

Kreatinets akuta verkan på den fysiska förmågan – en litteraturstudie

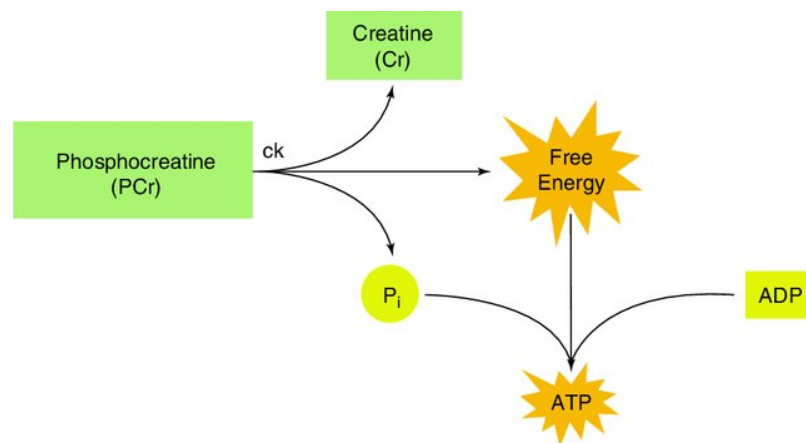
© Philip Nilsson

Kreatin har en viktig roll i vår energiproduktion. Syftet med kunskapsöversikten är att se vad forskningen säger om kreatin som kosttillskott. Frågeställningen lyder: Vilken verkan har kreatin på den fysiska förmågan?

För att se över forskningsläget har jag sökt efter termerna "creatine supplementation" och "exercise performance" på Google Scholar för att hitta forskning publicerad mellan 2001-2019. Totalt sex stycken placebo-kontrollerade studier har granskats ingående. Resultaten visar att kreatin främjar enstaka och flera korta och högintensiva fysiska arbeten som sprintlöpning, högintensiva intervaller och maximal styrka. Kreatin främjar också styrkeuthålligheten under förutsättning att belastningen är > 60% av 1 RM, annars blir det fysiska arbetet för långvarigt. De som tar kreatin orkar göra flera repetitioner och ökar samtidigt halten tillväxthormon och testosteron vilka hjälper muskeluppbyggnaden över tid. Kreatin har ingen verkan på löpning över längre sträckor.

Bakgrund

Kreatin (Cr) är ett ämne som finns naturligt i kroppen liksom i den kost vi äter, särskilt i fisk, lax och kyckling. Kroppen producerar ungefär hälften av sitt dagliga behov om 2 gram och resten tillförs via kosten. Våra depåer av kreatin finns huvudsakligen fritt eller fosforylerat (PCr) i vår muskulatur och fyller en viktig funktion i vår energiproduktion (Bemben & Lamont, 2005). ATP är kroppens valuta för energi. Energi frigörs när en fosfatmolekyl spjälkas av från Adenosintrifosfat (ATP) varpå Adenosindifosfat (ADP) återstår. Innan energi åter kan frigöras måste ADP återgå i ATP, en ny fosfatmolekyl måste bindas. För den processen blir kreatinfosfat avgörande, nämligen genom att förse med nödvändig energi och agera som transportör av fosfat (Sousa, Ribeiro, & Figueiredo, 2019).



Figur 1: Figuren visar ATP produktionen genom PCr (Sousa, Ribeiro & Figueiredo, 2019).

Det är vanligt att idrottare försöker hitta lagliga vägar för att höja sin idrottsliga prestation. Det finns en mängd kosttillskott ute på marknaden som lovar guld och gröna skogar men fungerar de verkligen och är de nödvändiga utöver en god kosthållning eller är marknadsföringen bara ändlösa försök till att maximera intäkterna. Kreatin säljs som kosttillskott och påstås höja den fysiska förmågan under korta och högentensiva arbeten. Tillverkarna rekommenderar en uppladdningsfas om 20 gram dagligen under 5 dagar och sedan en underhållningsfas om 5 gram per dag, en mycket högre dos än vad kroppen vanligtvis får tillgång till. Kreider (2003) menar att tillskott av kreatin höjer mängden kreatinfosfat i musklerna, befintliga depåer kan alltså utökas. Då musklerna har ett begränsat antal ATP-molekyler och dessa nästan förbrukas omedelbart vid muskelarbete, skulle ytterligare kreatin teoretiskt sett kunna bistå med att återskapa dessa ATP-molekyler under en kortare tid under vilken musklerna kan fortsätta arbeta maximalt. När förråden av kreatin har

förbrukats måste kroppen istället förlita sig på andra energigivande processer (Sousa, Ribeiro & Figueiredo, 2019). Vilken verkan har kreatin på den fysiska förmågan? Den frågeställningen har utretts i en uppsjö artiklar. Denna kunskapsöversikt tar sin utgångspunkt i ett fåtal av dessa med syfte att se över forskningsläget. Sådan information är värdefull för elitidrottare såväl som motionärer som vill få ut mer av sin träning.

Metod

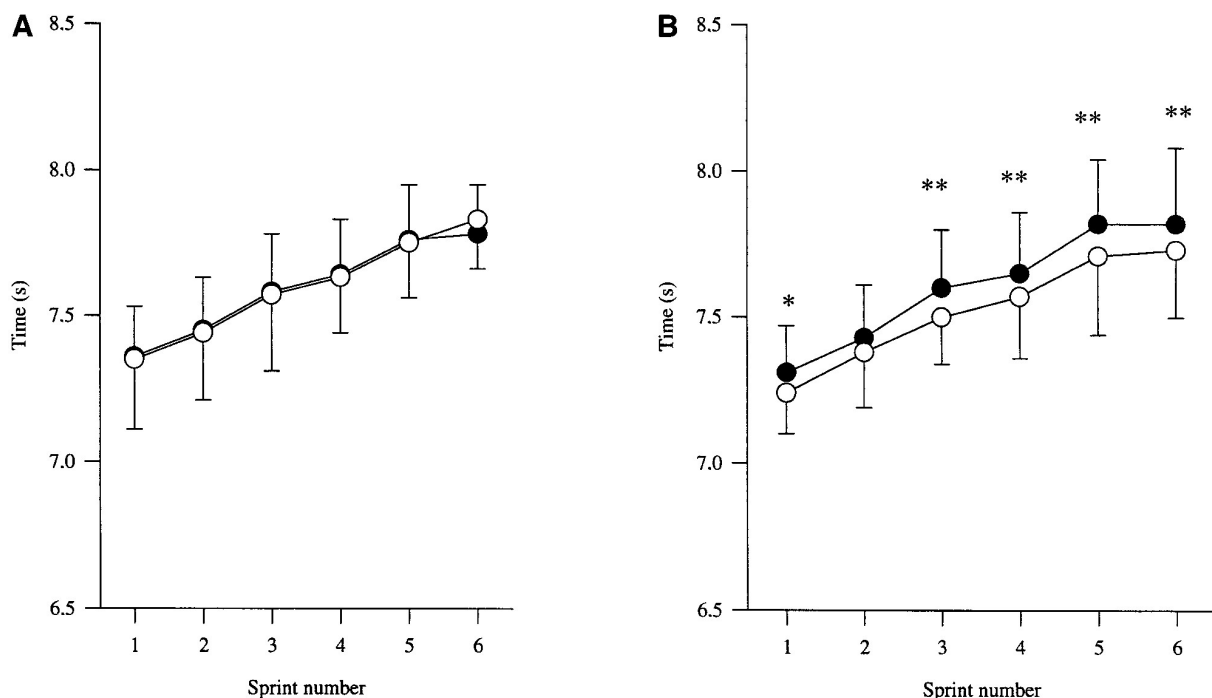
Jag har sökt efter termerna "creatine supplementation" och "exercise performance" på Google Scholar för att hitta forskning om kreatinets verkan på den fysiska förmågan publicerad mellan 2001-2019 vilket resulterade i 4120 träffar. Studierna har sedan granskats mot ett antal inklusionskriterier, krav om metod och innehåll som studien måste uppfylla för att anses vara av relevans. Bara vetenskapligt granskade studier har använts som av sakkunnig bedömts vara av god kvalitet. Endast placebokontrollerade studier har använts då placebo har effekt. Bara blotta tanken om att kreatin intagits verkar stärkande. Det är mot bakgrund av dessa psykologiska effekter kreatin ska jämföras med om den fysiologiska verkan ska redas ut tillförlitligt. Studiernas deltagare har i samtliga fall varit människor vilket ökar generaliserbarheten i resultaten, djurstudier har exkluderats. Studierna har alla undersökt kreatinets akuta verkan på den fysiska förmågan, det vill säga i anslutning till att uppladdningsfasen fullföljts. Flertalet andra studier har istället tittat på den långsiktiga verkan i kombination med träning. Dessa ger förmodligen mer användbar information men det blir omöjligt att ge svar på vad kreatin och träning bidragit med var för sig. Särskilt med tanke på att människor kan få olika mycket ut av till synes samma träning.

Resultat

Detta utgör mitt resultat av min informationssökningsprocess. Varje artikel presenteras var för sig.

Skare, Skadberg och Wisnes (2001) har undersökt hur tillskott av kreatin påverkar förmågan i sprint och sprintuthållighet. Subjekten bestod av 18 manliga sprinters som tränar och tävlar i disciplinerna sprint och häck. Uppgiften bestod i att springa 100 meter och sedan 6 x 60 m efter en vila om 25 minuter. Dessa loppen startade varje 50 s, den resterande tiden vilade subjekten på plats vid startlinjen och sprang påföljande sträcka tillbaka i motsatt riktning. Efter avslutad serie dröjde 5 minuter innan blodprov togs för analys.

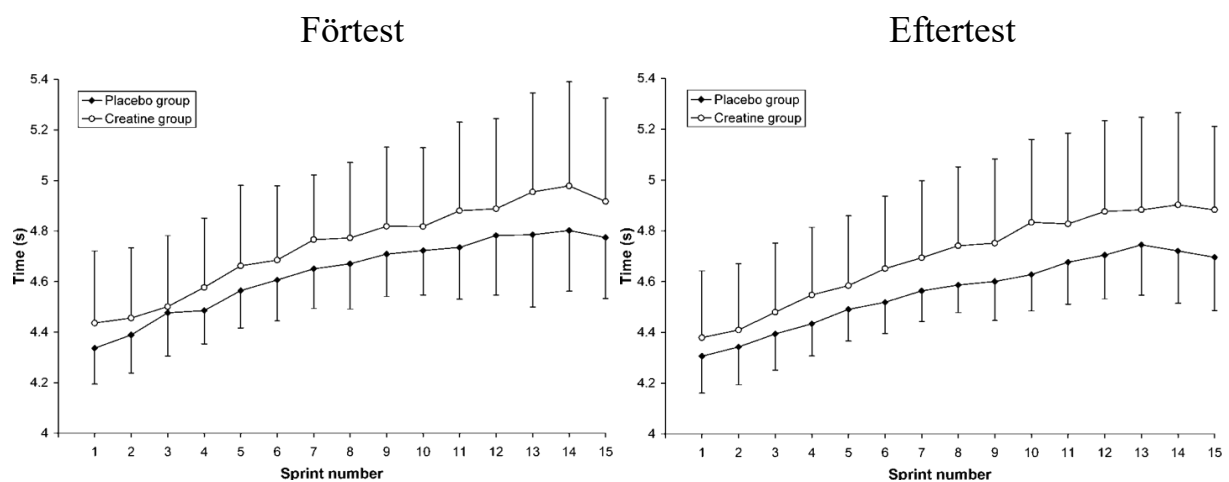
Subjekten gjorde initialt en invägning och ett förtest som visar på sprintförmågan utan vare sig kreatin eller placebo. Sedan fördelades subjekten ovetandes i två grupper, en kontrollgrupp och en undersökningsgrupp. Kontrollgruppen tilldelades placebo, fyra doser om 10 g glukos och undersökningsgruppen tilldelades fyra doser om 5 g glukos och 5 g kreatin under fem dagar. Hela experimentet upprepades då subjekten fullföljt sin ordinerings. Eftertestet visar huruvida kreatin haft en gynnsam verkan på prestationen i sprint och sprintuthållighet.



Figur 2: Figuren visar genomsnittliga tider för varje 60 m. (A) avser innan (svart) och efter placebo (vit). (B) avser innan (svart) och efter kreatin-tillskott (vit) (Skare, Skadberg och Wisnes, 2001).

Resultaten visar att alla subjekt som tagit kreatin ökat sin kroppsvikt, genomsnittligen med ungefär 0.6 kg. Tillskott av kreatin visar sig leda till en markant snabbare sprint, framförallt vad gäller lopp 1, 3, 4, 5 och 6, vari skillnaden är signifikant. Tiden förbättrades här mellan 0.07-0.11 s. En förbättring förelåg också i 100-metersloppet, närmre bestämt med 0.09 s. Blodprovet visar att gruppen som intagit kreatin hade väsentligen högre kreatinivärde och P-laktat i jämförelse med kontrollgruppen. Slutsatsen är att tillskott av kreatin främjar sprint och sprintuthållighet. Det förmodas bero på att kreatin, det primära energisubstratet vid korta och intensiva ansträngningar, ökar i musklerna. En större mängd ATP kan därmed bildas till förfogande.

Glaister et al. (2006) har också undersökt vilken verkan tillskott av kreatin får för sprintuthålligheten. Subjekten bestod av 42 manliga studenter som vid sidan av studierna idrottar med inslag av intermitterent sprint. Uppgiften bestod i att springa 15 x 30 m med 35 s vila mellan varje sträcka. Därefter togs blodprov för mätning av laktatnivå. Subjekten genomförde inledningsvis ett förtest som visar utgångsläget. Sedan tilldelades subjekten antingen fyra doser om 5 g kreatin tillsammans med 1 g maltodextrin eller 6 g maltodextrin (placebo) under fem dagar. Sedan ägde eftertestet rum och jämförs mot bakgrund av förtestet om huruvida kreatin haft en gynnsam verkan på sprintuthålligheten.

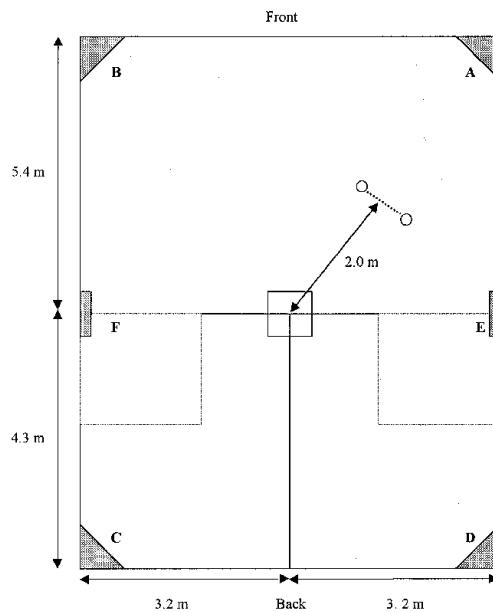


Figur 3: Figuren visar den genomsnittliga tiden i för- och eftertestet (15 x 30 m, vila 35 s).

Resultaten visar att det inte finns någon påtaglig skillnad mellan grupperna som tagit placebo och kreatin, vare sig vad gäller tider eller laktatnivå. Slutsatsen är att kreatin inte har någon verkan på sprintuthålligheten.

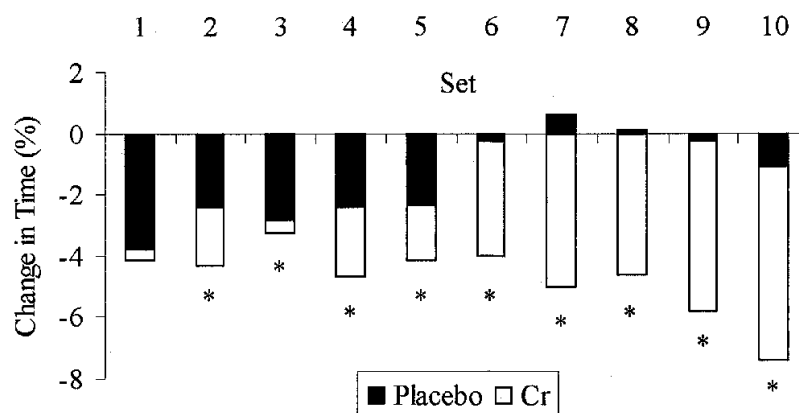
Romer, Barrington och Jeukendrup (2001) har undersökt hur tillskott av kreatin påverkar förmågan i squash. Subjekten bestod av nio män som spelar squash på distriktsnivå.

Uppgiften bestod i att simulera squash, förflytta sig runt planen enligt rutt och slå ett antal olika slag i luften på kortast möjliga tid. Det fanns två repetitioner i varje set, totalt tio set med 30 s vila mellan varje.



Figur 4: Figuren visar planens mått och rutt som använts i undersökningen (Romer, Barrington och Jeukendrup, 2001)

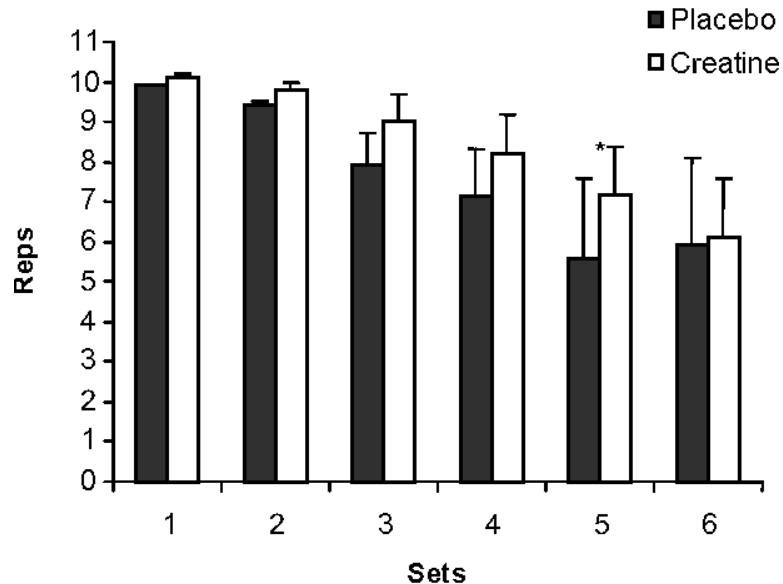
Subjekten genomförde initialt ett förtest som visar utgångsvärdena och behandlades sedan i två etapper av både placebo och kreatin ($0.075\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 4 \cdot 5\text{d}$), ovetandes av ordningen. Eftertestet genomfördes på likadant vis och visar huruvida kreatin haft någon verkan på förmågan att spela squash. Tiden mellan etapperna, mellan eftertestet och förnyat förtest var fyra veckor, den tid det tar för kreatin att lämna kroppen för intag av placebo.



Figur 5: Figuren visar den relativa förändringen i seten mellan för- och eftertest. (Romer, Barrington och Jeukendrup, 2001)

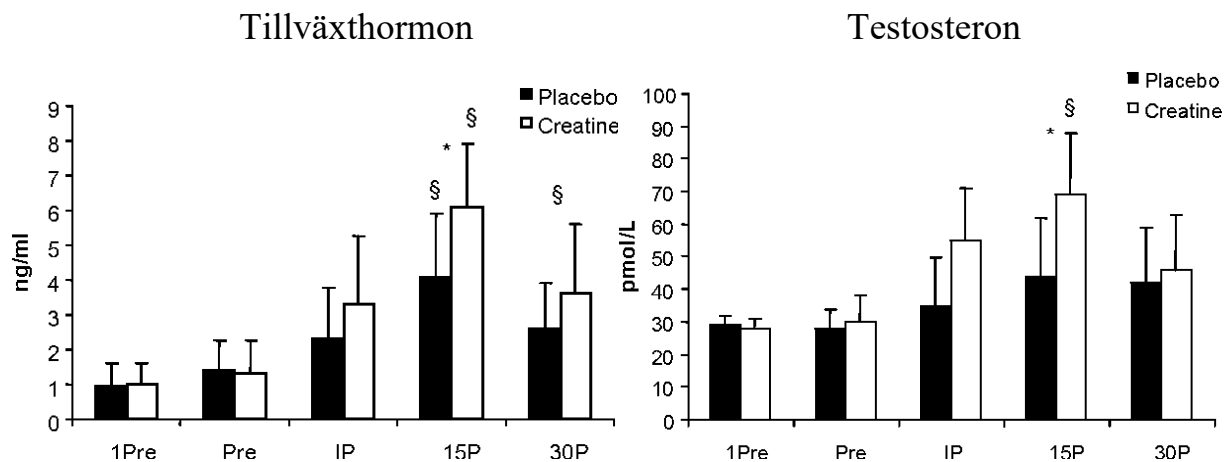
Resultaten visar att alla utvecklade sin löpning i eftertestet, kontrollgruppen i mindre omfattning än undersökningsgruppen. Skillnaden i första setet är marginell men når därefter signifikans. Undersökningsgruppen lyckas springa allt snabbare medan kontrollgruppen successivt mattas av. Slutsatsen är att kreatin främjar högintensiv intermitterande löpning men inte enstaka löpningar. Tillskott av kreatin förmodas skynda på resyntetiseringen av PCr så att depåerna återställs snabbare vilket hjälper ATP-produktionen.

Rahimi, Faraji, Vatani och Qaderi (2010) har undersökt hur tillskott av kreatin påverkar styrkan och halten tillväxthormon och testosteron. Subjekten var 27 stycken män och uppgiften bestod i att köra 6 set knäböj, två minuters vila mellan varje set och med belastningen 80% 1RM, en vikt som bestämts inför studien. Subjekten har gjort sig familjära med vikten och tekniken och fullgjort 6 set knäböj vid tre tillfällen tidigare för att säkerställa tillförlitliga resultat. Därefter har blodprov tagits för analys av testosteron och tillväxthormon. Sedan fördelades subjekten i två grupper och tilldelades antingen 5 g kreatin eller 7.5 g maltodextrin (placebo) fyra gånger om dagen under 7 dagar. Nya blodprov togs efter 7 dagar vid olika tidsintervall efter avslutat experiment för att kunna påvisa hormonella förändringar som en konsekvens av kreatin och styrketräning.



Figur 6: Figuren visar det genomsnittliga antalet repetitioner knäböj i varje set. * = signifikant skillnad i jämförelse med placebo.

Resultaten visar att gruppen som tagit kreatin orkar göra flera repetitioner per set, signifikant skillnad i femte set.

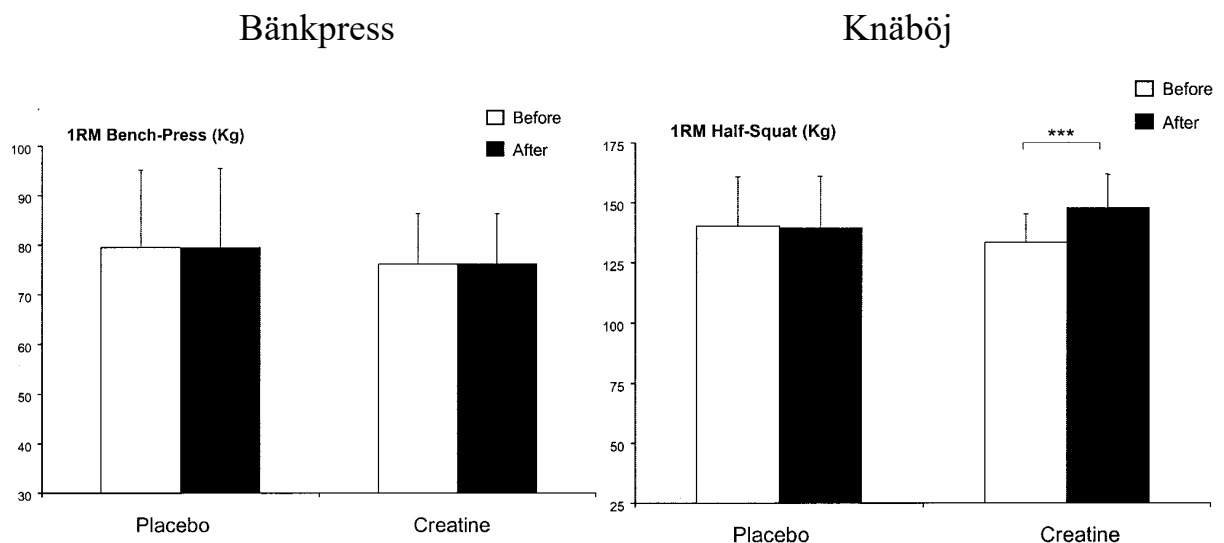


Figur 7: Figuren visar halten av tillväxthormon och testosteron innan ordinerings (1Pre), efter ordinerings, innan styrketräning (Pre), efter styrketräning (IP), 15 min efter styrketräning (15P) och 30 min efter styrketräning (30P). * = signifikant skillnad i jämförelse med placebo, § = signifikant skillnad i jämförelse med Pre.

Resultaten visar att tillskott av kreatin ensamt inte påverkar halten av vare sig tillväxthormon eller testosteron. Halten tillväxthormon ökar sedan för samtliga efter att styrketräningen avslutats och når sin kulmen 15 minuter därefter, ökningen är mer påtaglig för gruppen som tagit kreatin än placebo. Halten testosteron ökar samtidigt men endast för gruppen som tagit kreatin. Slutsatsen är tillskott av kreatin främjar repetitivt arbete och ökar träningsvolymen vilket i sin tur ökar tillväxthormon och testosteron. Hormonerna fyller en viktig funktion i muskelupbyggnaden genom proteinsyntesen.

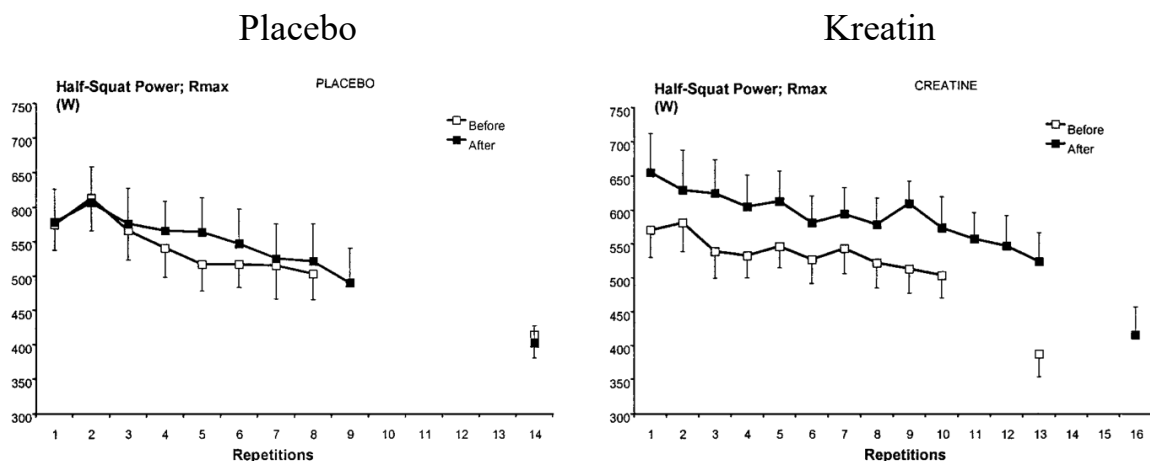
Izquierdo, Ibanez, Gonzalez-Badillo och Gorostiaga (2002) har undersökt vilken verkan tillskott av kreatin får för styrkan, uthålligheten och sprintförmågan. Subjekten var 19 stycken handbollsspelare och uppgiften bestod i att göra 1 RM i bänkpress och knäböj, totalt 4-5 försök gavs med två minuters vila mellan varje. Subjekten har fem minuter senare gjort två set med tio repetitioner i bänkpress och knäböj med en belastning om 60% respektive 70% av 1 RM, följt av två ytterligare set, dessa med maximalt antal repetitioner. Vilan var alltid två minuter mellan varje set. De submaximala repetitionerna skulle göras fortast möjligt, kraftutvecklingen mättes nämligen genom stångens förflyttning i tid. Counter movement jump (CMJ) är en variant av vertikalhopp, två stycken sådana administrerades alldeles innan och efter seten i knäböj. Experimentet fortsatte dagen efter och då stod intermittent sprint på schemat, 6 x 15 m med en minuts vila mellan varje sträcka. Tio minuter senare följde löpning med en initial hastighet om 10kmh som successivt ökade varje 5e minut. Innan farten höjdes vilade subjekten i tre minuter under tiden som blodprov togs för mätning av laktat. Därefter fortsatte subjekten att springa tills hastigheten inte längre kunde bibehållas. Efter förtestet genomförts tilldelades subjekten antingen 5 g kreatin eller 5 g maltodextrin (placebo), fyra

gångar dagligen under fem dagar, därefter inleddes eftertestet som visar vilken verkan kreatin haft på den fysiska förmågan.



Figur 8: Figuren visar genomsnittligt tagen maxvikt i bänkpress och knäböj innan och efter intag av placebo/kreatin. *** = signifikans i jämförelse med förtestet.

Resultaten visar att tillskott av kreatin ökar den maximala styrkan i knäböj, de som tilldelats kreatin lyfter väsentligen tyngre i eftertestet än i förtestet till skillnad från de som tilldelats placebo. Kreatin förefaller inte ha någon verkan i bänkpress. Det förmodas bero på att underkroppen används flitigt i vardagen och förbränner mer energi varför en större mängd kreatin tas upp här.



Figur 9: Figuren visar genomsnittlig kraftutveckling i varje repetition och antalet sådana i knäböj innan och efter intag av placebo/kreatin.

Resultaten visar att kreatin har en gynnsam verkan på kraftutvecklingen i knäböj. De som tagit kreatin lyckas genomföra varje repetition på en väsentligt kortare tid i eftertestet, någon

märkbar sådan skillnad fanns inte hos de som tagit placebo. Gruppen som tagit kreatin lyckas också göra ytterligare repetitioner knäböj. Liknande tendenser finns i resultaten vad gäller bänkpressen om än i mindre skala. Resultaten visar vidare att hopphöjden i CMJ minskade från vila till R10 till Rmax för samtliga, från vila till R10 i mindre omfattning för de som tagit kreatin än placebo, i övrigt inga skillnader. Kreatin förbättrade inte tiderna på den intermittenta löpningen om 15 m men däremot på de inledande 5 m i jämförelse med placebo. Kreatin hade heller inget samband med förmågan i uthållighetslöpningen, de båda grupperna lyckades upprätthålla hastigheten lika länge.

Armentano et al. (2007) har undersökt hur kreatin påverkar uthålligheten i armhävningar. Subjekten var 35 stycken i antal och uppgiften bestod i att göra så många armhävningar som möjligt under 2 minuter, initialt utan intag av kosttillskott och senare efter ett dagligt intag av antingen 20 g kreatin eller taurine (placebo) under en veckas tid. Resultaten visar att det inte finns någon märkbar skillnad i antal armhävningar mellan grupperna mot bakgrund av förtestet. Slutsatsen är att tillskott av kreatin inte har någon verkan på uthålligheten i armhävningar. Det förmodas bero på att kreatin får en ytterst marginell betydelse för ATP produktionen vid längre tids fysiska arbeten. Här blir istället glykolys och fermentering av socker den bärande energiprocessen.

Diskussion

Det verkar som att kreatin främjar enstaka, kortvariga och högintensiva löpningar. Tillskott av kreatin bidrar till att förlänga ATP-produktionen genom PCr-systemet, det energisystem som sätts igång snabbt vid behov. Det möjliggör en högre bibehållen intensitet, senare utmattning och snabbare sprint. Vad gäller intermitterent löpning är bilden mer tvetydig. Skare, Skadberg och Wisnes (2001) menar att kreatin främjar intermitterent löpning men Glaister et al (2006) menar att ingen skillnad finns. Det kan bero på två saker. Greenhaff, Bodin, Söderlund och Hultman (1994) visar att människor har olika depåer av kreatin vilket i sin tur påverkar förmågan till att ta upp nytt. De människor som har naturligt låga depåer kreatin kan öka sin andel väsentligen genom tillskott medan människor med rejäla depåer kan öka dessa något eller inget alls. Det gäller 3 av 8 i studien vilka benämns som nonresponders. Greenhaff, Bodin, Söderlund och Hultman (1994) visar vidare att nonresponders inte resyntetiserar PCr effektivare med tillskott än utan till skillnad från övriga. Resyntetiseringen av PCr sker i jämna steg fram till 40 s vila men därefter mycket snabbare efter intag av kreatin.

En anledning till att Glaister et al (2006) kommit fram till att kreatin inte haft någon verkan på den fysiska förmågan kan bero på nonresponders, dessa svarar inte på kreatin och har inget utbyte av att köpa det. Det kan också bero på att vilan varit så kort (35 s) att resyntetiseringen av PCr inte hunnit ta fart.

Romer, Barrington och Jeukendrup (2001) menar att kreatin främjar intermitterent löpning i squash, en icke-linjär snabbhet med riktningsförändringar till skillnad från övriga studier som undersökt löpning på raksträcka. Studien sätter användningen av kreatin i ett nytt ljus, inte bara friidrottare i sprint och häck har nytta av kreatin utan också idrottare med återkommande accelerationer och tempoväxlingar, det vill säga idrottare i samtliga invasionsspel. Studiens resultat är jag däremot skeptisk till, de visar att löpningen blir allt snabbare. Min förklaring är att deltagarna successivt lärt sig ta vändningarna mer effektivt vilket reducerar tiden, någon fysiologisk förklaring finns inte. Kreatin har med största sannolikhet en positiv verkan men inte i den omfattningen som skrivs fram.

Rahimi, Faraji, Vatani och Qaderi (2010) menar att kreatin främjar styrkeuthålligheten hos män. Inför studien har alla kört 6 set knäböj för att lära sig tekniken väl, klokt med tanke på att glappet mellan erfarna och oerfarna minskar vilket gör sambandet mellan styrka och avklarad vikt mer tillförlitlig. Frågan är om 6 set knäböj är tillräckligt, jag menar att det kan ta flera år att lära sig knäböj och ett fåtal lär sig aldrig. Dessa kan i grunden vara starka men framstå som svaga i ett sådant här experiment. Märk väl att knäböj endast är en övning som

mäter styrkan, det finns flera andra övningar. Ett sätt att komma till bukt med problemet hade varit att välja en tekniskt enklare övning så som benpress. Ett annat sätt hade varit att använda som av styrkelyftare som deltagare med gedigen erfarenhet av knäböj. Med största sannolikhet går det att generalisera resultaten till att vara giltiga i andra styrkeövningar. De som tar kreatin får dels en akut verkan på styrkan som gör att de orkar träna mer och hårdare och sedan utsöndras en större mängd testosteron och tillväxthormon vilka stimulerar muskeltillväxten ytterligare på sikt.

Izquierdo, Ibanez, Gonzalez-Badillo och Gorostiaga (2002) menar att kreatin främjar den maximala styrkan, förmågan att utföra 1 RM. Kreatin borde rimligtvis vara som mest betydelsefull vid så korta fysiska arbeten, PCr ökar och mängden ATP hinner knappt sina förrän repetitionen är avklarad under vilken maximal kraft kan bibehållas. Styrkeuthålligheten verkar gynnas under förutsättning att belastningen är relativt hög, > 60 % av 1 RM. Uthållighetslöpning verkar inte förändras, under så pass långa arbeten har PCr en obetydlig roll i energiproduktionen. Idrottare som sysslar med distanslöpning får därför inte ut någonting av att ta kreatin, det kan snarare vara tvärtom! Kreatin binder vätska vilket leder till onödig viktuppgång.

Armentano et al. (2007) menar att kreatin inte gynnar styrkeuthålligheten vilket går i stick i stäv med tidigare studier. Det beror förmodligen på den låga arbetsbelastningen, armhävningar med kroppsvikten, med för långvarigt arbete som följd.

Kreatin har alltså en gynnsam verkan på den fysiska förmågan i vissa fall, nämligen vid enstaka och flera korta, högintensiva fysiska arbeten. Kreatin har ingen verkan vid längre tids fysiska arbeten. De inslag av rörelser som finns i en rörelseaktivitet måste matchas mot dessa förmågor om behovet av kreatin ska kunna avgöras. I en del fall är det enkelt, sprinters springer enstaka maximala race medan maratonlöpare löper långa lågintensiva sträckor men i de flesta idrotter är inget enstaka energisystem så dominerande utan varje moment får betraktas var för sig. I tennis finns inslag av intermitterant aktivitet, spelare förflyttar sig från sida till sida och slår slag på slag men får förmodligen ingen nytta av kreatin för att tiden till återhämtning är för kort. I amerikansk fotboll finns intermitterant löpning med tillräcklig vila.

Om du har behov av kreatin är det bara till att köpa och prova, upplever du ingen verkan på den fysiska förmågan kan du vara en s.k. nonresponder. Kreatin är annars ett väldigt billigt konstillskott utan risker för hälsan. Kreatin förmodas på en del håll kunna skada njurarna. Förhöjda värden av kreatinin, en avfallsprodukt av kreatin, är ett symptom på att njurarna tagit skada. Intag av kreatin ger alltså falska signaler om njurarnas tillstånd. Cystatin C är ett annat mått på njurarnas funktion som inte låter sig påverkas av kreatin. Gualano et al

(2008) visar att Cystatin C ej förändras efter tre månaders intag av kreatin hos friska människor. Rae, Digney, McEwan och Bates (2003) menar att kreatin är hälsosamt och för med sig en del positiva effekter på hjärnan, arbetsminnet förbättras och intelligensen ökar. Ytterligare ett skäl till att ta kreatin.

Referenser

Armentano, M.J., Brenner, A.K., Hedman, T.L., Solomon, Z.T. Chavez, J., Kemper, G.B., ... Christie, D.S. (2007). The effect and safety of short-term creatine supplementation on performance of push-ups. *Military Medicine*, 172(3), 312-317.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17436778>

Bemben, M.G., & Lamont, H.S. (2005). Creatine Supplementation and Exercise Performance: recent findings. *Sports Medicine*, 35(2), 107-125.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15707376>

Glaister, M., Lockey, R.A., Abraham, C.S., Staerck, A., Goodwin, J.E., & McInnes, G. (2006). Creatine supplementation and multiple sprint running performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 273-277.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16686553>

Greenhaff, P.L., Bodin, K., Söderlund, K., & Hultman, E. (1994). Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *American Journal of Physiology*, 266(5), 725-730. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8203511>

Gualano, B., Ugrinowitsch, C., Novaes, R.B., Artioli, G.G., Shimizu, M.H., Seguro, A.C., ... Lancha, A.H. (2008). Effects of creatine supplementation on renal function: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *European Journal of Applied Physiology*, 103(1), 33-40. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18188581>

Izquierdo, M., Ibanez, J., Gonzalez-Badillo, J.J., & Gorostiaga, E.M. (2002). Effects of creatine supplementation on muscle power, endurance, and sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(2), 332-343.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11828245>

Kreider, R.B. (2003). Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 244(1-2), 89-94.

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1023/A:1022465203458.pdf>

Rae, C., Digney, A.L., McEwan, S.R., & Bates, T.C. (2003). Oral creatine monohydrate supplementation improves brain performance: a double-blind, placebo-controlled, cross-over trial. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 22(270), 2147-2150.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14561278>

Rahimi, R., Faraji, H., Vatani, D.S., & Qaderi, M. (2010). Creatine supplementation alters the hormonal response to resistance exercise. *Kinesiology*, 42(1), 136-143.

https://www.researchgate.net/publication/228494721_Creatine_supplementation_alters_the_hormonal_response_to_resistance_exercise

Romer, L.M., Barrington, J.P., & Jeukendrup, A.E. (2001). Effects of oral creatine supplementation on high intensity, intermittent exercise performance in competitive squash players. *International Journal of Sports Medicine*, 22(8), 546-552.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11719888>

Skare, O.C., Skadberg, Ø., & Wisnes, A.R. (2001). Creatine supplementation improves sprint performance in male sprinters. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 11(2), 96-102. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11252467>

Sousa, A., Ribeiro, J., & Figueiredo, P. (2019). Physiological Demands in Sports Practice. In S. Rocha, A. Imhoff, M. Clatworthy, M. Cohen, J. Espregueira-Mendes (Eds.), *The Sports Medicine Physican*. Cham: Springer.