



GÖTEBORGS UNIVERSITET  
INST FÖR KOST- OCH IDROTTSVETENSKAP

# Akuta effekter av assisterade hopp på kvinnliga idrottares hoppförmåga

Joel Malka

Rapportnummer: VT14-51  
Uppsats/Examensarbete: 15hp  
Program/kurs: Sports Coaching  
Nivå: Grundnivå  
Termin/år: Vt/2014  
Handledare: Jesper Augustsson  
Examinator: Lennart Gullstrand

---

Rapportnummer: VT14-51  
Titel: Akuta effekter av assisterade hopp på kvinnliga idrottares hoppförmåga  
Författare: Joel Malka  
Uppsats/Examensarbete: 15hp  
Program/kurs: Sports Coaching  
Nivå: Grundnivå  
Handledare: Jesper Augustsson  
Examinator: Lennart Gullstrand  
Antal sidor: 22  
Termin/år: Vt/2014  
Nyckelord: assisterade hopp, postactivation potentiation, överhastighet

## **Abstrakt**

Förmågan att hoppa högt är av stor betydelse inom många idrotter. Syftet med denna studie var att undersöka de akuta effekterna av assisterade hopp på efterföljande prestationer i så kallade countermovement jumps (CMJ) av kvinnliga idrottare. Nio friska, tränade kvinnor deltog frivilligt i studien. I randomiserad ordning utförde samtliga deltagare två uppvärmningsprotokoll, som var identiska förutom att fem assisterade hopp med reducerad kroppsvikt lades till i det ena, följda av CMJ-tester. Elastiska band fästes till ett överhängande reglerbart system samt till en sele runt överkroppen på försökspersonerna och användes för att reducera kroppsvikten med 30%. Signifikanta förbättringar noterades i hopp höjd, 2,3 cm (7%), positiv kraftimpuls, 4,7 Ns (2%), vertikal förflyttningshastighet, 0,1 m/s (3%), tid på hoppets motrörelse, 0,1 s (12%) samt tiden på övergångsfasen mellan excentrisk och koncentrisk rörelse, 0,1 s (14%),  $p < 0,05$ . Resultaten indikerar att assisterade hopp i supramaximal hastighet är en effektiv strategi för att åstadkomma akuta förbättringar av idrottares hoppförmåga, möjligtvis som följd av en ökad neural aktivitet i nedre extremiteternas extenderande muskler.

## **Abstract**

Vertical jumping ability is an essential skill in many sports. The aim of this study was to investigate the acute effects of assisted jumps on subsequent countermovement jump (CMJ) performance by female athletes. Nine healthy, trained female subjects volunteered to participate in the study. In a randomized order, they performed one regular warm up protocol before testing their CMJ baseline value, and one warm up protocol with an addition of five assisted jumps at 30% body weight reduction before another CMJ test. Elastic cords attached to an overhead pulley system and to a harness around the subjects' upper body were used to reduce the body weight. Significant improvements were noted in jump height, 2.3 cm (7%), positive force impulse, 4.7 Ns (2%), vertical take off velocity, 0.1 m/s (3%), countermovement time, 0.1 s (12%) and breaking time, 0.1 s (14%),  $p < 0.05$ . These results indicate that assisted jumping, implementing an overspeed concept, is an effective strategy to induce post-activation potentiation and acutely enhance jumping performance in athletes, allegedly due to increased neural activation in the leg extensor muscles.

---

# Innehållsförteckning

FÖRORD .....	4
INTRODUKTION .....	5
BAKGRUND.....	5
POST-ACTIVATION POTENTIATION .....	5
UTNYTTJANDE AV PAP .....	6
POTENTIERINGSSTIMULI.....	6
ÖVERHASTIGHETSKONCEPT OCH ASSISTERADE HOPP .....	7
ÖVERHASTIGHET SOM POTENTIERINGSSTIMULI.....	8
SYFTE.....	8
HYPOTES .....	8
METOD.....	9
UNDERSÖKNINGSDESIGN .....	9
URVAL .....	9
DELTAGARE .....	9
ETISKA ASPEKTER .....	9
MATERIAL OCH UTRUSTNING.....	9
TESTPROCEDUR .....	10
LITTERATURSÖKNING .....	12
STATISTISK ANALYS.....	12
RESULTAT .....	12
DISKUSSION.....	13
METODDISKUSSION.....	13
RESULTATDISKUSSION.....	14
SLUTSATSER OCH IMPLIKATIONER.....	15
REFERENSER.....	16
BILAGOR .....	20

---

# Förord

Jag vill här ta tillfället i akt och rikta ett stort tack till försökspersonerna vars deltagande gjorde denna studie möjlig. Jag vill även tacka min handledare, Jesper Augustsson, för värdefullt engagemang och goda råd, Dr. Tobias Hein för hjälp med mätutrustningen, samt Jonas Engqvist för hjälpen med att konstruera assistansanordningen inför de assisterade hoppen.

# Introduktion

Förmågan att hoppa högt, röra sig snabbt och att utveckla stor kraft på så kort tid som möjligt är av stor betydelse, eller till och med direkt avgörande, inom många idrotter. På grund av detta försöker såväl forskare som tränare ständigt hitta metoder för att utveckla dessa egenskaper, helst på skonsamma sätt som inte utsätter idrottaren för allt för stor skaderisk. Vanligt vid undersökningar av träningsmetoder är att studera hur den kroniska adaptationen orsakad av ett specifikt stimuli ser ut på sikt, i denna studie har jag istället valt att studera den omedelbara effekten av assisterade hopp och om övningen kan åstadkomma en akut förbättring av prestationsförmågan. Potentieringsstimuli som leder till akuta förbättringar kan vara användbara i bland annat komplexa övningsserier och tävlingssammanhang. Kunskapsområdet kring övningar som utförs med låg belastning och i hög hastighet i syfte att åstadkomma akuta förbättringar av idrottslig prestationsförmåga är mycket begränsat. Övningen som undersöks i denna studie kan eventuellt fungera som ett skonsamt alternativ till andra kända metoder.

## Bakgrund

### Post-activation potentiation

Post-activation potentiation (PAP) är ett fenomen som infinner sig under en kort tid efter en muskelkontraktion, och som kan utnyttjas för att maximera idrottares muskulära kraft- och effektutveckling (Chiu, Fry, Weiss, Schilling, Brown & Smith, 2003). En muskels kontraktila historik är en faktor som kan ha såväl positiv- som negativ påverkan på prestationsförmågan då tidigare muskulär aktivitet orsakar både trötthet och potentiering (MacIntosh & Rassier, 2002; Tillin & Bishop, 2009). Användandet av föraktiverande stimuli innebär därför vissa utmaningar då vilotiden måste planeras så att den är lång nog att tillåta trötthetssymptom att avta, och kort nog för att potentierande effekter ännu ska infinna sig.

De fysiologiska orsakerna till PAP-effektens uppkomst tillskrivs främst två olika mekanismer. En av dessa är en ökad fosforylering av regulatoriska lätta myosinkedjor, vilket sker via aktivering av enzymet myosinkinase (Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005). Processen innebär att fosfatgrupper binds till de regulatoriska lätta myosinkedjorna och ökar deras energinivå. Den ökade fosforyleringen gör därmed samspelet mellan de kontraktila proteinerna i muskeln, myosin och aktin, känsligare till Kalcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) som frigörs från det sarkoplasmatiska retiklet (Sweeney, Bowman & Stull, 1993), och förstärker kontraktionskraften. Den ökade känsligheten till  $\text{Ca}^{2+}$  leder till en ökad bindningsfrekvens av myosinhuvuden till aktinfilament. Den förstärkta kontraktionskraften som fosforyleringen resulterar i beror alltså på ett ökat antal

kraftutvecklande korsbryggor i en kontraktion (Rassier & MacIntosh, 2000).

Den andra mekanismen bakom PAP-effekter är neurologisk. I studier på djur har man kunnat visa en ökad genomsläpplighet av excitatoriska potentialer i synaptiska föreningspunkter i ryggmärgen som följd av tetaniska muskelkontraktioner. Detta resulterar i ett tillstånd som kan vara i flera minuter efter kontraktionen (Gullich & Schmidtbleicher, 1996), under vilket antalet postsynaptiska potentialer som orsakas av en presynaptisk signalsubstans ökar (Tillin & Bishop, 2009; Gossard, Floeter, Kawai, Burke, Chang & Stiff, 1994). Detta har i tester genomförda på katter (Luscher, Ruenzel & Henneman, 1983) visats innebära en ökad rekrytering av större motoriska enheter, och därmed förstärkt aktivering av de snabba, explosiva muskelfibertyperna. I teorin bör detta kunna ske även i en mänsklig muskel efter föraktiverande kontraktioner och leda till förbättrad prestation i en efterföljande explosiv aktivitet på grund av att de snabba muskelfibertyperna då deltar i kontraktionen i större utsträckning.

## Utnyttjande av PAP

Möjligheter till att utnyttja PAP-effekter är till stor del beroende av den tidigare nämnda balansgången mellan muskeltrötthet och potentiering. Det är dock många fler faktorer som påverkar i vilken grad en aktivitet kan stimulera PAP-mekanismerna. Vilotiden mellan den föraktiverande aktiviteten och den efterföljande (Kilduff et al., 2007), samt intensiteten på den föraktiverande aktiviteten (Sale, 2002) spelar stor roll. Även faktorer som t ex träningsbakgrund, prestationsnivå, fibertypsdistribution i musklerna och föraktiverande kontraktionstyp tycks kunna ha betydelse för huruvida akuta förbättringar av prestationsförmågan kan åstadkommas eller inte och hur mycket en person påverkas (Tillin et al., 2009; Wilson et al., 2013). Studier som jämfört hur PAP-effekter påverkar människor av olika kön och med olika erfarenhet av träning har rapporterat resultat som tyder på en större effekt hos män än hos kvinnor, likaså hos personer med stor erfarenhet av träning jämfört med relativt oerfarna (Rixon, Lamont & Bembien, 2007). Chiu et al. (2003) rapporterade till exempel en höjddökning med 1-3% i olika hopp hos vältränade försökspersoner fem minuter efter ett antal knäböjsrepetitioner, medan de mindre tränade hoppade 1-4% lägre efter att ha utfört föraktiverande knäböj.

I en meta-analys (Wilson et al., 2013) om faktorer som påverkar utnyttjandet av PAP-effekter dras slutsatsen att effekterna av olika potentieringsstimulin kan variera individer emellan. Vid planering av övningar som syftar till att stimulera PAP-mekanismer bör därför valet av aktivitet, intensitet och vilotid anpassas till den ämnade personen beroende på dennes träningsstatus och erfarenhet.

## Potentieringsstimuli

En vanlig metod som används för att stimulera PAP-mekanismer är att utföra en styrkeövning med belastning på 75-95% av den maximala belastningen som klaras i

en repetition (1RM), innan en efterföljande explosiv aktivitet i vilken maximal prestationsförmåga eftersträvas. Den optimala vilotiden mellan den föraktiverande övningen och den efterföljande aktiviteten tycks vara mellan 3-7 minuter eller 7-10 minuter lång, beroende på träningsstatus då idrottare på hög nivå visat sig kunna utnyttja effekterna något tidigare än personer som är aktiva på lägre nivå (Wilson et al., 2013).

I studier på PAP används ofta olika typer av hopp för att mäta vad en övning som t ex knäböj har för akut effekt på prestationen. PAP kan också åstadkommas i de övre extremiteterna, då är det inte ovanligt att bänkpress används som potentieringsstimuli inför en aktivitet som kast. Både dynamiska och statiska muskelaktioner är förekommande som potentieringsstimuli (Tillin et al., 2009; Wilson et al., 2013). Resultaten som rapporteras av Wilson et al. (2013) indikerar att belastningsnivåer på 60-84% av 1RM fungerar bättre som potentieringsstimuli än intensiteter över 85 % av 1RM på grund av att lättare belastning inte orsakar lika mycket mekaniskt trauma (prestationsnedsättande trötthet).

Oftast är det övningar i relativt låg hastighet och med tung belastning som används för att stimulera PAP-mekanismer inför en snabb, explosiv aktivitet. Det finns dock även ett fåtal exempel där övningar med låg belastning och hög hastighet använts för att åstadkomma PAP. Masamoto, Larson, Gates & Faigenbaum (2003) använde olika sorters hopp som potentieringsstimuli inför tester av 1RM i knäböj vilket resulterade i en signifikant prestationsförbättring. Även Bergmann, Kramer & Gruber (2013) undersökte ett sådant omvänt förhållande, dock med något högre volym i den föraktiverande övningen. De kunde rapportera PAP-effekter som stimulerats av ett flertal hopp och som ledde till en ökning av hopphöjden med 12 % i drop jumps-tester.

Även i en studie på de akuta effekterna av drop jumps på counter movement jumps (CMJ) skedde förbättringar (Chen, Wang, Peng, Yu & Wang, 2013). Chen et al. (2013) konkluderade att fem stycken drop jumps-repetitioner är tillräckligt för att förbättra prestationen i efterföljande aktivitet, men att den positiva effekten endast varar i ungefär två minuter.

Även om det är i begränsad mängd finns det alltså data som tyder på att PAP-mekanismer skulle kunna stimuleras genom rörelser i hög hastighet med en relativt låg belastningsnivå. Effekterna tycks dock inte vara lika länge som efter tyngre, betydligt vanligare potentieringsstimuli.

## Överhastighetskoncept och assisterade hopp

Ett träningskoncept som kallas överhastighetsträning har framförallt använts inom sprintträning där träningsmetoden visats ha positiv effekt på löphastighet (Bartolini et al., 2011; Corn & Knudson, 2003; Paradisis & Cooke, 2006). Genom att använda

elastiska band som drar en i den riktningen man färdas eller genom att springa i nedförsbackar kan hastigheten nå supramaximala nivåer.

Applicerandet av överhastighetskonceptet i hoppsammanhang är en relativ ny företeelse och dess effekter är inte brett utforskade. När konceptet implementeras i vertikal riktning används elastiska band som drar uppifrån. Detta medför en reducerad kroppsvikt och en hopp rörelse som genomförs i en högre hastighet än vid hopp med den vanliga kroppsvikten. Denna hastighetsökning kan innebära en minskad kraftutveckling till förmån för en större effektutveckling (Brown & Whitehurst, 2003). Interventionsstudier som gjorts på träningsmetoden har kunnat rapportera förbättringar i vertikal hopphöjd (Argus, Gill, Keogh, Blazeovich & Hopkins, 2011; Sheppard, Dingley, Janssen, Spratford, Chapman & Newton, 2011; Markovic, Vuk & Jaric, 2011).

## Överhastighet som potentieringsstimuli

I min vetenskap finns det bara en studie som tidigare undersökt de akuta effekterna av assisterade hopp (Cazas, Brown, Coburn, Galpin, Tufano, LaPorta & Du Bois, 2013). Cazas et al. (2013) testade hur 20 manliga motionärer presterade i vertikalhopp efter assisterade hopp med olika vilotider. En minut efter att fem stycken assisterade hopp genomförts kunde man se en signifikant förbättring av hopp hastighet (takeoff velocity) och relativ maximal effekt ( $W \times kg^{-1}$ ). Man kunde ej rapportera några förändrade resultat i hopphöjd.

Det finns även exempel där man använt överhastighetskoncept och vikt reducering för att stimulera akuta prestationshöjande effekter i icke-hopp relaterade sammanhang (Montoya, Brown, Coburn, & Zinder, 2009). Montoya et al., (2009) undersökte hur hastigheten på basebollspelares slagträsvingar påverkades av att ha genomfört rörelsen med slagträ i olika vikter 30 sekunder tidigare. Vanligtvis värmer basebollspelare upp med ett tyngre slagträ än det de ska använda i matchsituationen men resultaten som kunde rapporteras av Montoya et al., (2009) visade att uppvärmning med både normal- och reducerad vikt var bättre än tyngre. Allra högst hastighet uppnåddes i slag som genomfördes efter fem stycken vikt reducerade förberedande slag av överhastighetskaraktär.

## Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka de akuta effekterna av assisterade hopp på prestationsförmågan i en efterföljande aktivitet.

## Hypotes

$H_0$  = Föraktiverande assisterade hopp orsakar ej akuta skillnader i prestationsförmåga.

$H_1$  = Föraktiverande assisterade hopp orsakar akuta skillnader i prestationsförmåga.



# Metod

## Undersökningsdesign

För att undersöka de akuta effekterna av assisterade hopp har jag gjort en tvärsnittsstudie av experimentell design med positivistisk utgångspunkt och kvantitativ ansats.

## Urval

Friidrottare, aktiva inom sprintgrenar, längdhopp, tresteg och höjdhopp, samt deras tränare kontaktades och informerades muntligt om studien förutsatt att de uppfyllde inklusionskriterierna. Kriterierna för inklusion var att idrottaren skulle vara kvinna, fri från skador, född senast 1998 och under den gångna säsongen ha gjort ett resultat som fanns med på Friidrottsförbundets lista över topp tio årsbästa i respektive gren, alternativt ha kvalificerat sig för- och deltagit i final på de senaste distriktsmästerskapen i åldersklassen Kvinnor (detta gällde endast 60m-löpare).

De som uppfyllde valda kriterier och som var intresserade av deltagande i studien fick ytterligare ett informationsbrev (Bilaga 1).

## Deltagare

Tio kvinnliga idrottare inkluderades i studien. Medelvärdet ( $\pm$  SD) för ålder, kroppsvikt och längd var  $20\pm 3$  år,  $60\pm 3$  kg och  $172\pm 6$ cm. Samtliga deltagare uppgav sig för att vara fria från sjukdomar eller skador som hindrade från träning.

Försökspersonerna gav skriftligt samtycke till sitt deltagande i studien innan testernas genomförande (Bilaga 1).

## Etiska aspekter

Deltagarna fick skriftlig information om att deras uppgifter skulle hanteras konfidentiellt samt att de kunde avbryta sitt deltagande när som helst utan att ange orsak. Trots att risker i samband med testproceduren ansågs mycket små informerades deltagarna om att det precis som vid andra fysiska aktiviteter föreligger viss skaderisk.

## Material och utrustning

Uppvärmning genomfördes med cykling på en ergometercykel (Monark AB, Varberg, Sverige). Vid hopptesterna användes en kraftplatta (Kistler®, Winterhur, Switzerland) samt Kistler Measurement, Analysis and Reporting Software (MARS®, © 2012 S2P Ltd., Ljubljana, Slovenia) för att samla in- och bearbeta data från markens reaktionskrafter. Den färdiga modulen för Counter Movement Jumps som finns i mjukvaran MARS användes till testerna.

Två beräkningsmetoder för hopphöjd har inkluderats; "Jump Height computed by Take Off Velocity" och "Jump Height computed by Flight Time" som rekommenderat av Hébert-Losier & Beaven (2013).

För de assisterade hoppen spändes ett bälte på runt deltagarna, över bröstet, till vilket två elastiska band kopplades fast (Figur 1). Bandens andra ände fästes i en ring som ett långt rep knöts runt. Repet gick över en bjälke i taket och spändes sedan fast i en säkring runt en pelare där man kunde dra eller lossa för att justera mängden assistans försökspersonerna skulle få från gummibanderna. För att varje försöksperson skulle få rätt mängd assistans fick de stå på en våg så att man kunde se vikten förändras samtidigt som man höjde eller sänkte repet, på så sätt kunde man justera så att kroppsvikten reducerades med exakt den mängden man ville.

## Testprocedur

Samtliga tester genomfördes i laboriemiljö på KHP (Kunskapscentrum för hälsa och prestationsutveckling) i Idrottshögskolan, Göteborgs Universitet under april 2014. Efter att deltagarna givit skriftligt samtycke och informerats om hur mätningarna skulle genomföras registrerades längd och vikt som mättes på plats, samt ålder. Detta efterföljdes av justering av assistansutrustningen så att mängden assistans skulle anpassas till varje försöksperson. Samtliga deltagare genomförde de assisterade hoppen med kroppsvikten reducerad med 30 % vid upprätt läge.

För att undersöka de akuta effekterna av assisterade hopp gjordes mätningar på CMJ. CMJ testades både efter att försökspersonerna utfört en serie assisterade hopp och utan att ha gjort det.

Proceduren kan delas in i Test A och Test B, där båda genomfördes av alla deltagare. Test A inleddes med fem minuter cykling följt av valfria dynamiska rörlighetsövningar för de nedre extremiteterna under två minuter. Efter två minuter med dynamiska övningar vilade försökspersonerna i ungefär en minut innan två CMJ mättes på en kraftplatta. Hoppen genomfördes med 15 sekunder mellan varandra inom ett tidsintervall på 30 sekunder (inom 50-80 sekunder efter att de två minuterna för dynamiska övningar avslutats).



Figur 1. Illustration av inställningar och utrustning för att undersöka de akuta effekterna av assisterade hopp.

Test B gick till på precis samma sätt som Test A med undantag av att fem assisterade hopp lades till mellan de dynamiska rörlighetsövningarna och den ca en minut långa vilan. Mellan de olika delarna av proceduren vilade försökspersonerna i 15 minuter. För att undvika missvisande resultat orsakade av att Test B genomförs efter längre tids aktivitet om det görs efter Test A, började hälften av försökspersonerna med Test A och hälften med Test B. Vilken ordningsföljd som skulle tilldelas vem bestämdes genom randomisering.

Inför CMJ-testerna instruerades försökspersonerna till att börja stående upprätt med blicken framåt, raka ben och hela fötterna parallellt i marken, axelbrett, innan de skulle hoppa så högt de absolut kan i vertikal riktning. Hoppen genomfördes med händerna fixerade vid höfterna.

Inför de assisterade hoppen instruerades de till att utföra så kallade Squat Jumps (SJ) där de börjar i en position med höft och knän flekterade till en vinkel på ca  $\sim 90^\circ$  (uppskattad vinkel av försökspersonen och testledaren) och sedan hoppar så högt de kan i vertikal riktning utan att först göra en hastig motrörelse. Likt utförandet vid CMJ placerades fötterna parallellt i axelbredd. De assisterade hoppen genomfördes dock med händerna fixerade vid axlarna över säkringarna som gummibanden kopplades ihop med bältet genom.

I mätningarna som gjordes på CMJ undersöktes följande tio parametrar:

- Hopp höjd beräknat på hoppets hastighet (cm): *Jump Height Computed by Take Off Velocity (JHTOV)*.
- Hopp höjd beräknat på flygtid (cm): *Jump Height Computed by Flight Time (JHFT)*.
- Relativ maximal reaktionskraft från marken (% av kroppsvikt): *Relative maximal Force (RFmax)*.
- Relativ maximal effekt (Watt/kg kroppsvikt): *Relative maximal Power (RPmax)*.
- Positiv kraftimpuls, mäts från att markens reaktionskraft är densamma som kroppsvikten (efter motrörelsen), fram till att fötterna lämnar marken (Ns): *Positive Force Impulse (PFI)*.
- Vertikal förflyttningshastighet (m/s): *Vertical Take Off Velocity (VTOV)*.
- Tid på motrörelsen, mäts från stående utgångsläge till den lägsta positionen (s): *Countermovement Time (CMT)*.
- Tid på frånskjutsrörelsen, mäts från den lägsta positionen fram till att fötterna lämnar marken (s): *Push Off Time (POT)*.
- Tid på övergången mellan den excentriska- och koncentriskas fasen. (s): *Breaking Time (BT)*.
- Tid till maximal kraft (s): *Time to maximal Force (TtFmax)*.

Det högsta hoppet, i både Test A och Test B, jämfördes sedan med varandra för att se vad tillägget av assisterade hopp inför mätningen skulle ha för effekt på ett CMJ.

## Litteratursökning

Litteratur till denna studie består av vetenskapliga artiklar. Sökning efter litteratur genomfördes i databasen PubMed samt i referenslistor från funna artiklar av intresse. I PubMed användes följande sökord i olika kombinationer och böjningsformer: *Assisted jumps, plyometrics, postactivation potentiation, overspeed, unloading, towing, acute effects, countermovement jump, preconditioning strategies.*

## Statistisk analys

Samtliga statistiska beräkningar gjordes i programmet SPSS. För att beskriva försökspersonernas ålder och antropometriska mått användes deskriptiv statistik (medelvärde, spridning och standardavvikelse). För att se om det fanns signifikanta ( $p \leq 0,05$ ) skillnader mellan deltagargruppens gemensamma genomsnittsresultat från Test A och Test B användes ett Paired Samples T-test. Signifikans valdes till  $\alpha$ -nivån  $p \leq 0,05$ .

## Resultat

Data presenteras endast för nio försökspersoner (ålder  $20 \pm 3$ ; vikt  $60 \pm 3$ ; längd  $172 \pm 6$ ). En av deltagarna exkluderades då hon misslyckades att genomföra ett korrekt CMJ inom den bestämda tidsintervallen. Fem assisterade hopp visade sig förbättra prestationen i CMJ utförda ungefär en minut senare (tabell 1). Signifikanta förändringar skedde i parametrarna JHTOV ( $p=0,00031$ ), JHFT ( $p=0,000752$ ), VTOV ( $p=0,000911$ ), CMT ( $p=0,037609$ ), BT ( $p=0,041411$ ) och PFI ( $p=0,045211$ ) vilket innebär att  $H_0$  kan förkastas. I de övriga parametrarna, RFmax, RPmax, POT och TtFmax, påvisades ingen förändring. Trots avsaknad av statistisk signifikans kan man dock notera en positiv trend även i parametern TtFmax ( $p=0,054953$ ).

Tabell 1.

	Kontroll CMJ	Föraktiverat CMJ	Skillnad mellan medelvärden ( $\pm$ SD)	Förändring, %	P <sup>1</sup>
JHTOV	34,62 cm	36,91 cm	2,29 cm ( $\pm 1,14$ )	6,61 %	***
JHFT	36,01 cm	37,97 cm	1,96 cm ( $\pm 1,11$ )	5,44 %	***
PFI	233,56 Ns	238,22 Ns	4,67 Ns ( $\pm 1,97$ )	2,00 %	*
RFmax	233,98 % BW	242,06 % BW	8,08 % BW ( $\pm 4,56$ )	3,45 %	0,114
RPmax	49,76 W/kg	51,53 W/kg	1,77 W/kg ( $\pm 1,00$ )	3,56 %	0,116
VTOV	2,65 m/s	2,74 m/s	0,08 m/s ( $\pm 0,02$ )	3,02 %	***
CMT	0,58 s	0,52 s	-0,07 s ( $\pm 0,03$ )	12,07 %	*
POT	0,30 s	0,28 s	-0,02 s ( $\pm 0,02$ )	6,67 %	0,232

BT	0,37 s	0,32 s	-0,05 s ( $\pm 0,02$ )	13,51 %	*
TtFmax	0,63 s	0,55 s	-0,08 s ( $\pm 0,04$ )	12,70 %	0,055

<sup>1</sup>Paired Samples T-test. \*\*\*= $p < 0,001$ ; \*\*= $p < 0,01$ ; \*= $p < 0,05$ . BW=Body weight.

## Diskussion

### Metoddiskussion

Denna studie syftade till att undersöka om assisterade hopp kan användas som potentieringsstimuli för att akut förbättra parametrar som hopp höjd, positiv kraftutveckling och rörelsehastighet i efterföljande CMJ. På grund av det begränsade antalet försökspersoner behövs det vidare studier för att kunna dra generaliserande slutsatser av resultaten på en större population. Valet av högpresterande friidrottare som försökspersoner gjordes för att få en så homogen grupp som möjligt. Det visade sig dock vara stor spridning i såväl ålder (10 år) som hoppförmåga (14,9 cm i opotentierte CMJ beräknade på hastighet och 16,3 cm i opotentierte CMJ beräknade på flygtid) även inom den regionala eliten (Bilaga 2 & 3). I en studie på hur ålder och kön påverkar PAP-effekter (Arabatzis, Patikas, Zafeiridis, Giavroudis, Kannas, Gourgoulis & Kotzamanidis, 2013) visade resultaten att vuxna (20-25 år gamla) fick större effekt än barn och ungdomar (10-12 respektive 14-15 år gamla) som, med manliga ungdomsgruppen som enda undantag, inte visade PAP-effekter alls. En åldersspridning på 10 år hade därmed kunnat vara av mindre betydelse om medelåldern varit högre, men då den yngsta var 15 och den äldsta 25 år gammal kan deltagarnas ålder eventuellt ha påverkat resultaten. Standardavvikelser i de antropometriska måtten samt i resultaten inom de olika parametrarna som mättes är dock små och åldersspridningen behöver därför inte nödvändigtvis haft en avgörande påverkan. En annan faktor som kan ha påverkat resultatet är avsaknaden av ett familieringstillfälle. På grund av logistiska begränsningar fanns det inte möjlighet att genomföra ett sådant vilket innebär en viss svaghet för studien då ingen av försökspersonerna hade tidigare erfarenhet av assisterade hopp.

Mängden av kroppsvikten som reducerades vid de assisterade hoppen, volymen i vilka de utfördes samt vilotiden innan efterföljande CMJ bestämdes i enlighet med resultat som rapporterats fördelaktiga i sammanhanget av Tran et al., (2011), Cazas et al., (2013) och Chen et al., (2013).

För mätningar av hopp användes i denna studie en kraftplatta (Kistler®, Winterthur, Switzerland) samt Kistler Measurement, Analysis and Reporting Software (MARS®, © 2012 S2P Ltd., Ljubljana, Slovenia). Vid mätningar av hopp tycks kraftplattor som samlar in data via markens reaktionskrafter kunna ses som en gyllene standard som kan användas för referensmätningar vid tester av andra metoder och annan utrustnings reliabilitet (Cronin, Hing & McNair, 2004). För att beräkna hopp höjden från

kraftplattans insamlade data användes två olika beräkningsmetoder: "Jump Height computed by Take Off Velocity" och "Jump Height computed by Flight Time". De flesta studier har endast mätt hopphöjd genom beräkningar av flygtiden men den metoden förutsätter att alla ledvinklar i de nedre extremiteterna är de samma vid landning som när fötterna lämnade marken, vilket innebär en uppenbar felkälla. Båda beräkningsmetoderna inkluderades ändå i syfte att förenkla jämförelser med resultat som produceras i andra studier. I en studie som utvärderar mjukvaruprogrammet MARS® och dess reliabilitet i mått av CMJ-parametrar noteras att endast parametrar som direkt relaterar till Rate of Force Development (RFD) tycks visa brister i reliabilitet (Hébert-Losier et al., 2013). Den specifika parameter som visat sämre reproducerbarhet är den som mäter tid till maximal kraft. Hébert-Losier et al., (2013) konstaterar vidare att reliabiliteten i samtliga övriga parametrar är god samt att programmet kan användas med tillförsikt inom forskning.

## Resultatdiskussion

Till skillnad från tidigare forskning på assisterade hops akuta effekter (Cazas et al., 2013) kunde signifikanta förbättringar noteras i hopphöjd, men inte i relativ effekt. Förbättringar i tidsparametrar skedde dock i enlighet med resultaten från Cazas et al., (2013) och Montoya et al., (2009) som också använt överhastighetskonceptet för att åstadkomma akuta prestationsförbättringar.

Viss forskning tyder på att effekten av träningsprotokoll som syftar till att stimulera PAP-mekanismer är mindre hos kvinnor än hos män (Rixon et al., 2007; Tsolakis, Bogdanis, Nikolaou & Zacharogiannis, 2011). Trots detta har försökspersonerna i denna studie fått en genomsnittlig förbättring av hopphöjden med ~5,4 % eller ~6,6 % beroende på beräkningsmetod, vilket är något större- eller i paritet med ökningarna hos både kvinnor och män med ca 1-6 % i studier där man använt mer traditionella PAP-protokoll med längre vilotider samt olika former av knäböj och frivändningar som stimuli (Rixon et al., 2007; McCann & Flanagan, 2010; Sotiropoulos, Smilios, Christou, Barzouka, Spaias, Douda & Tokmakidis, 2010).

Resultaten i tidsparametrarna visar att motrörelsen är något kortare tidsmässigt efter de assisterade hoppen. Om detta beror på en snabbare utförd rörelse eller ett förändrat rörelsemönster som innebär ett annat rörelseomfång i motrörelsen går inte att avgöra då data kommer från markens reaktionskrafter utan komplettering av rörelseanalyser. Den ökade vertikala förflyttningshastigheten i samband med den ökade positiva kraftimpulsen innebär dock att försökspersonerna både utvecklade större kraft och genomförde hopprörelsen snabbare ungefär en minut efter att de utfört en serie med fem assisterade hopp.

En icke-signifikant trend kan noteras, vilken pekar mot en förkortad tid tills den maximala kraften uppnåddes. Sannolikheten att finna signifikanta skillnader i denna parameter, liksom den för relativ maximal effekt, hade troligtvis ökat med en större grupp

försökspersoner. Trots att det kan tyckas rimligt att tiden till den maximala kraften förkortats då den vertikala förflyttningshastigheten ökat bör resultatet gällande tid till maximal kraft som sagt beaktas med viss försiktighet (Hébert-Losier et al., 2013).

I tidigare studier har man sett en ökad neural aktivitet i de nedre extremiteternas extenderande muskler vid överhastighetslöpning (Mero & Komi, 1986). Då även vertikalthopp som SJ och CMJ kräver snabb extension av fot-, knä- och höftled är det troligt att detta skett vid användandet av assisterade hopp likaledes, och att ökad neural aktivitet därmed bidrog till en akut prestationsförbättring. Huruvida de förändrade resultaten i CMJ beror till största del på muskulära eller neurologiska PAP-mekanismer, eller i vilken utsträckning dessa mekanismer samspelar går dock ej att säga med säkerhet. Sammanfattningsvis tyder resultaten på att assisterade hopp är ett fungerande potentieringsstimuli, vilket kan ses som ett alternativ till traditionella, mer belastande potentieringsstimulerande metoder.

## Slutsatser och implikationer

Resultaten från denna studie indikerar att idrottares hopp höjd, hastighet och utvecklad kraft kan ökas akut som följd av assisterade hopp. Övningen bör därmed tas i åtanke vid planering av komplexa övningsserier och förberedelser för maximala tävlingsprestationer. Det finns dock ett behov för vidare forskning med större grupper av högpresterande vuxna idrottare. Framtida studier bör även undersöka de akuta effekterna på andra efterföljande aktiviteter och de kroniska effekterna av assisterade hopp applicerade i komplexa träningsprotokoll.

## Referenser

Arabatzi, F., Patikas, D., Zafeiridis, A., Giavroudis, K., Kannas, T., Gourgoulis, V., & Kotzamanidis, CM., (2013). The Post-Activation Potentiation Effect on Squat Jump Performance: Age and Sex Effect. *Pediatric Exercise Science*.

Argus, C.K., Gill, N.D., Keogh, J.W.L., Blazeovich, A.J., & Hopkins, W.J., (2011). Kinetic and Training Comparisons between Assisted, Resisted, and Free Countermovement Jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(8), 2219–2227.

Bartolini, J.A., Brown, L.E., Coburn, J.W., Judelson, D.A., Spiering, B.A., Aguirre, N.W., Carney, K.R., & Harris, K.B., (2011). Optimal Elastic Cord Assistance for Sprinting in Collegiate Women Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25, 1263–1270.

Bergmann, J., Kramer, A., & Gruber, M., (2013). Repetitive Hops Induce Postactivation Potentiation in Triceps Surae as well as an Increase in the Jump Height of Subsequent Maximal Drop Jumps. *PLoS ONE*. 8(10). doi:10.1371.

Brown, L.E., Whitehurst, M., (2003). The Effect of Short-Term Isokinetic Training on Force and Rate of Velocity Development. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 17(1), 88-94.

Cazas, V.L., Brown, L.E., Coburn, J.W., Galpin, A.J., Tufano, J.J., LaPorta, J.W., & Du Bois, A.M., (2013). Influence of Rest Intervals after Assisted Jumping on Bodyweight Vertical Jump Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 27(1), 64–68.

Chen, Z.R., Wang, Y.H., Peng, H.T., Yu, C.F., & Wang, M.H., (2013). The Acute Effect of Drop Jump Protocols with Different Volumes and Recovery Time on Countermovement Jump Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 27(1), 154–158.

Chiu, L.Z.F., Fry, A.C., Weiss, L.W., Schilling, B., Brown, L.E., & Smith, S.L., (2003). Postactivation Potentiation Response in Athletic and Recreationally Trained Individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 671-677.

Corn, R.J., & Knudson, D., (2003). Effect of Elastic Cord Towing on Kinematics of the Acceleration Phase of Sprinting. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 17, 72–75.



Cronin, J.B., Hing, R.D., & McNair, P.J., (2004). Reliability and Validity of a Linear Position Transducer for Measuring Jump Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 18(3), 590-593.

Gossard, J.P., Floeter, M.K., Kawai, Y., Burke, R.E., Chang, T., & Schiff, S.J., (1994). Fluctuations of Excitability in the Monosynaptic Reflex Pathway to Lumbar Motoneurons in the Cat. *Journal of Neurophysiology*. 72(3), 1227-1239.

Gullich, A., & Schmidtbleicher, D., (1996). MVC-Induced Short-Term Potentiation of Explosive Force. *New Studies in Athletics*. 11(4), 67-81.

Hébert-Losier, K., & Beaven, C.M., (2013). The MARS® for Squat, Countermovement and Standing Long Jump Performance Analyses: Are Measures Reproducible? *Journal of Strength and Conditioning Research*. Dec16. doi: 10.1519/JSC.0000000000000343

Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D., (2005). Post-Activation Potentiation: Underlying Physiology and Implications for Motor Performance. *Sports Medicine*. 35(7), 585-595.

Kilduff, L.P., Bevan, H.R., Kingsley, M.I.C., Owen, N.J., Bennett, M.A., Bunce, P.J., ... Cunningham, D.J., (2007). Postactivation Potentiation in Professional Rugby Players: Optimal Recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(4), 1134– 1138.

Luscher, H.R., Ruenzel, P., & Henneman, E., (1983). Composite EPSPs in Motoneurons of Different Sizes before and during PTP: Implications for Transmission Failure and its Relief in Ia Projections. *Journal of Neurophysiology*. 49(1), 269-89.

MacIntosh, B.R., & Rassier, D.E., (2002). What is Fatigue? *Canadian Journal of Applied Physiology*. 27(1), 42-55.

Markovic, G., Vuk, S., & Jaric, S., Effects of Jump Training with Negative Versus Positive Loading on Jumping Mechanics. *International Journal of Sports Medicine*. 32(5), 365-372.

Masamoto, N., Larson, R., Gates, T., & Faigenbaum, A., (2003). Acute Effects of Plyometric Exercise on Maximum Squat Performance in Male Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 17(1), 68-71.

McCann, M.R., & Flanagan, S.P., (2010). The Effects of Exercise Selection and Rest Interval on Postactivation Potentiation of Vertical Jump Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(5), 1285-1291.

Mero, A., & Komi, P.V., (1986). Force-, EMG-, and Elasticity-Velocity Relationships at Submaximal, Maximal and Supramaximal Running Speeds in Sprinters. *European Journal of Applied Physiology*. 55, 553-561.

Montoya, B.S., Brown, L.E., Coburn, J.W., & Zinder, S.M., Effect of Warm-up with Different Weighted Bats on Normal Baseball Bat Velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(5), 1566–1569.

Paradisis, G.P., & Cooke, C.B., (2006). The Effects of Sprint Running Training on Sloping Surfaces. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 20, 767–777.

Rassier, D.E., & MacIntosh, B.R., (2000). Coexistence of Potentiation and Fatigue. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 33, 499-508.

Rixon, K.P., Lamont, H.S., & Bembem, M.G., (2007). Influence of Type of Muscle Contraction, Gender, and Lifting Experience on Postactivation Potentiation Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(2), 500–505.

Sale, D.G., (2002). Postactivation Potentiation: Role in Human Performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 30, 138–143.

Sheppard, J.M., Dingley A.A., Janssen, I., Spratford, W., Chapman, D.W., & Newton, R.U., (2011). The Effect of Assisted Jumping on Vertical Jump Height in High-Performance Volleyball Players. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 14(1),85-89.

Sotiropoulos, K., Smilios, I., Christou, M., Barzouka, K., Spaias, A., Douda, H., & Tokmakidis, S.P., (2010). Effects of Warm-up on Vertical Jump Performance and Muscle Electrical Activity using Half-Squats at Low and Moderate Intensity. *Journal of Sports Science and Medicine*. 9, 326-331.

Sweeney, H.L., Bowman, B.F., & Stull, J.T., (1993). Myosin Light Chain Phosphorylation in Vertebrate Striated Muscle: Regulation and Function. *American Journal of Physiology*. 264(Cell Physiology 33), C1085-C1095).

Tillin, N.A., & Bishop, D., (2009). Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. *Sports Medicine*. 39(2), 147-166. doi: 10.2165/00007256-200939020-00004

Tran, T.T., Brown, L.E., Coburn, J.W., Lynn, S.K., Dabbs, N.C., Schick, M.K., ... Noffal, G.J., (2011). Effects of Different Elastic Cord Assistance Levels on Vertical Jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(12), 3472-3478.

Tsolakis, C., Bogdanis, G.C., Nikolaou, A., & Zacharogiannis, E., (2011). Influence of Type of Muscle Contraction and Gender on Postactivation Potentiation of Upper and Lower Limb Explosive Performance in elite fencers. *Journal of Sports Science and Medicine*. 10, 577-583.

Wilson, J.M., Duncan, N.M., Marin, P.J., Brown, L.E., Loenneke, J.P., Wilson, S.M.C., ... Ugrinowitsch, C., (2013). Meta-analysis of Postactivation Potentiation and Power: Effects of Conditioning Activity, Volume, Gender, Rest Periods, and Training Status. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 27(3), 854-859.

# Bilagor

## Bilaga 1. Informationsblad och samtyckesintyg.

### **Information till deltagare i studie om PAP-effekter av assisterade hopp**

#### **Syfte**

Syftet med studien är att studera vilken akut effekt assisterade hopp har på hoppförmåga och förmågan att snabbt utveckla kraft.

#### **Projektets upplägg**

Testerna kommer genomföras av en student inom idrottsvetenskap som gör sitt examensarbete. Du som deltar i projektet kommer att genomföra två stycken test av CMJ (Counter Movement Jump), ett som endast föregås av uppvärmning på cykel och ett som föregås av både uppvärmning på cykel och ett set assisterade hopp. Vid de assisterade hoppen kommer kroppsvikten att reduceras med 30% med hjälp av elastiska band. Testerna görs vid Idrottshögskolan i Göteborg.

#### **Betydelse**

Muskulär effekt är en viktig parameter för atletisk prestation inom explosiva idrotter. Potentieringsstimulin som leder till en akut förbättrad effektutveckling kan därmed användas i såväl träning som vid tävlingar för ökad prestationsförmåga.

I dagsläget finns det väldigt få studier på assisterade hopp, och ännu färre på dess effekter på kvinnliga idrottare och elitidrottare överlag. Förhoppningsvis kan denna studie bidra till utökad kunskap i ämnet och belysa huruvida assisterade hopp kan fungera som ett alternativ till andra kända potentieringsstimulin eller inte. Det vore i så fall ett mer skonsamt, och i många fall enklare tillämpningsbart alternativ.

#### **Vad innebär medverkan i projektet?**

Du får möjlighet att delta i ett riktigt forskningsprojekt och kommer få kännedom om hur praktisk, experimentell forskning kan gå till. Som deltagare får du möjligheten att testa fram din vertikala hoppkapacitet och hur du påverkas av potentieringsstimuli, vilket förhoppningsvis ska upplevas intressant och värdefullt för dig som idrottare. När studien är avslutad så kommer du självklart att få ta del av resultatet.

Deltagandet i denna studie kräver att du med medhavda träningskläder och gymnastikskor kan närvara i Idrottshögskolans labb vid ett tillfälle som tar ca 30-45 minuter. Du bör helst inte ha utfört någon större fysisk ansträngning de närmaste timmarna före testtillfället. Precis som vid all fysisk aktivitet föreligger viss skaderisk.

#### **Lokal**

IKI, Göteborgs Universitet. Hus Idrottshögskolan, Skånegatan 14 B

#### **Rätten att avbryta medverkan i projektet**

Deltagandet i projektet är helt frivilligt och du har rätt att när som helst avbryta din medverkan utan att ange någon orsak. All information som samlas in kommer att

behandlas konfidentiellt och kommer endast ses av mig som gör studien samt min handledare.

**Undrar du över något** är du välkommen att kontakta mig på tel. 07xxxxxxxx.

## **Samtycke om deltagande**

Jag har delgivits innehållet i detta informationsblad och önskar delta som försöksperson i studien.

Namn: \_\_\_\_\_

E-post: \_\_\_\_\_

Tel: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_/\_\_\_-14 Ort: \_\_\_\_\_

Signatur: \_\_\_\_\_

## Bilaga 2. Deskriptiv statistik: Ålder och antropometriska mått.

	N	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Age	9	10	15	25	19,67	3,46
Height	9	16	163	179	172,33	5,83
Weight	9	9,4	56,2	65,6	59,83	2,99

## Bilaga 3. Deskriptiv statistik: Hopphöjd.

	N	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
JHTOV; kontroll	9	14,9 cm	28,6 cm	43,5 cm	34,62 cm	4,39 cm
JHTOV; föraktiverat	9	15,3 cm	31,4 cm	46,7 cm	36,91 cm	4,65 cm
JHFT; kontroll	9	16,3 cm	30,6 cm	46,9 cm	36,01 cm	4,98 cm
JHFT; föraktiverat	9	18,2 cm	31,7 cm	49,9 cm	37,97 cm	5,15 cm