

OSMAN IMAMOGLU, OMÜ BESYO Samsun/Türkei
HAKKI COKNAZ, A.I.B.Ü. BESYO Bolu/Türkei

Die Einwirkung der Supplementation mit Kreatin auf die wiederholte Sprintleistung, Beinkraft und Vertikalsprunghöhe von Amateurfußballern

Einleitung

Kreatin erfreut sich derzeit rasch zunehmender Popularität in allen Leistungsklassen (BIRCH et al., 1994; WILLIAMS, 1995). Durch gezielte Supplementation mit Kreatin können beim Sportler nicht nur die Sprint-, sondern auch die Ausdauerleistung verbessert und die Erholungszeiten nach hartem Training verkürzt werden (AASERUD et al., 1998). Das kurzfristige Kreatinladen kann die maximale Kraft und wiederholte Sprintleistung verbessern (STEPHEN, 2003). Zusätzliche Einnahme von Kreatin empfiehlt sich deshalb auch für gut trainierte Sportler. Fußball stellt eine sehr komplexe Belastungsform dar. Das moderne Fußballspiel ist geprägt durch hohes Spieltempo, enge Spielräume, athletische Spielweise und taktisches Spiel. Kurze Antritte über 5 bis 35 Meter sind im Fußballsport vorherrschend. Im Wettkampf sind häufig Richtungsänderungen, Abbremsbewegungen bzw. wiederholtes Antreten zu beobachten. Typische Bewegungsformen beim Fußball, bei denen die anaerobe Energiebereitstellung dominiert, sind z. B. Antritte, kurze Sprints, Schüsse, Sprünge oder Tacklings. Überwiegend anaerob-laktazide Energiebereitstellung hat man beim Fußball z. B. bei langen maximalen Sprints über das gesamte Spielfeld oder mehreren maximalen kurzen Sprints nach kurzer Pause (BADTKE, 1999). Maximale und submaximale Sprints verschiedenster Streckenlängen müssen über eine Spielzeit von 90 Minuten auf konstant hohem Niveau gehalten werden. Dadurch wird ein Höchstmaß an Regeneration im Sinne der ATP-Resynthese (anaerob und aerob) gefordert. Kreatin ist der Grundbaustein für Kreatinphosphat. Das biochemische System Kreatin/Kreatinphosphat ist zugleich Energiespeicher und -lieferant in der Zelle. Durch die Übertragung der Phosphatgruppe ermöglicht es eine schnelle Regeneration von Adenosintriphosphat (ATP) im Muskel, was für kurzzeitige intensive Belastungen sehr wichtig ist. Kreatinphosphat wird als der wahrscheinlich wichtigste leistungslimitierende Faktor der Muskelleistungsfähigkeit während kurzzeitiger intensiver erschöpfender Muskelkontraktion angenommen. Eine kurzfristige Kreatineinnahme (20 g/Tag für 5 bis 7 Tage) vermehrt die gesamte Menge von Kreatin um 10 bis 30 % und Phosphocreatine um 10 bis 40 % (KREIDER, 2003). Eine kurzfristige, hochdosierte Kreatineinnahme bewirkt eine signifikante Erhöhung des Gehaltes in der Muskulatur sowie eine Steigerung der Resyntheserate von Kreatinphosphat in der Erholungsphase nach intensiver Muskelarbeit (KATZ et al., 1986). Es ist jedoch schwierig, über die tägliche Nahrung genügend Kreatin aufzunehmen, um die sportliche Leistung zu erhöhen. Deshalb

wollen viele Fußballer ihre Muskeln mit Kreatin sättigen. Durch ein Schnelligkeits-training kann der Kreatinphosphat-Gehalt im Muskel zunehmen. Schnelligkeits-training ist nur dann sinnvoll, wenn alle Läufe mit maximaler Geschwindigkeit ausgeführt werden. Neben allen Leistungskomponenten werden Schnellkraftdauer (Sprintausdauer) und Schnelligkeit regelmäßig systematisch trainiert. Es können wichtige physiologische Funktionen, die die Fähigkeit der Spieler beeinflussen, um wiederholte Belastungen mit teilweise hoher Intensität auszuführen, beurteilt werden (NEBEL, 2002). Wirksam ist nur ein Training, das zu muskulärer Erschöpfung führt. Das richtige Verhältnis von Belastung und Erholung ist für den Trainingserfolg entscheidend. Somit ist alles, was den Kreatinphosphatspeicher der Muskulatur vergrößert sowie seine Wiederherstellung beschleunigt, für einen Sprinter von entscheidender Bedeutung. Deshalb sollten vorrangig diese konditionellen Grundeigenschaften im Rahmen einer Leistungsdiagnostik getestet werden. Mit Bangsbo-Tests kann man bei Fußballern sowohl Schnelligkeit als auch Schnellkraftausdauer beurteilen.

Folglich war der Zweck dieser Studie, die Effekte der akuten Kreatin-Monohydrat-Ergänzung auf die fußball-spezifische Leistung (wiederholte Sprintleistung, Beinkraft und vertikale Sprunghöhe) bei jungen Amateurfußballern zu überprüfen. Gleichzeitig können gezielte Hinweise auf entsprechende konditionelle Trainingsmaßnahmen gegeben werden.

Untersuchungsmethodik

In dieser Studie wurden 32 männliche türkische trainierte Amateur-Fußballspieler während eines 28-tägigen Kraft- und Koordinationstrainings untersucht. Alle Fußballer waren bei guter Gesundheit und hatten am gleichbleibenden Fußballtraining (Durchschnitt von fünfmal oder von 7,5 h pro Woche) während der letzten vier Jahre teilgenommen. Die Verteilung der Fußballer auf die „Kreatingruppe“ (n:16) und „Placebogruppe“ (n:16) erfolgte randomisiert. In Anlehnung an die Dosierungsempfehlung der wissenschaftlichen Literatur erhielt die Kreatingruppe während der ersten sieben Tage eine Dosierung von 20 g Kreatin (5x5 g) in Pulverform (Ladephase), danach erhielt die Gruppe 21 Tage eine Dosierung von 5 g Kreatin (2x2,5 g) pro Tag (Erholungsphase) in 500 ml Fruchtsaft. Für die „Placebogruppe“ galt die gleiche portionierte Dosieremenge für reinen Fruchtsaft. Die Studie war doppelt geblindet. Die Amateurfußballer nahmen zur Beurteilung der Auswirkungen der Kreatinsupplementation vorher und nachher an einem Bangsbo-Test (7x34,2 m) im Samsuner Stadion teil. Um die äußeren Testbedingungen konstant zu halten, wurde das Training identisch gestaltet. Ebenso sollte die Ernährung nahezu identisch gehalten werden. Zur Vorbereitung des Tests wurde ein ca. 30 minütiges standardisiertes Aufwärm- und Dehnprogramm durchgeführt. Es wurde ein 7x34,2 m-Bangsbo-Test (BANGSBO, 1994) mit einer Pause von 25 Sekunden zwischen den wiederholten Sprints durchgeführt. Nach einem Hochstart wurden über elektrische Zeitnahme (photocells) die Laufzeiten gemessen. Die Tests wurden auf Parkettboden bei 22°C durchgeführt. An die Anfangs- und Endpunkte der Laufstrecke wurden zwei Photozellen gestellt, die ein Meter über Bodenhöhe angebracht waren. Der Wert (Zunahme in Sprintzeit) zwischen dem Mittel der

ersten zwei Sprints und dem Mittel der letzten zwei Sprints wurde als das Verhältnis der Ermüdung genommen. Die Herzschlagfrequenz wurde vor und nach Beginn der wiederholten Sprints mit dem Polar-Pulsmesser bestimmt. Außerdem wurde die Herzschlagfrequenz nach der 1., 3. und 5. Minute der Erholung am Ende der Sprints gemessen. Die Hautfaltendickenmessung wurde am aufrecht stehenden Probanden an vier Referenzstellen des Körpers durchgeführt (Trizeps-, Abdominal-, Suprailiacal- und Subscapularhautfalte). Die Erfassung erfolgte mit einem Lafayette Skinfold Caliper (Empfindlichkeit 0,2 Millimeter), mit millimetergenauer Skalierung. Der prozentuale Anteil des Körperfetts (FT) wurde mit folgender Formel berechnet (siehe SB, 2006): $FT \% = 0.153 (\text{Trizeps} + \text{Subscapular} + \text{Abdominal} + \text{Suprailiacal}) + 5.783$. Die vertikale Sprunghöhe wurde gemessen und die anaerobe Kraft (P) mit dieser Formel berechnet: $P = \sqrt{4.9} \times \text{Körpergewicht} \times \sqrt{VJ}$, VJ = Vertikale Sprunghöhe (FOX, 1988). Die Bestimmung des Body-Mass-Index (BMI) erfolgte mit der Formel: $\text{Körpergewicht (kg)} / (\text{Körperlänge in Metern})^2$. Beinkraftmessung: Nach fünf Minuten Aufwärmen wurde der Rücken geradegehalten und die Knie leicht gebeugt. Die Arme und Beine waren ganz durchzustrecken, Rumpf leicht nach vorne gebeugt, Oberkörper bleibt aufrecht, Gewicht ist auf dem ganzen Fuß verteilt, Griff mit beiden Händen an den Kraftmessern.

Statistik

Die Daten waren normal verteilt und sind als Mittelwert \pm Standardabweichung dargestellt. Die Analyse der Daten erfolgte mit Hilfe von t-Test, Varianzanalyse und Grenzdifferenztest (LSD). Die statistischen Berechnungen erfolgten mit dem Programm Statistica 9.0. Das Signifikanzniveau wurde bei $p < 0.05$ und $p < 0.01$ angesetzt.

Untersuchungsergebnisse

Alter und Größe werden vor der Aufladezeit in Tabelle 1 dargestellt: Das Alter der Kreatingruppe lag im Durchschnitt bei $23,32 \pm 3,88$ Jahren, ihre Körpergröße bei $1,76 \pm 0,4$ m. Das Alter der Placebogruppe lag im Durchschnitt bei $23,17 \pm 3,32$ Jahren, ihre Körpergröße bei $1,75 \pm 0,06$ m.

Die Teilnehmer der Kreatingruppe wogen vor der Aufladezeit $71,28 \pm 5,08$ kg, nach der Aufladezeit $74,69 \pm 5,07$ kg, die Teilnehmer der Placebogruppe vor der Aufladezeit $69,12 \pm 5,71$ kg, nach der Aufladezeit $68,88 \pm 5,71$ kg. Die Teilnehmer in der Kreatingruppe hatten einen mittleren Body-Mass-Index (BMI) von $23,01 \pm 1,18$ kg/m^2 , die Teilnehmer in der Placebogruppe einen mittleren BMI von $22,38 \pm 1,14$

Tab. 1: Beschreibung und Vergleich von Alter und Körpergröße der Gruppen vor der Aufladezeit

Parameter	Kreatingruppe $\bar{X} \pm SD$	Placebogruppe $\bar{X} \pm SD$	t	Sig.
Alter (Jahr)	$23,32 \pm 3,88$	$23,17 \pm 3,32$	1,196	$p > 0.05$
Größe (m)	$1,76 \pm 0,4$	$1,75 \pm 0,6$	0,422	$p > 0.05$

Tab. 2: Konditionelle und physiologische Werte der Gruppen vor der Aufladezeit und nach der Aufladezeit

Parameter	Gruppen	Vor der Aufladezeit $\bar{X} \pm SD$	Nach der Aufladezeit $\bar{X} \pm SD$	F	LSD
Gewicht (kg)	Kreatingruppe	71,28 ± 5,08	74,69 ± 5,07	4,63*	2 > 1,3,4
	Kontrollgruppe	69,12 ± 5,71	68,88 ± 5,71		
BMI (kg/m ²)	Kreatingruppe	23,01 ± 1,18	23,89 ± 1,19	1,90	keine Bedeutung
	Kontrollgruppe	22,38 ± 1,14	22,27 ± 1,16		
Beinkraft (Nm/kg)	Kreatingruppe	135,14 ± 1,05	145,92 ± 6,97	2,80*	2 > 1,3,4
	Kontrollgruppe	133,50 ± 8,48	134,71 ± 7,81		
Vertikalsprung (cm)	Kreatingruppe	56,56 ± 5,67	63,93 ± 4,48	4,13*	2 > 1,3,4
	Kontrollgruppe	56,43 ± 5,55	56,81 ± 5,46		
Anaerobe Leistung (kg.m/sn)	Kreatingruppe	119,55 ± 14,15	133,9 ± 14,25	105,69**	2 > 1,3,4
	Kontrollgruppe	116,66 ± 11,12	117,44 ± 12,23		
7 Sprints (sn)	Kreatingruppe	6,52 ± 0,19	6,37 ± 0,16	2,97*	2 > 1,3,4
	Kontrollgruppe	6,54 ± 0,21	6,55 ± 0,22		
Körperfettanteil (%)	Kreatingruppe	12,09 ± 0,76	11,73 ± 0,74	2,47	keine Bedeutung
	Kontrollgruppe	12,44 ± 0,75	12,30 ± 0,68		

(Kreatingruppe vor der Aufladezeit: 1, Kreatingruppe nach der Aufladezeit: 2, Placebogruppe vor der Aufladezeit: 3, Placebogruppe nach der Aufladezeit: 4)

*p < 0.05, **p < 0.01

Tab. 3: Sprintwerte vor der Aufladezeit und nach der Aufladezeit der Placebo- und Kreatin-Gruppe

Sprints (sn)	Placebogruppe			Kreatingruppe		
	Vor der Aufladezeit $\bar{X} \pm SD$	Nach der Aufladezeit $\bar{X} \pm SD$	t	Vor der Aufladezeit $\bar{X} \pm SD$	Nach der Aufladezeit $\bar{X} \pm SD$	t
Sprint 1	6,47 ± 0,9	6,47 ± 0,10	0,08	6,46 ± 0,11	6,35 ± 0,10	6,007**
Sprint 2	6,50 ± 0,10	6,51 ± 0,12	0,49	6,49 ± 0,10	6,35 ± 0,9	2,911*
Sprint 3	6,51 ± 0,13	6,53 ± 0,13	0,15	6,50 ± 0,9	6,36 ± 0,7	2,600*
Sprint 4	6,54 ± 0,12	6,55 ± 0,11	-0,01	6,52 ± 0,11	6,36 ± 0,8	2,003*
Sprint 5	6,57 ± 0,11	6,57 ± 0,12	-0,04	6,54 ± 0,12	6,37 ± 0,9	2,337*
Sprint 6	6,58 ± 0,12	6,59 ± 0,13	-0,04	6,56 ± 0,9	6,37 ± 0,8	2,104*
Sprint 7	6,60 ± 0,10	6,61 ± 0,11	0,00	6,57 ± 0,10	6,40 ± 0,8	6,087**

*p < 0.05, **p < 0.01

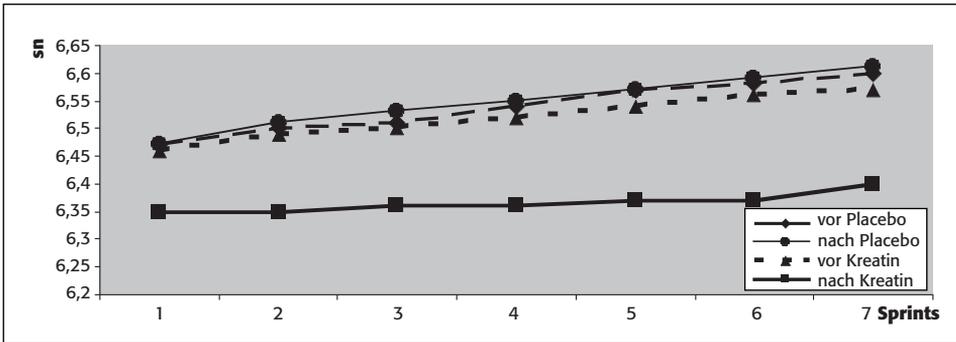


Abb. 1: Kreatin- und Placebogruppe vor und nach der Aufladezeit je nach der Sprintzeit

kg/m². Nach der Aufladezeit hatten die Teilnehmer in der Kreatingruppe einen mittleren BMI von $22,27 \pm 1,16$ kg/m². Die Beinkraft der Kreatingruppe bzw. Placebogruppe betrug $135,14 \pm 1,05$ kg bzw. $133,50 \pm 8,48$ kg vor der Aufladezeit. Die Beinkraft in der Placebogruppe stieg nach der Aufladezeit wenig. Aber in der Kreatingruppe stieg die Beinkraft nach der Aufladezeit auf $145,92 \pm 6,97$ kg. Die vertikalen Sprungwerte von Kreatin- und Placebogruppe waren $56,56 \pm 5,67$ cm und $56,43 \pm 5,55$ cm vor der Aufladezeit. Die vertikalen Sprungwerte der Kreatingruppe wurden nach der Aufladezeit mit $63,93 \pm 4,48$ cm gemessen. In der Placebogruppe waren es $56,81 \pm 5,46$ cm. Die anaerobe Leistungsfähigkeit der Kreatingruppe und Placebogruppe betrug $119,55 \pm 14,15$ kg.m/sn und $116,66 \pm 11,12$ kg.m/sn vor der Aufladezeit. Nach der Aufladezeit war die anaerobe Leistungsfähigkeit der Kreatingruppe höher als die der Placebogruppe ($133,9 \pm 14,25$ kg.m/sn gegenüber $117,44 \pm 12,23$ kg.m/sn). Die Sprintwerte der Placebogruppe lagen im Durchschnitt vor der Aufladezeit bei $6,54 \pm 0,21$ sn und nach der Aufladezeit bei $6,55 \pm 0,22$ sn; sie betragen in der Kreatingruppe $6,52 \pm 0,19$ sn und $6,37 \pm 0,16$ sn. Die Abnahme des gemessenen prozentualen Körperfettanteils der

Tab. 4: Herzfrequenzverhalten der Placebogruppe und Kreatingruppe nach jeder Sprintbelastung

Herzfrequenz der Sprinter (Schläge/Min.)	Placebogruppe		Kreatingruppe	
	Vor der Aufladezeit $\bar{X} \pm SD$	Nach der Aufladezeit $\bar{X} \pm SD$	Vor der Aufladezeit $\bar{X} \pm SD$	Nach der Aufladezeit $\bar{X} \pm SD$
Sprint 1	$156,57 \pm 9,72$	$157,85 \pm 10,02$	$165,00 \pm 9,35$	$165,14 \pm 9,95$
Sprint 2	$174,85 \pm 7,63$	$176,42 \pm 8,00$	$165,64 \pm 8,64$	$166,42 \pm 8,79$
Sprint 3	$181,35 \pm 12,83$	$182,35 \pm 12,30$	$172,92 \pm 12,72$	$173,00 \pm 8,75$
Sprint 4	$186,35 \pm 7,63$	$185,50 \pm 7,41$	$175,14 \pm 8,83$	$176,00 \pm 9,01$
Sprint 5	$187,42 \pm 7,55$	$182,92 \pm 7,55$	$176,35 \pm 8,79$	$177,14 \pm 8,60$
Sprint 6	$189,28 \pm 13,76$	$189,50 \pm 13,80$	$179,50 \pm 8,15$	$179,71 \pm 8,34$
Sprint 7	$189,71 \pm 13,95$	$190,78 \pm 13,54$	$180,21 \pm 8,38$	$180,50 \pm 9,16$

Tab. 5: Erholungsherzfrequenz der Gruppen

Herzschlagfrequenz (HF)	Placebogruppe		Kreatingruppe	
	Vor der Aufladezeit $\bar{X} \pm SD$	Nach der Aufladezeit $\bar{X} \pm SD$	Vor der Aufladezeit $X \pm SD$	Nach der Aufladezeit $\bar{X} \pm SD$
Nach der Belastung	189,71 \pm 13,95	190,78 \pm 13,54	180,21 \pm 8,38	180,50 \pm 9,16
HF (Schläge/Min.), nach 1 Min. Erholung	115,71 \pm 13,28	112,78 \pm 13,39	114,21 \pm 8,27	110,50 \pm 8,94
HF (Schläge/Min.), nach 3 Min. Erholung	104,71 \pm 12,68	102,78 \pm 12,72	105,21 \pm 8,19	99,50 \pm 8,98
HF (Schläge/Min.), nach 5 Min. Erholung	101,71 \pm 13,24	95,78 \pm 13,31	101,21 \pm 8,34	88,50 \pm 9,13

Kreatingruppe verlief von $12,09 \pm 0,76$ auf $11,73 \pm 0,74$, in der Placebogruppe von $12,44 \pm 0,75$ auf $12,30 \pm 0,68$.

Der erste Sprintwert der Kontrollgruppe lag im Durchschnitt vor der Aufladezeit bei $6,47 \pm 0,9$ sn und nach der Aufladezeit bei $6,47 \pm 0,10$ sn, in der Kreatingruppe bei $6,46 \pm 0,11$ sn und $6,35 \pm 0,10$ sn. Der siebte Sprintwert der Placebogruppe lag im Durchschnitt vor der Aufladezeit bei $6,60 \pm 0,10$ sn und nach der Aufladezeit bei $6,61 \pm 0,11$ sn, in der Kreatingruppe bei $6,57 \pm 0,10$ sn und $6,40 \pm 0,08$ sn.

Der erste Herzfrequenzwert der Placebogruppe lag im Durchschnitt vor der Aufladezeit bei $156,57 \pm 9,72$ Schläge/Min., nach der Aufladezeit bei $157,85 \pm 10,02$ Schläge/Min.; in der Kreatingruppe bei $165,00 \pm 9,35$ Schläge/Min. und $165,14 \pm 9,95$ Schläge/Min. Der siebte Herzfrequenzwert der Placebogruppe lag im Durchschnitt vor der Aufladezeit bei $189,71 \pm 13,95$ Schläge/Min. und nach der Aufladezeit bei $190,78 \pm 13,54$ Schläge/Min., in der Kreatingruppe bei $180,21 \pm 8,38$ Schläge/Min. und $180,50 \pm 9,16$ Schläge/Min.

In Tab. 5 sind die Mittelwerte der Erholungsherzfrequenz der Placebo- und Kreatingruppe nach der 1., 3. und 5. Minute dargestellt.

Tab. 6: Die Unterschiede zwischen den ersten zwei Sprints und letzten zwei Sprints

	Placebogruppe		Kreatingruppe	
	Vor der Aufladezeit $\bar{X} \pm SD$	Nach der Aufladezeit $\bar{X} \pm SD$	Vor der Aufladezeit $X \pm SD$	Nach der Aufladezeit $\bar{X} \pm SD$
Durchschnittswert der ersten zwei Sprints (sn)	6,49 \pm 0,65	6,50 \pm 0,60	6,48 \pm 0,45	6,35 \pm 0,26
Durchschnittswert der letzten zwei Sprints (sn)	6,60 \pm 0,42	6,60 \pm 0,55	6,57 \pm 0,37	6,39 \pm 0,33
Unterschiede zwischen den ersten zwei Sprints und letzten zwei Sprints (sn)	0,11 \pm -0,06	0,10 \pm -0,09	0,090 \pm -0,04	0,034 \pm -0,03

In Tab. 6 sind die Mittelwerte der Unterschiede zwischen den ersten zwei Sprints und letzten 2 Sprints dargestellt.

Diskussion

Die meisten Autoren fanden eine Zunahme des Körpergewichts nach einer Kreatinkur (BARNETT et al., 1996). In unserer Studie fanden wir, dass man in der Kreatin-Gruppe nach Aufladen eine statistisch signifikante durchschnittliche Gewichtszunahme von 3,41 kg im Vergleich zu einer Gewichtsreduktion von 0,24 kg in der Placebogruppe beobachten kann. Die Gewichtszunahme nach Einnahme von Kreatin wurde von mehreren Autoren gemessen und mit erhöhter Proteinsynthese und/oder vermehrter Wassereinlagerung erklärt (WILLOUGHBY & ROSENE, 2001). In unterschiedlichen Studien konnte gezeigt werden, dass eine Kreatinkur in Kombination mit einem Widerstandstraining die fettfreie Körpermasse erhöht (KREIDER, 1999). Dies geschieht zunächst durch eine Wassereinlagerung (WILLIAMS & BRANCH, 1998). Beim Muskelaufbau stellte man eine signifikante Abnahme von Fettgewebe fest, was insgesamt zu einer durchaus erwünschten Erhöhung der fettfreien Körpermasse führt. Zusätzlich erhöht Kreatinladen erheblich die Körpermasse mit erhöhter fettfreier Masse (KREIDER et al., 1998). KUTZ und GUNTER (2003) konnten keine bedeutenden Änderungen des Körperfettanteils in der Kreatin-Gruppe ermitteln. In unserer Studie nimmt der Anteil der relativen Körperfettmasse bei der Kreatin-Gruppe stärker ab als bei der Kontrollgruppe. Der BMI nahm in der Kreatin-Gruppe zu, aber nahm in der Kontrollgruppe ab. Der durchschnittliche Körperfettanteil wurde nicht durch Kreatinergänzung beeinflusst. Bei der Kreatin-Gruppe erhöhte sich die fettfreie Körpermasse. Kreatinergänzung kann ein ergogenes Hilfsmittel bei den Fußballern sein, indem sie die Kreatinphosphat-Verwendbarkeit und Resynthese steigert und die Körper- und Muskelmasse erhöht.

Kraft: Die Einnahme von Kreatin kann zu einer Leistungssteigerung von 10 bis 20% Muskelkraft führen. Nur bei wiederholten hochintensiven Leistungen und maximaler Kraft (5-15%) kann die Zufuhr von Kreatin mit einer Erhöhung der körperlichen Leistungsfähigkeit (+5-10%) verbunden sein (KREIDER, 2003). Leistungssteigerungen von 10 bis 20% werden erreicht, zuerst vor allem im Sprintbereich (CASEY et al., 1996). Ein Anstieg des muskulären Kreatingehaltes um 15 bis 25% verbessert nachweislich die Kraftausdauer und Intervalleistungsfähigkeit (MERTSCHENK, 2001). Schließlich ist die Gesamtmenge an Kreatin in der Muskelzelle für den osmotischen Effekt und die optimale Energienutzung bei intensiven Muskelkontraktionen ein entscheidender Faktor (BRAULT et al., 2003). BIWER et al. (2003) zeigten, dass Kreatinergänzung nicht die Leistung im submaximalen Betrieb verbessert, der mit Intensitätsabständen vermischt wird. In dieser Studie haben wir festgestellt, dass die Beinkraft der beiden Gruppen sich verbesserte. Vor allem geht es um die Steigerung der Beinkraft der Kreatin-Gruppe, was statistisch signifikant war. Die Einnahme von Kreatin wirkt sich auf die Kraft und Leistungsfähigkeit der Fußballer positiv aus.

Sprunghöhe und anaerobe Leistung: OSTOJIC (2001) zeigte (in der jugoslawischen Juniorliga), dass sich mit Kreatinladen bei jungen Fußballspielern die vertikale Sprunghöhe ($49,2 \pm 5,9$ gegenüber $55,1 \pm 6,3$ cm; $p < .05$) im Kreatinversuch

verbesserte, der mit der Einnahme des Placebos verglichen wurde. Die vertikale Sprunghöhe war bei der Kreatingruppe besser als in der Placebogruppe ($p < .05$). WISLOFF et al. (1998) beschrieben Sprunghöhen von $56,7 \pm 6,6$ cm. Durch gezielte Supplementation von Kreatin können beim Sportler vertikale Sprünge verbessert werden (BOSCO et al., 1997). ECKERSON et al. (2004) zeigten (bei Frauen), dass die Kontrollgruppe keine bedeutenden Änderungen in der anaeroben Kapazität nach Ergänzung aufwies; jedoch erhöhte die Kreatingruppe ihre anaerobe Kapazität um 22,1 % nach fünf Tagen Laden ($p < 0.05$). BERARDI und ZIEGENFUSS (2003) zeigten, dass Riboseergänzung keinen gleichbleibenden oder erheblichen Effekt auf den anaeroben Sprintzyklus hat. In dieser Studie war das Ergebnis: Bei den vertikalen Sprungwerten der Kreatingruppe konnten zwischen Vor-Aufladezeit und Nach-Aufladezeit auf dem 5 %-Niveau statistisch signifikante Unterschiede festgestellt werden ($p < 0.05$). Die anaerobe Leistungsfähigkeit blieb nach der Aufladezeit in der Placebogruppe fast gleich. In der Kreatingruppe stieg sie nach der Aufladezeit auf $133,9 \pm 14,25$ km.m/sn. Durch die Einnahme von Kreatin gelingt es dem Fußballer in der Kreatingruppe kurzfristig, die anaerobe Leistung zu verbessern.

Sprint: Während der Belastungspausen stellt das Kreatin schnell wieder Energie zur Verfügung, was die Ermüdung hinauszögert. Kreatin führt zur Verbesserung der Leistung bei sehr hohen Intensitäten, besonders wenn sich nur kurze Erholungspausen anschließen (MAUGHAN, 1995). Kreatin dient ausschließlich als Sofort-Energiequelle bei intensiven Belastungen bis zu acht Sekunden. Manche Autoren beschrieben Leistungsverbesserungen in verschiedenen Sprinttests (AASERUD et al., 1998). COX et al. (2002) registrierten eine Leistungsverbesserung nach Kreatinladen in einem 20-m-Sprinttest. MUJKA et al. (2000) fanden die gleichen ergogenen Effekte nach Kreatinladen in einem wiederholten Sprinttest (6 x 15 m, 30 s Pause) bei Fußballspielern, während die wiederholte Ausdauerleistung nicht verbessert wurde. IZQUIERDO et al. (2002) fanden eine Verbesserung in der durchschnittlichen 15-m-Sprintleistung in einem wiederholten Sprinttest (6 x 15 m, 60 s Pause). In der Studie von MUJKA et al. (2000) und IZQUIERDO et al. (2002) wurden zwischen wiederholten Sprints viele Ruhezeiten gegeben. Kreatin kann sich in hoher Dosierung positiv bei wiederholten Sprints auswirken. In dieser Studie waren die Ergebnisse: Die Kreatingruppe zeigte nach Kreatinaufladen statistisch signifikant bessere Sprintzeiten ($p < .005$). Die Fußballer, die 20 g Cr täglich erhielten, wiesen signifikant bessere Ergebnisse für die Sprintzeit im Vergleich zu den Teilnehmern, die in der Placebogruppe waren, auf. Kreatin verkürzt die Regenerationszeit zwischen den Sprints. Die Leistungssteigerung der Kreatingruppe zeigte sich im Vergleich zur Placebogruppe aufgrund der verhältnismäßig großen Streuung statistisch signifikant. Die Einnahme von Kreatin kann zu einer Verkürzung der Erholungszeit nach dem Training führen. Es wurden die Herzfrequenz und die Geschwindigkeit an der anaeroben Schwelle berechnet und angezeigt. Durch gezielte Supplementation mit Kreatin können beim Sportler nicht nur die Sprint-, sondern auch die Ausdauerleistung verbessert und die Erholungszeiten nach hartem Training verkürzt werden (AASERUD et al. 1998). In dieser Studie waren die Ergebnisse: Die Werte der Erholungsherzfrequenz nach der Aufladezeit zeigten, dass die Kreatingruppe eine schnellere Rückgewinnungsfähigkeit hat als die Placebogruppe. Die Kreatingruppe zeigte eine schnellere Wiederaufnahmefähigkeit als die Placebogruppe.

Regeneration: Fußballer absolvieren während eines Spieles zahlreiche Sprints mit kurzen Ruhephasen, spezielles Training verkürzt die Regenerationszeit der Kreatinphosphatspeicher von fünf Minuten auf eine bis zwei Minuten. Nach intensiver Belastung wird nach etwa 10 Sekunden Erholung ca. 30 bis 50% der ursprünglichen Konzentration an Kreatinphosphat regeneriert. Nach 30 Sekunden sind es ca. 45 bis 70% und nach drei Minuten ca. 80 bis 90%. Üblicherweise ist vier bis sechs Minuten nach intensiver Belastung die Ausgangskonzentration an Kreatinphosphat wieder erreicht. Während der Belastungspausen stellt das Kreatin schnell wieder Energie zur Verfügung, was die Ermüdung hinauszögert (RK, 2003). Eine große Kreatinphosphat-Reserve erleichtert die Erholung, vor allem die Resynthese des Glykogens (SZfSuS, 1996). Durch gewisse Maßnahmen im Training erwartet man positive Auswirkungen im Wettkampf. Es müssen zunächst die als lohnend identifizierten Trainingsziele in den laufenden Trainingsprozess integriert werden. Dabei ist von einem unterschiedlichen Zeitmaßstab der Anpassungen auszugehen. Die für die Erholung benötigte Zeit hängt von der Intensität (HF) und Dauer der Übung ab. Will man effektiv trainieren, muss man die Einheiten im richtigen zeitlichen Abstand ansetzen. Erfolgen die Einheiten zu knapp hintereinander, kann es zum Übertraining kommen. Andererseits kommt es bei zu langen Erholungszeiten zum Untertraining. Kreatin kann die grundlegende konditionelle Leistung der Spieler erhöhen, wenn es mit einer spezifischen Ausbildungszeit kombiniert wird. Zusammenfassend war nach Kreatinsupplementation die Ermüdungswiderstandsfähigkeit bei anaerober alaktazider Maximalbelastung verbessert (WIEBKE et al., 1995). In dieser Studie waren die Ergebnisse: Die Geschwindigkeitsabnahme oder Ermüdung in der Placebogruppe ist höher als in der Kreatingruppe. Der Ermüdungsindex (Zunahme der Sprintzeit) weist in der Kreatingruppe vor und nach der Aufladezeit eine Differenz auf (0,090 sn gegenüber 0,034 sn), was auch in der Placebogruppe gleich scheint. Methoden der Einschätzung, Positionsrolle, Natur und Intensität des Trainings sind, unter anderen, Faktoren, die die Ermittlung von Effekten des Kreatinladens beeinflussen können (OSTOJIC, 2001). Von den ungefähr 300 Studien, die den potenziellen ergogenen Wert von Kreatinsupplementation bewertet haben, berichten 70% von statistisch bedeutsamen Ergebnissen (KREIDER, 2003). Nur bei wiederholten, hochintensiven Leistungen kann die Zufuhr von Kreatin mit einer Erhöhung der körperlichen Leistungsfähigkeit verbunden sein. Durch die Einnahme von Kreatin gelingt es Fußballern kurzfristig, die anaerobe Leistung zu verbessern. Mit der Einnahme erhofft man sich eine verbesserte Maximalleistung, indem durch einen vergrößerten Kreatinphosphat-Pool mehr „schnelle“ Energie zur Verfügung steht. Die Einnahme von Kreatin kann zu einer Verbesserung der Sprintleistung führen. Durch Einnahme sollen die Kreatinspeicher vergrößert werden, was eine längere Energiebereitstellung durch den anaerob-alaktaziden Stoffwechsel als Konsequenz hätte und somit eine Leistungssteigerung möglich machen sollte. Aus dieser Überlegung heraus erscheint Kreatin vor allem für den Fußball interessant, bei dem sehr hohe, kurzfristige Belastungen gefordert werden (KREIDER, 2003).

Schlussfolgerung: Eine optimale Menge von Kreatin kann sich auf die Muskelzelle des Fußballers und auf fußballspezifische Leistungen (wiederholte Sprintleistung, Beinkraft und vertikale Sprunghöhe) positiv auswirken. Diese Untersuchung zeigt, dass mit oralen Kreatineinnahmen die Sprintzeitausdauer (wiederholte

Sprints) signifikant besser ausgeprägt ist. Stehvermögen und Kurzeitdauer können nach hochdosierter Kreatineinnahme verbessert werden. Sprunghöhe und Beinkraft der Fußballer können signifikant gesteigert und die Erholungszeit nach wiederholten Sprints verringert werden. Man sollte im Bangsbo-Test zwischen den aufeinander folgenden Sprints eine Erholungszeit von 25 Sekunden vorsehen.

Literatur

- AASERUD, R., GRAMVIK, P., OLSEN, S. R. & JENSEN, J. (1998). Creatine supplementation delays onset of fatigue during repeated bouts of sprint running. *Scand J Med Sci Sports*, 8, 247-51.
- BADTKE, G. (1999). *Lehrbuch der Sportmedizin* (4. Aufl.). Heidelberg, Leipzig: J. A. Barth.
- BANGSBO, J. (1994). *Fitness Training for Football: A scientific approach*. HO+Storm, Bagsværd.
- BARNETT, C., HINDS, M. & JENKINS, D. (1996). Effects of oral creatine supplementation on multiple sprint cycle performance. *Aust J Sci Med Sport*, 28, 35-39.
- BERARDI, J. M. & ZIEGENFUSS, T. N. (2003). Effects of Ribose Supplementation on Repeated Sprint Performance in Men. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17 (1), 47-52.
- BIRCH, R., NOBLE, D. & GREENHAFF, P. (1994). The influence of dietary creatine supplementation on performance during repeated bouts of maximal isokinetic cycling in man. *Eur J Appl Physiol*, 69, 268-270.
- BIWER, C. J., JENSEN, R. L., SCHMIDT, W. D. & WATTS, P. B. (2003). The Effect of Creatine on Treadmill Running With High-Intensity Intervals. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17 (3), 439-445.
- BOSCO, C., TIHANYI, J., PUCSPK, J., KOVACS, I., GOBOSSY, A., COLLI, R. et al. (1997). Effect of oral creatine supplementation on jumping and running performance. *International Journal of Sports Medicine*, 18, 369-372.
- BRAULT, J., ABRAHAM, K. & TERJUNG, R. L. (2003). Muscle creatine uptake and creatine transporter expression in response to creatine supplementation and depletion. *J Appl Physiol*, 94 (6), 2173-80.
- CASEY, A., CONSTANTIN-TEODOSIU, S., HOWELL, S. et al. (1996). Creatine supplementation favorably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans. *Am J Physiol*, 271, E31-37.
- COX, G., MUJIK, I., TUMILTY, D. & DURKE, L. (2002). Acute creatine supplementation and performance during a field test simulating match play in elite female soccer players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 12, 33-46.
- ECKERSON, J. M., STOUT, J. R., MOORE, G. A., STONE, N. J., NISHIMURA, K. & TAMURA, K. (2004). Effect of two and five days of creatine loading on anaerobic working capacity in women. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (1), 168-172.
- FOX, E. L., BOWERS, R. W., FOSS, M. L. (1988). *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics* (4th ed.). Philadelphia: Saunders College Publishing Company.
- IZQUIERDO, M., IBANEZ, J., GONZALEZ-BADILLO, J. & GOROSTIAGA, E. M. (2002). Effects of creatine supplementation on muscle power, endurance, and sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, 34, 332-43.
- KATZ, A., SAHLIN, K. & HENRIKSSON, J. (1986). Muscle ATP turnover rate during isometric contractions in humans. *J. Appl. Physiol.* 1839 ff.

- KREIDER, R., FERREIRA, M., WILSON, M., GRINDSTAFF, P., PLISK, S., REINHARDY, J., CANTLER, E. & ALMADA, A. (1998). Effects of creatine supplementation on body composition, strength and sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, 30, 73-82.
- KREIDER, R. B. (1999). Dietary supplements and the promotion of muscle growth with resistance exercise. *Sports Med*, 27 (2), 97-110.
- KREIDER, R. B. (2003). Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 244, 89-94.
- KUTZ, M. R. & GUNTER, J. M. (2003). Creatine Monohydrate Supplementation on Body Weight and Percent Body Fat. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17 (4), 817-821.
- MAUGHAN, R. (1995). Creatine supplementation and exercise performance. *Int J Sports Nutr*, 5, 94-101.
- MERTSCHENK, B. et al. (2001). Gesundheitliche Bewertung von Kreatin als Nahrungsergänzungsmittel. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 97-250.
- MUJICA, I., PADILLA, S., IBANEZ, J., IZQUIERDO, M. & GOROSTIAGA, E. (2000). Creatine supplementation and sprint performance in soccer players. *Med Sci Sports Exerc*, 32, 518-25.
- NEBEL, R. (2002). Creatin im Sport - Ergogenes Supplement? *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 53 (7+8), 213-220.
- OSTOJIC, S. M. (2001). Creatine as power supplement in sports nutrition. *Nova Sportska praksa*, 1-2, 60-62.
- RK-REDAKTIONSBÜRO KASKE (2003). 85402 Kranzberg, August.
- S. B. (2006). <http://www.sporbilim.com/index.php?s=icerik&katid=79&id=118>.
- STEPHEN, P. (2003). Creatine Supplementation And Exercise Performance: A Brief Review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2, 123-132.
- SZfSuS (*Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*) (1996). 4, 43-145.
- WIEBKE, D., JESCHKE, D. & LORENZ, R. (1995). Kreatin - Doping oder Substitution? *Sport-orthopädie - Sporttraumatologie*, 11 (3), 171-175.
- WILLIAMS, M. (1995). Nutritional ergogenics in athletics. *J Sports Sci*, 13, 63-74.
- WILLIAMS, M. & BRANCH, J. (1998). Creatine supplementation and exercise performance: An update. *J Am Coll Nutr*, 17, 216-234.
- WILLOUGHBY, D. S. & ROSENE, J. (2001). Effects of oral creatine and resistance training on myosin heavy chain expression. *Med Sci Sports Exerc*, 33 (10), 1674-81.
- WISLOFF, U., HELGERUD, J. & HOFF, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc*, 30 (3), 462-67.