } t_{svev,2} = \frac{x_{svev,2}}{v_x} = \frac{0.9 \text{ m}}{8.31 \text{ m/s}} = 0.11 \text{ s}$$

som innsatt i 4) gir:

$$y_0 - y = v_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2 = 3.41 \text{ m/s} \times 0.11 \text{ s} + \frac{1}{2} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times (0.11 \text{ s})^2 = 0.4 \text{ m}$$

For Reese er forskjellen mellom tyngdepunktets utgangshøyde og landingshøyde omtrent 40 cm. Bildeserien under viser at Reese i dette hoppet ikke lykkes med en teknisk god landing, til det er tyngdepunktet for høyt over bakken i det hun lander.



Hoppet til Reese.

De samme beregningene er utført for Lebedewa, Melis og Maggi:

Lebedewa:

$$x_{sats} = 0,40 \text{ m}$$

$$x_{svev,1} = 5.46 \text{ m}$$

$$x_{svev,2} = 6.97 \text{ m} - 0.49 \text{ m} - 0.40 \text{ m} - 5.46 \text{ m} = 0.62 \text{ m}$$

$$t_{svev,2} = 0.081 \text{ s}$$

$$y_0 - y = 0.31 \text{ m}$$



Hoppet til Lebedewa

Mey Melis:

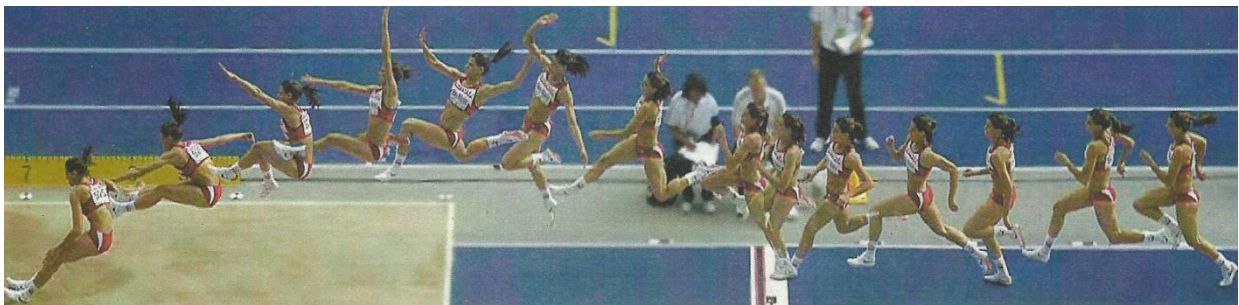
$$x_{\text{sats}} = 0,40 \text{ m}$$

$$x_{\text{svev},1} = 5.49 \text{ m}$$

$$x_{\text{svev},2} = 6.85 \text{ m} - 0.53 \text{ m} - 0.40 \text{ m} - 5.49 \text{ m} = 0.43 \text{ m}$$

$$t_{\text{svev},2} = 0.055 \text{ s}$$

$$y_0 - y = 0.20 \text{ m}$$



Hoppet til May Melis

Maggi:

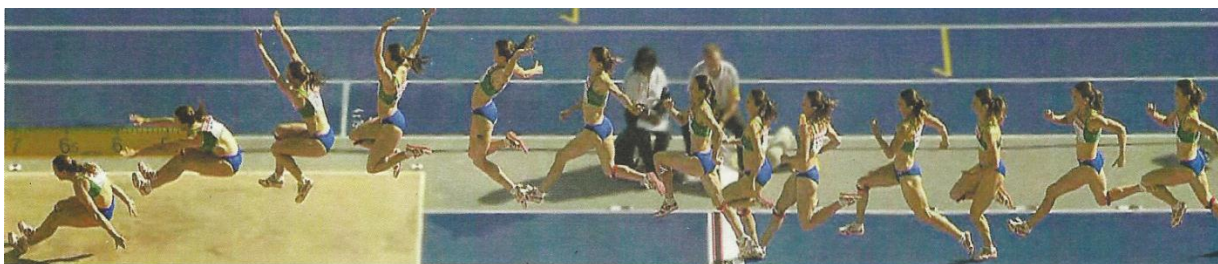
$$x_{\text{sats}} = 0,45 \text{ m}$$

$$x_{\text{svev},1} = 4.47 \text{ m}$$

$$x_{\text{svev},2} = 6.81 \text{ m} - 0.49 \text{ m} - 0.45 \text{ m} - 4.47 \text{ m} = 1.4 \text{ m}$$

$$t_{\text{svev},2} = 0.1687 \text{ s}$$

$$y_0 - y = 0.60 \text{ m}$$



Hoppet til Maggi.

Kommentarer:

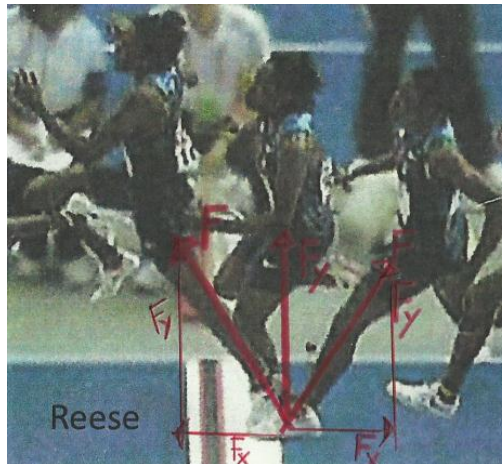
Mey Melis har betydelig større vertikal utgangsfart og utgangsvinkel enn Maggi, (3,42 m/s i forhold til 2,64 m/s, 23,5° i forhold til 17,6°), men Maggi har større horisontal fart (8,30 m/s i forhold til 7,87 m/s). Maggi har den laveste utgangsvinkelen og vertikal utgangsfart av samtlige hoppere. Hennes hopp er derfor interessant å analysere, for den reelle hopplengde er 6.81m, altså blant de beste. Mey Melis er den utøveren som har størst vertikal utgangsfart, men den horisontale farten er relativt lav. Det er hennes svært dårlige teknikk i landingen som er årsaken til at hoppet ikke ble lenger. Hennes $x_{svev,1}$ er en meter lenger enn Maggis $x_{svev,1}$, men den meteren taper hun i svak ladning, der Maggis $x_{svev,2}$ er 1,40 m, mens Melis' er 43 cm. Hvis Mey Melis hadde forbedret teknikken i landingen, slik at $y_0 - y$ økte med 10 cm og ble 30 cm, ville det økt $x_{svev,2}$ til over 60 cm og gitt henne en hopplengde på over 7 meter.

Teknikk i sats, sjev og landing

Krefter og kraftstøt i satsen

Det er to krefter som virker på hopperen i satsen. Den ene er tyngdekraften $\mathbf{G} = m\mathbf{g}$, der m er hopperens masse og g er tyngdeakselerasjonen. Den andre er kraften $\mathbf{F}$ fra planken, en kraft som er like stor som kraften hopperen påvirker planken med, se figur 3. På samme måte som en sprinter skyver på starblokkene bakover, for å få like stor kraft fra blokkene fremover, skyver en lengdehopper planken nedover, for å få like stor kraft fra planken oppover. Sammenhengen mellom denne kraftens vertikale komponent F_y , tiden t den virker og den vertikale farten v_y den skaper, er gitt ved likning 6), som i fysikken kalles kraftstøt:

6) $F_y \cdot t = mv_y$, som gir at $v_y = \frac{F_y \cdot t}{m}$, der m er massen til utøveren



Figur 3. Her er kraften F , den vertikale komponenten F_y og horisontale komponenten F_x tegnet inn i tre posisjoner i satsen til Reese.

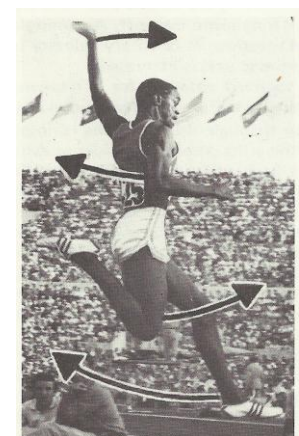
I satsens første fase har kraften fra planken retning skrått bakover, og den horisontale komponenten F_x bremser derfor den horisontale farten. Ved å bøye i kneleddet (senke tyngdepunktet) i denne fasen avtar kraften fra planken. Da vil mindre vertikal fart bli utviklet og mindre horisontal fart bli bremset opp.

Når kraften har vertikal retning, påvirker den ikke den horisontale farten og når den har retning skrått fremover øker den horisontale farten. Det gjelder altså å unngå oppbremsing av horisontal fart i første fase ved å redusere kraften fra planken, men øke kraften så mye som mulig i siste fase for å oppnå stor vertikal fart uten at den horisontale farten blir bremset opp.

Rotasjon i svevet og landingen

I satsens siste fase vil kraften fra planken gi hopperen rotasjon forover. Siden det kun er tyngdekraften som påvirker hopperen i svevet, vil produktet av rotasjonsfarten ω og treghetsmomentet I om tyngdepunktet, ωI kalt spinn, være konstant i hele svevet. Hvis hopperen i svevet øker I , ved såkalt hengteknikk, vil rotasjonsfarten ω avta, siden produktet ωI er konstant. En annen mulighet er å rotere armer og bein forover, se figuren under.

Ved å skape spinn med armer og bein vil, siden det totale spinn skal være konstant, kroppen måtte rotere bakover. På den måten kan hopperen utligne den forover rotasjonen som dannet i satsen. Bildeserien av hoppet til Reese viser at hun ikke gjør noen av delene, faktisk reduserer hun treghetsmomentet ved å bøye overkroppen ned og beina opp. Satsen hennes derimot tyder på at hun skaper stor forover rotasjon fordi tyngdepunktet er langt foran planken i siste fase. Den dårlige svevteknikken hennes gjør det vanskelig å få en vellykket landing. Hoppet til Maggi derimot viser at hun roterer med bein og armer, og klarer å holde kroppen i god posisjon mot landing.



Landingsteknikk

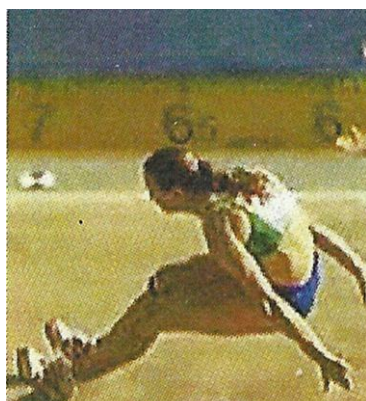
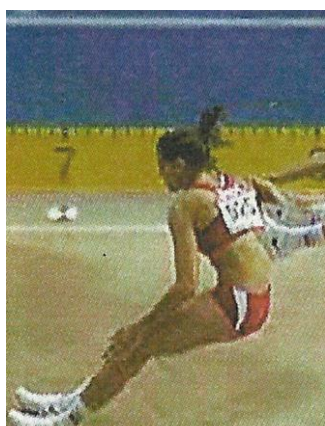
I den siste fasen av hoppet er målet å gjøre $x_{\text{svev},2}$ så stor som mulig. Siden $x_{\text{svev},2} = v_x \cdot t_{\text{svev},2}$ betyr det stor horisontal utgangsfart og stor forskjell mellom y_0 og y . Ved å løse

likning 4) med hensyn på tiden får vi:
$$t_{\text{svev},2} = \frac{-v_{0y} + \sqrt{(v_{0y})^2 + 4(\frac{1}{2})g(y_0 - y)}}{g},$$

som gir at lav vertikal utgangsfart v_{0y} gir større t enn stor v_{0y} , det tar lengre tid å falle fra y_0 til y i svev,2 fasen, når den vertikale farten er lav. For Mey Melis som har $v_{0y} = 3,42$ m/s, ville tiden for en vertikal forflytning $y_0 - y = 0,60$ m være 0,145 s, mens for Maggi med $v_{0y} = 2,64$ m/s, vil samme forflytning ta 0,172 s. Så selv Mey Melis hadde oppnådd samme $y_0 - y$ som Maggi, ville hennes $x_{\text{svev},2}$ være kortere fordi hun har større vertikal utgangsfart og lavere horisontal fart. For tallene valgt her, ville May Melis $x_{\text{svev},2}$ bli 7,87 m/s $\cdot$ 0,145 s = 1,14 m og Maggis $x_{\text{svev},2}$ bli 1,43 m.



Figuren viser to stillinger med tyngdepunktet i samme posisjon, men svært forskjellig vinkel mellom overkropp og beina; hoftvinkel. Liten vinkel er opplagt fordelaktig når føttene skal komme så langt ut i gropa som mulig. Men liten hoftvinkel gir mindre treghetsmoment og dermed høyere rotasjonsfart. Det er derfor viktig å rotere armene bakover helt til føttene treffer sanden, for å redusere forover rotasjonen. Fra dataene i DVL - tabellen ser vi at Mey Melis' hoftvinkel i landingen er 106° mens Maggis er 69°, se bildene under, Mey Melis til venstre og Maggi til høyre.



Konklusjon

En utøver med stor horisontal utgangsfart har mulighet til å hoppe svært langt, på tross av liten vertikal utgangsfart, hvis landingsteknikken er god.



Den skal tidlig krøkes.....

Foto: Tiril Tresselt

På årets trenerseminar fikk vi besøk av to av våre franske kollegaer, Pierre Carraz og André Gimenez. Carraz er trener for den franske sprinteren Christophe Lemaitre, mens Gimenez er idrettssjef i det franske friidrettsforbundet. Det er første gang Carraz har vært utenfor Frankrike for å fortelle om sin sensasjonelle utøver. De to holdt til sammen tre foredrag, hvor de tegnet et interessant bilde av utøveren Lemaitre og forklarte hvordan de har jobbet med elitesatsingen i Frankrike. Referatet er ført i pennen av Emma Suhonen, student ved Norges Idrettshøyskole

Christophe Lemaitre – den franske revolusjon

Av: Emma Suhonen

Christophe Lemaitre startet sin idrettslige karriere i Culoz, en liten by med kun et par tusen innbyggere. Han kom ikke fra en typisk idrettsfamilie, men hadde derimot en engasjert lærer som arrangerte løp, og som bestemte seg for å ta tiden på deltakerne. Det viste seg at en deltaker skilte seg særlig ut – den da 15 år gamle Lemaitre var raskere enn byens største sprinttalent, uten noen gang å ha trent sprint. Derfor ble han invitert til å trene med Pierre Carraz' sprintgruppe. Der ble han klokket inn til 11,88 på 100 meter. Seks uker senere var han nede på 11,49. Carraz skjønnte fort at han hadde å gjøre med en svært spesiell utøver.

Lemaitre var ordknapp, men hadde en sterk mentalitet og et større vinnerinstinkt enn de fleste; det var ikke uvanlig at den unge Lemaitre tok det svært tungt og gråt dersom han mislyktes. For å utvikle Lemaitre på en best mulig måte, startet Carraz sakte med å bygge et fundament.

I begynnelsen trente de kun to ganger i uka. Lemaitre var svært stiv da han startet, og klarte for eksempel ikke å bøye knærne ned i 90° stilling. Bevegelsestrening ved for eksempel å bruke hekkedrift var derfor en stor del av treningen. Hovedfokuset lå likevel på aerob utholdenhet og styrketrening – men ikke med vekter. Det ga resultater; som 16-åring var Lemaitre nede på 11 blank på 100 meter. Treningsmengden ble så økt til 3 økter per uke. Som 17-åring løp Lemaitre på 10,53, og som 18-åring ble han juniorverdensmester med tidene 10,52 på 100 meter og 20,82 på 200 meter.

Treningsmengden ble gradvis økt til han gjorde 5 økter per uke som 19-åring, og resultatene av treningen gjennom flere år så vi da han løp 9,97 i Barcelona – og ikke minst da han bare 21 år gammel presterte 9,92 og 19,80 i VM i Daegu i 2011.

Carraz understreker at Lemaitres fremste kvalitet er hans mentalitet. Gimenez forteller videre at Lemaitre har en svært god evne til å lukke ute alt irrelevant og konsentrere seg fullt. Lemaitres utfordringer teknisk sett ligger å jobbe med å redusere steglengden og øke frekvensen. Dessuten kunne denne utøveren ha godt av mer muskulær styrke og ikke minst utholdenhetstrening, selv om dette er trening Lemaitre selv misliker sterkt.

Carraz forteller at en utholdenhetsøkt for Christophe for eksempel kan være 2x500-400-300-200m (tid 1,40, 1,10, 52, 27) med 4 min pause, 10 min seriepause. Carraz er ikke enig i påstanden om at man blir treg av utholdenhetstrening, slik som enkelte mener. Derfor bruker han en god del utholdenhetstrening helt fram til mars. Det er ikke denne treningen som gjør at Christophe løper så fort nå, men det er veldig viktig trening for fremtiden, sier han.

Dersom alt går etter planen videre, ser Carraz for seg at Lemaitre kan løpe på 9,85 og 19,70 på 100 og 200 meter kommende sesong. På spørsmål om Lemaitre kan løpe 400 meter også – for eksempel om han kunne starte sesongen slik som Usain Bolt, svarer Carraz at en 400 meter på 46 sekunder ville være realistisk, men at Lemaitre da ville være så sliten at han måtte ta en lengre pause etterpå. En 400-meter ville ikke være hensiktsmessig på grunn av det, og fordi Christophe er så ung – og dessuten har han en sterk vilje som mest sannsynlig ville motarbeide deltakelse på en 400 meter til det siste.

Carraz om trening av sprintgruppa

Carraz forteller videre at hans sprintgruppe, bestående av 40 utøvere med aldersspenn fra 17-30 år, gjør det aller meste av trening ute da de mangler innendørs fasiliteter. Faktisk trener de kun en økt i uka inne. De drar som regel ikke på treningsleir, og har aldri fokusert på mental trening. Utøverne driver i hovedsak ikke med andre idretter – ikke fordi de ikke får lov, men fordi det er praktisk umulig når de skal være på sprinttreninga 5-6 økter i uka i tillegg til jobb eller skole.

Gimenez forteller at Carraz bruker et forholdsvis lite, men effektivt, utvalg av øvelser og at opplegget ikke har blitt endret noe særlig fra år til år. Carraz trekker frem særlig sete og hamstrings som generelle problemområder for sprintere, og disse områdene er fokus i både styrke- og bevegelsestreningen. Han fremhever betydningen av hekkedrift for bevegelse i hoftene, og trekker frem øvelsen "Nordic Hamstring" som den viktigste eksentriske øvelsen for å trene hamstrings hos sprintere. Motstandsløping for å trene kneløft og fraspark er noe som hos dem gjerne gjøres i oppoverbakke, eller på flatt underlag med motstand på 10-15 kg. I tillegg jobbes det med løping i slak nedoverbakke. Når det gjelder trening for overkropp, er Carraz langt fra sikker på at dette er så viktig for sprint. Noe roing og benk blir gjennomført, men med bevissthet om at de kiloene man har på overkroppen også må bevegelse i løpet.

Ulike fokus i treningsåret

I **november og desember** er det fokus på generell fysisk trening. En uke i denne perioden kan for eksempel se slik ut:

- Mandag – styrke med lette vekter. Lystbetont hurtighet, frekvenstrening og start fra blokk.
- Tirsdag – aerob trening, for eksempel 10x100 meter – arbeidsperiode på 18-20 sek, og like lang hvile.
- Onsdag – aerob trening: 3x3 «runder» (merk at deres «runde» er ca. 300 meter på gressbane), 10x30 sekunder løp med 30 sekunder pause etterfulgt av styrketrening med vekter, bl.a. dype knebøy.
- Torsdag – hekkedrift og løp over hekker med kort avstand (frekvensløp med 6,5 meters avstand). I tillegg gjøres sirkeltrening hvor øvelsene er sprintspesifikke; f. eks hopp opp på kasse og nordic hamstring.
- Fredag – aerob trening 2x500-400-300-200 (tider for Lemaitre: 145, 112, 48, 27), 3-4 minutter pause.
- Lørdag – bakkeløp.
- Søndag – fri.

I **januar/februar** gjennomføres oppkjøring til innendørs mesterskap. Startblokk- og sprinttrening er viktig.

I **mars/april** starter en ny periode med grunntrening.

- En uke kan være slik:
Mandag – sprint (mange løp), gjerne med flying start. Det kjøres også mange hoppserier, og dette gjøres uten sko.
- Tirsdag – langsprint 300, 250, 200 – 250, 200, 150 P 4 min SP 15 min.
- Onsdag – styrketrening med vekter, deretter aerob utholdenhetstrening: 10x100m, P = gå tilbake.
- Torsdag – 60-120-metere, sprint.
- Fredag – først spensttrening, deretter oppoverbakk løp (forholdsvis bratt bakke), deretter nedoverbakk løp (slak bakke) 7-8 x 60-meter. Som nevnt tidligere, stopper gruppa gjerne med aerob trening i mars.

I **mai/juni** er det full fart og kvalitet fremfor kvantitet.

- Eksempel, konkurranseuke:
- Tirsdag – langsprint f. eks 300, 250, 200 – 250, 200, 150 P 4 min SP 15 min. Noen av løpene kuttet gjerne dersom det er fare for at kvaliteten blir dårlig.
- Onsdag – Spensttrening (hopp over hekker) og 100m sprint, varierende antall.
- Torsdag - start 30-60 meter + 1*120 meter.
- Fredag og lørdag – fri.
- Søndag - konkurransedag i Frankrike.
- Mandag: fri, restitusjon.

I **juli/august** varierer hva som gjøres fra år til år avhengig av prestasjoner og tidspunkt for mesterskap.

I **september/oktober** har sprinterne i gruppa en hvileperiode på noen uker.

Det franske systemet - Work together, perform together

André Gimenez forteller gjerne om det franske systemet for elitesatsing. Han har tidligere vært friidrettsutøver, rugbyspiller, trener i ulike idretter og på ulike nivå, og han har vært idrettslærer på Grenoble-Lyon-Aix-Les-Bains High School før han ble idrettssjef i det franske friidrettsforbundet. Her startet han med å jobbe med den nye franske elitesatningen etter OL i Beijing 2008. Der fikk Frankrike kun en medalje (to etter diskvalifikasjon). Dermed lå det i kortene at det daværende systemet burde og måtte endres.

Fra VM i Berlin 2009 kom de franske utøverne hjem med 3 medaljer. Samtidig jobbet Gimenez iherdig med å få igjennom sine ideer. Til tross for politisk motstand fikk han gjennomslag, hvilket førte til hele 18 medaljer i EM Barcelona og 4 medaljer i VM i Daegu. Endringen Frankrike gjorde, var å gå bort i fra pyramidesystemet, hvor det ble satset bredt. De har i stedet valgt å løfte de inntil 50 beste seniorutøvere (mot 80 tidligere), og tilsvarende endringer er gjort for junior. Minimumskravet for å komme med i satsingsprosjektet er 12. plass på den europeiske rankingen og 16. plass på verdensranking. I tillegg må utøveren stille i det franske mesterskapet for å kunne være med på de internasjonale mesterskapene. Disse kravene må prestes hvert år, hvis ikke må utøveren ut av systemet og prøve igjen neste år. Dersom utøvere er skadet eller det er andre forhold som tilsier at man bør vise skjønn, kan utøvere likevel få være med videre uten å måtte klare kravet. Når det gjelder utøverne som ikke er med i dette nasjonale prosjektet, finnes et utviklingsbudsjett som brukes på dem. I tillegg får mange gode utøvere som ikke er blant de 50 topputøverne penger fra private sponsorer, klubben, kommunen eller lignende.

I det nasjonale systemet er det først og fremst idrettsutøveren, treneren og klubben som er i fokus. Det gjennomføres riktignok to nasjonale treningsleirer per år (tidligere var det

120 atleter med på disse leirene, mens antallet nå er redusert til 48) hvor utøverne møtes, og den personlige treneren møter og samarbeider med distrikts- og landslagstrenerne. Men mesteparten av arbeidet blir gjort i klubben. Forbundet sørger for fysioterapi og medisinsk personell på leirene, i klubben til daglig og på alle mesterskap. Systemet stiller krav om at den personlige treneren skal følge utøveren gjennom hele året. Ingen ting gjøres uten den personlige treneren, utenom stafetter i mesterskap. Trenerne får støtte til å jobbe med utøverne, og til å bli med på mesterskap. Frankrike stilte med 38 (!) trenere i Daegu. Da det er fokus på hva som er best for utøver, velger utøver og trener selv når og om de blir med på pre-camp før mesterskap. Det finnes retningslinjer som sier at det er ønskelig at de blir med, men det er ikke noe krav. Så lenge de gjør det bra, kan de styre selv.

Selve sportsprogrammet har et budsjett på 4,2 millioner euro. 1,9 millioner euro går til seniorsatsingen (inntil 50 utøvere og deres trenere), mens 300 000 brukes på juniorsatsingen (inntil 50 utøvere og deres trenere). 1,2 millioner euro brukes på internasjonale stevner, og 800 000 er øremerket kun for trenere. Det er kun unntaksvis at man betaler utøvere direkte– det gjelder i så fall svært gode heltidsutøvere som ikke har anledning til å jobbe ved siden av trening. I tillegg til dette er over 90 lærere betalt av forbundet for utvikling av trenere.

Nå forventer Frankrike 5 medaljer under OL i 2012. Tiden vil vise om Frankrike opplever suksess også i London.

Thomas Lewandowski er mellomdistansetrener fra Polen. Under siste VM hadde Polen to utøvere i 800m finalen, som begge ble trent av Lewandowski. Under trenerseminaret hadde han både forelesninger og en praktisk sekvens. Kenneth Buch, student ved NIH, har oppsummert foredraget.

Utvikling av utøvere i et langsiktig perspektiv

Av: Thomas Lewandowski/Kenneth Buch

Intro fra trenerforeningen: Thomasz er trener for broren Marcin Lewandowski og Adam Kszczot, som begge var i 800m finalen i VM 2011 i Daegu. Marcin vant EM 2010 i Barcelona.

Thomasz Lewandowski er en av de mest interessante trenere innenfor mellomdistanse løping i Europa. Når han stiller seg frem på scenen en sen høst kveld i Oslo, er det en engasjert og bestemt trener vi møter. Han gjør det hurtigt klart, at han i alt han gjør som trener har et langtidsperspektiv. Det er viktig å tenke på om du skal få utøvere til å prestere i verdensklasse, forteller han. Videre sier han at det også er viktig ikke å være belærende,

men hellere ha en inngang, hvor du som trener deler din erfaring med utøveren. Det er noen viktige nøkler til suksess.

Han fortsetter foredraget med å remse opp sin karriereutvikling. Da han var yngre drev han med friidrett selv. En god erfaring, hvor han opplevde ulike typer trenere. Disse trenere har gitt ham mange tanker og ideer i forhold til hvordan han selv agerer som trener. Det blev aldri til den store suksess selv, men uansett har det vært viktig for å han å kjenne på smerten i et løp og vite hva utøver står overfor. Etterhvert fikk han gjort seg ferdig som idrettslærer og det blev inngangen til en trenerkarriere. Hurtig fikk han tatt diverse trenerutdanninger innen idrettssystemet i Polen. Hvilket førte til en jobb som assisterende landslagstrener og videre til hoved ansvaret for mellom og langdistanse løpere på det polske landslag som han innehar nå.

Helt generelt forteller Tomasz at han etterhvert har fått bygget opp sin egen filosofi. Mye har kommet fra egen erfaring og som sagt fra de trenere han selv har hatt, men han har også hentet mye fra andre idretter. Noe av det han er mest stolt av å ha fått til er at hans utøvere aldri har hatt noen alvorlige skader, som har holdt dem unna trening. Og med 9 år som topp trener, er det virkelig en god prestasjon. Hans erfaring som trener kommer ikke bare fra eliteløpere, men også fra en trenergjerning på mange ulike nivå og enda også fra helt andre ting som trening av brannmenn. Det er derfor med et stort grunnlag at han kan fortelle mer om hva han vektlegger som trener.

Thomasz setter alltid utøveren i sentrum og det var også hans inngang da han kom inn i polsk friidrett. Han startet opp med å endre systemet slikt at det blev et mer langsiktig perspektiv. Det skulle være en rød tråd fra talent til eliteutøver. Folk i idretten vil ofte ta snarveier og bliver fort utålmodige, hvilket fort førte til skader, så et mer langsiktig perspektiv vil gi bedre trening og dermed bedre resultater. For ham er det også essensielt and man som trener klare å individualisere sin coaching. Ikke alle utøvere trenger samme type inngang og oppfølging, så det er viktig at du ser individet. Denne grunnfilosofi er nå klare verdier i polsk friidrett.

Thomasz ser ut på forsamlinger og utfordre med et spørsmål. "er løping det viktigste for en løper?" Heretter setter han på et videoklipp opp på skjermen. Her ser vi en skikkelig krasj mellom fler løpere på en 1500m. Tomasz forteller at det ikke bare handler om å kunne løpe, men også om å kunne forsure slike hindringer. Av den grunn vektlegger han ikke kun løping men også motorisk trening.

Det neste videoklipp vises, her ser vi unge jenter som ikke klare i noen spesiell grad å passere vanngraven på hinderløypa. Vi pusher utøverne våre alt for hardt, sier Thomasz. Disse jenter klare ikke øvelsen, derfor bliver det dårlig læring. Det er utrolig viktig at vi matcher våre utøvere forsiktig og ikke giver dem utfordringer de ikke kan klare, sier han med stor overbevisning. Så vi må tilstrebe dette for å få til en optimal utvikling.

Han fortsetter med et utkast av de viktigste faktorer i hans filosofi for utvikling fra ung til senior. 3-6 treninger pr. uke, 3-5 samlinger pr år (varighet 10-14 dage). Generell fokus på god ernæring. Mental trening, Forebyggende trening, blodtest av mineraler og vitaminer, gode trenere (som ikke pusher), motivasjon, moro, forståelse for hvile/søvn og holde roen i alle sammenhenger for å unngå stress.

Videre når utøveren nærmer seg toppnivå, vil det bli fler samlinger, mer fokus på helse, samt utfordre utøveren på nye måter. I Polen er størstedelen av folk katolikker, hvilket betyder at søndag alltid er fridag. Derutover avslutter han alltid sesongen med å sende

utøverne hans på en treningspause med en måned uten løping i det hele tatt. Heretter kan de starte treningsprosessen igjen. På kort sikt lønner det seg kanskje ikke med så mye fri, men på lang sikt er han ikke i tvil om at det hjelper. For ham er dette opplegg essensielt for å unngå skader.

På de neste slides går han dypere i sin filosofi. Å trene er som å bygge et hus starter han. Du må starte med fundament, så vegger og til sist tak. At trene er som å skulle mellom 2 byer. Det er ulike måter å komme dit, men ingen snarveier. Trening er som å bestige en fjell. Du må gjennom de ulike landskaper for å komme på toppen.

Disse tanker har gitt Thomasz motivasjon for å se på trening som en pyramide. All trening bør bygges opp som en pyramide. Basis i bunn og oven på det kan du bygge mer spesifikk trening. Intensitet styres også av pyramide konseptet, 60% rolig, 23% mellom, 10% hardt og 7% full kjø. Samme med antall av økter. Basisen danner grunnlag for hvor mye du kan trene hardt osv. Alt skal sees som en pyramide. Du kan ikke løpe med piggsko full distanse før en klarer å løpe terskel i riktig tempo, forklare han. Han utdyper med flere eksempler hans pyramide filosofi, som krever en streng struktur i treningsarbeidet for å kunne gjennomføres.

På spørsmål fra salen anbefaler Thomasz bare trening med egen kroppsvekt for det er det som er kravet i idretten. Muskelkontraksjonene skjer så fort at det ikke er noe krav til å utvikle så mye styrke som du oppnår med trening med vekter, forklare han.

Som trener prøver han ofte å gi utøverne veiledning slik at de får mer utbytte av treningene. Han snakker her om profesjonalitet hele veien igjennom. Til eksempel ser han utøvere komme i de populære korte sokker til lunsj. Da sender han dem på rommet igjen for å få på seg lange sokker. Akilles er meget utsatt med korte sokker og dette område kan du ikke utsette for kulde, da bliver det fort skade. Videre forteller han om andre eksempler hvor han bruker forskning for å bekrefte overfor utøverne hva som lønner seg. I blant sier han at han føler seg som en vakt mer enn en trener.

Til slutt viser han oss en oppsummering av de viktigste punkter, fra slidesene.

- Basis viktigst
- Ingen snarveier
- Godt system rundt utøveren (individualisert)
- Løping er ikke bare løping
- Tren smartere – ikke hardere

Roland van den Tillaar er professor ved høgskolen i Nord Trøndelag og forsker ved forskningsinstituttet CIDESD i Portugal. Han har sin egen bedrift, Movement Improvement, som selger bevegelsesanalyser, friidrett, håndball og freerunning trening og holder trenerkurs.

Artikkelen er holdt i den opprinnelige språkdrakten. (Red. anm.)

Melkesyre i et nytt perspektiv

Av: Roland van den Tillaar

Spør man en utøver hvorfor han/hun ble så raskt sliten av en tung anstrengelse, er det stor sjanse for at utøveren sier at han/hun har fått for mye melkesyre i musklene. De siste årene er det oppstått en stor diskusjon om melkesyre hemmer prestasjonen eller ikke. Hvis det ikke er melkesyre som forårsaker tretthet, hva er det da? Og hvilke konsekvenser har de nye synspunkter, hvis de er riktig, for utøverne.

Historie om melkesyre

Melkesyre ble oppdaget i 1780 av svensken Wilhelm Scheele som isolerte stoffet fra surna melk. Melkesyre er årsaken til den sure smaken man finner i yoghurt og surkål. Løst opp i vann, også i mennesker, er melkesyre spaltet slik at 99% forekommer som ioner.

$\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$ (Melkesyre) $\rightleftharpoons$ H^+ (hydrogen) + $\text{CH}_3\text{CHOHCOO}^-$ (laktat)

Ordene melkesyre og laktat blir begge brukt som synonymer, men er egentlig ikke korrekt benevelser. Laktat er den base resten av melkesyre på samme måte som klorid (Cl^-) er den base resten av saltsyre (HCl). Løser man kjøkkensalt (NaCl) opp i vann, spaltes saltet opp i ionene Na^+ og Cl^- . Det oppløste saltet er derimot ikke surt. Laktat-ioner kan også forekomme i ikke-sure miljø. Syreverdien (pH) av en væske bestemmes av konsentrasjonen av H^+ ioner. Jo flere H^+ ioner dess surere miljø.

Sammenhengen mellom melkesyre og anstrengelse ble først oppdaget i 1907 av Fletcher og Hopkins. De gjorde eksperimenter med isolerte froskemuskler som ble stimulert ved bruk av elektriske impulser. I et anaerobt miljø, ble det en økning av H^+ ioner og laktat i muskelen. Den fullstendige mekanismen av anaerobe energifrigjøring ble senere beskrevet av Meyerhoff og Hill i 1920- årene. Fra Meyerhoff og Hill kom teorien om at tretthet oppstår pga forsuring. De kom til denne konklusjonen gjennom følgende trinn:

1. Ved anaerob energifrigjøring i en arbeidende muskel, stiger konsentrasjon av H^+ og laktat- ioner.
2. H^+ og laktat dannes tilsammen melkesyre. H^+ ioner blir frigjort ved spalting av melkesyre.
3. Gjennom produksjon og økning av melkesyre, skjer det en pH senkning (forsuring) i muskelen og etterhvert også i blodet.
4. Senkning av pH forårsaker strukturendringer (denaturering) av protein, som også omfatter enzymer, som er nødvendig for energileveranse til muskelkontraksjon.
5. Som følge av denaturering, taper proteiner deres normale fysiologiske funksjon, og evnen til muskelkontraksjon minker.

Konklusjonen: melkesyre er årsaken til muskeltretthet.

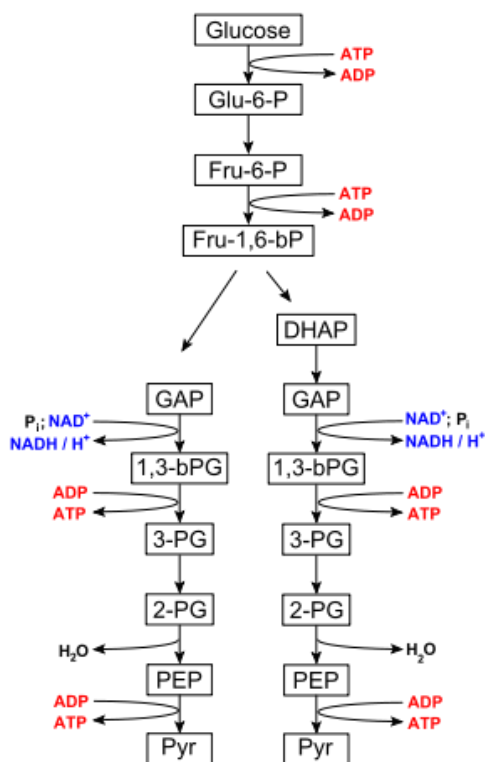
Det er nå 100 år siden og begrepet "beinet er full av syre" lever trygt i vårt språk, men stemmer teorien fortsatt? Fagområdene biokjemi og fysiologi har hatt en voldsom utvikling siden Meyerhoff og Hill sine teorier på 1920-tallet. Blant annet gjør nye teknikker det mulig å følge enkelte molekyler i kroppen. Videre er man mye bedre i stand

til å lage lignende omstendigheter som skjer i kroppen på laben. Dette har ført til ny viten som ikke var mulig i tiden Meyerhoff og Hill gjorde sine forsøk..

Dette har resultert i to punkter som setter spørsmålstegn ved forsureningsteorien. Det første er at man antar det blir produsert melkesyre i musklene og det andre, pH senkning i fysiologiske situasjoner hemmer enzymfunksjonen.

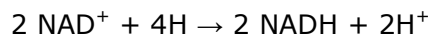
Anaerobe forbrenning og laktatproduksjon

Karbohydrat og fett er de viktigste energiressurser i kroppen vår. Ved hvile og lett anstrengelse, samt når nok oksygen er tilgjengelig, blir glukose fullstendig brutt ned til CO₂ og H₂O. Dermed frigjøres varme (energi) i form av ATP. ATP er den universelle energibærer i kroppen vår ved at molekylet avgir sin energi og etterpå blir "ladd opp" på nytt. Alle prosesser i kroppen som å tenke, å føle, å snakke og rødme trenger ATP for å kunne fungere. Men den største ATP-bruken, er kroppslig anstrengelse. Nedbrytingen av glukose skjer i to etapper. Den første er glykolyse (Figur 1), hvor et glukosemolekyl blir omdannet til 2 pyruvatesyre molekyl. Nettogevinsten ved denne prosessen er 2 ATP molekyl per glukosemolekyl. Denne prosessen foregår i cytosol. Etterpå blir pyruvatesyre tatt opp i Krebs-syklus i mitochondriene og den oksidative fosforyleringen og nedbrytingen av glukose blir fullført.. En total nedbryting gir mellom 36 og 38 ATP molekyl per glukosemolekyl (Cairns, 2006). Den totale syklusen (glykolyse, krebs syklus og oksidativ fosforylering) leverer den største mengde ATP per molekyl glukose. Men denne prosessen har en begrensning: den er avhengig av oksygentilførsel.. Så lenge oksygentilførselen til muskelen er like stor som energiforbruket, kan Krebs-syklusen bryte ned hele pyruvatesyremolekylet. Ved økende intensitet er det, pga begrensende kapasitet av hjerte og blodårene, ikke mulig med en fullstendig nedbryting. Da vil Krebs-syklus stoppe opp og den aerobe ATP produksjonen vil bli mindre enn energibehovet.

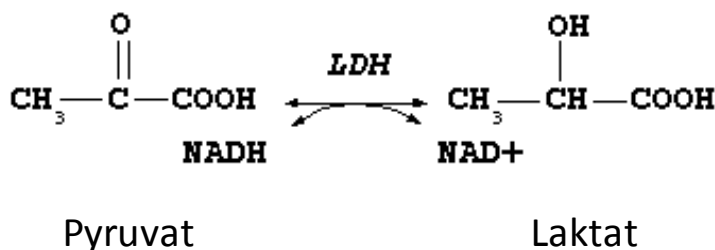


Figur 1. model om glykolyse

Det er annerledes ved glykolyse. Den fungerer uten oksygen til stede (anaerob). En begrensende faktor er derimot co-enzymet NAD⁺. Man trenger 2 NAD⁺ molekyl per molekyl glukose (se figure 1) for å kunne binde H-atomer som oppstår under glykolyse:



Under aerobe energifrigjøring blir H⁺ omdannet (gjennom noen mellomtrinn) ved hjelp av oksygen. Hydrogen og oksygen reagerer under utvikling av stor energi og det dannes H₂O. Da dannes det H₂O og igjen NAD⁺. Det NAD⁺ kan er å ta opp H atomer. Ved anaerobe energifrigjøring, er dette umulig. Dermed skulle det tilgjengelige NAD⁺ lageret raskt bli tømt hvis vi ikke hadde en annen hydrogen-akseptor i form av pyruvat. Pyruvat kan pga av mangel av oksygen, ikke bli brutt ned gjennom Krebs-syklusen. i stedet skjer reaksjonen som vist i figur 2. I pyruvatmolekylet blir dobbelbindingen mellom C og O brutt. Dermed kan det festes to nye H⁺ atom og det blir dannet laktat. NAD⁺ blir frigjort og glykolyse kan fortsette ved at NAD igjen blir redusert til NADH₂ i det 6. trinnet i glykolyse.



Figur 2. Omdanning av laktat fra pyruvat. Hydrogenatom blir levert av NADH og H⁺ fra glykolysen. Reaksjonen er katalysert av enzymet laktatdehydrogenase (LDH).

Hva med forsuren da?

Den anaerobe nedbryting av glukose gir en økning av laktat, men ikke til forsuren. Det motsatte skjer som vist i figur 2 ved omdanning av laktat blir H⁺ ioner bundet og dermed redusert forsuren!

Det viser seg at ved stor anstrengelser, vil pH-senkning opptre i musklene og etterhvert også i blodet. Hvor kommer H⁺ ionene fra? I følge Robergs m. fl. (2004) er det spalting av ATP som er den viktigste årsaken til forsuren. Dette kan sees ved følgende reaksjon:

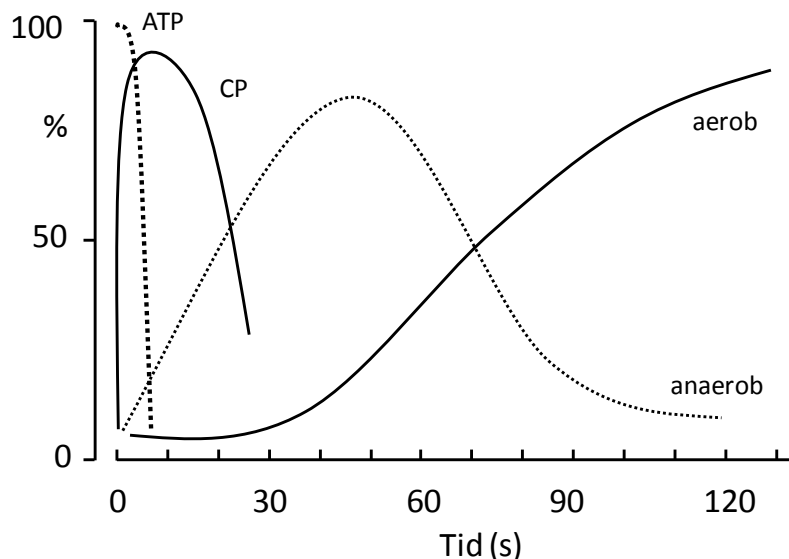


Dette er en reaksjon som kan gå begge veier for på et sted i muskelcellen blir ATP spaltet under en muskelkontraksjon og på andre steder i samme celle produseres ATP gjennom anaerobe og aerobe energifrigjøringsprosesser. I hvile og ved arbeid på et jevnt intensitetsnivå, blir det per tidsenhet i en muskel produsert like mye ATP som det blir brukt. Annerledes er det ved de intensitetene der belastningen øker, spesielt når intensiteten øker plutselig. De aerobe nedbrytingsprosesser og i mindre grad også de anaerobe prosessene, trenger tid for å kunne tilpasse ATP produksjonen til det økende behovet. For å kunne klare denne tidsforskjellen, har muskelcellene et lager av energibærere som består av 25% ATP. De øvrige 75% er kreatinfosfat (CP) som raskt kan gi fra seg en fosfat til ADP som resulterer i ATP og kreatin. Dette fosfatlageret blir mye brukt ved rask og intensiv økning av en anstrengelse som for eksempel ved utøvelse av eksplosive idretter (kulestøt, hopp og 100m), eller på slutten eller i en mellomsprint under en langdistanse. Ut fra denne teorien kan en fra foregående konkludere at ideen ved melkesyreproduksjonen ved anstrengelse er basert på en tankefeil. Det blir produsert laktat og H⁺ ioner, men de kommer fra forskjellige prosesser: laktat fra anaerobe nedbryting av karbohydrat i glykolysen, og H⁺ fra spalting av ATP. Man kan sammenligne det med mat som er tilberedt med eddik og kjøkkensalt hvor man finner H⁺ ioner (fra eddiken) og Cl⁻ ioner (fra saltet). Vil dette da si at du har saltsyre (HCl) i maten?

Går pH senkningen og laktatproduksjonen like fort?

Både bruken av fosfatbuffer og anaerob nedbryting skjer ved plutselig økende belastning eller ved tunge belastninger når den maksimale evnen av aerob nedbrytingen blir oppnådd og andre energikilder må bli brukt. Under en fysisk anstrengelse vil det dermed skje en minking av pH og en økning av laktat nesten likt, men ikke helt. Det har å gjøre med hvor stor farten er på de forskjellige energikildene som blir mobilisert.

Figur 3 viser bidraget fra de forskjellige energikildene ved begynnelse av en lett anstrengelse. Først kommer all energi fra det tilgjengelige ATP-lageret. Etter noen sekunder kommer ATP fra kreatinfosfatsystemet og innen et halvt minutt kommer den anaerobe nedbrytingen igang. Etter 2 til 3 minutter har den aerobe nedbrytingen nok kapasitet for å kunne levere all energien. Dette er naturligvis bare et forenklet bilde. Det virkelige forløpet blir bestemt av faktorer som nivå på anstrengelsen og måten de



Figur 3. Andel av de forskjellige energikilder i energileveranse ved begynnelse av en lett aktivitet.

forskjellige systemene blir stimulert i forkant av en oppvarming. Generelt sett kan man si at ved kortvarige og eksplosive belastninger blir ATP lageret brukt, mens det anaerobe (laktiske) systemet er den viktigste energikilden ved anstrengelser som varer fra 1 til 2 minutter. Derfor er det å forvente at ved serier på korte eksplosive bevegelser (f. eks. tennis og volleyball) så synker pH raskere enn laktatet øker. Under en 800m, blir begge systemene maksimalt utnyttet fordi all energien som er tilgjengelig må benyttes.

Ut fra dette kan en ikke svare på spørsmålet om pH senkningen og laktat økningen har en negativ virkning på prestasjonsevnen. For pH senkningen (den virkelige forsuringen) er sammensatt og på noen punkter fortsatt utydelig.

Laktat er ikke negativt

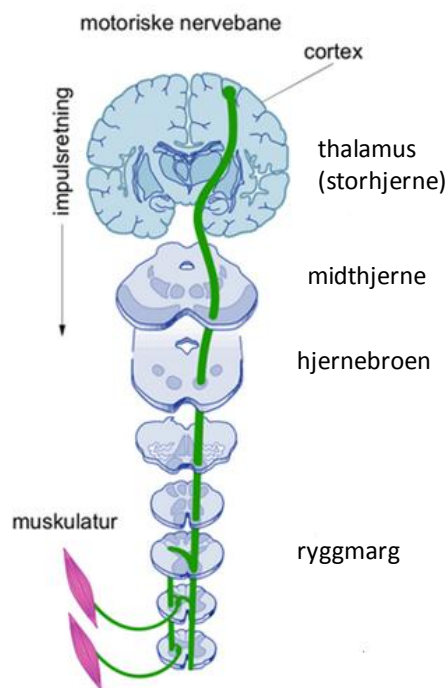
Ved de fleste former for aktivitet, blir bare en del av muskellmassen brukt. Når en sykler er den største belastningen i beina, mens musklene i resten av kroppen gjør mindre arbeid. Ved anaerob energifrigjøring i beinmuskulaturen, kan musklene i andre deler av kroppen arbeide aerobt. Oksygentilgangen er der fortsatt for å kunne dekke det aerobe energibehovet.

Dette gjør det mulig for disse musklene å bruke laktat som brensel. Laktat som blir produsert i anaerobt arbeidende muskulatur, blir transportet over i blodet og fordelt til hele kroppen. Aerobt arbeidende muskulatur tar opp laktatet fra blodet og omdanner det til pyruvatesyre. Pyruvatesyre blir videre brukt i Krebs-syklusen til aerob produksjon av ATP igjen (Gladden, 2004).

Også andre organer kan bruke laktat som energikilde.. Spesielt hjerte og hjernen, som er fullstendig avhengig av aerob nedbryting, er storforbrukere. Ved tungt arbeid, leverer laktat 60 % av energibehovet til hjertet (Gladden, 2004). Laktatet som ikke blir brukt som brensel med en gang blir tatt opp av leveren og omdannet til glykogen. Glykogen vil kunne fungere som en viktig energireserve senere.

Ut fra dette kan en si at laktat ikke er et avfallsprodukt, men et nyttig brensel. Laktat er ikke "negativt". Men motsatt, siden hjerte og hjerne kan bruke laktat som energikilde; de trenger dermed mindre glukose fra blodet. Denne glukosen kan bli brukt i de musklene som belastes mest for å holde i gang den anaerobe nedbrytingen. Fordi glykolysen bare leverer 2 ATP molekyler per glukosemolekyl i motsetning til den aerobe forbrenningen som leverer 36 til 38 ATP, er glukoseforbruket ved anaerob arbeidene muskler veldig stort. Anaerobt arbeid krever meget stor ATP produksjon pr. tidsenhet. En god tilgang av glukose er derfor essensielt. For ikke lenge siden ble det gjort eksperimenter hvor man stadfestet nytteverdien av laktat. Ved å sprøyte inn laktat i blodet på mennesker og i isolerte muskler av dyr, viste det seg at det har en positiv effekt på prestasjonsevnen allerede (Cairns, 2006). Kanskje laktat sprøyter blir brukt i idretten allerede?

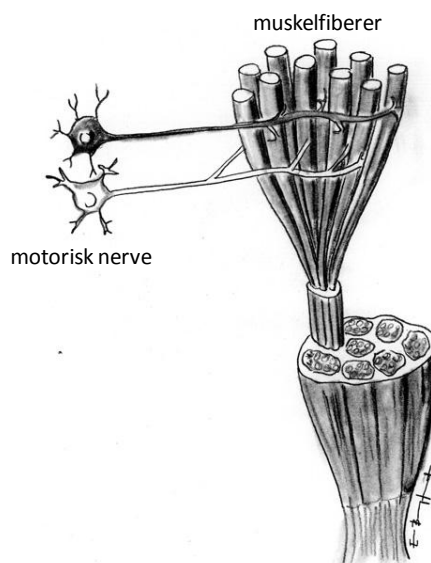
Sentral og perifer tretthet



Figur 4. En motorisk nervebane. Fra motoriske cortex går nervebane ned i ryggmargen. Der blir stimuli gitt videre til perifere motoriske nerver.

Sitter tretthet i musklene eller mellom ørene? Begge deler er mulig. Å bevege seg er mer enn bare sammentrekning av muskler. Egentlig er muskelkontraksjon siste trinn i en rekke prosesser. Den starter ved det emosjonelle senter av hjerne med beskjeden om å komme i bevegelse. I den motoriske hjernebarken blir det satt opp instruksjoner til muskler i form av elektriske stimuli (aksjonspotensialer/nerveimpulser). De stimuli går gjennom motoriske baner til ryggmargen (figur 4).

I ryggmargen blir stimuli gitt videre til de perifere motoriske nerver (nerveceller). Hver av de perifere motoriske nervene gir stimuli videre til noen muskelfibre.



Figur 5. Motorisk enheter. Hver motorisk enhet består av en nervecelle (perifer motor nerve) og muskelfiber som blir stimulert.

En motorisk nerve med de tilhørende muskelfibre blir også kalt en motorisk enhet (figur 5). De stimulerede muskelfibre reagerer gjennom å trekke seg sammen.. For å oppnå en effektiv kontraksjon trenger en muskelfiber flere titalls stimuli per sekunder. Jo flere motoriske enheter som blir aktivert og jo høyere stimuleringsfrekvens per enhet, desto raskere og kraftigere trekker muskelen seg sammen.. Så lenge det er nok energi tilgjengelig (i form av ATP) vil muskelen kunne utføre sammentrekningen. Det er slik at et bestemt anstrengelsesnivå bare kan opprettholdes når hele rekken av prosesser fungerer. Sentralnervesystemet (hjernen og ryggmargen) må kunne sende ut nok stimuli og muskelen må være i stand til å kunne reagere med en kontraksjon. I prinsippet kan det oppstå tretthet i alle deler av rekken. Hvis hjernen og ryggmargen ikke kan opprettholde stimulifrekvensen snakker man om sentral tretthet. Er begrensningen i muskelen (inkludert de motoriske enhetene) snakker man om perifer tretthet.

Subjektiv og objektiv tretthet

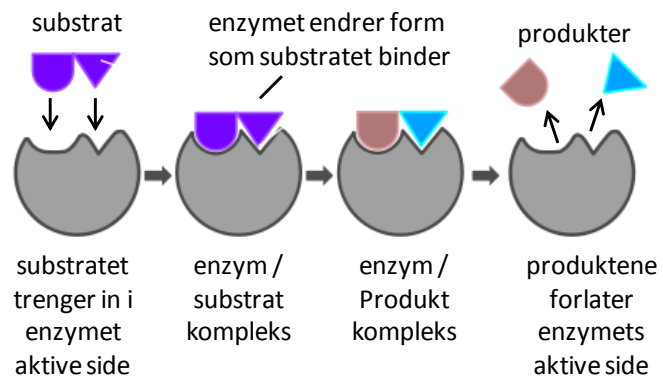
Tretthet opptrer ikke bare i form av minkende *fysisk* prestasjon. Det finnes også et mentalt aspekt, en subjektiv følelse som f.e. følelse av at beinet stivner. Sånne opplevelser er ubekvemme og har en bremsende effekt på motivasjonen om å bevege seg.

Siden de mentale prosesser finner sted i hjernen, kan subjektiv tretthet bli sett på om en form av sentral tretthet. Omvendt trenger sentral tretthet ikke nødvendigvis være subjektiv. Det er også mulig at noen fortsatt ikke føler seg mentalt trøtt, men at de motoriske nervene i hjernen og ryggmargen ikke fungerer lenger.

Hva gjør forsuring med musklene?

Høy anstrengelse forårsaker en pH minking i muskelen. pH minking kan også gi en strukturendring av proteiner som enzymer. Hvis enzymerne i muskelcellene skulle endres, skulle forskjellige biokjemiske prosesser som nedbrytning av glukose blitt hemmet. Et

enzym fungerer som en katalysator: den øker hastigheten av kjemiske reaksjoner som ellers skulle skje mye tregere eller ikke i det hele tatt. For å kunne fungere er det nødvendig at substratet (stoffet som skal endres f.e. glukose) passer i enzymet som en nøkkel i låset (Figur 6). Låsen trenger bare å endre seg litt. Da vil nøkkelen ikke passe mer. Det resulterer i at det ikke blir dannet ATP. Det sammen gjelder for de kontraktile filamentene (aktin og myosin) som sørger for muskelkontraksjonen. Når disse proteinene denaturerer, dannes ikke tverrbrokobling mellom aktin og myosin og muskelen kan ikke levere kraft.



Figur 6. Skjema av enzymvirkning. Formen av enzymet må være nøyaktig tilpasset formen av substratet.

Men skjer det denaturering av proteiner ved anstrengelse? Forskere som kom med forsureningsteorien i 1920 trodde det. Men de baserte tanken på lab. eksperimenter med isolert muskelvev fra dyr, utført i romtemperatur. Videre var de ikke i stand til å studere de biokjemiske prosesser i levende muskelceller uten å ødelegge dem betraktelig. Resultater fra disse eksperimentene kan ikke overføres til tilstanden til kroppen til en idrettsutøver.

Nå kan man sammenligne situasjoner i lab med virkeligheten. Diverse studier fra de siste årene har vist at intracellulære pH senking ved tung belastning (fra 7.0 til sirka 6.5) ved kroppstemperatur ikke har noen målbar negativ effekt på de viktigste enzymene av energistoffskifte og heller ikke på koblingen mellom aktin og myosin (Westerblad m.fl, 2002). Tvert imot, ifølge Pedersen m.fl (2004) hjelper pH senkningen muskelen mot tretthet. De fant ut at elektrisk stimulerte muskelceller, hvor man opprettholdt en konstant pH, viste raskere tretthet, enn muskelceller som normalt var kunne forsuret. Dette ble forklart ut fra en økende følsomhet av muskelcellen ved en lavere pH.

Teorien om at pH senking er årsaken til perifer tretthet holder ikke lenger. Likevel er det mulig at forsurening av blodplasma, ved siden av andre faktorer, spiller en rolle ved den sentrale trettheten (Cairns, 2006). Herved kommer vi til følgende spørsmål: hvilke type tretthet er mest begrensende for fysisk prestasjon..

På let etter det svakeste ledd

Så tretthet kommer ikke av forsurening. Men å avvise gamle sannheter er enklere enn å komme med nye, hvis det allerede er mulig. Det er bedre å akseptere at sannhet ikke finnes i vitenskapen og at man må være kritisk til de forklaringsmodeller som finnes. Det å motsi forsureningsteorien de siste årene har blitt en stimulans til ny forskning, som resulterte i diverse nye teorier (tabell 1). Men hvilke er mest troverdige?

Som sagt er det ved anstrengelse en lang rekke av prosesser, fra motivasjon til kontraksjon. Hver av de prosesser er sårbare, mens noen er mer sårbare enn andre. Videre er det organer som hjerte og lunge (inkludert pustemuskler) som ikke er en del av kommandorekke, men som spiller en betinget rolle. Hos friske mennesker er det usannsynlig at minkende kapasitet til hjerte og lunge er en årsak til tretthet ved tung belastning. Hjerte- og lungepasienten er ikke med i betraktning i denne artikkelen.

Til sammenligning med de teorier om sentral tretthet som fortsatt har en sterk hypotetisk karakter, er teorier om perifer tretthet bedre underbygget med fakta. Dette er forståelig. Muskler kan man i isolert tilstand studere på labben og siden musklene til mennesker ikke er så forskjellig fra andre dyr, kan man dermed bruke dyr som rotter og kaniner. Det er også begrensninger med disse teorier. Det viser seg at leggmuskler til en kanin blir mindre sensitiv for elektriske stimuli ved tung belastning og at den minkende sensibilitet har sammenheng med K^+ konsentrasjonen utenfor muskelcellen. Men herved er det ikke bevist at den andre runden på en 800m skylder kaliumioner.

For å kunne teste teoriene om sentral tretthet må man se på hele personen og spesielt på den minst tilgjengelige delen av mennesket: hjernen. Direkte bevis for disse teorier

finnes fortsatt ikke mye av. Men det finnes antydninger om at sentral tretthet opptrer tidligere enn perifer tretthet (tabell 2.). Hjernen gir opp tidligere enn musklene. Man kan også si at hjernen ser litt lengre enn bare medaljen.

Tabell 1. Teorier om tretthet ved anstrengelse.

Perifer tretthet

- Langvarig stimulering av muskelfiber gir en økning av ekstra-cellulær konsentrasjon av kaliumioner (K^+). Hermed minker følsomheten av muskelceller (Pedersen m.fl, 2005).
- Gjennom å spalte ATP og kreatinfosfat kommer det fri fosfat ioner. De har en hemmende effekt på koblingen mellom aktin og myosinfilamentene i muskelfiberen. Jo ferrekoblinger, dess mindre kraftutvikling (Westerblad m.fl, 2002).
- Anaerob stoffskifte forårsaker en rask nedgang av glykogenlageret i muskelen. Ved en begrensning av brensel minker produksjonen av ATP og dermed tilgjengelighet av energi for muskelkontraksjonen (Abbis og Laursen, 2005).

Sentral tretthet

- Gjennom en rask økning av pusting (relativ hyperventilasjon) minker CO_2 konsentrasjonen i arterien ved høy anstrengelse. Dette forårsaker vaskulær tetthet i hjernen. Som følge av dette får hjernen mindre oksygen for å kunne fungere optimalt (Nybo og Rasmussen, 2007).
 - Ved anstrengelse frigjøres stoffer, som H^+ og K^+ ioner som stimuler smertesensorer som befinner seg i muskelen (sensoriske nerveceller). Også hevelse som følge av osmose og små skader i muskelen kan være et smertestimuli. På sentralt nivå forårsaker denne smerten en minking av motivasjon til å bevege seg. Refleksaktige bevegelser kan opptre, og dermed blir bevegelsene mindre effektivt (Pedersen m.fl, 2005).
 - Hjernen blir kontinuerlig informert om kroppsfunksjoner (oppretholde blodtrykk, kroppstemperatur osv.) og tilstanden av de indre organer. Når hjernen registrerer at viktige kroppsfunksjoner eller organer kan få skader gjennom et for høyt anstrengelsesnivå, regulerer hjernen dette gjennom å justere nivået ned. Tretthet er dermed en beskyttelsesmekanisme (Noakes m.fl, 2004).
-

Tretthet er nyttig

Å bevege seg er viktig for å holde seg i livet. Fysiske ferdigheter gjennom styrke, hurtighet og utholdenhet øker overlevelsessjansen hos individer og dermed sjansen for et nytt liv. Det er imidlertid blitt mindre viktig i vårt samfunn enn hos våre forfedre i steinalderen.

Men hvis fysisk belastning nærmer seg grensen av belastbarhet blir risikoen av et høyt prestasjonsnivå større enn fordeler. For å unngå skade må en idrettsutøver bli beskyttet mot sin trang til prestasjon. Dette kan skje gjennom sentral tretthet. Det samme som smerter er tretthet en forvarsel, som er så ubekvem at man ikke kan motsette den. I dette tilfellet blir det varslet om overbelastning. Jo nærmere man kommer mot grensen, dess sterkere blir signalet.

Man kan undertrykke signalene gjennom doping som for eksempel. efedrin og amfetamin, slik at man kan fortsette til hjerte og muskler blir belastet maksimalt. Risikoen for en fatal hjertestans eller sjokk øker dermed dramatisk, i tillegg til overbelastningsplager i form av muskel og seneskader. Sjansen for skader som følge av koordineringshemninger eller overvurdering av seg selv øker også. (Avios, m.fl, 2006) Toppidrett uten et sikkerhetsnett er skadelig og kan være dødelig.

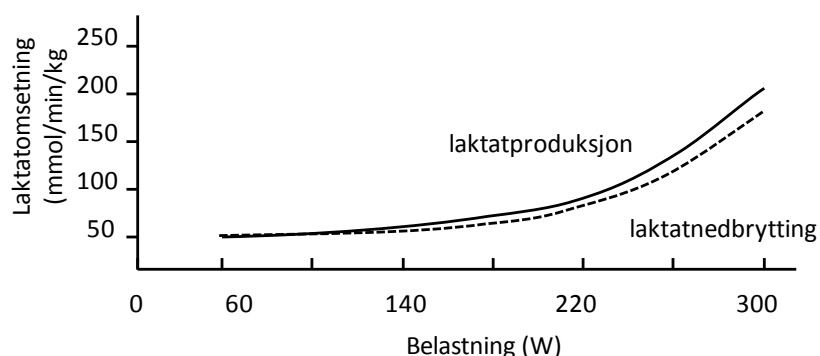
Tabell 2. argumenter for at sentral tretthet oppstår tidligere enn perifer tretthet.

- I det øyeblikket at muskelkraften starter å minke, er de kraftigste motoriske enhetene ikke aktive. Det finnes en potensiell muskelkraft som ikke blir brukt av nervesystemet (Nybo og Rasmussen, 2007).
- Når man stimulerer bestemte deler av hjernebarken hos en trett person (magnetisk, gjennom hodeplate), kan muskelstyrken økes (Todd m.fl, 2003).
- Stimulerende midler som er kjent for å påvirke det sentrale nerveystemet, som amfetamin og koffein, sørger for at man kan opprettholde muskelarbeid lengere (Cairns, 2006; Gandevia og Taylor, 2006).

Anaerob terskel.

I siste delen av artikkelen vil jeg snakke om begrepet anaerobe terskel. Hos mange idrettsutøvere også kjent som knekkpunkt. Selv om det finnes mange definisjoner av dette begrepet (se videre i artikkelen), blir den anaerobe terskelen tradisjonelt sett som intensiteten der kroppen begynner å forsure. Begrepet spiller en viktig rolle i treningslære. Det å forskyve den anaerobe terskelen til et høyere intensitetsnivå er en mye brukt betegnelse på effekten av utholdenhetstrening. At denne forskyvinga skjer er fakta. I tillegg finnes det bevis på at det finnes en relasjon mellom anaerobe terskel og prestasjonsevnen. Men ny innsikt om laktat og H^+ ioner ved anstrengelse gir oss muligheten til å trekke andre konklusjoner. Suksessen ved å bruke anaerob terskel i treningsmetoder blir ikke endret selv om det kommer nye teorier da metoden virker i praksis. Nye teorier kan man bruke til å stille kritiske spørsmål til praksisen.

Er den anaerobe terskel et fysiologisk fenomen eller en grense som bare er basert på noen funn? Hva er fordeler og ulemper med de forskjellige måter anaerob terskel blir bestemt? Kan man sammenligne utholdenheten til forskjellige idrettsutøvere på grunnlag av denne anaerobe terskelen?



Figur 7. Produksjon og nedbrytning av laktat ved økende belastning etter Noakes (1997).

Hvilke laktatterskler?

Begrepet laktatterskelen blir i litteraturen definert forskjellig (tabell 3). Det er derfor vanskelig å snakke om den spesifikke laktatterskelen. Den store variasjonen er at det er en arbitrær valgt verdi og ikke et fysiologisk fenomen. Når det ved økende intensitet

er et bestemt punkt hvor laktatnivået plutselig øker, som f.eks. som ved en dørstokk, skulle man forvente mer overenstemmelse i valg av laktatterskelen. At laktatnivået ved økende anstrengelse ikke går abrupt men gradvis er vist ved isotopen forskning. Ved denne type forskning blir radio-aktivt markerte molekyler, f.e. glukose eller laktat tatt opp i kroppen og en kan følge deres rute gjennom stoffskifteprosessen. Danning og nedbrytning av laktat kan man dermed studere uavhengig. Det er vist at en person i ro har danner like mye laktat per tidsenhet som blir brutt ned. Når den fysiske belastningen øker, stiger både produksjonen og nedbrytingen, men ikke på samme måte (Noakes, 1997). Nedbrytingen ligger litt etter i forhold til produksjonen (Figur 7). Det er logisk, fordi laktat blir laget i anaerobt arbeidende muskler, men nedbrytning skjer i hjerte, hjernen, leveren og muskler som jobber aerobt (Gladden, 2004). For å kunne bli brutt ned må laktat transporteres gjennom blodsirkulasjonen til de steder hvor det skjer. Også må nedbrytingshastigheten av laktat i hjerte og de andre organer øke. Dette koster tid. I tillegg blir evnen til å bryte ned laktat begrenset gjennom oksygentilgangen til de aktuelle vevene. Laktatproduksjonen har ikke dette problem.

Tabell 3. Forskjellige definisjoner av laktatterskel

- Intensitetsnivå hvor laktatkonsentrasjonen oppnår 2.0 (Maud & Foster, 1995) / 3.0 (Borch, Ingjer, Larsen, & Tomten, 1993) eller 4.0 mMol/l. (Sjödén & Jacobs, 1981; Heck m.fl, 1985).
- Intensitetsnivå hvor laktatkonsentrasjonen oppnår 1.0 (Davis m.fl, 1983), 1.5 (Helgerud m.fl, 1990) eller 2.0 mMol/l (Mamen m.fl, 2009; 2011) over hvileverdien.
- Intensitetsnivå som overfor, ved økende belastning, hvor laktatkonsentrasjonen øker relativt raskere enn belastningsgraden. (forskjellig fra person til person og per situasjon og kan variere ved absolutte laktatkonsentrasjon mellom 2 og 7 mMol/l) (Weltman, 1995).
- Maksimal laktatnivået som en person ved en bestemt belastning kan opprettholde på samme nivå i en periode (steady state) (Beneke, 2003). Forskjellig fra person til person og per situasjon og kan variere ved laktatkonsentrasjoner mellom 2 og 7 mMol/l.

Laktatnivået som mål for kondisjon

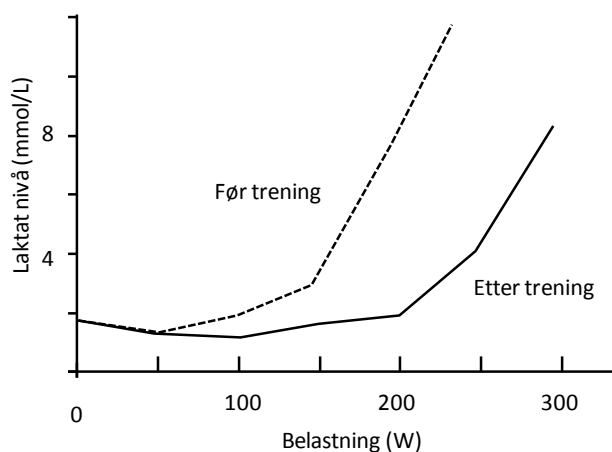
Utholdenhetstrening sørger for at laktatnivået er lavere ved økende belastning i forhold til før treningsperioden. Jo bedre man er trent, desto lengre tar det før laktatkonsentrasjonen i blodet øker (figur 8). Når man undersøker hvorfor det er sånn, viser det seg at laktatproduksjonen nesten ikke endrer seg gjennom trening. Det blir ved samme belastning ikke gitt mer eller mindre laktat til blodet enn før. Hva som øker er laktatnedbrytingen (Binzoni, 2005). Dette er forståelig fordi utholdenhetstrening har en positiv effekt på blodsirkulasjonen: hjerteminuttvolum og sirkulasjon i musklene øker. Laktat blir dermed raskere transportert gjennom kroppen. I tillegg skal den trente hjertemuskelen selv bruke mer laktat; ved tung belastning er laktat den viktigste energiforsyning til hjertemuskelen.

En annen effekt ved utholdenhetstrening er en økning av aerob stoffskiftekapasitet i muskelfibrene. På den måten kan de mindre arbeidende musklene, som jobber aerobt bryte ned mer laktat.

Uansett hvordan man definerer begrepet laktatterskelen (tabell 3), er det logisk at denne terskelen forskyves til en høyere intensitet som følge av utholdenhetstrening. Laktatnivået er dermed en brukbar indikator på hvor godt man er trent. Hermed må man tenke seg at et lavere laktatnivå ved samme intensitet ikke er årsaken til en forbedret prestasjonsevnen. Fra laktat blir man ikke sliten.

Laktatterskelen er heller ikke en god målestokk for å sammenligne forskjellige utøvere med hverandre. Nivået av laktatstoffskifte blir i største delen arvelig bestemt (Rodas, m.fl, 1998). To personer kan ved en bestemt intensitet ha det samme laktatnivået, eller begge kan være i steady state. Men den ene kan være utrent mens den andre er på toppen av sitt nivå.

Laktatterskelen kan man bruke for å sammenligne utøveren med seg selv. Det er da i prinsippet ikke viktig hvilken definisjon man bruker for laktatterskelen, når man oppnår terskelen ved en test som er målt på en pålitelig måte. Videre er det viktig at testen blir utført på samme måte hver gang ved å følge samme protokoll. Det er også en forskjell om man tar blodet fra fingertuppen, øre eller stortåa. Laktatterskelen endrer seg også med type aktivitet (Beneke m.fl, 2001), måleinstrument (Medbø et al, 2000) og tidspunkt på dagen (Fortsyth og Reilly, 2004). Tester en seg kl 9 om morgonen så har en best resultat hvis en tester på samme tidspunktet neste gang.



Figur 8. Effekt av utholdenhetstrening på forløpet av laktatkonsentrasjon ved økende intensitet.

Hvilke kondisjonsmåling er det beste

Måling av laktatterskelen er ikke den eneste måten å måle kondisjon av en utøver på. Andre parametre er:

- Maksimalt oksygenopptak (VO_2 maks).
- Maksimal effekt (målt i watt, W).
- Sammenheng mellom oksygenopptak og effekt (arbeidseffektivitet) henholdsvis løpsøkonomi.
- Forløpet av hjerterefrekvensen.

Følgende spørsmål er fortsatt lite kjent: hvilke av disse metoder kan forutsi prestasjonen? Svaret kan ligge i hvilken idrett man holder på med. For en 3000 meter løper kan VO_2 maks være mest relevant mens for en maratonløper kan det være laktatterskelen (Jones og Carter, 2000). Disse utsagnene er basert på teoretiske antakelser og på forskning med få forsøkspersoner, der man ikke sammenligner alle metodene med hverandre.

Konklusjoner

- Det er ikke riktig å snakke om melkesyreproduksjon ved tungt arbeid. Det blir dannet laktat og H^+ ioner (byggeklosser til melkesyre), men disse blir frigjort ved forskjellige prosesser i en muskelcelle som skjer uavhengig av hverandre. Laktation er et produkt av anaerob nedbrytning av karbohydrater. H^+ ioner blir dannet ved fosfatbatteriet (spalting av ATP).
- Laktat er ikke skadelig for prestasjonsevnen men er det motsatte, et nyttig brensel for muskler, hjerte og hjerne.
- Forsuring (minking av pH) er ikke årsaken til tretthet på muskelnivå. Tvert imot viser det seg at lavere pH beskytter muskelen mot tretthet. Blir den klassiske teorien om at muskeltretthet blir forårsaket av melkesyre veldig usannsynlig.
- I de siste årene har det kommet forskjellige nye teorier som forklarer tretthet ved anstrengelse. Fram til nå har ingen av teoriene fått nok bevis. Det er sannsynlig at sentral tretthet oppstår tidligere enn perifer tretthet. Sentral tretthet spiller en viktig rolle ved å beskytte kroppen mot overbelastning.
- Fysiologisk sett finnes det ikke noen anaerob terskel. Ved en økende belastning stiger laktatnivået, mens det finnes ikke noen eksakt punkt hvor denne stigningen plutselig starter eller øker.
- Det finnes sammenheng mellom fysisk kondisjon av en utøver og farten laktatnivået øker ved anstrengelse. Dermed kan arbitrære bestemte terskelverdier bli brukt hos individuelle utøvere for å måle forandringer i prestasjonsevnen over en treningsperiode.
- For å kunne sammenligne utøvere med hverandre er laktatterskelen en dårlig mål, fordi det bestemmes mest av arv og andre personlige faktorer.

Referanser

- Abbis, C R., Laursen, P B. (2005). Models to explain fatigue during prolonged endurance training. *Sports Med.* 35: 865-898.
- Avios, L., Robinson, N., Saudan, C., Baume, N., Mangin, P., Saugy, M. (2006). Central nervous system stimulants and sport practice. *Br. J. Sports Med.* 40: 16-20.
- Beneke, R. (2003). Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for
- Beneke, R., Laithauser, R M., Hutler, M. (2001). Dependence of the maximal lactate steady state on the motor pattern of exercise. *Br. J. Sports Med.* 35: 192-196.
- Binzoni, T. (2005). Saturation of the lactate clearance mechanisms different from the "lactate shuttle" determines the anaerobic threshold: prediction from the bioenergetic model. *J. Physiol. Anthropol. Appl. Human Sci.* 24: 175-182.
- Borch, K W., Ingjer, F., Larsen, S., Tomten, S E. (1993). Rate of accumulation of blood lactate during graded exercise as a predictor of 'anaerobic threshold'. *J. Sports Sci.* 11: 49-55.
- Cairns, S P. (2006). Lactic acid and exercise performance. *Sports Med.* 36: 279-291.

Davis, J. A., Caiozzo, V. J., Lamarra, N., Ellis, J. F., Vandagriff, R., Prietto, C. A. et al. (1983). Does the gas exchange anaerobic threshold occur at a fixed blood lactate concentration of 2 or 4 mM? *Int. J. Sports Med.* 4: 89-93.

Fletcher, W.M. and Hopkins, F.G. (1907). Lactic acid in amphibian muscle. *J Physiol.* 36, 247-309.

Fortsyth, J J., Reilly, T. (2004). Circadian rhythms in blood lactate concentration during incremental ergometer rowing. *Eur. J. Appl. Physiol.* 92: 69-74.

Gandevia, S C., Taylor, J L. (2006). Supraspinal fatigue: the effects of caffeine on human muscle performance. *J Appl. Physiol.* 100: 757-764.

Gladden, L B. (2004). Lactate metabolism: a new paradigm for the third millenium. *J. Physiol* 558: 5-30.

Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R., Hollmann, W. (1985). Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int. J. Sports Med.* 6: 117-130.

Helgerud, J., Ingjer, F., Strømme, S B. (1990). Sex differences in performance-matched marathon runners. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 61: 433-439.

instruments for measuring blood lactate concentration. *Scand. J Clin. Lab. Invest.* 60: 367-380.

Jones, A N., Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med.* 29: 373-386.

Mamen, A., Laparidis, C., van den Tillaar, R. (2011) The precision in estimating Maximal Lactate Steady State performance in running using a fixed blood lactate concentration or a delta value. *Int. J. Appl. Sports Sci.* 23: 212-224.

Mamen, A., van den Tillaar, R. (2009) Using the Lactate Pro® for lactate threshold determinations in cycling. *Int. J. Appl. Sports Sci.* 21: 74-85.

Maud, P J, Foster, C. (1995). *Physiological assessment of human fitness*, p. 60. Champaign, IL : Human Kinetics.

Medbø, J I., Mamen, A., Holt Olsen, O., Evertsen, F. (2000). Examination of four different

Noakes, T D. (1997). Challenging beliefs: ex africa semper aliquid novi. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29: 571-590.

Noakes, T D., St Clair Gibson, A., Lambert, E V. (2004). From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans. *Br. J. Sports Med.* 38: 511-514.

Nybo, L., Rasmussen, P. (2007). Inadequate cerebral oxygen delivery and central fatigue during strenuous exercise. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 35: 110-118.

Pedersen T H., Paoli, F., Nielsen, O B. (2005). Increased excitability of acidified skeletal muscle: role of chloride conductance. *J Gen. Physiol.* 125: 237-246.

Pedersen, T H., Nielsen, O B., Lambs, G D., Stephenson, D G. (2004). Intercellular acidosis enhances the excitability of working muscle. *Science*, 305: 1144-1147.

performance testing. *Eur. J. Appl. Physiol.* 89: 95-99.

Robergs, R A., Ghaisvand, F., Parker, D. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 287: 502-516.

Rodas, G., Calvo, M., Estruch, A., Garrido, E., Ercilla, G., Arcas, A., Segura, R., Ventura, J L. (1998). Heritability of running economy: a study made on twin brothers. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 77: 511-516.

Sjödin, B., & Jacobs, I. (1981). Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int. J. Sports Med.* 2: 23-26.

Todd, G. Taylor, J L., Gandevia, S C. (2003). Measurement of voluntary activation of fresh and fatigue human muscles using transcranial magnetic stimulation. *J Physiol.* 551: 661-671.

Weltman, A. (1995). *The blood lactate response to exercise*. Champaign, Ill: Human Kinetics.

Westerblad, H., Allen, D G., Lannergren, J. (2002) Muscle fatigue lactic acid or inorganic phosphate the major cause? *News in Physiol. Sci.* 17: 17-21.