

Bachelorgradsoppgave

Effekt av Postactivation potentiation på prestasjon i en maksimal armheving

Jens Asmund Brevik Solheim

KIF350

Bachelorgradsoppgave i Kroppsøving og idrettsfag, faglærerutdanningen.



Lærerutdanning



SAMTYKKE TIL HØGSKOLENS BRUK AV BACHELOROPPGAVE

Forfatter: Jens Asmund Brevik Solheim

Norsk tittel: Effekt av Postactivation potentiation på prestasjon i en maksimal armheving

Engelsk tittel: Accute effect of Postactivation potentiation on an explosive push-up

Kryss av:

Jeg samtykker i at oppgaven gjøres tilgjengelig på høgskolens bibliotek og at den kan publiseres på internett i fulltekst via BIBSYS Brage, HiNTs åpne arkiv

Min oppgave inneholder taushetsbelagte opplysninger og må derfor ikke gjøres tilgjengelig for andre
Kan frigis fra: _____

Dato: 27.05.2013

underskrift

Effekt av postactivation potentiation på prestasjon i en maksimal armheving

Abstrakt

Postactivation potentiation (PAP), eller forbedret kontraktile ytelse kan ha en potensiell forbedring på idrettslige prestasjoner. Denne studien undersøkte effekten av PAP på musklene i overkropp ved bruk av armheving som øvelse.

Ti mannlige idrettsstudenter deltok i studien. De ble klassifisert som middels godt trent og hadde erfaring med trening av overkropp. Studien er en cross-over design og hver testperson skulle gjennomføre forsøkene etter denne rekkefølgen: test dag 1: -oppvarming uten PAP før oppvarming med PAP. Deretter var det en ukes mellomrom før test dag 2:- oppvarming med PAP før oppvarming uten PAP. Statisk benkpress ble brukt for å initiere PAP. Prestasjon i armheving ble målt som I hastighet (v) og i ”armhevingshopp” (maks høyde).

Det ble ikke funnet noen signifikante resultater verken i hastighet i nedover fasen eller oppover fasen i armhevingen. Når det kommer til posisjon (distanse/arbeidsvei) ble det ikke funnet noen signifikante forskjeller i oppover fase (mellom uten PAP og med PAP), mens høyde i luften hadde en trend ved at man kommer høyere uten PAP enn med PAP. Det ble heller ikke funnet noen signifikante resultater i muskelaktivering som er av betydning, da flere av EMG data ikke fungerte.

I denne studien ble det ikke funnet noen effekt av PAP i overkroppsmuskulaturen.

Nøkkelord: Oppvarming, statisk benkpress, korttidsprestasjon, fysisk tretthet.

Introduksjon

Før man skal utøve idrettslige prestasjoner er det alltid en fordel med oppvarming. Oppvarming klargjør kroppen på det som kommer i etterkant. Blant de mange komponentene som er med og bidrar til å øke musklenes og kroppens fysiske prestasjoner er musklenes kontraktile historie. En teori som har påvist en forbedring av prestasjon er «Postactivation potentiation» (PAP). Den går ut på å aktivere musklene med en tung belastning før man skal

prestere. Denne maksimale belastningen gjennomføres som regel i avslutningen av oppvarmingen. Dette kan fremkalle en økning i muskelstyrke som kan vedvare i opp til 30 minutter (Allway, Green, Patla, & Frank, 1987), den maksimale effekten man kan oppnå vedvarer i en kortere tidsperiode på mellom 3 og 10 minutter (Bishop, 2003) (Hamada, Sale, & MacDougall, 2000). En fremkalling av PAP før konkurranse kan også vise seg å være mer effektivt enn vanlig normal oppvarming når det kommer til eksplosive idretter der kast, hopp og sprint inngår (Güllich & Schmidbleicher, 1996).

Flere studier har vist at det forekommer en økning i kraft som følge av PAP effekten. Det er foreslått to mekanismer bak fenomenet. Den første inkluderer en økt fosforylering av de lette kjedene i myosin hodene (myosin regulatory light chains) (Rixon, Lamont, & Bembem, 2007) (Ferreira, Panissa, & Miarka, 2012), noe som fører til at de kontraktile filamentene får en økt sensitivitet for kalsium. Konsekvensen av denne økte sensitiviteten for kalsium er en forbedret muskelfunksjon ved konsentrisk muskelarbeid. Det vil si at kryssbroen mellom aktin og myosin vil reagere raskere fra ingen kraft til full kraft utvikling i muskelfibrene etter den økte tilgangen på kalsium pga PAP (Hodgson, Doherty, & Robbins, 2005). Ett annet viktig poeng som Sale har påpekt er at man ikke vil få noen effekt av PAP ved isometriske kontraksjoner, da den økte konsentrasjonene av kalsium allerede har fosforylisert myosin hodene (Sale, 2002). Studiene av Sale tyder derfor på at effekten av PAP er best vist ved dynamiske kontraksjoner kontra isometriske.

Den andre mekanismen som forklarer PAP er relatert til sentralnervesystemet. Tunge belastninger som brukes for å initiere PAP gir en økning i firing av høyfrekvente nerveimpulser som innerverer muskelfibrene. Dette bidrar til en økning i rekrutteringen av høyfrekvente muskelenheter (Tillin & Bishop, 2009). PAP kan initieres gjennom elektrisk stimulering, vibrasjons stimulering eller ekstern motstand. PAP er også avhengig om øvelsen gjennomføres dynamisk eller statisk. De høyfrekvente nerveimpulsene kan være med å øke hastigheten på kraftutviklingen i muskelen. Samtidig har studier vist at den maksimale kraften produsert ved samme høye aktiverings frekvenser blir redusert (Güllich & Schmidbleicher, 1996).

Andre faktorer som avgjør om det blir en PAP effekt er individuelle genetiske faktorer. Tidligere studier har vist at individer med en større prosentandel og tverrsnittareal av type II fiber kan dra større nytte av PAP (Hamada, Sale, & MacDougall, 2000). Treningsintervensjoner med sikte på muskel hypertrofi, er som regel med moderat til høy belastning (70-85% av 1RM), 3-5set med 8-12 repetisjoner og kort til middels lange pauser (Rixon, Lamont, & Bembem, 2007). Ved slike treningsregimer har det vist seg at PAP

effekten kan bli større på grunnlag av tung trening. En type II fiber med større styrke egenskaper ser ut til og ha en større PAP effekt. Dette bestemmes ut ifra tidligere trening og dagens treningsstatus i tillegg til genetiske faktorer. (Morana & Perrey, 2009). Ved eksplosive repetisjoner i tung styrketrening vil man kunne få PAP ved at nervepulsfrekvensen øker. (Güllich & Schmidbleicher, 1996) Derfor må en undersøkelse av PAP og dens effekt på kraft utvikling, ta høyde for de fysiologiske og nevrologiske tilpasningene som kan oppstå under trening. Når man ser på de faktorene over, er det mye som tyder på at trente individer har større respons på PAP en utrente individer, dette fordi trente personer tåler mer og er mindre utsatt for tretthet (Chiu, Weiss, Schilling, Brown, Smith, & L, 2003) (Tillin & Bishop, 2009) (Morana & Perrey, 2009).

Effekten av PAP synes også å være kjønnsavhengig der menn har en bedre effekt av PAP. Årsaken til at menn oppnår større effekt av PAP kan være den større mengden testosteron, noe som er viktig i forhold til muskelmasse. Menn innehar også en større andel av type 2 fiber, som er viktig for PAP effekten (O'Leary, Hope, & Sale, 1998).

Tidligere studier av effekten av PAP på korttidsprestasjon er gjort på underkroppen. Flere undersøkelser har undersøkt effekten av PAP på prestasjon i svikthopp. Videre er det også undersøkt hvilke bevegelser som er best, om det er dynamiske eller statiske, hvor stor belastningen skal være og hvor lange pause intervaller som kreves for best mulig PAP effekt. Tidligere studier har fremkalt PAP ved både statiske og dynamiske maksimale innsatser. Innsatstiden ved statisk stimulering har variert fra 1 til 5 sekunder og fra 1 til 5 sett. En studie demonstrerte at en protokoll med 3 x 3 sekunder er mer effektiv enn sett med 5 sekunders varighet for å utvikle PAP (French, Kraemer, & Cooke, 2003) (Morana & Perrey, 2009).

En annen studie som undersøkte effekten av PAP ble gjort på svikthopp-prestasjon brukte isometriske knebøy med maksimale innsatser for å fremkalle PAP. De brukte innsatstider på 3 x 3 sek og 2 min pause mellom hvert av settene. Studien viste til en økning på 8,0 % i hopp høyde på som følger av PAP. (Rixon, Lamont, & Bemben, 2007).

I motsetning til den overnevnte studien har ikke Mangus & Co funnet noen positiv effekt av PAP i sin studie. De initierte PAP ved hjelp av 1 dynamisk knebøy på 90 % av Maks 1RM, for deretter en pause på 3 minutter før selve testen som var ett svikthopp. De fikk ingen endring i resultat. (Mangus, Takahashi, Mercer, Holocomb, McWorther, & Sanchez, 2006) Inkonsistente funn med hensyn av om du får PAP effekt på underkroppsprestasjon.

En eventuell effekt av PAP på prestasjon i over ekstremitetens muskler er lite undersøkt. En studie har derimot sett på effekten av PAP i overkropp og prestasjon i fekting. De initierte PAP ved plyometriske armhevinger med klapp (3 sett med 5 eksplosive armhevinger) og

statisk benkpress. I benkpress hadde de en innsatstid på 3 x 3 sekunder med 15 sekunders pause mellom hvert sett. Prestasjonen i overkroppen ble målt ved benkpresskast, de fant ingen effekt av PAP (Tsolakis, Bogdanis, Nikolaou, & Zacharogiannis, 2011). Det er ikke publisert noen studier som har undersøkt PAP på prestasjon i overkropp ved bruk av egen kroppsvekt som for eksempel ved en armheving.

I denne studien vil en undersøke om PAP påvirker korttidsprestasjon i over ekstremitetens muskler. For og undersøke en eventuell PAP effekt er armheving valgt ut som øvelse. Prestasjon i armheving ble vurdert ut ifra hvor raskt det tar å oppnå toppkraft og hvor høyt du kommer i ett "armhevingshopp". Det vil si hvor høyt du klarer og skyve deg fra bakken etter en så raskt utført armheving. Ut i fra teorigrunnlaget hypotetiseres det at PAP påvirker prestasjonsvariablene i en armheving (topphastighet, maksimal høyde). For og initiere PAP ble statisk benkpress valgt.

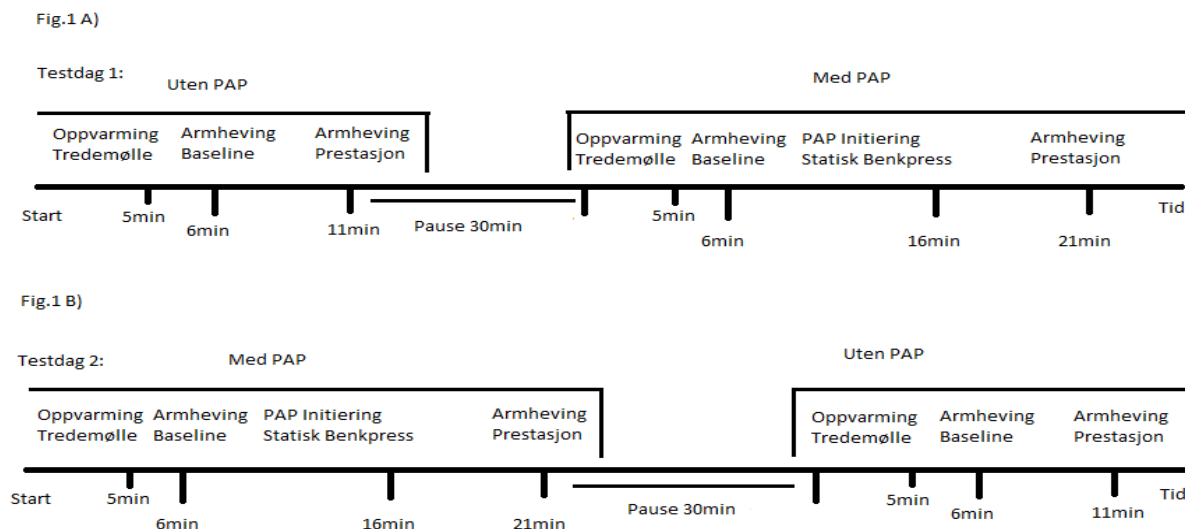
Metode

Forsøkspersoner

Ti mannlige idrettsstudenter deltok som forsøkspersoner i studien. (Alder: $23,6 \pm 6$ år (SD), Høyde; $179 \pm 4,8$ cm, Vekt; $77 \pm 7,6$ kg, BMI $24 \pm 2,3$ kg/m²). Forsøkspersonene var fri for skader i overkroppen og var middels godt trent. Alle hadde erfaring med øvelsene de skulle gjennomføre. På forhånd, før selve forsøkene begynte ble forsøkspersonene skriftlig og muntlig informert om hensikten med forsøket og praktiske detaljer. De ble informert om at de deltok frivillig og kunne trekke seg fra studien når som helst.

Prosedyre

Denne studien ble kategorisert som cross-over design, hvor alle deltakere gjennomførte 4 tester til sammen på 2 dager Etter følgende rekkefølge og oppsett: Test dag 1: oppvarming uten PAP før oppvarming med PAP (Fig. 1a). Deretter var det en ukes mellomrom før Test dag 2: oppvarming med PAP før oppvarming uten PAP (Fig. 1b). Dette designet ble valgt for å kunne skille ut mulige effekter/defekter på grunn av rekkefølgen de skulle utføre testene på.



Figur 1. Viser tidsdesign på to oppvarmingsprotokoller (uten og med PAP) og armheving som prestasjonstest. PAP = Postactivation potentiation.

Testene var utformet slik at første del av hver test var identisk (Fig. 1). Den inneholdt en generell del som var 5 minutter på mølla i eget bestemt og rolig tempo. Deretter skulle de gjennomføre en baseline test med en maksimal armheving. Etter denne delen skilte de to protokollene seg. En var uten initiering av PAP og en var med Initiering. Initieringen av PAP ble gjennomført ved hjelp av maksimal statisk benkpress. Protokollen var følgende: 3 sett med 3 sekunder innsattid, med 2 minutter pause mellom hvert sett.

Forsøksprotokoll

Forberedelse til test

Før teststart ble det gjennomført målinger av skulderbredde (akromion-akromion) og distansen mellom venstre og høyre pekefingerer i armhevings posisjon for hver forsøksperson for at hver testperson skulle ha samme bredde på håndposisjonen i armheving. Det ble også festet EMG målere som målte muskelaktivitet på forsøkspersonene før selve testingen begynte (Fig. 3)

Oppvarmingsprotokoll med og uten PAP

Test dag 1 startet de med oppvarming uten PAP (Fig 1a). Da varmet de opp 5minutter i eget joggetempo på tredemølla, for deretter å gjennomføre en armheving på kraftplattform (Fig. 2). Så hadde de 5minutter pause, for deretter å gjennomføre den avsluttende armhevingen. Da de

var ferdige, hadde de pause i 30 min, dette for at eventuelle effekter som; PAP og tretthet skulle være ute av kroppen. (Allway, Green, Patla, & Frank, 1987)



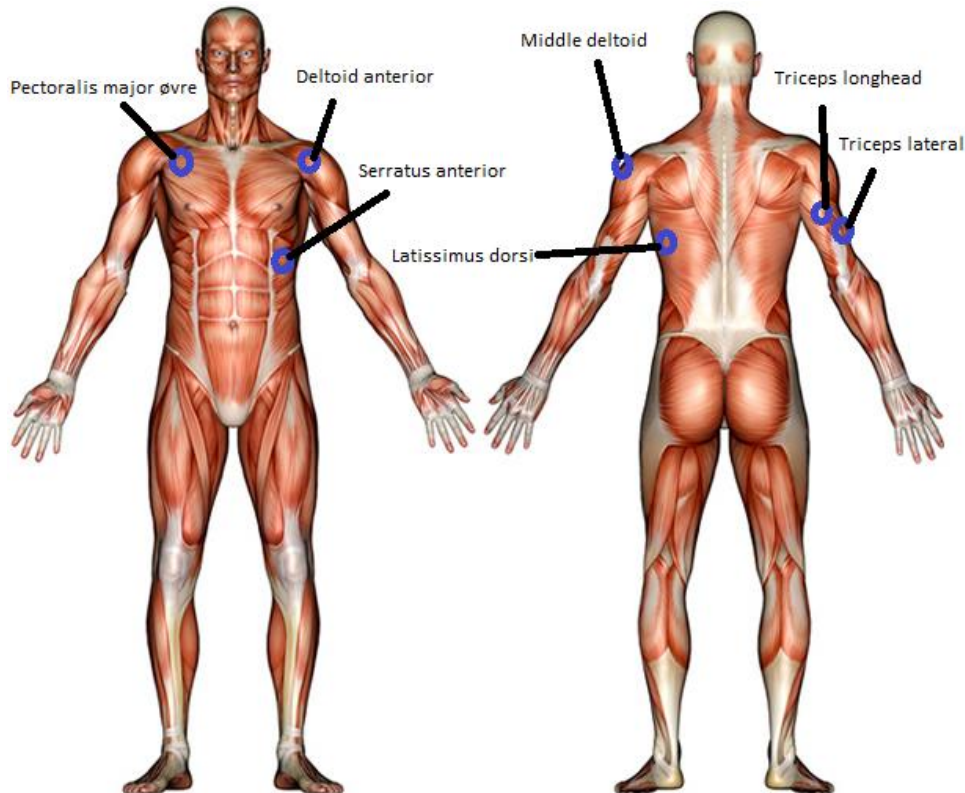
Figur 2. Illustrasjonsbilde av start posisjon i armhevingen. Med en inntegnet beskrivelse av snoren som var festet til halsen fra linear encoder(registrerte hastighet og høydemålinger).

Deretter gjennomførte de den andre oppvarmingsrutinen, oppvarming med PAP (Fig. 1B). De varmet opp med 5 min på tredemølla, for deretter å gjennomføre en armheving. Etterpå skulle de gjennomføre statisk benkpress med samme bredden mellom pekefingerne som i armhevingen. De gjennomførte 3 serier på med 3 sekunder innsatstid. Det var 2 min pause mellom hvert sett. Så hadde de 5 min pause for deretter å ta den avsluttende armhevingen. Dette var den avsluttende testen på dag 1.

Den andre dagen med testing startet forsøkspersonene med oppvarming med PAP(Fig. 1B). Deretter var det 30 min pause for så å gjennomføre oppvarming uten PAP(Fig. 1A).

Måleinstrumenter og målinger

En linear encoder (Musclelab, Modell , Porsgrunn, Norge) som ble festet rundt halsen av personen ble brukt for å måle posisjon over tid. Avstanden mellom pekefingerer ble målt med målband for hver armheving de gjennomførte for at det skulle være likt fra gang til gang. Hastighet og tiden av armhevingen ble beregnet med muscle lab (Versjon, Porsgrunn, Norge). I tillegg er det målt muskelaktivitet i følgende muskler ved hjelp av EMG: Serratus anterior, triceps longhead, triceps lateral, middle deltoid, deltoid anterior, Pectoralis major(øvre) og latissimus dorsi (Figur 3).



Figur 3. Bildeillustrasjon over hvor de forskjellige elektroder ble festet til forsøkspersonen.

Armhevingen var delt opp i tre faser. Fase 1 var nedover fase, fase 2 var oppover fase der forsøkspersonen beveget seg oppover til han forlot gulvet (maksimal hastighet), og fase 3 var fra der forsøkspersonen forlot gulvet til det høyest punktet i luften. Minimal og maksimal hastighet, total distanse ved de tre faser (nedover, oppover og i luften) ble beregnet. Samtidig ble total tiden og gjennomsnittlig muskelaktivering (RMS) i de tre fasene kalkulert.

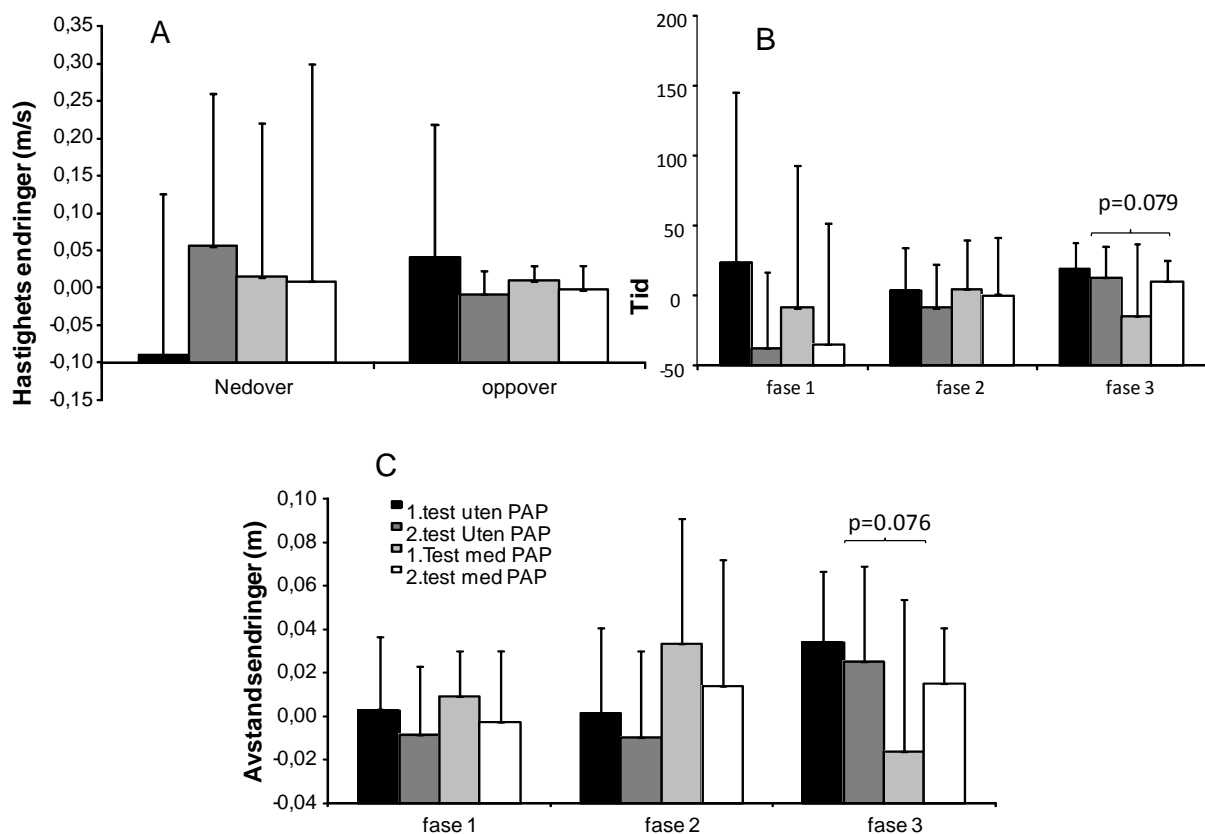
Forskjellene mellom første og andre armheving (pre til post) med 5 minutters mellomrom er beregnet for hver situasjon (med og uten PAP og på første og andre test dagen). Totalt er det tatt med fire resultater videre for analysene.

Statistikk

For å teste om det er en forskjell mellom med og uten initiering av PAP og rekkefølge av testen er det gjennomført en 2-veis ANOVA (rekkefølge: 1. og 2. gang i testen og situasjon: Uten vs. Med PAP) med repeterte målinger (repeated measures). Signifikansnivå er satt til $p < 0,05$.

Resultater

Det er ikke funnet noen signifikante forskjeller i hastigheten nedover ($F < 0,001$, $p = 0,99$) eller oppover ($F = 0,41$, $p = 0,54$) mellom med og uten PAP (Fig. 4A).



Figur 4. Effekt av PAP (Postactivation potentiation) på prestasjon i armheving. Panel A) Hastighetsendring nedover og oppover. Panel B) Tid brukt på gjennomføring av armhevingen. Panel C) avstandsendring (differansen i hopphøyde mellom baseline og test armheving)

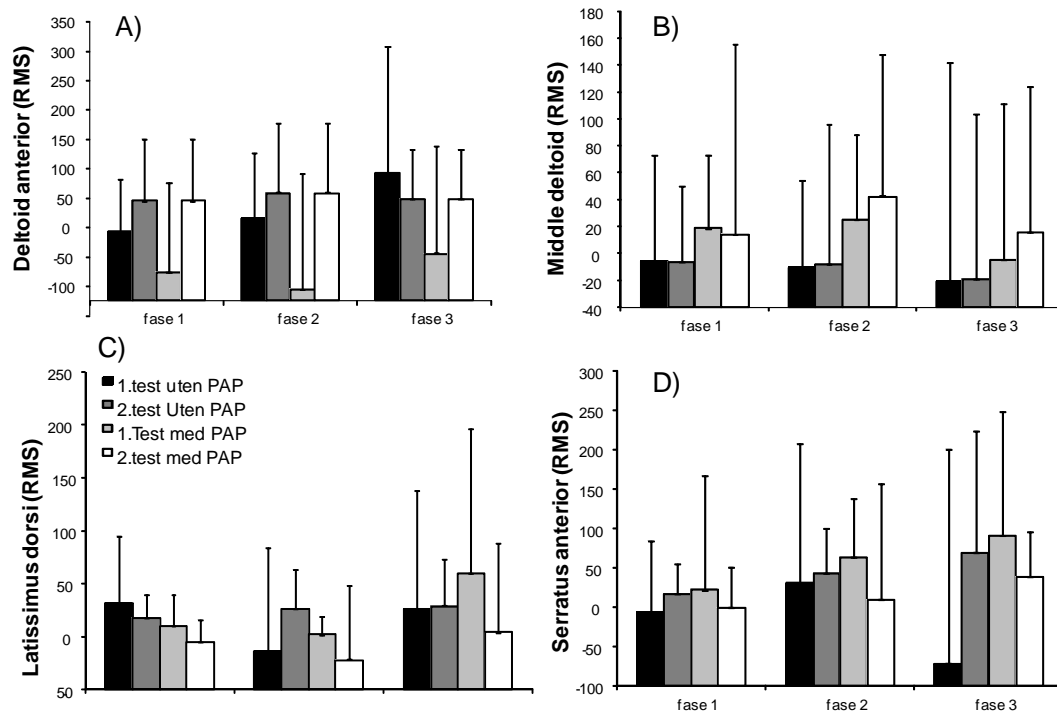
Angående posisjon (distanser) ble det ikke funnet noen signifikante forskjeller i nedover ($F=0,73$, $p=0,42$) og oppover ($F=3,0$, $p=0,117$) fase (mellom med og uten PAP), mens høyde i lufta hadde en trend at man kommer høyere uten PAP enn med PAP ($F=4,0$, $p=0,076$, Fig. 4C). Det samme ble funnet for total tiden i de forskjellige faser: tid nedover ($F=0,02$, $p=0,88$), tid oppover ($F=0,29$, $p=0,6$) og tid i luften ($F=3,92$, $p=0,079$, Fig. 4B).

Det er ikke funnet noen signifikant effekt for rekkefølge ($F \leq 3,3$, $p \geq 0,103$) eller interaksjoner ($F \leq 2,86$, $p \geq 0,125$).

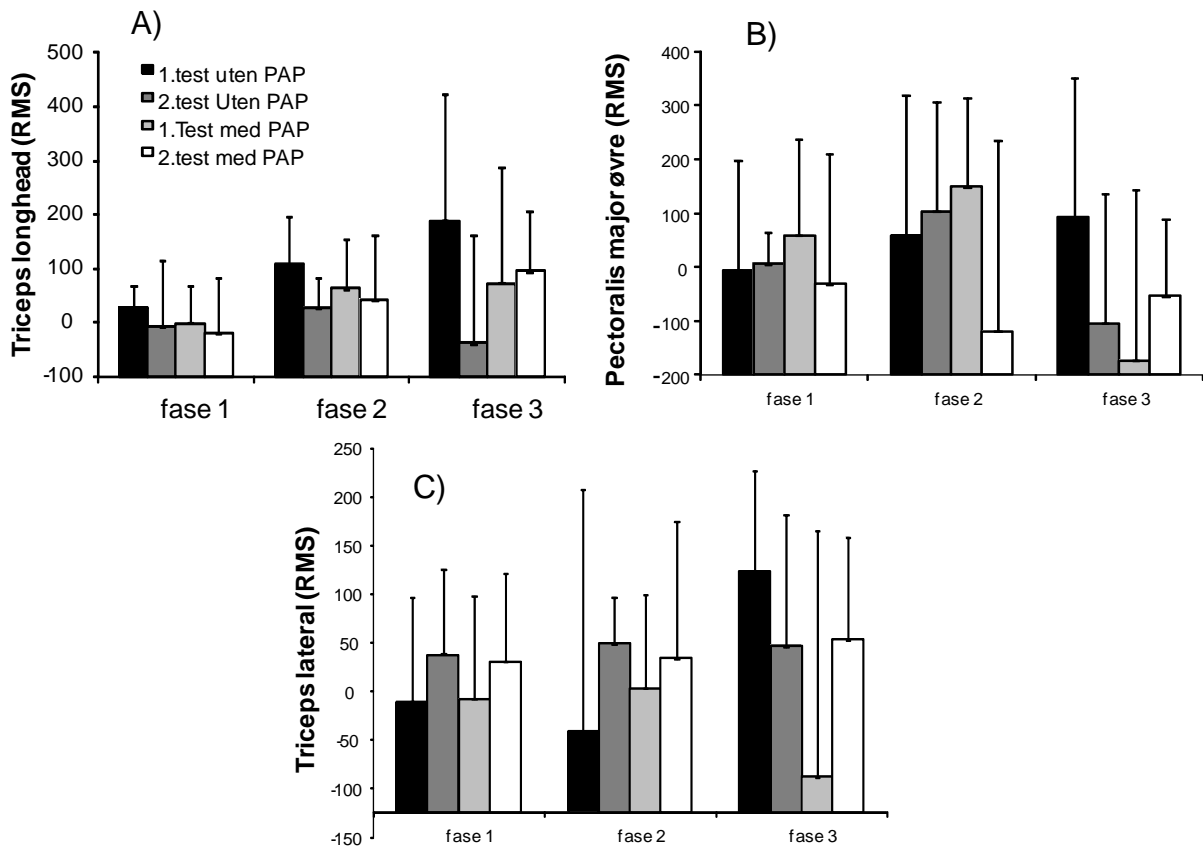
Det er bare funnet en signifikant effekt for faktor PAP ved deltoid anterior ($F=7,3$, $p=0,027$ Fig. 5A) Høyere aktivering uten PAP fra første til andre armheving. I tillegg er det funnet noen trender. 1 ved middle deltoid fase 2 faktor PAP ($F=4,19$, $p=0,075$ Fig. 5b) Høyere aktivering med PAP. 2 ved serratus anterior ($F=5,6$, $p=0,077$ Fig. 5D) og øvre pectoralis ($F=7,4$, $p=0,052$ Fig. 6B) er det i fase 3 funnet en interaksjon mellom PAP og rekkefølge. For serratus anterior gikk aktiveringen fra en reduksjon til økning fra dag 1 til dag 2, mens med PAP ble økningen av muskelaktivering mindre fra dag 1 til dag 2. (Fig. 5D) For pectoralis major viser

den akkurat motsatt: Der forandret økningen av muskelaktivering i situasjon uten PAP fra dag 1 til en nedgang i dag 2, mens i situasjon med PAP var reduksjonen av muskelaktivering mindre i dag 2 enn i dag 1 (Fig. 6B).

Ved de andre muskler og de forskjellige faser er det ikke funnet noen signifikant forskjell eller trender. (Fig. 7A og 7C)



Figur 5. Viser muskelaktivitets målinger (EMG målinger). Panel A viser muskelaktivitet i deltoid anterior. Panel B viser muskelaktivitet i middle deltoid. Panel C viser muskelaktivitet i latissimus dorsi. Figur D viser muskelaktivitet i serratus anterior.



Figur 6. Viser muskelaktivitets målinger (EMG målinger). Panel A viser muskelaktivitet i triceps longhead. Panel B viser muskelaktivitet i pectoralis major øvre. Panel C viser muskelaktivitet i triceps lateral.

Diskusjon

Hensikten med denne studien var å undersøke i hvilken grad PAP påvirker musklene i overkroppen. Om PAP virker på samme måte på overkropp som det er påvist ved studier på underkropp.

Resultatene i denne studien viser ingen signifikante effekter av PAP verken i hastighet nedover eller oppover. Når det kommer til posisjon(distanse) ble det ikke funnet noen signifikante forskjeller i nedover og oppover fase (mellom med og uten PAP), mens høyde i lufta hadde en trend at man kommer høyere uten PAP enn med PAP. I tillegg er det ikke funnet noen signifikante resultater ved muskelaktivering som er av betydning da flere EMG data ikke fungerte.

I denne studien ble det brukt statisk benkpress til å initiere PAP effekten med. Hver forsøksperson gjennomførte en prosedyre som inneholdt 3 sett med 3 sekunder innsatstid og 2 minutter pause mellom hver innsatsperiode. Denne prosedyren er godt testet ut på knebøy og har gitt gode resultater i spenst (Rixon, Lamont, & Bemben, 2007). Protokollen med 3

sekunder er også påvist å være bedre enn for eksempel innsatstider på 5 sekunder (French, Kraemer, & Cooke, 2003).

En studie gjort av Tsolakis(m.fl) på PAP på under og overkropp hos elite fektere tok for seg en lignende protokoll. De gjennomførte plyometriske armhevinger 3 sett med 5 repetisjoner, og statisk benkpress 3 sett med 3 repetisjoner for og fremkalle PAP effekten. Forskjellen fra denne studien er at de ved den statiske benkpressen hadde 15 sekunder pause mellom settene sammenlignet med min som hadde 2 minutter. Prestasjonsmålet de hadde for overkropp var "Bench throw" mot denne studie som hadde armheving. De fikk ingen signifikante endringer i prestasjon på overkropp, noe de relaterte til for høy tretthet. (Tsolakis, Bogdanis, Nikolaou, & Zacharogiannis, 2011)

Hypotesen som ble til grunn i form av tidligere teori ble ikke bekreftet. Vi fikk ingen signifikante endringer i de prestasjonsmål som ble satt opp på forhånd. Det var ingen signifikant endring i hastighetskurvene fra baseline til post test. Det var ingen signifikante endringer i makshøyde fra baseline til post test. En forklaring som kan være med og forklare hvorfor de endringer som var forespeilet ikke kom, er mest sannsynlig relatert til tretthet. Den metoden som ble brukt til å initiere PAP var for hard for forsøkspersonene. Musklene i overkroppen ble utsatt for alt for stor belastning, noe som førte til ingen fremgang. Denne protokollen har som nevnt tidligere gitt gode resultater på underkroppsstudier. Mulige årsaker til dette kan være: 1, underkroppens muskler er større og sterkere. 2, de brukes oftere enn musklene i overkroppen. Dette gjør de bedre rustet til å tåle hardere påkjenninger, noe som fører til redusert tretthet, som igjen er bedre for prestasjon. Güllich og Schmidbleicher har også påpekt at man ved 1,2 eller 3 maksimale innsatser kan få en bedring i eksplosiv kraft ved forsøk på underkropp. Ved overkroppen mente de at 1 til 2 maksimale innsatser er nok til en økning i eksplosiv kraft (Güllich & Schmidbleicher, 1996). Derfor trengs det mer forskning for å kartlegge hvilke oppvarmingsprotokoller med PAP som kan ha mulige positive effekter ved prestasjoner på overkropp.

Avvikende data

Siden mange av EMG målingene ikke kunne brukes pga utstyrsfeil er det vanskelig og konkludere noe sikkert på bakgrunn av EMG data. Hvorfor vi fikk de målingene ødelagt er vanskelig å si. Noen tanker om hva det kan ha vært: 1, det kan ha vært for mye gel på elektrode putene som ble festet til forsøkspersonens muskler. 2, det kan ha vært kortslutning i de ulike EMG målerne.

Metodiske betraktninger

En linear encoder (Musclelab, Modell, Porsgrunn, Norge) som ble brukt til og registrere hastighet, tid og maksimal høyde var en meget grei og enkel innretning å bruke. EMG målingene som ble gjennomført gjennom Musclelab var desto vanskeligere. Det var mye arbeid, og de var vanskelige å både bruke å få registrert til tider. Og hente ut data fra musclelab er også en vanskelig og meget tidkrevende prosess som krever øvelse og veiledning fra noen som er kjent med programvaren.

Konklusjon

I denne studien hvor det ble forsket på effekten av PAP gjennom statiske initieringer på armhevinger er det ikke funnet noen positive effekter på prestasjon. Det har vist noen tendenser at man uten PAP oppnå høyere høyder enn med PAP som kan tyde på at den initierte i denne studien var for trettende.

Referanser

- Allway, S., Green, H., Patla, A., & Frank, J. (1987). Twitch potentiation after fatiguing exercise in man. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 56(4), ss. 461-466.
- Bishop, D. (2003). Warm up 1 Potential Mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sportsmed* 33 (6), ss. 439-454.
- Chiu, L. Z., Weiss, A. C., Schilling, L. W., Brown, B. K., Smith, L. E., & L, S. (2003, November). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *Journal of Strength & Conditioning Research* 17(4), ss. 671-677.
- Ferreira, S. L., Panissa, V. L., & Miarka, B. (2012). Postactivation potentiation: Effect of various recovery intervals on benchpress power performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, ss. 739-744.
- French, D. N., Kraemer, W. J., & Cooke, C. B. (2003, November). Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions. *Journal of Strength & Conditioning Research*, ss. 678-685.
- Güllich, A., & Schmidbleicher, D. (1996). MVC-Induced short-term potentiation of explosive force. *New studies in athletics* 4.(vol11), ss. 67-80.
- Hamada, T., Sale, D. G., & MacDougall, J. (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscle. *Journal of Applied Physiology* (88), ss. 2131-2137.

- Hodgson, M., Doherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-Activation Potentiation Underlying Physiology and Implications for motor performance. *Sports med*, ss. 585-595.
- Mangus, B. C., Takahashi, M., Mercer, J. A., Holcomb, W. R., McWorther, W. J., & Sanchez, R. (2006). Investigation of vertical jump performance after completing heavy squat exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, ss. 597-600.
- Morana, C., & Perrey, S. (2009). Time course of post activation potentiation during intermittent submaximal fatiguing contractions in endurance and power trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23(5), ss. 1456-1464.
- O'Leary, D. D., Hope, K., & Sale, D. G. (1998, Juli / agust). Influence of gender on post-tetanic potentiation in human dorsiflexors. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, ss. 772-779.
- Rixon, K. P., Lamont, H. S., & Bemben, M. G. (2007). Influence of type of muscle contraction gender, and lifting experince on postactivation potentiation performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21(2), ss. 500-505.
- Sale, D. D. (2002, Juli 30). Postactivation Potentiation: Role in Human. *Exercise sport science*, ss. 138-143.
- Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. *Sports med* 39 (2), ss. 147-166.
- 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*, ss. 577-583.