



# Rapport 4

## *utvecklings- projekt*

Sveriges  
Olympiska  
Kommitté  
Idrottens Hus  
Storforsplan 44  
123 87 Farsta  
Telefon  
08-605 65 72  
Telefax  
08-605 65 88

- Nr 127/93,      Analys av sprinterlöpare med olika kapacitet  
Nr 11/94      – *Håkan Andersson, Leif Olav Alnes*
- Nr 30/92,      Utveckling av hoppegenskaper i ett träningssystem  
Nr 131/93,      – *Leif Dahlberg*  
Nr 14/94

Olympisk Support  
är svensk idrotts  
gemensamma  
kraftsamling  
på elitstöd och  
prestations-  
utveckling

## Innehållsförteckning

Nr 127/93 Nr 11/94	Sprinterlöpning <i>Håkan Andersson och Leif Olav Alnes</i>	<b>2–50</b>
Nr 30/92 Nr 131/93 Nr 14/94	Utveckling av hoppegenskaper i ett träningsystem <i>Leif Dahlberg</i>	<b>51–96</b>





Håkan Andersson och Leif Olav Alnes

# Sprinterlöpning

**Titel** "En inledande analys av sprinterlöpning". – En teoretisk beskrivning.

**Syfte** Detta projekt har uppkommit genom ett samarbete mellan aktiva sprintertränare samt några mycket engagerade idrottsforskare. Vi vill dock understryka att denna publikation inte får ses som en vetenskaplig forskningsrapport, då vi inser att detta arbete antagligen inte klarar en djupgående kritisk granskning, denna publikation är i stället ett försök att beskriva sprinterlöpning och om möjligt definiera prestationsbestämmande faktorer.

**Metod** De modeller som vi beskriver baseras på fysikens lagar och bygger på enkel muskelmekanik. Vi vågar påstå att oavsett vad som skiljer goda och mindre goda sprinters åt, bör de ge utslag i vissa yttre mätbara fysiska variabler.

**Resultat** Vi har i vårt och andras arbeten funnit några parametrar som vi tror kan ha stor eller till och med avgörande betydelse när det gäller att löpa med mycket höga hastigheter. Enligt vår uppfattning uppvisar toppsprinters (VM- och OS-finalister) följande:

- De uppvisar alla en relativt kort reaktionstid. Det måste dock poängteras att det saknas korrelation mellan reaktionstid och sluttid då även vissa sämre sprinterlöpare förmår reagera snabbt.
- De uppvisar en hög starthastighet, upp emot 4 m/sek. när bakre benet lämnar startblocket.
- De uppvisar en hög accelerationsförmåga.
- De uppvisar en högmaximal hastighet, upp emot 12 m/sek.
- De uppvisar ett stort löphjul (toppsprinters avverkar 100 m med mellan 43–47 steg).
- De uppvisar en hög maximal stegfrekvens 5,0–5,3 och en medeltalig stegfrekvens i 100 m loppet mellan 4,3–4,7 steg/sek.
- De uppvisar mycket korta markkontakter vid maximal sprinterlöpning; 80–90 m/sek.
- De uppvisar hög horisontell hastighet på foten inför fotisättningen, vilket medför liten bromsimpuls.
- Deras fotisättning sker högt på fotbladet, med mycket liten eftergift (stor muskulär styvhet).
- Deras fot släpper från underlaget i bakre stödfasen innan knät är fullt utträtat.
- De eftersträvar en fullständig höftsträckning i bakre stödfasen men undantag finns.
- Deras fot pendlas i bakre stödfasen nära sätet och nära stödbenets knä.

Även om dessa påståenden meddelar oss om vad som är önskvärt, är det tyvärr ändå inte givet att vi förstår varför någon är bättre i stånd att springa snabbt än andra då prestationen i sprint grundar sig på fysiologiska variabler som är mycket svåra att undersöka och förstå. Som de flesta vet är det inte nödvändigtvis rörelsemönstret som bestämmer prestationsnivå, skillnaderna kan lika gärna skyllas på större totala resurser eller större förmåga till rekrytering av muskulatur.

I en rad friidrottsgrenar (t.ex. kulstötning och höjdhopp) använder sig utövarna av helt olika tekniklösningar (innanför regelverket) och likväl uppnås i stort sett samma resultat. En god teknik grundar sig på utövarens förutsättningar och på yttre mekaniska lagar. Ett "bra värde" på en enskild variabel kan vara nödvändig men är ofta inte tillräckligt för att uppnå bra resultat. Det är likväl inte orimligt att hävda att en teknik som återfinns hos alla goda utövare torde vara normen.

## Tränarens slutsatser

På grund av detta arbetes utformning och design föredrar vi att inte redovisa egna slutsatser. Detta lämnar vi till läsarna.

## Projektansvarig/tränare

Håkan Andersson och Leif Olav Alnes.

## Kompetensstöd/ samverkande forskare

Johnny Nilson, IH, Thomas Haugen och Björn Moss, NIH.

# Sprinterlöpning



Av Håkan Andersson och Leif Olav Alnes

## Inledning

*En stor majoritet av idag populära idrotter ställer stora krav på någon form av snabbhet eller sprintförmåga. Ett stort antal studier har därför på olika sätt sökt belysa sprinterlöpning. De första kinematiska studierna av löpning genomfördes redan på 1920-talet och många biomekaniska forskningsrapporter behandlande löpning har på senare år presenterats. Trots det är informationen gällande vissa delar av sprinterlöpning fortfarande mycket begränsad.*

En central frågeställning i idrott är varför en utövare är bättre än en annan. Svaret borde kunna förtälja oss om vem som skall satsa på sprinterlöpning och vad varje enskild idrottsman borde göra för att optimalt utveckla sin sprintförmåga.

Både tränare och aktiva är idag upptagna av denna och av andra liknande problemställningar. En individs prestationsförmåga beror på ett komplicerat samspel mellan en rad olika faktorer. Förståelsen av detta samspel är långt ifrån fullständig, något som troligtvis är orsaken till att intuition, praktisk erfarenhet och inte minst tradition getts stor vikt vid all idrottsträning.

Prestationsnivån i Sverige och Norge har höjts betydligt under de senaste åren. Speciellt under de senaste 5 åren har standardhöjningen varit anmärkningsvärd. Fortfarande (med något undantag) har vi dock en bit kvar till den yppersta världseliten, denna situation har man försökt förklara på olika sätt. Otillräckliga naturliga förutsättningar hos utövarna eller för dålig kunskapsnivå hos tränarkåren är argument som ofta blivit brukade i denna diskussion. Vi kommer ej att ta ställning till någon av dessa synpunkter.

Detta projekt har uppkommit genom ett samarbete mellan aktiva sprintertränare samt några mycket kompetenta och engagerade idrottsforskare. Vi vill dock understryka att denna publikation inte får ses som en vetenskaplig forskningsrapport, då vi inser att detta arbete antagligen inte klarar en djupgående kritisk granskning, denna publikation är i stället ett försök att beskriva sprinterlöpning.

Under åren har vi haft tränaransvaret för en rad av Nordens bästa sprinterlöpare. Detta har medfört att vi efter bästa förmåga har försökt öka vår insikt och förståelse genom litteraturstudier, systematiska observationer samt samtal med andra. Vi vill därför gärna dela med oss en del av den kunskap som vi insamlat under ”resans gång”. Vår förhoppning är att detta projekt skall ge möjlighet till bättre insikt i vad som krävs i sprint samtidigt som det förhoppningsvis kommer att vara till gagn även för andra sporter med intresse för snabbhet.

Vi kommer i denna publikation att använda oss av modeller som är baserade på resultat från både egna och andras studier. Vissa av våra påståenden är i dagsläget inte helt utredda varför vi vill reservera oss för eventuella felaktigheter. Detta arbete bör ses som en ”trosbekännelse” av två tränare som har försökt belysa vissa variabler som kan tänkas ha stor eller avgörande betydelse

för en individs förmåga att prestera i sprint och som en vetenskaplig framställning anser att det för en tränare är nödvändigt att förstå för att optimalt kunna påverka.

Våra modeller baseras på mekanikens lagar och bygger på enkel muskelmekanik, referenser brukas följaktligen bara när sammanhangen inte kan härledas direkt från dessa lagar. Vi har försökt att fokusera på slutsatser knutna till de variabler som blir nämnda i modellerna, vi ämnar inte ge en fullständig redogörelse för de slutsatser som är dragna i de utvalda undersökningarna. Vi vågar påstå att oavsett vad som skiljer goda och mindre goda sprinters åt, bör de ge utslag i vissa yttre mätbara fysiska variabler. Följaktligen tvivlar vi inte på värdet av att bruka modeller för att klargöra vilka yttre fysiska variabler som är avgörande för att prestera maximalt i sprint, men även om modellerna förtäljer oss om vad som är önskvärt, är det tyvärr ändå inte givet att vi förstår varför någon är bättre i stånd till att springa snabbt än andra då prestationen i sprint grundar sig på fysiologiska variabler som är mycket svåra att undersöka och definiera.

I juli månad 1994 samlades i stort sett samtliga av Sveriges, Norges och Finlands toppsprinters i Oslo, dessutom hade vi deltagande från USA, Australien, Holland och Västindien. Totalt deltog 36 manliga sprinters i försöket, som kom att kallas NIKE Scientific 60 m. Löparna konkurrerade om 30000 SEK som donerats av NIKE-Sverige. När vi refererar till Oslo 1994 innebär det att data är hämtat från detta projekt. Övrigt material är hämtat från olika forskningsrapporter inklusive Alnes hovedfagsoppgave (126).

Vi vill vidare rikta ett varmt tack till alla som bidragit till detta projekt: CPU, Idrottshögskolan i Oslo, och NIKE-Sverige som bidragit med medel. Alla som var med och förberedde försöket i Oslo, alla som arbetade vid försöket i Oslo, Johnny Nilson, GIH för behandling av data, Thomas Haugen och Björn Moss, NIH för behandling av viss data. Johan Storåkers för statistisk behandling av viss data samt Peter Pitkänen för kritik av artikeln.

## Sprinthistorik (129, 130)

Friddrotten tillhör de ursprungliga formerna för all idrottslig tävlan. Idag likväl som under antiken är den troligen mest utövad av alla idrotter. De Olympiska spelen domineras suveränt av friddrotten och dess olika grenar ingår som en naturlig del i träningen för de flesta sportgrenarna.

Sprinterlöpning har alltid varit mycket populär. Den mest prestigefyllda grenen i de antika spelen anses ha varit löpning över en s.k. stadionlängd, i Olympia (192,27 m), även sprinterlopp över två stadionlängder (Diaulosloppet) förekom. En dubbelseger på de två olika sprinterdistanserna var lika ovanlig då som vid vår tids Olympiska spel, Michael Johnson är den ende manlige sprinter som lyckats med den bedriften. En av antikens mest berömda sprinters var Chionis från Sparta. Denne segrade fyra gånger i Stadionloppet och tre gånger i Diaulosloppet. Om denna Chionis, vilken även var känd som en utmärkt längdhoppare, finns för övrigt en fascinerande uppgift. En grekisk författare omtalar att Chionis endast levde på fikon och tillskrev denna diet en stor del av förtjänsten till sina framgångar!

Förutom det stora intresse för sprinterlöpning som vi ärvt från antiken verkar det råda en obruten tradition även vad det gäller löpteknik. Det är lätt att känna igen de karakteristiska dragen för en sprinterlöpare på antika vaser. Där återfinns samma kraftiga höft, knä och vriststräckning, samma framåtlutande bål och energiska armarbete. Allt ämnat att driva fram löparen i maximal hastighet.

Den moderna formen av friidrott har sin upprinnelse i Storbritannien omkring 1850-talet men man känner till många exempel på tävlingar ingående i olika vapenövningar och folkfester långt tidigare. I någorlunda organiserade former förekom dessutom kortdistanslöpning som professionell sport i samband med vadhållning i England redan på 1700-talet. Det var i regel skickliga löpare, vilka backades upp av någon rik man eller kartell. 1864 hölls det första Brittiska mästerskapen och redan då drogs en klar gräns mellan amatörer och professionella, för de senare ordnades särskilda tävlingar i såväl England som i Skottland, Sydafrika och Australien.

Som en fortlöpande tradition har dessa professionella tävlingar endast levt kvar i Australien där stora sprintkarnevaler fortfarande ordnas och då främst i delstaten Viktoria. Idag, då gränsen mellan amatör och proffs i stort sett har raderats ut, tillåts även amatörer att delta i dessa tävlingar men dessa anser sig ofta missgynnade på grund av ett handikapps-system som innebär att ju snabbare man är, desto längre bak får man starta!

Nordamerika har alltid producerat snabba löpare men även Europa och då främst Storbritannien har historiskt sett varit mycket framgångsrika. På senare år har sprinters från olika länder i Västafrika och framförallt Västindien alltmer börjat blanda sig i leken. Faktum är att i stort sett alla av dagens toppsprinters, för att inte säga alla framgångsrika sprinters från Kanada och Storbritannien härstammar från just Västindien.

## Historiska resultat 100 m herrar

### Manuell tidtagning

#### Först under 11 sekunder

10,8 Cecil Lee GBR 1892

#### Första officiella v-rekordet

10,6 D Lippincott USA 1912

#### Först under 10,5 sekunder

10,4 Charles Paddock USA 1921

#### Först under 10 sekunder

9,9 Jim Hines USA 1968

### Elektronisk tidtagning

#### Först under 10 sekunder

9,95 Jim Hines USA 1968

### Rekordutveckling

9,93 Calvin Smith USA 1983

9,92 Carl Lewis USA 1988

9,90 Leroy Burrell USA 1991

9,86 Carl Lewis USA 1991

9,85 Leroy Burrell USA 1994

9,84 Donovan Bailey 1996

### Flest tider under 10 sekunder

Carl Lewis 15 st

## Historiska resultat 100 m damer

### Manuell tidtagning

#### Först under 11,0

10,9 Renate Stecher GDR 1973

#### Första officiella v-rekordet

11,7 Stanislaw Walasiewicz POL 1934

### Elektronisk tidtagning

#### Först under 11 sekunder

10,88 Marlies Oelsner (Göhr) GDR 1977

#### Först under 10,80 sekunder

10,79 Evelyn Ashford USA 1983

### Rekordutveckling

10,76 Evelyn Ashford USA 1984

10,49 Florence Griffith Joyner USA 1988

### Flest tider under 11 sekunder

Merlene Ottey JAM 40 st

# Sverige

Historiskt sett har anmärkningsvärda insatser av svenskar och övriga nordbor varit relativt sällsynta. Enligt S.S. Abrahams, krönikör i tidningen *The Sporting Life*, 1911 beror det på att: *Svenskarna synes sakna den "inre djävul", som gör en sprinter. De komma iväg bra och löpa bra, men de sakna den "dash" i finishen, som gör mästaren.*

Trots mr. Abrahams ganska negativa reflektion över svenska sprinters, har några ändå lyckats slå sig in i den yppersta världseliten. Den förste var Knut "Knatten" Lindberg. I ett starkt och stort startfält lyckades han som ende europé kvalificera sig för finalen på 100 m vid OS i Aten 1906. Här blev hans notoriska svaghet en långsam start av avgörande betydelse och han slutade sexa. "Knattens" personbästa på 100 m var 10,6.

Vid OS i Antwerpen 1920 lade den svenska kvartetten Agne Holmström, William Petersson, Sven Malm och Nils Sandström beslag på bronsmedaljerna i stafettlöpning 4x100 m med tiden 42,9. Dessa bronsmedaljer är till dags dato de enda medaljer som erhållits vid ett olympiskt spel eller världsmästerskap av svenska sprinterlöpare!

Jämt 20 år efter "Knatten" Lindbergs finalplats upprepade det sedermera legendariska svenska sprinterret Lennart Strandberg "Knattens" prestation; en olympisk finalplats! Efter heatsegrar i såväl försök som mellanheat väcktes stora förhoppningar på svensken. I semifinalen blev denne trea efter suveräne Jesse Owens med ett nytt svenskt rekord 10,5. I finalen drabbades Strandberg tyvärr av en muskelbristning som medförde att han linkade i mål som sjätte och siste man. Strandbergs svenska rekord löd på 10,3 ett rekord som skulle komma att stå sig i nästan 40 år, Strandberg vann dessutom inte mindre än 21 svenska mästerskap på 100/200 m mellan åren 1934–1945!

Guldmedaljen på 200 m vid EM i Belgrad 1962 vanns sensationellt av blott 21-åriga Owe Jonsson, då han tangerade sitt eget svenska rekord med tiden 20,7. Sverige fick inte glädjas länge åt sin nya sprinterstjärna. Ett par veckor efter triumfen i Jugoslavien omkom Owe Jonsson tragiskt i en trafikolycka.

Den som skulle komma att slå Strandbergs svenska rekord på 100 m var Christer Garpenborg som blev amerikansk mästare på 100 m 1976. Det måste emellertid påpekas att flertalet av Amerikas toppsprinters inte deltog i denna tävling då dessa laddade för USA:s OS-uttagningar. Bland Garpenborgs övriga meriter märks två IEM-silver på 60 m samt en 7:e plats på 100 m vid EM 1974.

## 1990-talet

90-talets början innebar en definitiv standardhöjning för svensk manlig sprinterlöpning, se fig.1.

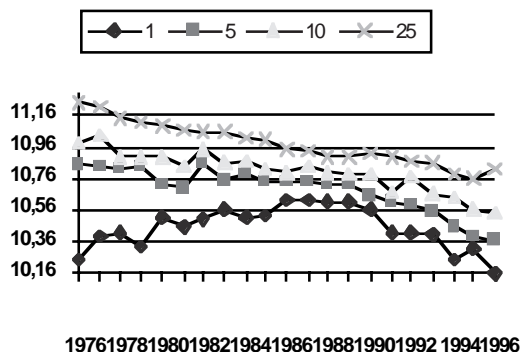


Fig. 1. Svensk utveckling manlig sprinterlöpning 100 m åren 1976–1996. nr 1, nr 5, nr 10 och nr 25.



Torbjörn Eriksson var den förste som med en semifinalplats vid OS i Barcelona 1992 visade att någonting var på gång. Denna prestation har sedermera följts upp med en rad uppmärksammade prestationer. Faktum är att det svenska korta stafettlaget har kvalificerat sig till final i alla mästerskap sedan VM i Stuttgart 1993. Garpenborgs svenska rekord tangerades i juli 1994 av Peter Karlsson. Under säsongen 1996 förbättrades det tre gånger av två olika sprinters! Patrik Stenius var först i Madrid med 10,21. Peter Karlsson sänkte sedan rekordet två gånger; 10,18 sedan 10,16. Vidare bör det påtalas att Peter blev förste svensken under gränsen 10 sekunder när han vid tävlingar i Tyskland noterades för fantastiska 9,98 – dock i för stark medvind.

60 m har blivit lite av en svensk specialité. Patrik Stenius var i final vid IVM i Barcelona 1995, Peter Karlsson tog IEM brons 1996 och Patrik Lövgren tog sig även han till IVM-final i Paris 1997. Torbjörn Eriksson har i sin tur följt upp sin insats från 1992 med att vara 2 tusendelar ifrån en finalplats vid IVM i Barcelona och att vinna en bronsmedalj vid IEM i Stockholm 1996.

Om det i jämförelse med andra idrottsgrenar varit relativt tunnsått på svenska manliga sprinterframgångar har det varit ännu sämre ställt på den kvinnliga sidan. En verklig ljusglimt var dock Linda Haglund, som tillhörde den absoluta världseliten i slutet av 1970-talet. Ett EM-silver 1978 samt en mycket hedervärd fjärde plats vid OS i Moskva 1980 är hennes främsta meriter. 4 medaljer från IEM åren 1976–1980 bör också nämnas. Linda Haglund diskades 1981 då hon lämnade ett positivt urinprov (anabola steroider) efter sin seger på 200 m vid SM samma år.

## Teknisk utveckling

### **Startpistolen**

När det gäller sprinterlöpning har starten av naturliga skäl alltid stått i centrum. 1913 kom en regel som krävde startskott för att ett rekord skulle kunna godkännas. Tidigare hade starten oftast markerats med en flagga och kommandoorden: ”I ordning-klart-gå”.

Man använde sig i seklets början av en regel som bestraffade tjuvstartande sprinters med tillbakaflyttning 1 meter vid en tjuvstart och diskning efter tre. Innan IAAF:s tillkomst 1913 var detta inte reglerat internationellt. Det var fritt fram för chansningar och nervkrig mot en starter som inför en allt otåligare publik inte kunde göra annat än att kalla tillbaka fältet. I Stockholms OS 1912 tjuvstartade amerikanen Craig i sitt heat inte mindre än åtta gånger.

Start och tidtagning är de moment i friidrotten där utvecklingen gått mot en alltmer avancerad elektronisk utveckling. En sofistikerad startkontrollutrustning används numera vid internationella mästerskap, allt för att göra startmomentet så rättvist som möjligt. Trots det orsakar startmomentet fortfarande oreda. Vem minns inte de otaliga omstarterna vid VM i Göteborg 1995.

### **Tidtagning**

Tidtagarurets tillkomst 1862 efter en uppfinning av schweizaren Adolphe Nicole tillförde sprinterlöpningen ett nytt tjusigt moment genom att tiden nu kunde uttryckas i bråkdelar av en sekund (från början i 0,2 sekunder). Redan 1864 rapporterades tider i tiondels sekunder. Detta innebar att en mer uttalad rekordjakt kunde påbörjas. Möjlighet att skilja löparna åt har antagli-

gen alltid vållat funktionärerna stort huvudbry. I seklets början ”övervakade” man med hjälp av filmkameror mållinjen, dåtidens dåliga bildupplösning medförde dock att löparnas målgång inte nödvändigtvis fastnade på filmen.

Dagens teknologi med en målkamera kopplad till starterns pistol utvecklades på 1940-talet och användes för första gången vid ett stort mästerskap vid OS 1948. Det gjorde att löparnas inbördes förhållande nu med större säkerhet kunde bestämmas. 1964 var det officiella tidtagningssystemet elektroniskt med 0,01 sekunders noggrannhet, tiderna som rapporterades var dock avrundade till närmaste tiondels sekund. München-OS 1972 var det första mästerskapet där alla tider rapporterades i hundraleds sekunder. 1976 bestämdes vidare att alla rekord på sträckor upp t.o.m. 400 m, nu endast kunde registreras med ett elektroniskt tidtagningssystem som tillåter registrering av hundraleds sekunder.

### **Vindmätning**

Jakten på rekord innebar större krav på funktionärer och tidtagning, man blev också medveten om att medvind kunde ge en löpare otillbörlig assistans och att därför borde någon för medvind avseende övre gräns inrättas. Vid IAAF:s kongress i samband med Berlin-OS 1936, bestämdes att denna gräns fortsättningsvis skulle vara 2,0 m/s för alla sprint- och häckgrenar upp till 200 m. Det fanns dock inget regelverk kring hur mätningen av vindstyrkan skulle utföras. Ett rekord kunde godkännas genom att en trovärdig person intygade att tävlingen genomförts inom regelverket! Det skulle komma att dröja ganska långt in på 1970-talet innan det i förekommande statistik skulle finnas noteringar angående vindstyrka. Enligt vad vi funnit är den svenska statistiken från 1972 först i världen med vindnoteringar.

### **Startpositionen**

Förutom tidtagarens tillkomst var introduktionen av en ”liggande” startposition epokgörande. Den introducerades 1888 genom C.H. Sherill, student vid Yale-universitetet. Det var dock en teknisk finess som liksom många andra stora ”uppfinningar” hade svårt att bli accepterad av samtiden. Vid sekelskiftet hade dock den liggande starten börjat tillämpas mer allmänt både i USA och Europa.

I USA uppfanns också startblocken. 1920 års OS guldmedaljör Charles Paddock anses av vissa vara mannen bakom den uppfinningen, andra tillmäter de amerikanska sprintertränarna George Brisnahams and William Tuttle detta. År 1929 slog en av Brisnahams adepter, en sprinter vid namn Simson världsrekord på 100 yards, ett rekord som underkändes p.g.a. att Simpson använt de av coach Brisnaham uppfunna startblocken. Användande av startblock vid internationella mästerskap skulle inte komma att tillåtas förrän år 1937.

### **Löparbanorna**

En populär uppfattning är att allvädersbanornas introduktion i början av 1960-talet är det som förutom träningsmetodernas utveckling kan tillmätas största delen av resultatförbättringarna som skett på löpning i allmänhet och sprinterlöpning i synnerhet. Denna uppfattning är nu så utbredd att den uppfattas som ett faktum. Det bör i detta sammanhang poängteras att 1964 års olympiamästare Bob Hayes 1961 sprang 100 yards på världsrekordtiden 9,1. Enligt uppgift sattes detta rekord på en allvädersbana av asfaltstyp. Denne Hayes noterades på kolstybb i Tokyo-OS på en enligt uppgift ganska uppsprungna bana för 10,06 (rapporterat som 10,0), en tid fullt jämförbar

med hans 9,1 på 100 yards. Inget tyder heller på att andra vid denna tid aktiva sprinters sprang speciellt mycket snabbare på allvädersbanor när de bytte underlag. Det är dock ett oemotsägligt faktum att syntetbanor ger möjlighet till toppresultat även vid ganska våta omständigheter.

Trots att underlag av allväderskaraktär fanns att tillgå skulle det dröja till 1968 innan ett mästerskap avgjordes på ett sådant. Det första helt revolutionerande underlaget kallades Tartan efter ett stall ägt av en direktör på företaget 3M. Tartan var från början menat som ett allvädersunderlag för hästtävlingar i besvärligt klimat. Underlaget visade sig snart tämligen olämpligt för hästar. Halkrelaterade och andra typer av skador bland hästarna medförde att Tartan i stället blev alla friidrottarens absoluta favoritunderlag.

### **Tränings teknisk utveckling**

Under den moderna friidrottens första decennier fanns i Sverige stora motsättningar mellan friidrottens tävlingsivrare och gymnastikens förespråkare. Man ansåg att det fanns en elitism som stod i strid med gymnastikens grundtanke att kroppsövningar skulle kunna utföras av alla och att i tävlandet låg en individualism som inte kunde accepteras (den typ av gymnastik som vid 1800-talets början utvecklades av Per Henrik Ling, skaparen av den svenska gymnastiken, vars ande vilade över både gymnaster och idrottsmän).

Amerikanska professionella tränare var antagligen bland de först med att bedriva vad vi idag kallar organiserad träning. Inflytandet från det nya landet i väst var stort på Sverige redan i seklets början. Inför OS i Stockholm anställdes på initiativ av den Olympiska Kommittén en svensk-amerikansk tränare vid namn Ernest Hjertberg. För Hjertberg var det upprörande att se hur landets främsta idrottsmän ofta bara tränade på söndagarna. Regelbundenhet var Hjertbergs viktigaste evangelium och det innebar träning 3–5 dagar per vecka. Han förespråkade dessutom träning i stort sett året runt.

På 1920-talet försökte man sig på en mer vetenskapligt inriktad träning. De vetenskapliga rön som direkt kunde omsättas i träning och teknik var dock sparsamma. En pionjär på området vara Gösse Holmer som bl.a. författade en bok om grundläggande muskellära och idrottsmekanik. Holmer kom att ha en särställning som svensk friidrottstränare under mycket lång tid. 1941 hade inte mindre än 65 000 exemplar av hans träningsbok i olika upplagor distribuerats. Som författare av träningslitteratur var han dominerande fram till hans sista serie träningsböcker 1952.

Hur man ansåg att en sprinter skulle träna under denna period kan vi få en viss inblick i genom Sven Strömberg – landslagsman, sedermera ledare i Örgryte IS och redaktionssekreterare på *Göteborgs-Posten*:

*Starten är den viktigaste detaljen. Av två lika snabba sprinters vinner den som har den snabbaste starten. Reaktionsförmåga och sinne för startteknik måste finnas som en förutsättning för gott resultat, men båda momenten kan tränas upp. Ofta betyder en korrekt kroppshållning och en väl utvecklad accelerationsförmåga lika mycket som ett obalanserat, ehuru kvickt trummande. Redan från första steget skall sprintern komma in i följdriktig löpning, varvid arm- och höftarbetet harmoniskt och enbart pådrivande, ej bromsande skall komplettera bearbetet.*

*Sprintränning omfattar startträning, helst på skott, snabbhetsträning med mycken kurvloppning och taktomslag, gymnastik och för alla sprinters upp till 400 m löpning på längre sträckor dels före säsongen som konditionsarbete, dels i tävlings säsongens början som stil och styrketräning. I allmänhet förbigås det*

*faktum att flitigt träningsarbete på kortdistans ger uthållighet. De längre loppen måste läggas in med visst omdöme.*

*Steglängden bör anpassas individuellt, lika förkastligt som den nämnda trumningen (ett överdrivet fjäskande med korta snabba steg) är de alltför långa stegen som "bryter" av den naturligt flytande rörelsen framåt. Som allmän regel gäller att inte lägga in träningslopp på tid, förrän specialträningen har fortskridit 3 veckor. Sprinters av den mer satta muskulösa typen kräver mer konstlad återhämtning såsom varma bad och massage än den långsträckta sprintertypen. Träning på mossor och sviktande skogsstigar eller gräsmarker brukar enbart vara till fördel för sprinterns spänst.*

En ofta förekommande myt är att dagens idrott är mycket raffinerad och genomsyrad av vetenskap och djup kunskap. Om man riktigt kritiskt granskar dagens idrott, inser man ganska snart att inte så speciellt mycket har hänt sedan Strömberg på detta synnerligen insiktsfulla sätt beskrev sprinterlöparens träning på 1940-talet.

Styrketräningen är definitivt den komponent i sprinterträningen som utvecklats mest. Styrketräning för sprinters är visserligen ingenting nytt, men länge rådde stor försiktighet runt viktlyftandet. Både expertis och erfarna tränare vittnade om att en alltför hård styrketräning kunde förstöra en god friidrottare. Den främste nordiske experten på området, den norske fysiologen Otto Jervell skrev t.ex. i *Nordisk familjebok* 1942, att tung styrketräning gav "korta och tjocka muskler". Följden kunde enligt Jervell bli minskad snabbhet och elasticitet samt i vissa fall en förkortning av musklerna.

I takt med öststaternas frammarsch på 1950-talet och deras synbara satsning på styrketräning blev man också i övriga världen mer uppmärksam på styrkans betydelse. Styrketräning är idag utan överdrift en naturlig och viktig komponent i alla sprinters träning.

## Sprinterforskning

Prestationen i sprinterlopp avgörs av den tid som löparen använder för att tillryggalägga en given distans. Följaktligen är det centrala att uppnå största möjliga genomsnittliga horisontella hastighet.

Distanserna som löps internationellt utomhus är 100, 200 och 400 meter för både kvinnor och män. Inomhus ersätts 100 m med 60 m, i övrigt är tävlingsdistanserna i sprint de samma som utomhus.

I friidrottslitteraturen har sprinterlöpning getts relativt stor plats. Mycket av litteraturen måste dock tyvärr betraktas som "kokböcker", nästan enbart baserade på praktisk erfarenhet och intuition. Idrottsvetenskapens roll har ofta varit att kritiskt granska det som tränarna länge har påstått sig veta. Historien förtäljer oss dessutom om att många s.k. sanningar haft en tidsbegränsad giltighet, något som inte minst kan skyllas på en stadig utveckling av bättre mätmetoder. Huvuddelen av de relevanta undersökningar av sprinterlöpning som genomförts kan delas upp i två huvudgrupper:

- Analyser av samma individ men vid olika löphastigheter
- Komparativa analyser av olika individer

Analyser av samma individ vid olika löphastigheter visar på en stor grad av överensstämmelse mellan olika undersökningar, så är inte alltid fallet i de

komparativa analyserna av olika individer. Att resultaten ibland inte överensstämmer mellan de komparativa undersökningarna torde kunna förklaras av:

- Testsituation
- Mätutrustning
- Behandling av resultat
- Urval av försökspersoner
- Prestationsnivån hos försökspersonerna
- Anatomiska skillnader hos försökspersonerna
- Träningstillståndet hos försökspersonerna
- Antalet försökspersoner

I denna analys har vi valt att utgå från 60 och 100 meter sprinterlöpning. Detta på grund av att de är de mest "renodlade" sprinterdistanserna. Då sträckorna löps på rak bana (utan kurva) slipper vi dessutom att komplicera bilden ytterligare. Våra modeller baseras på mekanikens lagar och bygger på enkel muskelmekanik, referenser brukas följaktligen bara när sammanhangen inte kan härledas direkt från dessa lagar. Vi har försökt att fokusera på slutsatser knutna till de variabler som blir nämnda i modellerna, vi ämnar inte att ge en fullständig redogörelse för de slutsatser som är dragna i de utvalda undersökningarna. Speciellt intresserade hänvisas till referenslitteraturlistan och specialartiklar som summerar och jämför resultaten i dessa undersökningar (8, 26, 51, 76, 88).

## Löphastighet

Löphastighet kan uttryckas som förhållandet mellan tyngdpunktens horisontella förflyttning i loppet av en full stegcykel och tiden det tar att fullfölja denna cykel (cykeltid):

$$\text{Löphastighet} = \text{stegcykel} / \text{cykeltid}$$

Löpare alternerar mellan markkontakt med höger och vänster fot. En fullständig stegcykel fortgår från det att en fot träffar underlaget till att samma fot träffar underlaget igen. En full stegcykel omtalas ofta som ett dubbelsteg och består av två markkontakter och två svävfaser, ett dubbelsteg består följaktligen av två stegcyklar. Fortsättningsvis kommer vi emellertid att använda oss av begreppet stegcykel som beteckning på en halv stegcykel.

### Stegcykelns faser

Cykeltiden minskar som tidigare har nämnts vid ökad stegfrekvens. En naturlig följd av detta är att varaktigheten av de olika faserna i stegcykeln minskar vid ökad löphastighet. Detta råder det stor enighet om i litteraturen, även om det finns nyansskillnader i synen på hur förändringarna sker (5, 13, 18, 57). Mekaniskt sett är det svårt att undgå att tiden för markkontakten minskar vid en ökad löphastighet. Durationen för markkontakten i maximalhastighetsfasen varierade vid vår studie mellan 0,076–0,105 sek. (medel: 0,090 sek.).

Svävtiden bestäms precis som för alla projektiler av tyngdpunktens hastighet och projektionsvinkel vid frånskjutet, dessutom av höjden på löparens tyngdpunkt i frånskjutet i förhållande till vid landningen samt av luftmotståndet. Durationen för svävfasen varierade i vårt försök i maximalhastighetsfasen mellan 0,107–0,142 sek. (medel: 0,123 sek.). Figur 2 illustrerar kontakt- och svävtiden i ett dubbelsteg i fasen för maximalhastighet.

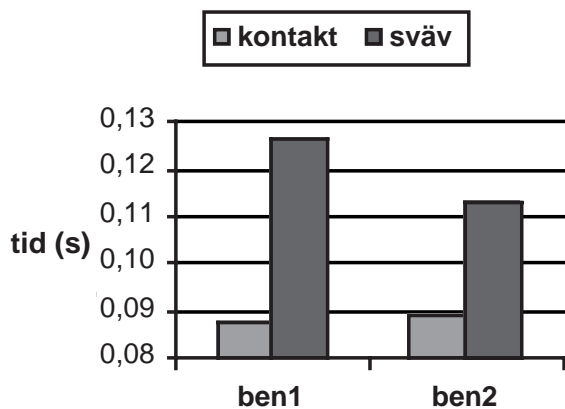


Fig. 2. Kontakttid/svävtid för en norsk toppsprinter under ett 60 meters lopp, tid; 6,78 under ett dubbelsteg (steg nr 16 & 17). Stegfrekvensen på höger ben är; 4,673 steg/sek. och stegfrekvensen på vänster ben: 4,950 steg/sek. Mätt på Idrotts högskolan i Oslo 1994 med en så kallad Switchmat (från Oslo -94).

### Yttre krafter som påverkar löparen

Forskare har försökt använda sig av många olika variabler för att analysera de krafter som uppstår i stödfasen (2, 32, 33, 35, 56, 60, 70, 100, 101). Vid löpning i konstant fart ökar såväl den horisontella som den vertikala kraftproduktionen med ökad löphastighet (70). Målet är en resultantkraft som är så vertikalt riktad som möjligt i främre stödfasen och så horisontellt riktad som möjligt i bakre stödfasen.

#### Vertikal kraft

I vertikal riktning påverkas löparen huvudsakligen av två typer av krafter:

- Tyngdkraften
- Vertikalkomponenten av reaktionskraften från underlaget

Luftmotståndet spelar en oväsentlig roll i denna riktning eftersom hastigheten i vertikal led är mycket låg. Tyngdkraften verkar kontinuerligt medan reaktionskraften från underlaget endast kan påverka löparen då denne har markkontakt. Maximalvärdet för denna kraft har i sprint sagts vara 3–3,5 gånger kroppsvikten (13, 61, 88). Enligt Mero är maximalvärdet 4,6 gånger kroppsvikten för män och 4,2 gånger kroppsvikten för kvinnor (92). Tidigare studier har rapporterat data från enskilda löpare på upp emot 5,5 gånger kroppsvikten vid sprinterlöpning i 9,5 m/sek., detta hos ”sprinterlöpare” med så kallad hälisättning (93). Toppvärdet påverkas av fotens position vid markkontakten. De flesta sprinterlöparna sätter i foten högt upp på fotbladet, detta anses minska s.k. ”healspikes”. Vid sprinterlöpning utvecklas således stora vertikala krafter i den främre stödfasen. Kraftutvecklingen i den bakre stödfasen är också stor, men toppvärdena är inte lika höga som i den främre.

#### Horisontell kraft

I horisontell riktning påverkas löparen också av två typer av krafter, nämligen horisontalkomponenten av reaktionskraften från underlaget samt från luftmotståndet. Den horisontellt bromsande kraften bör som tidigare nämnts vara liten och verka under kortast möjliga tid, detta för att minska hastighetsförlusten i främre stödfasen. Att luftmotståndet påverkar resultatet i sprint är

välkänt, något som kan illustreras av betydelsen av med- eller motvind vid sprinterlopp (se tabell 1).

vind (m/s)	medvind	motvind
0	0	0
0,5	-0,044	+0,046
1,0	-0,085	+0,094
1,5	-0,124	+0,144
2,0	-0,161	+0,197
2,5	-0,195	+0,252
3,0	-0,228	+0,310
3,5	-0,258	+0,370
4,0	-0,287	+0,433
4,5	-0,313	+0,498
5,0	-0,337	+0,567

*Tabell 1. Omräkningstabell till 0-vind. Sammanställd efter studier utförda vid biomekaniska institutionen vid Jyväskyläs Universitet, under ledning av Professor Antti Mero. Finns publicerad i Meros bok "Nopeus ja nopeuskestävyysharjoittelu". (Av erfarenhet vet vi dock att tabellen inte alltid stämmer helt, speciellt vid tävlingar på stora arenor där läktare och annat kan förändra luftströmmarna ganska så rejält.)*

Vid en löphastighet på 10 m/sek. under vindstilla förhållanden, upplevs luftmotståndet som en frisk bris. Luftmotståndet verkar som en kontinuerlig bromskraft på löparen. Generellt bestäms luftmotståndet mot en kropp av:

- Kroppens hastighet i förhållande till omgivande luft
- Kroppens storlek
- Kroppens form
- Kroppens yta mot luftströmmen
- Luftens täthet

Genom att bruka variabler som löparens längd ( $h$ ) och luftens relativa hastighet mot löparen ( $V_{rel}$ ) fann Hill (återgivet av Saziorski (77)) att följande matematiska formel gav en god beräkning av luftmotståndet;  $F = 0.0825 \cdot h^2 \cdot V_{rel}^2$ . I den generella formeln ingår kroppens relativa hastighet i kvadrat, något som förtäljer oss om att denna faktor är dominerande.

Horisontalkomponenten av reaktionskraften från underlaget kan som tidigare nämnts delas upp i bromsande och påskjutande kraft. Eftersom luftmotståndet är en kontinuerlig bromskraft, måste det finnas ett motsvarande överskott av påskjutande kraft mot backen om balans med noll nettoimpuls skall kunna upprätthållas i horisontell riktning, om inte får vi en retardation av hastigheten i horisontell riktning. Detta säger ingenting om storleken på de "konkurrerande" impulserna, bara att den algebraiska summan av dem skall vara noll om man önskar bibehålla löphastigheten. På grund av detta kan vi icke förutsäga om det finns ett samband mellan en utövars förmåga att uppnå hög löphastighet och oscillationen runt medelhastigheten.

Den horisontella bromskraften över tid har ett karakteristiskt förlopp med två krafttoppar där den andra varierar mest i storlek men är vanligtvis mindre (13). Påskjutskraften har vanligtvis ett planare förlopp med bara en krafttopp. Kraftutvecklingen vad gäller horisontell kraftutveckling är i jämförelse med den vertikala låg. Maximalvärdet för broms- och påskjutskraften är i storleksordningen 0,3–0,5 gånger den egna kroppsvikten i maximalhastighetsfasen (92).

## **Stödfas**

Tidsförhållandet mellan bakre och främre stödfasen har rapporterats vara i det närmaste konstant, detta oberoende av löphastigheten. Främre stödfasen varierar typiskt mellan 40–45% av den totala markkontakten (13, 57, 92). Vanliga modeller som använts för att beskriva dessa båda faser har varit:

- Främre stödfasen pågår så länge tyngdpunkten sjunker och bakre när den höjs.
- Främre stödfasen pågår så länge tyngdpunktens horisontella hastighet sjunker och bakre när den höjs.
- Främre stödfasen pågår till dess att tyngdpunkten passerar lodlinjen för stödpunkten.
- Främre stödfasen pågår så länge riktningen på horisontalkomponenten av reaktionskraften från underlaget är motsatt löpriktningen och bakre så länge den är riktad med löpriktningen.

## **Främre stödfasen eller bromsfasen**

Det har vanligtvis hävdats att främre stödfasen fortgår från det att markkontakt uppnåtts till det att tyngdpunkten passerar lodlinjen för stödpunkten, något som är fallet för en styv kropp utsatt för yttre krafter. På människan kan detta i bästa fall användas som en ”tumregel”. Vi föredrar att definiera den främre stödfasen som den del av stödfasen då riktningen på horisontalkomponenten av reaktionskraften från underlaget är motsatt löpriktningen (72).

I början av främre stödfasen utför höftens, knäts och fotens sträckarmuskulatur ett stort excentriskt arbete, det är därför viktigt att dessa muskler är föraktiverade och styva inför och vid fotisättningen. Den elektromekaniska fördröjningen (tiden mellan elektrisk aktivitet och mekanisk kraftutveckling) har rapporterats vara mellan 20–100 msek. (96). Markkontakten bör sålunda ske efter denna fördröjning.

I samband med markkontakten når de bromsande krafterna sitt max 10–40 msek. efter det att markkontakten har påbörjats. Detta är alltför kort tid för att det s.k. stäckreflexsystemet skall kunna aktiveras fullt ut (95). Vid sprinterlöpning spelar denna föraktivering en stor roll för den muskulära styvheten. På så sätt kan muskulaturen aktivt motstå landningen och tyndpunktens förflyttning i vertikal led blir liten, något som antas vara nödvändigt för en hög stegfrekvens (96, 97, 128).

Elastisk energi förs över från främre till bakre stödfasen och det har påvisats att muskulär elasticitet spelar en viktig roll för kraftproduktion under markkontakten vid både hopp och löpning. Detta synsätt har många anhängare (16, 17, 19, 48, 49, 56, 68, 82). Tyngdpunktens horisontala förflyttning under bromsfasen bestäms i stor grad av kroppsstorleken (benlängden) och kroppens konfiguration i kontaktögonblicket, men också av löparens förmåga att sträcka ut i höftleden. Detta ställer höga krav på löparens neuromuskulära talanger vid höga hastigheter på grund av stödfasens korta duration.

## **Faktorer som avgör den horisontellt bromsande impulsen**

Bromsimpulsen i varje stegcykel bestäms som tidigare har nämnts av storleken på två typer av krafter och den tid dessa tillåts verka. De två krafterna är luftmotståndet i svävfasen och den bromsande delen av reaktionskraften från



underlaget i främre stödfasen. För en stel, oelastisk kropp bestäms storleken på den horisontella bromsimpulsen av:

- Kroppens luftmotstånd.
- Kroppens massa.
- Kroppens tyngdpunktshastighet omedelbart före markkontakten.
- Kroppens ”rotation” före markkontakten.
- Kroppens ”stäm vinkel”, det vill säga den spetsiga vinkel som i kontaktögonblicket bildas mellan tyngdpunktens lodlinje och linjen mellan tyngdpunkten och kontaktpunkten.
- Kroppens tröghetsmoment runt rotationspunkten mot underlaget.
- Kontaktpunktens relativa hastighet i förhållande till underlaget omedelbart före markkontakten.

För en löpare kommer samma faktorer att gälla, dock med de begränsningar och möjligheter som människokroppen har då den i stor grad avviker från en stel kropp. En löpares kropp består av ett flerledat system som kan ändra konfiguration såväl vid yttre påverkan som vid aktivt bruk av den egna muskulaturen.

Ofta ses bromsimpulsen i löpning som något oundvikligt. Detta är troligtvis riktigt, men det vore alltför uppgivet att presentera en modell utan möjligheter till att aktivt begränsa bromsimpulsen. För det första tror vi att detta kan göras genom att träffa underlaget i en mer gynnsam konfiguration, med fotisättningen närmare tyngdpunktens lodlinjen, denna synpunkt har stor anslutning i litteraturen (4, 24, 32, 53, 55, 59, 62, 66, 70, 75). Löparen kan vidare möta underlaget med ett böjt ben, underbenet parallellt med tyngdpunktens lodlinje, eller med tyngdpunkten i så stort vertikalt avstånd från underlaget som möjligt (på tå och nära tyngdpunktens lodlinje).

Med samma svävtid och rörelselösning kommer en ökad vinkelhastighet i svävfasens benväxling att medföra en gynnsammare konfiguration i kontaktögonblicket. *Korneljuk* hävdar att aktivt bruk av sträckmuskulaturen i höftleden kan reducera storleken på bromsimpulsen (53). Vi anser att detta är ett grundkriterium för en god löpteknik då detta reducerar såväl bromsimpulsen som bromstiden. Detta sammanfaller väl med utsago från andra författare (64, 98, 126, 127).

Vid ökande löphastighet kommer en och samma utövare att utsättas för större bromsande krafter. Med andra ord kommer han eller hon stadigt att få försvårade betingelser för att kompensera för de ökande bromskrafterna. Skall utövare med olika kroppsvikt jämföras, måste bromsimpulsen skaleras genom att den divideras med löparens massa. Detta ger oss tyngdpunktens horisontella hastighetsförlust under bromsfasen.

$$\text{Hastighetsförlust} = \text{bromsimpuls} / \text{löparens massa}$$

I en klassisk studie gällande sprint från år 1930, beräknade *Fenn* hastighetsförlusten i främre stödfasen till 0,13–0,24 m/sek. vid löpning i maximal hastighet (32). *Korneljuk* fann hastighetsförluster i storleksordningen 0,3 m/sek. vid kraftplattforms mätningar (53), medan *Mero et al.* beräknade hastighetsförlusten till att vara i storleksordningen 0,39 m/sek. för ”bra sprinters”, 0,43 m/sek. för ”medelgoda sprinters” och 0,53 m/sek. för ”dåliga sprinters” (68,92). *Sprague* och *Mann* fann värden i storleksordningen 0,2 m/sek. (84).

De relativt stora skillnaderna i dessa värden kan vara knutna till metodiska olikheter mellan försöken (detta är ett stort problem som vi har påtalat tidigare), men också på en varierande snabbhetskapacitet mellan de olika studiernas deltagande försökspersoner.

## **Bakre stödfasen eller påskjutsfasen**

Vanligtvis sägs bakre stödfasen pågå ungefär från det att tyngdpunkten passerar lodlinjen från stödpunkten tills det att markkontakten upphör, men också detta kan bara ses som en tumregel. Tyngdpunktens horisontala förflyttning under bromsfasen bestäms i stor grad av kroppsstorleken och kroppens konfiguration när markkontakten upphör.

Vi föredrar att definiera bakre stödfasen som den del av markkontakten där riktningen på horisontalkomponenten av reaktionskraften från underlaget ligger i löpriktningen (72).

### ***Faktorer som avgör den horisontellt påskjutande impulsen***

En ökning av den påskjutande kraftimpulsen kan bara åstadkommas med hjälp av muskelkraft, detta genom att integralen av accelererande kraft över tid ökar. En förutsättning för att skapa accelererande kraft mot underlaget, är att löparen är i stånd att skjuta foten ”bakåt” med större hastighet än tyngdpunkten rör sig ”framåt”. Det är därför rimligt att förvänta sig ett nära samband mellan maximal löphastighet och alla variabler knutna till löparens förmåga att accelerera den egna foten horisontellt bakåt i förhållande till den egna tyngdpunkten.

En utbredd åsikt är att muskulaturen runt höftleden är den mest centrala muskelgruppen när det gäller att öka löphastigheten (30, 58, 59, 61, 62, 64). Detta sammanfaller väl med den utformning vi ser hos så kallade löpdjur (38). *Korneljuk* däremot hävdar att i påskjutsfasen spelar höftsträckarna liten roll för acceleration av tyngdpunkten, men att denna muskulatur istället är ansvarig för att kroppen skall hållas i en upprätt position (53).

Enligt *Korneljuk* är gastrocnemius viktigast för toppfart. Detta överensstämmer med (1, 2, 3) men får kritik från en rad moderna författare som hävdar att hamstringgruppen är s.k. ”prime movers” i sprinterlöpning (64, 98, 126, 127).

Muskulaturens förmåga att utveckla kraft avtar med ökande kontraktionshastighet i alla typer av arbeten. I sprint blir detta ett påtagligt problem i och med att kontakttiden minskar vid ökande löphastighet. Det innebär att ju fortare en löpare springer desto kortare tid har denne på sig att utveckla en horisontellt påskjutande kraft mot underlaget. Följaktligen förstår vi att det bör vara gynnsamt för en sprinterlöpare att bromsa så lite som möjligt om avsikten är att utnyttja sina resurser på bästa möjliga sätt med tanke på att uppnå högsta möjliga löphastighet.

En ökad medeltalig påskjutskraft ger kroppens tyngdpunkt en större medeltalig acceleration som medför att en given arbetsväg avverkas snabbare. Det centrala här är emellertid om kraftimpulsen kan ökas. När den accelererande kraften ökar över en given arbetsväg reduceras tiden samtidigt som produkten blir större. Följaktligen bör det i sprint eftersträvas att producera en stor kraftimpuls samtidigt som arbetsvägen optimeras (fullständig sträckning i höftleden). På samma sätt som bromsimpulsen kan påskjutsimpulsen beräknas genom att man dividerar påskjutsimpulsen med utövarens massa, därmed får vi ett uttryck för tyngdpunktens horisontella hastighetsökning under påskjutsfasen.

Om vi bortser från de små hastighetssvängningarna i varje stegcykel, är det en förutsättning för jämn löphastighet att tyngdpunktens hastighetsökning i påskjutsfasen är större än tyngdpunktens hastighetsnedgång i bromsfasen. Detta för att kompensera för verkningen av luftmotståndet.

## **Svävfasen**

Svävfasen är fasen när löparen är fritt svävande. Bakre svävfasen karakteriseras av att tyngdpunkten höjs, den främre av att tyngdpunkten sjunker. Enligt *Atwater* står svävfasen för 50–65% av den totala steglängden vid fasen för maximalhastighet (94). I vårt försök stod svävfasen för 51,2–62,3% av cykeltiden i maximalhastighetsfasen. *Korneljuk* hävdar att pendelhastigheten på låren i svävfasen är mycket avgörande för att stegfrekvensen skall kunna ökas och kontakttiden minskas (53). Svävfasen har traditionellt delats in i två faser, bakre och främre. En vanlig modell som använts för att beskriva dessa båda faser har varit:

- Bakre svävfasen pågår så länge tyngdpunkten höjs och främre när den sjunker.

## **Faktorer som avgör svävfasen**

Varaktigheten av denna fas bestäms av tyngdpunktens vertikala utgångshastighet, samt eventuell höjdskillnad på tyngdpunktens nivå vid ”frånskjut” och ”landning”. I ett motståndsfritt medium (vakuüm) skulle horisontal-komponenten av utgångshastigheten vara konstant genom hela svävfasen. Då skulle tyngdpunktens horisontella förflyttning under svävfasen vara produkten av horisontalhastigheten och svävtiden.

# Funktionell fasindelning

## **Bakre pendelfasen**

Bakre pendelfasen definierar vi som den del av stegcykeln där lårbenspendlingen är riktad mot löpriktningen. Bakre pendelfasen startar kort efter det att foten släppt från underlaget och fortgår till det att knät når sitt högsta läge framför löparen.

Efter det att foten släppt från underlaget sker en fortsatt extention av främst höftleden samtidigt som det bakre benets lår fortsätter att flektera mot buken. Grad av amplitud på dessa rörelser varierar i hög grad från individ till individ och vi har inte kunnat finna någon studie som visar på samband mellan graden av höftsträckning i bakre stödfasen, inte heller vad gäller grad av flexion i lårbensframpendlingen. Efter denna ”utsträckning” i svävfasen sker en benväxling som innebär att det bakre benet börjar sin frampendling och det främre sin bakpendling. *Korneljuk* (53) hävdar att pendelhastigheten på låren i svävfasen är avgörande för om stegfrekvensen skall kunna ökas och kontakttiden minskas i stödfasen. Troligtvis innebär detta att om rörelselösningen och svävtiden är oförändrad kommer en ökad vinkelhastighet i benväxlingen att medföra en gynnsammare konfiguration i kontaktögonblicket.

## **Faktorer som avgör den bakre pendelfasen**

Varaktigheten av denna fas bestäms av hur mycket löparen sträcker ut i höftleden i bakre stödfasen samt hur långt bak foten pendlar upp mot sätet i svävfasen, vidare bestäms bakre pendelfasens duration av vinkelhastigheten i höftflexionen samt till vilket läge denna höftflexion lyfter lårbenet.

## **Främre pendelfasen eller dragfasen**

Främre pendelfasen definierar vi som den del av stegcykeln där lårbenspendlingen är riktad mot löpriktningen. Främre pendelfasen startar i och med att

knät når sitt högsta läge framför löparen och fortgår genom markkontakten och avslutas kort efter att foten släpper från underlaget. I främre pendelfasens första del (svävfasen) gäller det att med högsta möjliga hastighet pendla lårbenet och foten bakåt, detta för att minimera den bromsande kraftimpulsens negativa inverkan på löphastigheten i den efterkommande främre stödfasen. Hela fasen från det att lårbakpendlingen påbörjas till dess att foten släpper från underlaget bör ses som en enhetlig aktion som kan namnges *dragfas*. Höftens sträckarmuskulatur (se avsnittet Framåtdrivande muskulatur i sprint) är mycket viktig under denna del av stegcykeln. Dragfasen består alltså av både en sväv- och stödfas. Det bör påpekas att knäts flexorer uppvisar ingen eller mycket låg aktivitet då knäleden flekterar i bakre pendelfasen. Denna växling mellan anspänning och avslappning i stegcykeln är antagligen mycket viktig för att muskulaturen skall ha möjlighet att upprätthålla en hög arbetsintensitet.

### Faktorer som avgör den främre pendelfasen

Varaktigheten av denna fas bestäms av från vilket läge lårbakpendlingen börjar och var den slutar, samt av vinkelhastigheten i höftextensionen. Vissa toppsprinters, t.ex. Michael Johnson, USA, verkar kompensera en relativt liten höftvinkel (lågt knälyft) med en kraftigt accelererande höftextension. Graden av sträckning i höftleden i bakre stödfasen bestämmer också varaktigheten på denna fas. Figur 3 illustrerar de ovan nämnda funktionella faserna i stegcykeln.

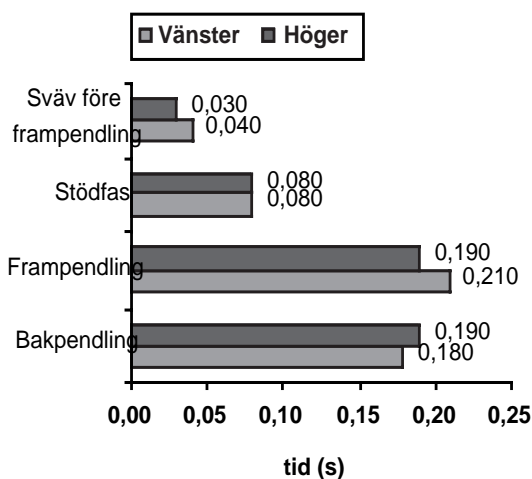


Fig. 3. Tid för stegcykelns faser enligt modell fram/bakåtpendling för en norsk toppsprinter under ett 60 m lopp, tid; 6,78 under ett dubbelsteg i toppfart. Mätt på Idrotts-högskolan i Oslo 1994 med ett MacReflex analysystem 3D 100HZ (från Oslo -94).

## Framåtdrivande muskulatur i sprint

En sprinterlöparens muskulatur har vid löpning två huvuduppgifter.

1. Att motverka gravitationens kraftpåverkan vid varje fotisättning i vertikal riktning.
2. Att producera en horisontellt verkande kraftimpuls som är stor nog för att påverka löparen i löpriktningen.

Vid maximal löpning för toppsprinters måste detta vertikala och horisontella arbete ske på otroliga 0,080–0,090 sekunder som är markkontaktens totala längd. Det ställer extremt höga krav på sprinterlöparens neuromuskulära talanger.

Det är tämligen enkelt att fastställa knäextensorernas betydelse att vid främre stödfasens inledning genom ett kraftigt excentriskt muskelarbete

bromsa upp den fallande massan och i den bakre genom ett snabbt koncentriskt arbete höja tyngdpunktens läge inför svävfasen. Att identifiera vilken muskulatur som står för det påskjutande muskelarbetet är något mer komplicerat. Det finns en rad reservationer speciellt vad gäller knäextensorernas roll i det horisontella muskelarbetet.

### **M.vastus medialis**

Om man betraktar kraftvektorerna av knäts främsta sträckare m.vastus medialis (VM) under stödfasens senare tredjedel då det är mest gynnsamt för VM att producera horisontell kraft ser man att disproportionen mellan vertikal och horisontell kraft är uppenbar. Om VM i bakre stödfasen skulle tillåtas aktiveras maximalt skulle den vertikalt riktade kraftimpulsen bli så stor att tyngdpunktens höjning inför svävfasen skulle bli alltför hög. Om VM är aktiv i bakre stödfasen är det endast för att återställa tyngdpunktens läge inför svävfasen, detta för att undvika en alltför lång svävfas och på så sätt uppnå en optimal stegfrekvens. Det betyder att VM i fasen för maximalhastighet då kroppen har ett upprätt läge inte kan anses bidra med speciellt mycket horisontellt arbete. Trots det har många författare genom åren ansett att knäextensorerna står för huvudparten av det påskjutande muskelarbetet. Detta kan dock endast anses relevant i accelerationsfasens inledningsskede då sprinterlöparens kroppsposition är framåtlutad.

### **Hamstrings**

Traditionellt har hamstringsmuskulaturens (m. biceps femoris caput longum, m.semitendunosus och m.semimembranosus) roll som en viktig muskelgrupp för det horisontellt verkande muskelarbetet i sprint i många fall negligerats. Detta beror antagligen på att hamstringsgruppen också är en knäflexor. Visserligen fungerar hamstrings som en knäflexor i sprint men då i slutet av svävfasen då hamstringsgruppen med hjälp av en kraftig excentrisk kontraktion ”fångar upp” underbenets frampendling. Detta excentriska muskelarbete laddar muskulaturens elastiska komponenter och kontraktila delar med energi att användas i lårbakpendlingen.

Hamstringsgruppens viktigaste funktion är att inför och under stora delar av stödfasen fungera som en höftextensor, men inte bara det. Så tidigt som 1903 beskrev *Lombard* det paradoxala förhållande som råder för en muskel som samtidigt verkar över två leder, detta fenomen har kommit att kallas Lombards paradox (135). Denna har beskrivits mer detaljerat i en rad publikationer (104, 116, 117, 118). Lombards paradox innebär att hamstrings under vissa förhållanden även kan verka som en knäextensor. I den del av stödfasen då knävinkeln är större än 145% verkar hamstringsgruppen enligt denna princip, nämligen synkront som både höft och knästräckare. Hamstringsgruppens betydelse för sprintprestationen har rönt relativt lite uppmärksamhet i många studier (1, 2, 62, 63, 64, 65, 66, 69, 70, 82, 87, 92, 99, 103) eller har betraktats enbart som en knäflexor (119, 121). *Lemaire & Robertson* uttalar sig inte heller klart om hamstringsgruppens viktigaste funktion i sprint även om de rekommenderar att större vikt bör läggas på höftens flexorer och extensorer än på knästräckarna vid styrketräningens design (122).

### **M.gluteus maximus och m.adductor magnus**

Då den framåt drivande kraftimpulsen i sprint till stor del produceras genom en höftextension mer än en knäextension kan det vara frestande att dra slutsatsen att höftens starkaste muskel m.gluteus maximus (GM) bidrar med större delen av detta arbete. Det finns dock ett par reservationer vad gäller

detta p.g.a. att GM inte endast fungerar som en höftsträckare utan också roterar höften inåt, speciellt då höftleden som i bakre stödfasen är i stort sett sträckt. En för stor aktivitet skulle kunna leda till en bakåtroterad av pendelbenets höftshalva i bakre stödfasen och på så sätt förhindra en lång knäframpendling.

GM har också en abducerande effekt på benet när höften är flekterad som i främre stödfasen. Det torde på ett negativt sätt kunna påverka kroppens rätlinjiga förflyttning i stödfasen. Båda dessa observationer kan kompenseras av att en muskelgrupp neutraliserar GM:s abducerande effekt i främre stödfasen samt fungerar som en synergist till GM i bakre stödfasen. Denna muskelgrupp är m.adductor magnus (AM) och då speciellt dess yttre delar som har sitt ursprung på det ischiala benet medialt på sidan av hamstrings ursprung och fäster vidare i den mediala epikondylen.

Följande punkter stödjer enligt *Wiemann & Tidow* (98) antagandet att de yttre delarna av AM bidrar till löprörelsen och kan därför betraktas som en synergist men också som en ändamålsenlig antagonist till GM:

- AM ursprung, fäste och massa ger all anledning att förmoda att AM speciellt vid en flekterad höftled är en stark höftsträckare och inte så mycket en adduktor.
- Den addukterande effekten av AM är speciellt liten när lårets läge är rakt vertikalt under höften, AM kan dock troligtvis med en adduktion balansera GM abduktion i bakre stödfasen.
- Både de yttre delarna av AM och hamstringsgruppen är försörjda av samma nerv, nervus obturatorius medan de inre delarna av AM försörjs av en annan nerv, nervus ischiadicus. Detta faktum allena leder till en konklusion att de yttre delarna av AM – speciellt i rörelser med en böjd höftled (främre stödfasen) arbetar på ett sätt som kan jämföras med hamstringsgruppen, nämligen en höfttextention.
- När GM roterar höften utåt som i de flesta lägen med flekterad höftled kan AM balansera detta genom att rotera höften inåt.

Tyvärr har i stort sett alla på sprinterlöpare genomförda EMG-undersökningar behandlat AM mycket flyktigt. *Mann* (59) undersökte endast den i jämförelse ganska svaga m.adductor longus och *McClay* (121) refererar till *Mann & Hagey* (123) som utan att specificera skillnaderna mellan de olika adduktorerna rapporterade att dessa muskler är aktiva under i stort sett hela stegcykeln.

### **Plantarflexorerna**

Om man studerar plantarflexorernas aktivitet vid löpning finner man att den elektriska aktiviteten inför fotisättningen är hög (48, 70, 94, 122, 123, 124) samtidigt som vridmomentet runt fotleden är litet eller inget (61).

Plantarflexorernas arbete inför fotisättningen torde sålunda vara av statisk karaktär. En eventuell plantarflexion inför fotisättningen försvåras dessutom av att plantarflexorernas antagonister bl.a. m.tibialis anterior samtidigt uppvisar stor grad av aktivitet (87).

Elasticitet i muskulatur och senor är av stor betydelse vid många typer av muskelarbeten. Om en muskel tillåts arbeta excentriskt omedelbart före en koncentrisk kontraktion kallas det att muskeln arbetar i en stretch-shortening-cykel (SSC). Syftet med en SSC är att göra den koncentriska fasen mer kraftfull. Det finns olika förklaringar till varför den koncentriska prestationsförmågan ökar om muskeln tillåts arbeta excentriskt före det koncentriska arbetet börjar:

Om en muskel tänjs ut ökar muskelspänningen och elastisk energi kan lagras. Denna energi kan sedan utnyttjas i det efterkommande koncentriska muskelarbetet. Man anser att energin lagras i muskulaturens elastiska komponenter i senor och muskelfascior, samt i delar av muskulaturens kontraktilelement (myosinhuvudena).

- En uttänjning påverkar muskel och senspolar som i ett mycket komplicerat reflexsystem hämmar eller stimulerar muskelfibrernas grad av kontraktion.
- Under den excentriska fasen sker en neuromuskulär aktivering av ett antal motoriska enheter. Det innebär att om det excentriska muskelarbetet har varit kraftfullt är muskulaturen maximalt aktiverad redan då det koncentriskt arbetet påbörjas.

Vid fotisättningen engageras plantarflexorerna kraftigt i arbetet att bromsa upp kroppens negativa vertikala rörelsebana genom en kraftig excentrisk kontraktion, samtidigt lagras elastisk energi som återfås i den bakre stödfasens koncentriskt muskelarbete. M.gastrocnemius och m. soleus långa sena (achillessenan) är speciellt väl anpassad för detta ändamål då den anses ge tillbaka mer än 90% av lagrad energi (3, 86).

En mycket hög kraftutveckling under den excentriska fasen med en efterföljande kraftig nedgång då den koncentriskt fasen är påbörjad pekar på ett optimalt utnyttjande av styrkeegenskaper hos en muskel som främst arbetar excentriskt. Detta indikerar också att den vitt spridda uppfattningen om plantarflexorernas roll i bakre stödfasen kanske har överskattats. Det är dessutom troligt att om plantarflexorerna likaväl som knäextensorerna skulle utveckla hela sin kraftpotential i den bakre stödfasen skulle tyngdpunkts-höjningen bli långt ifrån optimal. Som en konsekvens av detta skulle steg-frekvensen minskas. Vadmuskulaturen som definitivt är mycket viktig för sprintprestationen bör därför ses och tränas som en mycket ”styv” och effektiv stöddämpare, inte som en muskel som bidrar speciellt mycket till det horisontella arbetet. Förmågan att springa högt upp på tå utan eftergift i främre stödfasen garanterar en optimering av tyngdpunktens amplitud i stödfasen. Detta ställer extremt stora krav på denna muskelgrupp.

## Wiemann & Tidows studie

En omfattande studie genomfördes 1995 av *Wiemann & Tidow* (W/T) (98) för att utröna vilka muskler som står för merparten av det horisontella muskelarbetet. Vi har valt att redovisa delar ur deras studie då den på flera sätt är unik. För det första uppvisar deltagande försökspersoner en acceptabel snabbhetskapalet vilket vi anser är nödvändigt. W/T är vidare två av mycket få författare som på ett enkelt sätt klargör höftsträckarnas betydelse i sprinter-löpning. Denna studie ger också som vi ser det implikationer vad gäller sprinterträningens innehåll.

### Deltagare

Antal sprinters: 12  
Ålder: 23  
Medellängd: 182 cm  
Medelvikt: 74 kg  
Medel PB 100 m: 10,56

### Undersökt muskulatur

hamstringsgruppen  
m.gluteus maximus  
m.vastus medialis  
m.adductor magnus pars superficialis

## **Höft- och knäextensorer**

### **Muskulär aktivitet**

EMG används för att undersöka enskilda musklers bidrag i ett muskulärt arbete. Ett rå EMG kan dock endast ge information om när en muskel är aktiv och skillnaderna mellan de individuella faserna. För att bestämma till vilken grad en muskel bidrar med kraft vid en viss rörelse måste man kunna jämföra aktiviteten i olika muskler med varandra. Detta är omöjligt om man använder sig av de absoluta värden som ett rå EMG ger, på grund av att signalen som mottags av elektroden på huden inte endast beror på de rekryterade motorenheternas frekvens och urladdning utan också till stor del är påverkad av elektrodernas och den under huden liggande vävnadens resistens. P.g.a. detta måste EMG-signalen i varje muskel jämföras med den signal som uppmätts vid ett maximal isometrisk kontraktion i samma muskel. På så sätt får man en integrerat värde på signalen, kallat iEMG. På detta sätt kan man bestämma graden av aktivitet i varje undersökt muskel vid en viss rörelse. Om man vid en EMG undersökning av en sprinter finner högre grad av aktivitet i en muskel än i andra kan det finnas två orsaker till detta:

- För att kunna utföra denna rörelse är aktiviteten i denna muskel av större betydelse än aktiviteten i samverkande muskler.
- Jämfört med andra muskler är denna muskel för svag för sin uppgift och kräver därför hög grad av aktivitet. Detta kan ge implikationer vad gäller träning då muskeln torde uppfylla uppgiften bättre om den vore starkare.

### **M.vastus medialis (VM)**

Aktiviteten i VM är mycket kort. Även om det finns viss aktivitet i främre svävfasen blir den inte stor förrän ca 30 msek. före fotisättningen, 30–50 msek. in i stödfasen har det mesta av aktiviteten redan upphört. Detta är en mycket intressant information som förtäljer oss att VM är viktig framförallt i den främre stödfasen då det gäller att med ett mycket stort excentriskt muskelarbete motverka de vertikala resultantkrafterna från underlaget och på så sätt förhindra en alltför stor sänkning av kroppens tyngdpunkt. VM:s bidrag till framåt drivande horisontell kraft i upprätt löpning är alltså litet eller inget!

### **Hamstrings (HS)**

EMG-aktiviteten i hamstringsgruppen varar längst. Aktiviteten inleds i slutet av bakre svävfasen när hamstringsgruppen skall "fånga upp" underbenets framåtpendling. Aktiviteten är sedan mycket hög i främre svävfasens inledningsskede då pendelbenets bakåtpendling inleds, fortsätter vidare genom hela främre svävfasen genom hela stödfasen och avslutas vid lårframpendlingens början i den bakre svävfasen. Detta fynd överensstämmer väl med vissa författare (89, 104, 124, 125) men inte med andra (59, 103) som påstår att HS aktivitet avslutas redan i stödfasen.

### **M.gluteus maximus (GM) och m.adduktor magnus (AM)**

Precis som för andra forskare (59, 81, 103) visade W/T:s studie att GM:s aktivitet börjar precis som för hamstrings i främre svävfasen när pendelbenets bakåtpendling inleds. Detta för att assistera ett nedått accelererande av låret. GM:s aktivitet avtar i mitten av stödfasen ungefär samtidigt som VM. GM:s aktivitet kan emellertid endast till fullo förstås om man betraktar denna muskulatur tillsammans med AM:s aktivitet. Det råder helt tydligt en samverkan mellan dessa två muskler vid sträckningen av höftleden, samtidigt som de



neutraliserar varandras abdukerande respektive addukterande effekt på lårbenet i främre stödfasen.

Direkt efter fotisättningen behöver GM inte längre en antagonist som kompenserar för dess abdukerande effekt. Denna uppgift tas nu över av gravitationen som trycker ner pendelbenets höfthalva. Eller för att beskriva det på ett annat sätt; uppgiften som GM måste ta över i stödfasen, nämligen att motstå gravitationens effekt på bäckenet, gör AM:s funktion som en abduktorneutraliserare överflödig. AM:s aktivitet avslutas ca 30 millisekunder in i stödfasen. Denna prematura avslutning av aktivitet beror troligen på att en viss muskulär styvhet består också i stadiet för muskulär avslappning. En annan anledning kan också vara att AM i detta läge tappat sin höftsträckande förmåga. I slutet av främre stödfasen avtar GM:s och VM:s aktivitet. Det innebär att i bakre stödfasen står hamstrings själv för höftextensionen.

AM är den enda av dem i W/T:s studie undersökta muskelgrupperna som uppvisar en andra fas av aktivitet i stegcykeln. Denna fas sträcker sig över bakre svävfases lårbensframpendling då det får förmodas att AM arbetar aktivt tillsammans med annan höftmuskulatur som en höftflexor.

### Övriga observationer

I sprint uppnås högre grad av muskulär aktivitet än det referensvärde som uppmäts vid en maximal isometrisk kontraktion (MIK). Det betyder att muskulaturen uppvisar högre grad av rekrytering och/eller högre grad av aktivitet än vid MIK. Detta fås enligt W/T inte ses som individuella avvikelser hos enskilda löpare utan gäller generellt i alla deras mätningar. Normalt kan en så kallad sträckreflex orsaka supramaximala EMG-signaler. I sprinterlöpning, anser författarna, är detta dock inte fallet p.g.a. att:

- Varken graden av utsträckningen eller intensiteten på denna är speciellt stor (GM).
- Muskeln inte är utsträckt under det att högsta signalerna uppmäts (HS).
- De högsta värdena uppmäts före den excentriska kontraktionen (VM).

Endast de 105–110% värden som uppmättes i AM under bakre svävfases initialskele kan påverkas av en sträckreflex. Därför måste det antas att under maximal upprätt sprinterlöpning finns en supraspinal reglering som gör att de motoriska enheterna avfyrar vid en högre urladdningsfrekvens än vid MIK och tillåter rekrytering av motoriska enheter som inte förmås rekryteras vid MIK.

De undersökta musklerna uppvisade inte högst grad av aktivitet under stödfasen utan i svävfases lårbakpendling. GM, AM och HS främsta uppgift torde därför vara att producera en hög hastighet på lårbakpendlingen inför den kommande stödfasen. Det kan också tilläggas att *Alnes* (126) fann att den enda karakteristiska skillnaden mellan löpare med olika maximal snabbhetskapacitet var just fotens relativa horisontella hastighet i förhållande till löphastigheten inför fotisättningen. *Alnes* får också stöd för detta i litteraturen av bland andra *Ito & Suzuki* (127).

Hamstrings är som tidigare nämnts den muskel som uppvisar hög grad av aktivitet under längst period i stegcykeln. Det är ytterligare ett bevis på HS betydelse för framåtdrivningen i sprint. HS är dessutom den enda muskel som är aktiv under hela stödfasen.

Under det att GM, HS och VM uppnår värden i området 120–140% av MIK uppvisar AM till och med högre värden. Utifrån detta kan slutsatsen dras att AM bidrar enormt mycket till sprintarbetet eller att AM är alltför svag och just därför måste arbeta enormt mycket för att uppfylla sin uppgift. Det

kan i detta sammanhang påpekas att ljumskbesvär inte är helt ovanligt bland sprinterlöpare.

Det faktum att VM uppnår 120% av MIK är något överraskande då det kan antas att VM inte är maximalt aktiverad i sprint. Om VM skulle utveckla hela sin kraftpotential skulle sprintsteget på grund av tyngdpunktshöjningen i bakre stödfasen mer likna ett hoppande. Som en konsekvens av detta skulle stegfrekvensen minska drastiskt.

I sin studie jämförde också W/T maximal sprinterlöpning med submaximal och fann speciellt stora skillnader i aktivitet hos GM, AM och HS i främre svävfases lärbakpendling. Det faktum att det inte återfinns någon skillnad mellan max och submaximal sprint vad gäller aktiviteten i GM och VM i stödfasen är ytterligare en indikation på att dessa muskler inte aktivt bidrar till det horisontellt framåt drivande arbetet utan främst fungerar som "stötdämpare" i stödfasen.

Detta stabiliserande arbete (vertikalt kraftarbete) skiljer sig som tidigare har nämnts inte mycket åt om man jämför maximal och submaximal sprinterlöpning. Om man jämför den initiala accelerationsfasen och fasen för maximal upprätt löpning så finner man att mönstret av aktivitet är mer intressant än storleken. I alla undersökta muskler finner man toppvärden tidigare i stegcykeln i accelerationsfasen än i maximalhastighetsfasen. Det bör tilläggas att aktiviteten i VM är mer påtalad i accelerationsfasen än i maximalhastighetsfasen. Detta överensstämmer med den hypotes som tidigare nämnts.

*I accelerationsfasen utövar stödbenets muskulatur en kraftig knästräckning. Detta fungerar som en påskjutande kraftimpuls då löparens kropp har ett framåtlutande läge.*

Ju längre in i accelerationsfasen som löparen kommer, desto mer får stegcykeln karaktären av ett löphjul, med ett mycket aktivt bidrag av benet.

I maximalhastighetsfasen producerar höftextensorerna huvuddelen av den horisontella kraftproduktionen medan knäextensorernas roll vad gäller det horisontella arbetet är obetydligt. I den initiala accelerationen spelar dock vastusgruppen en avgörande roll för det framåt drivande arbetet medan HS betydelse är klart mindre än i maximalhastighetsfasen. Det är dock troligt att det finns individuella karakteristiska skillnader även bland toppsprinters. Ett exempel är Andre Cason, USA, som tycks arbeta extremt mycket med höftextensorerna redan i accelerationsfasens början.

## Steglängd och frekvens

Variabler som beskriver en löpares prestation som t.ex. horisontell löphastighet, steglängd, stegfrekvens och varaktighet av de olika faserna i rörelsecykeln kan vara viktig information. Variablerna ger dock liten information om hur löparen skapar de kraftimpulser som prestationen bygger på. Samtliga dessa variabler kan mätas också i en tävlingssituation, detta faktum styrker validiteten av resultaten.

De direkt prestationsbestämmande variablerna steglängd och stegfrekvens har ett mycket enkelt samband med stegcykeln.

### **Steglängd**

*Steglängden är tyngdpunktens totala horisontella förflyttning i stegcykeln (summan av stöd och svävfase).*

### **Stegfrekvens**

*Stegfrekvensen anges som en inversion av tiden som stegcykeln tar, detta kan uttryckas som:  $\text{Stegfrekvens} = \text{löphastighet} / \text{steglängd}$ .*

Vid löpning i konstant fart i hastigheter upp till ca 7m/sek. ökar steglängd och stegfrekvens i stort sett linjärt. Vid löpning nära individens maximala löphastighet planar ökningen av steglängden ut medan stegfrekvensen fortsätter att öka (5, 12, 14, 45, 46, 57, 67, 70, 83, 112, 113). Det betyder att en sprinterlöpare ökar sin löphastighet främst genom att öka stegfrekvensen. Dessa undersökningar är delvis utförda på löpband och de olika löphastigheterna har varit konstanta. Följaktligen är det inte utan vidare givet att resultaten avspeglar vad som sker när en utövare accelererar.

*Ballreich* och *Gabel* har med hjälp av en teoretisk modell beräknat att stegfrekvensen dominerar vid löpning i maximal fart (12).

En rad författare har föreslagit att stegfrekvensen är viktigast för manliga toppsprinters (43, 67, 68, 69).

*Kunz* och *Kaufmann* fann en kombination av större steglängd, högre stegfrekvens och kortare kontakttid för tre sprinters i världsklass vilka jämfördes med en grupp (n=16) 10-kampare vid löpning i maximal hastighet (55).

*Hoffman* däremot fann vid studier av 56 manliga toppsprinters en korrelation mellan den maximala steglängden (SL), mätt mellan 50–60 m i ett 100 m lopp och kroppslängden på ( $r=0,59$ ) (43).

Med studier från VM i Helsingfors 1983 som grund hävdar *Dostal* att steglängden är proportionell med löphastigheten. Det blev dock inte bevisat att längre sprinters hade ett längre steg (27). Genom att dividera steglängden med kroppslängden fick *Dostal* en relativ steglängd för varje sprinter. Denna var större bland finalisterna i VM -83. Detta visar att den relativa steglängden inte var direkt beroende av kroppslängden utan att längre sprinters har kortare relativ steglängd, stegfrekvensen var bara något högre för finalisterna. De som sedan placerade sig bäst i finalen hade lägst frekvens men det måste tilläggas att alla hade höga värden.

*Herman* och *Mann* fann vid en jämförelse av universitets- och elitsprinters, att elitsprinters hade högre stegfrekvens och kortare kontakttid vid löpning i maximalhastighet. Inga signifikanta skillnader blev funna med tanke på steglängd och svävtid (65).

*Mero*, *Luthanen* och *Komi* undersökte tre grupper finska sprinters på olika prestationsnivåer och fann signifikanta skillnader i stegfrekvens mellan den bästa och sämsta gruppen. Ingen signifikant skillnad återfanns mellan grupperna vad gäller steglängd, inte heller fann de signifikanta skillnader mellan grupperna vad gäller horisontell tyngdpunktsförflyttning i svävfasen. Den sämsta gruppen hade dock signifikant längre horisontal förflyttning av tyngdpunkten under markkontakten än bästa gruppen (68). Rent logiskt bör steglängden öka med en ökad löphastighet. Detta gäller dock enbart om löparens horisontella hastighet ökar vid frångjutet samtidigt som tyngdpunktens projektionsvinkel är oförändrad. I verkligheten är det troligt att toppsprinters i toppfart förmår plana ut tyngdpunktens förflyttning i stödfasen. Enligt vår erfarenhet uppnås en resultatförbättring av en toppsprinter i stort sett uteslutande av frekvenshöjning inte av en steglängdsökning.

Det är inte utan vidare givet att bäge stegen i ett dubbelsteg är av samma längd. Tvärt emot finns det anledning att anta att eventuella skillnader hos de två nedre extremiteterna såsom benlängd, koordination, rörlighet och förmåga till kraftutveckling, kommer att ge asymmetri i rörelsecykeln. *Munro*, *Miller* och *Fuglevand* fann individuella höger-vänster asymmetri i lägre löphastigheter (72) medan *Hamill*, *Bates* och *Knutzen* inte fann någon signifikant skillnad mellan höger och vänster ben med tanke på 19 utvalda variabler knutna till reaktionskraften från underlaget vid gång och joggning (35).

*Cavanagh* däremot fann höger vänsterasymmetri på kraftplattformregistreringar hos löpare på elitnivå och hävdade att asymmetri i rörelsecykeln i löpning snarare är norm än undantag (20).

Också data från *Atwaters* undersökningar av amerikanska toppsprinters, visar på förekommande steglängdsvariationer på över 10 cm för två påföljande steg i maximalhastighetsfasen. En löpare hade 25 cm steglängdsskillnad i två på varandra följande steg (9).

Att detta stämmer kan vi verifiera, då vår studie också indikerar att steglängdsasymmetri förekommer hos alla i vårt försök deltagande sprinters. Se figur 4 som beskriver steglängdsasymmetri hos en nordisk toppsprinter.

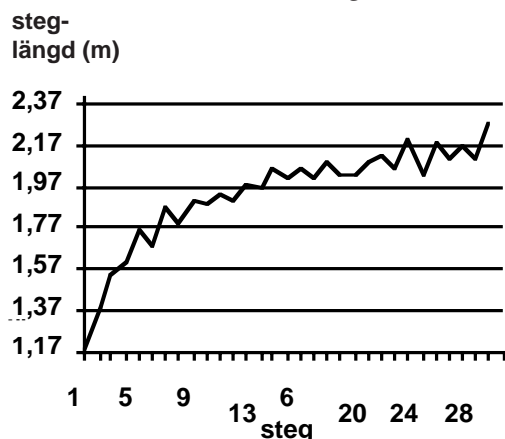


Fig. 4. Steglängdsasymmetri hos en nordisk toppsprinter, (60 m registrerat i Sundsvall våren 1996).

*Hill* påvisade samband mellan ett djurs storlek och förhållande mellan löphastighet, steglängd och stegfrekvens (39). Resultaten visade att steglängden ökade och stegfrekvensen minskade med ökande storlek på djuret. Antagandet att steglängden är direkt relaterad till kroppsstorleken även hos människor får stöd av några författare (30,114), men det bör poängteras att detta antagande baserar sig på studier av långdistanslöpare. Mot bakgrund av detta ligger det nära till hands att tro att barn skulle löpa med högre stegfrekvens än vuxna. Hur maximal löphastighet, stegfrekvens, kontakttid och flygtid utvecklas för barn finns beskrivet i en studie gjord av *Selinger et.al.* (134), se figur 5–8.

Vad gäller löphastigheten fann man att den var oberoende av storleken på djuret, *Heglund & Taylors* senare resultat överensstämmer med dessa data (37). Flera författare hävdar att de funnit samma tendens inom de relativt små variationer som återfinns hos vuxna sprinters (43, 44, 54, 91). På sidan 21 i denna publikation finns korrelationsberäkningar gällande kroppslängd och prestation (OS i Atlanta och Oslo -94.

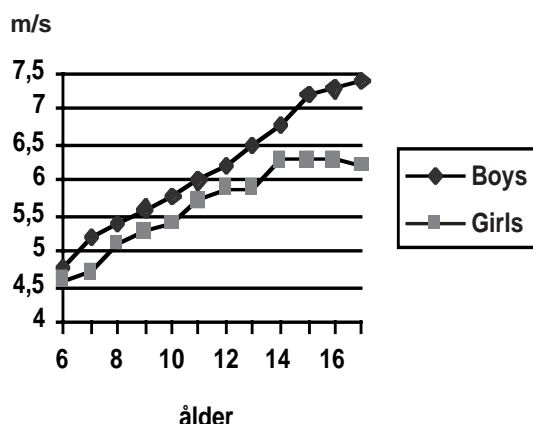


Fig. 5. Utvecklingen av maximal löphastighet 6–18 år pojkar (n=1299), flickor (n=1350). MEASUREMENT OF KINEMATIC PARAMETERS OF RUNNING *Selinger et. al.*, Faculty of Physical Education and Sports, Comenius University, Bratislava 1995.

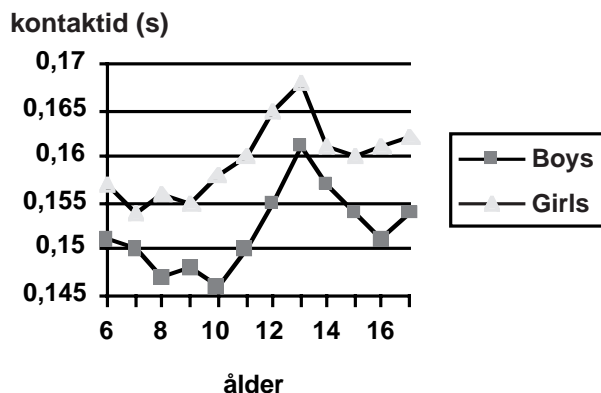


Fig. 6. Utvecklingen av kontakttid vid maximal löpning 6–18 år pojkar ( $n=1299$ ), flickor ( $n=1350$ ). MEASUREMENT OF KINEMATIC PARAMETERS OF RUNNING Selinger et. al., Faculty of Physical Education and Sports, Comenius University, Bratislava 1995.

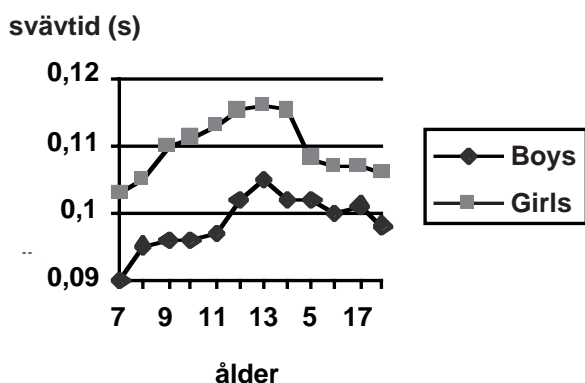


Fig. 7. Svävtid vid maximal löpning 6–18 år pojkar ( $n=1299$ ), flickor ( $n=1350$ ). MEASUREMENT OF KINEMATIC PARAMETERS OF RUNNING Selinger et. al., Faculty of Physical Education and Sports, Comenius University, Bratislava 1995.

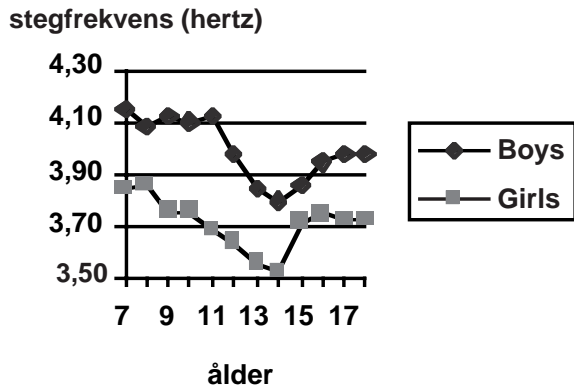


Fig. 8. Utvecklingen av stegfrekvens vid maximal löpning 6–18 år pojkar ( $n=1299$ ), flickor ( $n=1350$ ). MEASUREMENT OF KINEMATIC PARAMETERS OF RUNNING Selinger et. al., Faculty of Physical Education and Sports, Comenius University, Bratislava 1995.

Eftersom ”supramaximal” snabbhetsträning ämnad att höja sprinterlöparens maximala stegfrekvens är mycket vanligt förekommande kan vi inte låta bli att referera till en studie genomförd av Mero och Komi som i två undersökningar studerat supramaximal löpning med yttre draghjälp för löparna, detta för att uppnå hastigheter över försökspersonernas maximalnivå. I den första undersökningen fann de att en ökad steglängd förklarade merparten av resultatförbättringen. Vid genomförandet av en ny undersökning, detta efter att ha gett försökspersonerna rådet att försöka öka stegfrekvensen och inte låta sig dras av utrustningen fann man att vid supramaximal löpning kunde utövarna uppnå högre löphastighet och en högre stegfrekvens än vid normal maximal löpning (69, 70).

För tränare är detta ett mycket intressant exempel på hur idrottare kan påverkas av instruktion men också på att forskningsresultat alltid måste granskas kritiskt. Om Mero & Komi inte hade genomfört studie nummer två hade konklusionen varit att supramaximal snabbhetsträning inte förmår höja stegfrekvensen.

Som vi kan se har tidigare genomförda undersökningar vad gäller steglängd och frekvens gett mycket varierande resultat varför vi bestämde oss för att studera detta ämne mer ingående.

### Steglängd och stegfrekvens Oslo 1994 och OS Atlanta 1996

Att löphastigheten är en produkt av steglängd och frekvens är givet. Hur utvecklar sig kontakttid, svävtid och stegfrekvensen under t.ex. ett 60 m lopp? Fig. 10 visar vad som händer med kontakt- och svävtid för en toppsprinter och fig. 11 visar vad som händer med stegfrekvensen för samma löpare. Finns det samband mellan kontakttid eller svävtid i accelerationsfasen, samband mellan kontakttid eller svävtid i fasen för maximalhastighet. Eller som *Su-sanka et. al.* påstår: mellan stegindex (förhållandet mellan kontakttid och svävtid) och prestation (71), se figur 9.

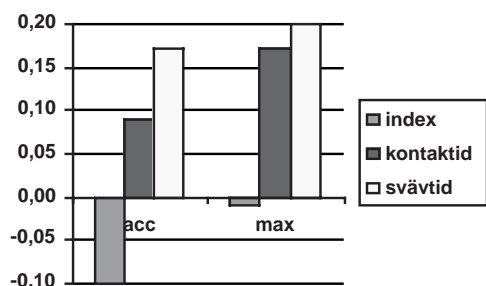


Fig. 9. Samband mellan index/kontakttid/svävtid de första 15 stegen och tid till 25 m. Samt mellan index/kontakttid/svävtid de följande 10 stegen. Prestationsnivå 25 m: min 3,47, medel 3,61, max 3,74. Prestationsnivå maxfart: min 10,08m/sek., medel 10,57m/sek., max 11,06m/sek. (n=26). Mätt på Idrottshögskolan i Oslo 1994 med en så kallad Switchmatta (från Oslo -94).

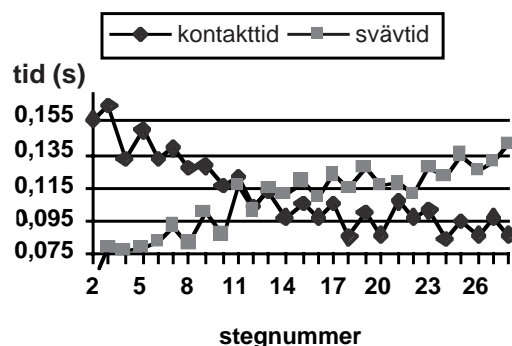


Fig. 10. Utveckling av kontakttid och svävtid för en australiensisk toppsprinter under ett 60m lopp (tid; 6,82). Mätt på Idrottshögskolan i Oslo 1994 med en så kallad Switchmatta (från Oslo -94).

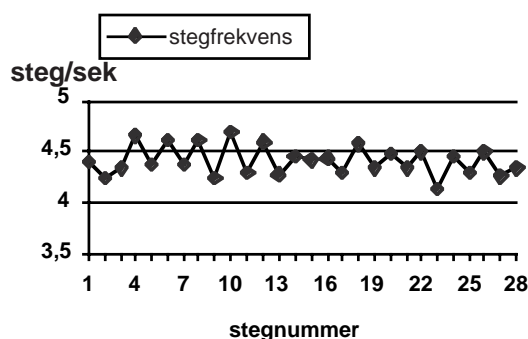


Fig. 11. Utveckling av stegfrekvensen för en australiensisk toppsprinter under ett 60m lopp (tid; 6,88). Mätt på Idrottshögskolan i Oslo 1994 med en så kallad Switchmatta. (från Oslo -94).

En individuell jämförelse vad gäller steglängd och frekvens (10 m avsnitt) mellan världens genom tidernas snabbaste 60 m löpare, Ben Johnson 6,33 och Osloförsökets snabbaste män, Kenneth Kjensli (NOR) 6,78 och Aham Okeke (NOR) 6,82 följer i fig. 12–15.

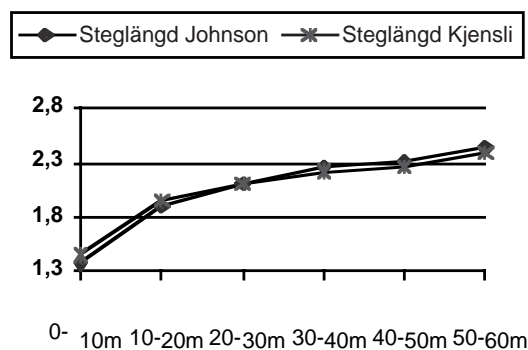


Fig. 12. Jämförelse steglängd Kjensli 6,78 och Ben Johnson 6,33. (Johnsons data är hämtat från 135).

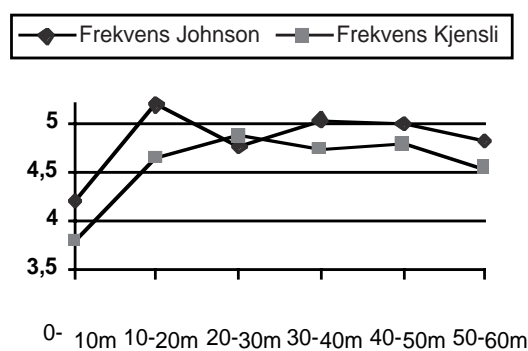


Fig. 13. Jämförelse stegfrekvens Kjensli 6,78 och Ben Johnson 6,33. (Johnsons data är hämtat från 135).

Om man betraktar figur 12 och 13 finner man att det är lätt att dra slutsatsen att stegfrekvensen är helt avgörande för prestationen i sprint då Johnsons stegfrekvens vida överstiger Kjenslis i alla 10 m avsnitt i alla utom ett avsnitt samtidigt som steglängden finns på i stort sett samma nivå i alla avsnitt.

Om man betraktar fig. 14 och 15 är dock förhållandet det omvända. Johnson och Okeke är relativt jämbördiga vad gäller frekvens men Johnsons steglängd är vida överlägsen Okekes i alla avsnitt.

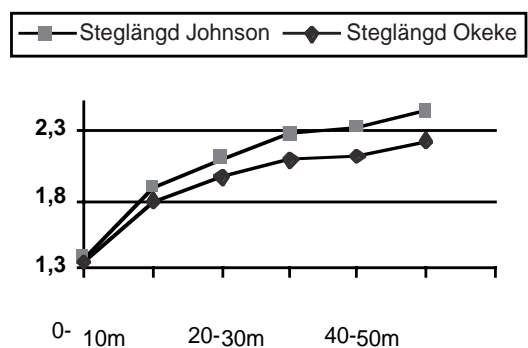


Fig. 14. Jämförelse steglängd Okeke 6,82 och Ben Johnson 6,33. (Johnsons data är hämtat från 135).

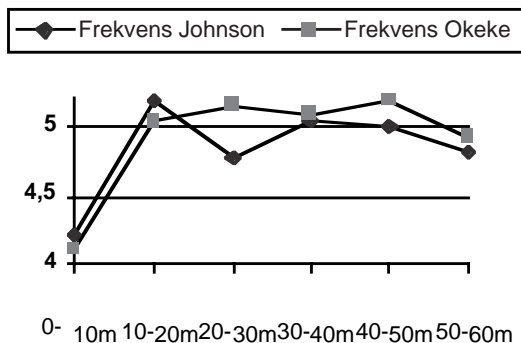


Fig. 15. Jämförelse stegfrekvens Okeke 6,82 och Ben Johnson 6,38. (Johnsons data är hämtat från 135).

Finns det då ett samband mellan stegfrekvens och sluttid eller mellan steglängden och sluttid inom större grupper av sprinters? Vi har studerat detta i två sammanhang, dels vid OS 1996 i Atlanta, samt vid vårt försök i Oslo 1994. Nedan följer resultaten från dessa studier. Studien har gjorts med följande fakta som grund:

### OS i Atlanta 100 meter

1. Sluttid
2. Kroppslängd
3. Antal steg

### Skandinaviska och vissa utländska sprinterlöparens 60-meterslopp i Oslo 1994

1. Tid var femte meter
2. Sluttid
3. Kroppslängd
4. Steglängd

Korrelationskoefficienten skall tolkas enligt följande:

1. Beräkningarna resulterar i ett värde i intervallen  $-1$  till  $1$ .
2.  $1$ . Variablerna korrelerar perfekt (d.v.s. samvarierar).
3.  $0$ . Det saknas helt korrelation mellan variablerna (d.v.s. variablerna är oberoende).
4.  $-1$ . Variablerna är negativt korrelerade (d.v.s. samvarierar åt motsatt håll).
5. Värdet som skiljer mer än  $0,5$  från noll påvisar en korrelation mellan variablerna som bör iakttas.

### Korrelationskoefficienterna för olika frågeställningar OS Atlanta (n=83)

Kroppslängden kontra tid:	$-0,3131$
Medelsteglängd kontra tid:	$-0,512$
Medelfrekvens kontra tid:	$-0,019$
Medelsteglängd/kr.längd kontra tid:	$-0,22$
Medelfrekvens/kr.längd kontra tid:	$-0,20$

### Korrelationskoefficienter för olika frågeställningar Oslo (n=34)

Kroppslängden kontra tid:	$-0,031$
Medelsteglängd kontra tid:	$-0,12$
Medelfrekvens kontra tid:	$-0,45$
Medelsteglängd/kr.längd kontra tid:	$-0,08$
Medelfrekvens/kr.längd kontra tid:	$-0,34$



Det är ofta mycket svårt att tolka statistiskt material. Detta material utgör inget undantag från den regeln. Vi vågar oss dock på vissa gissningar.

Enligt vad vi erfarit har alla 100-meterslopp under 10 sekunder löpts med mellan 43–47 steg, oavsett löparens kroppslängd. I stort sätt alla vid OS deltagande sprinters har en hög till mycket hög maximal stegfrekvens, varför sambandet steglängd–sluttid blir betydligt större än sambandet stegfrekvens–sluttid. Deltagarna i Osloförsöket varierar mer vad gäller steglängd varför sambandet stegfrekvens–sluttid blir större än sambandet steglängd–sluttid.

Om man i detta sammanhang skall våga sig på konkreta råd för träningens inriktning i ungdomsåren skulle en optimering av individens rörelseamplitud i stödfasen kunna vara en viktig träningsinriktning. Om individen har de rätta genetiska förutsättningarna för sprint kommer rationell sprinterträning med ändamålsenlig styrke- och snabbhetsträning att öka stegfrekvensen. De få toppsprinters som vi har haft möjlighet att följa utvecklingen hos, uppvisar alla samma mönster. Ett redan i junioråldern etablerat ”löphjul” som förblir i stort sett konstant genom hela karriären. Stegfrekvensen utvecklas sedan parallellt med löphastigheten.

Ett intressant projekt vore att följa stegfrekvensutvecklingen över tid, både i den totala sprinterkarriären men också under träningsåret. Modern teknik (ljusmattor och IT-teknik) ger dagens tränare möjlighet att under fältmässiga förhållanden göra dylika observationer.

## 100 m funktionella huvuddelar

Då en löpare alternerar mellan faser med och utan markkontakt kan vi förvänta oss små variationer i medelhastighet i såväl horisontell som vertikal riktning. Till att börja med väljer vi att bortse från dessa variationer. Huvudrörelsen vid 100 m sprinterlöpning är en i det närmaste rätlinjigt horisontell förflyttning av löparens tyngdpunkt (tp), försakad av de olika kroppsegmentens rotation i förhållande till varandra i ett cykliskt diagonalt mönster. Vår modell är ett tvådimensionellt förenklat betraktande av verkligheten, sett från sidan. Detta får emellertid inte tolkas som att de tredimensionella rörelser som en löpare utför inte har betydelse för prestationen.

I vertikal riktning kommer löparens tp att höjas i startfasen av loppet, därefter kommer tp:s medelhöjd över underlaget att vara i stort sett konstant. Detta förtäljer oss om att i större delen av loppet kommer medeltaliga yttre vertikala krafter på löparen att vara noll. Hastighetsutvecklingen i horisontell riktning ger en naturlig grund för indelning av 60/100-meters loppet i huvuddelar. Traditionellt delas loppet in i följande funktionella delar, se fig. 17.

En lång rad studier har påvisat samma hastighetsförlopp oberoende av prestationsnivå, varaktigheten av de olika faserna som är knutna till prestationen varierar naturligtvis därför från utövare till utövare (11, 23, 25, 34, 47, 73, 80, 81). Några studier har antytt att de bästa sprinterlöparna har flera maximalhastighetsfaser (50, 71). Dessa påståenden har dock senare korrigerats då det varit fråga om direkta mätfel. Det är numera accepterat att endast en maximalhastighetsfas förekommer vid sprinterlopp över 100 m. I teorin är en hög maximalhastighet en nödvändighet men inte en tillräcklig betingelse för att leverera toppprestationer i sprint. I praktiken existerar emellertid ett mycket stort samband mellan uppnådd maximalhastighet och prestationen i sprint.

En tidsstudie från 100-metersloppet i Seoul OS 1988 visade en rangkorrelationskoefficient mellan utövarnas maximalhastighet och resultatet i grenen på mer än  $-0,95$  för bägge könen (27). Vid vår studie av 60 m sprint var rangkorrelationskoefficienten för uppnådd maximalhastighet  $-0,74$ . Att den är något lägre anser vi inte vara förvånande då andelen maxfartslöpning vid 60 m sprint är mindre än vid 100 m sprint. Sambanden splittid – sluttid vid samma försök kan ses i fig. 16. Sambanden splittid – sluttid för skandinaviska och världssprinters kan ses i fig. 17 respektive 18.

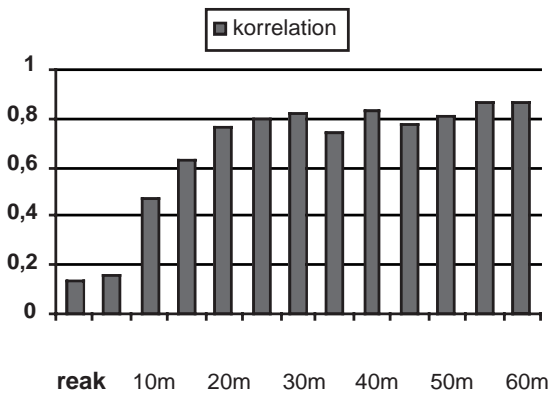


Fig. 16. Osloförsöket (test) 1994. Korrelation splittid – sluttid medeltid: 7,02, max: 7,29, min: 6,78 (n=36). För korrelation reaktionstid – sluttid medeltid: 6,98, max: 7,29, min: 6,78 (n=25).

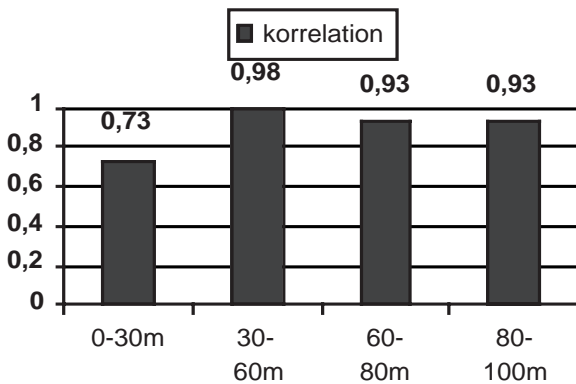


Fig. 17. Tönsberg (tävling) A och B final 1994. Korrelation splittid-sluttid medeltid: 10,48, max: 10,85, min: 10,17 (n=16).

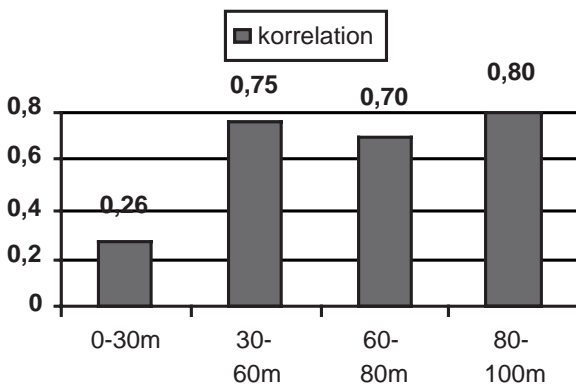


Fig. 18. Världens 10 snabbaste sprinters 1987–1993. Korrelation splittid – sluttid medeltid: 9,90, max: 9,99, min: 9,79 (n=11). Data från IAAF Athletic Foundation.

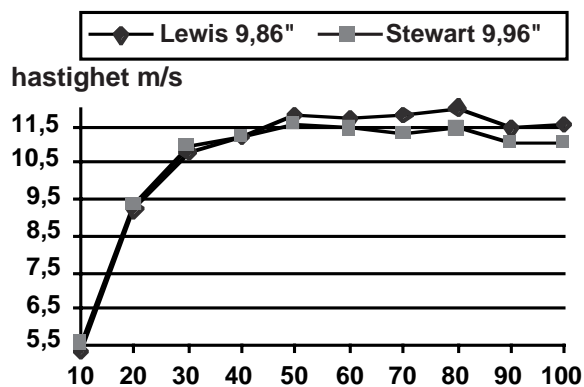


Fig. 19. Fasinndelning för två toppsprinters vid VM i Tokyo 1991. Reaktion och startfas 300–400 m/sek., Accelerationsfas ca 50 m, Maximalhastighetsfasen ca 50–80 m, Retardationsfas ca 80–100m.

## Reaktionsfas

### Reaktion

Resultatet i sprint bestäms av en rad faktorer varav den maximala snabbhetsförmågan är den klart viktigaste och den som främst skiljer bra och dåliga sprinterlöpare åt. Emellertid kan ett lopp förloras redan i reaktion eller startfasen. Ett sprinterlopp startas med starterns pistol. Den tid det tar för en löpare att omvandla ljudvågorna till nervimpulser som stimulerar muskulaturen brukar kallas reaktionstid.

En snabb reaktion är en nödvändighet för alla toppsprinters. I den hårda konkurrens som råder i storinternationella sammanhang kan reaktionstiden vara direkt avgörande för slutresultatet. Det bör dock tilläggas att korrelation saknas mellan sambandet reaktionstid och sluttid (se fig. 16 och referens 92).

De processer som sker innan muskulaturen förmår utveckla mekanisk kraft kan enligt Grosser (132) indelas i följande faser:

1. Varseblivning (retning av receptorerna i sinnesorganen).
2. Afferentledning (signal över afferenta nervbanor till hjärnan, antas ta ca 0,03 sekunder).
3. Informationsbearbetning (bearbetning av stimuli i centrala nervsystemet som formar en handlingsplan med en efferent nervsignal som produkt).
4. Efferentledning (signal från CNS via nervbanorna till muskulaturen), antas också ta ca 0,03 sekunder.
5. Latenstid (Tid från nervretning av muskel till det att muskeln producerar mekanisk aktivitet), antas ta ca 0,004–0,01 sekunder.

Mätning av reaktionstid i sprinterlopp inkluderar för närvarande den tid det tar för ljudvågorna att nå löparen samt för denne att utveckla en viss kraft mot startblocken (en passus är att mätmetoderna för mätning av reaktionstider vid internationella mästerskap har varierat).

Försök har gjorts att separera premotortid och motortid. Premotortid definieras som den tid det tar för ljudvågorna att nå löparen till det att man kan registrera EMG-aktivitet i löparens skelettmuskulatur. Motortid är fördröjningen mellan elektrisk aktivitet och kraftproduktion från muskulaturen (131).

Egen och andras erfarenhet tyder på att reaktionstiden hos en och samma sprinterlöpare kan variera med psykisk och fysisk status. Kvinnor uppvisar genomsnittligt sämre reaktionstider än män men det beror antagligen på

kvinnors lägre kraftpotential. Om man dessutom tar hänsyn till att starterns placering i allmänhet är 20–50 meter från löparna för man ett tillägg av:

*bana 1 60-100 m (ca 10 m): 0,030 sek.*

*bana 8 200-400 m (ca 50 m): 0,152 sek.*

Summan: reaktion+tid för ljudet att nå löparna skulle således om man bortser från varseblivning och informationsbearbetning i centrala nervsystemet vara min: 0,094 och max: 0,222. I vår Oslostudie hade 25 analyserade sprinters reaktionstider på mellan 0,095–0,188. Prestationsnivå: medel: 6,98, max: 7,29, min: 6,78. Det indikerar att några av löparna reagerade före startsignalen.

I detta sammanhang kan man också påminna om att den av IAAF använda startutrustningen signalerar för tjuvstart om en löpare producerar kraft inom 0,100 sek.

## Startfas

### Teknik

Startfasen är den fas under vilken löparen har kontakt med startblocken. Starthastigheten är mycket viktig. Om en sprinter förmår öka sin start-hastighet med 0,2 m/sek. innebär det en tidsförbättring av 100 m med 0,02 sek. detta att jämföras med en tidsvinst på endast 0,01 sek. om han förmår öka sin löphastighet med 0,2 m/sek. de sista 5 metrarna (96).

I *färdiga positionen* varierar sprinterlöparens tyngdpunktsläge från 0,61–0,66 m, avståndet från tyngdpunkten till startlinjen varierar mellan 0,16–0,19 m (13, 97). Dessa värden indikerar att startblocken och löparens kroppssegment placeras så att tyngdpunktens läge i löparens *färdiga position* är hög och nära startlinjen. Höjden på tyngdpunkten bestäms i hög grad av längden på kroppssegment medan avståndet till startlinjen kan bero på styrka i armar och axlar (13, 97, 98).

Drivna sprinterlöpare uppvisar hög kraftproduktion (hög starthastighet). Denna kraft utvecklas under kort tid från ett utgångsläge med relativt stora ledvinklar (främre; 92–105°, bakre; 115–138° samt kort kraftutvecklingstid (94, 97).

Detta tyder på en hög snabbstyrkekapacitet (se speciallitteratur vad gäller styrka, t.ex.: *Strength & Power in Sports, edited by P.V. Komi -1992.*

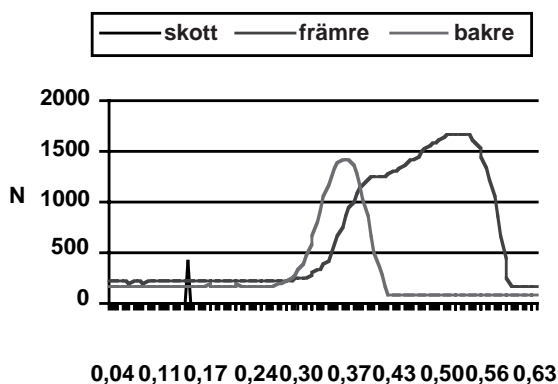


Fig. 20. Kraftutveckling och reaktionstid för en olympisk mästare i 100-kamp (från Oslo -94):

- Reaktionstid: 0,125 sek.
- Starthastighet: 3,5 m/sek.
- Maxkraft, främre benet: 1689N
- Tid till maxkraft, främre benet: 0,240 sek.
- Maxkraft, bakre benet: 1426N
- Tid till maxkraft, bakre benet: 0,090 sek.
- Total kraftutvecklingstid: 0,325 sek.
- Starttid: 0,450 sek.

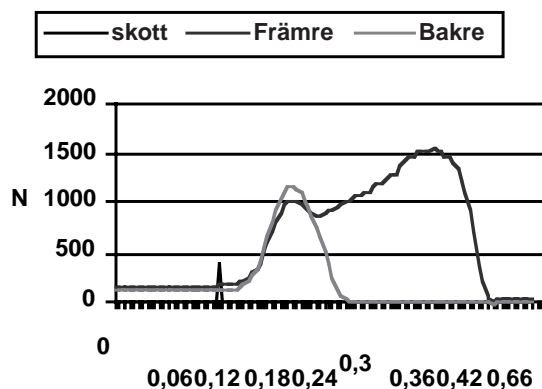


Fig. 21. Kraftutveckling för en svensk mästare på 100 m (från Oslo -94).

- Reaktionsid: 0,130 sek.
- Starthastighet: 3,9 m/sek.
- Maxkraft, främre benet: 1523N
- Tid till maxkraft, främre benet: 0,245 sek.
- Maxkraft, bakre benet: 1163N
- Tid till maxkraft, bakre benet: 0,070 sek.
- Total kraftutvecklingstid: 0,310 sek.
- Starttid: 0,440 sek.

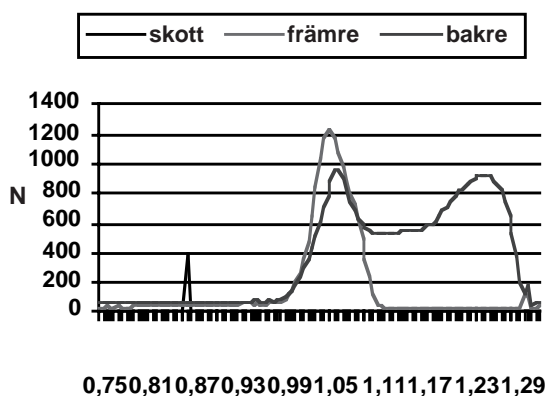


Fig. 22. Kraftutveckling och reaktionsid för en svensk rekordhållare 200 m (från Oslo -94):

- Reaktionsid: 0,125 sek.
- Starthastighet: 3,0 m/sek.
- Maxkraft främre benet: 1225N
- Tid till maxkraft främre, benet: 0,060 sek.
- Maxkraft bakre benet, topp 1: 958N
- Maxkraft bakre benet, topp 2: 925N
- Tid till maxkraft, främre benet topp 1: 0,075 sek.
- Tid till maxkraft, främre benet topp 1: 0,265 sek.
- Total kraftutvecklingstid: 0,325 sek.
- Starttid: 0,450 sek.

Kraftutvecklingstiden för startaktionen hos en individ bestäms av snabbstyrkenivån men även av ledvinklarna. De flesta kan öka starthastigheten genom att minska ledvinklarna och så att säga hoppa ur startblocket. Problemet med en dylik taktik är att kraftutvecklingstiden ökar så till den grad att en eventuell höjning av starthastigheten ofta uppnås på bekostnad av en förlust i tid. Troligtvis kan man med feedback-utrustning som registrerar kraft och tid optimera startaktionen för varje individ. Det är troligtvis också så att de optimala ledvinklarna varierar med individens snabbstyrkekapacitet under året.

När det bakre benet lösgörs från startblocket är sträckningen i knäleden på grund av den bakre fotens position i startblocket inte fullständig. Det bakre benet understödjer det främre benets sträckrörelse men strävar framförallt efter att få snabb markkontakt. Underbenet får därför inte pendlas upp bakåt högre än till ungefär horisontalplanet med underlaget. Bålen rätas i inledningen av startaktionen ut till ungefär horisontalplanet. I slutet av startaktionen bildar främre benet och bålen en näst intill rät linje p.g.a. att ryggmuskulaturen rätar upp överkroppen.

### EMG-aktivitet

M.gluteus maximus i det bakre benet uppnår maximalt integrerad elektrisk muskelaktivitet (IEMG) under de första 50 msek. (70). Detta stöder teorin om att denna muskelgrupp är mycket aktiv i början av startfasen. M.biceps femoris i det bakre benet uppvisade däremot maximal aktivitet i slutet av blockkontakten. Både m.vastus lateralis och m.rectus femoris i det bakre benet har sitt initiala toppvärde i början av startfasen. M.gastrocnemius muskulära

aktivitet börjar senare men graden av aktivitet bestäms till stor del av bakre fotens position i startblocket. Om de främre spikarna i skon placeras mot löparbanan påbörjas m.gastrocnemius aktivitet tidigare (70).

Durationen för främre benets kraftproduktion är nära överensstämmande med den totala kraftproduktionen, i vårt försök såg vi en skillnad på 10–20 m/sek. vilket är 3–6% av den totala kraftproduktionen. Denna skillnad indikerar att bakre benet i allmänhet reagerar först på startsignalen. Av de för starten relevanta muskelgrupperna är främre benets m.gastrocnemius först att aktiveras. M.rectus femoris och m.vastus lateralis ökar sin elektriska aktivitet under hela startfasen. M.biceps femoris är aktiv på ett tidigt stadium liksom m.gluteus maximus.

### **Kraftproduktion**

I vårt försök varierade durationen för den totala kraftproduktionen för de olika försökspersonerna i startfasen mellan 268–398 msek. (medel: 328 msek.). Bakre benets andel i tid av den totala kraftproduktionstiden var 42–68% (medel: 53%), medan andra författare (13, 97, 99) fann värden på mellan 340–376 msek. (medel: 45%).

För att uppnå en högre grad av förtänjning av vadmuskulaturen bör som tidigare nämnts skons främre spikar placeras mot löparbanan i färdigposition detta samtidigt som kroppstyngden förskjuts mer mot benen än mot armarna, detta för att åstadkomma föraktivering av knä och höftsträckarna. Efter startsignalen ökar vinkeln i knä och höftled medan fotledens vinkel minskar initialt. Denna typ av led- och muskelarbete skapar förutsättningar till en ökad prestationsförmåga genom stretch-shortening-arbete som ökar kraftproduktionen.

Mätning av kraftproduktionen indikerar att bättre sprinters producerar större krafter och att deras starthastighet (hastigheten på tp när främre benets fot lämnar startblocket) är högre än sämre dito. Starthastigheten för manliga sprinters har uppgivits ligga mellan 2,9–3,94 m/sek. (98, 96, 97). Dessa siffror överensstämmer i stort sett med våra egna mätningar (vi hade dock ett par individer strax över 4 m/sek.).

### **Accelerationsfas**

Gemensamt för alla toppsprinters är som tidigare nämnts en mycket hög toppfart, men även accelerationen är av största betydelse. Om man diskuterar med olika tränare kan man från någon få höra synpunkten att toppfarten är viktigast på 100 m, någon annan påstår att en bra acceleration är viktigare. Sanningen är att båda har rätt, accelerationen skall föra upp löparen till en hög maximal löphastighet.

### **Teknik**

Efter det att löparen lämnar startblocket accelererar denne genom att öka steglängd och stegfrekvens, flygtiden ökar samtidigt som kontakttiden sjunker. Vår studie visar att stegfrekvensen är mycket hög redan tidigt i sprinterloppet, se fig. 23 (som beskriver steglängd och stegfrekvensutveckling hos en australiensisk toppsprinter), se även fig. 10 (som illustrerar kontakttidens och flygtidens utveckling i samma lopp). I båda fallen gäller det sprinterlopp över 60 m.

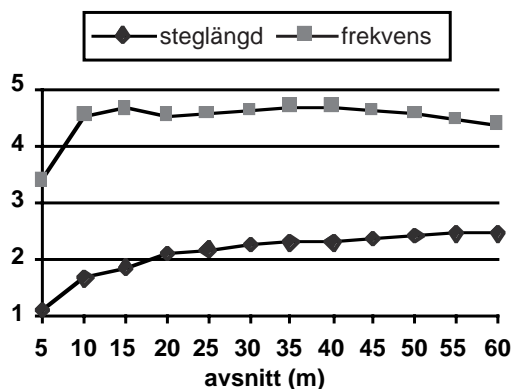


Fig. 23. Steglängd och stegfrekvensutveckling varje 5 meters avsnitt för en australiensisk toppsprinter, tid 6,82 (från Oslo -94).

De högsta värden vad gäller stegfrekvens har uppgetts vara över 5 Hz. I vår undersökning fann vi ett par individer med en maximal stegfrekvens på över 5,2 steg/sek. Då dessa individer i vårt försök nådde upp till 97–98% av vad de presterade på tävling ett par dagar före försöket låg antagligen deras maximala stegfrekvensen vid tiden för försöket på över 5,3 steg/sek! Tilläggas kan att en av dessa personer hade en medelfrekvens på ca 4,8 steg/sek. när han sprang nordiskt rekord på 100 m (10,16 sek.) 1996!

Accelerationfasens längd för toppsprinters är någonstans mellan 30 och 50 m. Tyngdpunktens förhållande till fotisättningen förändras markant under de första stegen. Vid den första fotisättningen befinner sig tyngdpunkten framför fotisättningspunkten. Detta beror på att sprinterlöparens kroppsposition under de första stegen är mycket framåtlutad. Redan vid den tredje fotisättningen är kroppen så pass upprätt att tyngdpunktens position är bakom fotisättningspunkten. Från och med det första steget kan fotisättningen delas in i de två faser som vi tidigare beskrivit: främre och bakre stödfas.

En acceleration av löphastigheten kan bara ske om balansen mellan accelererande och retarderande impulser förskjuts så att löparen åstadkommer ett överskott av pådrivande kraftimpuls. Allteftersom löphastigheten tilltar sker också en ökning av den horisontellt bromsande kraftimpulsen. Någonstans mellan 40–50 m är sprinterlöparen oförmögen att producera ett överskott av kraft och accelerationen planar således ut för att så småningom upphöra, sprinterlöparen befinner sig då i den s.k. maximalhastighetsfasen. Det bör i detta sammanhang påpekas att det kan finnas vissa individuella skillnader i hastighetsförändringen även hos löpare med samma sluttid.

### EMG-aktivitet

Hög (iEMG) aktivitet under accelerationsfasen har rapporterats av *Mero et. al.* Denna studie uppvisade 4,8% högre maximal iEMG-aktivitet i accelerationsfasen än vid maximalhastighetsfasen (99). Detta är något som vi inte har kunnat se i vår studie. De EMG-registreringar vi gjort tyder på att det med EMG aktivitet inte går att åtskilja accelerations- och maximalhastighetsfas. Däremot har vi sett stora skillnader vad gäller olika individer. Vissa uppvisar stora variationer i EMG-aktivitet under en och samma stegcykel medan andra har ett stort påslag av muskulär aktivitet under stora delar av löpcykeln. Detta är ett intressant fenomen som bör undersökas ytterligare.

### Kraftproduktion

Trots tyngdpunktens läge i förhållande till första fotisättningen kan negativa horisontella krafter registreras redan då (100). Det beror troligen på att benet pendlas framåt. En aktiv fotisättning torde därför vara av fördel redan i

loppets inledningsskede. Den uppmätta bromsande kraftimpulsen tyder på att alla löpsteg i sprinterlöpning påminner om varandra, dock skall det tilläggas med stora procentuella skillnader i förhållande till den totala kontakttiden.

Kontakttiden för den första fotisättningen varierade i vårt försök mellan 150–210 msek. Av den beräknas främre stödfasen stå för ca 10%, detta att jämföras med ca 43% i maximalhastighetsfasen (100). Dessa värden ger en bra beskrivning av kraftproduktionen i accelerationens början.

På grund av kraftproduktionstidens längd (läs muskelkontraktionernas längd) är den pådrivande kraften stor i de första stegen. I maximalhastighetsfasen är däremot markkontaktarna extremt korta och de bromsande krafterna stora.

Den höga korrelationskoefficient som Mero (100) fann mellan horisontell kraftproduktion i första stegets bakre stödfas och löphastighet betonar ytterligare både karaktären av bakre stödfasen och vikten av styrka vid accelerationsfasen i sprinterlöpning. Nedan följer en av oss upprättad teoretisk jämförelse (ett exempel) av medeltalig horisontell kraftutveckling i de olika faserna:

	1:a steget	Max-fas	Ret-fas
<b>Främre stödfas (s)</b>	0,020	0,040	0,050
Horisontell kraftproduktion			
medeltalig kraft (N)	-150	-450	-450
kraftimpuls (Ns)	-3	-18	-22,5
<b>Bakre stödfas (s)</b>	0,160	0,050	0,050
Horisontell kraftproduktion			
medeltalig kraft (N)	500	400	400
kraftimpuls (Ns)	10	20	20

### Fasen för maximalhastighet

Newtons första lag är ett specialtillfälle av lag nummer två, och innebär att en kropp som inte påverkas av någon nettokraft förblir i vila eller fortsätter med konstant rätlinjig rörelse om den utsatts för nettokraft initialt. Maximalhastighetsfasen karakteriseras av att löparen rör sig med en i det närmaste konstant horisontell hastighet, och att förflyttningen av löparens tyngdpunkt i stort sätt är rätlinjig. Det innebär att i denna fas är den medeltaliga yttre kraft på löparen i stort sett noll, såväl i horisontal som vertikal riktning.

Förutsättningen för all form av konstantfartslöpning är att den medeltaliga yttre kraft på löparen i den aktuella tidsperioden är noll i horisontell riktning. Vid löpning i fullt upprätt position kommer i praktiken den medeltaliga vertikala kraften alltid att vara noll över tid. Följaktligen kommer många av de resonemangen som genomförs i denna modell att ha klara paralleller till andra former av jämnhastighetslöpning, inte bara maximalhastighetsfasen i sprint. De applicerade krafterna varierar både i storlek, riktning och varaktighet. På grund av detta är det praktiskt att införa begreppen; impuls, arbete och effekt. Impuls är beteckningen på kraft integrerad över tid. Arbete är beteckningen på kraft över väg. Effekt är beteckningen på arbete per tidsenhet. Det arbete som en löpare utför kan indelas i följande tre delar:

- Arbetet mot tyngdkraften
- Arbetet för att accelerera kroppsdelar relativt till kroppen
- Arbetet för att accelerera kroppens tp horisontellt (inkluderat luftmotståndet)

Världseliten i manlig 100 m löpning uppnår en maximal löphastighet nära 12 m/sek., emedan endast ett fåtal svenska sprinters tar sig över 11 m/sek., se fig. 24. Om man vill göra det lätt för sig kan man säga att kravet på en



toppsprinter är en mycket hög maximal snabbhetskapacitet. Det är självklart att vi måste veta mer om de parametrar som begränsar denna mycket svårpåverkbara förmåga.

Faktum är att det idag fortfarande inte finns en enda vetenskaplig studie som på ett entydigt sätt kan beskriva vad som skiljer en 10,00 sprinter och en 10,50 sprinter förutom just tiden! Det är dock viktigt att komma ihåg att de bästa manliga sprinterlöparna accelererar upp till ca 12 m/sek., denna hastighet uppnås någonstans mellan 50–70m. Ett exempel:

Peter Karlsson nådde ca 11,30 m/sek. då han sprang 100 m på 10,25 1994. När Peter i juni 1996 sprang på 10,16 gjorde han det troligtvis med en maxfart på ca 11,5 m/sek. Resultatförbättringen kan enligt vad vi tror återfinnas framförallt i en förbättrad initial acceleration.

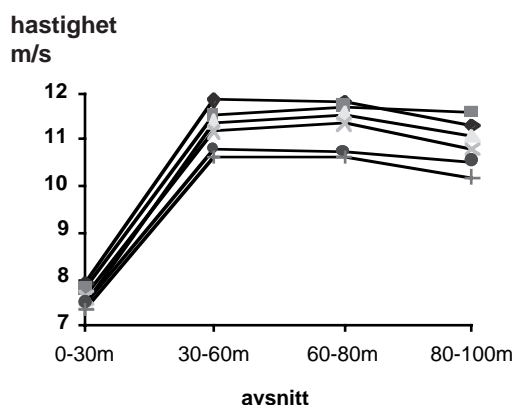
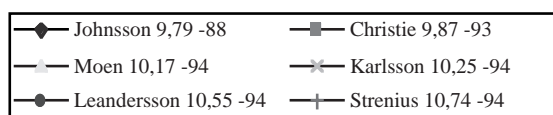


Fig. 24. Komparativ tidsanalys med splittider 30, 60, 80 och 100 m sluttid som grund. Data från vår egen tidsstudie i Tönsberg samt IAAF Athletic Foundation.

## Teknik

En ökning av maximal löphastighet kan bara ske om balansen mellan accelererande och retarderande impulser förskjuts genom att löparen åstadkommer ett överskott av pådrivande kraftimpuls, till det att ny balans upprättats på en högre hastighetsnivå. En utövare som önskar att förbättra sin maximala löphastighet har principiellt bara två möjligheter att förskjuta balansen mellan horisontellt accelererande och retarderande kraftimpuls:

- Genom att utnyttja sina totala resurser bättre
- Genom att förbättra sina totala resurser

Löparens träning kan riktas mot att öka påskjutande impuls, reducera retarderande impuls eller mot en kombination av dessa. Prestationsförbättringar kan uppnås utan att de totala resurserna ändras, detta genom att själva rörelsemönstret förbättras eller genom att en större del av aktuell muskulatur förmås rekryteras. Denna förbättring kan principiellt ske ögonblickligen.

En förbättring av maximalhastigheten kan också ske genom att de totala resurserna förbättras, vilket bara kan ske genom träningspåverkan över en längre tid. Vi vet bland annat från vår egen undersökning att det finns ett stort samband mellan löphastighet och markkontakt. Skall man uppnå en hastighet på 12 m/sek. krävs det bl.a. att markkontakten är mycket kort. Värden på under 90 millisekunder har rapporterats (54, 68), dessa värden sammanfaller med våra egna iakttagelser, t.ex. fig.10.

Den vertikala oscillationen har visat sig minska med ökad löphastighet. Den har av olika författare beräknats vara i storleksordningen 4,5 cm för ”bra sprinters”, 5,0 cm för ”medelbra sprinters” och 6,0 för ”dåliga sprinters” (17, 57, 68), detta tyder på en flack tyngdpunktsförflyttning i stödfas skulle kunna vara en viktig faktor för sprintprestationen. Samtliga dessa löpare sprang under 10 m/sek. varför vi kommer att undersöka detta ytterligare i en framtida utvärdering av vårt eget material.

Som vi tidigare har nämnt sjunker den horisontella hastigheten i främre stödfasen mindre för bra sprinters än för sämre sådana. Anledningen till denna hastighetsförlust är det horisontella avståndet från tyngdpunktens lodlinje till isättningspunkten samt den horisontella hastigheten på foten i förhållande till löphastigheten inför fotisättningen. Denna del av stegcykeln anses av många vara den mest kritiska för sprinterlöparen.

Den horisontella hastigheten är också högre i frånskjutet än vid landningen. *Cavagna* fann i sin studie en hastighetsförlust i svävfasen på 0,09 m/sek. vid en löphastighet på endast 4,47m/sek. (101). Denna hastighetsförlust kan antas vara betydande vid högre löphastigheter. Naturligtvis bestäms hastighetsförlusten också av löparens kroppsarea, om loppet löps i med- eller motvind eller om tävlingen sker på havsnivå eller höghöjd.

### **EMG-aktivitet**

Sprinterlöpning är ett mycket komplext samspel av muskulär aktivitet. Benmuskulaturens elektriska aktivitet (EMG) har påvisats öka med ökad löphastighet (5, 70). I bakre stödfasen är EMG-aktiviteten klart lägre än inför och under främre stödfasen (70, 97, 102), detta kan delvis förklaras med det elastiska arbete som bidrar till kraftutvecklingen i påskjutsfasen (56, 70). Vid sprinterlöpning är det stor EMG-aktivitet inför främre stödfasen. EMG-aktiviteten i studerade 5 benmuskler uppgår till 50–70% av det maximala integrerade elektriska aktiviteten i stödfasen (70, 102).

Vid maximal sprinterlöpning utsätts benmuskulaturen i främre stödfasen för de största stötkrafterna 10-40 msek. efter fotisättningen. Det är därför viktigt att benens extensorer är starkt aktiverade och uppvisar en stor muskulär styvhet. I litteraturen (t.ex. ref. 95) beskrivs något som kallas den elektromekaniska fördröjningen (tiden mellan elektrisk aktivitet och reell kraftutveckling), den uppges vara 20–100 msek. Fotisättningen bör ske efter denna fördröjning. Det har föreslagits att denna aktivitet är förprogrammerad och stimuleras från högre nivåer i det centrala nervsystemet.

De högsta nivåerna av iEMG-aktivitet uppnås i benextensorerna vid främre stödfasen, därefter sjunker aktiviteten till slutet av påskjutsfasen. För m.rectus femoris som verkar över två leder är situationen mer komplex. Det kan dock antas att m.rectus femoris i slutet och precis efter påskjutsfasen arbetar excentriskt på grund av höftextensionen och knäflexionen.

I mitten av svävfasen arbetar rectus som en höftflexor och är sedan inte speciellt aktiv inför nästa fotisättning. M.rectus femoris verkar för övrigt vara viktigare som höftflexor än som knästräckare (103).

Mediala och laterala hamstrings (biceps semitendinosus resp. biceps femoris) uppnår sin högsta nivå av aktivitet i slutet av svävfasen där de arbetar excentriskt för att undvika en flexion av höftleden och en extension av knäleden, samt i början av stödfasen koncentriskt (104). Hamstringsgruppen är också förhållandevis aktiv i bakre stödfasen som en höft- och knästräckare och verkar sålunda också bidra aktivt vid frånskjutet (103). I bakre svävfasen är hamstringsgruppen i stort sett inaktiv.

Flexionen av knäleden uppkommer troligtvis som ett resultat av externa krafter, troligtvis genererade som reaktionskrafter från bakre stödfasen (87) och som lagrad spänning. Variabler som EMG-aktivitet i muskulaturen är oftast omöjliga att mäta i tävlingssituationen. Genom att göra detta i en laboratoriesituation blir reliabiliteten vanligtvis bra, men validiteten kan dock ibland bli lidande.

### **Retardationsfas**

I kortsprint kan de olika faserna av loppet urskiljas på basen av hastighetsutvecklingen. Den sistnämnda har dock inte i tävlingsammanhang uppmätts med för ändamålet bästa möjliga tillgängliga utrustning. Vi hade skapat en möjlighet för en sådan mätning i samband med VM i Göteborg, men fick inte, vilket vi starkt beklagar, klartecken från ansvariga personer. Splittidsregistreringen vid stora mästerskap har hittills gjorts med videokameror vilket innebär att betydande mätfel kan uppstå (min  $\pm 0,02$ , max  $\pm 0,04$  sek.). Vår avsikt var att i Göteborg på strategiska avsnitt placera ut målkameror var 5:e meter.

– Detta är något som borde göras i framtiden.

De flesta idrottsforskare talar om en retardationsfas. Det vill säga, en fas med minskad horisontell hastighet. Sålunda har hastighetsförlusten för finallöparna de sista 20 metrarna rapporterats till: 1,1–4,5% i Seoul -88 till 0–3,9% i Tokyo -91 och 1–3% i Stuttgart -93. Professor i Letzelter vid Johannes-Göthenberg universitetet i Mainz påstår dock att både Lewis och Stewart i VM i Rom 1987 inte visar någon slutfas med minskad hastighet.

Hur det än är med detta är det i alla fall klart att retardationsfasen (där denna föreligger) inte är viktigast med tanke på totalprestationen. Skillnaden i den maximala löphastigheten mellan en 10,00 sprinter och en 10,50 dito är ca 10%. Trots detta förbereder sig fortfarande stora delar av världens sprinterlöpare som om retardationsfasen vore den mest utslagsgivande fasen i ett 100 m lopp.

En del arbeten (71, 99, 100) som beskriver retardationsfasen, framhåller att stegfrekvensen sjunker och att steglängden ökar i nämnda fas. Som orsak till hastighetsförlusten har man angett metaboliska skäl, att det skulle vara slut på de omedelbart tillgängliga energisubstraten. Andra har ansett att nervsystemet på grund av "förgiftning" inte förmår skicka ut erforderliga nervimpulser. Oavsett orsak karakteriseras denna fas av att de medeltaliga horisontella yttre krafter som påverkar löparens löphastighet i negativ riktning.

# Sluttankar

## Vad skiljer sprinters med olika snabbhetskapacitet

Vi har i vårt arbete funnit några parametrar som vi tror kan ha stor eller till och med avgörande betydelse när det gäller att löpa med mycket höga hastigheter. Enligt vår uppfattning uppvisar toppsprinters följande kriterier:

- De uppvisar alla en relativt kort reaktionstid. Det måste dock poängteras att det saknas korrelation mellan reaktionstid och sluttid då även vissa sämre sprinterlöpare förmår reagera snabbt.
- De uppvisar en hög starthastighet, upp till 4 m/sek. när bakre benet lämnar startblocket.
- De uppvisar en hög accelerationsförmåga.
- De uppvisar en hög maximal hastighet. Upp till 12 m/sek.
- De uppvisar ett stort löphjul (toppsprinters avverkar 100 m med mellan 43–47 steg).
- De uppvisar en hög maximal stegfrekvens 5,0–5,3 och en medeltalig stegfrekvens på mellan 4,3–4,7 steg/sek.
- De uppvisar mycket korta markkontakter vid maximal sprinterlöpning; 80–90 msek.
- De uppvisar hög horisontell hastighet på foten inför fotisättningen, vilket medför liten bromsimpuls.
- Deras fotisättning sker högt på fotbladet, med mycket liten eftergift (stor muskulär styvhet).
- Deras fot släpper från underlaget i bakre stödfasen innan knät är fullt uträtat.
- De eftersträvar en fullständig höftsträckning i bakre stödfasen men undantag finns även här.
- Deras fot pendlas i bakre stödfasen nära sätet och nära stödbenets knä.

*Även om dessa påståenden meddelar oss om vad som är önskvärt, är det tyvärr ändå inte givet att vi förstår varför någon är bättre i stånd till att springa snabbare än andra då prestationen i sprint grundar sig på fysiologiska variabler som är mycket svåra att undersöka och förstå. Som de flesta vet är det inte nödvändigtvis rörelsemönstret som bestämmer prestationsnivån, skillnaderna kan lika gärna skyllas på större totala resurser eller större förmåga till rekrytering av muskulatur. I en rad friidrottsgrenar (t.ex. kulstötning och höjdhopp) använder sig utövarna av helt olika tekniklösningar (innanför regelverket) och likaväl uppnås i stort sett samma resultat. En god teknik grundar sig på utövarns förutsättningar och på yttre mekaniska lagar. Ett ”bra värde” på en enskild variabel kan vara nödvändig men är ofta inte tillräckligt för att uppnå bra resultat. Det är likaväl inte orimligt att hävda att en teknik som återfinns hos alla goda utövare torde vara normen.*

## Det neuromuskulära systemet

Skelettmuskulaturens kraftutveckling i sprint bestäms inte bara av kvantiteten och kvaliteten hos muskulaturen, utan också av nervsystemets förmåga att effektivt rekrytera för arbetet relevant muskulatur. Vid muskulärt arbete regleras kraften genom att det centrala nervsystemet (CNS) reglerar antalet rekryterade motorenheter. Frågan om hur stor kraft som en rekryterad muskel kommer att utveckla är mycket komplicerat. Förenklat kan man säga att varje muskelfiber mottager signaler via en gren av en motorisk nerv vars cellkropp återfinns i ryggmärgen eller hjärnan.

Det finns grovt förenklat snabba (fasiska) och långsamma (toniska) motorneuroner. De största skillnaderna mellan fasiska och toniska motoriska enheter återfinns i uthålligheten samt hur snabbt de förmår utveckla kraft. När de toniska motorneuroner rekryteras sänder de ut ett jämt lågfrekvent (10–20 Hz) nervimpulsflöde till sina muskelfibrer, 80–100 msek. efter det att en långsam muskelfiber har stimulerats förmår den utveckla maximal kraft. De fasiska sänder ut korta högfrekventa (15–60 Hz) skurar av impulser som utlöser en maximal muskelspänning efter ca 30–40 msek. (105). Dessa värden kan jämföras med kontakttiden vid maximal sprinterlöpning; 80–90msek., under vilken muskulaturen skall hinna med både ett excentriskt och koncentriskt muskelarbete.

Till motorneuronen i ryggmärgen sammanstrålar ett mycket stort antal nervtrådar, både från hjärnan men också från receptorer i muskler, sensor, leder, ögon etc. En del av dessa verkar retande, andra hämmande. Hur stor signal som neuronen kommer att skicka ut till muskulaturen bestäms av den s.k. nettoexcitationen (nettoretningen). Nettoexcitationen är summan av retande och hämmande impulsinflöde i varje enskilt ögonblick.

De olika motoriska enheternas muskelfibrer har olika kontraktila och metaboliska egenskaper som gör att de utnyttjas olika vid en muskelkontraktion. Vid lätt muskulärt arbete rekryteras främst de långsamma fibrerna och dessa tröttnas inte, varför arbetet kan pågå under en länge tid. Vid tyngre och speciellt vid ett muskelarbete som kräver snabba kontraktioner rekryteras visserligen även långsamma muskelfibrer, men de snabba står för merparten av arbetet då de långsamma inte hinner utveckla speciellt hög muskelspänning.

Fördelningen av snabba och långsamma muskelfibrer varierar mycket från individ till individ och är starkt ärftligt betingad. En konsekvens av detta är att personer med en stor andel snabba fibrer uppvisar fallenhet för sprint. Det bör i detta sammanhang påpekas att ingen av idag aktiva toppsprinters har enligt vad vi erfarit deltagit i en så kallad fiberestimering, men mycket tyder dock på att påståendet stämmer. Ingen kan dock med dagens kunskap som grund säkert veta hur stor betydelse andelen snabba muskelfibrer har för sprintprestationen. Nyare forskningsresultat visar dessutom att vår muskulatur besitter en betydande förmåga till omställning. Sålunda är det klarlagt att volymen på varje enskild muskelfiber kan förändras med träning och inriktningen på denna avgör vilken fibertyp som påverkas mest. Givetvis begränsas varje individs utveckling av det genetiska bagaget men träningens roll i sprinterlöparens utveckling bör definitivt inte underskattas.

Vid all fysisk träning anpassas organismen på olika sätt. I regel finns ett gott samband mellan muskelvolym och den kraft en muskel kan prestera, detta samband minskar dock om rörelsen kräver stor kontraktionshastighet. Sprinterlöpning ställer extremt stora krav på nettoexcitation av motorneuroner samt synkronisering (koordination) mellan de olika motoriska enheternas muskelgrupper. Därför begränsar sannolikt CNS sprintprestationen mer än volymen på muskulaturen. Detta bör ge en del implikationer vad gäller sprinterträningens innehåll.

För närvarande är förståelsen av hjärnans betydelse för förmågan att springa fort långt ifrån fullständig. Detta gäller också muskulaturens kraft och effektproduktion i höga hastigheter. Ytterligare kunskap inom dessa områden i kombination med forskning i ämnena sprintekonomi och energimetabolism i sprint tycker vi vore värdefullt.

# Referenslista

1. M Aem, K Miyashita, K Shibukawa, T Yokoi, Y Hashihara, "BODY SEGMENT CONTRIBUTIONS DURING THE SUPPORT PHASE WHILE RUNNING AT DIFFERENT VELOCITIES", *Int. Series on Biomechanics IX-B*, D A Winter, R A Norman, R P Wells, K C Hayes & A E Patla (ed.), vol.5B, s 343-349, 1985
2. M Ae, K Miyashita, T Yokoi, Y Hashihara, "MECHANICAL POWER AND WORK DONE BY THE MUSCLES OF THE LOWER LIMB DURING RUNNING AT DIFFERENT SPEEDS", *Int. series on Biomechanics X-B*, B.Jonsson (ed.), vol.6B s 895-899, 1987
3. MJL Alexander, "THE RELATIONSHIP BETWEEN MUSCLE STRENGTH AND SPRINT KINEMATICS IN ELITE SPRINTERS", *Can. J Spt. Sci.* 14:3, s 148-157, 1989
4. MJL Alexander, "A KINEMATIC ANALYSIS OF ELITE SPRINTERS", *Rapport från University of Manitoba, Canada*, 1986
5. Y Amano, T Hoshikawa, S Toyoshima, H Matsui, "LONGITUDINAL STUDY OF RUNNING IN CHILDREN OVER AN 8-YEAR PERIOD", *Int. series on Biomechanics X-B*, B Jonsson (ed.), vol. 6B, s 819-824, 1987
6. LE Armstrong, SM Cooksey, "BIOMECHANICAL CHANGES IN SELECTED COLLEGIATE SPRINTERS DUE TO INCREASED VELOCITY", *Track & Field QR* vol. 83, nr. 2, s 10-14, 1983
7. LE Armstrong, DL Costill, G Gehlsen, "BIOMECHANICAL COMPARISON OF UNIVERSITY SPRINTERS AND MARATON RUNNERS", *Track Technique*, s 2781-2782, 1984
8. AE Atwater, "CINEMATGRAPHIC ANALYSIS OF HUMAN MOVEMENT", I "Exercise and sport sciences reviews", J H Wilmore (ed.), vol.1, 1973
9. AE Atwater, "KINEMATIC ANALYSIS OF SPRINTING", *Unpublished lab report # 3 (80)*, University of Arizona, 1982
10. AE Atwater, "KINEMATIC ANALYSIS OF SPRINTING", *Track & Field QR* Vol.82, nr. 2, s 12-16, 1982
11. R Ballreich, "WEG- UND ZEITMERKMALE VON SPRINTBEWEGUNGEN", *Bartels und Wernitz, Berlin*, 1969
12. R Ballreich, H Gabel, "EINFLUSS VON SCHRITTLANGE UND SCHRITTFREQUENZ AUF DIE LAUFZEIT IN SPRINTDISZIPLINEN", *Leistungssport*, vol.5, nr. 5, s 346-351, 1975
13. W Baumann, A Schwirtz, V Gross, "BIOMECHANIK DES KURZSTRECKENLAUFS", I *Biomechanik der Sportarten*, Band 1, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1986
14. C Bosco, C Vittori, "BIOMECHANICAL CHARACTERISTICS OF SPRINT RUNNING DURING MAXIMAL AND SUPRA MAXIMAL SPEED", *IAAF, NSI*, vol. 1, s 39-45, 1986
15. JW Bunn, "SCIENTIFIC PRINCIPLES OF COACHING", *Prentice-Hall, Englewoods Cliffs, New Jersey*, 1972
16. GA Cavagna, FP Saibene, R Margaria, "MECHANICAL WORK IN RUNNING", *J.Appl.Physiol. bind 19*, s 249-256, 1964
17. GA Cavagna, L Komarek, S Mazzoleni, "THE MECHANICS OF SPRINT RUNNING", *J Physiol., bind 217*, s 709-721, 1971
18. GA Cavagna, H Thysm, A Zamboni, "THE SOURCES OF EXTERNAL WORK IN LEVEL WALKING AND RUNNING", *J Physiol., bind 262*, s 639-657, 1976
19. GA Cavagna, M Kaneko, "MECHANICAL WORK AND EFFICIENCY IN LEVEL WALKING AND RUNNING", *J Physiol., bind 268*, s 467-481, 1977
20. PR Cavanagh, "BIOMECHANICAL STUDIES OF ELITE DISTANCE RUNNERS: DIRECTIONS FOR FUTURE RESEARCH", I "Future directions in exercise and sport science research", J.S.Skinner et.al. (ed.), *Human kinetics books, Champaign, Ill.*, s 163-179, 1989
21. AE Chapman, GE Caldwell, "KINETIC LIMITATIONS OF MAXIMAL SPRINTING SPEED", *J.Biomechanics*, vol.16, s 79-83, 1983
22. L Chengzhi, H Zongcheng, "TEMPORAL AND KINEMATIC ANALYSIS OF SWING LEG FOR ELITE SPRINTERS", *Int.series on Biomechanics X-B*, B Jonsson (ed.), vol. 6B s 825-829, 1987
23. JW Chow, "MAXIMUM SPEED OF FEMALE HIGH SCHOOL RUNNERS", *Int. Journal of Sport Biomech. nr. 3*, s 110-127, 1987
24. DE Deshon, RC Nelson, "AN CINEMATGRAPHICAL ANALYSIS OF SPRINT RUNNING", *The Research Quarterly*, vol. 35, nr. 4, s 451-455, 1964

25. F Dick, "DEVELOPING AND MAINTAINING MAXIMUM SPEED IN SPRINTS OVER ONE YEAR", 9 sidor, Artikel från EACA congress i Bad Blankenburg, DDR, jan, 1989
26. CJ Dillman, "KINEMATIC ANALYSES OF RUNNING", I J H Wilmore & J F Keoh (ed.), "Exercise and sport sciences reviews", Vol. 3, 1975
27. E Dostal, "STEGLÄNGD & STEGFREKVENNS PÅ 100 M SPRINT", *Friidrett*, nr.7, s 38, 1986.
28. E Dostal, *Föreläsningar på sprintseminar, Oslo, maj, 1989.*
29. G Dyson, "THE MECHANICS OF ATHLETICS", Hodder and Stoughton, London, 1977
30. BC Elliott, BA Blanksby, "THE SYNCHRONIZATION OF MUSCLE ACTIVITY AND BODY SEGMENT MOVEMENT DURING A RUNNING CYCLE", *Medicine and Science in Sports*, 11(4), s 322-327, 1979
31. WA Fenn, CA Morrison, "FRICTIONAL AND KINETIC FACTORS IN THE WORK OF SPRINT RUNNING", *Am. J Physiol.*, bind 92, s 583-611, 1930
32. WO Fenn, "WORK AGAINST GRAVITY AND WORK DUE TO VELOCITY CHANGES IN RUNNING", *Am. J Physiol.*, bind 93, s 433-462, 1930
33. T Fukunaga, A Matsuo, K Yuasa, H. Ujimatsu, K Asahina, "MECHANICAL POWER OUTPUT IN RUNNING", *Int.series on VI-B, E.Asmussen & K Jørgensen (eds), vol.2B, s 17-22, 1978*
34. Gundlach, "LAUFGESTALTUNG UND SCHRITTGESTALTUNG IM 100M-LAUF", *Theorie und Praxis der Körperkultur*, s 254-267, 346-359, 418-425, 1963
35. J Hamill, BT Bates, KM Knutzen (abstract), "GROUND REACTION FORCE SYMMETRY DURING WALKING AND RUNNING", *Med.& science in sports and exercise*, vol. 15, nr.2, 1983
36. J G Hay, "THE BIOMECHANICS OF SPORTS TECHNIQUES", Prentice-Hall, Englewoods Cliffs, New Jersey, 1978
37. N C Heglund, C R Taylor, TA McMahan, "SCALING STRIDE FREQUENCY AND GAIT TO ANIMAL SIZE: MICE TO HORSES", *Science*, bind 186, s 1112-1113, 1974
38. M Hildebrand, "ANALYSIS OF VERTEBRATE STRUCTURE", J.Wiley & Sons, New York, 1974
39. AV Hill, "THE DIMENTIONS OF ANIMALS AND THEIR MUSCULAR DYNAMICS", *Science press*, vol 38, nr.150, 1950
40. RN Hinrichs, PR Cavanagh, KR Williams, "UPPER EXTREMITY FUNCTION IN RUNNING. I: CENTER OF MASS AND PROPULSION CONSIDERATIONS", *Int.Journal of Biomech.* nr.3, s 222-241, 1987
41. R N Hinrichs, "UPPER EXTREMITY FUNCTION IN RUNNING. II: ANGULAR MOMENTUM CONSIDERATIONS", *Int. Journal of Biomechanics*, nr.3, s 243-263, 1987
42. G Hochmuth, "BIOMECHANICS OF ATHLETIC MOVEMENT", Sportverlag Berlin, 1984
43. K Hoffmann, "STATURE, LEG LENGTH, AND STRIDE FREQUENCY", *Track Technique*, vol. 46, s 1463-1469, 1971
44. K Hoffmann, "STRIDE LENGTH AND FREQUENCY OF FEMALE SPRINTERS", *Track Technique*, vol. 48, s 1522-1524, 1972
45. T Hoshikawa, M Miyashita, M Matsui, "AN ANALYSIS OF RUNNING PATTERN IN RELATION TO SPEED", *Medicine and Sport Biomechanics III, S Cerquiglini, A Venerando & J Wartenweiler (eds), vol. 8, s 342-348, Karger, Basel, 1973*
46. P Högberg, "LENGTH OF STRIDE, STRIDE FREQUENCY, 'FLIGHT' PERIOD AND MAXIMUM DISTANCE BETWEEN THE FEET DURING RUNNING WITH DIFFERENT SPEEDS", *Arbetsfysiologi*, 14, s 431-436, 1952
47. M Ikai, "DYNAMICS OF SPRINT RUNNING WITH RESPECT TO THE SPEED CURVE", *Medicine and Sport Biomechanics, J Wartenteiler m.fl.(ed.), vol. 4, Karger, Basel, 1968.*
48. A Ito, T Fuchimoto, M Kaneko, "QUANTITATIVE ANALYSIS OF EMG DURING VARIOUS SPEEDS OF RUNNING", *Int. series on Biomechanics IX-B, D A Winter, R A Norman, R P Wells, K C Hayes & A E Patla (ed.), vol. 5B, s 301-306, 1985*
49. A Ito, T Fuchimoto, M Kaneko, "ELECTROMECHANICAL EFFICIENCY IN SPRINT RUNNING", *Int. series on Biomechanics X-B, B Jonsson (ed.), vol.6B, s 863-867, 1987*

50. I.A.A.F., "SCIENTIFIC REPORT ON THE II WORLD CHAMPIONSHIPS IN ATHLETICS, ROME 1987", *Utgivet* 1988
51. SL James, CE Brubaker, "BIOMECHANICAL AND NEUROMUSCULAR ASPECTS OF RUNNING", I "Exercise and sport sciences reviews", J.H. Wilmore (ed), Vol.1, 1973
52. M Kaneko, A Ito, T Fuchimoto, Y Shishikuram, J Toyooka, "INFLUENCE OF RUNNING SPEED ON THE MECHANICAL EFFICIENCY OF SPRINTERS AND DISTANCE RUNNERS", *Int. series on Biomechanics IX-B*, D A Winter, R A Norman, R P Wells, K C Hayes A E Patla (ed.), vol. 5B, s 307–312, 1985
53. AO Korneljuk, "SCIENTIFIC BASIS OF SPRINTING SPEED DEVELOPMENT", *Track & Field QR*, vol. 82, nr. 2, 1982
54. H Kunz, D Kaufermann, "HOW THE BEST SPRINTERS DIFFER", *Track Technique*, 80, s 2549–2550, summer 1980
55. H Kunz, DA Kaufmann, "BIOMECHANICAL ANALYSIS OF SPRINTING: DECATHLETES VERSUS CHAMPIONS", *Brit. J Sport. Med.*, vol. 15, nr. 3, s 177–181, 1980
56. P Luthanen, PV Komi, "FORCE-, POWER-, AND ELASTICITY-VELOCITY RELATIONSHIPS IN WALKING, RUNNING AND JUMPING", *Eur. J Appl. Physiol.*, vol. 44, s 279–289, 1980
57. P Luthanen, PV Komi, "MECHANICAL FACTORS INFLUENCING RUNNING SPEED", *Int. series on Biomechanics VI-B*, E. Asmussen & K. Jørgensen (ed.), vol. 2B, s 23–29, 1978
58. RA Mann, "BIOMECHANICS OF WALKING, RUNNING AND SPRINTING", *Am. J Sports Med.*, vol. 8, nr. 5, s 345–350, 1980
59. RA Mann, G.T.Moran & S.E.Dougherty, "COMPARATIVE ELECTROMYOGRAPHY OF THE LOWER EXTREMITY IN JUMPING, RUNNING AND SPRINTING", *Am. J of Sports Medicine*, vol. 14. s 501–510, 1986
60. RA Mann, P Sprague, "A KINETIC ANALYSIS OF THE GROUND LEG DURING SPRINT RUNNING", *Res. Quart. Exercise and Sport*, vol. 51, s 334–348, 1980
61. RV Mann, "A KINETIC ANALYSIS OF SPRINTING", *Med.Sci.Sports and Exercise*, vol. 13, nr. 5, s 325–328, 1981
62. R Mann, "KINETICS OF SPRINTING", *Track & Field QR*, vol. 83, nr. 2, s 4–9, 1983
63. R Mann, J Kotmel, J Herman, B Johnson, C Schultz, "KINEMATIC TRENDS IN ELITE SPRINTERS", I "Sports Biomechanics" J Terauds et. al. (ed), Del Mar, California, 1984
64. R Mann, "BIOMECHANICAL ANALYSIS OF THE ELITE SPRINTER AND HURDLER", I "The elite athlete", N K Butts, T T Gushiken & B Zarins (ed), Spectrum Publications, s 43–80, 1985
65. R Mann, J Herman, "KINEMATIC ANALYSIS OF OLYMPIC SPRINT PERFORMANCE: MEN'S 200 METERS", *Int. J Sport Biomech.*, nr. 1, s 151–162, 1985
66. R Mann, "THE BIOMECHANICAL ANALYSIS OF SPRINTERS", *Track Technique*, 94, s 3000–3003, 1986
67. V Mehrikadze, B Tabatschnik, "AN ANALYSIS OF SPRINTING", *Hämtat från Legkaja Atletika*, s 8–10, 1982
68. A Mero, P Luthanen, PV Komi, "ZUM EINFLUSS VON KONTAKTPHASENMERKMALEN AUF DIE SCHRITTFREQUENZ BEIM MAXIMAL-SPRINT", *Leistungssport, ärgång* 12, nr. 4, s 308–313, 1982
69. A Mero, PV Komi, "EFFECTS OF SUPRAMAXIMAL VELOCITY ON BIOMECHANICAL VARIABLES IN SPRINTING", *Int. J Sports Biomech.*, nr. 1, s 240–252, 1985
70. A Mero, PV Komi, "FORCE-, EMG-, AND ELASTICITY-VELOCITY RELATIONSHIPS AT SUBMAXIMAL, MAXIMAL AND SUPRAMAXIMAL RUNNING SPEEDS IN SPRINTERS", *Eur. J Appl. Physiol.*, 55, s 553–561, 1986
71. P Moravec, J Ruzicka, P Susanka, E Dostal, M Kodejs, M Nosek, "THE 1987 IAAF SCIENTIFIC PROJECT REPORT". IAAF *New studies in athletics*. 1988
72. C F Munro, D I Miller, A J Fuglevand, "GROUND REACTION FORCES IN RUNNING: A REEXAMINATION", *J Biomechanics*, vol. 20, nr. 2, s 147–155, 1987
73. Y Murase, T Hosikawa, N Yasuda, Y Ikegami, H Matsui, (1976) "ANALYSIS OF THE CHANGES IN PRESSIVE SPEED DURING 100-METER DASH", *Int.series on Biomechanics V-B*, PV Komi (ed), vol.1B, s 200–207



74. A Nytröm, E Enoksen, S Hetland, "FRIDRETTSTEKNIKK", Universitetsforlaget, Oslo, 1988
75. E Ozolin, "CONTEMPORARY SPRINT TECHNIQUE", Soviet Sports Review, nr. 4, s 190-195, 1985
76. CA Putnam, JW Kozey, "SUBSTANTIVE ISSUES IN RUNNING", I "Biomechanics of sport", C.L.Vaughan (ed), CRC Press, Boca Raton, Florida, 1989
77. WM Saziorski, SJ Aljeschinski, NA Jakunin, "BIOMECHANISCH GRUNDLAGEN DER AUSDAUER", Sportverlag Berlin, 1987
78. G Schmolinsky (ed), "TRACK AND FIELD - BASED ON EXPERIENCE AND SCIENTIFIC RESEARCH IN SPORT IN THE GERMAN DEMOCRATIC REPUBLIC", Sportverlag Berlin, 1983
79. G Schröter, "KURZSTRECKENLAUF", I "Grundlagen der Leichtathletik", Sportverlag Berlin, s 118-179, 1986
80. A Schwirtz, V Gross, W Baumann, "LAUFE", I "Biomechanik der Sportarten", K.Willimczik (ed), Rowohlt, Reinbek bei Hamburg, 1989
81. EB Simonsen, TD Pedersen, "FILMANALYS AV 100 M LOPP", Dansk Atletik, bilag 1, jan. 1985
82. EB Simonsen, "MUSKELFUNKTIONEN UNDER SPRINT", Dansk Atletik, bilag 2, jun. 1985
83. WC Slinning, HL Forsyth, "LOWER LIMB ACTIONS WHILE RUNNING AT DIFFERENT VELOCITIES", Medicine and science in sports, 2: s 28-34, 1970
84. P Sprague, RA Mann, "THE EFFECTS OF MUSCULAR FATIGUE ON THE KINETICS OF SPRINT RUNNING", Res. Quart. Exercise and Sport, vol. 54, nr. 1, s 60-66, 1983
85. J Waser, "ZUM TECHNIKTRAINING BEIM LAUFEN", Leistungssport, årgång 15, nr. 1, s 34-38, 1985
86. DCS White, "MUSCLE MECHANICS", I R McN Alexander & Goldspink (ed), "Mechanics and energetics of animal locomotion", Chapman and Hall, London, 1977
87. A Mero, PV Komi, RJ Gregor "BIOMECHANICS IN SPRINT RUNNING" Sport Medicine, 13 (6), s 376-392, 1992
88. KR Williams, "BIOMECHANICS OF RUNNING", I RL Terjung (ed), "EXERCISE AND SPORT SCIENCE REVIEWS", Vol. 13, 1985
89. GA Wood, "OPTIMAL PERFORMANCE CRITERIA AND LIMITING FACTORS IN SPRINT RUNNING", I.A.A.F. New studies in athletics, nr.2, s 55-63, 1986
90. GA Wood, RN Marshall, LS Jennings, "OPTIMAL REQUIREMENTS AND INJURY PROPENSITY OF LOWER LIMB MECHANICS IN SPRINT RUNNING", Int.series on Biomechanics X-B, B.Jonsson (ed), vol.6B, s 869-874, 1987
91. T Yokoi, K Shibukawa, M Aem, Y Hashihara, "EFFECTS OF STATURE DIFFERENCES ON SPRINT RUNNING MOTION", Int.series on Biomechanics X-B, B.Jonsson (ed), vol.6B, s 881-885, 1987
92. A Mero, PV Komi, RJ Gregor, "BIOMECHANICS IN SPRINT RUNNING", Sports Medicine 13 (06), s 376-392, 1992
93. AH Payne "FOOT TO GROUND CONTACT FORCES OF ELITE RUNNERS" Biomechanics VII-B, s 746-753.
94. AE Atwater "KINEMATIC ANALYSIS OF STRIDE DURING THE SPRINT START AND MID RACE SPRINT", Paper presented at 26th Annual Meeting of American College of Sports Medicine, maj 1979
95. PV Komi, "THE STETCH-SHORTENING CYCLE AND HUMAN POWER OUTPUT", Human muscle Power, Jones et al (Eds). Kapitel 3 (27-38), 1984
96. Coppenolle et. al. "TECHNOLOGY AND DEVELOPMENT OF SPEED" Athletics Coach 23 (1): s 82-90, 1989
97. A Mero, PV Komi, P Luhtanen, "A BIO-MECHANICAL STUDY OT THE SPRINT START", Scandinavian Journal of Sports Sciences, 5(1), s 20-28, 1983
98. K Wiemann, G Tidow, "RELATIVE ACTIVITY OF HIP AND KNEE EXTENSORS IN SPRINTING-IMPLICATION FOR TRAINING", New Studies of Athletics, 10:1 s 29-49, 1995
99. A.Mero, E Peltola, "EMG ACITIVITY AND GROUND REACTION FORCES", Leichtungsport, 19 (1989) 4, s 29-31, 1989

100. A. Mero, "FORCETIME CHARACTERISTICS AND RUNNING VELOCITY OF MALE SPINTERS DURING ACCELERATION PHASE OF SPRINTING" *Research Quarterly for excellence and sport*, Vol 59, no 2, s 94-98, 1988
101. PR Cavagna, MA LaFortune, "GROUND REACTION FORCES IN DISTANCE RUNNING", *Journal of Biomech*, 13, s 397-406, 1980
102. V Dietz, D Schmitbleisher, J Noth, "NEURONAL MECHANISM OF HUMAN LOCOMOTION" *Journal of Neurophysiology* 42, s 1212-1222, 1979
103. A Mero, PV Komi, H Rusko, "NEURO-MUSCULAR AND ANAEROBIC PERFORMANCE OF SPINTERS AT MAXIMAL AND SUPRAMAXIMAL SPEED", *International Journal of Sports Medicine*, 8, s 55-60, 1987
104. S Jönhagen, MO Eriksson, G Nemeth, E Eriksson, "AMPLITUDE AND TIMING OF ELECTROMYOGRAPHIC ACTIVITY DURING SPRINTING" *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sport*, s 15-21, 1996
105. PO Åstrand, K Rodahl, "TEXTBOOK OF WORK PHYSIOLOGY", s 33
106. PO Åstrand, K Rodahl, "TEXTBOOK OF WORK PHYSIOLOGY", s 105 figure 3-23
107. A Nardone, C Romano, M Schieppat, "SELECTIVE RECRUITMENT OF HIGH TRESHHOLD MOTOR UNITS DURING VOLONTARY ISOTONIC LENGTHENING OF ACTIVE MUSCLE", *Muscle Journal of Physiology*, 409, s 363-381, 1989
108. F Buchtal, H Schmalbrucht, "MOTOR UNIT OF MAMMALIAN MUSCLE" *Physiology Rev*, 60:91, 1980
109. B Saltin, PD Gollnik, "HANDBOOK OF PHYSIOLOGY" *Skeletal Muscle*, sect 10, s 555
110. P O Åstrand, K Rodahl "TEXTBOOK OF WORK PHYSIOLOGY"
111. Hay, G James, G Reid, "THE ANATOMICAL AND MECHANICAL BASES OF HUMAN LOCOMOTION", 1982
112. RC Nelson, CJ Dillman, P Lagasse "BIOMECHANICS OF OVERGROUND VS. TREADMILL RUNNING", *Med. Sci Sports* 4(4) s 233-240, 1972
113. HG Knuttgen, "OXYGEN UPTAKE AND PULSRATE WHILE RUNNING WITH UNDERMINDED AND DETERMINED STRIDELENGTH ATT DIFFERENT SPEEDS", *Acta Physiol Scand* 52. s 366-371, 1961
114. PR Cavanagh, ML Pollock, J Landa, "THE MARATHON", s328-345, 1977
115. K Hoffmann "STATURE, LEG LENGTH, AND STRIDE FREQUENCY", *Track Technique*, vol.46, s 1463-1469, 1971
116. S Carlsjö, S Molbech, "THE FUNCTIONS OF CERTAIN TWO-JOINT MUSCLES IN A CLOSED MUSCULAR CHAIN", *Journal of Biomechanics* 18,5, s 307-316, 1966
117. RJ Gregor, PR Cavanagh, MA La Fortune "KNEE FLEXOR MOVEMENTS DURING PROPULTION IN CYCLING -A CREATIVE SOLUTION TO LOMBARDS PARADOX", *Journal of Biomechanics*, 18(5), s 307-316, 1985
118. JG Andrews, "THE FUNCTIONAL ROLES OF THE HAMSTRINGS AND QUADRICEPS DURING CYCLING": *Lombards paradox revised*. *Journal. of Biomechanics* 20(6), s 565-575, 1987
119. T Bober, W Mularczyk, "THE MICHANICS OF THE SWING LEG IN RUNNING", *Techniques in Athletics*, Cologne, 7-9 June Conference proceedings, Vol. 2, s 507-510, 1990
120. JG Andrews "THE FUNCTIONAL ROLES OF THE HAMSTRINGS AND QUADRICEPS DURING CYKLING": *Lombards paradox revised*. *J Appl. Physiology* 74, s 1893-898, 1987
121. JS McClay, MJ Lake, PR Cavanagh, "MUSCLE ACTIVITY IN RUNNING" *B iomechanics in distance running*. Chapter 6, s 165-186 1990
122. ED Lemaire, DGE Robertson, "POWER IN SPRINTING" *Track and Field Journal* 35, s 13-15 1989
123. RA Mann, JL Hagey, "RUNNING, JOGGING AND WALKING: A COMPARATIVE EMG AND BIOMECHANICAL STUDIE", *Bateman, Trott. A.: The foot and ankle*. New York: Thieme-Stratton, s 167-175, 1980
124. PR Hannon, SA Rasmussen, CP Derosa, "EMG PATTERNS DURING LEVEL AND INCLINED TREADMILL RUNNING AND THEIR RELATIONSHIP TO STEP CYKLE MEASURES", *Research Quarterly* 56,4, s 334-338, 1985

125. JE Nilsson, "ON ADAPTATION TO SPEED AND MODE OF PROGRESSION IN HUMAN LOCOMOTION ", s 26-27, 1990
126. LO Alnes, "MAKSIMALHASTIGHET I SPRINTLÖP", *En komperativ, biomekanisk analyse av utvalgte variabler hos to grupper norske sprintere på ulikt prestasjonsnivå. Hovedfagsoppgave ved Norges idrettshøgskole, 1990*
127. A Ito, M Suzuki, "THE MENS 100m", *New Studies in Athletics* 7,1. s 47-52, 1992
128. PV Komi, C Bosco, "UTILITATION OF STORED ELASTIC ENERGY IN LEG EXTENSORS BY MEN AND WOMEN" *Med. Sci. Sports* 10,4 s 261-265, 1978a.
129. FOCUS Almqvist/Wiksell Uppslagsverk, Gebers Förlag 1968
130. *Allhems Sportlexicon* 1949
131. PV Komi, C Bosco, "REACTION TIME AND ELECTROMYOGRAPHIC ACTIVITY DURING A SPRINT START" *Eur J Appl Physiol*, 61: 1-2, 73-80, 1990
132. M Grosser, "PSYCHOMOTORISCHE SCHNELLKOORDINATION" *Schrndorf: Verlag Hofmann, 1976*
133. VM Zaciorskij, "DER KÖRPLICHEN EIGENSCHAFTEN DES SPORTLERS" *Berlin: Verlag Bartels & Wernitz KG, 1977*
134. Selinger, Kampmiller, Selingerova, Laczo "MEASUREMENT OF KINEMATIC PARAMETERS OF RUNNING" *Faculty of Physical Education and Sports, Comenius University, Bratislava; Slovakia*
135. Lombard WP "THE ACTION OF TWO JOINTS MUSCLES" *American Physical Education Review. Vol 8, s 141-145, 1903*



Leif Dahlberg

# Utveckling av hoppegenskaper i ett träningsystem

## Nyckelord

## Målsättning för utvecklingsprojektet

Hoppstyrka, Plyometri, Tresteg, Träning jämförelser, Eccentrisk styrka

1. *att* finna optimala träningsmetoder för att utveckla hoppstyrka hos en elithoppare.
2. *att* finna samband mellan olika träningsmoment som i olika kombinationer ger positiva resp. negativa sluteffekter på hoppförmågan.
3. *att* finna samband mellan olika träningsmetoders varierande belastningar och hoppförmåga.
4. *att* finna relevanta testformer.
5. *att* påvisa medicinska och fysiologiska förändringar av olika träningsformer.
6. *att* finna samband i fysiologiska förändringar mellan ”i form” och ”ur form”.
7. *att* jämföra tekniskt utförande och kraft/tid, mönster vid längd-/trestegshopp resp. s k grennära övningar.
8. *att* kartlägga och analysera internationella träningsystem inom horisontella hopp.

## Resultat

*Följande påståenden har vi funnit stöd för i vår studie:*

1. Den eccentrica styrkan har stor och avgörande betydelse för ett hoppresultat.
2. All form av löpträning som skapar stora mängder lactat har en negativ inverkan på hoppförmågan.
3. Horisontella hoppövningar är mera grennära för en längd-/trestegshoppare än vertikala.
4. Vertikala hoppövningar skall genomföras med stora avstånd mellan plintar, häckar etc.
5. Resultat från snabbhetstester i maximal hastighet på en löpsträcka av 30 m samvarierar väl med tävlingsresultatet i längd/tresteg.
6. Hoppstester med ansats har hög korrelation med tävlingsresultatet.
7. Den mentala inställningen till den aktuella tävlingen kan påverka tävlingsresultatet positivt resp. negativt.
8. Den fysiska förmågan, åtminstone uttryckt i fysiska tester, försämras sista veckorna inför säsongmålet.
9. Snabbheten får en allt mera avgörande roll för trestegshoppare.
10. Små tekniska olikheter kan ge stora avgörande resultatskillnader för hoppare i världseliten.
11. Med en teknisk optimering av anoppet så kan även aktiva med något lägre maxsnabbhet uppnå anoppshastigheter och därmed tävlingsresultat i världsklass.
12. All elitträning tenderar till en ökad intensitet året runt.
13. En ökad specialisering när det gäller antalet träningsfaktorer kommer att ske.
14. Ett ökat utnyttjande av tekniska hjälpmedel för att finjustera tekniken kommer att ske.
15. Träningsformen hoppstyrka kommer att få en dominerande roll i den totala träningsprocessen för längd-/trestegshoppare.

## Projektansvarig/tränare Idrott

Leif Dahlberg, Rönndalsvägen 19, 236 32 Höllviken. Tel. 040-45 65 27  
Friidrott

## Samverkande forskare

Ola Thorsson, Lars OD Christensen, Per Aagaard  
Morten Havskrogh, Finn Boysen-Möller, Erik Simonsen

# Utveckling av hoppegenskaper i ett träningsystem

Av Leif Dahlberg

---

## Inledning

*Under de senaste 10–15 åren har en kraftig internationell topp- och breddelitmässig resultatutveckling skett inom friidrottens olika hoppgrenar. Stor del i denna utveckling är förbättrade kunskaper om snabbstyrketräningens betydelse i den totala träningsprocessen. Begreppet snabbstyrka är ett stort och vitt begrepp inom träningsprocessen varför jag har valt att i projektet kalla snabbstyrketräning som utföres genom olika hoppövningar för ”hoppstyrka”.*

I världens ledande friidrottsnationer läggs årligen mycket stora resurser ner på att finna allt bättre och effektivare träningsmetoder inom området hoppstyrka.

Övningsurvalet, belastningsmängd och träningsformens procentuella andel i den totala träningsmängden är olika variabler som bestämmer träningsens slutgiltiga utseende.

En av de forskare som kommit långt i att kartlägga olika hoppstyrkeformer samt även mäta den aktives hoppförmåga är den italienske idrottsforskaren Carmelo Bosco. Genom sitt arbete med en speciell tryckplatta har han kommit fram till olika testmetoder för att mäta idrottsmannens hoppförmåga i horisontell resp. vertikal riktning. Dessa tester ligger idag till grund för många elithoppares träningsplaner, både kort- som långsiktiga. Att finna testformer med en hög korrelation till tävlingsresultatet har många friidrotts tränare arbetat med under senare tid. Bl.a. genomfördes en stor studie i samband med Svenska Friidrottsförbundets HTU-utbildning 1989–90 där man jämförde tävlingsresultaten i tre tävlingsgrenar med friidrottens traditionella hopp- och styrketester. Undersökningen genomfördes på en ungdomsomsgrupp under en längre period och jämfördes med liknande undersökningar gjorda av den polske idrottsfysiologen Lasocki. Resultaten av dessa undersökningar visar att testmetoder där teströrelsen genomförs i rätt rörelseriktning och med maximal kraftinsats uppvisar den allra största korrelationen med tävlingsresultatet. Ungefär liknande slutsatser och testmetoder har framtagits av dr. Donald Chu i USA och av prof. Yuri V Verkhoshansky i Ryssland.

De allra flesta undersökningar som idag sker i området snabbstyrka – hoppstyrka går ut på att fastställa testmodeller för att kartlägga idrottsmannens träningsstatus och utveckling. I mycket få undersökningar, om ens några, har man kopplat olika träningsformer utförda av idrottsmän i världselit till medicinska och fysiologiska tester för att finna optimala träningsformer som resulterar i ett bättre testresultat. De träningsmodeller som ligger bakom resultatutvecklingen under senare år är lite undersökta och dåligt dokumenterade. De fysiologiska och grenspecifika resultat som de olika träningsformerna ger är inte vetenskapligt undersökta.

I slutet av 80-talet påbörjade en grupp idrottsforskare i dåvarande Sovjetunionen en studie för att vetenskapligt fastställa olika träningsmetoders

faktiska fysiologiska effekt. Denna studie avbröts efter något år p.g.a. de politiska förändringar som genomfördes i landet. Dessa studier har därefter inte återupptagits.

I Sverige har genom åren en värdefull forskning skett inom muskel- fysiologi där bl.a. musklernas elastiska komponenter undersökts. Resultat från dessa undersökningar har påverkat träningsinnehållet i den vardagliga träningen inom svensk friidrott. Men ännu finns det många frågeställningar kring metodutveckling, belastningsmängder, träningspåverkan m.m., som bör besvaras.

För att vi i Sverige skall kunna konkurrera i de horisontella hoppen så måste en konstant metodutveckling på internationell nivå ske.

De kunskaper och erfarenheter som vi hoppas nå inom hoppstyrke- utveckling är direkt anpassningsbar inom många olika idrotter och de träningsprinciper som fastställs kan användas i de allra flesta.

### **Utvecklingsprojektets målsättning**

1. *att* finna optimala träningsmetoder för att utveckla hoppstyrka hos en elithoppare.
2. *att* finna samband mellan olika träningsmoment som i olika kombinationer ger positiva resp negativa sluteffekter på hoppförmågan.
3. *att* finna samband mellan olika träningsmetoders varierande belastningar och hoppförmåga.
4. *att* finna relevanta testformer.
5. *att* påvisa medicinska och fysiologiska förändringar av olika träningsformer.
6. *att* finna samband i fysiologiska förändringar mellan ”i form” och ”ur form”.
7. *att* jämföra tekniskt utförande och kraft/tid, mönster vid längd-/trestegshopp resp. s k grennära övningar.
8. *att* kartlägga och analysera internationella träningsystem inom horisontella hopp.

### **Försöksgrupper**

Under projekttiden så har ett antal försöksgrupper använts. Inledningsvis under det första projektåret så indelades samtliga deltagande idrottsmän i fem olika grupper enligt följande:

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1. Elitgrupp längd/tresteg         | 6 manliga längd-/trestegshoppare i världs-/Europaelit                   |
| 2. Juniorelitgrupp 1 längd/tresteg | 6 juniorer i nationell senior/juniorelit                                |
| 3. Juniorelitgrupp 2 hopp          | 8 seniorer/juniorer i nationell senior/juniorelit i längd-/tresteg/höjd |
| 4. Sprintergrupp                   | 6 seniorer/juniorer i nationell elitklass                               |
| 5. Kastargrupp                     | 7 seniorer/juniorer i nationell elitklass                               |

Ursprungsplanen var att försöka bibehålla dessa grupper under hela den 3-åriga projektiden väl medvetna om dess svårigheter. Tyvärr så lyckades vi inte med att bibehålla grupperna fullt ut beroende på skador, personer som flyttade från Malmö, aktiva som slutade idrotta m.m.

Vi fick därför ständigt fylla på med ytterligare personer men satsade enbart på att förändra gruppernas sammansättning utifrån enskilda separata studier. Under det sista projektåret genomfördes bl.a. studier där nästan hela svenska friidrottslandslaget inom samtliga hoppgrenar deltog tillsammans med ett antal nordiska hoppare i världs- och Europaklass.

Vi genomförde även kompletterande studier, ”lactattesten”, ”kraftplattetest” samt ”träningfaktorers påverkan på hoppförmågan” med helt nya grupper utöver de 5 basgrupperna.

Under det första projektåret ingick också en utländsk hoppgrupp från Ryssland, som samtliga var VM- eller OS-medaljörer. Anledningen till detta var att denna grupp skulle vistas i Malmö under en längre tid för träning och tävlingsförberedelser. Tyvärr avslutades denna träningsvistelse mycket snabbt beroende på misstanke om doping varför hela den studien omöjliggjordes. Vår ambition var då istället att försöka genomföra delar av dessa planerade studier i samband med VM i Göteborg men p.g.a. olika omständigheter så fick vi inte möjlighet att genomföra alla de planerade studierna.

## Att finna optimala träningsmetoder för att utveckla hoppstyrka hos en elithoppare

### **Slutsats**

*Alla friidrottare är unika och skall så behandlas.*

Trots detta så har jag försökt att finna träningsmoment, teknikdetaljer m.m., som kan vara värdefulla för alla elithoppare.

Jag har valt att göra en kort punktförmad sammanfattning av hela projektet. Följande påståenden har vi funnit stöd för i vår studie:

1. Den eccentrica styrkan har stor och avgörande betydelse för ett hoppresultat.
2. All form av löpträning som skapar stora mängder lactat har en negativ inverkan på hoppförmågan.
3. Horisontella hoppövningar är mera grennära för en längd-/trestegshoppare än vertikala.
4. Vertikala hoppövningar skall genomföras med stora avstånd mellan plintar, häckar etc.
5. Resultat från snabbhetester i maximal hastighet på en löpsträcka av 30 m samvarierar väl med tävlingsresultatet i längd/tresteg.
6. Hopptester med ansats har hög korrelation med tävlingsresultatet.

7. Den mentala inställningen till den aktuella tävlingen kan påverka tävlingsresultatet positivt resp. negativt.
8. Den fysiska förmågan, åtminstone uttryckt i fysiska tester, försämras sista veckorna inför säsongsmålet.
9. Snabbheten får en allt mera avgörande roll för trestegshoppare.
10. Små tekniska olikheter kan ge stora avgörande resultatsskillnader för hoppare i världseliten.
11. Med en teknisk optimering av anloppet så kan även aktiva med något lägre maxsnabbhet uppnå anloppshastigheter och därmed tävlingsresultat i världsklass.
12. All elitträning tenderar till en ökad intensitet året runt.
13. En ökad specialisering när det gäller antalet träningsfaktorer kommer att ske.
14. Ett ökat utnyttjande av tekniska hjälpmedel för att finjustera tekniken kommer att ske.
15. Träningsformen hoppstyrka kommer att få en dominerande roll i den totala träningsprocessen för längd-/trestegshoppare.

## Att finna samband mellan olika träningsmoment som i olika kombinationer ger positiva respektive negativa sluteffekter på hoppförmågan

### **Inledning**

Debatten kring träningsplanering för elitfriidrott handlar till stor del om hur man på bästa sätt kombinerar olika träningsformer. Frågan är vilka kombinationer av olika träningsfaktorer som ger positiva eller negativa sluteffekter. Den etablerade forskningen har idag fastställt att hård träning för att samtidigt utveckla både aerob uthållighet och maximal styrka resulterar i en negativ styrkeutveckling. Detta förhållande har även varit känt inom tränarled sedan många år via praktiska erfarenheter.

Inom grengruppen hopp är intresset inriktat mot att finna dels alla negativa kombinationer som kan påverka hoppförmågan men framför allt alla kombinationer som har en positiv effekt. Maximal styrka tillsammans med olika hoppformer, maximal snabbhet i förhållande till olika hoppformer osv.

Via praktiska erfarenheter så har det utkristalliserats ett ”schema” för optimala kombinationer inom träningen med inriktning på att förbättra hoppförmågan. Eftersom utvecklingen av hoppförmågan är resultatet av komplexa träningsformer innehållande flera olika styrkemoment är det här extra viktigt att bestämma alla positiva och negativa samband mellan de olika träningsformerna.



## Metod

Studien omfattade 6 veckors träning innehållande olika kombinationer av traditionell styrketräning och olika hoppformer.

Gruppen omfattade 23 aktiva hoppare, kastare och sprinters.

Samtliga aktiva genomförde inledande hopptester på Boscomatta samt ett antal traditionella hopptester (stående längd, stående 5-steg, 5-steg med anlopp). Testerna genomfördes efter vecka 2, 4 resp. 6.

Hela gruppen delades in i tre olika försöksgrupper.

- |                      |   |
|----------------------|---|
| Grupp 1 (8 personer) | Genomförde 2 ggr/vecka en träningskombination bestående av maximal styrketräning för ben, ("halva benböjningar"), direkt följt av vertikala hopp. |
| Grupp 2 (9 personer) | Genomförde 2 ggr/vecka en träningskombination bestående av maximala eccentriciska hopp, ("plint-/djuphopp"), direkt följt av vertikala hopp.      |
| Grupp 3 (6 personer) | Kontrollgrupp som ej genomförde dessa kombinationer utan tränade enbart styrketräning.  |

## Träningsprogram

### Grupp 1 *Träningsprogram*

Vecka 1 + 2	Halva benböjningar $2 \times 6 \times 70\% + 4 \times 3 \times 90\%$ Hoppbana* 6 varv
Vecka 3 + 4	Halva benböjningar $2 \times 6 \times 70\% + 3 \times 3 \times 95\%$ Hoppbana* 6 varv
Vecka 5 + 6	Halva benböjningar $2 \times 6 \times 70\% + 4 \times 2 \times 95\%$ Hoppbana* 6 varv

(Belastningarna i halva benböjningar utgår från resp fp. maximala förnåga vid en halv benböjning.)

### Grupp 2 *Träningsprogram*

Vecka 1 + 2	Djuphopp från plint $6 \times 4 \times 70$ cm Hoppbana* 6 varv
Vecka 3 + 4	Djuphopp från plint $6 \times 4 \times 80$ cm Hoppbana* 6 varv
Vecka 5 + 6	Djuphopp från plint $6 \times 4 \times 90$ cm Hoppbana* 6 varv

Hoppbana =  $3 \times 76$  cm häckar +  $4 \times 50$  cm boxar +  $2 \times 84$  cm häckar

## Resultat

Med några få undantag genomfördes testerna på samma veckodag samt under samma testbetingelser inomhus. Eftersom grupperna var små, 6–9 personer, så innebar exempelvis en aktivs sjukdom stora förändringar i gruppens genomsnittresultat. Trots detta så har jag valt att använda samtliga individers resultat eftersom utfallet ändå visar så stora skillnader i gruppernas resultat.

Procentuella förändringar efter 6 veckors träning.

### *Boscomatta/vertikalhopp*

Grupp	Efter 2 v träning	Efter 4 v träning	Efter 6 v träning
Grupp 1	– 8,5%	+ 1,0%	+ 7,0 %
Grupp 2	+ 2,4%	+ 9,1%	+ 9,9 %
Grupp 3	+ 0,2%	+ 2,3 %	+ 0,7 %

### *Stående längd*

Grupp	Efter 2 v träning	Efter 4 v träning	Efter 6 v träning
Grupp 1	– 6,9%	+ 0,7%	+ 6,2%
Grupp 2	+ 2,1%	+ 5,8%	+ 7,0%
Grupp 3	+ 0,9%	+ 1,9%	+ 1,2 %

### *Stående 5-steg*

Grupp	Efter 2 v träning	Efter 4 v träning	Efter 6 v träning
Grupp 1	– 1,2%	+ 2,4%	+ 5,5%
Grupp 2	+ 0,2%	+ 6,1%	+ 8,8%
Grupp 3	– 0,1%	+ 0,3%	+ 0,6%

### *Flygande 5-steg*

Grupp	Efter 2 v träning	Efter 4 v träning	Efter 6 v träning
Grupp 1	+ 2,2%	+ 3,9%	+ 5,1%
Grupp 2	+ 2,4%	+ 6,9%	+ 9,4%
Grupp 3	+ 0,3%	+ 0,2%	– 0,1%

Sammanställning över procentuell förändring efter 6 veckors träning

	Vertikalhopp	St längd	St 5-steg	Flyg 5-steg
Grupp 1	+ 7,0%	+ 6,2%	+ 5,5%	+ 5,1%
Grupp 2	+ 9,9%	+ 7,0%	+ 8,8%	+ 9,4%
Grupp 3	+ 0,7%	+ 1,2%	+ 0,6%	– 0,1%

## Diskussion

Man kan se en klar procentuell förbättring hos grupperna 1+2 i samtliga hopp tester där grupp 2 uppvisar den största positiva förbättringen i förhållande till de övriga i stående 5-steg och flygande 5-steg. Anledningen bör vara att grupp 2 genomfört eccentrica hoppövningar vilket positivt har påverkat deras hoppresultat i tester där den eccentrica styrkan har en mera avgörande roll än i de övriga testerna. Det som kanske förvånar mig lite är de stora förbättringarna hos grupp 1+2 i vertikalhopp och stående längd. Den negativa förändringen hos grupp 3 i flygande 5-steg kan nog enbart härröras till osäkerhet i utförandet.

Denna studie pekar klart på att eccentric hoppträning har en mycket positiv inverkan på aktivas hoppförmåga och i ökad procentuell grad med övningen belastningsnivå, typ förhållandet mellan stående 5-steg och flygande 5-steg.

# INVERKAN PÅ VERTIKAL HOPPFÖRMÅGA AV LÖPTRÄNING MED FÖLJANDE HÖGA LACTATHALTER I MUSKULATUREN

## Introduktion

Den totala träningsprocessen för en längd-/trestegshoppare är mycket komplex. Många olika fysiska egenskaper måste maximeras för att det skall kunna resultera i ett bra hopp.

Genom åren har dock den ”allsidiga” träningen, d.v.s. en optimering av nästan samtliga fysiska träningsfaktorer, för elitaktiva allt mer ifrågasatts. Praktiska träningsförfarenheter bland elitaktiva och tränare tyder på att ett antal träningsmoment är mer eller mindre träningsnedbrytande och hämmar den totala träningsinsatsen.

Avsikten med studien var att påvisa ev. negativa effekter på den vertikala hoppförmågan vid löpträning som ger höga lactathalter.

Studien utfördes vid två tidpunkter i november resp. mars, då de ansågs störa den normala träningen minst. Anledningen till detta var att vi valde att genomföra studierna på en grupp elitaktiva i världs/Europaelit.

Vårt mål var att försöka finna svar på hur en löpträning som ger höga lactathalter påverkar den vertikala hoppförmågan samt hur länge det skulle dröja innan försökspersonen kunde prestera samma hoppresultat som innan löpträningen.

Min ambition var även att testa gruppen med djuphopp från 40 resp 60 cm men denna test genomfördes inte eftersom det var svårigheter att få ett korrekt första testvärde efter genomförd löpträning. De aktiva var så trötta att felmarginalerna på testresultaten blev för stora.

## Metod

Försökspersonerna genomförde en löpträningsform som de var bekanta med eftersom den i lägre intensiteter ingick i deras ordinarie träning. Vid studien ökades intensiteten genom att förkorta viloperioderna för att på så sätt skapa höga lactathalter. Löpträningsformen förändrades något mellan de två studierna eftersom försökspersonerna var bättre fysiskt förberedda vid studie 2 som genomfördes efter avslutad tävlingsperiod inomhus än vid studie 1 som genomfördes i början på träningsperioden.

*Löpträningsformerna var*

Studie 1	(november)	3 X 3 X 60 m fart 90% vila 20 sek mellan resp lopp vila 4 min mellan resp serie (90% av resp försökspersons maximala förmåga kontrollerades vid varje lopp)
Studie 2	(mars)	3 X 4 X 60m fart 90% vila 20 sek mellan resp lopp vila 4 min mellan resp serie (90% av resp försökspersons maximala förmåga kontrollerades vid varje lopp)

Lactathalten mättes efter avslutad löpserie och fastställdes via en Accusportmätare. Vi valde Accusport som mätinstrument för att enkelt klara av studien i fältmässiga förhållanden och få snabba mätvärden.

Den vertikala hoppförmågan mättes med en s.k. Boscomatta.  
 Övningen vi valde var upphopp (Counter Movement Jump) CMJ.  
 Varje försöksperson fick genomföra 3 försök på varje övning där vi registrerade de bästa resultatet.

Vi genomförde hopptesterna strax innan löpningarna för att få ett utgångsvärde samt därefter inom 60 minuter efter genomförd löptest. Därefter gjordes hopptesterna dagligen under 5 dagar.

## Resultat

Man kan klart konstatera att träningsformen vid båda testerna varit klart negativt för hoppförmågan under de 5 dagar som undersökningen genomfördes. En kortvarig effekt kan alltså klart konstateras medan vi inte påvisade någon långsiktig negativ effekt. Troligt är ändå att den negativa effekten även har en långsiktig verkan bara genom att hoppförmågan försämras under en 5–7-dagarsperiod och därmed försämras även effekten av träningen under denna period.

Vi kan dessutom se en klar skillnad mellan de båda testerna. Den första testen genomfördes i början av träningsperioden vilket resulterar i en stor påverkan medan den andra testen genomfördes efter tävlingssäsong varför också påverkan var betydligt mindre.

Studie 1	Basvärde	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Lactathalt
FP 1	78,2 cm	59,9 cm	69,3 cm	73,7 cm	76,9 cm	77,6 cm	10,4 mmol
FP 2	69,9 cm	56,4 cm	59,7 cm	65,8 cm	68,8 cm	70,1 cm	8,6 mmol
FP 3	67,4 cm	55,9 cm	60,2 cm	62,9 cm	66,9 cm	66,5 cm	11,2 mmol
FP 4	62,1 cm	53,1 cm	59,3 cm	58,5 cm	62,4 cm	61,8 cm	19,8 mmol
FP 5	58,3 cm	50,1 cm	50,4 cm	55,7 cm	56,8 cm	58,0 cm	22,2 mmol
FP 6	55,6 cm	50,2 cm	49,8 cm	53,9 cm	54,3 cm	56,0 cm	14,2 mmol
FP 7	52,9 cm	44,6 cm	48,6 cm	47,9 cm	48,0 cm	51,3 cm	13,2 mmol
FP 8	51,0 cm	44,2 cm	45,8 cm	48,6 cm	50,1 cm	50,1 cm	14,9 mmol
FP 9	50,2 cm	45,0 cm	46,5 cm	49,0 cm	49,8 cm	50,3 cm	21,7 mmol

## Studie 2

FP 1	82,9 cm	74,6 cm	76,2 cm	78,4 cm	77,9 cm	83,1 cm	9,4 mmol
FP 2	71,9 cm	62,4 cm	67,8 cm	65,3 cm	69,2 cm	70,8 cm	7,6 mmol
FP 3	70,2 cm	64,3 cm	63,9 cm	66,2 cm	69,9 cm	70,4 cm	8,4 mmol
FP 4	68,4 cm	60,9 cm	63,8 cm	66,1 cm	68,2 cm	68,6 cm	18,4 mmol
FP 5	62,5 cm	55,4 cm	54,9 cm	54,8 cm	60,9 cm	62,4 cm	19,9 mmol
FP 6	60,2 cm	54,9 cm	54,8 cm	54,7 cm	60,4 cm	60,1 cm	12,4 mmol
FP 7	53,2 cm	46,7 cm	48,9 cm	50,2 cm	52,6 cm	53,1 cm	14,7 mmol
FP 8	54,1 cm	45,9 cm	48,8 cm	50,3 cm	51,7 cm	52,8 cm	15,4 mmol
FP 9	49,9 cm	44,2 cm	47,9 cm	50,2 cm	50,3 cm	50,9 cm	22,0 mmol

*Lactatmätningarna genomfördes ca 2 minuter efter genomförd löpning*

## Diskussion

Allsidig träning har varit kännetecknande för friidrottsträningen i Sverige. Detta har inte inneburit att alla träningskvaliteter skall tränas men bland elitidrottare så har en stor del av löpträning med lactatinslag varit mycket vanligt. Syftet med detta har varit att ”höja löpstyrkan” vilket skulle påverka den aktive i positiv riktning.

För en längd-/trestegshoppare är det mycket tveksamt om denna träningsform skall ingå i träningsprocessen. Under slutfasen i en formträningsperiod kan det kanske vara acceptabelt, men jag är helt övertygad om att man helt

kan utesluta träningsformen. Den ev. ”mjölksyratålighet” som en hoppare behöver tror jag erhålles via olika hoppövningar och snabbhetsträning varför speciell löpträning med lactatbildning i höga mängder bör kunna undvikas helt.

Denna uppfattning delas även av ett stort antal internationella hopptränare vars träningsuppläggning jag studerat och som finns redovisat som en separat studie.

## Att finna samband mellan olika träningsmetoders varierande belastningar och hoppförmågan

### **Inledning**

All träningsplanering bygger idag på välkända principer om ”stegrad belastning”, ”varierad belastning” osv. Denna studie som genomfördes på 25 aktiva under en 6-månadersperiod syftar till att kartlägga utvecklingen av hoppförmåga via olika mängder av träning.

Min hypotes var att ju bättre hoppare man är desto större kraftutveckling under minsta möjliga tid. Min andra hypotes var också att denna kraftutveckling varierar under säsongen beroende på träningsinnehållet.

### **Metod**

25 aktiva friidrottare i åldrarna 16–30 år från grengrupperna hopp, sprint och kast förde träningsdagbok under en 6-månadersperiod där de tre träningsfaktorerna styrka, snabbhet och hoppövningar redovisades. De aktiva fick också ange hur många gånger per vecka de tränade (antal träningspass) samt notera sjukdomar eller andra saker som störde den normala träningen. Initialt var gruppen större men p.g.a. skador och sjukdomar så föll ett antal personer bort under testperioden varför vi har valt att endast redovisa de personer från vilka vi har kompletta rapporter.

För att vi enklare skulle kunna analysera alla personers träning så definierade vi de olika träningsformerna enligt följande:

Styrka	Skivstångsträning för ben
Snabbhet	Starter, accelerationer under max 40 meter och en intensitet av minst 90%
Hoppövningar	Alla former av hopp

Samtliga aktiva genomförde ett testbatteri som bestod av följande testervilka genomfördes var 3–6 vecka, totalt 6 gånger:

Stående längd  
 Stående 5-steg  
 Flygande 5-steg  
 30m flygande sprints  
 Boscotest/upphopp  
 Boscotest/dropjumps 40 cm  
 Boscotest/dropjumps 60 cm  
 Boscotest/dropjumps 80 cm (ett fåtal aktiva utförde denna test)  
 Styrketest för vadmuskulaturen i Biodex\*

\*Testerna genomfördes i Biodexmaskin på Malmö Allmänna Sjukhus (MAS) med en maximal vinkelhastighet på 120 grader/sekund. Denna vinkelhastighet är låg i förhållande till de hastigheter som den aktive utsätts för under själva tävlingsmomentet. Det bästa hade givetvis varit att testa i den ”tävlingsnära vinkelhastigheten” men vi valde av praktiska skäl och för att kunna göra jämförande analyser 30 resp. 120 grader/sekund.

### Resultat

Jag har valt att redovisa samtliga försökspersoners träningsmängd i procent utifrån den försöksperson med den högsta träningsbelastningen under perioden.

<i>Försöksperson</i>	<i>Hopp</i> (antal fotisättn)	<i>Styrka</i> (ton)	<i>Snabbhet</i> (m)
FP 1/TH	100% *	100% *	100% *
FP 2/MS	86%	92%	104%
FP 3/MG	24%	77%	92%
FP 4/LO	76%	82%	93%
FP 5/GJ	54%	51%	49%
FP 6/KF	56%	39%	59%
FP 7/GA	21%	49%	95%
FP 8/HJ	79%	88%	44%
FP 9/CF	52%	44%	46%
FP 10/JF	16%	176%	19%
FP 11/AM	22%	12%	22%
FP 12/AL	54%	43%	33%
FP 13/MZ	19%	11%	18%
FP 14/HS	28%	16%	22%
FP 15/RC	24%	14%	23%
FP 16/NK	69%	72%	88%
FP 17/AJ	33%	19%	27%
FP 18/MP	21%	12%	20%
FP 19/RK	9%	122%	8%
FP20 /TK	33%	66%	74%
FP21/KE	16%	9%	26%
FP22/JC	33%	61%	70%
FP23/LH	14%	6%	22%
FP24/ RG	4%	121%	6%
FP 25/LM	12%	102%	44%
<b>*</b>	<b>100% = 14.100 st</b>	<b>100% = 288 ton</b>	<b>100% = 15.500 m</b>

## Fördelning av hoppövningar i vertikala resp. horisontella hopp

	<i>Vertikala hopp</i>	<i>Horisontella hopp</i>
FP 1	23%	77%
FP 2	25%	75%
FP 3	12%	88%
FP 4	33%	67%
FP 5	8%	92%
FP 6	44%	66%
FP 7	82%	18%
FP 8	88%	12%
FP 9	42%	58%
FP 10	92%	8%
FP 11	44%	66%
FP 12	77%	23%
FP 13	32%	68%
FP 14	41%	59%
FP 15	24%	76%
FP 16	12%	88%
FP 17	44%	66%
FP 18	12%	88%
FP 19	89%	11%
FP 20	77%	23%
FP 21	15%	85%
FP 22	77%	23%
FP 23	11%	89%
FP 24	92%	8%
FP 25	72%	28%

Förändringar i testresultat baserat på skillnad mellan horisontella och vertikala hopp.

Analysen omfattar de aktiva som haft minst 20% av det totala antalet fotisättningar i förhållande till FP 1.

Grupp 1	=	Mer än 60% av alla hopp är horisontella	8 st
Grupp 2	=	Mer än 60% av alla hopp är vertikala	5 st
Grupp 3	=	Övriga	5 st

Utest	=	Utgångstest innan studie påbörjades
Test 1	=	Efter 3 veckor
Test 2	=	Efter 9 veckor
Test 3	=	Efter 15 veckor
Test 4	=	Efter 20 veckor
Test 5	=	Efter 25 veckor

### *Förändringar efter test 5*

	<i>Stående längd</i>	<i>Stående 5-steg</i>	<i>Flygande 5-steg</i>
Grupp 1	+ 3%	+ 5%	+ 12%
Grupp 2	+ 6%	+ 4%	+ 8%
Grupp 3	+ 2%	+ 2%	+ 2%

*Förändringar efter test 5 (först)*

	<i>Vertikalhopp</i>	<i>DJ 40 cm</i>	<i>DJ 60cm</i>
Grupp 1	+ 3%	+ 8%	+ 6%
Grupp 2	+ 5%	+ 12%	+ 11%
Grupp 3	+ 3%	+ 5%	+ 3%

	<i>Flygande 30 m</i>
Grupp 1	+ 3%
Grupp 2	+ 3%
Grupp 3	+ 2%

**Resultatutveckling hos aktiva med minst 20% av det totala antalet fotisättningar i förhållande till FP 1 vid styrketester i Biodex**

**Resultat**

Grupp 1 = Mer än 60% av alla hopp är horisontella	8 st
Grupp 2 = Mer än 60% av alla hopp är vertikala	5 st
Grupp 3 = Övriga	5 st

Förändringar från första till sista testtillfället.

*(Vissa osäkra testvärden har frånräknats.)*

<i>Dorsalflexion</i>	30°	30°	30°	30°
	PT	TPT	PT	TPT
	V	V	H	H
Grupp 1 (Genomsnitt)	+ 15,4%	+ 12,5%	+ 16,6%	+ 12,1%
Grupp 2 (Genomsnitt)	+ 14,9%	+ 12,9%	+ 16,1%	+ 12,9%
Grupp 3 (Genomsnitt)	+ 8,8%	+ 9,4%	+ 8,6%	+ 9,7%

	120°	120°	120°	120°
	PT	TPT	PT	TPT
	V	V	H	H
Grupp 1 (Genomsnitt)	19,8%	+ 17,3%	19,9%	19,4%
Grupp 2 (Genomsnitt)	18,9%	+ 19,8%	22,4%	19,1%
Grupp 3 (Genomsnitt)	9,4%	8,5%	12,5%	9,8%

<i>Plantarflexion</i>	30°	30°	30°	30°
	PT	TPT	PT	TPT
	V	V	H	H
Grupp 1 (Genomsnitt)	20,4%	18,3%	21,8%	14,2%
Grupp 2 (Genomsnitt)	17,9%	19,6%	24,4%	18,2%
Grupp 3 (Genomsnitt)	12,9%	16,2%	13,2%	16,4%

	120°	120°	120°	120°
	PT	TPT	PT	TPT
	V	V	H	H
Grupp 1 (Genomsnitt)	25,4%	24,2%	27,3%	24,9%
Grupp 2 (Genomsnitt)	23,4%	21,3%	23,7%	22,2%
Grupp 3 (Genomsnitt)	13,4%	12,9%	14,2%	12,2%

PT = Peak Torque, TPT = Time to Peak



## Resultat BIODEXmätningar

Jämförelse mellan aktiva när det gäller kraftutveckling i olika hastigheter.

	Dorsiflexion (sträckning)								Plantarflexion (böjning)							
	30deg/ sec	30deg/ sec	30deg/ sec	30deg/ sec	120deg /sec	120deg /sec	120deg /sec	120deg /sec	30deg/ sec	30deg/ sec	30deg/ sec	30deg/ sec	120deg /sec	120deg /sec	120deg /sec	120deg /sec
	Vänster	Vänster	Höger	Höger	Vänster	Vänster	Höger	Höger	Vänster	Vänster	Höger	Höger	Vänster	Vänster	Höger	Höger
	Peak Torque	Time to Peak Torque	Peak Torque	Time to Peak Torque	Peak Torque	Time to Peak Torque	Peak Torque	Time to Peak Torque	Peak Torque	Time to Peak Torque	Peak Torque	Time to Peak Torque	Peak Torque	Time to Peak Torque	Peak Torque	Time to Peak Torque
FP 1/TH	49,2	280,0	47,9	290,0	38,5	110,0	37,5	140,0	143,9	300,0	192,4	330,0	102,4	180,0	119,4	170,0
FP 2/MS	44,2	290,0	41,4	310,0	31,3	120,0	31,6	170,0	126,8	420,0	179,3	350,0	83,5	200,0	104,3	190,0
FP3/MG	43,3	290,0	45,4	440,0	31,3	90,0	25,6	140,0	129,6	310,0	123,8	360,0	91,5	160,0	87,2	180,0
FP4/LO	Ej resultat															
FP5/GJ	Ej resultat															
FP6/KF	Ej resultat															
FP7/GA	32,1	740,0	24,6	800,0	16,9	220,0	11,2	130,0	82,4	360,0	94,9	340,0	46,9	200,0	52,1	210,0
FP8/HJ	36,3	320,0	36,4	380,0	26,2	160,0	24,9	160,0	112,0	320,0	131,5	380,0	82,7	200,0	88,8	200,0
FP9/CF	24,1	830,0	22,5	1070,0	11,1	210,0	7,9	80,0	57,6	390,0	62,8	400,0	38,8	180	37,7	180,0
FP10/JF	39,1	420,0	37,4	810,0	19,4	160,0	18,8	170,0	91,3	370,0	112,7	360,0	64,3	240,0	67,8	200,0
FP11/AM	19,5	520,0	23,6	650,0	6,1	-	9,1	190,0	63,1	330,0	63,5	440,0	23,5	210,0	31,2	200,0
FP12/AL	34,6	850,0	26,8	620,0	18,4	230,0	11,4	300,0	106,3	340,0	107,5	360,0	64,3	220,0	56,1	160,0
FP13/MZ	34,2	700,0	49,0	580,0	15,1	-	26,2	-	95,9	340,0	103,6	320,0	60,3	210,0	56,1	160,0
FP14/HS	35,1	600,0	38,9	570,0	20,3	200,0	20,6	-	67,5	570,0	99,9	270,0	65,8	260,0	68,1	190,0
FP15/RC	39,3	430,0	31,1	360,0	25,0	200,0	13,6	150,0	103,6	290,0	99,4	330,0	60,6	200,0	61,2	210,0
FP16/NK	37,2	620,0	15,7	530,0	21,2	210,0	9,1	200,0	122,3	410,0	120,7	380,0	64,4	210,0	49,9	210,0
FP17/AJ	23,1	580,0	27,8	690,0	18,4	220,0	16,3	140,0	90,9	320,0	92,3	380,0	68,7	170,0	60,7	220,0
FP18/MP	53,8	500,0	53,6	580,0	25,5	220,0	25,5	160,0	146,2	690,0	144,3	420,0	68,7	240,0	78,8	220,0
FP19/RK	41,6	420,0	32,5	430,0	20,7	200,0	15,5	250,0	110,0	370,0	113,1	340,0	58,2	220,0	63,2	220,0
FP20/TK	36,2	450,0	44,2	500,0	15,3	120,0	23,7	-	119,2	370,0	108,6	350,0	54,5	180,0	70,8	190,0
FP21/KE	22,6	640,0	21,8	590,0	7,2	160,0	9,2	230,0	96,8	450,0	106,3	380,0	41,6	190,0	44,7	180,0
FP22/JC	26,2	530,0	30,6	430,0	9,6	170,0	8,9	150,0	83,0	330,0	83,5	320,0	36,2	160,0	29,0	150,0
FP23/LH	24,8	780,0	23,9	550,0	7,3	70,0	3,5	140,0	77,2	370,0	64,4	580,0	27,7	170,0	26,4	190,0
FP24/RG	34,3	450,0	27,7	420,0	19,5	-	13,8	140,0	115,0	390,0	104,8	350,0	71,3	210,0	72,1	190,0
FP25/LM	27,3	640,0	27,8	420,0	14,4	110,0	12,5	30,0	109,6	450,0	130,6	340,0	58,7	240,0	83,9	200,0

**Peak Torque(Nm)= Maximal kraftutveckling      Time to Peak Torque(msec)=Tid för att utveckla maximal kraft**

**Test 1 =            Genomfördes under de 3 första träningsveckorna i 6 månadersperioden**

**Test 2=            Genomfördes under de 3 sista träningsveckorna i 6 månadersperioden**

## Diskussion

Att genomföra en uppföljning av en så stor grupp under en 6-månadersperiod var mycket svårt. Många aktiva glömde att fylla i blanketten, glömde vad de hade tränat osv.

Vi valde därför att i några fall utgå ifrån de specificerade träningsprogram resp. aktiv hade och kontrollerade om han eller hon hade genomfört planerad träning eller inte. På detta sätt fick vi in nästan samtliga aktivas träningsveckor.

Vi hade dessutom svårigheter med att genomföra testerna vid en sådan tidpunkt att det skulle passa samtliga. I vissa fall så genomfördes testerna vid andra tidpunkter men eftersom samtliga tester är så standardiserade och invanda så bedömer vi dessa resultat som likvärda med våra ordinarie testomgångar.

De aktiva som hade stora mängder med hoppövningar i sitt program utvecklade också styrkan i vadmuskulaturen bättre än de som inte tränade hopp i samma utsträckning.

Sambandet mellan ökad mängd hopp och högre och snabbare kraftutveckling i plantarflexionen gällde också.

Hypotesen om att det är stora skillnader mellan träningsperioderna stämde också. Den stora skillnaden låg inte i den maximala kraftutvecklingen, peak torque, utan i tidsfaktorn (time to peak torque) vilket vi kan härleda till träningsinnehållet hos de aktiva. Högre kraftutveckling i hoppövningarna under formperioderna gav också bättre testresultat i Biodextesterna.

Vi kan däremot inte påstå att det finns ett klart samband mellan resultaten på Biodextesterna och tävlingsresultaten. Jag har inte genomfört några korrelationsberäkningar men redan en snabb överblick av resp. aktivs resultat visar tydligt att ett sådant samband inte finns.

Trots att sammanställningen ger ganska tydliga svar på hypoteserna så är jag lite osäker på testmetoden eftersom det vid vissa tidpunkter kan skilja mycket i resultat. Jag tror att de aktiva var lite för osäkra med testformen för att det skulle ge ett helt korrekt resultat varför jag tror att man, i vissa fall, måste vara lite kritiskt till uppnådda resultat och resultatförbättringar.

Utvecklingen av hoppförmågan står i klart förhållande till den träningsmängd som resp. aktiv genomför. Vi kan se en skillnad i resultatutveckling när det gäller aktiva som i huvudsak tränat horisontella hopp i förhållande till vertikala. Gruppen som i huvudsak tränade horisontella hopp utvecklade också sin hoppförmåga uttryckt i horisontella tester såsom stående 5-steg och flygande 5-steg. Vid vertikala hopptester såsom dropjumps var resultatförbättringen störst hos gruppen med övervägande vertikala hoppövningar.

Detta förhållande visar att det är av stor vikt att välja träningsövningar som har samma rörelse- och kraftriktning som tävlingsgrenen. För en längd-/trestegshoppare skall alltså huvudinriktningen vara horisontella hoppövningar.

# Att finna relevanta testformer

## Inledning

En av de allra viktigaste delarna i uppbyggnadsträningen är att finna så relevanta testformer som möjligt till resp. gren för att successivt kunna kontrollera att träningen följer uppgjorda planer och målsättningar.

Ett stort antal traditionella tester genomförs idag inom friidrotten där man försöker att ”renodla” testen så mycket som möjligt, dvs. man försöker testa enbart en fysisk egenskap i taget. Detta är givetvis mycket svårt med tanke på idrottens komplexitet. I denna studie avser vi att undersöka vilka tester som är relevanta för att mäta förmågan i längd-/tresteg på elitnivå.

## Metod

I träningsstudien ”Samband mellan varierad träningsbelastning och utveckling av hoppförmåga” genomförde vi stora mängder test- och tävlingsresultat som vi har använt för att göra korrelationsberäkningar mellan dessa vanliga tester och resultat inom längd och tresteg.

## Resultat

	<i>Längd</i>	<i>Tresteg</i>
30 m stående start (eltidtagning)	0,73	0,70
10 m flygande sprints (eltidtagning)	0,86	0,79
30 m flygande sprints (eltidtagning)	0,92	0,86
150 m stående start (manuell tidtagning)	0,78	0,75
Stående längd	0,69	0,74
Stående 5-steg	0,78	0,82
Flygande 5-steg (valfri ansatslängd)	0,87	0,94
Flygande 5-enbenshopp, hoppben (valfri ansatslängd)	0,91	0,95
Flygande 5-enbenshopp, pendelben (valfri ansatslängd)	0,82	0,94
Djuphopp 40 cm	0,73	0,70
Djuphopp 60 cm	0,77	0,78
Djuphopp 80 cm	0,83	0,88
Djuphopp 100 cm	ej test	0,90
Kulkast 7,26 kg	0,67	0,62
Längdhopp 8 stegs ansats	0,94	ej test
Tresteg 8 stegs ansats	ej test	0,97

## Diskussion

Man kan se en klar skillnad i korrelation mellan ungdomar och elitaktiva när det gäller olika testresultat och den aktives tävlingsresultat. Rent generellt kan man säga att ju bättre du är desto större blir korrelationen. Vi har därför valt att redovisa resultatet från gruppen elitaktiva (14 personer) där vi även har räknat in elitaktiva som inte har ingått i projektet regelbundet men som deltagit på gemensamma träningsträffar där tester som ingår i vår studie har genomförts.

### Slutsatser:

1. Resultatet från snabbhetstester i maximal hastighet överensstämmer bättre med tävlingsresultatet när löpsträckan är 30 m än 10 m.
2. Hopptester med ansats överensstämmer bättre än samma hopp från stående.
3. Den hopptest som mest överensstämmer med tävlingsresultatet är hopp med fart och på ett ben. Denna test är mycket komplicerad att genomföra varför den enbart lämpar sig till elitaktiva.

## Att finna samband i fysiologiska förändringar mellan ”i form” och ”ur form”

### Bakgrund

Vid alla tävlingar så diskuterar man om den aktive är ”i eller ur form”. Många har hävdad att ”i form” till största delen påverkas av fysiska faktorer medan andra hävdar att psykologiska faktorer har stor inverkan.

Vår studie hade till syfte att försöka kartlägga om det fanns fysiologiska förändringar vid olika formerperioder. I vår ursprungsplan fanns biopsitester med för att fastställa ev. förändringar, men denna del genomfördes inte p.g.a. bedömda svårigheter att få relevanta svar samt svårigheten att få elitaktiva att genomföra testerna nära inpå tävling.

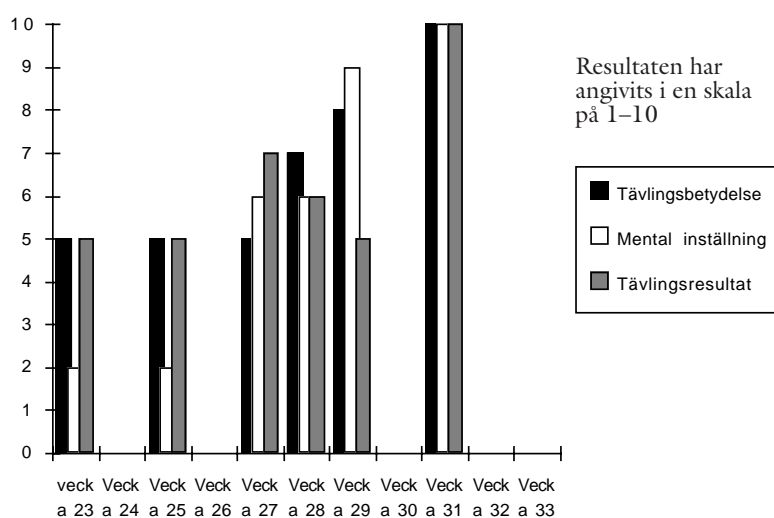
### Metod

Vi valde att noga följa en grupp elitaktiva i deras förberedelser inför viktiga tävlingar. Regelbundet genomfördes ett batteri av fysiska tester samt noterades deras ”mentala inställning”. Den ”mentala inställningen” noterades enbart genom att de aktiva angav hur viktig tävlingen var i en skala på 1–10 där 10 betyder ”säsongens viktigaste tävling”. I vår studie var denna del mycket enkel att kartlägga eftersom samtliga tävlade på hög nationell eller internationell nivå där ett antal viktiga mästerskapstävlingar var säsongsmål.

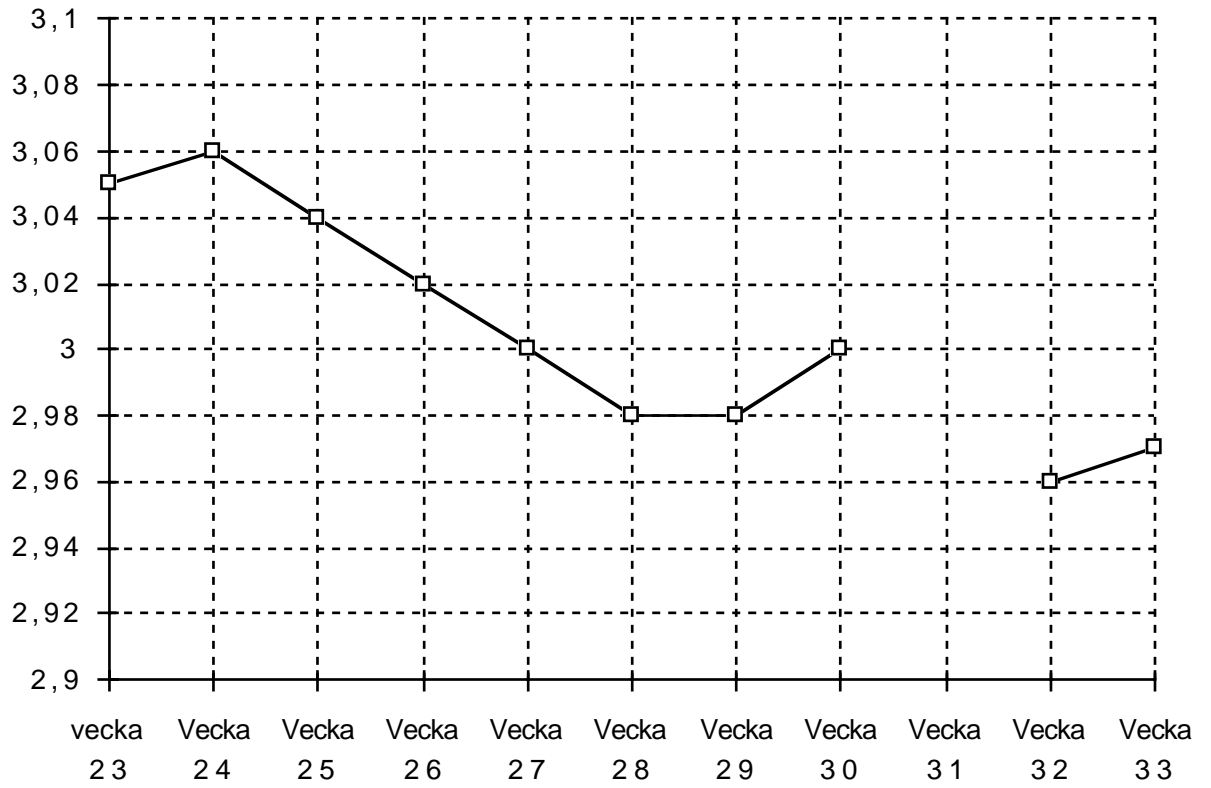
Den aktive tillsammans med sin tränare har även fått ange nivån på tävlingarna under perioden i en skala på 1–10.

### Resultat

I de allra flesta fallen så kan man se ett klart förbättrat resultat på de olika fysiska testerna fram till aktuellt tävlingsmål. Förbättringen av testresultaten började dock att avta och t.o.m. försämrades de sista 3 veckorna innan huvudtävlingen för att efter tävlingens genomförande vara på toppnivå. Detta förhållande återfanns hos i stort sett samtliga 8 aktiva som ingick i studien.



*Flygande 30 m, eltidtagning*



*Stående 5-steg*



## **Diskussion**

Sambandet mellan en ökad fysiskt kapacitet uttryckt i testresultat och en formperiod är sedan länge klarlagt och våra studier visar inget annorlunda. Däremot visar våra studier på en stor betydelse av den mentala inställningen. Det fanns aktiva som egentligen var "ur form" om man skulle utgå från testresultaten men pga tävlingens viktiga karaktär och därmed den maximala mentala inställningen så presterades ändå säsongens bästa tävlingsresultat.

"Fenomenet" med att testresultaten började att stagnera ett antal veckor innan säsongsmålet kan vi endast förklara med att den mentala fokuseringen var inriktad på tävlingen varför man ej presterade maximalt på testerna.

Det är viktigt att man som tränare känner till att den mentala inställningen har mycket stor betydelse vid uppbyggnad av "formtoppar". Även om man känner till den stagnation som kan uppstå i testresultat inför en tävling så kan ett mindre bra testresultat ha en negativ inverkan på den aktive varför man skall vara mycket återhållsam med tester nära inpå tävling.

## Att jämföra tekniskt utförande och kraft/tid mönster vid längd-/trestegshopp resp. s.k. grennära övningar

### **SAMTIDIG REGISTRERING AV EMG OCH IMPULSER FRÅN KRAFTPLATTA I SAMBAND MED TRÄNINGSOVNINGAR FÖR LÄNGDHOPP**

#### **Introduktion och metod**

Effekten av olika träningsövningar på de slutgiltiga tävlingsresultaten i en idrottsgren är naturligtvis alltid mycket svår att uppskatta. En möjlighet att försöka lära sig mera om detta är att jämföra olika biomekaniska variabler i en träningsövning med de rörelsemönster som används vid tävling. I denna studie avser vi att jämföra olika hoppövningar med varandra och i viss mån även med det egentliga längdhoppet. Vi använder därvid EMG-registreringar från höft- och benmuskulatur samt registreringar från tryckplatta i samband med hoppen. Vår avsikt är att belysa likheter och skillnader dels mellan olika individer, dels mellan olika hoppövningar. Därmed hoppas vi dels lära något om det relevanta i att använda dessa övningar för att bli bättre i längdhopp och dels lära oss något om de olika individernas sätt att utföra hoppen.

De fem försökspersonerna som fullföljde hela testserien utgjordes av en manlig längdhoppare i svensk elitklass (NEB), två kvinnliga längd- och trestegshoppare i svensk elitklass (SF och CF) en mångkampare i Europaelit (RW) samt en mångkampare i svensk elitklass (DRE).

Ytterligare ca 15 aktiva har deltagit i försöken men vi har koncentrerat oss kring dessa fem aktiva och deras resultat.

Yt-EMG registrerades hos varje individ över åtta muskler (muskelgrupper) vid fem olika hoppövningar. Avstampet utfördes på kraftplattform.

De olika övningarna var:

- Sträckhopp (Counter Movement Jump) CMJ
- Djuphopp från 40 resp 60 cm (dropjump) DJ4 resp DJ 6
- Studshopp över häck, 76 resp 84 cm HJ76 resp HJ 84
- Utsprång med 2 stegs ansats J1
- Utsprång med 5–7 stegs ansats J2

(Delar av gruppen genomförde även djuphopp resp. studshopp över häck från högre höjder)

EMG registrerades från följande muskler (muskelgrupper):

- M. Tibialis Anterior TA
- M. Soleus SOL
- M. Gastrocnemius medialis GM
- M. Gastrocnemius lateralis GL
- M. Rectus Femoris RF
- M. Vastus Lateralis VL
- Hamstringsmuskulatur, sannolikt framför allt
  - M. Semitendinosus HAM
  - M. Gluteus Maximus GLUT

EMG-registreringar uttrycks i millivolt (mV) och börjar alltid 300 ms före försökspersonens nedslag på kraftplattan (Touch Down TD).

Varje individ utför varje övning fyra gånger och ett medelvärdes-EMG konstrueras från dessa fyra mätningar.

Följande parametrar registreras för varje medelvärdes-EMG.

PRE 200	Integrerat EMG (IEMG) under 200 ms före TD, dvs. muskelns preaktivitet 200 ms före kontakten med plattformen.
POST 100	IEMG under 100ms efter TD.
PRE TID	Tiden för preaktivitet, dvs. den tid före TD som muskeln är aktiverad. Negativa värden här innebär att muskeln ej aktiveras förrän efter TD.
TOT TID	Muskelns aktiveringstid inklusive eventuell preaktivitet.
PRE IEMG	Integrerad EMG under preaktivitetstiden.
TOT IEMG	Integrerad EMG under muskelns totala aktiveringstid.
MEAN AMP	Den genomsnittliga amplituden under muskelns aktiveringstid, dvs. den genomsnittliga aktiveringsgraden. Värdet är omräknat till en konstant tidsperiod (1 sek).
TOT TID Fz	Kontakttid med kraftplattformen.

## Resultat

Resultaten är primärt baserade på medelvärdes-EMG-kurvor, men då vissa detaljer kan gå förlorade vid konstruktionen av dessa kurvor på grund av det lilla antalet ursprungs-EMG som ligger till grund för varje medelvärdes-EMG, har i vissa fall observationer från individuella EMG använts nedan. För full förståelse av beskrivningarna nedan bör de aktuella EMG-kurvorna samtidigt följas.

### *Individuella aspekter på registreringarna*

#### CF

Vid flera tillfällen ses en kraftig TA-aktivitet omedelbart före TD följt av en mera diffus aktivitet under själva kontaktfasen, dvs. relativt kraftig aktivering följs av en samtidig kontraktion med TS (m. triceps surae). Vid de flesta tillfällen ses dessutom en klar hämning av TA:s aktivitet omkring ”toe-off” (dvs. tidpunkten när kraftplattformen lämnas, TO) Detta ses tydligast i DJ6 och J2. TA:s aktivitet är alltså mycket varierande med upprepade avgränsade aktiveringsperioder.

Aktiviteten i TS startar långt innan TD, men medan SOL och GL gradvis ökar sin aktivitet startar GM med en kraftig aktivering som hämmas vid TD, varefter aktiviteten åter stiger snabbt. Detta mönster ses vid alla hopp som innehåller en landningsfas (dvs. nedhopp och häckhopp) men inte vid avstamp i hopp utan tydlig landning som vid sträckhopp och uthopp J1 och J2.

Aktiviteten i RF, VL och GLUT liknar värdena för underbenets EMG, medan HAM kännetecknas av ett splittrat mönster med en lång rad korta kraftiga signaler. Vid både J1 och J2 ses en mycket kraftig aktivitet i HAM före TD följt av en lägre nivå av aktiviteten kring TD. Denna låga nivå ses i samma period i vilken VL är aktiv, något som stämmer med en motsatt aktivering av dessa två muskler, som ju är antagonister. Vid vissa tillfällen under MS ses dessutom en mycket kraftig preaktivitet i HAM.

#### DRE

Inga stora skillnader mellan övningarna. Det tycks här vara en tydlig skillnad i förhållande till övriga försökspersoner. Generellt ses tendens till TA-hämning omkring TD följt av viss samtidig kontraktion vid kontakten med kraftplattan. Hos denna försöksperson saknas dock registreringar från en del muskler på grund av rörelseartefakter.

#### NEB

Här ses åter en hämning av TA-aktiviteten före TD. Dock är graden av hämning kraftigare vid J1 och J2, där den för övrigt sammanfaller exakt med TD. Vid alla tillfällen ses en viss grad av samtidig kontraktion under kontaktfasen.

SOL startar med en låg aktivitet som strax efter TD stiger kraftigt, möjligen på grund av sträckreflex. GM startar med en kraftig aktivering följt av en tydlig hämning, varefter aktiviteten åter stiger strax efter TD. GL-aktiviteten byggs upp gradvis och startar relativt lång tid före TD. Alla tre musklerna ser ut att påverkas av sträckreflex efter TD, medan de har olika former av preaktivitet och därmed olika sätt att starta aktiveringen; SOL med ökad aktivitet, GM med en kraftig aktivering som därefter hämmas och GL med en gradvis ökning av aktiviteten.

Aktiviteten i lårmusklerna skiljer sig tydligt hos de olika typerna av hopp hos NEB, dvs. DJ4 och DJ6, HJ76 och HJ84 respektive J1 och J2 liknar parvis varandra, med andra ord grupperna DJ, HJ och J skiljer sig åt.



HAM är splittrat vid alla hopp men mönstret är olika i de olika hoppen. Korta, kraftiga pulsar av aktivitet ses tydligt i DJ4 och DJ6, där man ser två tydliga toppar med markant hämning emellan och efterföljt av diffus lång aktivitet.

RW

TA börjar med kraftig aktivitet som följs av en mycket klar hämning under kontaktfasen. Den inledande aktiviteten ser annorlunda ut i J1+J2, där aktiviteten är mer splittrad än vid övriga hopp och kontraktionerna också är mera uttalade i den första delen av kontaktfasen.

Vid DJ och HJ är aktiviteten inom samtliga tre TS-muskler kraftigt präglad av sträckreflexen, dvs. man ser en hög aktivitet direkt efter TD, något man inte ser vid J1 och J2, speciellt inte i J2. Detta skulle kunna bero på en kraftigare sträckreflex i hoppen med markerad landning följt direkt av upphopp (DJ och HJ).

SF

Liksom hos övriga försökspersoner ses kraftig aktivitet i början av TA-muskelnas aktivering följt av hämning under delar av kontaktfasen. Dock varierar tidsförloppet från övning till övning, t.ex. kommer inhibitionen strax efter TD vid DJ och HJ, medan den för J kommer tidigare. Man ser en plötslig stigning av aktiviteten mitt i kontaktfasen för TA vid DJ4. Den maximala aktiveringen ses här samtidigt som aktiviteten i SOL är som lägst. Ett sådant s.k. trefasiskt mönster ses endast här, varför det är svårt att dra några vidare slutsatser. Vid "toe-off" ses relativt kraftig aktivitet i TA, vilket är något svårförklarligt.

I TS-muskelnas ses åter olika mönster för DJ, HJ och J1+J2, där man tydligt ser den kraftiga inledande aktiviteten i GM och GL vid DJ, följt av en hämning av aktiviteten. Detta ses ej i HJ och J, där aktiviteten byggs upp mera gradvis.

I lårmuskulaturen ses ingen skillnad mellan övningarna i RE. I VL ses däremot en markant skillnad mellan å ena sidan DJ och HJ och å andra sidan J2 och delvis även J1. Liksom hos andra försökspersoner ses i DJ och HJ (dvs. hopp med nedhopp och studs) aktivitet precis före TD, medan vid J1+J2-hoppen aktiviteten startar långt tidigare och istället slutar mitt i kontaktfasen. I DJ och HJ fortsätter däremot aktiviteten oftast till efter TO.

HAM präglas av kraftig aktivitet innan VL börjar aktiveras. Därefter följer lägre aktivitet hos HAM, medan VL är aktiv. Man ser alltså tendens till reciprok aktivering av dessa muskler som under kontaktfasen dock delvis övergår till samtidig kontraktion. Vid J2 ser man dock en markant samtidig kontraktion före TD. Vid DJ och HJ ses en inledande kraftig aktivering i HAM, medan man något senare ser samtidig kontraktion i HJ. Samma skillnad noteras mellan J1 och J2 och man kan därför säga att aktiviteten i HAM vid J1 liknar DJ-aktiviteten, medan den vid J2 liknar HH-aktiviteten.

## **Diskussion**

### *Metodologiska överväganden*

Det finns stora svårigheter vid registrering av muskelaktivitet under rörelse. Ju kraftigare och mera dynamisk rörelsen är desto svårare är det att registrera korrekt och längdhopp är ju en av de mest dynamiska och kraftigaste rörelser vi kan tänka oss.

Det finns två huvudproblem vid registrering av yt-EMG under rörelse. Dels flyttas elektroderna i förhållande till muskelfibrerna under rörelsen, då huden rör sig i förhållande till underliggande muskel och dels uppstår rörelseartefakter, dvs. störningar vid rörelsen som adderas till och ofta inte kan skiljas från den egentliga elektriska signalen från muskeln.

Signalernas utseende i vår undersökning antyder att vi i flertalet fall fått relativt goda registreringar. Detta beror delvis troligen på att de använda övningarna visserligen är kraftfulla och dynamiska men trots allt inte lika dynamiska som ett fullständigt längdhopp. Vid ett fåtal tillfällen har vi inte accepterat signalerna och därför finns vissa luckor i bifogade figurer och tabeller.

Signalbehandlingen, dvs. dataanalysen av de ursprungliga EMG-signalerna kräver också att vissa förutsättningar uppfylles. För det första måste tillräckligt många registreringar användas för att kunna göra ett tillförlitligt medelvärdes-EMG. Vi har endast fyra registreringar per försöksperson och övning, vilket har försvårat bearbetningen av data. Detta beror dels på att vi ville undersöka flera olika övningar och dels på att försökspersonerna endast kunde göra ett fåtal hopp innan deras resultat (och därmed EMG-signalerna) förändrades på grund av trötthet. Detta har resulterat i en viss osäkerhet vad gäller start- och sluttid samt värdet på IEMG. I fortsatta studier bör man nog därför begränsa antalet övningar och t.o.m. överväga upprepade försök vid olika tidpunkter, även om detta naturligtvis medför nya standardiseringsproblem.

#### *Generella iakttagelser*

I vår studie ser man i de flesta fall en mindre muskelaktivitet vid CMJ än vid de andra hoppen trots att individerna även vid CMJ gjort en maximal ansträngning. Överhuvudtaget är muskelaktiviteten submaximal även i de andra hoppen. Detta stämmer med teorier som utgår från att vid komplicerade explosiva rörelser är muskelaktiviteten förprogrammerad, dvs. centrala nervsystemet har redan i förväg skapat och börjat sända de signaler som resulterar i en viss rörelse, i detta fall en viss hoppövning. Endast mindre förändringar av dessa förprogrammerade signaler kan ske på vägen till rörelsens utförande. Det är dock svårt att förstå varför den enklaste övningen i sammanhanget (CMJ) ger minst muskelaktivitet. Man kan därför tänka sig alternativa förklaringar, t.ex. kan det vara så att den inledande belastningen vid varje hopp som utlöser s.k. sträckreflexer inte är tillräckligt kraftig för att sträckreflexerna skall bli maximala. Möjligen kan man få ytterligare klarhet genom att göra mätningar på individernas maximala EMG-aktivitet (t.ex. mot maximalt motstånd i en sparkapparat) och därefter jämföra med EMG-aktiviteten i olika hopp.

De integrerade EMG-signalerna (IEMG) har i vårt försök inte använts för att jämföra olika parametrar, eftersom variationen i den tid som registreringarna varar skiljer sig för mycket mellan olika individer och olika hopp. Vi har istället baserat våra jämförelser på skillnader i MEAN AMP, dvs. den genomsnittliga amplituden på signalen under den tid muskeln är aktiverad.

Slutligen kan man undra i vilken grad de skillnader vi ser mellan hoppen verkligen uttrycker egentliga skillnader eller om de endast uttrycker skillnader i de enskilda mätningarna (variabilitet). I värsta fall kan naturligtvis de skillnader vi ser vara uttryck för variabilitet i mätmetoden snarare än skillnader mellan hoppen. Mera omfattande undersökningar måste genomföras för att helt besvara dessa frågor.

### **Slutsats**

I vår studie hade vi inte möjlighet att genomföra trådlösa EMG-mätningar vilket hade medfört längd-/trestegshopp i tävlingsutförande.

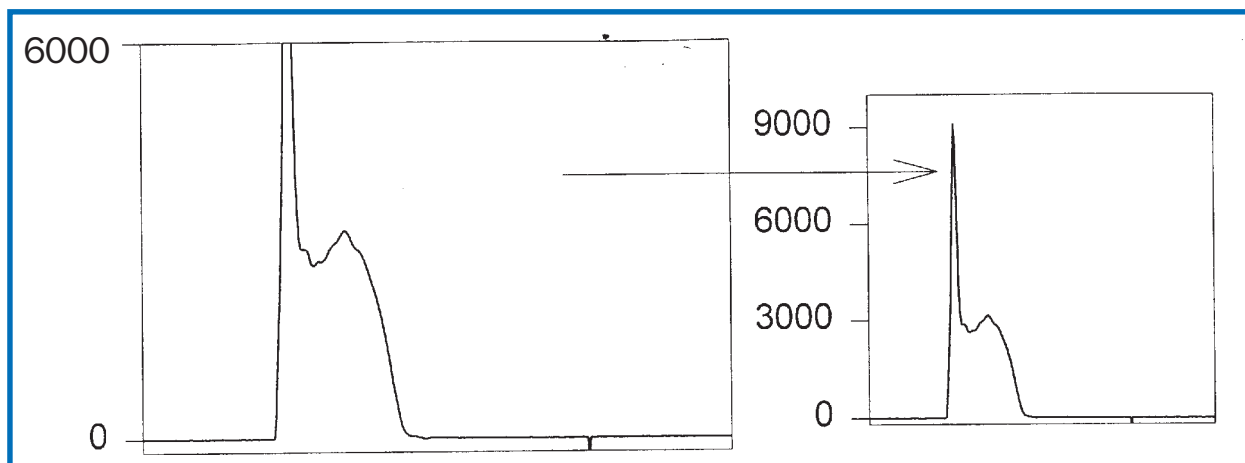
Vi kan konstatera att imitationsövningar i form av olika mångstegsvarianter ligger "närmast" ett färdigt längdhopp när det gäller kraftmönster. Detta har också framkommit vid tidigare liknande undersökningar. Vad vi också kan konstatera i motsats till tidigare studier är att olika former av "nedhopp" (dropjumps-häckhopp m.m.) också kan betraktas som bra imitationsövningar om kraftriktningen efter markkontakten är riktad horisontellt. Det innebär att att man bör prioritera långa avstånd mellan boxar och häckar istället för höjden på boxen eller häcken för att uppnå ett kraftmönster som liknar ett längdhopp.

Detta bekräftas också via våra EMG-mätningar på motsvarande hopp. Där är det dock viktigt att påpeka att muskelaktiviteten ökar i takt med ökade höjder på boxar och häckar.

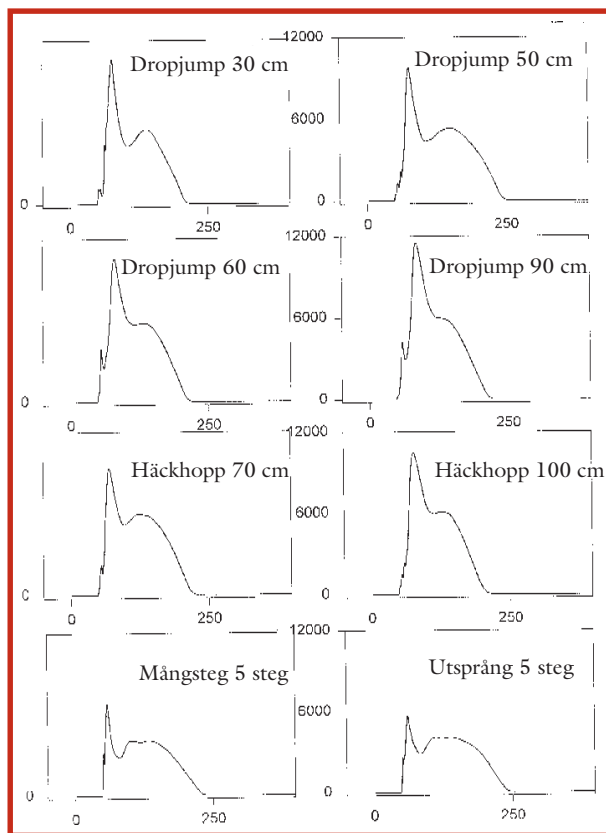
De imitationsövningar som vi via våra mätningar fann mest likna det färdiga längd resp. trestegshoppet var

1. Mångstegshopp med ansats
2. Häckhopp på ett ben med långa avstånd mellan häckarna

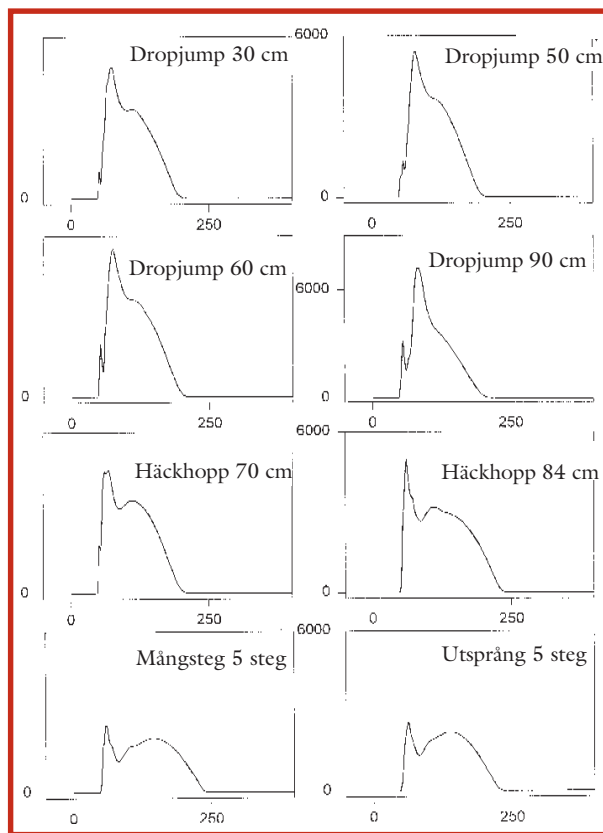
Resultat från hoppövningar på kraftplatta



Resultat från längdhopp med 12 stegs anlopp. Försökspersonen hoppade 7,76 (effektiv hopplängd)

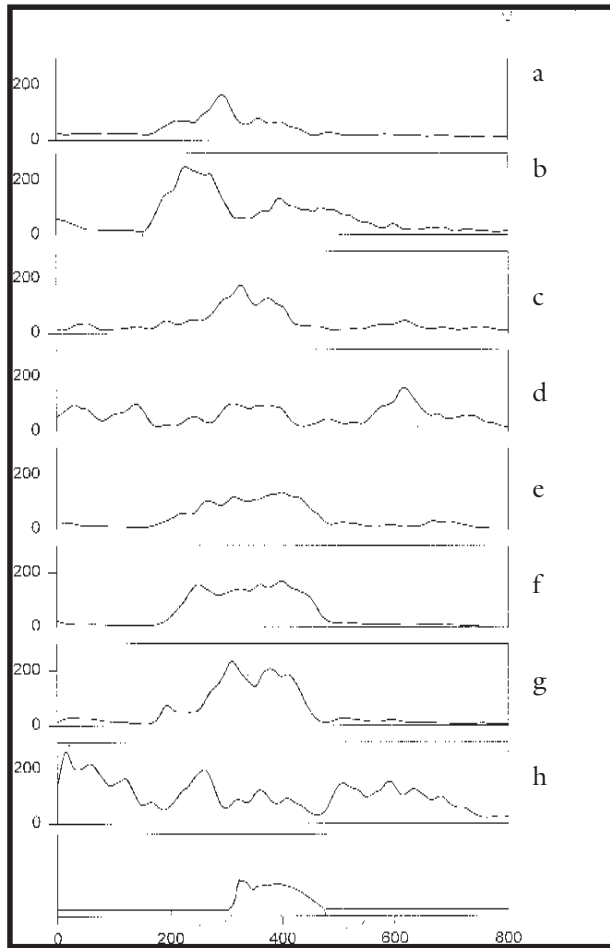


Manlig längdhoppare i svensk seniorelitklass (ca 7,65 m)



Kvinnlig längdhoppare i distriktsklass (ca 5,35 m)

Kompletta diagram och resultat finns som bilaga



Resultat från EMG-mätningar av hoppövningar

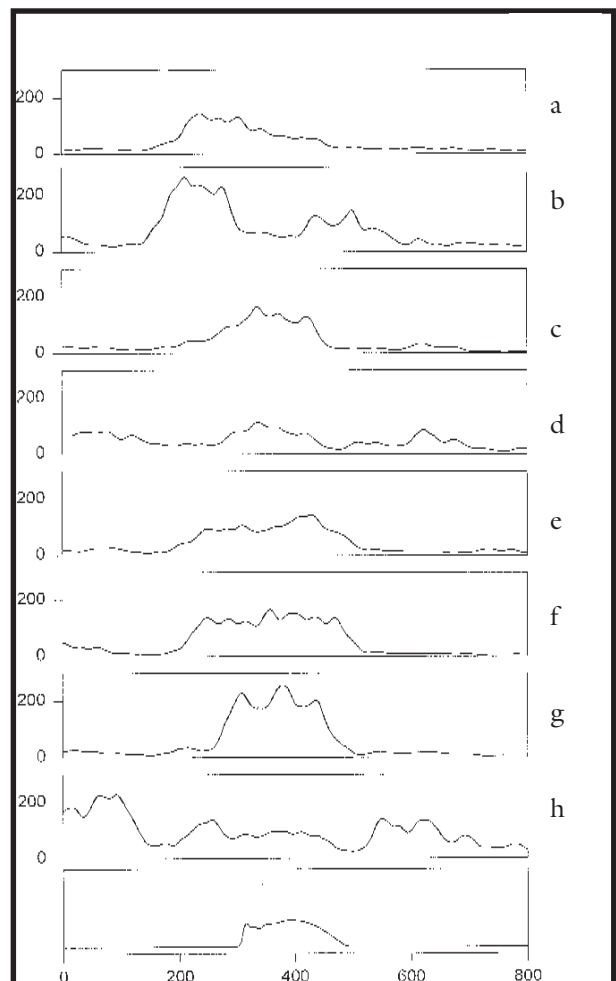
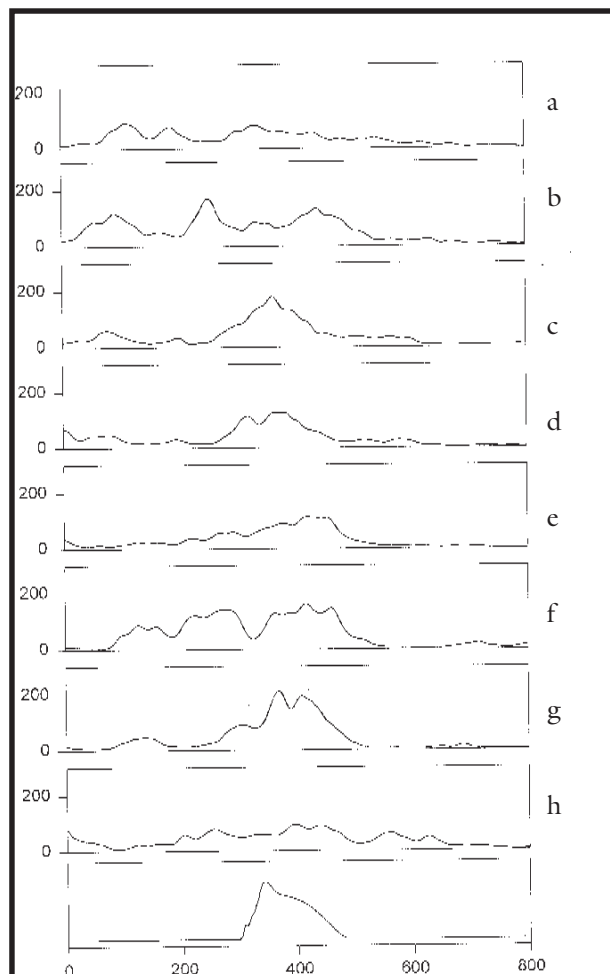
Bild 1 Långhopp med 8 stegs anlopp

Bild 2 Mångsteg med 5 stegs anlopp

Bild 3 Häckhopp, 84 cm

- a, GLUT
- b, HAM
- c, VL
- d, RF
- e, SL
- f, SM
- g, SOL
- h, TA

Kompleta diagram och resultat finns som bilaga



## **BIOMEKANISK STUDIE AV VÄRLDENS FRÄMSTA HOPPARE**

### **Bakgrund**

I samband med Världsmästerskapen i Göteborg genomförde vi en biomekanisk studie av samtliga längd och trestegsfinaler för att kartlägga biomekaniska data hos de allra främsta hopparna och därmed göra jämförelser med Sveriges allra främsta.

### **Metod**

Samtliga finaler filmades med Panasonics videokameror placerade på 2–5 platser.

Dessutom uppmättes hopparnas löphastighet med en eltidtagningsanläggning. Resultaten från eltidtagningsanläggningen syftade enbart till att kunna ge en snabb ungefärlig uppgift på plats till samtliga deltagare och deras tränare. Felmarginalen i dessa mätningar gör att de endast kan användas för att ge en ungefärlig uppfattning om anloppshastigheten. Exakta löphastigheter erhöles i samband med studie av videofilmerna.

Videofilmerna analyserades under VM-veckan i ett analysystem som heter Peak Performance. Detta system gav oss relativt snabb och säker information så att vi kunde ge ut ett analysresultat på plats. Efter VM gjordes sedan den slutliga analysen på ett annat system, APAS, som får fungera som det slutgiltiga resultatet. Vid analys på dessa två system så finner man några små resultatsskillnader, men vi har valt att redovisa APAS-resultatet.

Till min hjälp hade jag på plats i Göteborg en grupp idrottsforskare från Team Danmark och Köpenhamns universitet. Dessutom fanns ett antal svenska hopptränare på plats för hjälp med eltidtagningen och analysarbetet.

### **Resultat**

Våra studier koncentrerade sig i första hand på följande saker:

1. Löphastigheter
2. Utsprångsvinklar
3. Hastighetsförluster
4. Fotisättningar-placering

I efterföljande studier har vi även undersökt olika kroppsdelars vinkelhastigheter.

I samband med våra studier fick vi uppleva två fantastiska världsrekord, varav ett historiskt rekord av Jonathan Edwards som blev förste man över 18,00 i tresteg. Vi har valt att koncentrera vår resultatredovisning till denna trestegsfinal dels för att det blev ett nytt världsrekord men också för att vi hade en svensk deltagare i samma final och därmed kan göra en mycket värdefull jämförelse.

### **Diskussion**

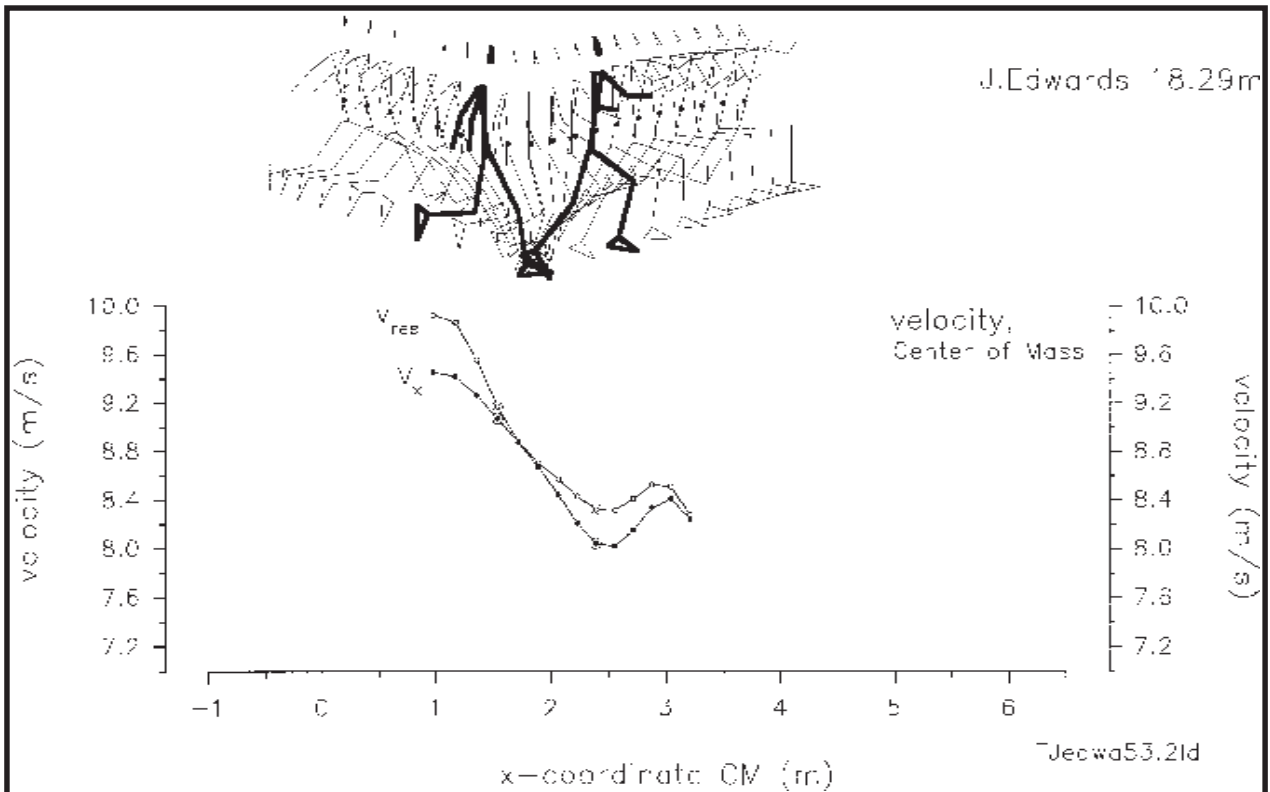
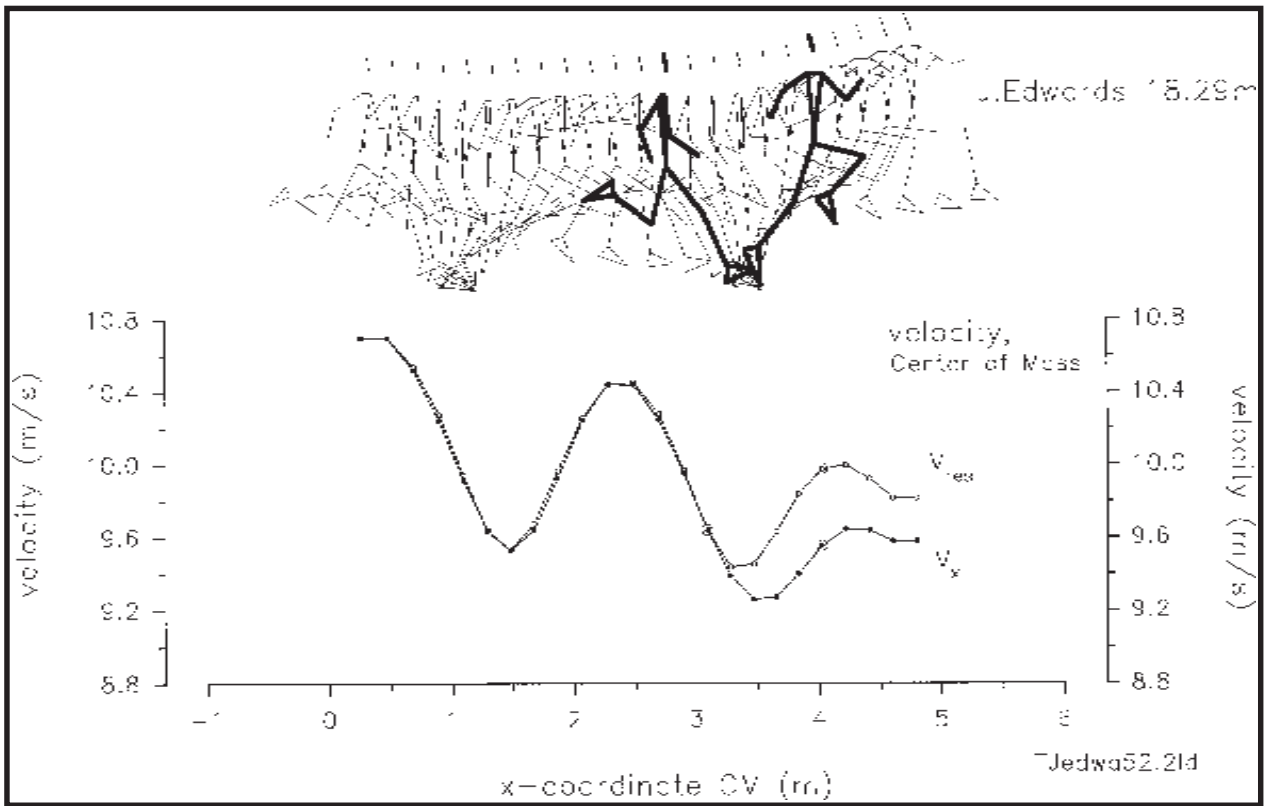
Vi kan konstatera att när det gäller tresteg i världselit så har den horisontella hastighetens betydelse blivit allt större. För 10–15 år sedan betonades styrka eftersom man ansåg tresteg som en ”styrkegren”. I och med VM i Göteborg så har detta påstående mer eller mindre ”avlivats”.

Vikten av ett tekniskt fulländat hopp visar sig ha allt större och avgörande betydelse i internationella tävlingar. Det fanns många hoppare som både var snabbare och, inte minst, starkare än Jonathan Edwards, men hans tekniska fulländning gjorde att han stod i en klass för sig. Hans förmåga att minimera fartförlusten vid varje fotisättning kommer att fungera som rättesnöre vid all teknikträning i framtiden.

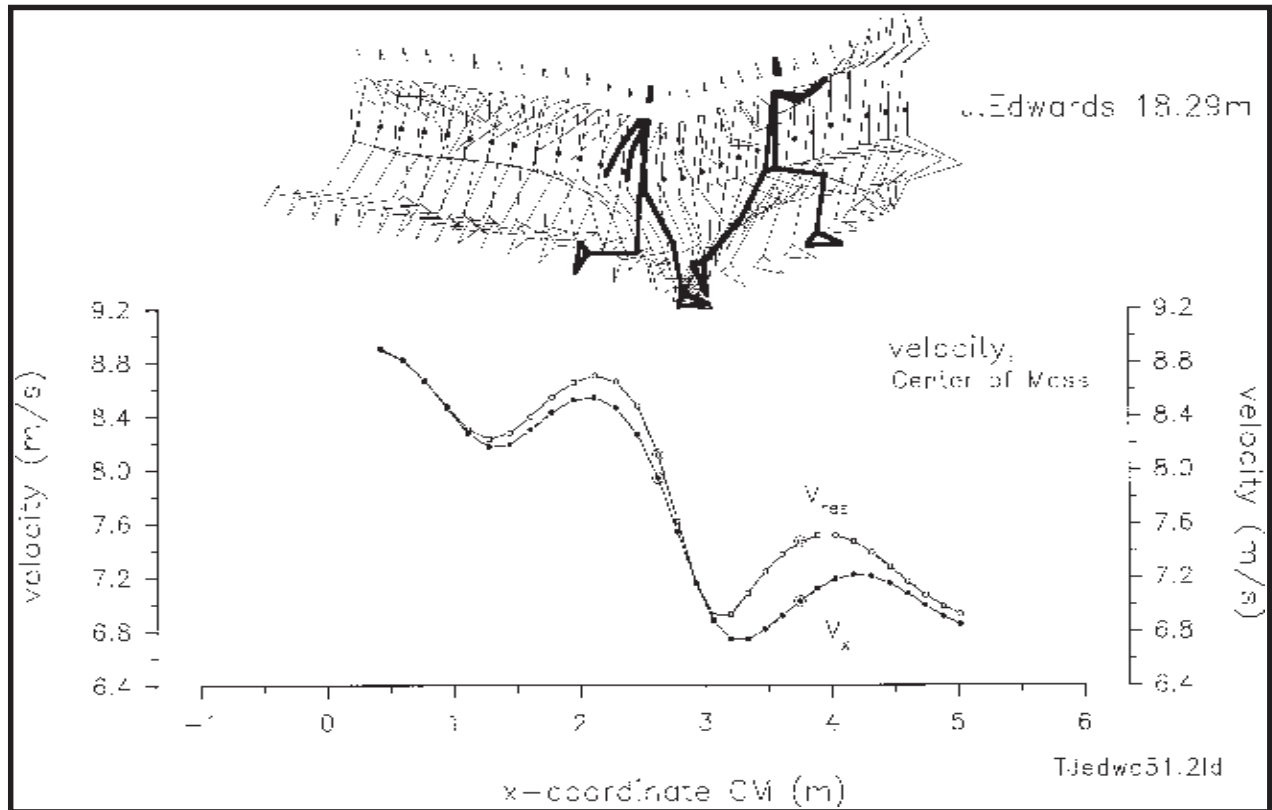
Hop (1)	Center of Mass (height)				Center of Mass (velocity)			Center of Mass	
	Jump lenght (m)	at heelstrike (m)	minimum during stance (m)	at toe-off (m)	at heelstrike (m/sec)	minimum during stance (m/sec)	at toe-off (m/sec)	angle of release (degree)	
Edwards	18,29	1,00	1,00	1,20	9,6 Vx 9,6 Vres	9,26 Vx 9,44 Vres	9,6 Vx 10,0 Vres	16 °	
Edwards	18,16	1,01	1,00	1,18	9,9 Vx 9,9 Vres	9,40 Vx 9,62Vres	9,43 Vx 9,78Vres	15°	
Wellman	17,62	0,94	0,94	1,08	9,61 Vx 9,61 Vres	8,90 Vx 9,15 Vres	9,00 Vx 9,30 Vres	14°	
Romain	17,59	0,91	0,91	1,05	9,65 Vx 9,66 Vres	8,91 Vx 9,08 Vres	9,10 Vx 9,39 Vres	14°	
Quesada	17,59	1,03	1,02	1,16	9,33 Vx 9,35 Vres	8,58 Vx 8,69 Vres	8,89 Vx 9,26 Vres	15,5°	
Garcia	17,16	1,02	1,01	1,19	9,67 Vx 9,69 Vres	8,93 Vx 9,22 Vres	9,02 Vx 9,36 Vres	15°	
Beckford	17,13	0,99	0,99	1,15	9,9 Vx 9,9 Vres	9,11 Vx 9,26 Vres	9,74 Vx 10,0 Vres	15°	
Conley	16,96	0,99	0,98	1,10	9,61 Vx 9,61 Vres	9,42 Vx 9,45 Vres	9,49Vx 9,67 Vres	11°	
Georgiev	16,93	1,02	1,01	1,25	10,69 Vx 10,85 Vres	10,61 Vx 10,85 Vres	10,70 Vx 10,86 Vres	11°	
Henriksson	16,92	1,03	1,02	1,19	8,65 Vx 8,71 Vres	8,13Vx 8,42 Vres	8,40 Vx 8,73 Vres	16°	

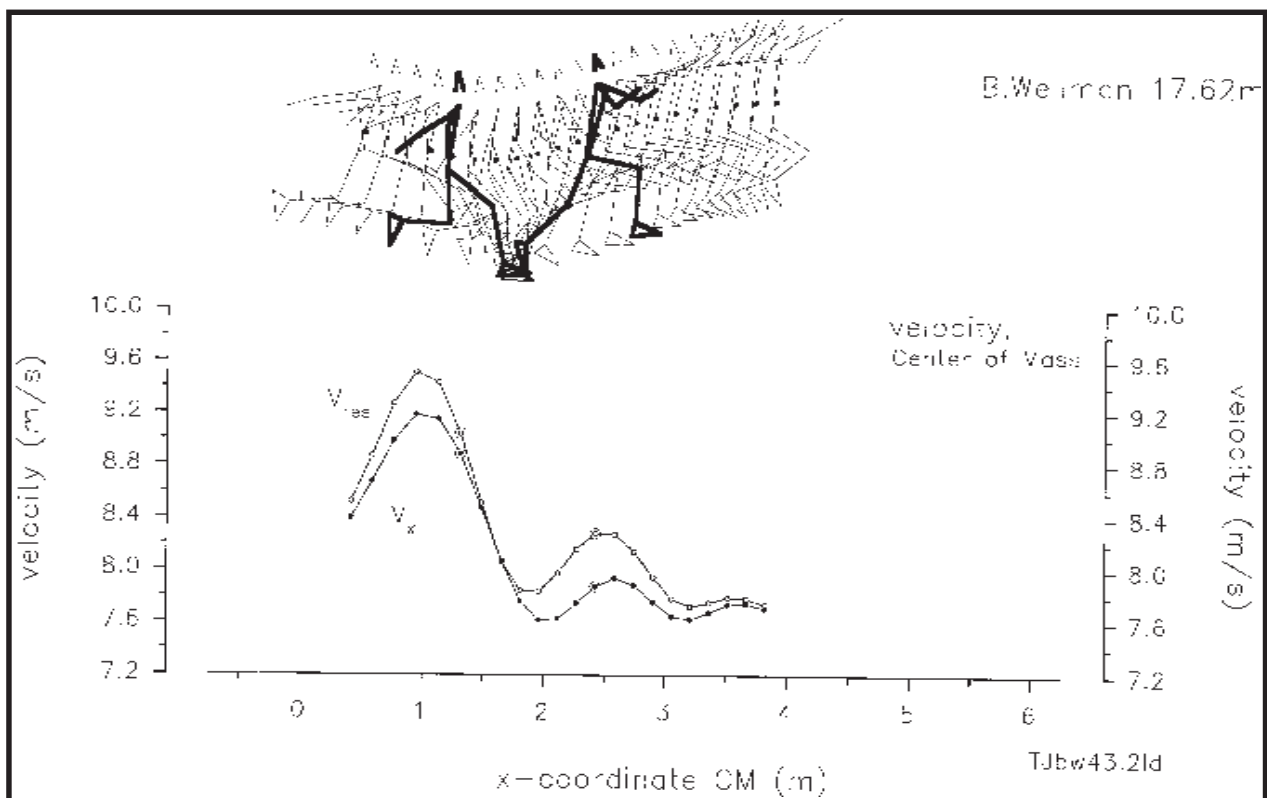
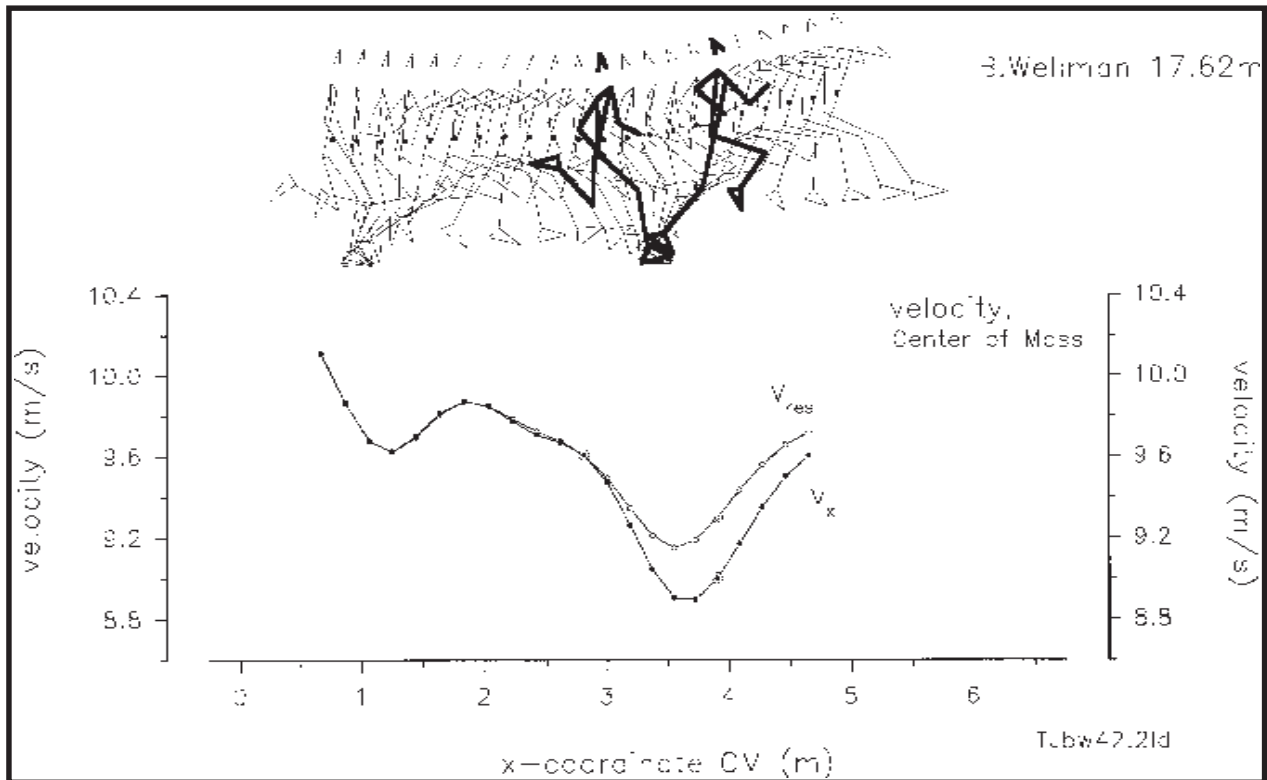
Step (2)	Center of Mass (height)				Center of Mass (velocity)			Center of Mass	
	Jump lenght (m)	at heelstrike (m)	minimum during stance (m)	at toe-off (m)	at heelstrike (m/sec)	minimum during stance (m/sec)	at toe-off (m/sec)	angle of release (degree)	
Edwards	18,29	0,98	0,97	1,07	9,1 Vx 9,2 Vres	8,04 Vx 8,31 Vres	8,04 Vx 8,31 Vres	14,5 °	
Edwards	18,16	1,01	0,99	1,09	9,05 Vx 9,17 Vres	8,22 Vx 8,43Vres	8,34 Vx 8,60Vres	15°	
Wellman	17,62	0,92	0,89	1,05	8,88 Vx 9,04 Vres	7,62 Vx 7,84 Vres	7,88 Vx 8,28 Vres	17°	
Romain	17,59	0,95	0,91	0,99	8,4 Vx 8,5 Vres	7,78 Vx 7,82 Vres	8,03 Vx 8,18 Vres	11°	
Quesada	17,59	0,98	0,92	1,12	8,28 Vx 8,54 Vres	7,41 Vx 7,40 Vres	7,70 Vx 8,08 Vres	17°	
Garcia	17,16	1,02	0,98	1,08	8,52 Vx 8,74 Vres	7,04 Vx 7,25 Vx	7,33 Vx 7,54 Vres	13°	
Beckford	17,13	-	-	-	-	-	-	-	
Conley	16,96	0,99	0,97	1,13	9,02 Vx 9,09 Vres	8,40 Vx 8,44 Vres	8,68Vx 8,83 Vres	11°	
Georgiev	16,93	1,02	1,00	1,15	8,70 Vx 8,93 Vres	7,41 Vx 7,57 Vres	7,80 Vx 8,10 Vres	16°	
Henriksson	16,92	1,03	1,00	1,20	8,64 Vx 8,86 Vres	7,71Vx 7,80 Vres	7,82 Vx 8,19 Vres	17°	

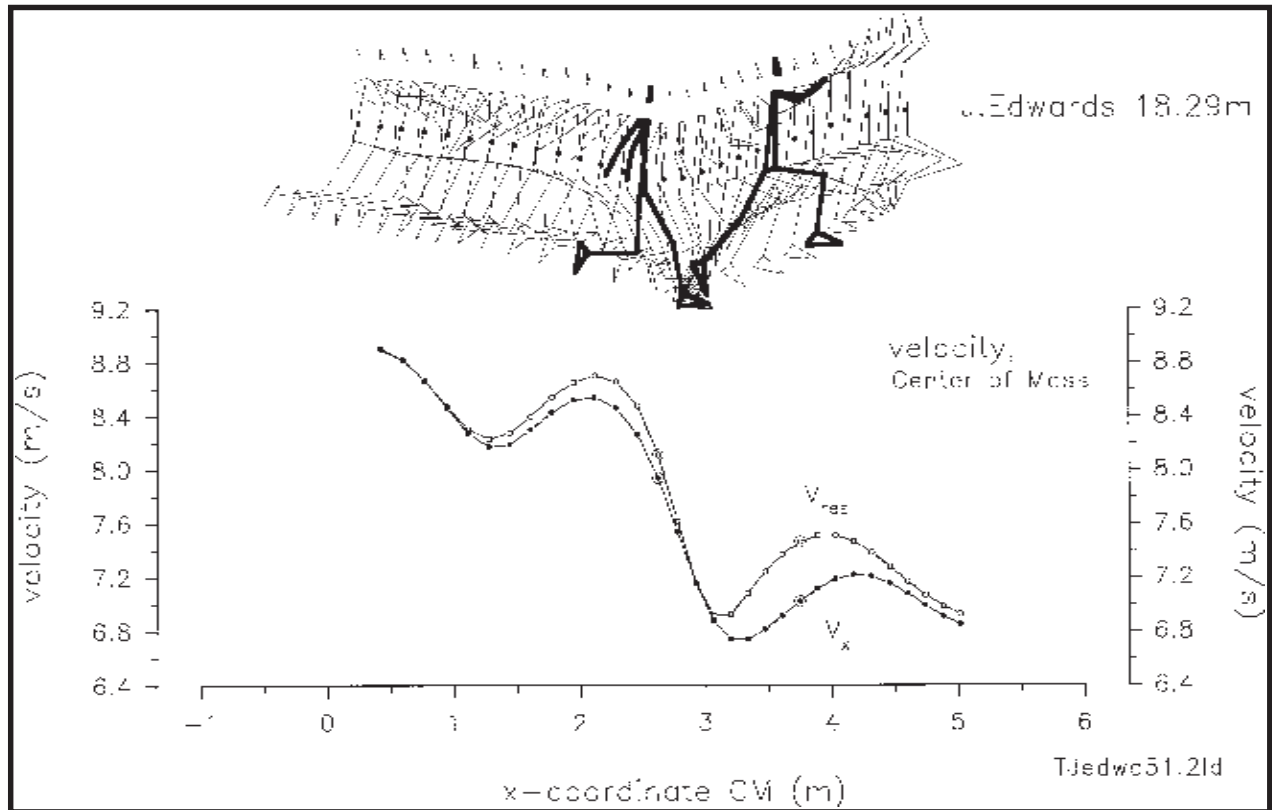
JUMP (3)	Center of Mass (height)				Center of Mass (velocity)			Center of Mass	
	Jump lenght (m)	at heelstrike (m)	minimum during stance (m)	at toe-off (m)	at heelstrike (m/sec)	minimum during stance (m/sec)	at toe-off (m/sec)	angle of release (degree)	
Edwards	18,29	0,97	0,96	1,18	7,8 Vx 8,1 Vres	6,7 Vx 6,9 Vres	7,0 Vx 7,5 Vres	19 °	
Edwards	18,16	0,89	0,86	1,11	8,16 Vx 8,31 Vres	6,74 Vx 7,13Vres	6,94 Vx 7,42 Vres	19°	
Wellman	17,62	0,88	0,86	1,05	6,8 Vx 6,9 Vres	6,27 Vx 6,44 Vres	6,27 Vx 6,86 Vres	22°	
Romain	17,59	0,91	0,88	1,12	7,57 Vx 7,69 Vres	6,29 Vx 6,53 Vres	6,97 Vx 7,42 Vres	19°	
Quesada	17,59	0,98	0,94	1,19	7,28 Vx 7,47 Vres	6,13 Vx 6,42 Vres	6,59 Vx 7,08 Vres	20°	
Garcia	17,16	1,06	1,03	1,19	7,94 Vx 8,08 Vres	7,15 Vx 7,19 Vx	7,39 Vx 7,80 Vres	18°	
Beckford	17,13	1,00	0,94	1,16	8,18 Vx 8,34 Vres	7,10Vx 7,44 Vres	7,10 Vx 7,55 Vres	19°	
Conley	16,96	1,00	0,97	1,13	8,38 Vx 8,49 Vres	7,17 Vx 7,29 Vres	7,58 Vx 7,90 Vres	16°	
Georgiev	16,93	1,03	1,01	1,20	7,35 Vx 7,47 Vres	6,11 Vx 6,55 Vres	6,11 Vx 6,70 Vres	22°	
Henriksson	16,92	1,04	1,02	1,23	6,79 Vx 6,92 Vres	5,28 Vx 5,54 Vres	5,90 Vx 6,43 Vres	22°	

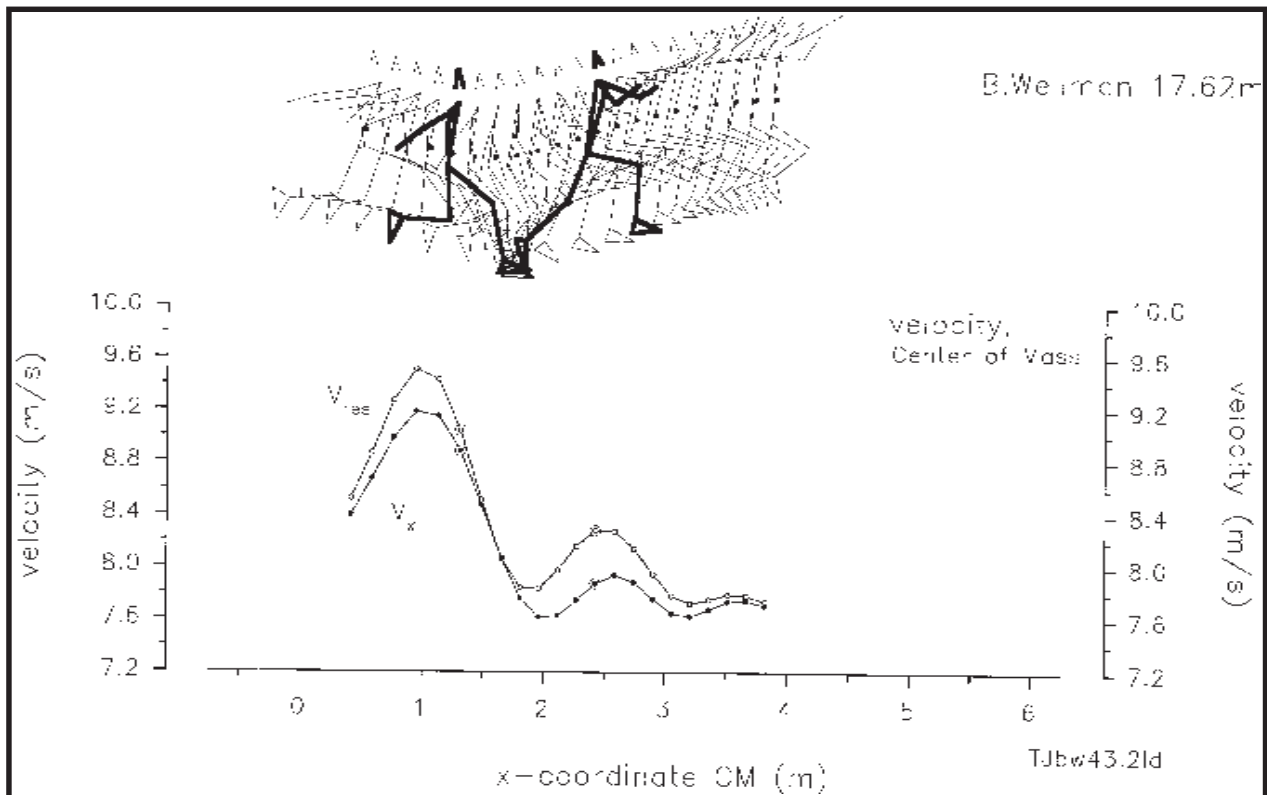
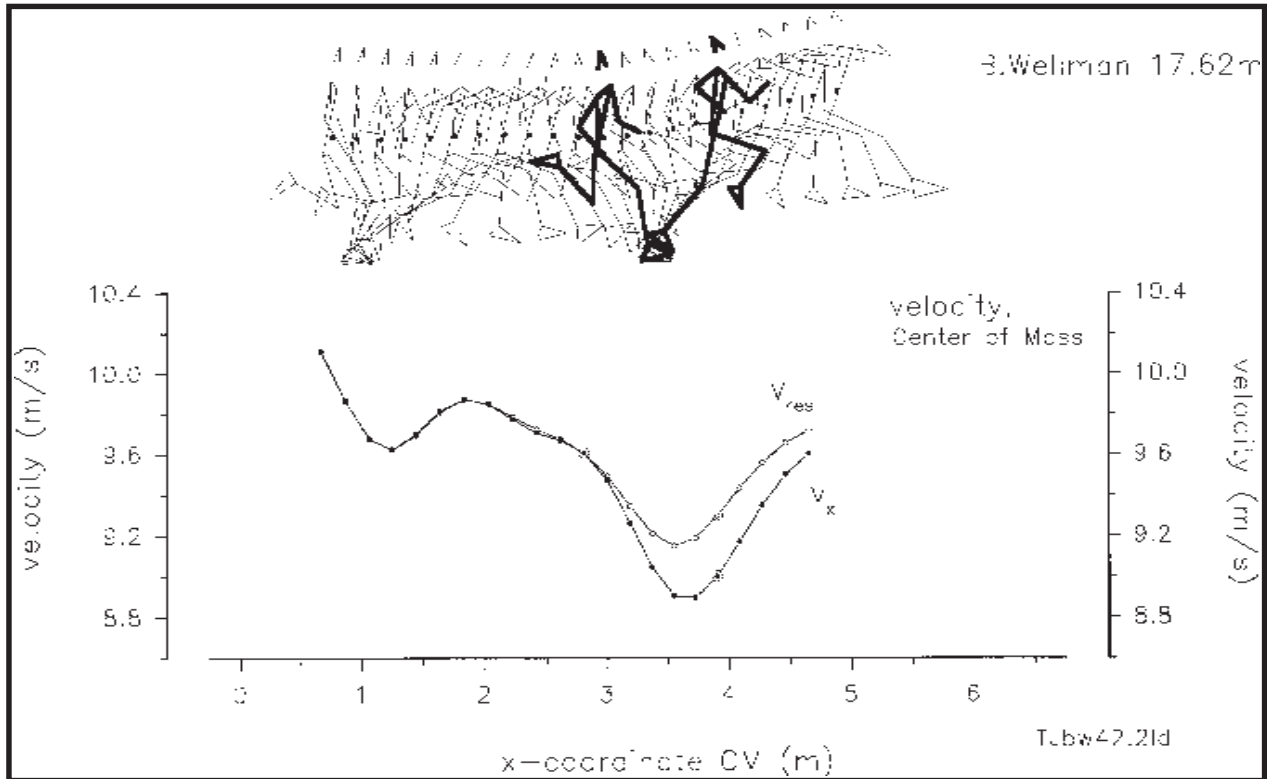


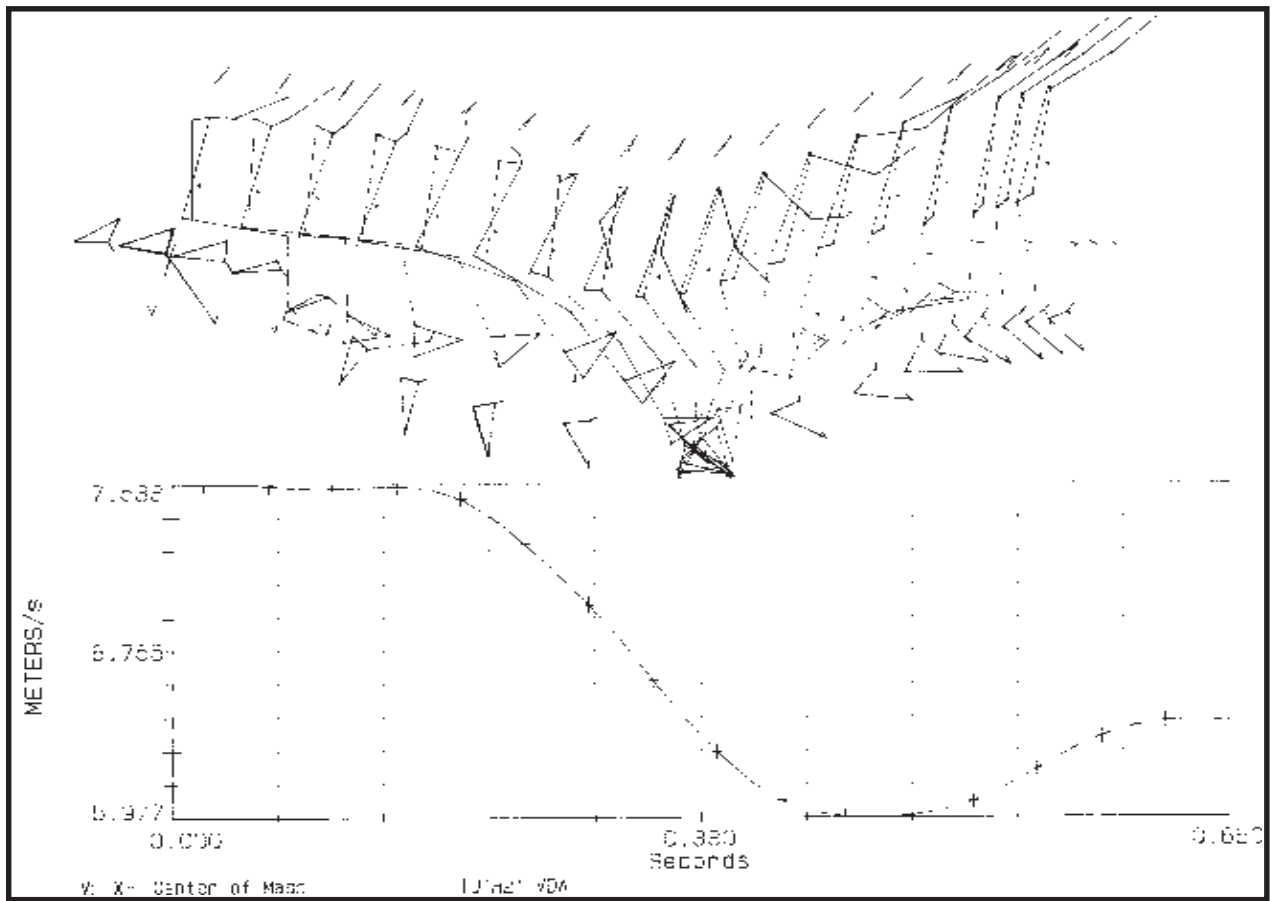


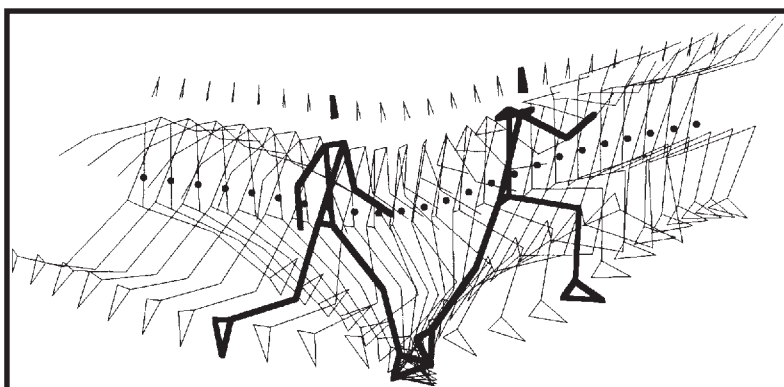
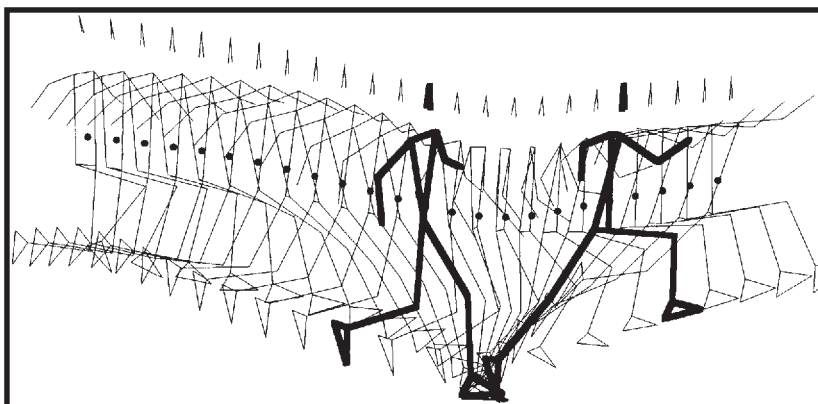


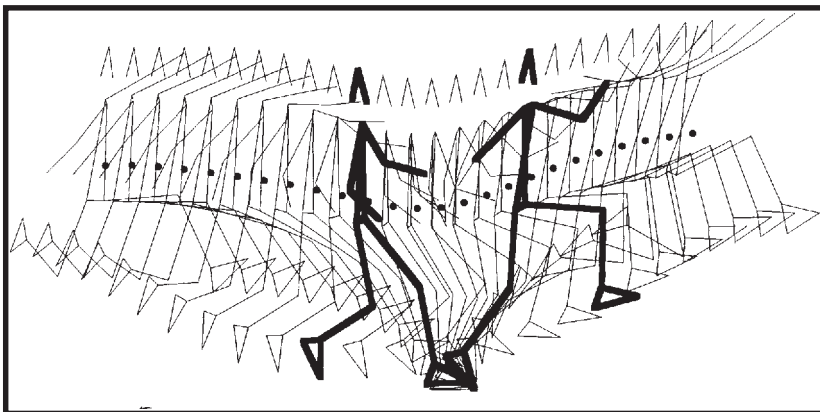
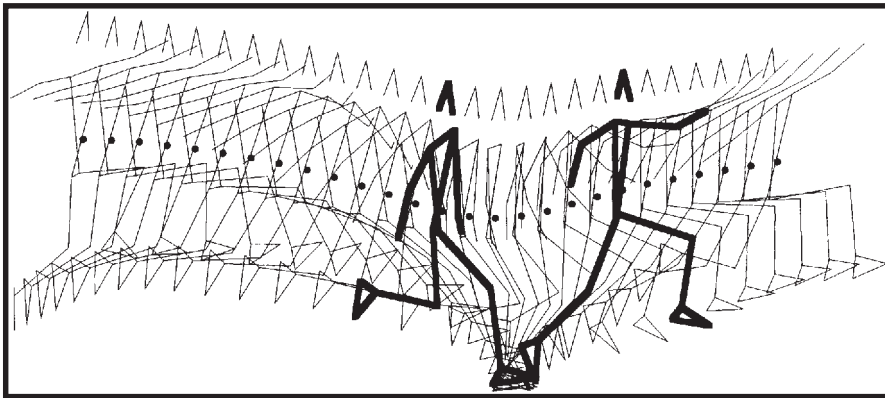
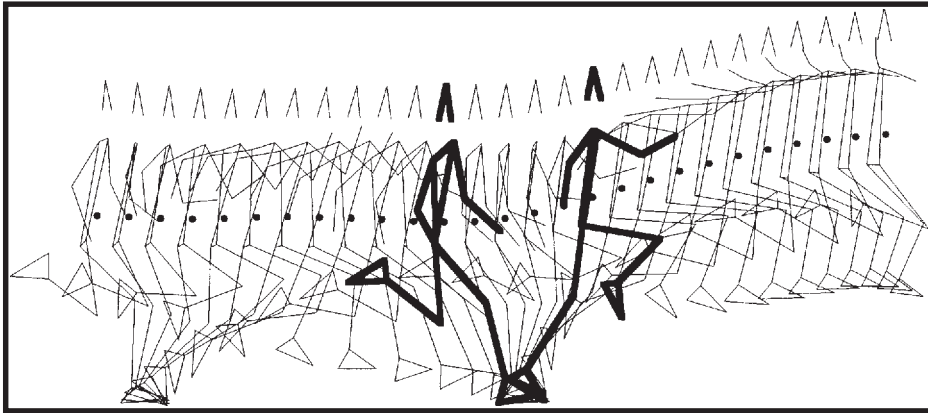












<i>Triple Jump Women FINAL</i>	<b>KRAVETS</b>	<b>PRANDZHEVA</b>
Results	15,50m WR	15,18 NR
Run up Speed 11-6m (+- 0,3m/sec)	8,93 m/sec	9,43 m/sec
Run up Speed 1-6m (+-0,3m/sec)	9,26 m/sec	9,89 m/sec
Wind	+ 0,9 m/sec	+ 1,3 m/sec
<i>First step / Hop</i>		
Center of mass during heelstrike	1,105	0,951
Center of Mass during contact phase, minimum	1,103	0,951
Center of Mass height at toe-off	1,15	1,086
Center of Mass velocity during heelstrike	9,462 m/sec	9,345 m/sec
Center of Mass velocity during contact phase, minimum	8,92 m/sec	8,78 m/sec
Center of Mass at toe-off	8,97 m/sec	8,78 m/sec
Angle of release	17,3 °	15,0 °
Horizontal Center of Mass Displacement during contact	0,536	0,282
<i>Second Step / Step</i>		
Center of mass during heelstrike	1,041	0,970
Center of Mass during contact phase, minimum	0,982	0,907
Center of Mass height at toe-off	1,06	1,07
Center of Mass velocity during heelstrike	8,27 m/sec	8,10 m/sec
Center of Mass velocity during contact phase, minimum	7,87 m/sec	7,65 m/sec
Center of Mass at toe-off	7,98 m/sec	7,74 m/sec
Angle of release	10,5 °	13,0 °
Horizontal Center of Mass Displacement during contact	1,12	1,25
<i>Third Step / Jump</i>		
Center of mass during heelstrike	1,021	1,002
Center of Mass during contact phase, minimum	0,994	0,961
Center of Mass height at toe-off	1,22	1,14
Center of Mass velocity during heelstrike	7,69 m/sec	7,68 m/sec
Center of Mass velocity during contact phase, minimum	6,83 m/sec	6,78 m/sec
Center of Mass at toe-off	6,89 m/sec	6,87 m/sec
Angle of release	21 °	19 °
Horizontal Center of Mass Displacement during contact	1,125	1,065



## ANLOPPSHASTIGHETER TRESTEGSTÄVLING

### Kommentar

En av de avgörande faktorerna i ett trestegshopp är anloppshastigheten och hopparens förmåga att bibehålla den uppnådda horisontella hastigheten genom hela hoppen med minsta möjliga fartförlust.

I Sverige har vi arbetat hårt med att få våra främsta aktiva att utnyttja den snabbhet som de besitter maximalt för att på så sätt kompensera den mindre goda snabbhetsförmågan som våra flesta hoppare har i förhållande till världseliten.

Nedanstående resultat är från två trestegstävlingar med stora delar av världseliten. Tävlingarna fungerade som tyska uttagningstävlingar inför VM -93 i Stuttgart. Noteras bör att de allra främsta vid VM -93 deltog.

*(enbart de främsta resultaten för resp. aktiv redovisas)*

### Dillingen 4/6-93

<i>Namn</i>	<i>Resultat</i>	<i>11-6 m</i>	<i>6-1 m</i>
Rietscher	15,77	9,38 m/s	9,75 m/s
Schweitzer	15,20	9,54 m/s	9,45 m/s
Wolters	15,74	9,54 m/s	9,72 m/s
Ernst	15,19	9,70 m/s	9,82 m/s
Mai	16,51	9,72 m/s	9,88 m/s
Jaros	16,80	10,06 m/s	10,25 m/s
Henriksson	17,04	10,02 m/s	10,19 m/s

### Bad Cannstatt 4/7-93

<i>Namn</i>	<i>Resultat</i>	<i>11-6 m</i>	<i>6-1 m</i>
Wellman	16,80	0,00 (ej res)	10,03 m/s
Henriksson	17,21	0,00 (ej res)	10,27 m/s
Kapustin	17,54	9,97 m/s	10,27 m/s
Voloshin	17,26	9,60 m/s	9,92 m/s
Jaros	16,76	10,34 m/s	10,45 m/s
Conley	17,23	0,00 (ej res)	10,71 m/s

### Sammanfattning

Resultaten tyder på att man trots en klart lägre maximal snabbhetsnivå via teknikträning kan optimera sin snabbhetsnivå så att hoppresultaten når upp till världsklass.

# Att kartlägga och analysera internationella träningsystem inom horisontella hopp

## Inledning

Träningsplanering är ett mycket svårt område och min uppfattning är att allt fler tränare ägnar allt mera tid åt att kontrollera effekten av genomförda planer.

Motivet med studien var att försöka finna skillnader och likheter mellan etablerade internationella tränare från olika nationer i deras träningsuppläggning och då i första hand när det gäller de olika träningskvaliteternas inbördes förhållande.

Min avsikt var att finna förklaringar till varför olika tränare kombinerar träningskvaliteter på olika sätt och vilka motiv som ligger bakom detta.

Min utgångspunkt vid jämförelsen var den finska tabell (Mero/Peltola/Saarela) som idag är allmänt rådande i Sverige.

	Maximal Snabbhet	Max SnU (alactatisk)	Max SnU (lactatisk)	Förb SnU	Allm Uth	Snabbstyrka	Maxstyrka	Icke Specifik Styrkeuth	
Maximal snabbhet	+++	++	++	+	+	+	+-	+-	
Maximal Snabbhetsuthållighet (alactatisk)	+	+++	++	+	+	+	+	+	
Maximal snabbhetsuthållighet (lactatisk)	+-	++	+++	+	+	+	-	+	
Förberedande snabbhetsuthållighet	-	+	++	+++	+	-	--	+-	
Allmän uthållighet	---	-	-	+	+++	---	---	+-	
Snabbstyrka	+++	++	++	+	+	+++	++	++	
Maxstyrka	+	+	+	+	+-	++	+++	+	
Specifik styrkeuthållighet	+-	+	++	++	+	+	+-	+-	
Icke Specifik styrkeuthållighet	-	+	+	+	+	+-	+-	+++	

*De olika kvaliteternas inbördes påverkan av varandra*

*Nopeus- ja Nopeuskestävyysharjoittelu/Antti Mero, Esa Peltola, Jussi Saarela*

## Metod

Under den treåriga studieperioden har jag besökt ca 20 internationella topptränare och diskuterat deras träningsuppläggning. Hela studien omfattade även två tillfällen där jag sammanförde ett antal tränare för att diskutera denna fråga. Den första gången inbjöd jag fyra av Europas allra främsta hopptränare till en vecka i Höllviken. De fyra tränarna var A.Lasocki/Polen, E. Drechsler/Tyskland, V. Bunin/Vitryssland och L. Nielsen/Danmark. Det andra tillfället var i samband med VM i Göteborg där jag sammanförde ca 10 tränare för en tretimmars diskussion med en kortare individuell uppföljning i samband med Inomhus-EM i Stockholm.

## Resultat

I min studie koncentrerade jag mig på tre träningskvaliteter, Maximal snabbhet (MS), Maximal styrka (MST) och Hoppstyrka (HS) och hur de placerades i ett träningsprogram.

### *Maximal snabbhet*

Den maximala snabbheten, intensiteter över 90%, särbehandlades av samtliga på så sätt att träningsformen planerades in först i träningsprogrammet för att kunna frigöra så mycket ”fri tid” som möjligt innan. Anledningen är att den aktive skall vara så utvilad som möjligt för att bl.a. undvika skador. Just skaderisken angavs som den viktigaste orsaken till att man fann en ”snabbhetsdag” efter en ”vilodag”. När det gäller kombinationer av träningsfaktorer så var det en mycket stor enighet kring att kombinationen maximal snabbhet i kombination med hoppstyrka gav positiva effekter. En klar skillnad kan man dock se mellan europeiska och amerikanska tränare. De europeiska tränarna föredrog kombinationen Maximal snabbhet/Hoppstyrka medan de amerikanska tränarna utnyttjade samspelet mellan Maximal snabbhet/Maximal styrka.

### *Maximal styrka*

Det råder en mycket stor oenighet om den maximala styrkans roll. Tränare från USA och Östeuropa poängterar betydelsen av att bygga upp en mycket hög maximal styrkenivå. Detta är däremot inte lika självklart bland västeuropeiska tränare där man är mycket mera sparsam med träning av maximal styrka utan mera koncentrerar på hoppstyrka.

Samtliga var dock helt överens om att maximal styrka skulle tränas vid ett flertal tillfällen under veckan istället för att koncentreras till några få.

Den maximala styrkan var för många tränare sammankopplad med snabbhetsträningen men påfallande många tränare planerade in maximal styrka dagen innan ett teknikpass. Anledningen till att man placerade styrketräning dagen före ett teknikpass var ”för att höja muskeltonusen i muskulaturen”. I Ryssland, Vitryssland och på Kuba så föregicks all teknikträning av ett maximalt styrkepass dagen innan.

### *Hoppstyrka*

Hoppstyrka som vi i Sverige definierar som en undergrupp till ”Snabbstyrka” var svårt att få en enhetlig definition av mellan dessa olika nationer och deras tränare. För att få någon klarhet i hur resp. tränare planerade detta träningsmoment så valde jag att definiera träningsformen genom ett övningsurval. Detta gjorde att det blev lättare att föra en diskussion och jämföra mellan olika tränare.

Man kan klart konstatera att träningsformen har fått en betydligt viktigare roll i träningsprocessen hos samtliga tränare än vad den hade för ca 10 år sedan. De nationer som praktiserat denna träningsform mest genom åren är de östeuropeiska länderna. Där värderar man denna träningsform som allra viktigast för en längd-/trestegshoppare. Man indelar dessutom hoppstyrkan i ett flertal olika undergrupper beroende på kraftriktning och intensitet. Denna detaljerade träningsplanering när det gäller utveckling av hoppstyrka finner man nästan enbart hos östeuropeiska tränare. Den stora mängd maximal styrketräning tillsammans med stor mängd hoppövningar gör att den totala träningsbelastningen blir mycket hög.

Man kan dock finna ett antal viktiga saker som samtliga tränare instämmer i.

1. Horisontella hoppövningar är att föredra framför vertikala.
2. Tilläggsbelastningar såsom viktvästar, sandsäcker m.m. användes endast i undantagsfall.
3. Det tekniska utförandet betonades.
4. Rörelsehastigheten, ”kvickheten”, betonades.

De allra flesta tränare föredrog också, liksom vid maximal styrka, att träningsformen genomfördes i mindre avsnitt under flera tillfällen i veckan istället för koncentrerat till några få.

Gruppen var dock mera splittrad när det gällde att finna kombinationer av hoppstyrka och andra träningsformer. Detta kan säkert beror på de stora skillnader i definitioner som råder, men man kan också se många olika varianter på placeringar i veckoschemat. Många tränare, framförallt i USA, ville jämföra hoppstyrka med maximal snabbhet, dvs. att man skulle försöka frigöra så mycket ”fri tid” som möjligt innan träningen. De amerikanska tränarna ville helst inte kombinera hoppövningar med någon annan träningsform utan såg hoppstyrkan som en sådan komplex träningsform i sig att den fick ligga helt ”fritt” i veckoschemat. Ett stort antal europeiska tränare valde kombinationen hoppstyrka och maximal snabbhet som en positiv träningsform liksom även hoppstyrka i kombination med maximal styrka i små träningsserier.

#### *Övriga träningsfaktorer*

Vid diskussionerna framkom en mycket enig grupp som såg all form av uthållighetsträning som något negativt. Man var dock mycket noga med att påpeka att man skulle skilja på senior, och ungdomsträning samt att det var viktigt att förstå skillnaden mellan uthållighetsträning som en träningsfaktor och som en rehabiliterande träningsform.

När det gäller löpträning som skapar lactat så råder det dock en stor, förvånande oenighet. De amerikanska tränarna lägger med fördel in löpträningsformer, även under tävlingsssäsong, som skapar lactat medan ett stort antal europeiska tränare undviker denna träningsform helt och hållet. Anledningen till den amerikanska uppläggningsen kanske mera ligger i en gammal tradition istället för i ett fysiologiskt tänkande. Många amerikanska tränare påpekade också förhållande om att många hoppare deltar i olika stafettlag och den amerikanska träningstraditionen gör att man även tränar löpformer för att kunna springa 200–400m. Det finns ett antal amerikanska tränare som påtalade att denna tradition håller på att förändras i takt med att man upplever en betydligt hårdare konkurrens från Europa och därmed tvingas till att träna effektivare (!).

#### **Diskussion och sammanfattning**

Man kan konstatera att det inte finns några ”nationella träningsystem” men att det sannolikt via varje nations utbildningssystem finns likheter i träningsuppläggningsen bland nationernas tränare. Man kan klart konstatera att träningsfaktorn ”hoppstyrka” får en allt viktigare roll i den totala träningsplaneringen och här har länderna i Östeuropa kommit längst och har mest erfarenheter. Man börjar allt mer att skilja hoppstyrkan i ett flertal undergrupper baserat på vertikala resp. horisontella hopp samt på intensiteten i utförandet. Under tävlingsperioden så bedriver i princip samtliga tränare intensiv hoppstyrketräning. Träningsformen kombineras både med snabbhet, maximal styrka och teknik. Samtliga tränare anser i princip att all form av uthållighetsträning påverkar hoppstyrkan medan det råder lite delade meningar om löpträning med lactatinslag påverkar hoppförmågan negativt på

lång sikt. Personligen så anser jag att regelbunden löpträning med stora lactathalter inte kan vara bra vare sig på kort eller lång sikt. På kort sikt har vi redan påvisat de negativa effekterna och eftersom den negativa effekten kvarstår ända upp till en vecka så borde det även påverka hoppförmågan negativt på lång sikt.

Samtliga tränare var ense om att vi i framtiden kommer att få en annorlunda träningsuppläggning för elithoppare än vad vi har idag. Dels beror detta på ökade kunskaper om träningsprocessen men även p.g.a. att ungdoms/uppbyggnadsträningen kommer att bli effektivare och därmed kan elitperioden bli mera specialinriktad än den är idag. Den framtidsbild som de flesta var ense om är följande:

- Hoppstyrka/snabbstyrka och maximal snabbhet kommer att få en ökad roll i den totala träningen.
- En hög intensitet i träningen året runt.
- En bättre uppbyggnadsträning i ungdomsåren kommer att resultera i mindre svängningar i form under året.
- Via förbättrade tekniska hjälpmedel så blir tekniken och teknikförståelsen bättre.
- Träningens totala omfång kommer att öka men antalet olika träningsfaktorer/moment minska.
- Allt större vikt kommer att läggas vid en effektiv träningsuppläggning där olika *Exempel på träningsuppläggning??*

## TRESTEGSHOPPARE/RYSSLAND

### Kommentar

Denna träningsuppläggning är mycket typisk för Ryssland och trestegsträning. En stor betoning på mängd och hoppövningar. Träningsmängden är oerhört hög och det krävs många års förberedelser innan man har möjlighet att genomföra denna typ av träning.

### Förberedelseperiod 1 (okt-nov)

Dag	Förmiddag	Eftermiddag
1	<ol style="list-style-type: none"> <li>Jogg 10 min</li> <li>4x30 m flyg.sprints/95%</li> <li>6x10 sek löpteknikdrillar</li> <li>300 m mångsteg</li> <li>100 m enbenshopp/ben</li> <li>10x100 cm djuphopp från plint</li> <li>80 m växelhopp</li> <li>3x50 m enbenshopp/ben</li> <li>3x150 m koordinationslopp</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Fotboll/Basket 1 tim</li> <li>Kulkast 50st</li> <li>10x50 m mångsteg</li> <li>Allmän styrka ca 10-12 övningra</li> <li>2x200 m fart 85% vila 6 min</li> </ol>
2	<ol style="list-style-type: none"> <li>Jogg 10 min</li> <li>3x100 m mångsteg</li> <li>6x10 sek löpteknikdrillar</li> <li>4(6x80% benböjn+100 m sprint)</li> <li>3(50 m enbenshopp/ben+200 m mångsteg)</li> <li>Mage+rygg</li> <li>3x150 m, 85%, gångvila</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Fotboll/basket 1 tim</li> <li>Kulkast 50st</li> <li>10x50 m frekvensmångsteg</li> <li>Allmän styrka ca 6-8 övningar</li> <li>2x200m fart 85% vila 6 min</li> </ol>
3	Vila	Vila
4	Se dag 1	Se dag 1
5	Se dag 2	Se dag 2
6	<ol style="list-style-type: none"> <li>Fotboll/basket 30min</li> <li>Allmän gymnastiska övn</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Jogg i terräng 40 min</li> <li>Allmän gymnastiska övn.</li> </ol>
7	Vila	Vilat träningsfaktorerers inbördes påverkan kommer att styra.

	Maximal Snabbhet	Maximal Styrka	Hoppstyrka
USA 1 	Prioriterad träningskvalitet som är frigjord i träningsprogrammet. Gärna i kombination med maximal styrka	Tränas i stora mängder året runt. Gärna i kombination med maxsnabbhet under perioden feb-april.	Tränas egentligen inte alls planmässigt med undantag för ett antal "studshopp" 2-.3 gånger/vecka. Denna träningsform anses få "sin träning" via teknikträningen.
USA 2 	Prioriterad träningskvalitet som är frigjord i träningsprogrammet. Maximal styrka efter snabbhet.	Stor betydelse i träningsuppläggnen. Kombineras med maximal styrka. Fördelar träningsformen på minst 4 pass/vecka.	En ganska ny träningsform i planeringen som består av horisontella hopp och gärna i kombination med teknik och allmänstyrka.
USA 3 	Träningskvalitet som är den allra viktigaste utöver teknik. Kombineras med maximal styrka.	Maximal styrka har en stor betydelse under hela året. Tränas 3-5 gånger/vecka och under våren i komb med maximal snabbhet.	En träningsform som endast används i formtoppande syfte dvs under perioden april-augusti. Då oftast enbart som vert.hopp och i komb med teknik.
USA 4 	En prioriterad kvalitet som kombineras med både hoppstyrka och maximal styrka	En viktig träningsfaktor som gärna kombineras med både snabbhet och olika hoppövningar.	En ny träningsform som gärna kombineras med både snabbhet och maximalstyrka. Har dock sina tvivel pga stora skadeproblem.
Kuba 	Träningskvalitet som tränas året runt i hög intensitet. Kombineras med hoppstyrka iform av vertikala hopp.	En träningskvalitet som har fått mindre betydelse de senaste åren. Tränas ändå mycket intensivt 2-4 gånger/vecka hela året.	Bedrivs mycket intensivt i en mängd olika former. Varierar mycket under året. Söker teknisknära träningsformer.
Ryssland 1 	Träningskvalitet som har sin träningsintensivaste period i mars-maj. Kombineras med vertikala hopp i stor mängd.	En viktig träningsfaktor som tränas helt skilt från alla andra faktorer. 1-3 hela "styrkedagar"/vecka.	Tränas i mycket stora mängder och intensiteter enligt "gammal Rysk modell". Kombineras sällan men i så fall med snabbhet och allmänstyrka.
Ryssland 2 	Träningskvalitet som ligger helt fritt från andra träningskvaliteter. Vi en ev kombination så sker det med hoppstyrka, men är ovanligt.	En träningsfaktor som tränas helt fritt från övriga faktorer. Ligger alltid dag före teknikdag under våren.	En helt fristående träningsform som har mycket stor plats i den dagliga träningen. Hög intensitet och en mycket stor mängd.
Ryssland 3 	Träningskvalitet som kombineras med både horisontella och vertikala hopp av hög intensitet.	En träningsfaktor som ligger både enskilt och i kombination med teknik (!). Tränas 3-5 pass/vecka under uppbyggnadsperioden.	Traditionellt ryskt upplägg med en enorm mängd och mycket hög intensitet. Kombineras enbart med snabbhet och ibland med allmänstyrka.
Tyskland 1 	En helt frigjord träningskvalitet som ej komb med något annat.	En mindre viktig faktor för elitaktiva. Bedrivs mera som underhållande uppbyggnads träning under vintern.	En träningsform som fått stor betydelse senaste åren. Bedrivs i en mängd olika former och intensiteter. Tränas helt separat.
Tyskland 2 	En träningskvalitet som kombineras med vertikala och horisontella hopp.	En träningskvalitet som kombineras med vertikala hopp men som ändå har en liten total betydelse i träningsuppläggnen.	En viktig träningsform som gärna kombineras med löpträning. Träningsformen ligger "långt" från teknikträning.
Italien 	En träningskvalitet som kombineras med både maximal styrka och vertikala hopp.	En viktig träningsfaktor under uppbyggnadsperioden för att sedan övergå till enbart underhållande träning. Kombineras "med allt" (!)	En viktig träningsfaktor. Stor mängd horisontella hopp som gärna avslutar alla träningspass. Det totala antalet hopp/vecka är stor även om intensiteten är låg.

<p>Vitryssland</p> 	<p>En träningskvalitet som kombineras med vertikala intensiva hopp och horisontella lågintensiva hopp i uppbyggnadsfasen.</p>	<p>En mycket viktig faktor i uppbyggnadsfasen. Tar mycket stor del av den totala träningen under perioden okt-dec för att sedan få en mera "undanskymd" plats i mars-maj.</p>	<p>En viktig faktor hela året men speciellt under perioden mars-september då den består av ett fåtal övningar men med mycket hög intensitet.</p>
<p>Ukraina</p> 	<p>Träningskvaliteten ligger helt fritt från alla andra träningsformer. Tränas enbart under perioden mars-augusti.</p>	<p>En viktig träningsfaktor som bedrivs 1-3 gånger/vecka hela året. Kombineras sällan med någonting annat men i enstaka tillfällen med vert. hopp</p>	<p>En träningsfaktor som fungerar som formtest året runt. Genomförs som tävlingar ! Ligger därför oftast helt separat i träningsprogrammet.</p>
<p>Polen</p> 	<p>En träningskvalitet som kombineras med vertikala intensiva hopp.</p>	<p>En träningsfaktor som har fått en liten roll i träningsprocessen för de allra främsta. Bedrivs intensivt endast under ca 4-6 veckor under hösten.</p>	<p>En helt avgörande träningsfaktor om man skall lyckas. Tränas året runt men blir den dominerande, tidsmässigt, redan fr.o.m. januari.</p>
<p>Spanien</p> 	<p>Träningskvaliteten kombineras under uppbyggnadsperioden med maximal styrka och därefter med olika hoppövningar.</p>	<p>En viktig faktor som gärna avslutar nästan alla träningspass oavsett övrigt innehåll. Stor vikt läggs vid styrka i rygg/bål.</p>	<p>Tränas mycket och ofta, gärna i kombination med öpträningsformer. Kan upplevas lite planlöst men innehåller belastningsvariationer under året.</p>
<p>Grekland</p> 	<p>Träningskvaliteten kombineras med allmänstyrka.</p>	<p>En träningsfaktor som bedrivs helt separat från övriga under uppbyggnadsfasen.</p>	<p>En träningsfaktor som alltid avslutar ett teknikpass. Ligger också som separat träning året runt och då gärna i kombi med tekniska övningar.</p>
<p>Cypern</p> 	<p>En helt fristående träningskvalitet som under uppbyggnadsfasen kan kombineras med allmänstyrka.</p>	<p>Bedrivs intensivt i uppbyggnadsfasen för att sedan få en mera underhållande roll under perioden jan-maj.</p>	<p>En formgivande träning som ändå bedrivs året runt men med mycket stor variation på intensitet och övningsurval. Gärna i kombination med teknik.</p>
<p>Belgien</p> 	<p>En träningskvalitet som kombineras med både maximal styrka och vertikala hopp.</p>	<p>En viktig träningsfaktor som bedrivs året runt med ända upp till 4 intensiva pass/vecka under dec-jan.</p>	<p>En träningsfaktor som gärna kombineras med både snabbhet och styrka i ett varierat belastningssystem. (Intressant !)</p>
<p>England</p> 	<p>En träningskvalitet som kombineras med snabbstyrkeformer både i form av traditionell styrka som hopp.</p>	<p>En mindre viktig träningsfaktor för elitaktiva. Fungerar mera som stabiliserande träning och som underhåll.</p>	<p>En träningsfaktor som mer eller mindre betraktas som teknik och därmed ofta kombineras med teknisk träning.</p>

# Projektsammanfattning

## Diskussion/slutsats

Målet med detta projekt var att försöka finna så optimala träningsmetoder som möjligt för längd-/trestegshoppare och kunna applicera detta på våra svenska elitaktiva.

Under ett 4-årigt utvecklingsprojekt inträffar mycket som man inte inledningsvis kunde förutse. Aktiva som ingår faller ifrån av olika anledningar och man måste komplettera upp med nya. Nya frågeställningar och problemområden dyker hela tiden upp och svårigheten har hela tiden varit att sätta gränser. Samarbetet med forskargruppen i Danmark var ett sådant område som skulle kunna utvecklats oerhört mycket mera. Våra kraftplattestudier/EMG-mätningar skulle vi kunna utveckla ytterligare för att inte nämna alla de rörelseanalyser som vi gjorde och förhoppningsvis kommer att göra även i framtiden.

Man måste dock hela tiden gå tillbaka till ursprungstanken för att inte hamna helt fel.

Det finns även svårigheter i att sammanfatta resultaten i ett projekt av denna karaktär med flera sinsemellan olika studier. Några hypoteser blev på förväntat sätt bekräftade, som t.ex. att löpträning med höga lactathalter har negativ inverkan på hoppförmågan. Jag tror ändå att det finns ett stort värde i att man kan visa att dessa hypoteser även "fungerar" i praktiken.

Men det fanns även saker som, för mig, var helt nya och som har påverkat mig i mitt sätt att se träning och utveckling av längd-/trestegshoppare, tex att den eccentrica styrkan har så stor betydelse för hopparen.

Hela den biomekaniska analysen kring VM gjorde klart vilka små marginaler som råder inom världseliten samt att snabbheten får allt större och avgörande betydelse för trestegshoppare medan löphastigheten inte längre är av helt avgörande karaktär för en längdhoppare.

Jag har därför valt att göra en kortfattad sammanfattning i ett antal påståenden som alla har sitt ursprung i de delstudier som finns redovisade i rapporten.

Dessa påståenden kan ligga som grund för andra tränare och "träning-utvecklare" i framtiden eftersom jag är helt övertygad om att detta projekt inte är avslutningen utan istället början på ett kontinuerligt utvecklingsarbete. Vi betraktar detta som en pilotstudie och eftersom våra träningsgrupper varit små och specifika så har vi inte heller gjort beräkningar av statistisk signifikans.

Min absoluta övertygelse är att om vi i lilla landet Sverige skall kunna hävda oss internationellt i de stora konkurrensutsatta idrotterna så måste vi satsa hårt på utveckling av träningsmetoder.

Under denna långa period så har jag personligen lärt mig oerhört mycket. En bättre utbildning/fortbildning kan jag inte tänka mig. Jag har tvingats att sätta mig in i alla tänkbara områden såsom muskelfysiologi, rörelselära samt inte minst all utrustning som man måste behärska. Till detta läggs alla de internationella kontakter som knutits och som jag även i framtiden kommer att ha mycket stor glädje av.

Det är alltså många olika delar som var för sig har ett stort värde för mig som tränare. Förhoppningsvis kan även mina kollegor inom friidrotten och andra idrotter med "hoppinslag" dra nytta av mina erfarenheter.



Låt mig avslutningsvis tacka alla de personer som medverkat och hjälpt mig i detta projekt. Att räkna upp alla skulle ta alldeles för stor plats men jag vill speciellt rikta ett mycket varmt tack till det danska teamet Lars O.D. Christianssen, Per Aagaard, Morten Havskrogh, Finn Boysen-Möller och Erik Simonsen som hjälpt mig med många viktiga och avgörande delar i detta arbete samt givetvis till Ola Thorsson som har fungerat som mitt "bollplank" under hela denna period och som stöttat och hjälpt till i alla situationer.

Ett varmt tack!

Givetvis vill jag också rikta ett mycket stort tack till Peter Reinebo och den övriga personalen på CPU som stöttat mig ekonomiskt och mentalt under dessa år.

Höllviken 15 september 1996

Leif Dahlberg